



Hyviä käytäntöjä kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa

**Summary: Good Practices in Assessment of the Environmental
Impacts of Mining Projects**



GTK

Kauppila, T. (toim.)

Kauppila, T. (toim.)

Hyviä käytäntöjä kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa

Summary: Good Practices in Assessment of the Environmental Impacts of Mining Projects

Kirjoittajat:

Kauppila, T¹., Kauppila, P. M¹., Räisänen, M. L¹., Makkonen, H¹., Jantunen, J².,
Komulainen, H³., Törmä, H⁴., Kauppinen, T³., Leppänen, M. T²., Tornivaara, A¹.,
Pasanen, A¹., Kemppainen, E²., Liukko, U.-M²., Raunio, A²., Marttunen, M²., Mustajoki, J².,
Huttula, T²., Kauppi, S²., Ekholm, P²., Tran-Nguyen, E⁵., Vormisto, J⁵.,
Karjalainen, N⁶., Tuomela, P⁷. & Hietala, J⁸.

¹Geologian tutkimuskeskus GTK

²Suomen ympäristökeskus SYKE

³Terveyden ja hyvinvoinnin laitos THL

⁴Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti

⁵FIANT Consulting Oy

⁶Ramboll Finland Oy

⁷Pöyry Finland Oy

⁸Ahma ympäristö Oy

Ne kuvat, joissa ei mainita tekijää, ovat julkaisun kirjoittajien tekemiä.

Kansikuva: Kaivoksen rikastushiekka-alue ja kaivostorni. Kuva: T. Kauppila, GTK.
Front cover: Tailings area and headframe of a mine. Photo: T. Kauppila, GTK.

ISBN 978-952-217-342-3 (pdf)

ISSN 0781-4240

Taitto: Elvi Turtiainen Oy

Espoo 2015

Kauppila, T. (ed.) 2015. Hyviä käytäntöjä kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa. Summary: Good Practices in Assessment of the Environmental Impacts of Mining Projects. *Geological Survey of Finland, Report of Investigation 222*, 141 pages, 26 figures and 7 tables.

The Ministry of Employment and the Economy (TEM) has recently published a guide on the environmental impact assessment (EIA) procedure for mining projects in Finland. The TEM guide focuses on the process of EIA application to mining projects. The current report was planned to provide supporting material for the TEM guide, and is a review of good practices for the predictive assessment of environmental impacts related to mining projects.

This report presents good practices and approaches to early-phase EIA for mining projects in general, but is also within the context of the formal EIA process that is guided by EIA legislation. It addresses the EIA process objective of comparing major impacts of project alternatives, while providing consideration for the often limited data available in the early phases of the project.

This report discusses the typical environmental impacts of mining, different mining processes, methods to characterize emissions from these processes, studies to define the baseline conditions of the planned mine site, and approaches for the actual assessment of various mining impacts. The final sections of the report review methods to determine the significance of the impacts and to compare project alternatives.

This report differs from most industry-specific EIA guides in that it concentrates on the actual assessment of impacts. For instance, the sections dealing with health, social and economic impacts are quite extensive. The report also presents human rights-based approaches to impact assessment which is new to EIA.

The aim of the report was to cover a wide variety of impacts. Subsequently, all of the listed impacts will not be an issue at any single mine, but every mining project can benefit from something in the report. The report as a whole also serves as a checklist for possible environmental impacts from mining projects. However, the report is not an exhaustive treatment of the topic and it should not be applied as an official guidance document.

The report has been compiled by a large team of experts from the Geological Survey of Finland, Finnish Environment Institute, National Institute for Health and Welfare, University of Helsinki, FIANT Consulting Oy, Ramboll Finland Oy, Pöyry Finland Oy, and Ahma Environment Ltd. The authors are responsible for the content of their texts.

Keywords (GeoRef Thesaurus, AGI): Mines, environmental effects, impact statements, Finland

Tommi Kauppila
Geological Survey of Finland
P.O. Box 1237
FI-70211 KUOPIO
Finland

E-mail: tommi.kauppila@gtk.fi

Kauppila, T. (toim.) 2015. Hyviä käytäntöjä kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa. Summary: Good Practices in Assessment of the Environmental Impacts of Mining Projects. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 222, 141 sivua, 26 kuvaa ja 7 taulukkoa.

Työ- ja elinkeinoministeriö julkaisi hiljattain oppaan ympäristövaikutusten arviointimenettelystä kaivoshankkeissa. TEM:n opas keskittyy arviointimenettelyn soveltamiseen kaivoshankkeisiin, ja sitä tukemaan päätettiin laatia tutkimusraportti, joka käsittelee arviointiprosessin sijaan kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa hyödynnettäviä hyviä käytäntöjä.

Raportti esittelee hyviä lähestymistapoja kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten ennakoarviointiin yleisesti, mutta sen viitekehyksenä on lakisääteinen YVA-prosessi, koska YVA-lainsäädännön mukainen arviointimenettely on yleisin syy arvioida kaivoshankkeen ympäristövaikutuksia laajamittaisesti etukäteen. Raportissa on pyritty huomioimaan ympäristövaikutusten arviointimenettelyn tavoite eri hankevaihtoehtojen merkittävien vaikutusten vertailusta ja se, että varsinkaan uuden kaivoshankkeen tapauksessa lähtötiedot arvioinnille eivät yleensä ole yksityiskohtaisia hankkeen varhaisessa vaiheessa.

Tässä raportissa käsitellään kaivoshankkeiden tyypillisiä ympäristövaikutuksia, hankkeen prosessien ja niistä syntyvien päästöjen kuvaamista, suunnitellun hankkealueen ympäristön nykytilan selvittämistä sekä varsinaista ympäristövaikutusten arvioimista. Lopuksi tarkastellaan vaikutusten merkittävyyden arviointia ja vaihtoehtojen vertailua.

Raportti poikkeaa monista toimialakohtaisista YVA-oppaista siinä, että se käsittelee pääosin vaikutusten arvioimista. Esimerkiksi terveys- ja viihtyvyytsvaikutusten arviointia koskeva osa on raportissa varsin perusteellinen. Samoin sosiaalisten ja aluetaloudellisten vaikutusten arviointia käsitellään laajasti. Aivan uutta on ihmisoikeusperustaisuuden ottaminen mukaan yhtenä näkökulmana ympäristövaikutusten arvioinnissa.

Pyrkimyksenä on ollut esitellä asiaa laajasti, minkä vuoksi kaikki raportissa käsiteltävät asiat eivät voi tulla kyseeseen missään yksittäisessä hankkeessa. Toisaalta jokaisen hankkeen ympäristövaikutusten arviointiin löytyy raportista todennäköisesti jotakin hyödyllistä aineistoa. Kokonaisuudessaan raportti toimii myös laajana 'muistilistana' kaivoshankkeiden mahdollisista ympäristövaikutuksista ja niiden arvioimisesta. Raportti tai sen yksittäiset kappaleet eivät kuitenkaan ole tyhjentäviä esityksiä kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnista eikä raporttia tule käyttää viranomaisohjeena tai oppaana.

Raporttia on ollut kirjoittamassa lukuisia asiantuntijoita Geologian tutkimuskeskuksesta, Suomen ympäristökeskuksesta, Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksesta, Helsingin yliopistosta, FIANT Consulting Oy:stä, Ramboll Finland Oy:stä, Pöyry Finland Oy:stä ja Ahma ympäristö Oy:stä. Kukin kirjoittaja vastaa omista tekstikappaleistaan, eivätkä ne ole minkään tahon virallinen kannanotto.

Asiasanat (Geosanasto, GTK): Kaivokset, ympäristövaikutukset, ympäristövaikutusten arviointiselostukset, Suomi

Tommi Kauppila
Geologian tutkimuskeskus
PL 1237
70211 KUOPIO

Sähköposti: tommi.kauppila@gtk.fi

CONTENTS

MÄÄRITELMÄT	7
LYHENTEET	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Raportin tausta	9
1.2 Lähestymistapa ja kohderyhmä.....	9
1.3 Raportin hyödyntäminen	10
2 KAIVOSHANKKEEN ELINKAARI	11
2.1 Malminetsintä.....	12
2.2 Kaivoksen avaaminen	13
2.3 Kaivoksen tuotantovaihe	13
2.4 Kaivoksen sulkeminen ja jälkihoito	15
3 KAIVOSTOIMINNAN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	16
3.1 Vaikutukset luonnonympäristöön.....	17
3.2 Esiintymätyypin vaikutus kaivostoiminnan ympäristövaikutuksiin	20
3.3 Vaikutukset ihmisten viihtyvyyteen ja terveyteen	23
3.4 Sosiaaliset vaikutukset	24
3.5 Ihmisoikeusvaikutukset.....	26
3.6 Aluetaloudelliset vaikutukset.....	27
4 KAIVOSHANKKEEN KUVAAMINEN JA YMPÄRISTÖÖN KOHDISTUVAT PAINEET	28
4.1 Hankkeen kuvaus	28
4.2 Hankevaihtoehtojen muodostaminen	29
4.3 Hankkeen tekninen kuvaus.....	30
4.4 Liittyminen muihin hankkeisiin	40
4.5 Poikkeustilanteiden vaikutus	41
5 SELVITYS YMPÄRISTÖN NYKYTILASTA	44
5.1 Nykytilaselvitykset	44
5.2 Ympäristötiedon kerääminen	45
6 VAIKUTUKSIEN ARVIOIMINEN.....	60
6.1 Ympäristövaikutusten arvioiminen.....	60
6.2 Menetelmiä merkittävien vaikutusten tunnistamiseen	61

6.3	Ihmisoikeusperustaisuuden sisällyttäminen YVAan.....	63
6.4	Suunnittelun, kannattavuusselvitysten ja ympäristövaikutusten arvioinnin yhteen sovittaminen.....	64
7	VAIKUTUKSET LUONNONYMPÄRISTÖN KEMIALLISEEN JA FYSIKAALISEEN TILAAN.....	67
7.1	Vaikutukset kallioperään.....	67
7.2	Vaikutukset maaperään.....	68
7.3	Vaikutukset pohjaveteen.....	69
7.4	Vaikutukset pintavesien laatuun.....	71
7.5	Vaikutukset vesistösedimenttien laatuun.....	73
7.6	Vaikutukset ilmanlaatuun.....	75
7.7	Vaikutukset ilmastoon.....	77
8	VAIKUTUKSET ELIÖIHIN JA LUONNON MONIMUOTOISUUTEEN.....	78
8.1	Haitallisten aineiden vaikutukset.....	78
8.2	Vaikutukset maaperäeliöihin ja maaperän prosesseihin.....	79
8.3	Vaikutukset vesieliöihin.....	80
8.4	Vaikutukset luontotyyppeihin, tärkeisiin eliölajeihin ja Natura 2000 -alueisiin.....	84
9	TERVEYS- JA VIIHTYVYYSVAIKUTUSTEN ARVIOINTI.....	86
9.1	Terveysvaikutusten ja -riskin arvioinnin periaatteet.....	86
9.2	Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset.....	90
9.3	Pintavesiin liittyvät terveysvaikutukset.....	93
9.4	Maaperän pilaantumiseen liittyvät terveysvaikutukset.....	97
9.5	Pohjavesiin liittyvä terveysriski.....	99
9.6	Meluhaitat.....	100
9.7	Hajuhaitat.....	102
9.8	Säteilyyn liittyvä terveysriski.....	103
9.9	Tärinään liittyvät haitat.....	105
10	VAIKUTUKSET ALUEESEEN.....	107
10.1	Vaikutukset alueiden käyttöön.....	107
10.2	Vaikutukset maisemaan.....	107
10.3	Vaikutukset kulttuuri- ja perinneympäristöihin.....	108
10.4	Vaikutukset muinaisjäänneksiin.....	108
10.5	Liikennevaikutusten arviointi.....	108
11	SOSIAALISET JA TALOUDELLISET VAIKUTUKSET.....	109
11.1	Sosiaaliset vaikutukset.....	109
11.2	Sosiaalisten vaikutusten arviointi.....	109
11.3	Taloudelliset vaikutukset.....	120
11.4	Ihmisoikeusperustaisuus sosiaalisten ja taloudellisten vaikutusten arvioinnissa.....	124

12 YHTEISVAIKUTUSTEN ARVIOINTI	126
13 VAIKUTUSTEN MERKITTÄVYYDEN ARVIOINTI JA VAIHTOEHTOJEN VERTAILU	127
13.1 Merkittävyyden arvioinnin tavoitteet ja nykytilanne	127
13.2 Erittelevä lähestymistapa vaikutusten merkittävyyden arviointiin.....	127
13.3 Vaihtoehtojen vertailu ja vertailun esittäminen.....	134
LÄHTEET	135

MÄÄRITELMÄT

- Hankkeesta vastaava = Kaivoshankkeen toiminnanharjoittaja, joka yleensä tekee ELY-keskukselle aloitteen arviointimenettelyn aloittamisesta sekä laatii arviointiohjelman ja arviointiselostuksen.
- Kerrostumialue = (kerrostumis pohja) Vesistön pohjan alue, jolla tapahtuu pysyvää sedimentin kerrostumista. Eroosiopohjilla tapahtuu aineksen kulumista, ja kulkeutumispohjille aines ei kerrostu pysyvästi.
- Kontaminaatio = vierasaineen joutuminen veteen, maaperään, ympäristönäytteeseen ym. ainekseen; vierasaineen pitoisuuden kasvu aineksessa (vrt. pilaantuminen)
- Luonnontila = Kohteen luonnonympäristön tila ennen merkittäviä ihmistoiminnan aiheuttamia muutoksia.
- Luontotyyppi = Rajattavissa oleva maa- tai vesialue, jolla vallitsevat samankaltaiset ympäristökijät ja eliöstö, ja joka eroaa näiden ominaisuuksien perusteella muista luontotyypeistä.
- Nykytila = Kohteen luonnonympäristön ja muun ympäristön tila tarkasteluhetkellä.
- Osallinen = Kaikki ne luonnolliset henkilöt, joiden oloihin ja etuihin hanke saattaa vaikuttaa sekä yhteisöt ja säätiöt, joiden toimialaa vaikutukset saattavat koskea. Erityisesti sosiaalisten vaikutusten kohdalla henkilö tai taho, johon hanke voi vaikuttaa, joka voi kokea hankkeen vaikuttavan itseensä, jolla on kiinnostusta hanketta kohtaan tai joka voi itse vaikuttaa hankkeeseen.
- Pilaantuminen = Ympäristön osan kontaminoituminen haitallisella aineella siten, että siitä on haittaa eliöstölle, terveydelle tai hyötykäytölle (vrt. kontaminaatio)
- Potentiaalinen biosaataavuus = Kemiallinen biosaataavuus, helppoliukoisuus, joka ei ota huomioon haitta-aineen siirtymistä eliöön (Engl. bioaccessibility, potential bioavailability).
- Sosiaalinen toimilupa = Paikallisten yhteisöjen hyväksyntä ja tuki hankkeelle.
- Spesiaatiomalli = Termodynaaminen kemiallinen malli, joka ennustaa vesinäytteen sisältämien aineiden esiintymismuodot pitoisuustietojen perusteella olettaen että vedessä vallitsee termodynaaminen tasapaino (esim. PHREEQC, WHAM)
- Vaikutusalue = alue, jolle vaikutus ulottuu. Eri-lainen eri vaikutuksille.
- Viihtyvyytsvaikutukset = Vaikutukset viihtyvyyteen voidaan jakaa kahteen ryhmään: 1) terveysperustaiset vaikutukset viihtyvyyteen voivat jatkuessaan aiheuttaa terveysvaikutuksia, ja niitä arvioidaan terveysriskinarvioinnin menetelmin (esim. melu, haju), kun taas 2) muut vaikutukset viihtyvyyteen ovat viihtyvyyttä heikentäviä vaikutuksia ihmisten elinoloihin (esim. melu, haju, maisemavaikutukset, kuntapalvelujen riittämättömyys hankkeen alussa jne.).
- Yhteisvaikutukset = 1) Eri hankkeista aiheutuvat yhteisvaikutukset, 2) Useamman kuin yhden ympäristöön kohdistuvan paineen yhdessä aiheuttamat vaikutukset. 3) Toksikologiassa yhtäaikaisten altisteiden aiheuttamat yhteisvaikutukset.
- Yhteysviranomainen = Kaivoshankkeissa YVA-lain mukaisena yhteysviranomaisina toimivat alueelliset ELY-keskukset, jotka ohjaavat arviointimenettelyä, hoitavat lainmukaiset tiedotukset ja kuulutukset sekä järjestävät julkiset kuulemistilaisuudet. Yhteysviranomainen tarkistaa arviointiohjelman ja arviointiselostuksen ja antaa niistä lausuntonsa sekä tekee päätökset YVA-menettelyn soveltamisesta yksittäistapauksessa kaivoshankkeisiin.
- Ympäristöpaine = Ympäristöön kohdistuva paine (Engl. stress). Käytetään niistä toiminnan aiheuttamista ympäristöön kohdistuvista paineista, joita ei voi kuvata sanalla päästö, esim. maisemavaikutukset tai hydrauliset muutokset.
- Ympäristöriskinarviointi = Systemaattinen prosessi, joka käsittää päästöjen, niiden leviämisen, ympäristöpitoisuuksien muodostumisen, ihmisten ja eliöiden altistumisen sekä altistuksen terveys- ja ekologisten vaikutusten kuvaamisen.
- Ympäristövaikutusten arviointimenettely = YVA-lain mukainen menettely, jossa selvitetään ja arvioidaan tiettyjen hankkeiden ympäristövaikutukset ja kuullaan viranomaisia ja niitä, joiden oloihin tai etuihin hanke saattaa vaikuttaa, sekä niitä yhteisöjä ja säätiöitä, joiden toimialaa hankkeen vaikutukset saattavat koskea.
- YVA-ohjelma = Hankkeesta vastaavan laatimaa suunnitelma tarvittavista selvityksistä ja arviointimenettelyn järjestämisestä.
- YVA-selostus = Asiakirja, jossa esitetään tiedot hankkeesta ja sen vaihtoehdoista sekä yhtenäisen arvio niiden ympäristövaikutuksista.

LYHENTEET

- ADI = Acceptable Daily Intake, suurin hyväksyttävä saanti
- DALY = Disability-Adjusted Life Year, toimintakykyinen elinvuosi
- DNA = deoksiribonukleiinihappo
- GTK = Geologian tutkimuskeskus
- ELY-keskus = elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
- HQ = Hazard Quotient, vaaraosamäärä
- MINERA-malli = Metallikaivosympäristön ympäristö- ja terveysriskin arviointimalli
- MOS = Margin of Safety, turvamarginaali
- PEC = predicted environmental concentration, arvioitu ympäristöpitoisuus, käytetään erityisesti ekologisessa riskinarvioinnissa
- PIMA-asetus = valtioneuvoston asetus (214/2007) maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista
- PM = ilmassa olevat hiukkaset (particulate matter), alaviitteenä ilmoitetaan tutkittavien hiukkasten suurin halkaisija (μm), esim. PM_{10} – hengitettävät hiukkaset; $\text{PM}_{2,5}$ – pienhiukkaset
- PNEC = predicted no-effect concentration, arvioitu haitaton pitoisuus; johdetaan toksisuustestien tuloksista
- STUK = Säteilyturvakeskus
- SYKE = Suomen ympäristökeskus
- SVA = sosiaalisten vaikutusten arviointi
- USEPA = Environmental Protection Agency, USA
- VALVIRA = Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto
- TDI = Tolerable Daily Intake, suurin siedetty/sallittu saanti
- WHO = World Health Organization
- YVA = ympäristövaikutusten arviointi

1 JOHDANTO

Tommi Kauppila (GTK)

1.1 Raportin tausta

Tämän tutkimusraportin juuret ovat vuodessa 2012, jolloin työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) ja ympäristöministeriö (YM) alkoivat yhdessä selvittää vuonna 1999 julkaistun Ympäristövaikutusten arviointimenettelyn opas kaivoshankkeisiin (KTM:n tutkimuksia ja raportteja 20/1999) uudistamista. Uudistamistyö alkoi vuonna 2013 pääosin Geologian tutkimuskeskuksen ja Suomen ympäristökeskuksen yhteistyönä. Lisäksi työhön osallistui asiantuntijoita Terveyden ja hyvinvoinnin laitokselta ja Helsingin yliopiston Ruralia-instituutista. TEM asetti uudistamistyölle laajapohjaisen ohjausryhmän, jonka puheenjohtajana toimi toimialajohtaja Kirsti Loukola-Ruskeeniemi työ- ja elinkeinoministeriöstä ja varapuheenjohtajana neuvotteleva virkamies Seija Rantakallio ympäristöministeriöstä. Muut jäsenet edustivat Geologian tutkimuskeskusta, Kainuun ja Lapin ELY-keskuksia, Liikennevirastoa, Suomen ympäristökeskusta, Metsähallitusta, Kaivannaisteollisuus ry:tä, Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto MTK ry:tä, Suomen luonnonsuojeluliittoa, Sodankylän kuntaa ja Paliskuntain yhdistystä.

Ensimmäinen luonnos uudistetusta oppaasta oli ohjausryhmän käsittelyssä toukokuussa 2014. Opasteksti oli varsin pitkä ja yksityiskohtainen, ja lopulta materiaali päädyttiin jakamaan kahteen osaan siten, että kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arviointimenettelyä käsittelevä opas julkaistiin työ- ja elinkeinoministeriön julkaisusarjassa helmikuussa 2015 (Jantunen & Kauppila (toim.) 2015; jäljempänä TEM:n opas) ja vaiku-

tusarvioinnin hyviä käytäntöjä ja teknisiä lähestymistapoja käsittelevä aineisto päätettiin julkaista myöhemmin tässä Geologian tutkimuskeskuksen Tutkimusraportti -sarjan raportissa. Nyt käsillä oleva tutkimusraportti sisältää siten alkuperäisen opasluonnoksen teknisluontoisen aineiston, jota on hieman laajennettu esimerkiksi ihmisoikeusperustaisuutta koskevilla osilla. Raportti toistaa joitakin kokonaisuuden kannalta oleellisia osia TEM:n oppaasta, kuten kaivoshankkeen elinkaaren aikaisten vaikutusten kuvauksen ja kaivosprosessesestä käsittelevät osat. Toistettuja osioita ovat muokanneet ja laajentaneet alkuperäiset kirjoittajat. Kirjoitustyössä on pyritty pitämään huolta siitä, että raportin sisältö ei ole ristiriidassa TEM:n oppaan kanssa. Yhteisestä syntyhistoriasta huolimatta tämä raportti ei ole opas eikä missään tapauksessa viranomaisohje, vaan lisätietoaineistoa joka voi helpottaa kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arviointia.

Tämän tutkimusraportin kirjoittajakunta on laajentunut alkuperäisen raporttiluonnoksen tilanteesta. Raportin laatimiseen on osallistunut asiantuntijoita Geologian tutkimuskeskuksesta, Suomen ympäristökeskuksesta, Terveyden- ja hyvinvoinnin laitokselta, Helsingin yliopiston Ruralia-instituutista, Fiant Consulting Oy:stä, Ramboll Finland Oy:stä, Ahma Ympäristö Oy:stä ja Pöyry Finland Oy:stä. Kustakin kokonaisuudesta vastaavat kirjoittajat on nimetty kappaleiden yhteydessä. Kirjoittajat vastaavat kirjoittamiensa luku- ja sisällöistä.

1.2 Lähestymistapa ja kohderyhmä

Raportti esittelee hyviä lähestymistapoja kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten ennakoarviointiin yleisesti, mutta sen viitekehyksenä on la-

kisäiteinen YVA-prosessi. Tämä johtuu siitä, että YVA-lainsäädännön mukainen arviointimenettely on yleisin syy arvioida kaivoshankkeen ympäristö-

vaikutuksia laajamittaisesti etukäteen. Raportissa on pyritty huomioimaan ympäristövaikutusten arviointimenettelyn tavoite eri hankevaihtoehtojen merkittävien vaikutusten vertailusta ja se, että varsinkin uuden kaivoshankkeen tapauksessa lähtötiedot arvioinnille eivät yleensä ole yksityiskohtaisia hankkeen varhaisessa vaiheessa. Toisaalta raportissa korostetaan sitä, että arviointi kytketään hankkeen muuhun suunnitteluun ja arvioinnissa hyödynnetään suunnittelutietoja laajamittaisesti.

Raportissa käsitellään ensin kaivoshankkeiden elinkaarta ja sen tyyppisiä ympäristövaikutuksia, joita on esitelty myös TEM:n oppaan liitteessä 5. Seuraavaksi käsitellään hankkeen ja sen osatoimintojen kuvaamista painottaen eri prosesseista syntyviä päästöjä ja muita ympäristöön kohdistuvia paineita (ks. myös TEM:n opas, liite 4). Seuraava osa raportissa kuvaa kohteen ympäristön nykytilan selvittämistä arvioinnin pohjaksi. Varsinainen ympäristövaikutusten arvioinnin kuvaaminen alkaa päästöjen leviämisestä johtuvien kemiallisten ja fysikaalisten ympäristömuutosten kuvaamisella. Seuraavaksi tarkastellaan näin syntyneiden ympäristön muutosten vaikutuksia eliöihin ja ihmisten terveyteen. Tämän jälkeen käsitellään hyviä käytäntöjä arvioitaessa vaikutuksia alueeseen sekä sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia. Lopuksi tarkastellaan vielä yhteisvaikutusten ja vaikutusten merkittävyyden arviointia. Eri arvioinnin osa-

alueista on pyritty nostamaan esiin tärkeimmät arvioitavat seikat ja lähestymistavat niiden arvioimiseksi ja sisällyttämään tekstiin mahdollisimman paljon viittauksia yksityiskohtaisempiin tiedon lähteisiin.

Raportti poikkeaa TEM:n oppaasta ja monista muista toimialakohtaisista YVA-oppaista siinä, että se käsittelee pääosin vaikutusten arvioimista. Esimerkiksi terveys- ja viihtyvyysovaikutusten arviointia koskeva osa on raportissa varsin perusteellinen. Samoin sosiaalisten ja aluetaloudellisten vaikutusten arviointia käsitellään laajasti. Aivan uutta on ihmisoikeusperustaisuuden ottaminen mukaan yhtenä näkökulmana ympäristövaikutusten arvioinnissa.

Raportin kohderyhmänä ovat erityisesti varsinaisen ympäristövaikutusten arvioimisen kanssa työskentelevät, kuten toiminnanharjoittajat, konsultit ja viranomaiset. Raportti sisältää lähinnä aineistoa, joka käsittelee arvioinnin teknistä puolta ja hyviä käytäntöjä siinä, kun taas TEM:n opas hyödyttää paremmin arviointiprosessiin osallistuvia sidosryhmiä kuvaamalla sitä erityisesti kaivostoiminnan viitekehyksessä. Tätä raporttia ei tule hyödyntää viranomaisohjeena tai oppaana, eikä raportti ole minkään tahon virallinen kannanotto vaan kunkin kappaleen sisältö on sen kirjoittajien näkemys käsiteltävästä asiasta.

1.3 Raportin hyödyntäminen

Nimensä mukaisesti raportti esittelee hyviä käytäntöjä, joita voi hyödyntää kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa. Pyrkimyksenä on ollut esitellä asiaa laajasti, minkä vuoksi kaikki raportissa käsiteltävät asiat eivät voi tulla kyseeseen missään yksittäisessä hankkeessa. Toisaalta jokaisen hankkeen ympäristövaikutusten arviointiin löytyy raportista todennäköisesti jotakin hyödyllistä aineistoa. Raportti toimii kokonaisuudessaan myös laajana ”muistilistana” kaivoshankkeiden mahdollisista ympäristövaikutuksista ja niiden arvioimisesta. Monissa tapauksissa eteen tulee kuitenkin myös asioita ja vaikutuksia, joiden arvioimista ei ole käsitelty tässä raportissa. Laajuudesta huolimatta raportti ei siis ole täydellinen kooste kaivostoiminnan ympäristövaikutuksista ja niiden arvioinnista. Lisäksi eri asioita on käsitelty keskenään erilaisella tarkkuustasolla eivätkä yksittäiset asiakokonai-

suudetkaan ole välttämättä täydellisiä selvityksiä aiheesta.

Raportissa kuvatut lähestymistavat edustavat hyviä käytäntöjä kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa, mutta joissakin tapauksissa arvioinnin tekijällä saattaa olla käytössään vieläkin tarkempia ja luotettavampia menetelmiä. Tällöin on luonnollisesti syytä valita käyttöön tuo parempi lähestymistapa. Toisissa tapauksissa taas tässä raportissa esitetty menetelmä voi olla esimerkiksi lähtötietoihin nähden liian yksityiskohtainen, jolloin yksinkertaisempi lähestymistapa on välttämätön. Raportissa on pyritty kuvaamaan myös yksinkertaistettuja lähestymistapoja, mutta kaikista arvioitavista asioista näitä ei ole esitetty.

Asioiden esittämisen taso on pyritty asettamaan siten, että lukija saa käsityksen oleellisista arvioitavista seikoista ja lähestymistavoista, mutta itse

arvioinnin tekeminen vaatii useimmiten yksityiskohtaisempia tietoja. Raportti sisältääkin viitteitä tarkempiin tiedonlähteisiin.

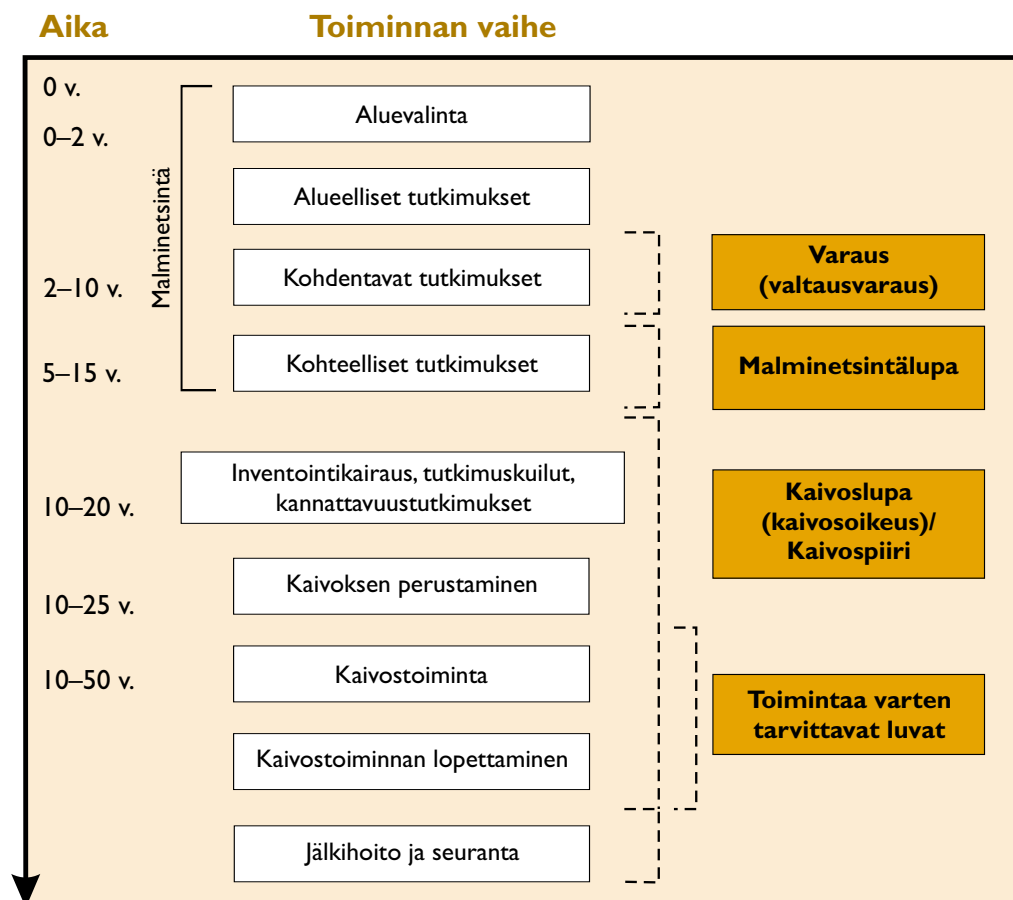
Erityisen tärkeää on muistaa, että tätä raporttia ei ole tarkoitettu sitovaksi ohjeeksi tai oppaaksi, eikä sitä tule sellaisena hyödyntää.

2 KAIVOSHANKKEEN ELINKAARI

Päivi Kauppila (GTK)

Tähän kappaleeseen on koottu tiivis esitys kaivoshankkeen tyypillisestä elinkaaresta. Kuvaus on tarkoitettu taustatiedoksi erityisesti niille suunniteltavan, YVA-vaiheessa olevan kaivoshankkeen sidosryhmille, joilla ei ole aiempaa kokemusta kaivosalasta ja kaivoshankkeista. Lisää tietoa mm. malminetsinnästä, kaivostekniikasta, kaivosten ympäristötekniikoista ja kaivosten sulkemisesta voi lukea lähteistä Heikkinen et al. (2005), Idman et al. (2007), Kauppila et al. (toim.) 2011), mineclosure.gtk.fi (GTK 2015b), TEM (2014) ja Paalumäki et al. (toim.) (2015). Teksti mukailee kirjoittajien TEM:n julkaisemaan oppaaseen (Jantunen & Kauppila (toim.) 2015) laatimaa tekstiä.

Kaivostoiminnan elinkaari koostuu pääpiirteissään neljästä eri vaiheesta: malminetsinnästä, kaivoksen avaamisesta, tuotantovaiheesta sekä kaivoksen sulkemisesta ja jälkihoidosta (kuva 1). Kaivoksen perustamisen edellytys on taloudellisesti hyödynnettävän malmiesiintymän löytyminen, ja se edellyttää pitkäjänteistä, vuosia kestävää etsintätöitä. Taloudellisten suhdanteiden ja malmiesiintymän koon mukaan kaivostoiminnan ajallinen pituus on hyvin vaihteleva. Kaivoshankkeiden elinkaari on aina rajallinen, mikä tulee huomioida myös ympäristövaikutusten arvioinnissa.



Kuva 1. Kaivoksen elinkaari (Heikkinen et al. 2005).
Fig. 1. Stages of a mining project (Heikkinen et al. 2005)

2.1 Malminetsintä

Malminetsintä koostuu aluevalinnasta ja alueellisesta malminetsinnästä (aihehankinta), kohdentavasta etsinnästä ja kohteellisesta malminetsinnästä. Malminetsintävaihe kestää usein vuosia tai vuosikymmeniä, ennen kuin esiintymää päästään hyödyntämään (kuva 1). On arvioitu, että keskimäärin vain yksi tuhannesta kiinnostavasta etsintäkohteesta johtaa kaivostoimintaan (esim. Nurmi 2006). Malminetsinnan menetelmiä ja kulkua on kuvattu tarkemmin mm. työ- ja elinkeinoministeriön julkaisemassa oppaassa Malminetsintä suojelualueilla sekä saamelaisten kotiseutualueella ja poronhoitoalueella (TEM 2014) sekä Kaivosteollisuus ry:n ja Opetushallituksen julkaisemassa Kaivos- ja louhintateknikka -oppikirjassa (Paalumäki et al. (toim.) 2015).

Malmiesiintymän paikallistaminen aloitetaan **aluevalinnasta ja alueellisesta malminetsinnästä**, joiden tavoitteena on selvittää malmipotentialisten vyöhykkeiden sijainti jatkotutkimuksia varten. Sijaintia selvitetään olemassa olevan geologisen, geofysikaalisen ja geokemiallisen tiedon läpikäymisellä ja numeerisella käsittelyllä (esim. GTK:n kallioperä- ja maaperäkartat, matalalento-geofysikaalinen aineisto, alueellinen moreenigeokemiallinen aineisto; www.gtk.fi/tietopalvelut/).

Kohdentavalla malminetsinnällä rajataan tutkittavat kohteet tarkemmin malmipotentialisesta muodostumasta. Malmipotentialisilta alueilta kerätään tietoa geologisilla maastotutkimuksilla, geofysikaalisilla mittauksilla ja geokemiallisilla tutkimuksilla. Tutkimukset sisältävät suoria havaintoja ja mittauksia kalliopaljastumista, lohkar-etsintää, kallio- ja moreeninäytteenottoa ja näytteiden analysointia. Kalliosta otetaan palanäytteitä vasaralla, minikairalla tai timanttilaikalla tai jauhenäytteitä poralla. Lohkar-etsinnässä etsitään malmiviitteitä näkyvillä olevista kiven lohkarista ja kalliopaljastumisista ja otetaan niistä tarvittaessa kivivasaralla tai minikairalla näytteitä. Moreenigeokemian näytteet otetaan lapiokaivannoista, kaivinkonekuopista tai iskuporalla ja näytteistä analysoidaan kivi- ja maa-aineksen kemiallista koostumusta monialkuainemenetelmillä. Moreeni- ja raskasmineraalitutkimuksissa tutkimuskaivannoista havainnoidaan myös maaperän koostumusta ja rakennetta, kerrostumisvaiheita, kuljetusmatkaa, moreenin raskasmineraaleja ja malmilohkareiden esiintymistä moreenissa. Geofysikaalisia

mittauksia tehdään lento- tai maanpintamittauksina. Mittauksissa malmipotentialisen kohteen paikallistaminen perustuu mineralisaation ja sitä ympäröivien kivi- ja maa-ainesten erilaisiin magneettisiin, sähköisiin, ominaispaino-, radioaktiivisiin tai seismisiin ominaisuuksiin.

Kohteellisilla tutkimuksilla selvitetään tarkasti rajatun kohteen taloudellista hyödyntämiskelpoisuutta. Esiintymää tutkitaan kairaamalla, tihennetyillä geokemiallisilla tutkimuksilla, geofysikaalisilla mittauksilla ja geologisella mallinnuksella. Kairaamalla varmistetaan viime kädessä malmiesiintymän olemassaolo ja kerätään aineisto geologista mallia varten. Kohteen kivilajeista ja kallioperän rakenteesta kairataan pitkiä, kymmenien-satojen metrien pituisia, yhtenäisiä kairasydännäytesarjoja. Syväkairaukset tehdään timanttikairauskoneilla. Kairasydännäytteet tutkitaan visuaalisesti ja analysoidaan kemiallisesti ja mineralogisesti. Malmiesiintymän hyötymineraalit ja niiden runsaussuhteet määritetään mineralogisilla tutkimuksilla ja mineraalien sisältämät arvoaineiden, esim. perusmetallien, pitoisuudet monialkuaineanalyysillä. Aineiston perusteella laaditaan esiintymästä geologinen 3D-malli jatkotutkimuksia ja mineraalivarantoarvioita varten. Mineralisaation sijainti ja laajuus sekä arvomineraalien keskimääräinen pitoisuus määritellään mineraalivarantoarvion perusteella (Puustjärvi et al. 2015).

Esiintymän hyödyntämisen kannattavuutta arvioidaan **koelouhinnalla ja -rikastuksella**, kun esiintymä on kairausaineiston ja mineraalivarantoarvion perusteella todettu hyödyntämiskelpoiseksi. Kannattavuusarvioita varten testataan koelouhinnalla eri louhintamenetelmiä ja otetaan näytteitä koerikastukseen, jolla tutkitaan louhittavan malmin rikastamismahdollisuuksia. Esiintymän hyödyntämiskelpoisuuden arvioinnissa huomioidaan koerikastuksen ja -louhinnan tulosten lisäksi myös mm. esiintymän sijainti, koko ja arvomineraalien/-aineiden määrät, louhittavan malmin arvo, kaivoksen rakentamis-, ylläpito- ja jälkihoitokustannukset, rikasteiden markkinointimahdollisuudet sekä ympäristönäkökulmat. Esiintymän hyödyntämiskelpoisuutta ja kannattavuutta arvioitaessa huomioidaan myös kaivoksen toiminnan aikaiset sekä sulkemis- ja jälkihoitovaiheen ympäristöinvestoinneista aiheutuvat kustannukset. Esimerkiksi Puustjärvi

et al. (2015) ja Loven (2015) ovat laatineet kattavan kuvauksen kaivoksen mineraalivarantojen ja malmiarvion tekemisestä sekä toiminnan kannattavuuden arvioinnista.

2.2 Kaivoksen avaaminen

Kaivoksen rakentaminen aloitetaan, kun mal- miesiintymän louhinta- ja rikastusmenetelmät on valittu ja hyödyntäminen on todettu taloudellisesti kannattavaksi. Rakentaminen kestää yleensä noin kaksi vuotta, jos kaivoksen yhteyteen rakennetaan myös rikastamo. Kaivosalueelle rakennetaan tarpeelliset tie- ja sähköyhteydet, kuivatus- ja vedenjohtamisjärjestelmät, valmistellaan tuotantolouhinta sekä rakennetaan louhinnassa ja rikastuksessa muodostuville kaivannaisjätteille läjitysalueet. Avolouhintaa varten poistetaan mal- miesiintymän päältä pintamaat. Niitä käytetään kaivosalueella maarakentamisessa tai varastoi- daan erillisiin kasoihin myöhempää käyttöä, esim.

kaivoksen sulkemisvaihetta, varten. Maanalaisen kaivoksen rakentaminen aloitetaan louhimalla vi- notunneli ja mahdollinen nostokuilu sekä maan- alaiset prosessointi-, huolto- ja varastotilat. Lou- hinnassa syntyvät sivukivet joko hyödynnetään alueen rakennuskohteissa tai läjitetään sivukivi- alueelle. Kaivosalueelle rakennetaan tarpeellisuus- järjestyksessä pysyviä rakennuksia (rikastamo-, huolto-, varasto- toimisto- ym. rakennukset). Kat- tava kuvaus louhinnan valmisteluun ja kaivoksen rakennustöihin liittyvistä toiminnoista on esitetty mm. Paalumäen et al. (toim. 2015) julkaisemassa oppikirjassa.

2.3 Kaivoksen tuotantovaihe

Kaivoksen tuotantovaiheessa malmi irrotetaan kallioperästä louhimalla joko avolouhintana tai maanalaisesta kaivoksesta. Usein toiminta aloite- taan avolouhintana, mutta tuotannon edetessä ja louhoksen syventyessä siirrytään maanalaiseen louhintaan, sillä yleensä syvyyden myötä mm.

sivukiven louhintamäärät kasvavat ja louhinnan kustannukset nousevat avolouhinnassa. Sivu- kiven osuus on yleensä vähäisempi maanalaisessa louhinnassa kuin avolouhinnassa. Avolouhintaa tehdään tavallisesti joko pengerialueella tai pai- kalleen räjäyttämällä. Maanalaisessa louhinnassa



Kuva 2. Avolouhos. Kuva: © P. Kauppila, GTK.
Fig. 2. Open pit mine. Photo: © P. Kauppila, GTK.

käytettäviä tekniikoita ovat mm. pilari-, välitaso-, pengero-, lyhytreikätyttö-, pengertäyttö-, makasiini-, levysorros- ja lohkosorroslohinta (Lappalainen & Paalumäki 2015). Louhinnassa kivet irrotetaan kallioista räjäyttämällä ja ylisuuret kivet rikotaan tarvittaessa iskukoneella. Malmikivet kuljetetaan louhoksesta murskaamolle louhe- tai kuorma-autoilla tai hihnakuljettimilla.

Louhitusta malmista irrotetaan arvoaineet tai -mineraalit rikastamalla. Malmi rikastetaan joko paikan päällä tai kuljetetaan muualle rikastettavaksi. Ennen rikastusta malmi murskataan, seulotaan ja jauhetaan. Murskaus tehdään usein vaiheittain, joka sisältää esimurskauksen, välimurskauksen ja hienomurskauksen. Maanalaisessa kaivoksessa malmi esimurskataan usein maan alla, mikä vähentää melu- ja pölyhaittoja. Murskattu malmi hienonnetaan jauhatuksella sellaiseen raekokoon, että malmin sisältämät arvomineraalit saadaan erottua rikastusprosessissa muista mineraaleista. Yleisimmin käytetyt rikastusmenetelmät ovat vaahdotus, ominaispainorikastus, magneettinen rikastus ja liuotusmenetelmät (tankki- tai kasaliuotus). Valittavat menetelmät riippuvat malmin koostumuksesta ja arvoaineiden esiintymismuodosta malmissa. Parhaan saannin varmistamiseksi käytetään usein eri rikastusmenetelmien yhdistel-

miä. Useimmissa rikastusmenetelmissä käytetään kemikaaleja tehostamaan arvoaineita sisältävän malmin erottamista muusta kiviaineksesta. Rikastusprosessin lopuksi rikasteet kuivataan esim. erilaisilla suotimilla. Rikastuksen lopputuotteena on tavallisesti kuiva, hienoksi jauhettu, arvometallit sisältävä mineraalaines. Osa malmeista, esim. esimurskattu kalkkikivi, on käyttökelpoista sellaisenaan ilman erillistä rikastamista. Valmiit tuotteet ja rikasteet varastoidaan kaivosalueelle kasoihin tai erilaisiin säiliöihin ja kuljetetaan asiakkaille jatkokäsiteltäviksi kuorma-autoilla, junilla tai laivoilla.

Louhinnassa muodostuu jätteinä hyödyntämätöntä sivukiveä ja rikastuksessa rikastushiekkaa, joka koostuu hienoksi jauhetuista malmi- ja harmemineraaleista sekä rikastuskemikaalien jäämistä. Sivukivet ja rikastushiekka käytetään hyödyksi kaivosalueen maarakentamisessa tai kaivostäytössä tai läjitetään kaivosalueelle omiin varastokasoihinsa tai jätealtoihiinsa, jos ne eivät sovellu ympäristö- tai geoteknisten ominaisuuksiensa puolesta höyrykäyttöön kaivosalueella (esim. maarakentaminen, neutralointi, puhdistus). Kaivostäytöllä voidaan vähentää kaivostunneleiden sortumia ja maan päälle läjitettävien kaivonajätteiden määriä. Maanalaisessa louhinnassa



Kuva 3. Avolouhoksesta ja maanalaisesta kaivoksesta pumpataan vettä louhostilojen kuivana pitämiseksi. Kuva: © P. Frattini, GTK.

Fig. 3. Mine water is pumped from the open pit and underground mine to maintain dry mine workings. Photo © P. Frattini, GTK.

sivukivet käytetään tavallisesti suoraan kaivotäytönä. Täyttömateriaaleina voidaan yleisesti käyttää mm. pelkkää sivukiveä, sivukiven ja rikastushiekan sekoitusta tai rikastushiekasta valmistettua hydraulista tai pastatäyttöä. Rikastusprosessiin sisällytetään vaiheita, joilla rikastusjäte ositetaan useampiin jakeisiin esimerkiksi myöhempää kaupallistamista tai varastoinnin helpottamista varten (esim. rikki- ja magneettikiisurikkaan jakeen erottaminen rikastushiekasta erilleen). Muita toiminnassa muodostuvia kaivannais- ja prosessijätteitä ovat mm. rakentamisessa poistettavat pintamaat sekä rikastuksessa tai vesien käsittelyssä muodostuvat sakat ja lietteet. Pintamaita hyödynnetään alueella maarakentamisessa tai ne varastoidaan odottamaan alueen maisemointia ja

jälkihoitoa. Sakat ja lietteet läjitetään tavallisesti omiin läjitysaltaisiinsa.

Kaivostoiminnassa käytetään runsaasti vettä mm. porauksessa ja rikastuksessa. Veden tarpeesta osa katetaan vesien kierrätyksellä ja kaivoksen kuivanaapitovesien käytöllä, mutta usein prosessit edellyttävät myös puhtaan tuoreveden käyttöä. Tuorevesi otetaan läheisestä järvestä tai joesta. Vettä kierrätetään takaisin prosessiin mm. selkeytyksen jälkeen rikastushiekka-altaalta, kaivannaisjätekasojen valumavesistä ja eri prosessin vaiheista. Ylimääräinen vesi juoksetetaan kaivosalueelta vesistöön. Ennen juoksetusta vedet tarvittaessa käsitellään joko aktiivisilla tai passiivisilla vesien käsittelymenetelmillä. Kaivostoiminnassa tarvitaan runsaasti energiaa eri vaiheiden toteuttamisessa.

2.4 Kaivoksen sulkeminen ja jälkihoito

Toiminnan päätyttyä kaivosalue saatetaan ympäristölle ja ihmisten terveydelle turvalliseksi ja alue sovitetaan ympäristöönsä ja ympäröivään maisemaan mahdollisimman hyvin. Maisemoinnissa ja sulkemisessa huomioidaan alueen jatkokäyttötarpeet. Kaivosalueelta poistetaan kaikki tarpeettomat rakenteet ja huolehditaan siitä, ettei jäljelle jäävistä rakenteista aiheudu riskejä tai haittoja luonnonympäristölle, ihmisten terveydelle tai alueen jatkokäytölle. Sulkemisen yhteydessä tehdään myös alueen suunniteltua jatkokäyttöä edistäviä toimia ja muutostöitä. Osa kaivosalueista voi olla merkittäviä elinympäristöjä uusille pioneerilajeille, jolloin alueen kunnostuksessa huomioidaan uusien lajien asettuminen alueelle.

Sulkemisen suunnittelu ja tavoitteiden asettaminen aloitetaan jo mahdollisimman varhaisessa vaiheessa kaivoksen elinkaarta. Näin voidaan vähentää haitallisia ympäristövaikutuksia ja edistää kunnostustoimenpiteiden kustannustehokasta toteuttamista. Kaivoksen sulkemiskustannukset on tärkeää huomioida jo kaivostoiminnan kannattavuutta arvioitaessa. Varsinainen sulkemissuunnitelma laaditaan ympäristölupahakemukseen ja sitä päivitetään toiminnan edetessä. Lopullinen sulkemissuunnitelma esitetään viranomaisille toiminnan loppuvaiheessa.

Kaivosalueen kunnostamiseksi laaditaan kaikille kaivosalueella oleville toiminnoille (louhostilat, teollisuusalue, sivukivi- ja rikastushiekka-alueet) sulkemissuunnitelma, jossa kuvataan sulkemisen tavoitteet ja määritellään toimenpiteet niiden

saavuttamiseksi. Yksittäiset sulkemistoimenpiteet mitoitetaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon kyseisen kaivosalueen erityispiirteet (louhittava malmityyppi, louhintatapa, toiminnan laajuus, muodostuvat loppusijoitettavat massat, todetut ympäristövaikutukset) ja sijainti (paikalliset luonnon olosuhteet, maankäyttö). Taulukkoon 1 on koottu esimerkkejä sulkemisen tavoitteista ja sulkemistoimenpiteistä.

Sulkemisen jälkeen varmistetaan seurannalla, että tehdyillä sulkemistoimenpiteillä on saavutettu asetetut tavoitteet ja että toteutetut ratkaisut toimivat suunnitellulla tavalla. Mahdollista seurantaa voivat vaatia esimerkiksi läjitysalueiden peittorakenteiden tai vesienkäsittelyn toimivuus, pinta- ja pohjavesien laatu, pintavesien ekologinen tila sekä kaivospatojen, loppusijoitettujen massojen läjitysalueiden ja sortumavaarallisten alueiden fyysikaalinen vakaus. Seurantatulosten perusteella ryhdytään tarvittaessa toimiin, jos havaitaan poikkeamia tai viitteitä sulkemistoimenpiteiden riittämättömyydestä tai toimintahäiriöistä.

Toisinaan suljettavalla kaivosalueella voi olla keskenään ristiriidassa olevia jälkihoitotarpeita, joita tulee punnita sulkemis- ja jälkihoitosuunnitelmassa tapauskohtaisesti. Esimerkiksi kalkkilouhoksissa voi usein säilyä tai muodostua arvokkaita kalkkia vaativien lajien esiintymiä kaivostoiminnan aikana. Alueen jatkokäyttö tai vaikkapa maisemalliset seikat saattavat puoltaa kalliopintojen tai kaivannaisjätekasojen peittämistä maa-aineksilla ja lopulta metsittämistä, mutta lajesiintymien

Taulukko 1. Esimerkkejä sulkemisen tavoitteista ja sulkemistoimenpiteistä (Heikkinen et al. 2005, Kauppila et al. (toim.) 2011).
Table 1. Examples of closure objectives and methods (Heikkinen et al. 2005, Kauppila et al. (eds) 2011)

Sulkemistavoite	Sulkemistoimenpiteitä
Alueen mukauttaminen maisemaan ja jälkikäytön mahdollistaminen	<ul style="list-style-type: none">• Maisemointi, muotoilu, kasvillistaminen• Tarpeettomien ja huonokuntoisten rakenteiden purkaminen• Koneiden ja laitteiden poistaminen kaivosalueelta
Pölyämisen estäminen	<ul style="list-style-type: none">• Kaivannaisjätealueiden muotoilu ja peittäminen (vesipeitto, kuivapeitto, osittainen vesipeitto)
Pinta- ja pohjavesikuormituksen estäminen	<ul style="list-style-type: none">• Kaivannaisjätealueiden muotoilu ja peittäminen (vesipeitto, kuivapeitto, osittainen vesipeitto)• Suoto- ja valumavesien keräys ja käsittely (aktiiviset/passiiviset puhdistusmenetelmät)• Louhosten ylivuotovesien kerääminen ja käsittely (aktiiviset/passiiviset puhdistusmenetelmät)
Sortumavaaran ehkäiseminen	<ul style="list-style-type: none">• Louhosten ja kaivannaisjätealueiden muotoilu tai stabilointi (kaivostilojen tukeminen)• Sivullisten pääsyn estäminen sortumavaarallisille alueille (kaivostunneleiden aukkojen tukkiminen, teiden sulkeminen, sortumavaarallisten alueiden aitaaminen, kieltokyltit)

kannalta useimmiten paras ratkaisu voi olla se, että kalkkipitoiset pinnat ja irtomaat jätetään peittämättä ja mahdollisuuksien mukaan hidastetaan niiden metsittymistä.

Kaivoksen sulkemista ja jälkihoitoa on kuvattu tarkemmin mm. Kaivoksen sulkemisen käsikir-

jassa (Heikkinen & Noras (toim.) 2005) ja Mine Closure -Wiki-sivustolla (GTK 2015b). Viimeksi mainitussa on arvioitu keskeisiä sulkemismenetelmiä ja kuvattu esimerkkejä niiden toimivuudesta eri ympäristöissä.

3 KAIVOSTOIMINNAN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

*Päivi Kauppila (GTK), Hannu Komulainen (THL) ja Tapani Kauppinen (THL),
Hannu Törmä (Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti),
Elina Tran-Nguyen (FIANT Consulting Oy) ja Jaana Vormisto, (FIANT Consulting Oy)*

Kaivostoiminnan ympäristövaikutukset voivat olla välillisiä tai välittömiä. Vaikutusten laatu ja laajuus riippuvat toiminnan vaiheesta, ympäristöstä sekä louhittavasta malmityypistä ja -esiintymän koosta. Esiintymän ominaisuudet vaikuttavat toiminnan laajuuteen sekä käytettyihin louhinta- ja rikastus-

menetelmiin. Eri kaivosten ympäristövaikutukset voivat olla hyvinkin erilaisia. Esimerkiksi sulfidimalmikaivoksilla kaivannaisjätteiden varastointi on yksi suurimpia ympäristöhaasteita sulfidiminaalien hapettumisessa muodostuvien happamien, metallipitoisten valumavesien vuoksi. Sen

Mikä on ympäristövaikutus?

Välitön tai välillinen vaikutus

- ihmisten terveyteen, elinoloihin ja viihtyvyyteen
- maaperään, vesiin, ilmaan, ilmastoon, kasvillisuuteen, eliöihin sekä niiden keskinäisiin vuorovaikutussuhteisiin ja luonnon monimuotoisuuteen
- yhdyskuntarakenteeseen, rakennuksiin maisemaan, kaupunkikuvaan ja kulttuuriperintöön
- luonnonvarojen hyödyntämiseen.

sijaan teollisuusmineraali- ja kalkkikivikaivoksilla kaivannaisjätteiden ympäristövaikutukset painottuvat usein pölyämiseen tai maisemallisiin haittoi-

hin. Tämän vuoksi vaikutukset ja niiden estämiseksi tai vähentämiseksi tarvittavat toimenpiteet tulee arvioida aina tapauskohtaisesti.

3.1 Vaikutukset luonnonympäristöön

Päivi Kauppila (GTK)

Kaivostoiminta voi aiheuttaa vaikutuksia maaperään, vesiin, ilman laatuun, eliöihin, luonnon monimuotoisuuteen sekä luonnonvarojen hyödyntämiseen. Vaikutuksen laatu ja laajuus riippuvat mm. kaivoshankkeen toimintavaiheesta. Alla olevissa kappaleissa on kuvattu kaivoshankkeen eri elinkaareen vaiheisiin liittyviä vaikutuksia luonnonympäristöön. Tekstit pohjautuvat kirjoittajan TEM:n oppaaseen (Jantunen & Kauppila (toim.) 2015) laatimaan tekstiin.

3.1.1 Malminetsintä

Malminetsinnän vaikutukset luonnonympäristöön ovat yleensä melko vähäisiä, ja osa vaurioista palautuu itsestään. Vaikutusten suuruus ja luonne riippuvat malminetsintävaiheesta ja siinä tehtävistä tutkimuksista. Alkuvaiheen malminetsinnästä voi aiheutua esimerkiksi melua lentomittauksista sekä vaikutuksia pintakasvillisuuteen ja muuhun eliöstöön näytteenotosta, mittauslinjoista ja maastossa jalkaisin tai moottoriajoneuvoilla liikkumisesta. Näytteenottoaikojen ja ajourien osuinen suojeltavien luontotyyppi- tai lajiesiintymien kohdalle voi aiheuttaa vahinkoa.

Malminetsinnästä voi aiheutua negatiivisia vaikutuksia, kuten pintavesien samentumista, muutoksia elinympäristöille tai laji- ja luontotyyppi-esiintymien tuhoutumista myös myöhemmässä vaiheessa, jos malminetsintä etenee tutkimuskäiväntöihin, kallioperäkairauksiin tai koelouhintaan. Kairaukset aiheuttavat paikallisesti melua ja värinävaikutuksia. Koelouhintatutkimuksissa puiden ja pensaiden kaataminen sekä maa- ja kallioperän paljastuminen muuttavat tutkimusalueen maisemaa, voivat alentaa koelouhoksen ympäristössä pohjaveden pintaa ja aiheuttaa muutoksia lähiympäristön vesitalouteen sekä pienilmastoon. Lisäksi ne voivat vaurioittaa suojeltavien luontotyyppien toiminnallisia prosesseja ja lajien elinympäristöjä. Näiden vaurioiden palautumisessa voi olla viivettä. Koelouhinta aiheuttaa myös melua sekä päästöjä vesiin ja ilmaan. Lisäksi louhinnassa muodos-

tuu vähäisiä määriä maa- ja kiviainesjätteitä, jotka voivat aiheuttaa ympäristön pilaantumisen vaaraa (Kauppila et al. (toim.) 2011). Alueen nykytilan selvityksiin kannattaa ryhtyä aikaisessa vaiheessa, ennen kuin ympäristöä muuttavia toimia aloitetaan (ks. Nykytilaselvitykset). Selvityksiä voidaan hyödyntää myöhemmin alkavassa YVA-menettelyssä.

3.1.2 Kaivoksen rakentamisvaihe

Rakentamistoiminta (malmin käsittelyyn liittyvät rakenteet, huolto- ja toimistorakennukset, kaivannaisjätteiden läjitysalueet), lisääntyvä liikenne, louhinnan aloittaminen (kasvipeitteen ja pintamaan poistot, tarve- ja sivukiven louhinta, kaivoksen vinotunnelien ja perien rakentaminen), vesienohjauksjärjestelyt sekä liikenne- ja sähkölinjojen rakentaminen aiheuttavat kaivoksen perustamisvaiheessa vaikutuksia luonnonympäristöön. Vaikutuksia voi aiheutua mm. maisemaan, topografiaan, maankäyttöön, luonnon monimuotoisuuteen, eliöiden elinympäristöihin ja viihtyvyyteen (pirstoutuminen, häviäminen, väheneminen, laatumuutokset), alueen vesitaseeseen (pinta- ja pohjavesien muodostumiseen ja pohjaveden pinnan korkeuksiin), ilman, maaperän, pintavesien ja pohjavesien laatuun sekä vesistöjen käyttömahdollisuuksiin (Kauppila et al. (toim.) 2011).

Alue muuttuu nopeasti lähes luonnontilaisesta alueesta, esim. metsätalousmaasta, kaivos- ja teollisuusalueeksi, jonka maisema, topografia, luonnon monimuotoisuus ja vesitaseet muuttuvat kasvipeitteen poistamisen, maansiirtotöiden, rakentamisen sekä louhinnan valmistelutöiden myötä. Rakentamisesta ja lisääntyvästä liikenteestä aiheutuu melua ja pölyä. Louhostilojen kuivanaipitopumppaus alentaa pohjaveden pintaa kaivosalueella ja sen lähiympäristössä. Maanpinnan muokkaus altistaa maaperän eroosiolle ja pinta-valunnalle ja aiheuttaa vesien paikallista samentumista lisääntyneen kiintoainekuorman vuoksi. Louhoksen kuivanaipitovedet ja kaivosalueen



Kuva 4. Kaivosalueen rakentaminen muuttaa alueen maisemaa. Kuva: © P. Kauppila, GTK.
Fig. 4. Construction of a mine changes the landscape of the site. Photo © P. Kauppila, GTK.

valumavedet voivat myös lisätä metalli- ja typpi-kuormitusta vesistöihin. Muutokset kasvillisuudessa ja vesistöissä muuttavat eliöiden elinoloja ja voivat johtaa lajistomuutoksiin. Vaikutuksia esimerkiksi eliöstöön on mahdollista vähentää tai lieventää mm. toimintojen sijoittamisella, jolla voidaan toisinaan säästää kaivosalueelle jääneitä laji- tai luontotyyppiesiintymiä ja mahdollistaa niiden säilyminen jopa kaivoksen elinkaaren yli.

Kaivoksen rakentamisaikaisten vaikutusten laatu ja laajuus riippuvat toiminnan laajuudesta, esiintymän geologiasta ja kaivoksen sijaintiympäristöstä. Esimerkiksi maanalainen kaivostoiminta aiheuttaa vähemmän muutoksia maisemaan ja topografiaan kuin avolouhinta. Rakentamisvaiheessa vaikutukset maisemaan, kasvillisuuteen ja pintavesien hydrologiaan ovat muita kaivoksen toimintavaiheita merkittävämpiä.

3.1.3 Kaivoksen tuotantovaihe

Tuotantovaiheessa kaivostoiminnasta aiheutuu ympäristövaikutuksia luonnonympäristöön ilma- ja vesipäästöistä, kaivannaisjätteiden varastoinnista, melusta ja tärinästä. Merkittävimmät vaikutukset luonnonympäristöön aiheutuvat yleensä

pölyämisestä ja vesiin kohdistuvista muutoksista. Toiminnan aikana kaivosalueesta aiheutuu edelleen muutoksia maisemaan mm. kaivannaisjätteiden läjitysalueiden tai avolouhoksen koon kasvun myötä. Louhinnan ja liikenteen aiheuttama melu ja tärinä voivat aiheuttaa häiriöitä alueen eläimistöille ja ihmisille.

Räjäytykset, malmin käsittely, rikasteiden kuivaus, lämmöntuotanto, liikenne ja työkoneet sekä kaivannaisjätteiden läjittäminen aiheuttavat muutoksia ilman laatuun. Muutokset aiheutuvat joko pölyämisestä tai kaasupäästöistä. Pölyäminen voi vaikuttaa maaperän ja vesien laatuun (mm. samentuminen, liettyminen) sekä kasvillisuuteen (valon saannin väheneminen, pintavauriot) ja sen kasvuoloihin ja siten myös maa- ja metsätalouteen (kasvun hidastuminen, satomenetykset). Mineraalipöly voi sisältää ympäristölle haitallisia metalleja, metalleja tai sulfidimineraaleja, ja lisäksi näin maaperän metallikuormitusta tai aiheuttaa maaperän happamoitumista, joka voi edelleen johtaa vesien laadun tai maaperän kasvuolosuhteiden heikentymiseen. Räjäytykset (CO_2 , N_2 , CO , NO_x), pakokaasut (CO_2 , CO , hiilivedyt, NO_x , SO_2 , pienhiukkaset) ja malmin prosessointi (esim. bioliuotuksesta, bioliuoksen prosessoinnista

ja rikasteen painehapetuksesta: H_2S , C_2S , SO_2 , CO_2 , S_0 ja kuivauksesta SO_2) aiheuttavat toiminnassa merkittävimmät kaasupäästöt. Kaasupäästöt vaikuttavat ilmaston lämpenemiseen ja voivat aiheuttaa maaperän tai vesien happamoitumista, kasvillisuusvaurioita tai haittoja eliöille. Typen oksidit lisäävät lisäksi vesistöjen ravinnekuormitusta. Rikastustoiminnasta peräisin olevat hajut voivat haitata ihmisten viihtyvyyttä.

Malmin louhinta ja kaivoksen kuivanapitopumppaus, malmin prosessointi, kaivannaisjätteiden varastointi ja vesienohjausjärjestelyt aiheuttavat muutoksia vesien määrään ja laatuun. Raakavedenotto, louhoksen kuivanapitopumppaus ja maan pinnalle tehtävät rakenteet vaikuttavat alueen vesitaseisiin ja muuttavat vesien virtausreittejä. Esimerkiksi kuivanapitopumppaus alentaa pohjaveden pinnan korkeuksia ja muuttaa vesien virtausreittejä louhosalueen ympäristössä. Malmin louhinnassa käytettävät räjäytykset puolestaan muuttavat kallioperän hydraulisia ominaisuuksia. Muutokset vesitaseissa ja vesipinnoissa voivat edelleen vaikuttaa kasvi- ja eläinlajien elinoloihin. Kaivostoiminnan vesipäästöjen laatu riippuu louhittavasta malmityypistä (metallit, metalloidit, ravinteet, sulfaattipäästöt), louhinnassa käytettävistä räjähteistä (typpipäästöt, orgaaniset haitta-aineet),

rikastusmenetelmästä ja siinä käytettävistä kemikaaleista (rikastuskemikaalijäämät), kaivannaisjätteiden laadusta ja hallinnasta sekä vesienkäsittelystä (vaikutusten vähentäminen). Kaivosalueen vedet voivat aiheuttaa vesistöjen samentumista, happamoitumista tai suolaantumista, lisätä metalli- tai ravinnekuormitusta ja aiheuttaa näin muutoksia vesieliöiden elinoloihin tai suoranaista haittaa vesieliöille (voivat sisältää vesieliöille haitallisia aineita tai yhdisteitä) tai vesien talous- ja virkistyskäytölle. Tätä kautta voi aiheutua myös muutoksia rantakiinteistöjen arvossa.

Ympäristövaikutusten kannalta yksi merkittävimpiä tekijöitä kaivosalueilla on kaivannaisjätteiden, ts. sivukivien, rikastushiekan, maanpoistomassojen, rikastusprosessin sakkujen ja vesien käsittelyn sakkujen, varastointi. Kaivannaisjätteiden määrät ovat yleensä suuria, ja varastointialueet aiheuttavat merkittäviä maisemavaikutuksia, jollei jätteitä voida varastoida maan alle. Kaivannaisjätteistä voi aiheutua pölypäästöjä ja päästöjä vesiin, ja päästöillä voi olla edellisissä kappaleissa kuvatun kaltaisia vaikutuksia. Sulfidimineraaleja sisältävistä kaivannaisjätteistä aiheutuu sulfidimineraalien hapettumisen seurauksena happamia tai neutraaleja, metalli- ja sulfaattipitoisia valumavesiä, jotka voivat aiheuttaa pinta- tai pohjavesien



Kuva 5. Kaivannaisjätteiden läjittäminen muuttaa alueen maisemaa ja voi aiheuttaa päästöjä vesiin ja maaperään.
Kuva: © P. Kauppila, GTK.

Fig. 5. Disposal of mine waste changes the landscape of the site and may impact effluent to water and soils. Photo: © P. Kauppila, GTK.

laadun heikentymistä – ja haittavaikutuksia vesieläimille (esim. elohopean metyloituminen sulfaatin pelkistäjäbakteerien toimesta lisääntyneen sulfaattikuormituksen myötä) ja vesien käytölle. Vedet voivat sisältää myös jäämiä rikastuksessa käytetyistä kemikaaleista. Lisäksi kaivannaisjätteiden valumavedet voivat aiheuttaa vesien suo- laantumista tai lisätä niiden ravinnekuormitusta. Esimerkiksi sivukiviin jääneet räjähdysainejäämät voivat aiheuttaa typpikuormitusta.

3.1.4 Kaivoksen sulkeminen ja jälkihoito

Kaivoksen sulkemisvaiheessa kaivosalueelle jäävät yleensä vain kunnostetut ja maisemoidut kaivannaisjätealueiden varastointialueet sekä avolouhos ja maanalaiset louhostilat ja niihin liittyvät vesienkäsittelyjärjestelyt, mikäli kaivosaluetta ei oteta toiminnan päätyttyä esim. muuhun yrityskäyttöön. Suljetusta kaivosalueesta voi aiheutua ympäristövaikutuksia mm. maisemamuutoksista, pölyämisestä, valuma- ja suotovesipäästöistä sekä maanvajoamista tai sortumista. Toiminnan jälkeisiä ympäristövaikutuksia vähennetään kaivosalueen sulkemis- ja jälkihoitotoimenpiteillä (ks. Kaivoksen sulkeminen ja jälkihoito, Heikkinen & Noras (toim. 2005) ja GTK (2015b)).

Avolouhos ja maan päälle läjitetyt kaivannaisjätekasat aiheuttavat pysyvän muutoksen alueen maisemaan. Kaivannaisjätekasoi- sta voi myös

aiheutua pölyämistä ja päästöjä vesiin. Kaivannaisjätteiden ja mineraalipölyn laadusta riippuen pölyäminen voi aiheuttaa maaperän pilaantumista tai happamoitumista, muuttaa kasvillisuuden elinoloja, aiheuttaa kasvillisuusvaurioita ja estää kasvien yhteyttämistä. Vesipäästöt voivat puolestaan johtaa pohja- tai pintavesien pilaantumiseen, suo- laantumiseen tai rehevöitymiseen. Sulfidimineraaleja sisältävät kaivannaisjätteet voivat aiheuttaa vesien happamoitumista ja lisätä niiden kuormitusta metalleilla, metalleideilla ja sulfaatilla (ns. hapan tai neutraali kaivosvaluma). Sulfidimineraalien hapettumisen aiheuttama kuormitus voi jatkua pitkään toiminnan päättymisen jälkeenkin.

Louhostilat täyttyvät toiminnan päättymisen jälkeen vedellä. Louhosten ylivuotovedet voivat aiheuttaa vesien pilaantumista, rehevöitymistä tai suo- laantumista. Sulfidimineraalit hapettuvat sulfidimetallimalmikaivoksissa louhoksen seinämissä ja mahdollisessa kaivostäytössä ja hapettumistuotteet huuhtoutuvat louhoksen täyttyessä louhosveteen. Louhokseen kertyvä vesi voi kulkeutua kallioperän ruhjeita tai rakovyöhykkeitä pitkin kalliopohjaveteen ja aiheuttaa pohja- ja pintavesien laadun heikentymistä. Louhoksen jyrkkiin reunoihin ja erityisesti sivukivikasoihin voi liittyä sortumavaara ja maanalaisiin kaivostiloihin maanvajoamisen riski. Näistä voi aiheutua haittoja ihmisille ja eläimille.

3.2 Esiintymätyyppien vaikutus kaivostoiminnan ympäristövaikutuksiin

Päivi Kauppila (GTK)

Kaivostoiminnan ympäristövaikutukset liittyvät keskeisesti sellaisten alkuaineiden ja yhdisteiden kulkeutumiseen ympäristöön, joiden esiintyminen voi olla ihmisten terveydelle tai eliöille haitallista. Osa näistä haitta-aineista, esim. metallit (Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Pb, Ni, Zn, U, V), puolimetallit (As, Sb), suolat (SO₄) tai ravinteet (P), voivat olla peräisin louhittavasta malmista itsestään (vrt. taulukko 2).

Kaivostoiminnan ympäristövaikutusten laajuus ja laatu riippuvatkin voimakkaasti malmiesiintymän geologiasta ja arvonnainepitoisuudesta. Haitta-aineiden vapautuminen kivistä riippuu niiden esiintymismuodosta sekä kivilajien ja mineraalien rapautumisherkyydestä. Emäksiset, ts. tummat syväkivet (esim. peridotiitit, gabrot), ovat yleisesti

ottaen herkempiä rapautumiselle kuin happamat, ts. vaaleat kivilajit (esim. kvartsiitit, graniitit), ja vastaavasti huokoiset kivet rapautuvat herkemmin kuin tiiviit kivet. Edellä esitettyjen seikkojen vuoksi kaivostoiminnan vaikutusten arviointi tulee tehdä YVA-menettelyssä kohdekohtaisesti esiintymätyyppien mukaan, eivätkä kaikki ympäristövaikutukset ole yhtä keskeisiä kaikissa esiintymissä.

Suomesta louhittavat kaivoslain mukaiset kaivoskivennäiset käsittävät metallimalmeja (Cr, Ni, Cu, Zn, Co, Au, Ag, Pt, Pd, rikkikiisu), teollisuusmineraaleja (apatiitti, kalsiitti, dolomiitti, wollastonitiitti, talkki, kvartsi ja maasälpä), teollisuuskivet, vuolukivet sekä koru- ja jalokivet (ametisti) (GTK 2015a). Näistä merkittävimmät ympäristövaikutukset liittyvät yleensä sulfidisten metallimalmien

Taulukko 2. Metallien, puolimetallien, rikin ja fosforin keskipitoisuuksia (kokonaispitoisuudet) yleisissä kivilajeissa (Koljonen 1992). Vertailuarvoina on esitetty maaperän pilaantumisen arvioinnissa käytettävät kynnys- ja ohjearvot (suositusmenetelmä: kuningasvesi- tai typpihappouutto) (VNa 214/2007). (Taulukko muokattu teoksesta Heikkinen et al. 2007).

Table 2. Average concentrations of metals, metalloids, sulfur, and phosphorus in common rock types (total concentrations; Koljonen 1992). Reference values are threshold and guideline values given for contaminated soils (recommended leach: Aqua Regia or nitric acid digestion) (VNa 214/2007). Table is modified from Heikkinen et al. (2007).

Kivilaji	As mg/ kg	Cd mg/ kg	Co mg/ kg	Cr mg/ kg	Cu mg/ kg	Hg mg/ kg	Ni mg/ kg	P mg/ kg	Pb mg/ kg	S mg/ kg	Sb mg/ kg	Zn mg/ kg	V mg/ kg
Ultraemäk- siset kivet*	0,7	0,05	110	2 300	40	0,004	2 000	220	0,05	600	0,1	60	80
Emäksiset kivet**	2	0,2	45	250	90	0,01	130	1 200	4	900	0,2	100	260
Graniitit, granodioriitit	3	0,1	4	10	12	0,03	5	750	20	100	0,3	50	70
Liuskeet	13	0,25	20	100	45	0,18	70	800	22	1 100	1,0	100	130
Hiekkakivet	0,5	<0,04	0,3	35	2	0,01	2	30	10	200	0,05	20	20
Kalkkikivet	1,5	0,1	0,1	5	6	0,02	5	350	5	500	0,15	40	15
PIMA-asetus***													
Kynnysarvo	5	1	20	100	100	0,5	50		60			200	100
Alempi ohjearvo	50	10	100	200	150	2	100		200			250	150
Ylempi ohjearvo	100	20	250	300	200	5	150		750			400	250

*peridotiitit; **gabrot, basaltit; ***Maaperän pilaantuneisuuden arvioinnissa käytettävät kynnys- ja ohjearvot (VNa 214/2007)

(Ni, Cu, Zn, Au, Ag, Pt, Pd, rikkikiisu) louhintaan, sillä ne sisältävät usein runsaasti ympäristölle haitallisia metalleja ja rautasulfideja (magneetti- tai rikkikiisua). Lisäksi arvoaineet (ja myös suurelta osin haitta-aineet) esiintyvät niissä yleensä sulfidimineraaleina (metallin ja rikin yhdisteenä), jotka hapettuvat altistuessaan maan pinnan oloissa hapelle ja vedelle. Hapettumisreaktioissa muodostuu happamuutta, jonka vaikutuksesta sulfidimineraaleista ja myös muista kiven sisältämistä mineraaleista liukenee edelleen metalleja (raskasmetallit, Fe, Al, Mn), puolimetalleja (As, Sb), maa-alkali- ja alkalimetalleja (Ca, Mg, Na, K) sekä sulfaattia kaivosalueen vesiin.

Sulfidimetallikaivosten keskeiset ympäristövaikutukset liittyvät kaivannaisjätteiden varastointiin ja vesipäästöihin, sillä sulfidimineraalit ovat kaivannaisjätteiden läjityskasoissa alttiita hapettumiselle ja aiheuttavat ympäristölle haitallisia valumavesiä. Hapettuminen on yleensä hitaampaa sivukivissä kuin rikastushiekassa sivukivien suuremman raekoon vuoksi. Sulfidimineraalien hapettumista voi tapahtua myös louhosten seinämissä, rikastusprosessissa, rikasteen varastokasoissa

sekä alueilla, joihin on levinnyt sulfidipitoista pölyä.

Vesipäästöjen happamuus riippuu kivissä ja jätteissä olevien happoa tuottavien sulfidimineraalien ja happamuutta neutraloivien mineraalien suhteesta. Neutraloivia mineraaleja ovat mm. karbonaatit (esim. kalsiitti ja dolomiitti) ja jotkin ns. emäksiset tai ultraemäksiset silikaattimineraalit (esim. serpentiini, Ca ja Mg sisältävät pyrokseenit). Silikaattien kyky neutraloida happamuutta on vähäisempi kuin karbonaateilla, koska ne liukenevat ja rapautuvat hitaammin. Vaikka kiviaines olisi happamuutta neutraloivaa ja vesipäästöt neutraaleja, vedet voivat silti sisältää kiviaineksesta liuenneita ympäristölle haitallisia metalleja.

Myös talkki- ja vuolukivimalmit voivat sisältää vaihtelevia tai pieniä määriä sulfidimineraaleja. Molemmat malmit esiintyvät karbonaattirikkaissa kivilajeissa, joilla on yleensä hyvä kyky neutraloida happamuutta, jolloin happamia valumavesiä ei tavallisesti pääse muodostumaan etenkin rikastushiekka-alueilta. Sivukivenä talkkimalmiesiintymisissä on kuitenkin usein mustaliusketta, joka on rauta- ja nikkelisulfidipitoinen, happamia, metalli-



Kuva 6. Hapanta kaivosvalumaa. Kuva: © P. Kauppila, GTK.
Fig. 6. Acid mine drainage. Photo: © P. Kauppila, GTK.

pitoisia (mm. Fe, Mn, Ni, Zn, Al, As) valumavesiä muodostava kivilaji. Sekä talkkimalmit että vuolukiviesiintymät sisältävät mm. nikkeliä, arseenia ja kromia. Arseni ja nikkeli esiintyvät mm. nikkeliarsenideissa ja sulfideissa ja kromi ja osa nikkelistä niukkaliukoissa silikaatti- ja oksidimineeraaleissa. Nikkelin määrät ovat talkkimalmeissa usein niin merkittäviä, että nikkeli voidaan rikastaa malmin prosessoinnissa erilliseksi rikasteeksi. Vuolukivituotantoon valitaan tavallisesti kohteet, joissa sulfidimineraalien määrät ovat vähäisiä, sillä ne heikentävät vuolukiven laatua ja käytettävyyttä. Talkki- ja vuolukivituotannon vesipäästöissä voi olla kohonneita pitoisuuksia esim. nikkeliä, arseenia ja magnesiumia. Muista metallimalmeista poiketen kromimalmeissa arvometalli esiintyy kromioksidina (kromiittina) eikä metallisulfidina. Oksidimineraalit ovat tavallisesti pysyvämpiä ja heikommin rapautuvia kuin sulfidimineraalit, joten oksidimalmien louhintaan ja rikastukseen liittyvät vesipäästöt sisältävät yleensä vähemmän metalleja kuin muussa metallimalmituotannossa. Kromimalmit esiintyvät tyypillisesti ultraemäksisistä, karbonaattirikkaista kivilajeista koostuvissa esiintymissä, jotka voivat sisältää vähäisiä määriä sulfidimineraaleja ja mm. nikkeliä silikaattimineeraaleissa. Oksidimalmien ympäristövaikutusten kannalta mm. mineraaliaineksen pölyäminen, maisemalliset vaikutukset ja räjähdysaineista pe-

räisin olevat typpipäästöt ovat keskeisempiä kuin malmityyppiin liittyvät metallipäästöt vesiin.

Myös uraanimalmi ovat tyypillisesti oksidimalmeja. Uraanimalmi ovat luonnostaan radioaktiivisia ja sisältävät radium-226:ta, joten niiden louhintaan liittyy säteily- ja radonriski. Päinvastoin kuin kromimalmit, uraanimalmi ovat herkästi rapautuvia hapettavassa ympäristössä, jolloin niistä voi vapautua ympäristöön uraania ja toriumia sekä niiden hajoamistuotteita (esim. Ra-226, Rn-222, Pb-210). Uraani on myös kemiallisesti myrkyllinen alkuaine. Uraanimalmien louhinnassa merkittävimmät ympäristöriskit liittyvät kaivosvesiin, kaivannaisjätteiden varastointiin ja pölyämiseen. Suomesta ei louhita yhtään varsinaista uraanimalmia, mutta uraania esiintyy mm. karbonaattisissa lyijy- ja fosforimalmeissa (Korsnäs, Sokli), metasedimenttisissä ja karsikivien yhteydessä olevissa kulta-kuparimalmeissa (Juomasuo, Laurinoja), mustaliuskeisiin liittyvissä monimetallimalmeissa (Talvivaara) sekä sinkki-kuparimalmien yhteydessä (Pahtavuoma, Vihanti; esim. Papunen 1986).

Suomessa louhittavista teollisuusmineraaliesiintymistä apatiitti-, kalsiitti-, dolomiitti-, wollasto- niitti-, kvartsi- ja maasälpäalmien ympäristövaikutukset ovat yleensä merkittävästi vähäisempiä kuin metallimalmituotannossa erityisesti vesipäästöissä, sillä näissä esiintymissä ympäristölle haitallisten raskasmetallien ja puolimetallien

pitoisuudet ovat luontaisesti vähäisiä eivätkä esiintymät yleensä sisällä merkittäviä määriä sulfidimineraaleja. Apatiittia, wollastoniittia, kalsiittia ja dolomiittia louhitaan karbonaattirikkaista esiintymistä, joten niiden vesipäästöt ovat usein alkalisia. Apatiitin tuotantoon liittyvissä vesissä voi olla malmista peräisin olevia kaliumia, natriumia, rautaa, fluoria, fosforia ja strontiumia. Kalkkikivet on

luokiteltu pysyviksi pysyvien kaivannaisjätteiden kriteerien pohjalta (Luodes et al. 2011), mikä osoittaa, ettei niistä ole odotettavissa malmin koostumukseen liittyviä haittaa aiheuttavia vesipäästöjä. Edellä lueteltujen malmien ympäristövaikutukset liittyvät tavallisesti maisemavaikutuksiin, pölyämiseen ja kiintoainepäästöihin tai rikastuksessa käytettäviin kemikaaleihin liittyviin päästöihin.

3.3 Vaikutukset ihmisten viihtyvyyteen ja terveyteen

Hannu Komulainen (THL)

Kaivostoiminta saattaa vaikuttaa haitallisesti kaivoksen ympäristössä asuvan väestön viihtyvyyteen ja terveyteen (ympäristöterveysvaikutukset). Haitat ja riskit ovat kaivoskohtaisia. Ne riippuvat kaivostyypistä, sen prosesseista, kaivoksen ympäristöstä ja sijainnista suhteessa asutukseen sekä kaivokselta ympäristöön päätyvien päästöjen luonteesta, määrästä ja niille altistumisesta. Viihtyvyyshaittaan vaikuttavat kaivoksen toiminnasta tuleva häiriö (melu, haju), mutta erityisesti ympäristön mahdollinen pilaantuminen ja siihen liittyvä ympäristön virkistys- ja muun käytön rajoittuminen (järvivesien käyttörajoitukset, vaikutus kalastukseen), päästöihin liittyvät pelot (epätietoisuus, mahdollinen terveyshaitta) ja haitalliset sosioekonomiset vaikutukset (esimerkiksi omaisuuden arvon laskuun liittyvä mielipaha, stressi).

Todennäköisimpiä ympäristöterveyshaittaa aiheuttavia päästöjä ovat melu, pöly (ympäristön likaantuminen, maaperän pilaantuminen), päästöt pintaveteen (ympäröiviin järviin ja jokiin; metallit ja muut epäorgaaniset aineet) ja hajut (hajurikkyhdisteet, rikkivety) (Komulainen et al. 2014). On arvioitavissa, että kaivostoiminta aiheuttaa Suomessa ympäristössään todennäköisemmin vakavamman ja merkittävämmän ekologisen ja ekotoksikologisen haitan (erityisesti vesistöissä) kuin riskin ihmisten terveydelle.

Päästötyypit ovat terveysvaikutusten kannalta hyvin erilaisia, ja myös niiden vaikutusalue on erilainen. Pölyhaitta on suurin aivan kaivoksen lähiympäristössä. Melu kuuluu maastosta riippuen muutaman kilometrin päähän. Paha haju saattaa kulkeutua myötätuuleen todettavaksi vielä kymmenienkin kilometrien päähän, ja vedessä olevat epäpuhtaudet saattavat kulkeutua ja vaikuttaa veden laatuun pitkälle alavirtaan vesistöreitillä. Melu, haju, tärinä ja pääasiassa myös pöly liittyvät

kaivoksen aktiiviseen toimintaan. Niihin liittyvät haitat loppuvat kaivoksen toiminnan päättyessä. Maaperän kontaminoituminen on kaivoksen ympäristössä varsin pysyvää ilman kunnostustoimia, ja merkittävät muutokset vesistöjen laadussa voivat säilyä pitkään kaivostoiminnan loputtua. Kaivannaisjätteistä voi päätyä ympäristöön päästöjä pitkään myös kaivoksen sulkemisen jälkeen.

Suomalaisiin kaivoksiin liittyvät haitalliset ympäristöterveysvaikutukset ovat ensi sijassa haitallisia vaikutuksia ihmisten viihtyvyyteen (mielipaha, huoli, stressi). Ihmisten altistumistaso kaivokselta tuleville altisteille on harvoin niin voimakasta ja merkittävää, että siitä aiheutuisi altisteen varsinaiseen toksisuuteen perustuvaa terveyshaittaa (esimerkiksi ihottumaa, hengitystieärsytystä, haitallista vaikutusta munuaisiin tai muihin elimiin). Akuuttien, välittömien vaikutusten riski on pieni ja kohdistuu aivan kaivoksen vieressä asuviin ihmisiin (esimerkiksi rikkivetymyrkkypilven leviäminen tuulen mukana onnettomuustilanteen vuoksi on lähes ainoa skenaario). Riski liittyy lähinnä altistumiseen pitkän ajan (vuosien) kuluessa.

Kaivostoiminta voi lisätä ihmisten epäpuhtauksien, epäorgaanisten aineiden (metallit ja muut ionit) saantia mutta harvoin sellaiselle tasolle, josta todennäköisesti aiheutuu varsinaista terveyshaittaa. Saannin vaikutusta on arvioitava osana muualta, muista lähteistä tulevaan altistumiseen (tärkeimpänä muualta ostettu ravinto), koska kokonaisaltistus ja -saanti määrittävät terveysriskin. Tärkeimpiä saantilähteitä ovat kaivosalueen ympäristöstä kerätyt luonnontuotteet (sienet, marjat, mahdollinen puutarhaviljely; laskeuma pölyssä, maaperän kuormittuminen pölyssä tulevasta aineista) ja kaivoksen ympäristön vesistöistä pyydetty kala. Merkittävimpiä haitta-aineita ovat elimistöön kertyvät aineet (kadmium, uraani) ja

syöpävaaraa aiheuttavat aineet (arseeni). Kaloissa merkittävin haitta-aine on elohopea (metyylielohopea). Suomalaisten kaivosten ympäristötarkkailutulosten mukaan kaivostoiminta ei ole vaikuttanut merkittävästi haitallisessa määrin kalojen metallipitoisuuksiin, ts. nostanut niitä niin, että kalojen käytölle olisi ollut tarvetta asettaa käyttörajoituksia. Käyttörajoituksia on jouduttu antamaan varovaisuusperiaatteella onnettomuustilanteessa, jonka vaikutukset eivät ole vielä tiedossa.

Kaivostoimintaan liittyy usein pelkoa, epäluuloisuutta ja epäilyä, mikä vaikuttaa merkittävästi ihmisten ennakkokäsityksiin ja koettuihin haittoihin ja niiden myötä osalla ihmisistä myös terveyteen. Maailmalta on olemassa myös esimerkkejä siitä, kuinka asutuksen äärellä oleva kaivos- tai

rikastamotoiminta lisää ihmisten altistumista esimerkiksi metalleille, hengitettynä pölyssä ja pilaantuneesta maaperästä. Altistus voi nousta tasolle, joka näkyy kohonneina pitoisuuksina elimistössä ja on yhdistettävissä haitallisiin terveysvaikutuksiin (esimerkiksi mangaanikaivokset ja rikastamot). Kaivostoiminta voi siis aiheuttaa terveyshaittaa, minkä vuoksi terveysriskit ympäristöön päätyvistä altisteista on aina arvioitava ja marginaalit haitallisena pidettävään altistumiseen on osoitettava. Perusteellinen ja läpinäkyvä riskinarvio voi vähentää epätietoisuutta ja helpottaa päätöksentekoa. Altistumistason määrittäminen ja arviointi on YVA-työssä lähtökohta (ks. Terveys- ja viihtyvyysoikutusten arviointi).

3.4 Sosiaaliset vaikutukset

Tapani Kauppinen (THL)

Kaivoshankkeiden tyypilliset sosiaaliset tai ihmisiin kohdistuvat vaikutukset liittyvät ihmisten ja ihmisryhmien elinoloihin ja viihtyvyyteen, mukaan lukien arvot, asenteet, pelot ja ristiriidat.

Kaivostoiminnan vaikutusalueella asuu erilaisia yhteisöjä, joihin vaikutukset kohdistuvat eri tavoin jo kaivostoiminnan suunnitteluvaiheessa. Kaivoshankkeen vaikutusalueen ihmisten elämä muuttuu elinympäristön muuttumisen, työmahdollisuuksien ja elinkeinon harjoittamisen muutosten, uusien liikenneyhteyksien, palveluiden ja alueelle muuttavien uusien ihmisten myötä. Nämä muutokset aiheuttavat erilaisia sosiaalisia vaikutuksia, joihin liittyy lisäksi eri ihmisryhmien välinen vertailu sen mukaan, ketkä ovat voittajia ja ketkä häviäjiä. Taulukkoon 3 on koottu esimerkkejä kaivostoimintaan (tai muihin luonnonvarahankkeisiin) liittyvistä tekijöistä jotka voivat aiheuttaa sosiaalisia vaikutuksia.

Sosiaalisen tai hyvinvoinnin määrittelystä riippuen vaikutukset voivat limittyä suoraan muualla tässä oppaassa käsiteltäviin vaikutuksiin. Esimerkiksi sosiaalipoliittisesta näkökulmasta hyvinvoinnilla on yhteys työllisyyteen, palveluihin ja toimeentuloon (ks. Aluetaloudelliset vaikutukset ja terveyteen (ks. Vaikutukset ihmisten viihtyvyyteen ja terveyteen). Oppaassa on myös kuvattu elinympäristön yhteyttä ihmisen hyvinvoinnille esimerkiksi virkistyksen lähteenä ja ihmisoikeuksiin (ks. esim. Mahdollisten ihmisoikeusvaikutusten tunnistaminen).

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos on koostanut suomalaisia sosiaalisten vaikutusten tarkistuslistoja, joita soveltamalla voi hahmottaa kaivoshankkeiden tyypillisiä vaikutuksia: <https://www.thl.fi/fi/web/terveyden-edistaminen/johtaminen/tyokaluja/ihmisiin-kohdistuvien-vaikutusten-arviointi-iva/miten-iva-toteutetaan/vaikutusten-tunnistaminen/nakokulmia>

Taulukko 3. Tyypillisiä kaivoshankkeiden aiheuttamia muutoksia, joista voi aiheutua sosiaalisia vaikutuksia. Muokattu Franks (2012) pohjalta.

Table 3. Typical changes caused by mining projects that may cause social impacts. Modified from Franks (2012)

Sosiaaliset ja kulttuurilliset muutokset	
Väestörakenne	Sisään- ja ulosmuutto, kuntien ja kunnanosien kehitys, sosiaalinen inkluusio, sosiaalisten ryhmien väliset jännitteet
Sosiaalialan rakenteet ja palvelut	Asuntotilanne, koulutus- ja osaaminen (osaamisen puutteet, henkilökunnan vaihtuvuus), päivähoitotilanne, koulutus
Rikollisuus ja yhteiskuntarauha	Muutokset sosiaalisissa normeissa, muutosten nopeus, muutokset rikollisuudessa, päihteet
Kulttuuri ja perinteet	Muutokset perheen sisäisissä rooleissa, muutokset elinkeinoissa ja työpaikoissa, yhteisön yhtenäisyyden väheneminen, paikkatunteen muuttuminen, kulttuuriperintö, yhteisön johtajuusrakenteiden muuttuminen
Terveys ja turvallisuus	Tarttuvat taudit, liikenneonnettomuudet, päihteiden väärinkäyttö, ympäristövahingot, ruuantuotannon muutokset, valistuskampanjat
Työvoima	Terveys ja turvallisuus, työolot, naisten työnsaantimahdollisuudet
Sukupuoli ja haavoittuvat ryhmät	Haavoittuvien ryhmien kokemat suuremmat vaikutukset (naiset, vammaiset, vanhat, nuoret, etniset vähemmistöt jne.), osallistumisen ja työnsaantimahdollisuuksien jakautuminen
Ihmisoikeudet ja turvallisuus	Mielipidevapauden ja mielipiteiden ilmaisemisen rajoittuminen
Taloudelliset muutokset	
Hyötyjen jakautuminen	Työllisyys, kaivoksesta saatavien vero ym. tulojen käyttö, koulutus, paikallinen hankinta, sosiaaliset ohjelmat, kompensatiot, odotusten täyttyminen
Inflaatio/deflaatio	Asuntojen hinnat ja omistus, ruoka, sosiaalialan palvelujen riittävyys
Infrastruktuuri	Liikenneväyliin, vesi- ja viemäriverkostoon, sähkön tuotantoon ja siirtoon, telekommunikaatioon yms. liittyvät tarpeet ja investoinnit
Ympäristömuutosten sosiaaliset vaikutukset	
Ympäristön pilaantuminen	Päästöt ilmaan ja vesiin, melu, tärinä, säteily, liikenne, visuaaliset muutokset; viranomaisvalvonnan riittävyys
Luonnonvarat	Alueiden käyttö, virkistys, liikkuminen, vesi, mineraalivarat, kulttuuriperintö, metsät, luonnontuotteet, sulkemisen jälkeinen maankäyttö
Uudelleen sijoittuminen	Kaivoksen johdosta muuttamaan joutuminen - sen järjestelyt ja kompensatio
Häiriöt toiminnasta	Alueen käytöstä ja liikkumisesta sopiminen sekä korvaukset (ml. etsintävaihe), häiriöiden kesto, tiheys ja ajoittuminen
Muutosprosessi	
Yhteydenpito	Konsultointi, kommunikointi, raportointi, osallistumismahdollisuudet, yhteydet päätöksentekijöihin, läpinäkyvyys, ajoitus, kaikkien ryhmien huomioon ottaminen, tapojen ja rakenteiden kunnioittaminen
Suostumus	Alkuperäiskansojen oikeudet, sosiaalinen toimilupa
Osallistuminen	Suunnittelu, seuranta, vaihtoehtojen valinta, paikallisten kehittämissuunnitelmien suunnittelu
Vahinkojen korjaaminen	Valitusten ja kiistojen ratkaisu, ongelmien tunnustaminen, kompensatiot, haittojen vähentäminen
Sopimukset	Tasapuolisuus, sopimusten kunnioittaminen ja tehokas toimeenpano, vastuiden selkeys, tehokas hallinto (ml. julkishallinnon kapasiteetti)
Paikallisyhteisön kehittäminen	Osallistuminen, riittävyys, soveltuvat toimintatavat, kyky fasilitoida, johdonmukaisuus, priorisointi

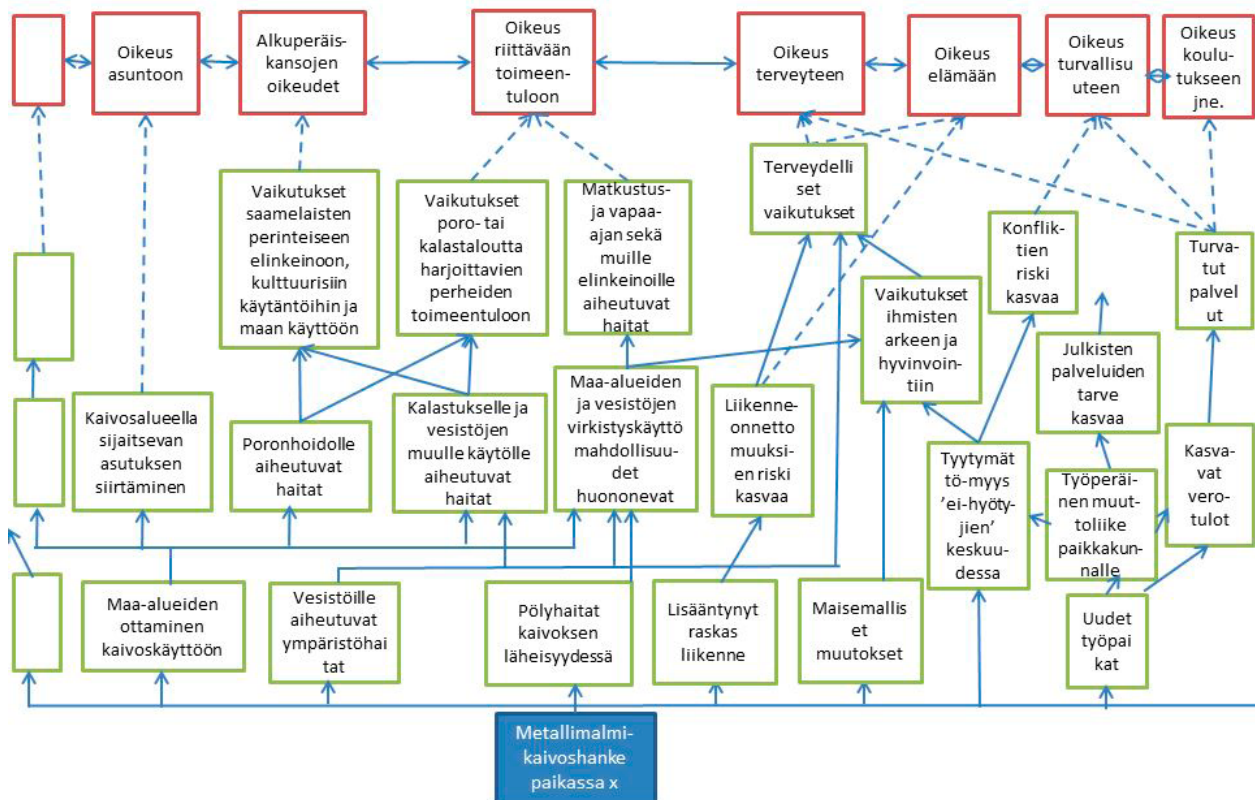
3.5 Ihmisoikeusvaikutukset

Elina Tran-Nguyen (FIANT Consulting Oy) ja Jaana Vormisto (FIANT Consulting Oy)

Ihmisoikeudet ovat kansainvälisiin ihmisoikeusso-
pimuksiin kirjattuja oikeuksia, jotka kuuluvat jo-
kaiselle ihmiselle maailmassa ja joita voidaan pitää
ihmisarvoisen elämän eräänlaisina minimistan-
dardeina. Kaivos Hankkeen ihmisoikeusvaikutuk-
sia arvioitaessa tarkastellaan hankkeen ihmisiin ja
yhteisöihin kohdistuvia sosiaalisia ja taloudellisia
vaikutuksia sekä vaikutuksia ihmisten terveyteen
ja viihtyvyyteen kansainvälisesti sovitujen ihmiso-
ikeusnormien näkökulmasta. Ihmisoikeusvaiku-
tuksia ovat hankkeen vaikutukset, jotka rikkovat
ihmisoikeusnormeja (MacNaughton & Hunt 2011,
Götzmann 2014).

Alla olevassa kuvassa on yksinkertaistettu esi-
merkki kaivos hankkeen mahdollisista ihmiso-

ikeusvaikutuksista. On tärkeää huomata, etteivät
kaikki merkittävään sosiaaliset, taloudelliset tai
terveydelliset vaikutukset ole välttämättä ihmis-
oikeusvaikutuksia. Tästä syystä kuvan ihmisoi-
keusvaikutuksiin johtavat nuolet ovat katkoviivalla.
Esimerkiksi kotitalouksien muutto pois kaivos-
alueelta ei välttämättä sellaisenaan ole ihmisoi-
keuskysymys, kun se hoidetaan lainsäädännön
mukaisesti. Siihen saattaa kuitenkin sisältyä ih-
misoikeuksien kannalta kriittisiä elementtejä, jos
kyseessä on esim. haavoittuviin ryhmiin kuuluvia
ihmiä, kuten alkuperäiskansojen edustajia tai
vammasia henkilöitä. Tämä tulee ottaa huomioon
vaikutusten arvioinnissa ja hankkeen suunnitte-
lussa.



Kuva 7. Vaikutusverkko joka havainnollistaa kaivos hankkeen mahdollisten ihmisoikeusvaikutusten syntyä.
Fig. 7. Cause-and-effect diagram illustrating how a mining project could impact human rights

Keskeisiä ihmisoikeusinstrumentteja, joissa on määritelty ihmisoikeusstandardit ja periaatteet:

- Yleismaailmallinen ihmisoikeusjulistus (1948)
- YK:n kansalaisoikeuksia ja poliittisia oikeuksia koskeva yleissopimus (KP-sopimus, 1966)
- YK:n taloudellisia, sosiaalisia ja sivistyksellisiä oikeuksia koskeva yleissopimus (TSS-sopimus, 1966)
- ILO:n julistus työelämää koskevista peruseriaatteista ja -oikeuksista (1998).

Suomi on allekirjoittanut ja ratifioinut valtaosan YK:n ja Euroopan ihmisoikeussopimuksista (ks. lisätietolaatikko), ja siten niissä määritellyt standardit ja periaatteet on sisällytetty Suomen lainsäädäntöön. Alkuperäiskansojen oikeuksia koskevaa ILO 169 -sopimusta Suomi ei ole vielä ratifioinut, mutta sisällöllisesti näitä oikeuksia on huomioitu kaivoslaissa, saamelaiskäräjistä annetussa laissa sekä kolttalaissa. YK:n biodiversiteettisopimuksen perusteella laaditut vapaaehtoiset Akwé: Kon -ohjeet tukevat alkuperäiskansojen oikeuksia koskevien tyyppillisten sosiaalisten ja kulttuuristen vaikutusten sekä ympäristövaikutusten tunnistamista ja arviointia.

Lisätietoa:

Tärkeimmät Suomea velvoittavat ihmisoikeussopimukset:

<http://www.ihmisoikeudet.net/index.php?page=suomea-velvoittavat-ihmisoikeussopimukset>

Suomen vireillä olevat ihmisoikeussopimushankkeet: <http://www.formin.fi/public/default.aspx?nodeid=49621&contentlan=1&culture=fi-FI>

Kolttalaki: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1995/19950253?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=kolttalaki>

Laki saamelaiskäräjistä: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1995/19950974>

Akwé: Kon -ohjeet, Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2011, Ympäristöministeriö: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41525/OH1_2011_Akwe_Kon_-ohjeet.pdf?sequence=1

3.6 Aluetaloudelliset vaikutukset

Hannu Törmä (Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti)

Kaivoksen tulo alueelle vaikuttaa erityisesti käytöväiheessa työvoiman tarpeeseen, väestörakenteeseen, yhdyskunta-, palvelu- ja elinkeinorakenteeseen, asumiseen ja liikkumiseen sekä kunnallistalouteen. Työvoiman kysyntä kasvaa sekä kaivostoiminnassa että sitä palvelevilla muilla toimialoilla. Vallankin kaivoksen toimintavaiheessa alueelle alkaa muuttaa kaivoksen työntekijöitä, uusia kotitalouksia joilla on alle kouluikäisiä ja kouluikäisiä lapsia. Nämä muutokset yhdessä kas-

vavien työtulojen kanssa muuttavat alueen elinkeinorakennetta, joka monipuolistuu myös palvelualoilla. Väestön kasvaessa haasteeksi muodostuu asumisen järjestäminen. Kaikki uudet kotitaloudet eivät halua sitoutua rakentamaan omakotitaloa, joten myös vuokra-asunnoille on kysyntää. Alueella liikkuminen saattaa muuttua kun kaivoksen tuotoksia kuljetetaan eteenpäin. Liikennemäärät kasvavat ja usein syntyy tarve järjestellä uudelleen kulkureittejä. Kaivoksen tulo on sekä

mahdollisuus että haaste kunnallistaloudelle. Väestön kasvaessa syntyy tarve turvata asumispalveluiden lisäksi julkiset päivähoito- ja koulutuspalvelut sekä kulttuuri- ja vapaa-ajan palvelut. Kaivos tuottaa kunnalle verotuloja, mutta jos julkiset investoinnit ovat etupainotteisia, kunta velkaantuu lyhyellä tähtäimellä. Kunkin muutoksen osatekijän ennakoarviointi on tärkeää.

3.6.1 Kaivoshankkeella nähdään olevan sekä myönteisiä että kielteisiä vaikutuksia

Kaivostoimintaan liittyy mielipiteitä puolesta ja vastaan. Kyse on aluetaloudellisten kehitysnäkemyksien ja luontoarvoja puolustavien tahojen keskustelusta. Kaivoshanke ei voi saada kohdealueen toimijoilta ja asukkailta sosiaalista toimilupaa, ennen kuin näiden kahden näkökulman välille löydetään tasapaino.

Kaivoshanketta puolustavat tahot arvostavat myönteisiä työllisyys- ja elintaso-vaikutuksia. Kaivosten kohdealue sijaitsee usein pienissä ja maa-seutumaisissa kunnissa, joiden työllisyys- ja väestökehitys on ollut laskeva joissain tapauksissa jo useamman vuoden ajan. Monta kertaa suhteellisen suuren kaivosinvestoinnin ja työllistäjän tulon nähdään antavan taloudellisten etujen lisäksi myös toivoa tulevaisuudesta.

Kaivoshanketta vastustavat tahot arvostavat nykyisen luontoympäristön hyödyntämismahdollisuuksia henkilökohtaiseen virkistytymiseen ja vakiintuneeseen luontoa hyödyntävään liiketoi-

mintaan. Kaivoksen tulo vähintäänkin muuttaa mutta voi myös oleellisesti haitata luontoa. Kaivostoiminta voi aiheuttaa ja on jo aiheuttanut ympäristövahinkoja, jotka ovat nostaneet ympäristöasiat jokaisen tietoisuuteen (Törmä et al. 2015).

3.6.2 Ulkoiset tekijät muokkaavat kaivoshankkeen vaikutuksia

Keskustelussa on syytä huomioida, että aluetalouteen vaikuttaa moni muukin asia kuin kaivos. Kansantalouden lama tai taantuma voi lisätä menomuuttoa kaivoksen kohdekunnasta siinä määrin, että kunnan väestön määrä ei kasva vaan mahdollisesti vähenee. Myönteisessä tapauksessa kaivoksen toiminta voi tukea sitä, että kunnan väestön määrä pysyy entisellään tai jopa kasvaa. Kaikessa keskustelussa on syytä huomioida, että kaivosten liiketoiminnan edellytykset muuttuvat malmien hintakehityksen ja maailmantalouden suhdannevaihteluiden sekä kriisien seurauksena. Malmivarat kuitenkin pysyvät kohdealueella ja mahdollistavat kannattavan liiketoiminnan sekä työllisyyden normaalioloissa.

Suomen toteutuneilla ja suunnitteluvaiheessa olevilla uusilla kaivoksilla on todettu olevan myönteistä aluetaloudellista vaikutusta (Laukkonen et al. 2014). Kaivostoiminnan ympäristövahinkojen merkitystä on myös tutkittu (Törmä et al. 2015) ja ympäristöhaittoja on pyritty arvottamaan (Hietala et al. 2014).

4 KAIVOSHANKKEEN KUVAAMINEN JA YMPÄRISTÖÖN KOHDISTUVAT PAINEET

*Marja Liisa Räisänen (GTK), Tommi Kauppila (GTK), Hannu Makkonen (GTK),
Jorma Jantunen (SYKE) ja Timo Huttula (SYKE)*

4.1 Hankkeen kuvaus

Marja Liisa Räisänen (GTK) ja Tommi Kauppila (GTK)

Kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arvioinnissa keskeisellä sijalla on hankevaihtoehtojen ja niihin sisältyvien osatoimintojen kuvaaminen. Mitä pidemmälle viedyt ja yksityiskohtaisemmat hankesuunnitelmat sekä suunnitelmat päästöjen ja vaikutusten rajoittamisesta ovat YVA-vaiheessa käytettävissä, sitä tarkemmat ja luotettavammat vaikutusarviot voidaan tehdä. Yksityiskohtaiset

hankesuunnitelmat ja vaikutusarviot nopeuttavat myös lupakäsittelyä huomattavasti. Lähtötietojen tasoon kannattaa sen vuoksi panostaa riittävästi.

Hankekuvauksen ensimmäinen tarkoitus on informoida YVA-prosessiin osallistuvia hankkeesta, sen tarkoituksesta, hankkeesta vastaavasta ja hankkeen teknisistä ominaisuuksista. Tätä puolta hankkeen kuvauksesta käsitellään tarkemmin

TEM:n oppaassa ympäristövaikutusten arviointimenetelmästä kaivoshankkeissa (Jantunen & Kaupila (toim.) 2015). Toinen hankkeen ja hankevaihtoehtojen kuvaamisen tärkeä rooli on käydä läpi toiminnot ja niistä aiheutuvat päästöt tai muut ympäristöön kohdistuvat paineet systemaattisesti. Tällainen lähestymistapa auttaa osaltaan varmistamaan, ettei mitään vaikutuksia jää käsittelemättä.

Prosessien ja niistä aiheutuvien ympäristöpaineiden järjestelmällinen tarkastelu on myös ensimmäinen osa ympäristöriskinarvioinnista tuttua lähde-reitti-kohde-mallia (eng. source-pathway-receptor). Myös tämä raportti on järjestetty tämän periaatteen mukaisesti ja esittelee ensin kaivostoinnin prosessien ja niistä aiheutuvien päästöjen kuvaamisen, sitten päästöjen kulkeutumisen ja niistä syntyvät muutokset ympäristössä ja lopuksi niiden ympäristön muutosten aiheuttamat haitat eliöille ja ihmisille.

- Päästölähde = kaivoshankkeen prosessista aiheutuva haitallinen aine tai muu ominaisuus.
- Reitti = mekanismi tai reitti, jolla em. haitta voi aiheuttaa altistumista tai vaikutuksia tunnistetulle altistujalle (esim. päästöstä syntyvä pitoisuus purovedessä).

- Kohde = eliö tai muu suojeltava kohde tai ympäristön ominaisuus, johon kaivoksen prosesseista aiheutuvat muutokset ympäristössä voivat vaikuttaa.

Kaivoksen prosessipäästöjen tai esim. rakentamistoiminnasta ympäristöön kohdistuvien vaikutusten laadun ja määrän kuvaaminen voidaan tehdä YVA-dokumenteissa joissakin tapauksissa lyhyesti prosessin tai toimintaosan kuvauksen yhteydessä. Mikäli prosessipäästöjen arvioiminen vaatii laajempaa kuvaamista ja laskelmia, yksityiskohtainen arvioinnin kuvaus on hyvä sijoittaa esimerkiksi arviointiselostuksessa liitteisiin. Myös toistuvien päästöjen, kuten ajoneuvo- tai hihnakuljetusten pölypäästöjen ja avoimen alueen tuulieroosiopäästöjen, arvioiminen ja laskennan tarkempi kuvaus on hyvä esittää erillisissä raporteissa. Tällöin prosessikuvausten yhteyteen voi sijoittaa tiivistetyn kuvauksen arvioiduista päästöistä eri hankevaihtoehtoissa ja tärkeimmistä oletuksista ja mitoituksista, joita arvioinnissa on käytetty. Päästöjen arvioinnissa voidaan usein hyödyntää hankkeeseen liittyviä suunnittelutietoja esimerkiksi rikastusprosessista, vesien käsittelystä, louhinnasta, jätealueista jne.

4.2 Hankevaihtoehtojen muodostaminen

Marja Liisa Räisänen (GTK)

Hankkeelle on suositeltavaa esittää kahdesta kolmeen mahdollista toteuttamisvaihtoehtoa ns. nollavaihtoehdon lisäksi. Nollavaihtoehdossa hanketta ei toteuteta ja siinä tarkastellaan hankkeen toteuttamatta jättämisen välittömiä ja välillisiä vaikutuksia. Nollavaihtoehto kuvaa alueen kehittymistä siinä tapauksessa, että kaivoshanketta tai sen muutosta ei toteuteta. Nollavaihtoehtoa hyödynnetään myös muiden vaihtoehtojen vertailutilana.

Vaihtoehtojen muodostamisen tulisi perustua todellisiin toteuttamiskelpoisiin vaihtoehtoihin, joilla on selkeitä eroja esim. päästöjen ja niiden vaikutusten sekä alueen maankäytön suhteen. Valintaperusteissa tulisi huomioida myös mahdollisia kustannusvaikutus- ja kannattavuuseroja. Eri toteuttamisvaihtoehdot ovat keskeisiä kaivoshankkeen kannattavuus- ja toteuttamisselvityksissä, mutta vaihtoehtoja voidaan muodostaa myös puhtaasti ympäristövaikutusten perusteella. Lisäksi voi tarpeen mukaan tuoda esille hylätyt vaihtoehdot

ja perusteet niiden hylkäämiselle, mikäli näin voidaan paremmin kuvata vaihtoehtojen valintaa.

Kaivoshankkeissa voidaan esittää toteuttamisvaihtoehtoja esimerkiksi seuraaville tekijöille:

- louhintatapa ja esiintymien louhintajärjestys (avolouhos tai maanalainen louhos, louhintamenetelmät em. vaihtoehtoissa)
- vuosittaiset louhintamäärät ja toiminnan kesto eri vaihtoehtoissa
- rikastusmenetelmät ja tuotannon vuosittainen määrä
- hyödynnettävien kaivoskivennäisten tai arvoainneiden valikoima
- toimintojen sijoittaminen alueelle
- kaivannaisjätteiden ja muiden massojen hyödyntämis-, sijoittamis- ja käsittelyvaihtoehdot
- voimalinjojen, tiestön ja putkilinjausten vaihtoehdot
- tuotteiden kuljetustapa (maantie, rautatie, vesistöreitti)

- jatkojalostuksen toteuttaminen hankkeen toiminta-alueella
- kuivatus- ja prosessivesien hallinta- ja käsittelymenetelmät sekä purkuvesistöt toiminnan elinkaaren aikana
- vesipäästöjen vähentäminen esim. puhdistusteho- tai kierrätysastetta lisäämällä
- kemikaalien kuljetus tai kemikaalin valmistus toiminta-alueella (esim. jatkojalostus)
- maankäytön ja maanomistuksen muuttuminen
- sulkemisen jälkeinen maankäyttö ja kaavoitusvaikutukset.

4.2.1 Hankevaihtoehdot ja kannattavuustarkastelu

Hankkeen toteuttamisvaihtoehtojen muodostaminen liittyy kiinteästi kaivoshankkeen kannattavuustarkasteluun. Hankkeen moniin ominaisuuksiin, kuten louhintamääriin, louhintatapaan, hyödynnettäviin arvoaineisiin ja rikastusmenetelmiin, vaikuttavat teknisten tekijöiden lisäksi

suurelta osin taloudelliset seikat. Hankkeen tuloihin vaikuttavat hyödynnettäviksi suunniteltujen arvoaineiden maailmanmarkkinahinnat, maksuprosentit ja mahdolliset myyntisopimukset ehtoineen. Hankkeen ympäristövaikutusten kannalta oleellisilla rakentamis-, louhinta-, rikastus-, kuljetus- ja ympäristönhallinnan vaihtoehdoilla on puolestaan kustannusvaikutuksia. Myös hankkeen rahoitustilanne vaikuttaa käytettävissä oleviin vaihtoehtoihin. Kannattavuuteen liittyvät seikat on otettava vastuullisesti huomioon hankkeen toteuttamisvaihtoehtoja muodostettaessa siten, että hanke on taloudellisesti elinkelpoinen ja myös jälkihoidon kustannukset on huomioitu. Taloudellisten reunaehtojen puitteissakin on useimmiten mahdollista muodostaa teknisiltä ratkaisuiltaan ja ympäristövaikutuksiltaan toisistaan poikkeavia elinkelpoisia toteuttamisvaihtoehtoja, joiden keskinäinen vertailu YVA-menettelyssä on mielekästä. Suunnittelu- ja kannattavuusselvitysvaiheen nivoutumista ympäristövaikutusten arviointiin käsitellään tarkemmin kappaleessa 4.6.

4.3 Hankkeen tekninen kuvaus

Marja Liisa Räisänen (GTK)

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi kaivoshankkeiden tyypillisiä prosesseja ja niiden kuvaamista ympäristövaikutuksia arvioitaessa. Kuvausten tavoitteena on sekä antaa kokonaisvaltainen kuva toiminnasta että tarkastella prosesseihin liittyviä päästöjä ja muita ympäristöön kohdistuvia vaikutuksia. Useimmissa kaivoshankkeissa kaikki alla kuvatut prosessit eivät tule kyseeseen. Toisaalta joissakin hankkeissa voi olla prosesseja, joita ei käsitellä tässä raportissa. Kuvaukset pohjautuvat samaan aineistoon kuin TEM:n oppaan ympäristövaikutusten arviointimenettelystä kaivoshankkeissa (Jantunen & Kauppila (toim.) 2015, liite 4 ja kappale 4.1).

4.3.1 Kaivoksen avaaminen ja rakennusvaihe

Kaivoksen rakentamisvaihe on toiminnoiltaan, päästöiltään ja ympäristövaikutuksiltaan omanlaisensa vaihe kaivoshankkeessa. Kaivoshankkeen YVA-selostuksessa rakentamisvaiheesta esitellään pääpiirteissä, mitä kaivosalueelle rakennetaan, sekä kuvataan rakentamisen aikataulu osakohtaisesti. Vaiheistus on hyvä esittää myös karttaesityk-

sinä. Kaivoshankkeen eri toteuttamisvaihtoehdot perustuvatkin usein juuri eroihin hankkeen vaiheistuksessa tai prosessien sijoittumisessa. Rakentamisvaihe voi sisältää muun muassa tieyhteyksien, voima- ja putkilinjojen, pysyvien rakennusten ja muiden rakenteiden, kuten jäte- ja vesialtaiden rakentamista, samoin maarakennusmateriaalien (maa-aineksen, tarvekiven) louhintaa ja kuljetusta. Rakentamisvaiheeseen voi liittyä myös malmin kiven koelouhintaa ja koerikastusta.

Viimeistään arviointiselostuksessa rakentamisvaiheen esittelyn tulisi sisältää myös kuvaukset rakentamisesta syntyvistä mahdollisista päästöistä ja niiden ominaispiirteistä. Maanrakennustöiden, kuten maamassojen poiston, kaivun, lastauksen, siirron, läjityksen ja varastoinnin, aiheuttamia pölypäästöjä voidaan arvioida eri työvaiheiden ominaispölypäästöjen, päästönvähennystoimien ja työkonoiden pakokaasupäästötietojen avulla (mm. Kauppila et al. (toim.) 2013; VTT:n Lipastojärjestelmä). Myös onnettomuus- ja vahinkotilanteet ovat oleellisia rakennusvaiheessa samoin kuin melu- ja värinävaikutukset. Rakennusvaiheeseen liittyy usein myös paikallisia vesistöjärjestelyjä ja

joissakin tapauksissa vesistöjen väliaikaista samentumista. Rakentamisvaiheen päästöjen ja muiden siitä aiheutuvien ympäristöpaineiden kuvaamisen tukena voi hyödyntää esimerkiksi kirjallisuutta tie-, rata- ja kiviaineshankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnista (Tiehallinto 2009, Liikennevirasto 2013a, Jantunen 2012).

Liikenneyhteydet kaivosalueelle

Ympäristövaikutusten arviointia varten kuvataan, mitä liikenneyhteyksiä suunnitellaan rakennettaviksi, parannettaviksi tai muutettaviksi erityisesti kaivosalueen ulkopuolella ennen varsinaisen kaivoksen rakentamista (koskee yleensä uutta kaivosta) tai toiminnan aikana. Kuvaukseen sisältyvät suunnitellut reitit vaihtoehtoinen sekä rakentamisen ja käyttöönoton aikataulu. Lisäksi siihen liitetään rakentamiseen tarvittavien maaja kiviainesten ottopaikat ja mahdolliset vesistöjärjestelyt. Kuvaukset esitetään myös karttapohjalla, ja ne muodostavat pohjatiedot esimerkiksi luontovaikutusten arvioinnille. Jos maa- ja kiviainesten ottopaikat sijoittuvat kaivosalueelle, niiden vaikutukset otetaan huomioon kaivosalueen ympäristövaikutuksissa. Myös esimerkiksi melu-, samentumis- ja pölyhaittojen torjunnan menetelmät kuvataan soveltuvin osin. Liikenneyhteyksien rakentamisvaiheen päästöt ja muut ympäristöön kohdistuvat paineet voidaan arvioida samoilla menetelmillä kuin muunkin rakentamisen aiheuttamat paineet, esimerkiksi pöly-, pakokaasu-, typpi- ja melupäästöjen sekä tärinän suhteen.

Itse liikenneväylien ja niiden rakentamisen aiheuttamien vaikutusten lisäksi liikenneväylien myöhemmällä käytöllä on omat vaikutuksensa. Liikennevaikutusten arviointia käsitellään omassa kappaleessaan. Sekä tie- että ratakankkeiden ympäristövaikutusten arviointiin on myös laadittu sektorikohtaiset oppaat (Tiehallinto 2009, Liikennevirasto 2013a). Oppaita voi hyödyntää kaivoshankkeen arviointia laadittaessa. Mikäli liikennehankkeet ovat erityisen merkittäviä, niiden ympäristövaikutuksia on tarpeen arvioida laajemminkin. Kaivoshankkeen YVA-ohjelmassa ja selostuksessa asiat kuvataan tällöin tiivistetysti.

4.3.2 Kaivoksen tuotantovaiheen prosessikuvaukset

Kaivoksen tuotantovaiheen päästöjen ja muiden ympäristöön kohdistuvien paineiden arvioimi-

sen perustana ovat selkeästi eriteltyt prosessien ja niistä syntyvien päästöjen kuvaukset. YVA-menettelyssä kuvattavien tuotantoprosessien valikoima määräytyy arvioitavan kaivoshankkeen tai sen osan sisällön mukaan niin, että vähintään kaikki päästöjen ja ympäristöpaineiden kannalta oleelliset prosessit sisällytetään arviointiin. Tämän lisäksi ympäristövaikutusten arviointiohjelmassa ja -selostuksessa kuvataan kaivoshankkeen kokonaisprosessit riittävällä tarkkuudella. Prosessit ja niiden ainevirrat on hyvä esittää prosessikaavioina pääprosesseittain sillä tarkkuudella, jonka suunnitteluvaihe sallii (esim. louhinta ja malmin käsittely, sivukiven käsittely, mineraalien prosessointi, vesienhallinta ja käsittely jne.). Seuraavissa kappaleissa on esitelty teknisen kuvauksen sisältöä osatoiminnoittain. Tärkeää on kuvata myös toimia, joilla vähennetään päästöjä ja lievennetään niiden vaikutuksia. Toimintojen kuvaukset palvelevat myös tarkistuslistana, jonka avulla kaikki päästöt aiheuttavat prosessit tulevat otetuiksi huomioon.

Louhinta ja massojen siirto

Louhinnan ja siinä syntyvien päästöjen kuvaus on olennainen ja monitahoinen osa kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arviointia. Louhintamääriin ja -tapaan liittyvät seikat sekä työn vaiheistus erottavat usein myös hankevaihtoehdot toisistaan. Louhinnan kuvaus sisältää tyypillisesti

- louhintamenetelmät (avolouhinta, maanalainen louhinta, tarkemmat louhintatavat)
 - tarvittaessa tuenta, tuuletus, kuivatus, viilennys, täyttö
- louhintaan liittyvät valmistelevat toimet
- räjäytysmenetelmät ja -aineet
- louhintamäärät (vuosi- ja kokonaislouhinta)
- arviot louhosten (maksimi)koosta ja lukumäärästä eri hankevaiheissa.

Irrotettujen massojen (malmit ja sivukivet) siirto voidaan myös kuvata louhinnan yhteydessä, mikäli kaivosalueen kuljetuksia ei kuvata erikseen:

- lastaus ja purkaminen; läjittäminen varastokaisiin
- kuljetusmäärät, -menetelmät ja -matkat eri alustoilla
- kuljetusväylät päällysteineen ja pölyntorjuntakeinoineen.

Louhintaan ja siihen liittyvään malmi- ja sivukiven lastaukseen ja siirtoon liittyy useita laajoja päästö-



Kuva 8. Aineksen siirrosta voi aiheutua pölyämistä. Kuva: © A. Tornivaara, GTK.

Fig. 8. Transfer of materials may cause dusting. Photo: © A. Tornivaara GTK.

jen arviointikokonaisuuksia, joiden tietotarpeet ohjaavat osaltaan toiminnasta kuvattavia asioita:

- melu (poraukset, räjäytykset, kuljetukset, ilmanvaihto yms.)
- tärinä (räjäytykset ja kuljetukset)
- pöly ja pakokaasut hiukkasineen (kuljetukset, louhinta)
- painevaikutukset (louhinta)
- räjähdyskaasut (louhinta)
- räjähdysainejäämät ja typpipäästöt sekä niiden kulkeutuminen (louhinta).

Arviointiohjelmavaiheessa todetaan eri toiminoista syntyvät päästöt ja niiden ominaispiirteet, päästövähennystoimet ja päästöjen arviointimenetelmät. Arviointiselostuksessa esitetään päästöarviot menetelmineen ja tärkeimpine oletuksineen sekä osoitetaan päästöjen syntypaikat alueella. Louhinnan erilaisten päästöjen arviointimenetelmiä on kuvattu esimerkiksi Kauppila et al. (toim.) (2013) julkaisussa, jossa on myös viittauksia yksityiskohtaisempiin tietolähteisiin. Monet louhinnan erilaisten päästöjen arviointikuvaukset ovat niin laajoja, että YVA-selostusta laadittaessa arviointimenettelyjen yksityiskohtainen kuvaus on hyvä sijoittaa liitteisiin ja esittää varsinaisessa selostuksessa päästöarvioiden lisäksi vain tärkeimmät niihin liittyvät oletukset ja lähtötiedot.

Räjähdysaine- ja typpipäästöjen arviointikokonaisuuteen voidaan sisällyttää myös niiden kulkeutuminen pohjaveden ja kuivanapitovesien mukana tai päätyminen malmi- ja sivukiviin, ellei näitä asioita esitetä vesien ja sivukiven hallintaa sekä malmikiven käsittelyä koskevissa kappaleissa.

Monet louhintaan liittyvät päästöarviot ovat luonteeltaan sellaisia, että niitä on hyvä tarkentaa seurannalla toiminnan alettua. Esimerkiksi pölyä, tärinää ja melua on hyvä seurata mittauksin. Myös arviot typpipäästöistä veteen riippuvat paljon oletetusta räjähtämättä jääneen räjähdysaineen osuudesta. Täten arvion toteutumista on hyvä seurata kuivanapitoveden laatua analysoimalla heti räjäytysten alkuvaiheesta lähtien.

Malmikiven välivarastointi ja esikäsittely

Hankevaihtoehtojen kuvaamiseen ja päästöjen arvioimiseen sisältyvät myös malmikiven välivarastointi, siirto välivarastoista esikäsittelyyn sekä esikäsittelymenetelmät. Näistä prosessivaiheista voi aiheutua erityisesti pölyämistä ja meluvaikutuksia sekä jossakin määrin tärinää. Toimintojen kuvaamista ja päästöjen arviointia varten YVA-ohjelmassa ja -selostuksessa on hyvä esittää hankevaihtoehtojen ja suunnitteluvaiheen mahdollistamalla tarkkuudella

- välivarastojen sijainnit, operointi ja ominaisuudet
 - murskaus- ja jauhatusmenetelmät sekä eri vaiheiden sijainti ja rakenteet
 - siirrot vaiheiden välillä
 - päästövähennysmenetelmät ja niiden tehokkuudet kaikissa vaiheissa
 - raakaveden ja kierrätysveden käyttö.
- rikastuskemikaalien kulkeutuminen rikastusprosessissa
 - rikasteiden ja sivutuotteiden ominaisuudet, ml. tulevaisuuden sivutuotepotentiaali
 - rikasteiden epäpuhtaudet
 - rikasteiden käsittely ja varastointi (siirto, varastointi, lastaus, kuljetus, sijoittuminen alueelle)
 - rikasteiden käsittelyn ja varastoinnin päästöt ja päästövähennystoimet (pölyäminen käsittelyssä ja varastoinnissa, liettyminen, rakenteet jne.).

Keskeistä malmikiven käsittelyyn liittyvien prosessien kuvauksissa on tuoda esille ne seikat ja muuttujat, joilla on merkitystä päästöjen hallintaan ja leviämiseen. Lisäksi esitetään eri toimintovaiheiden päästökuvaukset (melu, värinä, pöly ym.) ja päästöjen ominaisuudet sekä päästöjen syntykohdat alueella. Osa päästöjen syntykohdista on viivamaisia (pyöräkuljetukset), osa pistemäisiä (murskaimet, hihnanvaihtokohdat) ja osa aluelähteitä (varastokasojen tuulieroosio). Päästöt arvioidaan tyypillisesti työvaiheiden yksikköpäästöjen, päästövähennystoimien ja käsiteltävän aineksen määrän tai työtuntien perusteella. Arviossa otetaan huomioon myös työvaiheiden välisistä aineksen siirroista aiheutuvat päästöt. Päästömäärät riippuvat useimmissa työvaiheissa käsiteltävän malmikiven määrästä, joten päästöt vaihtelevat hankevaihtoehdoittain.

Malmikiven rikastus

Malmikiven rikastuksessa erotetaan arvoaineita sisältävät mineraalit arvottomista mineraaleista. Rikastusmenetelmä sisältää useita vaiheita, jotka kuvataan lyhyesti sanallisesti sekä selventävillä kaavioilla, joissa erotellaan eri rikastusvaiheet ja rikaste-, jäte- ja sivutuotejakeiden käsittely. Rikastusvaiheesta voidaan mahdollisuuksien mukaan kuvata

- käsiteltävän malmikiven määrä
- tuotettavat rikastejakeet ja niiden vuosituotantomäärät; kokonaistuotanto hankkeen aikana
- tuotettavat jäte- ja sivutuotejakeet määrineen
- raakaveden käyttö (veden hankinta on esitetty vesienhallinnan yhteydessä)
- vesien kierrätys (kierrätysaste eri vaiheissa, menetelmät, rajoitteet, väkevöitymisen hallinta, poikkeustilanteet, käsittely)
- rikastuksessa käytettävät kemikaalit, niiden käyttömäärät, kemialliset ja toksisuusominaisuudet sekä niiden käyttäytyminen ja vaikutukset ympäristössä

Malmikiven rikastukseen liitetään kuvaus myös eri osatoiminnoista ja vaiheista syntyvien päästöjen määrästä ja laadusta (esim. kaasut, haju, jätevedet, erilaiset kiinteät jätteet ym.). Päästöt ja niiden määrät sekä ominaisuudet on hyvä esittää osatoiminnoittain prosessikuvausten yhteydessä. Lisäksi esitetään varsinaiset kontrolloidut päästöt ympäristöön, kun eri osaprosessien päästövirrät on yhdistetty suunnitellulla tavalla ja kun suunniteltuja päästövähennyskeinoja on käytetty. Myös nämä on hyvä mahdollisuuksien mukaan esittää prosessikaaviona.

Päästöjen arviointitarve otetaan huomioon myös koerikastuksessa ja prosessisuunnittelussa. Niissä saatuja tietoja hyödynnetään arvioinnin lähtötietoina. Tärkeää on varmistaa, että koerikastuksesta ja prosessisuunnittelusta saadaan riittävät lähtötiedot päästöjen arviointiin ja että tiedot ovat tarpeeksi laadukkaita.

Jatkojalostus

Malmirikaste voidaan jatkojalostaa hydrometallurgisilla tai muilla metallurgisilla menetelmillä kaivosalueella. Jatkojalostus voi sisältää esimerkiksi metallien liuotusta joko hapoilla, bioprosesseilla tai syanidilla usein vaahdottamalla rikastetuista malmeista. Tähän voi liittyä jatkomenetelmänä liunneen metallin saostaminen kemikaalilla (esim. rikkivedyllä) tai elektrolyysi- ja sulatusmenetelmien sovelluksia. Jos malmikiven rikastukseen on sovellettu bioliuotusmenetelmää, kivistä liunneet arvometallit saostetaan jatkojalostuksessa esimerkiksi rikkivedyllä metallisulfideiksi.

Jatkojalostus kuvataan osaprosessit eriteltyinä kaavioina ja niitä täydentävinä sanallisina kuvauksina. Osaprosesseissa käytettävät kemikaalit kuvataan tarkemmin Kemikaalit-tekstiosassa. Jatkojalostuksen kuvauksessa esitellään syntyvät

päätuotteet ja mahdolliset sivutuotteet, arvio vuositaisista tuotantomääristä ja tuotannon kokonaisuudesta kaivoksen elinkaaren aikana. Lisäksi kuvataan syntyvien tuotteiden ominaisuudet, varastointi, lastaus ja kuljetus yleispiirteisesti. Oleellista prosessikuvauksissa ja tuotteiden käsittelykuvauksissa on tuoda esille niitä asioita, joilla on merkitystä koko hankkeen ympäristövaikutuksille. Kuljetusreitit esitellään Liikenne-tekstiosassa.

Jatkojalostuskuvaukseen sisällytetään myös esitys toiminnassa syntyvistä päästöistä ja jätteistä (taulukkona tai kaavioesityksenä) siten, että päästön muodostumisvaihe prosessissa käy ilmi. Päästöt voivat koostua ilmaan kohdistuvista päästöistä (kaasut, pölyt, hajut), jätevesipäästöistä sekä jalostuksessa syntyvistä jätejakeista. Päästöistä kuvataan lyhyesti niiden määrät ja ne keskeiset ominaisuudet, joilla on merkitystä jatkojalostuksen ympäristövaikutuksille. Tässä tekstiosassa kuvataan myös jatkojalostuksessa käytettävä veden määrä ja sen hallinta, kierrätys, käsittely ja johtaminen luonnonvesiin. Kuvauksesta tulee ilmetä, missä prosessiosassa vettä käytetään ja missä osassa se poistuu käytöstä tai palautuu takaisin käyttöön. Jos veden käyttöön liittyy veden puhdistusta, kuvataan myös se arvioituine puhdistustehokkuuksineen. Sen sijaan jatkojalostukseen liittyvä vesitase ja vesien käytön hallinnan kytkytyminen muihin toimintoihin kuvataan osassa Kaivoskohteen vesienhallinta.

Jatkojalostuksesta syntyvien jätejakeiden ominaisuudet kuvataan samalla tarkkuudella kuin varsinaisten kaivannaisjätteiden ominaisuudet (fysikaalinen ja kemiallinen koostumus sekä mahdollisesti myös mineraloginen koostumus, hapontuotto- ja neutralointiominaisuudet, haitta-ainepitoisuudet ja niiden liukenevuuspotentiaali, kemikaalijäämät). Jätejakeista käytettävissä nimityksissä on hyvä pyrkiä siihen, että ne kuvaavat ympäristön kannalta merkittävimpiä jakeiden ominaisuuksia. Toinen vaihtoehto on käyttää yhdisteiden nimiä. Lisäksi esitetään suunnitelmat jätejakeiden varastoinnista (lajitysalueista) ja siirrosta lajitysalueelle. Jos jätejakeet sijoitetaan kaivannaisjätteistä erillisille alueille, kuvataan myös lajitysalueen hydrogeologiset ominaisuudet ja pohja- ja patorakenteet sekä jätealueen vesien hallintajärjestelmä. Jos taas jätejakeet sijoitetaan rikastushiekkajakeiden sekaan jätealaille, arvioidaan myös jätejakeiden keskinäistä vuorovaikutusta. Sijoitussuunnitelmissa on tärkeää korostaa sijoitusvaihtoehtojen merkitystä lyhyen ja pitkän

ajan ympäristövaikutusten vähentämiselle ja hallinnalle.

Rikastusjätteet ja niiden käsittely

Malmikiven arvomineraalien rikastuksesta syntyy jätteenä rikastushiekkaa. Varsinkin sulfidimalmikaivoksilla rikastushiekka on hankkeen ympäristövaikutusten kannalta keskeisessä asemassa, ja rikastushiekka-alueilta syntyvien pitkäaikaisten päästöjen arvioiminen on erityisen vaativa arviointikokonaisuus. Malmiesiintymän mineralogia ja valittu rikastusmenetelmä vaikuttavat olennaisesti rikastushiekan fysikaaliseen ja kemialliseen koostumukseen, raekokoon ja vesipitoisuuteen. Rikastushiekka on yleensä hienojakoista, lietemäistä jätettä, joka sijoitetaan padotettuun altaaseen.

Rikastuksen eri vaiheissa syntyvistä rikastushiekkajakeista kuvataan niiden mineraloginen ja kemiallinen koostumus. Lisäksi kuvataan rikastushiekan kiintoaineksen kantajana toimivan vesifaksin ominaisuudet. Tärkeää on kuvata ne fysikaaliset, mineralogiset ja kemialliset ominaisuudet, joilla on merkitystä sijoituspaikan, läjitysmenetelmän ja pato- ja pohjarakenteiden vaihtoehtojen valinnalle sekä ympäristövaikutusten arvioinnille. Keskeisiä kuvattavia ominaisuuksia voivat olla

- rikastushiekan määrä eri hankevaihtoehdoissa
- rikastushiekan mineralogia ja kemiallinen koostumus
- haitallisten aineiden pitoisuudet ja niiden liukenevuuspotentiaalit
- jätteen hapontuotto- ja neutralointipotentiaalit
- rikastushiekan huokosveden ominaisuudet
- rikastuskemikaalien pitoisuudet ja arvio niiden hajoamisesta ja syntyvistä hajoamisyhdisteistä jätteissä (+ mahdollisista kaasupäästöistä)
- jäteluokittelu.

Myös tietoja läjitetyn aineksen hydraulisista ominaisuuksista ja hapen diffuusioon liittyvistä ominaisuuksista (raekokojakauma) voidaan hyödyntää, kun arvioidaan pitkän aikavälin kuormitusta varastointialueilta ja kuormituksen määrän ja laadun kehitystä. Kuvattavat ominaisuudet määritellään erityisesti malmikiven koerikastuksesta syntyneiden jätejakeiden ja niiden huokosveden analyysitulosten perusteella. Oleellista on kuvata myös arvioiden mahdolliset virhemarginaalit ja tulosten luotettavuutta heikentävät seikat. Niitä voivat olla esimerkiksi se, että arviot perustuvat

pienimuotoisesta koerikastuksesta tehtyihin analyysiin.

Toinen osa rikastusjätteiden kuvausta koskee niiden varastointia. Tähän kuuluvat mm.

- siirto varastoalueelle (lajitysalueelle) eri vaihtoehtoisissa
- lajitysmenetelmät (lajitystapa, vaiheistus, hapettumisen ja pölyämisen hallinta)
- varastoalueen sijoituspaikkavaihtoehdot (sijainnit, maa- ja kallioperän kerrosjärjestys, ominaisuudet, soveltuvuus lajitykseen, vastaanottavat vesistöalueet)
- pato- ja pohjarakenteet eri jätelajeille eri vaihtoehtoisissa (poikkileikkaukset, perusteet)
- jätelaitaan ja sen ympäristön vesien virtausuunnat ja varastoinnin vaikutus niihin
- vedenhallintaratkaisut (laskeutus, kierrätys, käsittelyt, suotovesien keräys)
- arvio eri jätelajeilta suotautuvan veden määrästä ja laadusta toiminnan eri vaiheissa
- jätelaitteiden sulkeminen (vaiheistus, menetelmät)
- sulkemisen jälkeinen suotovesikuormitus ja sen ennustettu kehittyminen ajan myötä.

Edellä lueteltujen toimintojen ja ominaisuuksien kuvaamisessa voidaan hyödyntää karttaesityksiä, joista käyvät ilmi eri vaihtoehtojen erot sekä perusteet vaihtoehtojen muodostamiselle. Maapohjasta ja sen päälle rakennettavista pohja- ja patorakenteista on oleellista kuvata niitä ominaisuuksia, joilla on merkitystä jätelaitteen lyhyen ja pitkän ajan vaikutuksille ja niiden hallinnalle. Sijoituspaikan ja lajitysalueen rakenteiden sekä veden hallintajärjestelmän valintaa ohjaavat yleensä kaivannaisjätteen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet sekä arvio siitä, millaisia kemiallisia muutoksia jätteesä tapahtuu eri sijoitusratkaisuisissa.

Rikastusjätteiden ja jätelaitteiden kuvauksen yhtenä tavoitteena on mahdollistaa rikastusjätteiden käsittelystä ja pitkäaikaisesta varastoinnista syntyvien päästöjen arvioiminen (mm. Kauppila et al. (toim.) 2013). Päästöjä aiheuttavat pääasiassa pölyäminen, kaasujen muodostuminen ja suotovedet sekä kierrätettävät tai jätevesiksi johdettavat vedet. Näistä erityisen haastavaa on ennustaa, miten lajitysalueilta suotautuvien vesien laatu kehittyy pitkällä aikavälillä (mm. Tornivaara & Karlsson 2013). Asia on ympäristövaikutusten arvioinnin



Kuva 9. Peittämätön rikastushiekka-alue voi aiheuttaa pölypäästöjä. Kuva: © P. Kauppila, GTK.
Fig. 9. Uncovered tailings facilities may produce dust emissions. Photo: © P. Kauppila, GTK.

kannalta olennainen. Kaikissa kaivoshankkeissa, joissa rikastushiekkaa varastoidaan alueelle, on tärkeää sisällyttää ympäristövaikutusten arviointiin osio, jossa arvioidaan suunnitellulla tavalla suljetuista rikastushiekka-altaista syntyvä suoto-vesikuormitus ja sen kehittyminen ajan myötä.

Maanpoistomaat, sivukivet ja marginaalimalmi (ominaisuudet, varastointi, siirto)

Rikastusjätteiden lisäksi kaivostoiminnasta syntyy yleensä sivukiveä, maanpoistomaita ja joissakin tapauksessa ns. marginaalimalmia, joita kaikkia lastataan, kuljetetaan, puretaan ja varastoidaan kaivosalueella. Näistä kaikista toimista voi aiheutua päästöjä ilmaan ja vesiin, minkä lisäksi niiden hallinnassa tarvittavat kuljetusreitit ja läjitysalueet ovat kaivoksen merkittäviä rakenteita.

Maanpoistomaat

Kaivostoiminnan alkuvaiheessa, erityisesti avolouhoksen ja tunneleiden rakentamisessa, syntyy varastoitavia ja hyödynnettäviä poistomaita. Poistomaita hyödynnetään tyypillisesti louhosseinämien maisemointiin tai sivukiven läjitysalueiden peittämiseen ja maisemointiin. Poistomaita voidaan käyttää myös jäte- tai vesialtaiden patorakenteissa ja mahdollisesti myös pohjarakenteissa, jos maa-aineksen geotekniset ja kemialliset ominaisuudet sen sallivat.

Poistomaat ovat kaivannaisjätteitä. Niiden ominaisuudet, määrät, käsittely, varastointitarkaisuus ja käsittelystä sekä varastoinnista syntyvät päästöt kuvataan samalla tavoin kuin muidenkin kaivannaisjätteiden (ks. edellä). On huomattava, että kaivoskohteissa myös poistomaat saattavat olla kemiallisesti muuttuvia ja hapoa tuottavia. Niistä aiheutuvat vesipäästöt arvioidaan tarvittaessa samaan tapaan kuin rikastusjätteiden päästöt. Mahdolliset ympäristövaikutukset tulee ottaa huomioon, kun poistomaille – ja usein samaan aikaan sivukivelle – valitaan sijoituspaikkaa. Tässä yhteydessä kuvataan myös, mikä osa poistomaista käytetään hyödyksi kaivoksen rakentamisvaiheessa ja mikä osa myöhemmin esimerkiksi jälkiohiovaiheessa.

Sivukivet

Sivukiviä (raakkukiviä) louhitaan sekä avolouhoksissa että maanalaisissa kaivoksissa malmikiven irrottamiseksi. Sivukivi voi olla malmikiveä rajaava kivilaji tai malmikiven sisään jäävä arvottomaksi

luokiteltu kivilaji. Avolouhinnassa sivukiven määrä voi olla suurempi kuin varsinaisen malmikiven louhintamäärä, erityisesti kaivoksen avaamis- tai laajentamisvaiheessa. Sivukivet varastoidaan usein kaivosalueelle niille varatuille läjitysalueille, joiden pohja on mahdollisesti rakennettu. Maanalaisessa louhinnassa sivukiven määrä on yleensä vähäisempi ja kivet käytetään tyypillisesti kaivoksen täyttämiseen, eikä niitä varastoida maan päälle muulloin kuin rakennusvaiheessa. Osaa sivukivistä voidaan hyödyntää kaivoksen maarakentamisessa (padot, tiestö, rakennusten pohjan täyttömaa), jos ne ovat ominaisuuksiensa puolesta ympäristökelpoisia.

Sivukivistä kuvataan niiden sisältämät kivilajit osuuksineen, massamäärät (vuosittainen louhinta, kokonaislouhinta elinkaaren aikana) sekä fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet niiltä osin, kuin näillä ominaisuuksilla on merkitystä hyötykäytön ja varastoalueen ympäristövaikutuksille. Keskeisiä ominaisuuksia ovat hapontuotto- ja neutralointipotentiaali, haitta-ainepitoisuudet ja haitta-ainesten liukenevuuspotentiaali. Tärkeää on arvioida myös sivukiviin sitoutuneita räjähdysainejäämiä ja sen perusteella erityisesti varastoinnin ajalta vesiin päätyvien tyyppiyhdisteiden määriä. Ominaisuuksien kuvausosassa voidaan esittää arvio sivukivien jäteluokittelusta. Sivukiven varastointi (ml. kaivoksen sulkemisvaihe) kuvataan ja päästöt arvioidaan samaan tapaan kuin rikastushiekkojenkin varastointi (esim. Tornivaara & Karlsson 2013).

Marginaalimalmi

Marginaalimalmi on malmikiveä, jossa malmineraalien pitoisuudet ovat niin pienet, ettei sen rikastus ole louhintahetkellä kannattavaa. Yleensä oletetaan, että marginaalimalmia rikastetaan kaivostoiminnan loppuvaiheessa tai ajankohtana, jolloin malmin sisältämien metallien myyntihinta on riittävän korkea. Marginaalimalmilla voidaan joissakin tapauksissa myös tasata rikastamolle menevän malmikiven laatua. Marginaalimalmin ominaisuudet kuvataan samoin kuin kaivannaisjätteidenkin ominaisuudet. Oleellista on mitata niitä tekijöitä (hapontuotto, haitta-ainesten pitoisuus ja liukenevuuspotentiaali), joilla on merkitystä varastoalueen ympäristövaikutuksille. Myös marginaalimalmin varastoiminen kuvataan ja sen vaikutukset arvioidaan samojen periaatteiden mukaisesti kuin rikastushiekan ja sivukivenkin.

Muut jätteet ja niiden käsittely

Muita kaivos- ja rikastustoiminnassa syntyviä jätteitä ovat muun muassa metalliromu, sähkö- ja elektroniikkaromu, kumi- ja muovijätteet, ongelmajätteet ja saniteettijätevedet. Kuvaus sisältää lyhyet selkeät esittelyt jätteiden laadusta ja niiden käsittelystä sekä mahdollisesta varastoinnista tai siirrosta kaivoksen ulkopuolelle. Olennaista on kuvata ympäristövaikutusten kannalta keskeisiä tekijöitä. Saniteettivesien käsittelymenetelmä tai -paikat on niin ikään esiteltävä, samoin kuin käsitellyn veden laatu ja johtaminen vesistöön, mikäli käsittely sijoitetaan kaivosalueelle.

Polttoaineet, räjähdysaineet, kemikaalit ja niiden varastointi

Erilaisten kemikaalien ja aineiden käsittelylle ja varastoinnille voidaan varata arviointisuunnitelmassa ja -seloituksessa oma osio. Kemikaalien käytöstä syntyvät päästöt on luontevinta kuvata niitä käyttävien prosessien yhteydessä.

Polttoaineet:

- polttoainetyypit kuljetuskalustoluokittain ja vuotuiset käyttömäärät
- paikalliseen energiantuotantoon käytettävät polttoaineet

- polttoaineiden varastointi- ja tankkauspaikat sekä kuljetusreitit
- varastoinnin ja tankkauspaikkojen ominaisuudet ja suojarakenteet.

Räjähdyksaineet:

- räjähdysaineet ja niiden käyttömäärät
- räjähdysaineiden kuljetus, varastointi tai valmistus
- räjähdysaineiden tai niiden valmistuskemikaalien kemialliset ominaisuudet ja erityisesti niiden vaikutukset ja käyttäytyminen ympäristössä
- räjähdysaineiden varastointi- ja valmistusalueet ominaisuuksineen ja rakenteineen.

Rikastuksessa, jatkojalostuksessa ja vesien käsittelyssä käytettävät kemikaalit:

- kemiallinen koostumus (alkuainesisältö, yhdisteet)
- käyttötarkoitus ja -määrät eroteltuina käyttötarkoituksen mukaan
- kuvaus kemikaalin vaikutuksista ja käyttäytymisestä ympäristössä sekä haitta-vaikutuksista ihmisille (toksisuus, ekotoksisuus)
- arvio sitoutumisesta rikastejakeisiin ja jätejakeisiin; kulkeutuminen ja hajoaminen prosessissa (ellei esitetty rikastuksen yhteydessä)
- kemikaalien käsittely- ja hajotusmenetelmät tehokkuuksineen
- varastointi.



Kuva 10. Rikastuskemikaalitalyntyneitä. Kuva: © T. Kauppila, GTK.
Fig. 10. Process chemical containers. Photo: © T. Kauppila, GTK.

Vesitase, vesienhallinta ja vedenhankinta

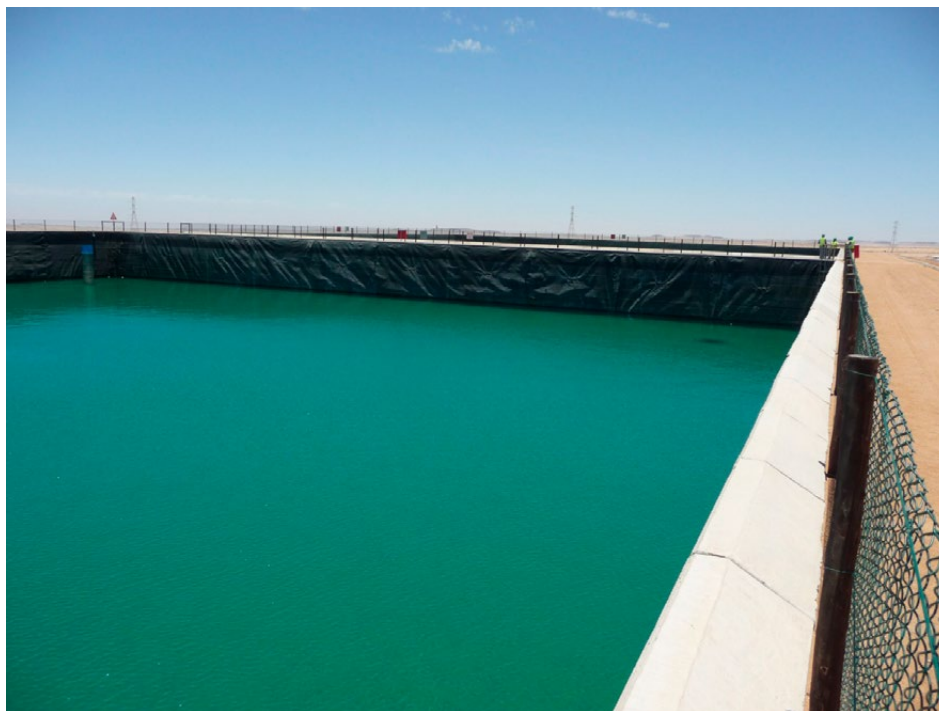
Marja Liisa Räisänen (GTK) ja
Timo Huttula (SYKE)

Kaivostoiminnassa käytetään vettä louhinnassa, malmikiven jauhatuksessa ja rikastuksessa sekä mahdollisessa jatkojalostuksessa. Lisäksi sitä käytetään erilaisten laitteiden tiivistevetenä, kemikaalien valmistuksessa, laitteiden ja lattioiden huuhtelu- ja pesuvesinä ja talousvetenä (juomavesi, saniteettitilat). Kaivosalueen vesienhallinta jakaantuu viiteen pääosaan: raakavesi, prosessivesi, talousvesi, louhoksen kuivatusvesi ja kaivosalueen valumavedet (ns. aluevedet; rakennettu alue, kaivannaisjätealueet, luonnonvedet).

Vesien hallinta -osa sisältää kuvaustekstiä vesitasekaavioille. Kuvauksessa esitetään kohdekohtaiset arviot suunnitelluista veden vuotuisista käyttö- ja muodostumismääristä, veden takaisin-kierrätysmääristä ja -menetelmistä sekä puhdistamattoman ja puhdistetun veden ulos johdettavista määristä. Lisäksi kuvataan vesivarastoaltaiden ja muiden vedenhallintarakenteiden sijainti ja ominaisuudet sekä altaiden sijoituspaikkojen geologiset ja geotekniset ominaisuudet. Arviointiselostuksessa on suositeltavaa kuvata myös varoitimenpiteet hydrologisesti poikkeuksellisiin oloihin.

Kaivoksien vesitaseen tarkka määrittely suunnitteluvaiheessa sisältää paitsi itse kaivostoimintaan liittyvien komponenttien arvioinnin myös alueen luonnonvesien taseen arvioinnin. Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) tietojärjestelmät, esimerkiksi kaikille avoin OIVA-tietokanta ja Vesistömallijärjestelmä (WSFS) tarjoavat suunnitteluun lähtöaineistoja. Niiden lisäksi on syytä kerätä havaintoja myös itse kohdealueelta mahdollisimman aikaisin. Tämä on erityisen tärkeää, jos toimintaan liittyy avolouhos tai jos toiminnasta on odotettavissa merkittäviä muutoksia alueen pintavesiverkostoon esim. niin, että käsiteltyä prosessivesiä johdetaan järviin. Havaintoja on syytä kerätä kaikista vesitaseen komponenteista. Sadannan ja lumen kertymisen oikeiden aluearvojen määrittäminen on keskeistä. Mittaustoiminta on syytä aloittaa mahdollisimman aikaisin, jotta alueen vesitaseen vuotuinen vaihtelu voidaan havainnoida.

Vedenhankintaa suunniteltaessa on huomioitava normaalit vedenhankinnan hyvät käytännöt, joita on julkaistu mm. Rakennusinsinööriliiton (RIL) oppaissa, jotka käsittelevät vesihuoltoa ja vesitekniikkaa. Sama koskee vesien johtamista vastaanottavaan vesistöön ja purkupaikan ja -tavan määrittämistä (ks. Jätevesien käsittely ja juoksu-tus). Mikäli kyseessä on kerrostuva järvi tai vesistö, aiheeseen on kiinnitettävä erityistä huomiota.



Kuva 11. Kaivoksen varastovesiallas. Kuva © T. Kauppila, GTK.
Fig. 11. Water reservoir at a mine. Photo: © T. Kauppila, GTK.

Tarvittaessa järven sekoittumis- ja laimenemisolosuhteet on syytä selvittää virtaus- ja lämpötilamittauksin sekä simuloida aineiden leviämistä ja laimenemistä joko 2D- tai 3D-malleilla. Suomessa on useita alan toimijoita, joilla on tarvittava hydrodynaamisten mallien käyttöosaaminen.

Ilmaston muutos on erityisen nopeaa pohjoisilla alueilla. Kaivostoiminta suuntautuu myös sinne. Tästä syystä vesitase- ja vesienjohtamistarkastelut on syytä suunnitella siten, että ilmaston muutoksen vaikutuksia arvioidaan pitkällä aikavälillä. Koska ilmaston muutoksen ennakkointiin liittyy vielä paljon epävarmuutta, suositeltavaa on käyttää tarkastelussa eri ilmastonmuutoskenaarioita.

Jätevesien käsittely ja juoksaus

Kuvataan pääpiirteissään hankkeen prosessi- ja kuivatusvesien sekä kaivosalueella kontaminoituneiden valumavesien käsittelyvaihtoehdot puhdistustehoineen, samoin veden poisjohtamisen periaatteet ja vastaanottavat vesistöt. Tietojen perusteella lasketaan pois johdettavien vesien aiheuttama kuormitus ja arvioidaan syntyvät vesistövaikutukset. Tärkeää on tarkastella myös sitä, miten hyvin eri puhdistusmenetelmät sietävät poikkeustilanteita ja soveltuvat veden takaisinkierätykseen. Luonnon vesistöön johdettavan jäteveden ja mahdollisen hajakuormitusveden kemiallinen ja fyysikaalinen laatu esitetään rakentamisvaiheesta, normaalin toiminnan ajalta ja poikkeustilanteista. Jätevesien kemiallinen laatu tulisi arvioida mahdollisimman yksityiskohtaisesti siten, että otetaan huomioon kaikki vesien sisältämät ympäristölle mahdollisesti haitalliset aineet ja yhdisteet.

Energian käyttö ja tuotanto, polttoainehuolto

Kaivoshankkeen energian käytön kuvauksessa eritellään energian tarve kohteittain ja energian tuotantotavat. Energian tarvetta voi arvioida yksikköprosessien ominaisenergiankulutustietojen perusteella, ja tietoja saadaan myös koerikastuksen tuloksista. Mikäli hanketta varten tarvitaan vähintään 220 kV:n voimajohto, jonka pituus on vähintään 15 kilometriä, vaatii se oman YVA-menettelynsä, jossa hankkeesta vastaa sähkönsiirrosta vastaava yhtiö. Sähkönsiirto on esitettävä ja arvioitava kaivoshankkeen YVA-menettelyn yhteydessä vähintään yleisellä tasolla, jotta sen toteuttamiskelpoisuus voidaan arvioida yleispiirteisesti ja tarkastella siirtolinjan vaikutuksia. Siirtolinjoista

kuvataan tiedot, joita tarvitaan ympäristövaikutuksia arvioitaessa, kuten sijaintivaihtoehdot, leveys, operointi ja linjaston rakenne (mm. korkeus). Lisätietoja sähköjohtojen ympäristövaikutusten arvioinnista saa lähteestä *Energiateollisuus* (2006).

Jos kaivosalueella tuotetaan energiaa, kuvataan tuotantomenetelmä ja vuotuinen energiantuotanto sekä energian käyttökohteet mukaan lukien hukkaenergian hyödyntäminen. Kuvauksessa otetaan huomioon myös muusta toiminnasta syntyvä mahdollinen lämpöenergia ja sen hyötykäyttö. Paikallisesta energiantuotannosta esitetään laitoksen sijainti, varavoima, käytettävät polttoaineet, niiden varastointi ja vuotuinen käyttömäärä. Tässä yhteydessä voidaan esitellä myös muu polttoainehuolto rakenteineen ja varotoimineen. Energian tuotannosta syntyvät päästöt ja niiden hallintatimet esitellään arviointiselostuksessa niin, että katsotaan kaivostoiminnan koko elinkaari. Kuvauksesta on ohjeita muun muassa artikkelissa Pasanen & Kousa (2013). Siinä on lueteltu useita kirjallisia lähteitä, joiden avulla voidaan arvioida energiantuotannon hiukkas- ja kasvihuonekaasupäästöjä sekä haitallisten aineiden päästöjä.

Muut toiminnot ja rakenteet

Ympäristövaikutusten arviointia varten kuvataan kaivosalueelle rakennettavat muut toimintotilat (tuotanto-, toimisto-, sosiaali-, varasto- ja huoltoilat), tilojen käyttötarkoitus ja niiden vaihtoehdot sijoituspaikat. Sijoituspaikkavaihtoehdot esitetään samoissa kartoissa, joihin on merkitty myös muut keskeiset osatoiminnot (louhos, kaivannaisjätealueet, vesialtaat). Rikastamon ja mahdollisen jatkojalostuksen kemikaalivarastot sekä räjähdysaineiden ja polttoaineiden varastointipaikat voidaan kuvata tässä yhteydessä tai niitä kuvaavissa tekstiosissa.

Liikenne ja kuljetusreitit kaivosalueella

Liikenteen ja kuljetusreittien kuvauksessa esitetään kaivosalueelle tulevat liikenneyhteydet (maantie, rata, satama) ja kaivosalueen sisäiset kuljetusreitit vaihtoehdoineen, mukaan lukien kuljetushihnat hihnanvaihtokohtineen. Karttakuvissa voidaan esittää eri kuljetusreittien sijaintivaihtoehdot hankkeen eri vaiheissa sekä rajata kuljetusreittien arvioidut vaikutusalueet päästöittäin. Arviointi- ja suunnitteluvaiheen edetessä kuvataan tarkentuvasti seikkoja, joita käytetään kuljetusten aiheuttamien

päästöjen tunnistamisessa ja arvioimisessa (ks. Kauppila et al. (toim.) 2013):

- kuljetuskalustot eri toiminnoissa ja reiteillä hankkeen eri vaiheissa
- kuljetusmäärät ja ajosuoritteet
- teiden päällysteet ja pölyntorjuntakeinot eri reiteillä
- kuljetushihnojen ja hinnanvaihtopaikkojen määrä ja rakenteet
- työmatkaliikenteen kuvaus (reitit, kulkuneuvot, liikennemäärät)
- kaivoskohteeseen kohdistuvan tavaraliikenteen kuvaus.

Aloittavalla kaivoksella ei kuljetuksien järjestämistä ole usein vielä YVA-vaiheessa suunniteltu niin tarkasti, että lähtötiedot kuljetusten aiheuttamien päästöjen arviointiin saataisiin suoraan suunniteltutiedoista. Päästöjä voidaan kuitenkin arvioida tarkastelemalla todennäköisimpien kuljetusmenetelmävaihtoehtojen päästöjä todennäköisimmillä kuljetusreiteillä, eri hankevaihtoehtojen ja -vaiheiden louhintamäärillä. YVA-vaiheessa tunnetaan yleensä louhoksien, sivukiven läjitysalueiden, esimurskaimen, malmivaraston ja rikastamon sijaintivaihtoehdot sekä todennäköisin kuljetuskalusto siten, että karkea arviointi voidaan tehdä eri louhintamäärille. Hihnakuljetuksista voidaan nykyisin olettaa, että kaikki hihnat ja hinnanvaihtokohdat on koteloitu.

Kaivostoimintaan liittyvän liikenteen vaikutuksia kaivosalueen ulkopuolisella tieverkolla kuvataan kappaleessa Liikennevaikutusten arviointi ja merkittäviä hankkeeseen liittyviä liikenne-

hankkeita kappaleessa Liikenneväylät ja satamat. Kaivoksen toimintojen kuvaamisen yhteydessä keskitytään puolestaan varsinaisen kaivosalueen liikenteestä aiheutuvien päästöjen arvioimiseen.

4.3.3 Lopettaminen ja jälkihoito

Kaivoksen sulkemissuunnitelma on yksityiskohmainen dokumentti, jota edellytetään mm. kaivosluvan hakemisessa ja jätealueiden jätehuolto-suunnitelmassa. Sulkemissuunnitelma laaditaan tavallisesti kaivoshankkeen alkuvaiheessa ja sitä päivitetään säännöllisesti hankkeen edetessä (ks. esim. mineclosure.gtk.fi (GTK 2015b)). Kaivoksen sulkemistoimien ja sulkemisen jälkeisen maankäytön ensimmäinen suunnittelu osuvatkin usein ajallisesti yhteen YVA-vaiheen kanssa. Ympäristövaikutusten arvioinnissa kaivoksen sulkemistoimet kuvataan pääpiirteissään ja esitetään erityisesti ne seikat, joilla on vaikutusta sulkemisen jälkeisiin päästöihin ja ympäristöön kohdistuviin paineisiin. Kaivoksen eri toimintojen sulkemissuunnitelmille esitetään alustavat päätavoitteet sekä yleiskuvaus sulkemismenettelyistä ja -toimista sekä sulkemisen vaiheistuksesta ja aikataulusta. Jälkihoitovaiheesta kuvataan ylläpitotoimet ja se, miten sulkemisen tavoitteiden toteutumista aiotaan seurata.

E erityisen oleellisia kohteita kaivoksen sulkemisen jälkeisille ympäristövaikutuksille ovat avolouhokset, maanalainen kaivos, suljetun kaivosalueen vesienhallinta ja käsittely sekä kaivannaisjätealueet. Näiden kohteiden sulkeminen ja sulkemisen jälkeisten päästöjen arviointi on hyvä esittää kyseisen prosessin kuvaamisen yhteydessä.

4.4 Liittyminen muihin hankkeisiin

Jorma Jantunen (SYKE), Tommi Kauppila (GTK) ja Hannu Makkonen (GTK)

Ympäristövaikutusten arvioinnissa on pyrittävä antamaan hankkeen kokonaisvaikutuksista mahdollisimman kattava kuva. Tämän vuoksi tulee arvioida myös toimintaan kiinteästi liittyviä muita hankkeita, joita tarvitaan kaivostoiminnan mahdollistamiseksi. Tällaisia ovat esimerkiksi liikenneväylä- tai satamahankkeet sekä merkittävät sähköverkkoa koskevat hankkeet. Niiden kuvaamista käsitellään omissa kappaleissaan.

4.4.1 Muut esiintymät ja etsintä

Useimmat kaivoshankkeet perustuvat useamman kuin yhden esiintymän hyödyntämiseen jossakin hankkeen elinkaaren vaiheessa. Usein osa näistä esiintymistä on jollakin tarkkuudella tiedossa jo hanketta perustettaessa, minkä lisäksi lähialueella tai kauempana tehdään myös lisää etsintätöitä eri vaiheissaan. Mikäli suunniteltu malminetsintätö tai paikallistettujen esiintymien tarkempi tutkimustyö mahdollisine koelouhintoineen aiheuttaa merkittäviä vaikutuksia yhdessä kaivoshankkeen

kanssa, ne tuodaan esille päähankkeen ympäristövaikutusten arvioinnissa. Samoin hankkeen yhteydessä voidaan kuvata todennäköiset myöhemmin hyödynnettävät esiintymät, vaikka niiden hyödyntäminen ei kuuluisikaan käsiteltävänä olevien hankkeiden vaihtoehtojen piiriin.

4.4.2 Muut hankkeet ja suunnitelmat

Yva-asetuksen (10.2 §) mukaan ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa tulee esittää selvitys hankkeen ja sen vaihtoehtojen suhteesta maankäyttösuunnitelmiin sekä hankkeen kannalta olennaisiin luonnonvarojen käyttöä ja ympäristönsuojelua koskeviin suunnitelmiin ja ohjelmiin.

Valtakunnallisissa alueidenkäyttövaihtoehdoissa on lukuisia tavoitteita, joihin kaivoshankkeilla voi olla vaikutuksia. Kaivoshankkeen vaikutuksia tulee peilata näitä, kuten myös erilaisia kaavoja ja suo-

jeluohjelmia vasten. On myös syytä tarkastella kaivoshankkeen vaikutuksia alueellisiin ja paikallisiin kehittämissuunnitelmiin, joissain tilanteissa kenties myös valtakunnallisiin strategioihin ja ohjelmiin.

Toisinaan voi olla tarvetta tarkastella myös kaivoshankkeen ja jonkin muun yksittäisen kaivos- tai muun hankkeen suhteita ja yhteisvaikutuksia. Hankkeiden liikennevaikutukset saattavat kohdistua samoille väylille, vesipäästöt voivat kohdistua samoihin vesistöihin tai eri hankkeet voivat pirstoa jonkin käyttötarkoituksen, esimerkiksi poronhoidon, kannalta tärkeää aluetta. Eri toimintojen yhteisvaikutustien arvioimista tarkastellaan lähemmin omassa kappaleessaan. Muita hankkeita ja suunnitelmia tulee tarkastella laajasti myös suunnittelualueen ulkopuolella sillä alueella, johon hankkeen myös välilliset vaikutukset voivat ulottua.

4.5 Poikkeustilanteiden vaikutus

Tommi Kauppila (GTK)

Kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa päähuomio kiinnitetään normaalin toiminnan vaikutuksiin ympäristössä. Tämän lisäksi on arvioitava myös poikkeustilanteiden vaikutuksia. Poikkeustilanteita ovat esimerkiksi vuodot, kemikaalipäästöt, patovauriot, käyttökatkokset ja poikkeusjuoksutukset. Poikkeustilanteet voivat johtua muun muassa luontaisista seikoista (esim. poikkeukselliset sääilmiöt, eliöiden toiminta), il-kivallasta, sähkökatkoista, muista toimitusketjun häiriöistä, laitteistovaurioista, rakenteiden vaurioista tai käyttövirheistä. Äärimmäisessä tapauksessa kyse voi olla jopa ympäristöönnettomuudesta. Poikkeustilanteista voi aiheutua suurempia tai erilaisia päästöjä kuin normaalista toiminnasta.

Kaivoskohteiden mahdollisia häiriötilanteita analysoitaessa käydään kaivoksen osat, prosessit ja järjestelmät läpi yksitellen ja kuvataan kustakin siihen liittyvät häiriömekanismit, häiriöstä syntyvät vaikutukset (esim. päästö tai päästöön vaikuttava tekijä), vaikutukset ympäristön eri osiin, vaikutusten alueellinen ulottuvuus (esim. patovuodon leviämialue), häiriön todennäköisyys ja kuvaus arvion luotettavuudesta. Tässä työssä voi hyödyntää jotakin lukuisista strukturoiduista toiminnan vaarojen ja riskien tunnistamiseen ja analysointiin tarkoitettuista menetelmistä. Muistilistana toimin-

nan osia läpi käytäessä voi hyödyntää esim. tätä opasta, kaivosten stressitestejä (Välisalo (toim.) 2013) tai MINERA-hankkeen aineistoja (esim. Kauppila et al. (toim.) 2013). Erityistä huomiota on syytä kiinnittää patoihin, joita kaivoksilla käytetään vesien ja erilaisten kaivannaisjätteiden hallinnassa ja varastoinnissa (esim. ICOLD 2011).

Yhdenlaisen poikkeustilanteen voivat aiheuttaa epätavalliset sääolot, kuten poikkeukselliset sateet ja niistä koituvat tulvat. Tällaisten sään ääri-ilmiöiden todennäköisyys kasvaa ilmaston lämmetessä. Poikkeukselliset sääolot on otettava huomioon sekä kaivoshankkeen suunnittelussa, esimerkiksi patoalaiden mitoituksessa, että arvioitaessa sitä, kuinka luotettavia ovat ympäristövaikutusten arvioinnin tulokset. Toiminnan ennen aikainen tai väliaikainen keskeytyminen on markkinatilanteesta riippuvaiselle kaivossektorille ominainen poikkeustilanne. Vaikka kaivoksen sulkemissuunnitelmat laaditaan niin, että otetaan huomioon toiminnan ennalta suunnitteleman keskeytyminen tai siirtyminen ylläpitotilaan, on hyödyllistä arvioida myös niitä muutoksia, joita tällainen tilanne aiheuttaa: miten se vaikuttaa häiriötilanteisiin ja niiden esiintymisen todennäköisyyteen sekä kaivoksen normaaleihin prosesseihin?

4.5.1 Vesienhallinta

Timo Huttula (SYKE)

Kaivoksen ja koko sen toiminta-alueen vesienhallinta perustuu hyvään tilannekuvaan alueen vesivaroista ja vesienkäytöstä. Näin ollen kaivoksella tulee olla ajantasainen prosessivesien seurantajärjestelmä ja hyvä varajärjestelmä sen vikatilanteita varten. Luonnonvesien kokonaismäärän ja sen vaihtelun ennakoiminen ja seuranta on joissakin tapauksissa viime vuosina osoittautunut erittäin haasteelliseksi. Näin ollen myös luonnonvesien määrällinen ja laadullinen seuranta on tärkeää. Sen tulisi perustua sekä sähköisiin että manuaalisiin huolellisesti suunniteltuihin mittausasemiin. Järjestelmän on annettava hyvä ajantasainen kuva myös erilaisten varastoaltaiden täyttöasteesta ja sen kehittymisestä.

Päästöjen leviämisen laskenta äkillisessä tilanteessa voidaan tehdä ainakin kolmella tavalla. Yksinkertaisimmillaan se voidaan tehdä laimennemislaskelmilla, jotka voidaan toteuttaa esim. taulukkolaskentaohjelmassa. Tätä varten kaivoksella

tulisi olla oma valmius. Tarkoitukseen soveltuvat muunnokset Vollenweider-tyyppisistä kaavoista, joita on sovellettu ravinteille (esim. Frisk 1978, Granberg & Granberg 2006). SYKEN operatiivinen Vesistömallijärjestelmä (<http://www.syke.fi/vesistomallijarjestelma>) antaa toisen mahdollisuuden laskea leviämistä. Se voidaan tehdä tapahtuman aikaisessa vesitilanteessa pyytämällä palvelua SYKEstä. Kolmas ja kehittynein tapa on se, että kaivosyhtiö valmistautuu itse seuraamaan leviämistä automaattiasemien avulla sekä käyttämään operatiivisesti leviämismallia. Tämä olisi tärkeää, jos toiminta aiheuttaa riskiä vesistölle ja alapuolisissa vesistöissä on odotettavissa merkittäviä haittoja. Mittausasemat antavat tietoa jäteveden leviämisestä ja tulosten perusteella voidaan jossain määrin arvioida sekä ennakoida leviämialuetta ja leviämisen aikaa. Mittaustiedot toimivat myös operatiivisen mallin syöttö- ja kalibrointitietoina. Operatiivinen malli antaa mahdollisuuden ennustaa leviämisen laajuus ja odotettavissa olevat pituisuudet pitkien vesistöä (Huttula & Virtanen 1995). Malli voisi perustua lupahakemuksessa mahdollisesti käytettyyn malliin.

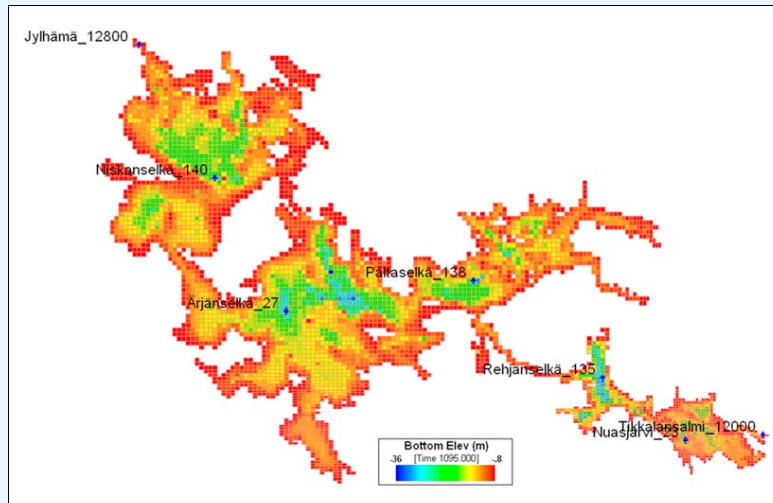
Virtaus- ja kulkeutumismallien hyödyntäminen Sotkamon Nuasjärven tapauksessa

Pöyry Finland Oy kartoitti mahdollisia uusia purkupaikkavaihtoehtoja Talvivaara Sotkamo Oy:n puhdistetuille jätevesille käyttäen apuna virtaus- ja vedenlaatumallinnusta. Purkupaikkojen alustava vertailu toteutettiin käyttäen apuna Cormix -mallia (Mixing Zone Expert System, United States Environmental Protection Agency). Laskentamalli ei ole varsinainen vesistömalli, jossa ratkaistaan tarkasti virtauskentät, mutta se ennustaa matemaattisesti virtaus- ja liikeyhtälöiden avulla annetuissa olosuhteissa syntyvän jätevesiseoksen, ”pluumin”, muotoja, liikkeitä ja sekoittumisastetta. Laskentamallin avulla saadaan käsitys alkulaimennuksista ja purkujärjestelyjen ja purkupaikan vaikutuksesta alkulaimennukseen. Malli ennustaa purkautuvan suihkun muodon, taipumisen ja sekoittumisen lähialueella. Alustavan tarkastelun perusteella valittiin Oulujoen vesistöalueelta kolme purkupaikkavaihtoehtoa, joissa purkuvesien aiheuttamia vesistövaikutuksia arvioitiin virtaus- ja vedenlaatumallinnuksen avulla.

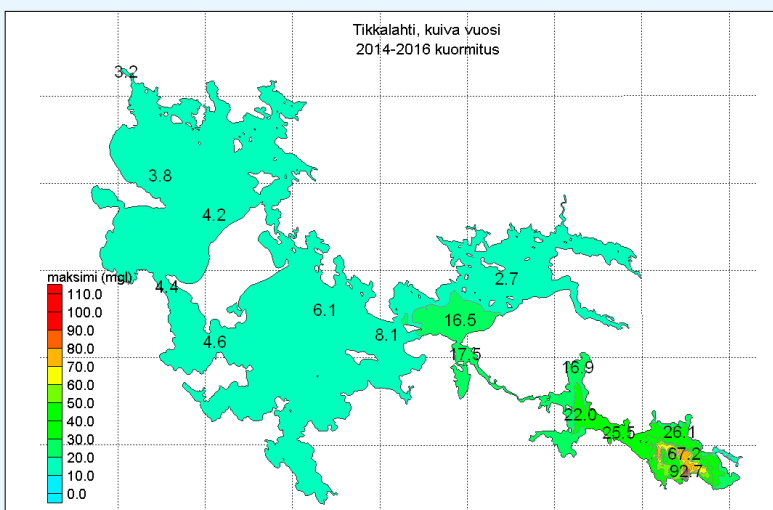
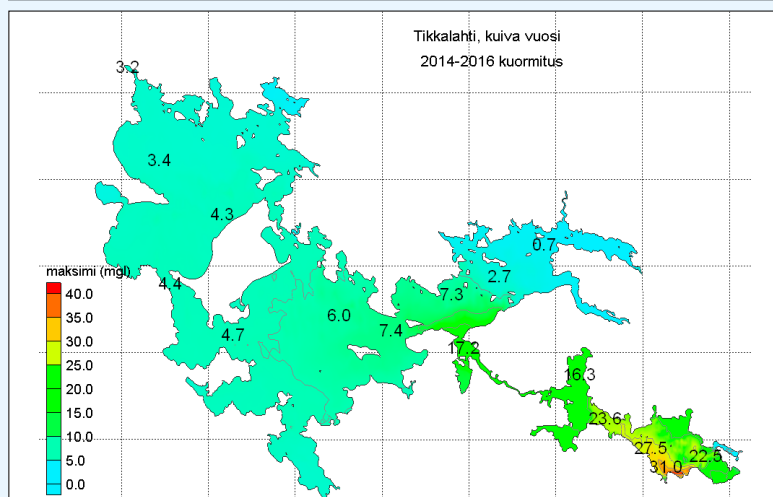
Sulfaattipitoisten purkuvesien kulkeutumista arvioitiin 3D-vesistömallin avulla (EFDC, Environmental Fluid Dynamics Code). Kyseistä mallia on käytetty Talvivaaran jätevesien kulkeutumisen arviointiin jo aiemmin. Haasteelliseksi laskennassa oli aiemmin todettu huonosta alkulaimennuksesta johtuvat poikkeavan korkeat suolapitoisuudet. Tämän lisäksi on ollut haastavaa kuvata vastaanottavien lähijärvien kerrostumista ja purkuvesien kertymistä lähijärvien syvänteisiin. Laskennan pystysuoran kuvauksen tarkentamiseksi laskentamallia kalibroitiinkin selvityksessä Jormasjärven tarkkailuaineistolla. Mallin tarvitsemat syvyystiedot saatiin syvyyskartoista. Virtaamatiedot poimittiin SYKEN vesistömallijärjestelmästä ja tuulitiedot Kajaanin lentoaseman mittausasemalta. Laskentaa varten vesialue jaettiin 250 m × 250 m ruutuihin purkupaikan lähialueella. Muualla vesireitillä hilakoko oli 500 m × 500 m. Syvyysuunnassa laskenta tehtiin kuudessa kerroksessa.

Purkuvesien sekoittumista ja kulkeutumista purkuvesistössä mallinnettiin kahdella eri sulfaattikuormitustasolla kahdessa eri hydrologisessa tilanteessa (ns. kuiva ja märkä vesivuosi). Tulosten perusteella arvioitiin päästöjen vesistövaikutukset valituissa kolmessa eri purkupaikavaihtoehdossa. Purkupaikkoja verrattiin toi-

siinsa kolmiportaisella asteikolla (Pöyry Finland Oy 2014a,b). Selvityksen tuloksia hyödynnettiin myös Talvivaara Sotkamo Oy:n purkupuutken lupamenettelyssä. Mallilaskelmia tarkennettiin lupamenettelyn yhteydessä purkupaikan siirryttyä Nuasjärven Tikkalahdesta Juurikkalahteen.



Nuasjärven mallin laskentahila kaukomallin sovelluksessa (Pöyry Finland Oy 2014b)



Vesistömallilla lasketut sulfaattipitoisuuden alueelliset maksimiarvot purkuvesistön päällys- (ylempi kuva) ja alusvedessä (alempi kuva) kuivana vesivuotena sulfaattikuormituksen ollessa 30000 tn/a. Purkupaikka Tikkalahti. (Pöyry Finland Oy 2014a).

5 SELVITYS YMPÄRISTÖN NYKYTILASTA

*Päivi Kauppila (GTK), Tommi Kauppila (GTK), Jorma Jantunen (SYKE), Anne Raunio (SYKE),
Eija Kemppainen (SYKE) ja Ulla-Maija Liukko (SYKE)*

5.1 Nykytilaselvitykset

Päivi Kauppila (GTK)

YVA-arvioinnin pohjaksi kerätään tiedot alueen ympäristön nykytilasta sen hankkeen toteuttamiselle asettamien edellytysten ja reunaehtojen selvittämiseksi sekä alueen ympäristön lähtötilan kuvaamiseksi. Nykytilan kuvaaminen luo pohjan ympäristövaikutusten arvioimiselle ja toiminnan vaikutusten seuraamiselle sekä toiminnan jälkeisten ympäristömuutosten seurannalle ja jälkiohdon tavoitteille. Nykytilaselvitys on tärkeää tehdä kaikissa kaivoshankkeissa mahdollisen varhaisessa vaiheessa kaivostoiminnan elinkaarta, ennen ympäristöä muuttavien toimintojen toteuttamista. Käytännössä tämä tarkoittaa, että nykytilaselvitys voi olla järkevää laatia jo ennen malminetsintätöiden toteuttamista.

Arviointiselostuksessa on YVA-asetuksen mukaan esitettävä selvitys ympäristöstä ja YVA-laissa on määritelty ne asiat, joita ympäristövaikutuksella tarkoitetaan. Koska YVA-menettelyä sovelletaan hyvin erityyppisiin hankkeisiin ja hankkeet voivat sijaita hyvin erilaisissa ympäristöissä, nykytilaselvityksessä kohdennetaan selvittävät asiat kunkin kaivoshankkeen ja sen kulloisenkin ympäristön erityispiirteiden kannalta merkittäviin tekijöihin (esim. vesien laatu, pinnankorkeudet, virtaamat ja virtaussuunnat, maaperän laatu, eliöstö ja luontotyypit pääpiirteittäin) ja tekijöihin, jotka voivat olla tärkeitä vaikutusten muodostumisen kannalta (esim. maa- ja kallioperän hydrogeologia, pinnan muodot) (Kauppila et al. (toim.) 2011).

Mikäli kaivoshankkeen YVA-menettely tehdään varhaisessa vaiheessa kaavoitukseen liittyen, otetaan huomioon myös maankäyttö- ja rakennuslain mukaiset kaavoituksen tietotarpeet. Mikäli YVA-menettely tehdään myöhemmin lähempänä lupamenettelyjä, otetaan huomioon erityisesti kaivoslain, ympäristönsuojelulain ja vesilain mukaiset tietotarpeet. Suositeltavaa on, että hankkeesta vastaavat käyvät neuvonpitoa yhteisviranomaisen (ELY-keskukset), muiden viranomaisten (mm.

kaivosviranomaisen, Tukes) sekä eri asiantuntijalaitosten (mm. GTK, THL, STUK) edustajien kanssa hankkeeseen ja sen vaikutusten arviointiin liittyvistä asioista, ennen kuin ympäristöselvityksiä ja YVA-ohjelmaa aletaan laatia.

Kaivoshankkeiden nykytilaselvityksissä kuvataan tyypillisesti hankkeen vaikutusalueen

- yleiskuvaus
- maa- ja kallioperän ominaisuudet ja geokemiallinen laatu
- pinta- ja pohjavesiolosuhteet ja vesien laatu
- vesistösedimenttien ominaisuudet
- suojelualueet, luontotyypit, eläin- ja kasvilajit
- ilmasto ja ilmanlaatu
- maankäyttö
- maisema, pinnanmuodot ja -korot
- kulttuuriympäristö
- luonnonvarojen käyttö
- väestörakenne ja asuinalueiden sijainti suhteessa kaivosalueeseen
- yhdyskuntarakenne
- työvoima (vrt. Salminen et al. 2000, Söderman 2003, Heikkinen et al. 2005).

Vuodenaikais- tai vuosivaihtelusta riippuvien muuttujien kuvaamiseksi on suositeltavaa tarkastella niitä useamman kuin yhden vuoden ajalta ja eri vuodenaikoina (esim. vesien laatu, hydrologia). Lisäksi on hyvä selvittää alueella jo mahdolliset olemassa olevat kuormittajat (esim. pölyn lähteet ja pölyn määrä, vesistökuormittajat ja kuormituksen laatu).

YVA-arvioinnissa on tärkeää esittää nykytilakuvausten havaintoaineistot (esim. havaintopaikat karttoina, kemialliset laatutiedot, pohjavesiputkikortit, maaperän kairaustiedot) kokonaisuudessaan esimerkiksi liitteinä ja ydinkohdat taulukoituna varsinaisessa tekstissä. Tarkemmat kuvaukset selvityksen eri osa-alueista on esitetty alla olevissa kappaleissa.

5.2 Ympäristötiedon kerääminen

Jorma Jantunen (SYKE)

Ympäristöselvitykset ovat pohjana vaikutusten tunnistamiselle, selvittämiseksi ja merkittävyyden arvioinnille. Arviointiohjelmassa tulee esittää kuvaus ympäristöstä ja arviointiselostuksessa selvitys ympäristöstä. Sanamuotojen ero viittaa siihen, että arviointiohjelmassa ympäristön nykytila voidaan esittää yleispiirteisemmin olemassa olevaan tietoon pohjautuen sekä kuvata selvitettävät asiat ja se, millä tavalla selvitykset tehdään. Tarvittavat tiedot riippuvat siitä, millaiseen ympäristöön hankke sijoittuu.

Tietoisuus hankkeen mahdollisista ympäristövaikutuksista varhaisessa vaiheessa auttaa hankkeesta vastaavaa laatimaan realistisen aikataulun ja kannattavuuslaskelman. Hyvin ja hyvissä ajoin laadittu selvitys ympäristöstä jouduttaa ja helpottaa mahdollista YVA-menettelyn tarpeen harkintaa yksittäistapauksessa, itse YVA-menettelyä ja lupakäsittelyjä. Ympäristöselvityksiä suunniteltaessa on hyvä huomioida, että erityisesti monet luontoselvitykset voidaan tehdä vain tietynä vuodenaikana.

Arviointiohjelmaan tarvittava kuvaus ympäristöstä kannattaa aloittaa keräämällä olemassa olevaa aineistoa alueen asutuksesta ja muusta maankäytöstä, kaavoituksesta, luonnonolosuhteista, maa- ja kallioperästä ja pohjavedestä. Olemassa olevan ympäristötiedon perusteella arvioidaan, mitä lisäselvityksiä YVA-menettelyä varten tarvitaan. Arviointiohjelmassa esitetään myös arvio hankkeen vaikutusalueesta, joka voi toki tarkentua arvioinnin edetessä.

Viimeistään arviointiselostuksessa esitetään selvitys ympäristöstä hankkeen arvioidulla vaikutusalueella. Vaikutusalue on erilaajuinen eri vaikutusten osalta, ja selvitys ympäristöstä on tällöin tärkeää tehdä kunkin vaikutustekijästä vähintään niin laajalta alueelta, kuin arvioitu vaikutus ulottuu. Esimerkiksi hankkeesta aiheutuvan liikenteen vaikutukset tarkastellaan niin pitkälle, kuin ne erottuvat selkeästi muun liikennevirran vaikutuksista, ja kasvillisuusvaikutukset niin laajalta alueelta, kuin pölypäästöjen tai vesiolosuhdemuutosten voidaan ajatella vaikuttavan niihin.

5.2.1 Maa- ja kallioperä

Päivi Kauppila (GTK)

Nykytilakuvauksessa kuvataan alueen geologia. Kallioperästä esitetään kallioperäkartta ja kuvataan malmiesiintymän ja kaivosalueen kivilaji-, mineraali- ja kemialliset koostumukset (erityisesti mahdollisten haitta-aineiden pitoisuudet ml. radioaktiiviset aineet). Lisäksi kuvataan pohjaveden virtauksen ja mahdollisten haitta-aineiden kulkeutumisen kannalta keskeiset kallioperän ominaisuudet, esim. ruhje- ja rakovyöhykkeet.

Maaperästä esitetään maaperäkartta ja kuvataan sen yleispiirteet, maalajikoostumus, maaperän rakenne (kerrosjärjestys ja -paksuudet) ja maapitteiden paksuudet. Maalajeista kuvataan myös niiden vedenjohtavuusominaisuudet. Maaperän ominaisuuksien selvittäminen on tärkeää mm. pohjaveden esiintymisen ja virtausreittien määrittämiseksi (mahdollisten haitta-aineiden kulkeutuminen) sekä kaivannaisjätteiden läjitysalueiden sijoittamispaikan ja tarvittavien pohjarakenteiden suunnittelemiseksi.

Maaperästä kuvataan lisäksi geokemialliset taustapitoisuudet humuksesta, pintamaasta (humuksen alta 0–25 cm:n syvyydestä) ja muuttumattomasta pohjamaasta (C-horisontti n. 50–200 cm:n syvyydellä), turpeista sekä sammalista. Alkuaineiden pitoisuudet määritetään tavallisesti kuningasvesiuutolla ICP-OES/MS-tekniikkaa hyödyntäen (kivennäismaa < 2 mm:n fraktio). Pohjamaa kuvastaa alueen geologiaa ja maaperän luontaisia lähtöpitoisuuksia, ja sammalten, humuksen, turpeen ja pintamaan alkuainepitoisuuksissa heijastuu geologian lisäksi ilmaperäinen ja muu haja-kuormitus (pöly- ja kaasupäästöt, lannoitteet jne.). Maaperän geokemiallista tietoa tarvitaan mm. pölypäästöjen kuormituksen lähtötason määrittämiseksi ja tunnistamiseksi sekä maanpoistomassojen ympäristökelpoisuuden ja kaivosalueen valumavesien laadun arvioinnissa. Sekä kalliotta maaperän geokemian kuvausten tulee kattaa hyödynnettävän esiintymän sisältämät arvoaineet ja mahdolliset haitta-aineet (esim. metallit, metalloidit, suolat, ravinteet, radioaktiiviset aineet), ja myös muut suunnitellun toiminnan päästöihin liittyvät haitta-aineet (kemikaaleihin ja räjähteisiin

liittyvät päästöt, ilmapäästöt). Maaperän osalta on tärkeää, että havainnot kattavat erityisesti ne alueet, joille suunnitellaan kaivannaisjätteiden läjittämistä (maaperän rakenne ja maalajit) ja joilla

tehdään maanpoistoja (geokemia, käyttö maarakentamisessa). Sekä maa- että kallioperästä tulisi myös määrittää säteilyn taustataso.

Aineistoja kallio- ja maaperän ominaisuuksien kuvaamiseen:

- maa- ja kallioperäkartat (GTK 2014a)
- maaperän taustapitoisuustiedot (esim. Koljonen 1992, Salminen 1995, Salminen et al. 2005, Salminen et al. 2007, Jarva et al. 2010, GTK 2014b)
- geofysiikan aineistot (esim. matalalentomittaukset ja aeromagneettiset aineistot; GTK 2014a)
- malmiesiintymän tutkimuksissa tuotetut aineistot (mm. kairaukset, malminetsinnän aikaiset havainnot maaperästä ja maaperän koostumuksesta)
- hankealueelta tehtävät maaperä- ja geofysikaaliset tutkimukset (mm. kairaukset, painovoimamittaukset, maatulvaluotaukset, geokemialliset tutkimukset).

Maaperä- ja geofysikaalisista tutkimuksista saa lisätietoa esim. pohjavesitutkimusoppaasta (Kinnunen 2005) ja geokemian näytteenotosta ja analyysimenetelmistä esim. Euroopan-laajuisen FOREGSin geokemiallisen kartoituksen kenttäoppaasta (Salminen et al. 1998) ja GTK:n taustapitoisuuskartoitusraporteista (esim. Tarvainen 2012).

5.2.2 Pohjavesi

Päivi Kauppila (GTK)

Nykytilaselvityksessä kuvataan hankealueen pohjavesistä seuraavat asiat:

- hankkeen sijainti luokiteltuihin pohjavesialueisiin ja niiden suojavaohtyöhykkeisiin nähden
- pohjaveden käyttö alueella
- pohjaveden muodostuminen, esiintyminen, keskeiset kulkeutumisreitit (maaperäkerrokset, kallioperän ruhjeet ja rakovyöhykkeet) ja kulkeutumista rajoittavat tekijät (kalliokynnykset, vettä huonosti johtavat kerrokset)
- pohjaveden pinnan korkeudet, virtaussuunnat ja purkautumiskohdat
- maa- ja kallioperän pohjaveden laatu
- alueella sijaitsevat pohjaveden havaintopisteet ja niiden veden laatu (havaintoputket, lähteet, kaivot, vedenottamot)
- saatavilla olevat antoisuustiedot, tai teoreettinen arvio antoisuudesta, ja veden pinnan korkeusvaihtelut kaivoista ja vedenottamoista.

Veden laadusta on tärkeää kuvata erityisesti ne muuttujat, joiden tasoihin tai pitoisuuksiin kaivostoiminta voi aiheuttaa muutoksia (esim. metallimalmikaivoksilla mm. veden sulfaatti-

metalli- ja metalloidipitoisuudet). Tarpeelliset kemialliset muuttujat määritetään malmin ja kaivannaisjätteiden geokemiallisten ominaisuuksien sekä toiminnassa käytettävien kemikaalien kemiallisen koostumuksen – ja vesipäästöjen laadun arvioinnin – perusteella. Aina ei ole etukäteen tarkkaa käsitystä siitä, mihin kaikkiin muuttujiin kaivostoiminnalla voi olla vaikutusta, joten nykytilaselvityksissä on selkeintä kuvata pohjaveden laatua laajasti (sisältäen esim. pääkationit ja anionit, hivenmetallit, metalloidit, kokonaistyyppi, nitriittityppi, ammoniumtyppi, kokonaisfosfori ja fosfaattifosfori, pH, EC, alkaliniteetti, happipitoisuus, COD). Jos malmiesiintymä sisältää uraania tai muita radioaktiivisia alkuaineita, on uraanin ja toriumin pitoisuuksien ohella syytä selvittää myös radionuklidien esiintymistä. Vuodenaikaisvaihteluiden kuvaamiseksi on suositeltavaa tarkastella vesien nykytilaa eri vuodenaikoina ja useamman kuin yhden vuoden seurantajaksolta.

Luokiteltujen pohjavesialueiden tietoja on koottu ympäristöhallinnon OIVA-palveluun (Valtion ympäristöhallinnon virastot 2013b), ja pohjavesialueiden paikkatiedot ovat ladattavissa LAPIO-latauspalvelusta (Valtion ympäristöhallinnon virastot 2013a). Pohjavesien laadusta (esim. vedenottamot, lähteet, kaivot) on saatavilla tietoa mm. ympäristöhallinnon OIVA-palvelusta (ympäristö-

tiedon hallintajärjestelmä Hertasta) ja GTK:n aineistoista (esim. Lahermo et al. 1990, Lahermo et al. 2002). Näitä tietokantoja voidaan hyödyntää alustavan katsauksen tekemisessä alueen pohjavesiolosuhteista.

Tietokantojen lisäksi on yleensä hyvä tehdä lisätutkimuksia tarkemman tilanteen selvittämiseksi. Pohjavesiesiintymän laajuudesta, paksuudesta, vettä hyvin johtavista maaperäkerroksista ja veden pinnankorkeuksista saadaan tietoa maaperä- ja geofysikaalisista tutkimuksista, ja maaperätulkinnan pohjalta voidaan tehdä alustava arvio pohjaveden virtaussuunnista (Kinnunen 2005). Varsinaiset virtaussuunnat määritetään kuitenkin eri puolilta aluetta pohjaveden havaintopisteistä tehtävistä pohjaveden korkeushavainnoista. Pinnan korkeuksia ja veden laatua selvitetään kartoittamalla hankkeen lähialueen kaivot ja lähteet. Lisäksi voidaan asentaa uusia pohjaveden havaintoputkia hankealueelle ja sen lähiympäristöön. Pinnan korkeuden ja veden laadun mittaukset on hyvä tehdä alueen kaivoista ja havaintoputkista aina osana perustilaselvitystä ajantasaisen ja yhtenäisen lähtötilanteen kartoittamiseksi. Kalliopohjaveden laatua voidaan tutkia malminetsinnän kairanrei'istä. Kallioperän ruhjeiden ja rakovyöhykkeiden sijaintia selvitetään geofysikaalisilla tutkimuksilla. Käytännön ohjeita pohjavesitutkimuksista on kuvattu esim. pohjavesitutkimusoppaassa (Kinnunen 2005). Pohjavesiselvitysten tarkastuslista löytyy SYKEn verkkosivuilta (www.syke.fi/pohjavesitar-kistuslista).

Maaperän pohjaveden laadun ja pinnan korkeuksien havainnoimiseksi pohjaveden havaintoputket asennetaan irtomaahan kalliopinnan yläpuolelle ja siiviläosat sijoitetaan hyvin vettä johtavaan kerrokseen, niin että otetaan huomioon veden pinnan korkeuden vaihtelut. Pohjavesiputket suositellaan asennettavaksi pohjatulpalla, jotta veteen ei sekoitu kiintoainesta näytteenotossa ja putken vesi vaihtuisi siiviläosan kautta eikä putken avoimesta alaosasta. Pohjavesiputkien asennusta ja näytteenottoa putkista on kuvattu tarkemmin mm. pohjavesitutkimusoppaassa (Kinnunen 2005).

5.2.3 Pintavesi

Päivi Kauppila (GTK)

Nykytilaselvityksessä kuvataan hankealueen pintavesistä seuraavat asiat:

- pintavedet sijainteineen (purot, joet, lammet, järvet), virtaussuunnat ja kulkureitit, hydrologiset tiedot (mm. virtaamat ja veden korkeudet vuodenaikaisvaihteluineen, viipymät)
- valuma-alueet osa-alueineen ja vedenjakajineen
- pintavesien laatu hankealueella ja hankealueen ulkopuolella vesien kulkeutumissuunnassa hankkeen vaikutusalueella sekä taustapisteessä (ml. kerrostuneisuus ja sen vuodenaikaisvaihtelut, happiolot)
- vesistöjen laatuluokitukset (ekologinen ja kemiallinen tila) ja (kuormituksen) sietokyky
- vesien käyttö.

Veden laadusta on tärkeää kuvata perustaso mahdollisimman kattavasti mutta vähintäänkin ne muuttujat, joihin kaivostoiminta voi aiheuttaa muutoksia (esim. metallimalmikaivoksilla mm. veden pH, sulfaatti-, metalli- ja metalloidi-pitoisuudet). Tarpeelliset kemialliset muuttujat määritetään malmin ja kaivannaisjätteiden geokemiallisten ominaisuuksien sekä toiminnassa käytettävien kemikaalien (ml. räjähteiden) kemiallisen koostumuksen ja vesipäästöjen laadun arvioinnin perusteella. Lisäksi on hyvä määrittää tekijöitä, jotka vaikuttavat esimerkiksi metallien biosaataavuuteen, kuten liuennut orgaaninen hiili ja maa-alkalimetallien pitoisuudet. Aina ei ole etukäteen tarkkaa käsitystä siitä, mihin kaikkiin muuttujiin kaivostoiminnalla voi olla vaikutusta, joten nykytilaselvityksessä on selkeintä kuvata vesien laatua laajasti (sisältäen esim. pääkationit ja anionit, hivenmetallit, metalloidit, kokonaistyyppi, nitriittityppi, ammoniumtyppi, kokonaisfosfori ja fosfaattifosfori, pH, sähkönjohtavuus, alkaliniteetti, happipitoisuus, COD, kiintoaineen määrä). Jos malmiesiintymä sisältää uraania tai muita radioaktiivisia alkuaineita, on uraanin ja toriumin pitoisuuksien ohella syytä selvittää myös radionuklidien esiintymistä. Vuodenaikaisvaihteluiden kuvaamiseksi on suositeltavaa tarkastella vesien nykytilaa eri vuodenaikoina (laatu ja hydrologia) ja useamman kuin yhden vuoden seurantajaksolta, ja raportoida myös poikkeusolosuhteiden esiintymistiheys (esim. rankkasateiden tai sulamisvesien aiheuttamat valuma- ja virtaamahuiput sekä myös poikkeuksellisen kuivat kaudet).

Vesistöjen hydrologisia havaintoja (mm. veden korkeus, virtaamat, pintaveden lämpötila, järven syvyysalueet ja -käyrät, valuma-alueet) ja vedenlaatutietoja on koottu ympäristöhallinnon



Kuva 12. Vesinäytteenottoa kaivoskohteessa. Kuva: © P. Kauppila, GTK.
Fig. 12. Water sampling at a mine site. Photo: © P. Kauppila, GTK.

OIVA-ympäristö- ja paikkatietopalveluun (Valtion ympäristöhallinnon virastot 2013b) ja vesistöjen laatuluokittelut on esitetty ympäristöhallinnon karttapalvelussa (Valtion ympäristöhallinto 2014). Purovesien laadusta on saatavilla tietoa esimerkiksi GTK:n julkaisuista (esim. Lahermo et al. 1996, Salminen et al. 2005, Tenhola & Tarvainen 2008). Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmää voi hyödyntää virtaamien ja aineiden kulkeutumisen tarkastelussa. Karttatarkasteluilla saadaan lisäksi tarvittaessa tietoa mm. vesistöjen pinta-aloista, syvyyksistä, valuma-alueiden laajuuksista ja jokien pituuksista. Usein kohteen vaikutusalueelta ei ole saatavissa riittävästi olemassa olevaa aineistoa mm. vesien laadusta, jolloin tarvitaan lisätutkimuksia.

5.2.4 Vesistösedimenttien nykytilan selvittäminen

Tommi Kauppila (GTK)

Vesistösedimenttien kemiallisen ja fysikaalisen nykytilan selvityksessä keskitytään kaivoshankkeen arvioituihin vaikutussuuntiin, todennäköisimmin muutoksille altistuviin kohteisiin (mm. jätevesien purkualueet), alueen tärkeimpien vesimuodostumien kerrostumisalueisiin, erityisen herkkiin kohteisiin (suojaiset syvänteet, huonon happitilanteen alueet, muun kuormituksen kohteena olevat alueet) ja ihmisten tai eliöiden altistumisen kannalta oleellisiin kohteisiin. Virtavesissä näytteitä otetaan myös ylävirran suunnasta, samoin kuin suunniteltujen purkukohtien välisiltä alueilta myöhemmän vertailun ja kaivosvesien vaikutusten havaitsemisen

helpottamiseksi. Tarvittaessa sedimenttien sijoitusta altaisiin voidaan selvittää sedimenttiin tunkeutuvalla kaikuluotauksella.

Selvityksissä keskitytään erityisesti ekologisen riskin kannalta oleelliseen biologisesti ja kemiallisesti aktiiviseen sedimentin pintakerrokseen (pohjaeliöiden esiintymisvyöhyke, terveysriskin arvioinnin kannalta oleellinen vyöhyke, alusveden kanssa tasapainossa oleva aines). Valituilla kerrostumisalueilla voidaan tarkastella myös sedimentin ominaisuuksien ajallista muuttumista viime vuosikymmeninä siten, että tutkitaan mahdollisimman häiriintymättömästä sedimenttinäytteestä viipaloituja kerrosnäytteitä. Viimeksi mainitun kaltaisesta sedimenttisarjasta voidaan tarkastella alueen sedimenttien luonnontilaa ja sen muutoksia, joita yleensä on tapahtunut ihmistoiminnan ja ilmaston muuttumisen myötä ilman kaivostoimintaakin. Tulosten käyttökelpoisuus paranee, mikäli sedimenttisarjat ajoitetaan esimerkiksi radiometrisillä menetelmillä.

Sedimenttinäytteistä määritetään alkuaineiden kokonaispitoisuudet ja muita ominaisuuksia, kuten vesipitoisuus (kuiva-aineen määrä), tiheys ja eloperäisen aineksen määrä (mikäli ei mitata hiilipitoisuutta). Erityisesti virtavesissä sedimentin laatu vaihtelee huomattavasti uoman eri osissa virtaus- ja kerrostumisolojen mukaan. Koska sedimentin laatu vaikuttaa ratkaisevasti esim. alkuaineiden pitoisuuksiin, se on kuvattava huolellisesti ja pyrittävä mahdollisuuksien mukaan ottamaan keskenään mahdollisimman vertailukelpoisia näytteitä. Näytteenoton yhteydessä on hyvä tehdä kenttämittauksia eri syvyyksiltä suoraan sedimentistä ja sen yläpuolisesta alusvedestä (sähköjohtavuus, pH, hapetus-tila (redox-tila), happi). Kriittisistä kohteista voidaan tutkia myös huokosveden ominaisuuksia, jolloin määritysvalikoima on sama kuin pintavedestä tehtävissä selvityksissä. Huokosvesien näytteenotossa ja sedimentin ominaisuuksien kenttämittauksissa on huomioitava, että sedimentin yläosan olot vaihtelevat vuodenaikojen mukaan. Selvitykset dokumentoidaan kai-

kilta osin huolellisesti (näytteenotto, näytteenotto-ajankohta ja näytteenottohetkellä vallinneet olot, näytteiden kuvaus, näytekäsittelyt, säilytys, osanäytteistys, uutto- ja määritysmenetelmät, tulosten luotettavuus laadunvarmistuksineen, numeeriset käsittelyt) ja pyritään käyttämään kaikissa vaiheissa standardoituja tai yleisesti käytettyjä menetelmiä tulosten vertailun helpottamiseksi.

5.2.5 Suojelualueet

Anne Raunio (SYKE)

Luonnonsuojelualueita on sekä valtion että yksityisten omistamalla mailla, ja selvityksiin on syytä ottaa mukaan myös luonnonsuojeluohjelmien kohteet, joista on tehty valtioneuvoston päätös mutta joita ei ole vielä perustettu luonnonsuojelualueiksi. Osa luonnonsuojelualueista sisältyy Natura 2000 -verkostoon, joka on perustettu EY:n luonto- ja lintudirektiivien nojalla. Natura 2000 alueisiin kuuluu myös sellaisia osia, jotka eivät ole suojeltuja luonnonsuojelulain nojalla mutta joilla luonto- ja lintudirektiivien mukaiset luonnonarvot on säilytettävä. Myös seutukaavoihin merkityt suojeluvaraukset on tarpeen selvittää.

Ympäristöhallinto ylläpitää paikkatietoaineistoja luonnonsuojelualueiden, luonnonsuojeluohjelma-alueiden ja Natura 2000 -alueiden rajoista. Aineistot ovat saatavissa ympäristö- ja paikkatietopalvelu OIVA:sta, johon on koottu myös muuta ympäristöhallinnon tietojärjestelmiin tallennettua tietoa.

Luonnonsuojelualueiden käyttörajoitukset perustuvat luonnonsuojelulakiin, ja ne vaihtelevat erityyppisillä alueilla. Kunkin alueen perustamispäätöksestä ilmenevät kyseisen alueen yksityiskohtaiset rauhoitusmääräykset. Lisätietoja luonnonsuojelualueista saa alueellisesta ELY-keskuksesta, ja valtion mailla olevien luonnonsuojelualueiden tiedot ovat saatavissa Metsähallituksen luontopalveluista.

Lisätietoja:

Luonnonsuojelulaki 20.12.1996 / 1096. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961096>

Ympäristöhallinto 2014. OIVA - Ympäristö- ja paikkatietopalvelu asiantuntijoille.
<http://www.ymparisto.fi/OIVA>

Ympäristöministeriö 2015. Luonnonsuojelualueet ja muut luontoa turvaavat alueet.
[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Luonnon_monimuotoisuus/Luonnonsuojelualueet/Luonnonsuojelualueet_ja_muut_luontoa_tur\(1751\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Luonnon_monimuotoisuus/Luonnonsuojelualueet/Luonnonsuojelualueet_ja_muut_luontoa_tur(1751))

Ympäristöministeriö 2015. Suojelualueet. <http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Suojelualueet>

Ympäristöministeriö 2015. Suomen Natura 2000 -alueet. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Suojelualueet/Natura_2000_alueet

5.2.6 Luontotyypit

Anne Raunio (SYKE)

Kaivoksen vaikutusalueen luontoarvojen määrittämiseksi ja luontovaikutusten arvioimiseksi on selvitettävä riittävällä tarkkuudella alueen luontotyypit ja eliölajit. Tämä koskee yhtä lailla luonnonsuojelualueita kuin niiden ulkopuolisiakin alueita, joihin kaivostoiminta voi vaikuttaa.

Huomioon otettavat luontotyypit

Luetteloita ja kuvauksia suojelunarvoisista luontotyypeistä on laadittu useita eri tarkoituksia varten. Euroopan yhteisön luontodirektiivin liitteessä I on luettelo yhteisön tärkeinä pitämistä luontotyypeistä, joille EU:n jäsenvaltioiden on turvattava suotuisa suojelutaso. Kansallisessa luonnonsuojelu-, metsä- ja vesilainsäädännössä on lueteltu tiettyjä luontotyyppisiä, jotka on suojeltava tai joiden ominaispiirteitä ei saa muuttaa. Lisäksi Suomessa on laadittu selvitys uhanalaisista luontotyypeistä, ja esimerkiksi Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelmaa (METSU) varten on nimetty arvokkaita metsäisiä elinympäristöjä.

Näiden luontotyyppien edustavat esiintymät ovat tärkeitä luonnon monimuotoisuuden ilmentäjiä, jotka kuvaavat suunnitellun kaivosalueen luonnonarvoja. Luontodirektiivin luontotyypit on lakisääteisesti selvitettävä Natura 2000 -alueilta osana Natura-arviointia.

Suomessa esiintyy 69 luontodirektiivin liitteen I luontotyyppiä. Niiden suojelemiseksi on perus-

tettu Natura 2000 -alueita, mutta niiden edustavat esiintymät ovat huomionarvoisia myös Natura 2000 alueiden ulkopuolella. Suomessa esiintyvistä luontodirektiivin luontotyypeistä 22 on osoitettu ensisijaisesti suojeltaviksi (priority natural habitat types) ja ne on osoitettu liitteessä I tähdellä (*). Luontodirektiivin luontotyypit on esitelty ympäristöhallinnon verkkosivuilla (Suomen ympäristökeskus 2015c) ja niiden tunnistamista ja inventointia on ohjeistettu (Airaksinen & Karttunen 2001, Suomen ympäristökeskus & Metsähallitus 2015). Metsähallituksen luontopalvelut on kartoittanut luontodirektiivin luontotyyppisiä sekä valtion että yksityisten omistamilla luonnonsuojelualueilla, ja luontotyyppien kuviotiedot tallennetaan ympäristöhallinnon yhteiseen SAKTI-järjestelmään (Suojelualueiden kuviotietojärjestelmä), joka on otettu käyttöön vuonna 2015.

Luonnonsuojelulain 29 §:ssä luetellaan yhdeksän luontotyyppiä, joita ei saa muuttaa niin, että luontotyyppin ominaispiirteiden säilyminen vaarantuu. Muuttamiskielto tulee voimaan, kun ELY-keskus on päätöksellään määritellyt suojeltuun luontotyyppiin kuuluvan alueen rajat. ELY-keskus voi myöntää poikkeuksen muuttamiskiellost, jos kyseisen luontotyyppin suojelutavoitteet eivät huomattavasti vaarannu tai luontotyyppin suojeleminen estää yleisen edun kannalta erittäin tärkeän hankkeen tai suunnitelman toteuttamisen. Luonnonsuojelulain 29 §:n luontotyypit ovat harvinaisia ja luonnon monimuotoisuuden kannalta merkittäviä, joten niiden sellaisetkin esiintymät, joita ei ole vielä rajattu, tulee ottaa luontoselvityksissä huomioon. Luonnonsuojelulain suojeltavat luontotyypit

määritellään tarkemmin luonnonsuojeluasetuksessa, ja lisätietoa niiden ominaispiirteistä saa mm. Pääkkösen & Alasen (2000) ja Raunio et al. (2013) julkaisuista sekä ympäristöhallinnon verkkosivuilta.

Metsälain 10 §:ssä luetellaan seitsemän elinympäristöryhmää, joita tulee hoitaa ja käyttää siten, että elinympäristöjen ominaispiirteet säilytetään tai niitä vahvistetaan. Vesilain 2 luvun 11 §:ssä puolestaan on lueteltu neljä pienvesityyppiä, joiden luonnontilan vaarantaminen on kielletty. Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelmassa 2014–2025 (METSÖ) on kymmenen arvokasta elinympäristöä, joita turvataan ohjelman tuella eri keinoin.

Luontotyyppien uhanalaisuuden arviointi on toistaiseksi kattavin selvitys Suomen luontotyypeistä. Arvioinnin loppuraportti (Raunio et al. 2008) sisältää kuvaukset arvioiduista luontotyypeistä. Kaivoshankkeissa on syytä arvioida vaikutuksia myös alueellisesti ja paikallisesti, mikä voi tuoda selvitettäväksi muitakin luontotyypejä. Useilla luontotyypeillä on maantieteellistä vaihtelua ja arvokkaita alatyyppejä Suomen eri osissa. Luontotyyppien uhanalaisuusarvioinnissa on esitetty valtakunnallisten tulosten lisäksi kunkin luontotyyppin tilanne erikseen Etelä- ja Pohjois-Suomessa.

Luontotyyppiselvitykset

Selvityksissä laaditaan hankkeen vaikutusalueen luontotyyppikartta. Luontotyyppien erottaminen toisistaan perustuu yleensä kasvillisuuteen, maaperän laatuun, geomorfologiaan, alueen vesiolosuhteisiin ym. Luontotyyppikartta laaditaan maastonselvitysten, ilmakuvien ja paikkatietoaineistojen avulla.

Vaikutusalueesta laaditaan ainakin yleispiirteinen luontotyyppi- tai kasvillisuuskartta ja tarkemmin selvitetään edellä mainitut erityisen arvokkaiksi määritellyt luontotyypit sekä niiden edustavuus ottaen huomioon alueelliset erityispiirteet. Luontotyyppien edustavuutta arvioidaan mm. luonnontilaisuuden, luontotyyppiesiintymän laajuuden sekä luontotyyppin lajiston perusteella. Valtakunnallista ja alueellista merkitystä arvioidaan ottamalla huomioon luontotyyppin laajempi esiintymäverkosto ja ekologiset yhteydet.

Hankealuetta ja sen ympäristöä koskevia luontotietoja on saatavilla monista lähteistä, mutta ei kootusti yhdestä paikasta. Luontotyyppien ja niiden edustavuuden selvittäminen edellyttää aina myös maastotyötä sopivaan vuodenaikaan, jolloin luontotyyppien erottamisen ja esiintymien arvioinnin kannalta tärkeät lajit voidaan tunnistaa.

Lisätietoja:

Airaksinen, O. & Karttunen, K. 2001. Natura 2000 -luontotyyppiopas. Ympäristöopas 46. 2. korjattu painos. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 194 s.

Liukko, U.-M. & Raunio, A. (toim.) 2008. Luontotyyppien ja lajien seuranta luonto- ja lintudirektiiveissä. Suomen ympäristö 14/2008. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 429 s.

Luonnonsuojeluasetus 14.2.1997 / 160. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1997/1997016>

Luonnonsuojelulaki 20.12.1996 / 1096. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961096>

Metsälaki 12.12.1996 / 1093. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961093>

Neuvoston direktiivi 92/43/ETY, annettu 21 päivänä toukokuuta 1992, luontotyyppien sekä luonnonvaraisen eläimistön ja kasviston suojelusta (EYVL L 206, 22.7.1992).

Pääkkönen, P. & Alanen, A. 2000. Luonnonsuojelulain luontotyyppien inventointiohje. Suomen ympäristökeskuksen moniste 188. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 128 s.

Raunio, A., Anttila, S., Kokko, A. & Mäkelä, K. 2013. Luontotyyppisuojelelun nykytilanne ja kehittämistarpeet – lakisääteiset turvaamiskeinot. Suomen ympäristö 5/2013. 276 s. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.

Raunio, A., Schulman, A. & Kontula, T. (toim.) 2008. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus. Suomen ympäristö 8/2008. Osat 1 ja 2. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 264 s. + 572 s.

Suomen ympäristökeskus 2015a. Luonnonsuojelulain luontotyypit.
http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Luontotyypit/Luonnonsuojelulain_luontotyypit

Suomen ympäristökeskus 2015b. Luontodirektiivin luontotyypit.
http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Luontotyypit/Luontodirektiivin_luontotyypit

Suomen ympäristökeskus 2015c. Luontotyyppien esittelyt: luontodirektiivin luontotyypit.
http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Luontotyypit/Luontodirektiivin_luontotyypit/Luontotyypien_esittelyt

Söderman, T. Luontoselvitykset ja luontovaikutusten arviointi -kaavoituksessa, YVA-menettelyssä ja Natura-arvioinnissa, Ympäristöopas 109, Suomen ympäristökeskus 2003.

Varsinais-Suomen ELY-keskus 2015. Luontoselvitysten laatiminen.
http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luontoselvitykset__LounaisSuomi/Luontoselvitysten_laatiminen

Vesilaki 27.5.2011 / 587. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>

Ympäristöministeriö 2008. METSO-ohjelman luonnontieteelliset valintaperusteet. Suomen ympäristö 26/2008. Ympäristöministeriö, Helsinki. 59 s. + liitteet.

Ympäristöministeriö & maa- ja metsätalousministeriö 2009. METSO-ohjelman luonnontieteelliset valintaperusteet. Esite. 23 s.

5.2.7 Eläin- ja kasvilajit

*Eija Kemppainen (SYKE) ja
Ulla-Maija Liukko (SYKE)*

Kaivoksen vaikutusalueen luontoarvojen määrittämiseksi ja luontovaikutusten arvioimiseksi on selvitettävä suojelualueiden ja luontotyyppien esiintymisen lisäksi myös eliölajien esiintymistä. Suomessa elää kymmeniä tuhansia eliölajeja, joista arvioinneissa tulee erityisesti keskittyä kansainvälisesti ja kansallisesti tärkeisiin sekä uhanalaisiin lajeihin. Tämä koskee yhtä lailla luonnonsuojelualueita kuin niiden ulkopuolisiakin alueita, joihin kaivostoiminta voi vaikuttaa.

Huomioon otettavat lajit

Kaivoshankkeissa on erityisen tärkeää ottaa huomioon EY:n luonto- ja lintudirektiivien lajit sekä kansallisesti uhanalaisiksi arvioidut lajit. Näiden lajien turvaamistarpeet on otettu huomioon myös kansallisessa lainsäädännössä.

Luontodirektiivillä suojellaan EY:n tärkeinä pitämiä eliölajeja ja niiden elinympäristöjä. Tavoitteena on lajien suotuisa suojelutaso. Lajit luetaan direktiivin liitteissä II, IV ja V. Kaikkiaan niissä on 139 Suomessa esiintyvää lajia, alalajia tai lajiryhmää.

Luontodirektiivin liitteen II lajien ja niiden elinympäristöjen turvaamiseksi on perustettu Natura 2000 -alueita. Liitteeseen kuuluu 85 sellaista

Suomessa esiintyvää lajia, joille alueita on pitänyt perustaa. Kyseiset lajit on sovittu komission kanssa erikseen ja ne on lueteltu jäsenmaittain aluekohtaisissa referenssiluetteloissa (European Commission 2015a, b ja c). Osa liitteen lajeista on määritelty ensisijaisesti suojeltaviksi (priority species) ja ne on merkitty direktiivin liitteeseen II tähdellä (*). Suomessa niitä esiintyy yksitoista.

Luontodirektiivin liitteen IV lajit edellyttävät tiukkaa suojelua. Liitteeseen kuuluu 80 Suomessa esiintyvää lajia, joista Suomi on saanut poikkeaman euroopanmajavalle sekä poronhoitoalueella sudelle. Suomessa vakiintuneina esiintyvät lajit ovat luonnonsuojelu- tai metsästysasetuksella rauhoitettuja. Liitteessä IVa mainittuja eläinlajeja koskee lisäksi artiklan 12 mukainen suojelujärjestelmä. Luonnonsuojelulain 49 §:n mukaan näiden lajien lisääntymis- ja levähdyspaikkojen hävittäminen ja heikentäminen on kielletty. Näitä paikkoja ei tarvitse rajata erikseen viranomaispäätöksellä, vaan kieltö koskee kaikkia olemassa olevia lisääntymis- ja levähdyspaikkoja. Liitteen IVa eläinlajit on lueteltu luonnonsuojeluasetuksen liitteessä 5. Alueellinen ELY-keskus tai Suomen riistakeskus voi yksittäistapauksessa myöntää luvan poiketa liitteen IV lajien kielloista luontodirektiivin artiklassa 16 (1) mainituilla perusteilla.

Liitteeseen V kuuluvat yhteisön tärkeinä pitämät eläin- ja kasvilajit tai lajiryhmät, joiden ottaminen luonnosta ja hyväksikäyttö voivat vaatia hyödyntämisen sääntelyä. Liitteeseen kuuluu 22 Suomessa esiintyvää lajia tai lajiryhmää.

Lintudirektiivi koskee kaikkien luonnonvaraisien lintulajien suojelua. Direktiivin liitteen I lajien sekä kansallisesti valittujen, säännöllisesti Suomessa esiintyvien muuttolintujen elinympäristöjen suojelemiseksi on perustettu Natura 2000 -alueita. Jäsenvaltioiden tulee suojella niiden muuttoreitien varrella sijaitsevat pesimä-, sulkasato- ja talvehtimisalueet sekä levähdyspaikat. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota kosteikkolajien suojeluun. Liitteen I lajeja ja niitä vastaavia muuttolintuja on Suomessa yhteensä 120 lajia.

Uhanalaisuuden arviointi on tehty Suomen eliölajeille neljä kertaa, viimeksi vuonna 2010 (Rassi et al. 2010). Kahdella viimeksi tehdyllä kerralla on käytetty Maailman luonnonsuojeluliiton (IUCN) kansainvälisiä arviointiperusteita ja luokitusta lajien häviämisen todennäköisyydestä. Jatkossa uhanalaisuutta arvioidaan kansallisesti 10 vuoden välein, lintu- ja nisäkäslajeja mahdollisesti

viiden vuoden välein. Uhanalaisia ovat Punaisen kirjan lajeista IUCN:n luokituksen mukaan äärimmäisen uhanalaiset (CR, critically endangered), erittäin uhanalaiset (EN, endangered) ja vaarantuneet (VU, vulnerable).

Luonnonsuojelulain (46 §) mukaan asetuksella voidaan säätää uhanalaiseksi sellainen luonnonvarainen eliölaji, jonka luontainen säilyminen Suomessa on vaarantunut. Asetuksen uhanalaisten lajien luettelot (liite 4) päivitetään uhanalaisuuden arvioinnin tulosten perusteella. Vuonna 2013 päivitettyssä asetuksessa on kaikkiaan 1 410 uhanalaista Manner-Suomen lajia (LsA 471/2013).

Luonnonsuojelulain (47 §) mukaan ilmeisessä häviämisaarassa oleva uhanalainen laji voidaan määrätä erityisesti suojeltavaksi lajiksi. Tällaiset lajit on merkitty tähdellä luonnonsuojeluasetuksen liitteen 4 uhanalaisten lajien luetteloon. Asetuksessa on kaikkiaan 608 erityisesti suojeltavaa lajia. Luonnonsuojelulain 47 §:n mukaan erityisesti suojeltavan lajin säilymiselle tärkeän esiintymispaikan hävittäminen tai heikentäminen on kielletty. Kielto tulee voimaan silloin, kun ELY-keskus on päätöksellään määritellyt erityisesti suojeltavan lajin esiintymispaikan rajat ja antanut päätöksen tiedoksi alueen omistajille ja haltijoille. Ympäristöministeriö laatii tarvittaessa erityisesti suojeltaville lajeille suojeluohjelman. Siinä esitellään lajin tunnetut esiintymät ja niiden kehityssuunta sekä annetaan suosituksia lajin ja sen esiintymien säilyttämiseksi. Suojeluohjelmia on tehty tähän mennessä noin sadalle lajille.

Luonnon monimuotoisuuden turvaamiseksi on tärkeää arvioida hankkeiden vaikutuksia myös alueellisesti ja paikallisesti. Tällöin huomiota otettavia lajeja ovat valtakunnallisesti silmäläpidettävät (NT, near threatened) ja alueellisesti uhanalaiset lajit (RT, regionally threatened) sekä niiden elinympäristöt. Silmäläpidettävien lajien luettelot ovat Punaisessa kirjassa, ja alueellisesti uhanalaisten lajien luettelot ovat saatavilla ympäristöhallinnon verkkosivuilla.

Lajistoselvitykset

Kaivoshankkeen vaikutusalueella on selvitettävä etenkin luontodirektiivin liitteiden II ja IV lajien ja lintudirektiivin liitteen I lajien ja niitä vastaavien muuttolintujen sekä luonnonsuojeluasetuksen uhanalaisten sekä erityisesti suojeltavien lajien esiintymispaikat. Huomiota on kiinnitettävä myös alueellisesti uhanalaisiksi luokiteltuihin lajeihin

sekä muutto- tai sulkasatoaikana parviksi kerääntyviin lintulajeihin.

Eri eliöryhmien selvitystarve vaihtelee hankkeeseen elinympäristöjen mukaan. Eläimistöä selvitetään useimmiten linnustoa ja erillisselvityksiä voidaan tehdä esimerkiksi luontodirektiivin liitteen IV lajeista tai joistakin hyönteisryhmistä. Vesistöissä kalastovaikutukset ja joillain alueilla esimerkiksi simpukkaesiintymät on otettava huomioon. Kasveista selvitetään yleisimmin putkilokasvit. Vanhojen metsien kohteissa on tärkeää selvittää sammalten, jäkälien ja sienten esiintymistä ja soilla ainakin sammallajistoa luontodirektiivin sammalten esiintymien selvittämiseksi tai suotyypin määrittämistä varten. Selvitykset on tehtävä kunkin eliöryhmän kannalta oikeaan vuodenaikaan.

Kaivoshankkeen vaikutusarvioinnin pohjaksi tarvitaan tietoa lajien esiintymisen laajuudesta, runsaudesta ja elinvoimaisuudesta kyseisellä alueella. Linnuilla on tärkeää selvittää pesivien lintujen lajikohtaiset parimäärät. Lajien elinvoimaisuuden arvioimiseksi lasketaan tai arvioidaan populaatiokoot. Lisäksi arvioidaan lajeille soveltuvien elinympäristöjen määrää ja laatua sekä saatavuutta alueella. Populaatioiden yhteyksien arviointi on tärkeää etenkin metapopulaatiolajeilla, jotka vaihtavat lisääntymispaikkaa esimerkiksi ravintotilanteen mukaan.

Lajien esiintymätietoja on koottuna moniin rekistereihin, joista niitä voi pyytää lajistoseelvitysten yhteydessä. Tiedot ovat ajalliselta, alueelliselta ja

lajikohtaiselta kattavuudeltaan kirjavia ja tarvitsevat lähes aina tuekseen hankkeen vaikutusarvioinnin yhteydessä tehtyjä maastoselvityksiä.

Tiedot uhanalaisten ja luontodirektiivin lajien tunnetuista esiintymistä ovat pääosin ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmän Eliölajit-osiossa, josta ne ovat saatavissa maankäytön suunnittelun ja erilaisten hankkeiden tarpeisiin. Lajien paikkatiedot pyydetään ao. ELY-keskuksesta tai Suomen ympäristökeskuksesta (SYKE). Järjestelmässä ei kuitenkaan ole maa- ja metsätaloushallinnon vastuulla olevien riista- ja kalalajien tietoja eikä juurikaan lintutietoja.

Riista- ja kalalajeja koskevia tietoja hallinnoivat Suomen Riistakeskus ja Luonnonvarakeskus (Luke). Lintutietoja on usealla toimijalla. Suojelualueita koskevia tietoja on Metsähallituksen luontopalveluilla sekä ELY-keskuksissa. Suojelualueiden ulkopuolelta tietoja löytyy BirdLife Suomen Tiira-järjestelmästä sekä lintuatlas- ja seurantatietoa Helsingin yliopiston Luonnontieteellisestä keskusmuseosta (Luomus). Tiirassa olevat tiedot ovat paikallisten jäsenyhdistysten omaisuutta, ja niiden käyttöoikeudesta muuhun kuin yksityiskäyttöön on neuvoteltava ko. yhdistyksen kanssa. Luonnontieteellisessä keskusmuseossa ja maakunnallisissa museoissa sekä Metsähallituksella on myös muiden eliöryhmien tietoja. Luonnontieteellisessä keskusmuseossa on vuonna 2015 aloitettu lajitietokeskuksen kehittäminen, joka tulee muutaman vuoden sisällä muuttamaan lajeihin liittyvän tiedon jakelua ja saantia eri toimijoilta.

Lisätietoja:

BirdLife Suomi 2015. Tiira-lintutietopalvelu. <http://www.tiira.fi/>

European Commission 2015a. Reference lists (Related to Habitats Directive). Marine Baltic Region. Reference List May 2015. European Topic Centre on Biological Diversity,

Eionet http://bd.eionet.europa.eu/activities/Natura_2000/index_html

European Commission 2015b. Reference lists (Related to Habitats Directive). Terrestrial Alpine Region. Reference List, May 2015. European Topic Centre on Biological Diversity,

Eionet http://bd.eionet.europa.eu/activities/Natura_2000/index_html

European Commission 2015c. Reference lists (Related to Habitats Directive). Terrestrial Boreal Region. Reference List May 2015. European Topic Centre on Biological Diversity,

Eionet http://bd.eionet.europa.eu/activities/Natura_2000/index_html

Liukko, U.-M. & Raunio, A. (toim.) 2008. Luontotyyppien ja lajien seuranta luonto- ja lintudirektiiveissä. Suomen ympäristö 14/2008. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 429 s.

LUOMUS – Luonnontieteellinen keskusmuseo 2015. Kokoelmat ja aineistot.

<http://www.luomus.fi/fi/kokoelmat-ja-aineistot>

Luonnonsuojeluasetus 14.2.1997 / 160.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1997/19970160>

Luonnonsuojeluasetuksen muutos 19.6.2013/ 471.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130471>

Luonnonsuojelulaki 20.12.1996 / 1096.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961096>

Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslén, A. & Mannerkoski, I. (toim.) 2010. Suomen lajien uhanalaisuus 2010 – Punainen kirja. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus,

Helsinki. 685 s.

Rassi, P., Alanen, A., Kanerva, T. & Mannerkoski, I. (toim.) 2001: Suomen lajienuhanalaisuus 2000. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 432 s.

Suomen ympäristökeskus 2015. Lajien esittelyt: Luontodirektiivin lajit.

<http://www.ymparisto.fi/fi->

FI/Luonto/Lajit/Luonto_ ja_lintudirektiivien_lajit/Lajien_esittelyt

Suomen ympäristökeskus 2014. Metsälajien esittelyt. <http://www.ymparisto.fi/fi->

FI/Luonto/Lajit/Uhanalaiset_lajit/Metsälajien_esittelyt

Söderman, T. Luontoselvitykset ja luontovaikutusten arviointi -kaavoituksessa, YVA-menettelyssä ja Natura-arvioinnissa, Ympäristöopas 109, Suomen ympäristökeskus 2003.

Ympäristöministeriö 2015. Luonto- ja lintudirektiivien lajit.

http://www.ymparisto.fi/fi-I/Luonto/Lajit/Luonto_ ja_lintudirektiivien_lajit

Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus 2015. Uhanalaiset lajit.

http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Lajit/Uhanalaiset_lajit

5.2.8 Ilmanlaatu

Hannu Komulainen (THL)

Ennen kaivostoiminnan käynnistämistä on hyvä olla käsitys ja kuvaus kaivospaikan ja sen lähiympäristön ilmanlaadusta. Epäpuhtauksista ulkoilman laadun tärkeimpiä muuttujia ovat sen hiukkaspitoisuus ja kaasumaisten epäpuhtauksien pitoisuudet. Ilman laatuun liittyvä terveysriskinarvio perustuu ilmassa todettujen, hengitettävien epäpuhtauksien pitoisuuksiin.

Ilmatieteen laitos seuraa reaaliaikaisesti ulkoilman laadun perusparametreja mittauspisteverkonsa välityksellä (mm. hengitettävät hiukkaset, typen oksidit, typpidioksidi, typpimonoksidi). Seurantatuloksia voidaan käyttää, mikäli lähimmät mittauspisteet sijaitsevat riittävän lähellä kaivosta ja kuvastavat kaivosympäristön ilmanlaadun lähtötilannetta mitatuista muuttujista.

Kaivoskohteesta saattaa syntyä myös ilmapäästöjä, joita aikaisemmat mittaukset eivät kuvaa ja joita joudutaan kaivokselta seuraamaan. Niiden lähtötasoista olisi suotavaa olla tieto ennen kaivostoiminnan aloittamista, jotta voidaan arvioida kaivoksen osuutta ilman laadun muutokseen ja siihen liittyvää terveys- ja ympäristövaikutusten riskiä. Tiedon tulisi olla sellaisessa muodossa, jota voidaan käyttää vertailutietona myöhemmin. Hiukkasista olisi suotavaa tietää myös niiden kemiallinen koostumus, koska kaivoksen tuottama mineraalihiukkaspäästö vaikuttaa kemialliseen koostumukseen.

Kaivostoiminnan aikana hiukkasmuotoisten päästöjen leviämistä kaivosympäristöön kartoitetaan myös hiukkaslaskeumana. Hiukkaslaskeuma sisältää ison partikkelikoon hiukkasia, sekä epäorgaanista että orgaanista ainesta. Laskeuman kemiallisen analyysin perusteella voidaan pyrkiä päättämään, mikä osa siitä on peräisin kaivokselta. Laskeumamittaus kuvastaa kaivoksen vaikutusalueen laajuutta ympäristössään ja maaperän kuormittumista hiukkasmaisella päästöllä (maaperän pilaantuminen). Pölyn laskeumamittauksia ei perustilaselvitysvaiheessa ole tarpeen hankkia, ellei ole tarvetta selvittää muista mahdollisista lähteistä tulevaa päästöä taustatiedoksi.

Ulkoilman laadun selvittäminen mittauksin on rutiinitoimintaa. Samat menetelmät soveltuvat kaivosympäristöön kuin asian selvittämiseen yleensä. Esimerkiksi Ilmatieteen laitos on julkaissut ilmanlaadun mittaushjeen (Kartastenpää et al. 2004).

5.2.9 Alueiden käyttö

Jorma Jantunen (SYKE)

Selvityksessä ympäristöstä esitetään olemassa oleva infrastruktuuri, asutusrakenne ja elinkeinotoiminta sekä sen sijainti. Virkistyskäytöstä saadaan tietoja tarkastelemalla loma-asutusta, ulkoilureittejä, virkistysaluevarauksia ja -palveluja sekä keräämällä tietoa paikallisilta asukkailta. Selvityksessä tulee olla lisäksi alueen kaavoitustilanne ja muut maankäyttöön liittyvät suunnitelmat ja varaukset, kuten erilaiset suojelukohteet. Yhdyskuntarakennetta, maankäyttösuunnitelmia ja varauksia tulee tarkastella myös suunnittelualueen ulkopuolelta sillä alueella, johon hankkeen ympäristövaikutukset voivat ulottua. Maanomistusta tarkastellaan siinä laajuudessa, kuin se vaikuttaa hankkeen suunnitteluun.

5.2.10 Maisema

Jorma Jantunen (SYKE)

Useissa eri laeissa on säädöksiä maisema- ja kulttuuriarvojen selvittämisestä ja säilyttämisestä. Merkittävimpiä ovat tällöin maankäyttö- ja rakennuslaki sekä luonnonsuojelulaki. Selvityksessä ympäristöstä tuodaan esiin, onko alue maisemallisesti ja topografialtaan tai geomorfologialtaan erityinen. Tällöin on syytä ottaa huomioon niin maakunta- kuin yleiskaavatkin sekä se, kuuluuko kohde luonnonsuojelulain (LsL 32 §) suojelemiin alueisiin tai muihin arvokkaisiin maisema-alueisiin tai -kohteisiin tai kallioalueisiin. Maiseman keskeiset piirteet sekä hankkeen näkyvyys kauko- ja lähimaisemassa ovat tällöin keskeisiä. Maisematekijöitä on luontevaa havainnollistaa kartta-, ilmakeu- ja havainnekuvin käyttäen hyväksi nykyaikaisia mallinnusmenetelmiä. Maisemien merkitystä voidaan kysyä myös asukkailta karttapohjaisiin kyselytyökaluihin.

5.2.11 Kulttuuriperintö

Jorma Jantunen (SYKE)

Kulttuuriympäristöön liittyvät vaikutukset nivoutuvat kiinteästi yhteen muiden vaikutusten kanssa. Tarkastelulle antavat pohjan tiedot kulttuurimaisemasta, rakennetusta kulttuuriympäristöstä, muinaisjäännöksistä ja perinnebiotoopeista.

Nämä esitetään selvityksessä ympäristöstä. Näistä saa tietoa museovirastosta sekä maakunta- ja paikallismuseoista. Muinaismuistot ovat suoraan muinaismuistolain nojalla rauhoitettuja, ja niihin kuuluvat myös muinaistiet. Nämä voivat vaatia ole-

massa olevan tiedon täydentämistä inventoinnein, joiden ajoitus on syytä ottaa huomioon YVA-menetelyn ohjelmoinnissa – talvella ei inventointeja voi yleensä tehdä.

Lisätietoja:

Kulttuuriympäristö vaikutusten arvioinnissa, Suomen ympäristö 14/2013.
Ympäristöministeriö.

Kulttuuriympäristö ympäristövaikutusten arvioinnissa – opas pohjoismaiseen käytäntöön. Nord 2002:5, Nordisk Ministerråd. ISBN 92-893-0765-X

<http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Maisemat>

5.2.12 Aluetalous

*Hannu Törmä (Helsingin yliopisto,
Ruralia-instituutti)*

Kohdealueen taloudellinen tilanne on hyvä kuvata niiltä vuosilta, jotka edeltävät kaivosinvestoinnin alkamista. Näin saadaan vertailupohja aluetalouden tilanteesta, ennen kuin kaivos alkaa vaikuttaa kohdealueen työvoiman tarpeeseen, väestörakenteeseen, yhdyskunta-, palvelu- ja elinkeinorakenteeseen, asumiseen ja liikkumiseen sekä kunnallistalouteen. Tarkastelu on hyvä suorittaa sopivalla aluetasolla. Tilastokeskuksella on virallisia aikasarjoja näistä muuttujista kunta-, seutukunta- ja maakuntatasolta.

Työvoima

Työvoiman tietoina on hyvä esittää muun muassa

- väestön pääasiallinen toiminta
- työttömyysaste
- työllisyyden yleinen ja toimialoittainen kehitys.

Tilastokeskuksen väestötilastoinnin työssäkäyntiosasta saa tiedot väestön pääasiallisesta toiminnasta sukupuolittain ja ikäluokittain usealla aluekäsitteellä. Tärkeimmät tiedot koskevat työvoiman määrää, joka on työllisten ja työttömien summa. Työttömyysaste voidaan laskea työttömien prosenttiosuutena työvoimasta. Tilastossa on tieto

myös työvoiman ulkopuolella olevien määrästä (0–14-vuotiaat, opiskelijat, koululaiset, varusmiehet, siviilipalvelumiehet, eläkeläiset ja muut). Työssäkäynti-osassa on monta otsikkoa, ja siitä saa tiedot muun muassa väestön sosioekonomisesta asemasta ja ammattiasemasta.

Tilastokeskuksen aluetilinpidoista saa työllisyystiedot suuralueittain, maakunnittain ja seutukunnittain jaettuna yrittäjiin ja palkansaajiin. Työllisyystiedot on esitetty myös toimialoittain. Suuralueen ja maakunnan tasolla on tieto 30 toimialalta ja seutukunnista 19 toimialalta. Vastaavasti on saatavilla myös tiedot palkansaajakorvauksista. Aluetilinpidoissa on tiedot myös alueellisesta BKT:sta ja investoinneista (kiinteän pääoman bruttomuodostus) suuralueittain, maakunnittain ja seutukunnittain.

Väestörakenne

Nykyisen väestörakenteen kuvauksessa on hyvä selvittää muun muassa

- väestön määrän kehitys
- väestön osatekijöiden kehitys
- väestöennuste.

Kaivoksen sijainti- ja lähikuntien väestön kehitys on tarkastelussa tärkeintä. Sen lisäksi on hyvä selvittää kaivoksen työssäkäyntialueen vastaava kehitys, jona voidaan pitää seutukuntaa ja maakuntaa.

Tilastokeskus seuraa väestökehitystä alueittain

sekä väestön määrän että sen osatekijöiden suhteen. Väestörakente-tilastossa on tiedot keskiväkiluvusta pitkältä aikaväliltä usean aluejaon mukaan. Nämä tiedot ovat saatavissa sukupuolittain ja ikäluokittain. Väestörakente-tilastossa on useita muitakin otsikkoja, muun muassa väestötiheys alueittain.

Väestön ennakkotilastosta saa tiedon tuoreimmasta ennakkoväkiluvusta monilla aluekäsitteillä. Samasta tilastosta saa tiedot vuosineljänneksittäin mm. väestön osatekijöiden kehityksestä, joita ovat syntyneiden enemmisyys (elävänä syntyneet miinus kuolleet), kuntien välinen nettomuutto (tulomuutto miinus lähtömuutto) ja nettomaahanmuutto (maahanmuutto miinus maastamuutto). Ennakkoväkiluku on näiden osatekijöiden summa. Tilastosta saa myös väestön ennakkollisen ikärakenteen sukupuolittain ja vuosineljänneksittäin.

Tilastokeskuksen väestöennuste-tilastosta on saatavissa demografinen trendiarvio väestön kehityksestä ikäluokittain ja sukupuolittain monilla aluekäsitteillä vuoteen 2040 ja 2060 saakka.

Yhdyskunta-, palvelu- ja elinkeinorakenne

Yhdyskunta-, palvelu- ja elinkeinorakenteesta on hyvä tarkastella

- julkisten ja yksityisten palveluiden saatavuutta
- toimialoittaisen tuotannon määrää
- julkisten ja yksityisten investointien kehitystä.

Kaivokset sijaitsevat usein pienillä ja syrjäisillä paikkakunnilla, joissa julkisen sektorin rooli työllistäjänä ja palvelujen tarjoajana on merkittävä. Kaivoksen tulo paikkakunnalle muuttaa tilannetta. Väestön määrä ja tulotaso kasvavat, jolloin syntyy enemmän tilaa myös yksityisille palveluille. Tämän takia kannattaa tarkastella ainakin yksityisen sektorin ja julkisyhteisöjen koulutus- ja terveyspalveluiden suhdetta. Nämä tiedot ovat saatavilla tätä kirjoitettaessa Tilastokeskuksen aluetilinpäidosta. Sopiva vertailumuuttuja on arvonlisäys (tuotos miinus välituotekäyttö).

Arvonlisällä voidaan kuvata myös koko elinkeinorakennetta. Aluetilinpäidossa on tiedot suuralue- ja maakuntatasolla 30 toimialalta ja seutukunnissa 19 toimialalta. Kaikissa tapauksissa saadaan arvonlisän jakautuminen toimialajakoa käyttäen julkisen ja yksityisen sektorin välille.

Kaivos muuttaa sijaintikunnan ja työssäkäyntialueen investointien rakennetta. Aluetilinpäidosta löytyy tätä kirjoitettaessa investointitiedot (kiin-

teän pääoman bruttomuodostus) maakunnittain asuinrakennuksista, muista rakennuksista ja rakennelmista, koneista ja kuljetusvälineistä sekä muista investoinneista. Tiedot saa maa-, metsä- ja kalataloudesta, jalostuksesta ja palveluista sekä yksityiseltä että julkiselta sektorilta.

Asuminen ja liikkuminen

Asumisen ja liikkumisen nykytilanteen kuvauksessa voi lähteä liikkeelle seuraavista seikoista:

- kaivoksen kohdealueen asuntokanta, laatu ja sijainti
- kaavoitustilanne
- uudisrakentaminen
- kaivoksen kohdealueen nykyiset ja suunnitelluilla olevat logistiset ratkaisut
- kuljetettavat raaka-aineet ja tuotteet
- kuntakeskuksen läpi kuljetettavien raaka-aineiden ja tuotteiden osuudet.

Kunnallistalous

Kunnallistalouden nykytilan kuvauksessa on hyvä tuoda esiin kohdealueen, esim. kunnan tai seutukunnan tulot ja menot vuosilta ennen kaivoksen tuloa. On hyvä tarkastella seuraavia seikkoja:

- kunnallisveroaste, myös efektiivisenä
- kunnallisveron kertymä
- kiinteistöveroasteet
- kiinteistöveron kertymät
- yhteisöjen tuloveron palautuksen kertymät
- valtionosuuksien määrät
- menot kululajeittain
- investoinnit tyypeittäin.

5.2.13 Elinolot

Tapani Kauppinen (THL)

Sosiaaliset vaikutukset

Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa on tärkeää tietää, miten vaikutukset kohdistuvat eri ihmisryhmiin. Nykytilan tietoja kerätessä olisi hyvä, että tieto olisi vaikutusalueen

- väestön määrästä ja elinoloista sukupuolittain, ikäryhmittäin, sosioekonomisen aseman ja kulttuuritaustan mukaan jaoteltuna
- arvoista, peloista
- kokemuksista, esim. kentällä työskentelevien käsityksistä ongelmasta ja ratkaisuista.

Nykytilan analyysissä on hyvä pohtia, kuinka tilanne poikkeaa seudun, kunnan tai maan keskiarvosta. Lähtötietojen lähteet ja arvio tietojen luotavuudesta ja puutteista on hyvä kirjata näkyviin.

Arvioinnin alussa on olennaista löytää alueen tai yhteisön ominaispiirteet ja mahdolliset paikalliset erityispiirteet, jotka vaikuttavat vaikutusten tunnistamiseen, arvottamiseen ja arviointiin. Monien sosiaalisten vaikutusten lähtötilannetta on jälkikäteen vaikea mallintaa ja kuvata, ja siksi lähtötilanteen kuvaus on tärkeä muutoksen kuvaamiseksi ja vaikutuksen arvioimiseksi sekä myöhemmin seurannan onnistumiseksi.

Lyhyt tiedonkeruuprosessi

Eräs tapa suorittaa tiedonkeruu on edetä kolmi-vaiheisesti. Kattava ja nopea tapa kerätä tietoa suppeammassa suunnittelussa silloin, kun arvioitavaa yhteisöä ja sen arvoja ei tunneta ennalta, on seuraava:

1. Tutustu dokumenttien avulla alueen väestötietoihin ja ympäristön ja kulttuurin erityispiirteisiin. Onko alueella esimerkiksi tavallista enemmän tiettyjä väestöryhmiä tai ihmisillä erityisiä arvoja? Tiedonkeruun menetelminä ovat esim. avaininformantit, aikaisempi suunnitteluai-

neisto, tilastot ja paikallislehdet. Kokoa aineiston avulla alustava lista puuttuvista tiedoista sekä eri ihmisryhmistä ja hankkeen mahdollisista vaikutuksista heihin.

2. Toteuta teemahaastattelukierros, jonka avulla kokoat tietoa siitä, millaisia ihmisiä alueella on ja mitä he ajattelevat hankkeesta. Teemahaastattelulla saadaan lomakehaastattelua syvällisemmin esiin ihmisten pelot, mielipiteet ja näkemykset sekä perustelut näille näkemyksille. Haastattele niin monta eri ryhmien edustajaa, ettei uusia keskustelunaiheita enää tule esiin.
3. Toteuta tarvittaessa laajempi Internet-kysely, lomakekysely tai puhelinhaastattelu, jonka avulla saat käsityksen erilaisten näkemysten kannattajien määrästä ja heidän ominaisuuksistaan. Laajemmissa hankkeissa asiantuntijapaneelit voivat täydentää kyselyjä ja haastatteluja.

Tiedonkeruu muuttuu vuorovaikutusprosessiksi, kun se liitetään asukastapaamisiin, avointen ovien iltaan, tiedotuspisteen ylläpitoon tai Internet-tiedotukseen. Jo tiedonkeruuvaiheessa vuorovaikutukseen kannattaa kiinnittää huomiota negatiivisten sosiaalisten vaikutusten minimoimiseksi.

Lisätietoja:

Sotkanet.fi (<https://www.sotkanet.fi/sotkanet/fi/index>) Väestötieto, Väestön hyvinvointi ja terveys, Sosiaali- ja terveys palvelut. Tieto sukupuolittain, kunnittain ja alueittain.

Hyvinvointi-kompassi (<http://www.hyvinvointikompassi.fi/>) Väestörakenteen avainindikaattorit, Väestön hyvinvoinnin ja terveyden avainindikaattorit, Sosiaali- ja terveyspalveluiden avainindikaattorit. Tieto sukupuolittain, kunnittain ja alueittain.

Terveytemme (<http://www.terveytemme.fi/>) Väestön hyvinvointi ja terveys, Väestöryhmien väliset terveyserot, Väestötutkimusten raportteja. Tieto väestöryhmittäin, kunnittain ja alueittain.

6 VAIKUTUKSIEN ARVIOIMINEN

Tommi Kauppila (GTK), Elina Tran-Nguyen (FIANT Consulting Oy), Jaana Vormisto, (FIANT Consulting Oy), Jari Hietala (Ahma ympäristö Oy), Niko Karjalainen (Ramboll Finland Oy) ja Pekka Tuomela (Pöyry Finland Oy)

6.1 Ympäristövaikutusten arvioiminen

Tommi Kauppila (GTK)

6.1.1 Hankkeen vaikutuksia tulee arvioida laajasti

Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (10.6.1994/468) määrittelee ympäristövaikutukset hyvin laajasti käsittämään hankkeen tai toiminnan välittömät tai välilliset vaikutukset

- ihmisten terveyteen, viihtyvyyteen ja elinoloihin
- maaperään, vesiin ja ilmaan
- ilmastoon
- kasvillisuuteen, eliöihin (= eläimet, kasvit, sienet, bakteerit, alkueliöt, arkeonit)
- luonnon monimuotoisuuteen
- yhdyskuntarakenteeseen, rakennuksiin, maisemaan, kaupunkikuvaan ja kulttuuriperintöön
- luonnonvarojen hyödyntämiseen
- näiden tekijöiden keskinäisiin vuorovaikutussuhteisiin.

Käytännössä määrittely tarkoittaa sitä, että YVAsa tulisi ottaa tarpeen mukaan huomioon hankkeen kaikki merkittävät vaikutukset luonnonympäristöön, kaikkiin eliöihin, ihmisten terveyteen, ihmisten elinoloihin (taloudelliset, sosiaaliset ja kulttuuriset vaikutukset) sekä kulttuuri- ja rakennettuun ympäristöön. Arvioinnissa on huomattava, että vaikutukset voivat olla myös välillisiä tai yhteisvaikutuksia ja osa vaikutuksista voi olla myös positiivisia.

6.1.2 Prosessit, päästöt, leviäminen, altistuminen, vaikutukset

Kaivoshankkeiden tai niihin tehtävien muutosten vaikutusten arvioimisessa on usein hyödyllistä soveltaa vähintään tarkastelutapana ympäristöriskinarvioinnista tuttua lähde-reitti-kohde-mallia. Siinä tarkastelu lähtee kaivoshankkeen prosesseista ja niistä ympäristöön aiheutuvista paineista, kuten haitallisten aineiden päästöistä. Päästöjen

ja muiden vaikutusten leviäminen ja kulkeutuminen ympäristöön muuttaa ympäristön oloja, kuten maaperän metallipitoisuuksia, ilman hiukkaspitoisuutta tai pintaveden sameutta. Nämä arvioidut muutokset ympäristön ominaisuuksissa voivat siten aiheuttaa haittaa eliöille ja ihmisille. Tällainen systemaattinen tarkastelutapa auttaa osaltaan varmistamaan sekä sen, että vaikutuksia ei jää huomaamatta, ja sen, että tarkastelu ulotetaan myös päästöjen vaikutuksiin.

Lähde-reitti-kohde-ajattelu soveltuu ehkä luontevimmin kemiallisten ja fysikaalisten haittojen vaikutusten tarkasteluun. Joissakin tapauksissa vaikutusten kohde voi olla myös jokin muu suojeltava arvo kuin ihmisten terveys tai eliöstö. Esimerkiksi pilaantuneiden maiden tapauksissa pelkkä maaperän pitoisuuksien kohoaminen katsotaan haitalliseksi vaikutukseksi. Tosin maaperän pitoisuuden ohjearvot on nekin asetettu toksikologisiin tai ekotoksisin perustein. Sosiaalisten ja alueloudellisten vaikutusten arvioinnissa muunlainen viitekehys kuin lähde-reitti-kohde-ajattelu voi olla tehokkaampi.

6.1.3 Tavoitteena on hankevaihtoehtojen merkittävien vaikutusten vertailu

YVA-prosessin viitekehyksessä ympäristövaikutusten ennakoarvioinnin tavoitteena on vertailla suunnitellun hankkeen eri toteuttamisvaihtoehtojen merkittäviä ympäristövaikutuksia. Tämä johtuu siitä, että ympäristövaikutusten arviointi on tärkeä päätöksenteon väline niin julkisille toimijoille kuin hanketta suunnittelevalla tahollekin. Tavoite vaikuttaa olennaisesti arvioinnin laatimiseen ja arvioiden sisältöön:

- Hankkeelle tulee muodostaa aidosti toisistaan poikkeavia toteuttamisvaihtoehtoja.
- Vaihtoehtojen todennäköisesti merkittävät vaikutukset tulee tunnistaa ennakkoon ja keskittyä erityisesti niihin.

- Epäoleellisten ja epätodennäköisten vaikutusten arviointia sekä turhia selvityksiä tulee välttää, jotta resursseja voidaan kohdentaa tärkeiden vaikutusten selvittämiseen.
- Merkittävien vaikutusten valinta tulee perustella läpinäkyvästi.
- Arvioinnit on tehtävä yhteismitallisesti kaikille hankevaihtoehdoille.
- Arvioinnin tulokset on esitettävä siten, että hankevaihtoehtoja voidaan vertailla keskenään.
- Arvioitujen vaikutusten merkittävyyttä on pyrittävä arvioimaan ja vertailemaan.

Koska menettely on lisäksi erityisen tärkeä sidosryhmien huomioon ottamisen ja tiedonsaannin kannalta, arvioinnin tulokset pitää myös pyrkiä esittämään tiiviisti, selkeästi ja ymmärrettävästi. Samalla arviointiin kohdistuu kuitenkin paineita tulosten luotettavuuden arvioinnin suhteen, mikä edellyttää, että käytettyjä menetelmiä, aineistoja ja oletuksia kuvataan varsin seikkaperäisesti. Arvioinnin tuloksia raportoitaessa seikkaperäiset tarkastelut ja aineistot sijoitetaan useimmiten arviointiselostuksen liitemateriaaleihin, jotta päätöksistä saadaan tiiviimpi ja havainnollisempi. Keskittyminen merkittävien vaikutuksien arvioimiseen on myös omiaan selkeyttämään arviointia ja helpottamaan vertailua.

6.1.4 Arvioiminen sisältää epävarmuutta ja oletuksia

Ympäristövaikutusten arvioiminen ennakolta ei ole eksaktia tiedettä vaan sisältää välttämättä runsaasti oletuksia ja pohjautuu usein niukkoihinkin tietoihin. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, ettei arviointia tulisi tehdä vaikeasti arvioitavien tekijöiden tapauksessa. Arvioinnissa on hyvä myös pyrkiä määrälliseen arvioon aina, kun se suinkin on mahdollista, vaikka arvion laatimiseen sisältyisi oletuksia ja epävarmuutta. Käytetyt oletukset perusteluineen ja epävarmuuksineen tulee esittää avoimesti, ja arvioissa voidaan myös hyödyntää eri tekijöiden todennäköisiä vaihteluvälejä. Tyypillisesti vaihteluvälistä voidaan esittää keskimääräinen ja lisäksi ns. realistinen pahin tilanne, esimerkiksi 95. prosenttipisteen arvioitu pitoisuustaso. Tällaiset arviot haastavat myös arvioinnin tulosten hyödyntäjät, koska heidänkin tulee sietää arvioinnin epävarmuutta ja arvioiden perustumista oletuksiin. Epävarmuuksista huolimatta arvioinnit ovat kuitenkin hyödyllisiä ja palvelevat YVA-menettelyn alkuperäisiä tavoitteita. Myös asiantuntijamielipiteeseen pohjautuvat vaikutusten arviot tulee perustella, koska pelkkä toteamus jonkin tekijän merkityksestä tai merkityksettömyydestä ei ole informatiivista.

6.2 Menetelmiä merkittävien vaikutusten tunnistamiseen

Tommi Kauppila (GTK)

Ympäristövaikutusten arvioinnissa tunnistetaan hankkeen eri toteuttamisvaihtoehdoista aiheutuvat ympäristövaikutukset, arvioidaan niiden merkittävyyttä ja vertaillaan tulosten perusteella hankevaihtoehtoja keskenään. Tässä työssä ensimmäinen vaihe on tunnistaa kaikki hankkeesta mahdollisesti aiheutuvat vaikutukset ja valita niistä tarkempaan käsittelyyn sellaiset, joilla todennäköisesti tai mahdollisesti on todellista merkitystä kyseisen hankkeen ympäristövaikutusten kannalta. Merkittävien vaikutusten tunnistaminen etukäteen on erityisen tärkeää kaivoshankkeissa, koska hankkeet ovat hyvin monitahoisia ja voimavarat on syytä keskittää tärkeimpien vaikutusten riittävän perusteelliseen arvioimiseen. Samalla YVA-prosessi palvelee paremmin tarkoitustaan hankevaihtoehtojen vertailun ja asianosaisten tiedonsaannin välineenä, kun arvioinnista tulee selkeämpi.

YVAssa arvioidaan siis vaikutusten merkittävyyttä kahdessa vaiheessa: vaikutusten tunnistamisvaiheessa arvioinnin alussa ja hankevaihtoehtojen vertailuvaiheessa arvioinnin lopussa.

Hankkeen eri vaihtoehtojen vaikutusten tunnistamiseen ja vaikutusten rajaukseen on useita menetelmiä:

- tarkistuslistat ja taulukoinnit
- vuokaaviot ja vaikutusverkot
- asiantuntija-arviot
- kokemukset aiemmista kaivoshankkeista
- karttatarkastelut ja paikkatietomenetelmät.

Seuraavassa käydään läpi yllä listattuja vaikutusten tunnistamisen menetelmiä. Yksityiskohtaisempi tarkastelu vaikutusten merkittävyyden arvioinnista on raportin loppupuolella kappaleessa Vaikutusten merkittävyyden arviointi ja vaihtoehtojen

vertailu. Siinä esitettyjä menetelmiä voi soveltaa myös arviointiselostusvaiheessa merkittävien vaikutusten tunnistamiseen.

6.2.1 Tarkistuslistat

Tarkistuslistat toimivat paremmin mahdollisten vaikutusten tunnistamisen välineinä kuin tapauskohtaisten merkittävien vaikutusten määrittämisessä. Niiden tarkoitus onkin yleensä varmistaa, ettei mitään vaikutuksia jää huomioimatta. Listaukset perustuvat useimmiten asiantuntijoiden työhön ja kansainvälisiin kokemuksiin, mutta silti niiden ulkopuolelle saattaa jäädä kohdekohtaisesti merkittäviä vaikutuksia. Tarkistuslistoja käytettäessä tulee aina varmistaa, että kaikki ympäristövaikutukset, myös epävarmat tai välilliset vaikutukset ja yhteisvaikutukset, tulevat otetuiksi huomioon. Esimerkiksi listaukset kyseisessä kaivoshankkeessa käytettäväksi suunnitelluista kemikaaleista ja niiden ominaisuuksista on hyvä ottaa huomioon. Myös tätä raporttia, samoin kuin TEM:n opasta ympäristövaikutusten arviointimenetelmästä kaivoshankkeissa (Jantunen & Kauppila (toim.) 2015), voidaan hyödyntää tarkistuslistana kaivoshankkeiden vaikutusten tunnistamisessa. Tarkistuslistat ja taulukoinnit tekevät mahdolliseksi tarkastella hankkeen toimintoja ja niiden vaikutuksia sekä kytkeä hankkeen vaikutusalueella olevia asukkaita ja muita tahoja sekä eri alojen asiantuntijoita mukaan tunnistamaan mahdollisia vaikutuksia ja herkkiä kohteita.

6.2.2 Taulukoinnit ja matriisit

Taulukoinneissa tarkistuslistoihin liitetään muutujia kuvaamaan vaikutuksia tarkemmin. Tällöin päästään paremmin kiinni myös vaikutusten merkittävyyteen. Taulukoinnin elementteinä (sarakkeina) voivat olla kaivoksen toiminnot, toimintavaiheet, vaikutusten kohteet sekä vaikutusten todennäköisyys ja voimakkuus. Taulukointeja hyödyntämällä voidaan esimerkiksi pyrkiä tunnistamaan, missä hankkeen vaiheessa kukin listattu vaikutus on oleellinen (esim. suunnittelu, rakentaminen, käyttöönotto, toimintavaihe, seisakki, sulkeminen, sulkemisen jälkeen), mihin vaikutus kohdistuu (maaperä, pintavedet, ilma, kasvillisuus, luonnon monimuotoisuus, aluetalous, työllisyys, luonnonvarat, virkistyskäyttö jne.) tai millainen on vaikutuksen laatu (voimakkuus, todennäköisyys, palautuvuus, kesto, alueellinen laajuus jne.).

Matriisit ovat ympäristövaikutusten tunnistamisessa ja merkittävyyden arvioinnissa yleensä taulukoita, joissa sekä sarakkeilla että riveillä on muuttujia, tyypillisesti syyt (prosessit ja päästöt) ja seuraukset (altistajat, suojeltavat kohteet, ympäristön osat tai arvot). Matriisin solut sisältävät arvion niistä vaikutuksista, joita toiminnot aiheuttavat ympäristön eri osissa, esimerkiksi kuivanapitoveisien vaikutukset kalastukseen. Tunnetuimmassa matriisityypissä, ns. Leopold-matriisissa (Leopold et al. 1971) soluihin arvioidaan asteikolla 0–10 sekä vaikutuksen voimakkuus että merkittävyys.

6.2.3 Vuokaaviot ja vaikutusverkot

Vuokaaviot, vaikutuspuut ja vaikutusverkot ovat listoja ja taulukointeja soveltuvampia monimutkaisten, epäsuorien ja yhteisvaikutusten tunnistamiseen ja esittämiseen. Ne soveltavat lähde-reittikohde-ajattelua, jolloin tärkeitä vaikutuksia ei helposti jää huomaamatta. Toisaalta niiden laatiminen on suhteellisen työlästä, esityksistä voi tulla monimutkaisia ja vaikutusten voimakkuuden tai merkittävyyden ilmaiseminen kaavioissa on hankalaa. Vaikka vaikutuspuuta tai -verkkoja ei hyödynnettäisikään, vaikutuksia tunnistettaessa on aina hyödyllistä tarkastella koko vaikutusketjua, joka alkaa hankkeen toiminnoista ja etenee ympäristössä ennustettuihin muutoksiin ja siitä edelleen ihmisille ja eliöstölle koituviin vaikutuksiin ja niiden suuruuteen. Tässä raportissa on esitetty vaikutusverkko mahdollisten ihmisoikeusvaikutusten synnystä.

6.2.4 Asiantuntija-arviot ja kokemukset aiemmista hankkeista

Merkittävien vaikutusten tunnistamisessa hyödynnetään yleisesti asiantuntija-arvioita. Ne perustuvat alan tuntemukseen ja usein kokemuksiin aiemmista kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arvioinneista tai kaivoshankkeen toteutuneista vaikutuksista. Tällöinkin tarkistuslistojen hyödyntäminen on suositeltavaa erityisesti siksi, että merkittävien vaikutusten tunnistamisessa etukäteen on tärkeää myös perustella arviot niistä tekijöistä, joilla ei uskota olevan kyseisessä hankkeessa vaikutuksia. Monialainen asiantuntijatyö on tärkeää myös muita arviointimenetelmiä hyödynnettäessä.

Erityisesti suurilla kaivos- tai konsulttiyhtiöillä, joilla on kokemusta useista kaivoshankkeista, on tilaisuus hyödyntää systemaattisesti aiempia kokemuksia kaivoshankkeiden ympäristövaikutuksista. Tällainen kokemus kumuloituu tehokkaimmin analysoimalla YVA-prosesseja ja arvioinnin onnistumista jälkikäteen ja raporttoimalla havainnot myöhempää hyödyntämistä palvelevassa muodossa. Tähän tähtää myös YVA-lainsäädännön vaatimus seurannasta.

6.2.5 Karttatarkastelut ja paikkatietomenetelmät

Spatiaaliset tarkastelut paikkatietomenetelmiä hyödyntäen ovat hyvä tapa jäsenellä kaivoshank-

keen ympäristövaikutuksia. Suunniteltu hanke voidaan jakaa spatiaalisiin, toiminnallisiin alueisiin ja tarkastella kunkin alueen vaikutuksia ympäristöönsä. Samoilla menetelmillä voidaan tarkastella ympäristöön kohdistuvien paineiden vaikutusalueita ja vaikutussuuntia tai perustaa tarkastelu tärkeimpien altistujien alueelliseen jakautumiseen. Paikkatietomenetelmillä voidaan selvittää, missä vaikutusalueet ja herkäät kohteet osuvat päällekkäin tai missä eri vaikutukset kumuloituvat.

6.3 Ihmisoikeusperustaisuuden sisällyttäminen YVAan

Elina Tran-Nguyen (FIANT Consulting Oy) ja Jaana Vormisto (FIANT Consulting Oy)

Ihmisoikeusperustaisen lähestymistavan sisällyttäminen YVAan mahdollistaa kaivostoiminnan ihmisoikeusriskien tunnistamisen ja niihin liittyvien vastuiden selkiyttämisen jo ennen kaivoshankkeen aloittamista.

Yritysten toimintaan liittyvistä ihmisoikeusvastuista on käyty aktiivisesti keskustelua kansainvälisellä tasolla ja erityisesti YK:ssa vuosituhannen vaihteesta lähtien. Vuonna 2008 valmistui YK:n yrityksiä ja ihmisoikeuksia koskeva "suojele - kunnioita - korjaa" -viitekehys, ja vuonna 2011 hyväksyttiin siihen liittyvät ohjaavat periaatteet (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013). Suomi valmisti oman kansallisen suunnitelmansa periaatteiden toimeenpanoa varten vuonna 2014 (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014). Ihmisoikeudet on sisällytetty aiempaa vahvemmin myös OECD:n ohjeistuksiin. Lisäksi niiden huomioiminen yritysten yhteiskuntavastuureportoinnissa on vahvistumassa mm. Euroopan komission uuden ei-taloudellisia tietoja koskevan direktiivin myötä. Kaivannaisalalla mm. ICM (International Council on Mining and Metal) on kehittänyt ohjeistuksia kaivosyritysten ihmisoikeusvastuun täytäntöönpanon tueksi. Monet Suomessa toimivat kaivannaisalan yritykset ovat kestävästä kehitystä ja yritysten ihmisoikeusvastuuta edistävän YK:n Global Compactin jäseniä.

Ihmisoikeusperustaisessa lähestymistavassa kaivostoiminnan ihmisiin ja yhteisöihin kohdistuvia suoria ja epäsuoria vaikutuksia arvioidaan ihmisoikeusnormien näkökulmasta, ja siinä huomio kohdistuu erityisesti haavoittuvassa asemassa oleviin ihmisryhmiin, joiden ihmisoikeudet ovat eniten vaarassa jäädä toteutumatta. Tarkastelussa ovat myös viranomaisten ja päätöksentekijöiden sekä yritysten vastuunjako ja kapasiteetti ihmisoikeusvaikutusten seurannassa, ennaltaehkäisyssä sekä korjaavien toimenpiteiden toimeenpanossa. Osallistavan arviointiprosessin avulla saadaan kokonaiskuva lähtötilanteesta. Arvioinnin osallistavuus tukee myös yhteistyösuhteiden kehittämistä toimintojen vaikutuspiirissä olevien yhteisöjen sekä muiden toimijoiden kanssa kaivostoiminnan ihmisoikeusvaikutusten seurannalle, ennaltaehkäisylle sekä korjaaville toimenpiteille hankkeen koko elinkaaren aikana.

Ihmisoikeusvaikutusten arvioinnin toteutus vaatii ihmisoikeuksiin ja lähestymistapaan liittyvää erityisosaamista, mutta sisällöllisesti se olisi hyvä integroida osaksi YVA:n sosiaalisten ja taloudellisten vaikutusten sekä terveys- ja viihtyvyyttävaikutusten arviointia. Ihmisoikeusperustaisen lähestymistavan sisällyttämistä YVAan esitellään tarkemmin luvussa Ihmisoikeusperustaisuus sosiaalisten ja taloudellisten vaikutusten arvioinnissa.

Lisätietoa:

Business and Human Rights Resource Centre: <http://business-humanrights.org/> (sisältää laajas-
ti tietoa yritysten ihmisoikeusvastuusta, myös sektorikohtaisesti ml. kaivannaisala)

Danish Institute for Human Rights [http://www.humanrights.dk/business-human-rights/
country+portal](http://www.humanrights.dk/business-human-rights/country+portal)

Institute for Human Rights and Business: <http://www.ihrb.org/index.php>

International Corporate Accountability Roundtable:
<http://accountabilityroundtable.org/initiatives/overview/>

International Council on Mining and Metal: <http://www.icmm.com>

OECD:n toimintaohjeet monikansallisille yrityksille. Vuoden 2011 tarkistus. Käännös julkai-
susta OECD Guidelines for Multinational Enterprises 2011 Edition. TEM raportteja 5/2012.

Perustietoa ja koulutusmateriaalia ihmisoikeuksista suomeksi: <http://www.ihmisoikeudet.net/>

UN Global Compact: www.unglobalcompact.org

YK:n yrityksiä ja ihmisoikeuksia koskevien ohjaavien periaatteiden kansallinen toimeenpano-
suunnitelma. TEM julkaisu, Kilpailukyky, 44/2014.

Yrityksiä ja ihmisoikeuksia koskevat ohjaavat periaatteet: Yhdistyneitten kansakuntien ”suojele
- kunnioita - korjaa” -kehyksen täytäntöönpano. TEM raportteja 36/2013.

6.4 Suunnittelun, kannattavuusselvitysten ja ympäristövaikutusten arvioinnin yhteen sovittaminen

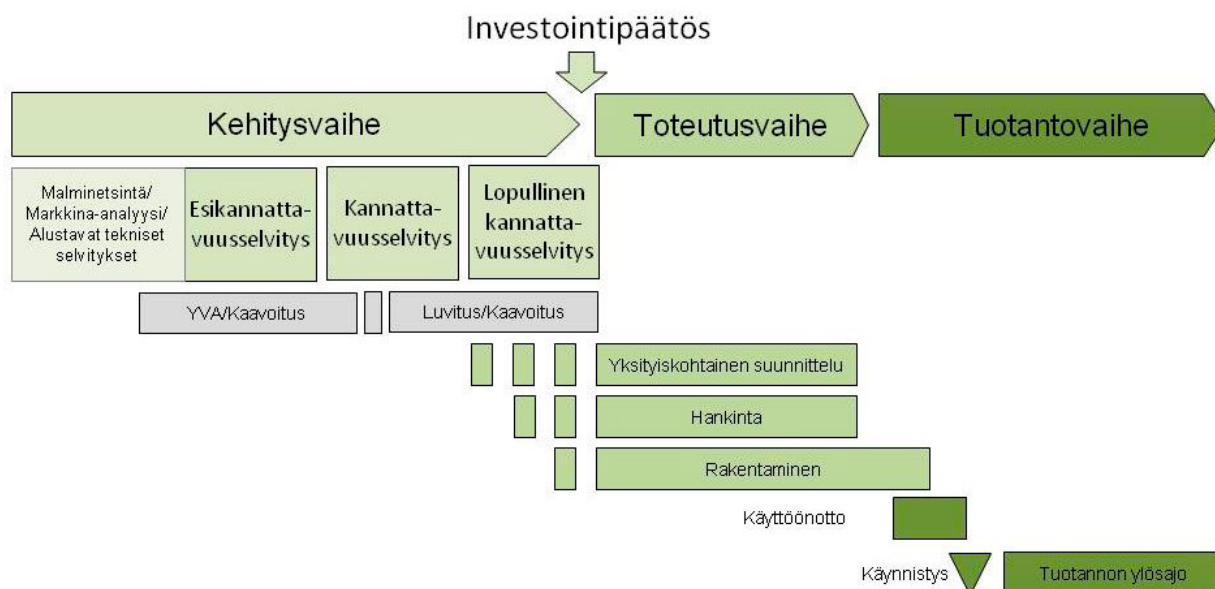
*Jari Hietala (Ahma ympäristö Oy), Niko Karjalainen (Ramboll Finland Oy) ja Pekka Tuomela,
(Pöyry Finland Oy)*

Kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arvioiminen pohjautuu tietoihin, joita saadaan vaiheittain tarkentuvista hankkeen toteuttamiskelpoisuuden ja kannattavuuden selvityksistä. Kaivoshankkeen eteneminen tuotantoon edellyttääkin lukuisia erilaisia selvityksiä ja lupaprosesseja, jotka ajoittuvat kaivoshankkeen elinkaaren eri vaiheisiin. Kaivoksen tuotantoa edeltävä aika (kaivoshanke) voidaan jakaa kehitysvaiheeseen ja toteutusvaiheeseen (kuva13).

Toteutusvaihe (rakentamisvaihe) katsotaan alkaneeksi, kun investointipäätös kaivoksen rakentamisesta on tehty. Toteutusvaihe on usein lyhyt, vuoden tai kahden pituinen jakso, joka pitää sisällään yksityiskohtaisen suunnittelun, laite- ja konehankinnat, rekrytoinnit sekä kaivoksen, rikastamon ja kaivosalueen muut rakentamistyöt.

Investointipäätös voidaan käytännössä tehdä vasta sitten, kun lupaprosessit mukaan lukien mahdolliset valitusprosessit on saatu valmiiksi. YVA-prosessi toteutetaan ajallisesti ennen lupaprosesseja, hankkeen kehitysvaiheessa.

Investointipäätöstä edeltävä kehitysvaihe on usein pitkä, jopa kymmeniä vuosia, mikäli se katsotaan alkaneeksi esiintymän löytämisestä. Todellinen kaivoshankkeen kehittäminen alkaa erityisesti siinä vaiheessa, kun taloudellisesta kannattavuudesta ja teknisestä toteuttamiskelpoisuudesta on riittävä alkuvaiheen käsitys. Tämä puolestaan selviää alustavissa kannattavuusselvityksissä. Kannattavuusselvityksiä tehdään hankkeesta riippuen yleensä kahdesta kolmeen siten, että kannattavuusselvityksen ja teknisen toteutusmallin luotettavuus- ja tarkkuustaso paranevat koko



Kuva 13. Kaivoshankkeen tyypilliset kehitysvaiheet.
Fig. 13. Typical stages in mining project development.

ajan. Kannattavuusselvitysten yhteydessä tehdään tarkentavaa malminetsintää sekä lukuisia teknisiä selvityksiä, joiden perusteella saadaan käsitys hankkeen tulo- ja kulurakenteesta. Varsinainen kehitysvaihe kestää siten tyypillisesti vähintään 5–10 vuotta hankkeesta riippuen, mutta on hankkeita, joissa tämä vaihe on kestänyt huomattavasti pitempäänkin.

6.4.1 YVA-prosessin ja hankesuunnittelun aikataulun käytännön haasteita

YVA-prosessin ja hankesuunnittelun aikataulun käytännön haasteet koskevat erityisesti uusia hankkeita ja malminetsintää, kehitystyötä tekeviä ns. junioriyhtiöitä ja uusia teknologioita esimerkiksi rikastuksessa. YVA-menettely, kaavoitus ja näitä seuraavat lupaprosessit sekä nykyisin todennäköiset muutoksenhakuprosessit kestävät vuosia (tyypillisesti 5–10 vuotta), minkä vuoksi hankkeista vastaavat pyrkivät aloittamaan YVA-prosessin mahdollisimman aikaisin kannattavuusselvitysvaiheessa.

Ympäristövaikutusten arvioinnin toimivuuden ja luotettavuuden kannalta on erittäin tärkeää, missä vaiheessa teknisiä ja taloudellisia selvityksiä arviointiprosessi aloitetaan. Mikäli YVA-hanke aloitetaan alustavien teknisten selvitysten aikaan, ympäristövaikutusten arvioinnilla ei todennäköisesti saada riittävän hyvää käsitystä hankkeen ympäristövaikutuksista, mm. teknisten suunnitel-

mien epätarkkuuden vuoksi esimerkiksi sijaintipaikkojen tms. suhteen. Tämä aiheuttaa helposti haasteita lupaprosesseissa, joissa vaikutusarviot tai hankesuunnitelmat eivät saa merkittävästi poiketa YVA-vaiheesta, vaikka suunnitelmien tarkkuustaso paranee.

YVA-prosessin toimivuuden ja luotettavuuden kannalta luontainen vaihe on varsinainen kannattavuusselvitysvaihe, mutta ainoastaan mikäli kannattavuusselvityksessä valitut tekniset ratkaisut, kuten louhintamenetelmä, rikastusmenetelmä, jätehuolto ja muut ympäristövaikutusten kannalta oleelliset tekijät (osaprosessit) pysyvät pääosin muuttumattomina läpi kannattavuusselvitysten. Kaivoshankkeiden luonteeseen kuitenkin kuuluu, että hankekehitys etenee vaiheittain ja teknistaloudellisin vaihtoehto määräytyy vähitellen hankekehitysvaiheen aikana. Hankesuunnittelu ei yleensä ole toteutusvaiheen tarkkuudella YVA-menettelyn aikana. Tämä koskee mitä suurimmassa määrin myös ympäristövaikutusten kannalta perustavaa laatua olevia seikkoja, kuten tuotantokapasiteettia. Kannattavuusselvitysten aikana päädytään usein myös muuttamaan yhtä tai useampaa osaprosessia, ja tällä on kerrannaisvaikutuksia muihin prosesseihin. Tämä johtaa valittavan usein YVA-menettelyn aikana tehtyjen vaikutusarvioiden epätarkkuuteen. Ongelma voi liittyä myös esiselvitysten laatuun tai merkittävien uusien tietojen saamiseen esimerkiksi malminetsinnästä. Malminetsinnän edistyessä mineraali-

varanto tyypillisesti kasvaa vuosien aikana, mutta tätä on vaikea huomioida YVAssa riittävällä tarkkuudella. Kaivoshankkeet poikkeavatkin esim. metsäteollisuushankkeista siten, että mm. kaivoksen tuotantokapasiteetti voidaan määritellä vasta sitten, kun mineraalivarantoarvio on riittävässä määrin tiedossa. Vuosituotanto optimoidaan suhteessa hankkeen investointikustannuksiin ja malmion kokoon, ja esimerkiksi mineraalivarannon kasvaessa myös läjitysalueiden koot kasvavat.

YVA-lainsäädäntö mahdollistaa tiettyyn rajaan saakka muutokset arvioitavassa hankkeessa YVA-prosessin aikana. Tässä sovelletaan tapauskohtaista tulkintaa. Käytännössä hankkeen merkittävään muuttamiseen kesken prosessin saatetaan suhtautua kriittisesti, mikä tekee hankkeen muuttamisesta YVA-prosessin aikana hyvin hankalaa ja aikaa vievää. Kaivoshankkeen kehitysvaihe on erittäin dynaaminen prosessi, ja YVA- ja lupamenettelyjen tulisi mahdollistaa suunnitelmien ja sitä kautta vaikutusten muuttumisen prosessin edetessä. Tällöin voidaan saavuttaa ympäristön ja päätöksenteon kannalta paras lopputulos ja elinkelpoinen kaivoshanke.

6.4.2 Resurssien kohdentamisen haasteita

Ympäristövaikutusten arviointiin, kuten kaikkeen muuhunkin hankkeiden eteen tehtävään selvitystyöhön, on käytettävissä rajallinen määrä taloudellisia ja ajallisia resursseja. Nykyään YVA-menettelyissä käytetään arviolta 30–50 % käytettävissä olevista resursseista muuhun arviointiprosessiin liittyvään työhön kuin varsinaisten vaikutusarviointien tekemiseen. YVA-menettelyssä tuleekin varata riittävästi resursseja vuoropuhelun ja tiedottamisen järjestämiseen esimerkiksi yleisötilaisuuksina, sidosryhmäkeskusteluina ja muuna vuorovaikutuksena. Tämä palvelee YVA-menettelyn tavoitteita osallistumisesta sekä asioiden havainnollistamista, mutta on pidettävä huolta, että resursseja jää riittävästi myös ympäristövaikutuksien arvioimistyöhön.

Varsinaiseen arviointityöhön käytettäviä resursseja voidaan puolestaan hukata epäoleellisten arviointien ylimitoitettuun tekemiseen. Usein vaatimukset tällaisten seikkojen selvittämiseen nousevat esiin sidosryhmien taholta. Yhteysviranomaisella onkin suuri vastuu ohjata asiantuntemuksensa perusteella YVA-prosessia siten, että resurssit kohdennetaan oleellisimpien vaikutusten arvioimiseen

ja turhien selvitysten tekemistä vältetään (ks. Menetelmiä merkittävien vaikutusten tunnistamiseen ja Esiintymätyypin vaikutus). Yhteysviranomaisen lausunto arviointiohjelmasta on keskeinen dokumentti tässä suhteessa, ja tiivis vuoropuhelu hankkeesta vastaavan ja yhteysviranomaisen välillä on hyvin tärkeää. YVA-ohjelma on lainsäädännön tarkoittama resurssien kohdentamisen työkalu, jolla varmistetaan, että arviointiresurssit käytetään oikeiden vaikutusten selvittämiseen.

Kaivoshankkeet ja niiden ympäristövaikutukset ovat hyvin yksilöllisiä, mutta kokemusperäisesti on mahdollista rajata hankkeen keskeiset ympäristövaikutukset. Keskeisempien vaikutusten rajaaminen pohjautuu

- alueen geologiaan (mineralogia), joka määrittelee mm. kaivannaisjätteiden haittaominaisuudet (ks. Esiintymätyypin vaikutus)
- hankkeen sijaintiin esimerkiksi suhteessa asutukseen, vesistöihin, tuotteiden ja raaka-ainesten kuljetusreitteihin sekä luontoarvoihin
- valittuun teknologiaan; esim. louhintateknikka (avolouhos, maanalainen kaivos) ja rikastus ja jalostusteknologia (perinteinen vaahdotus vai joku muu, mahdollinen jatkojalostus)
- kaivannaisjätehuollon periaatteisiin (läjitysalueiden sijoittuminen ja rakenteet ym.)
- vesitaseeseen ja vesienhallintaan sekä -käsitelyyn.

Epäoleellisten vaikutusten lisäksi YVA-prosessissa ei myöskään tule arvioida epärealistisia hankevaihtoehtoja, koska se kuluttaa resursseja, hankaloittaa YVA-menettelyä ja tekee sen sekavamaksi eri sidosryhmille. YVAssa tulee sen hengen mukaisesti tarkastella eri hankevaihtoehtoja ja niiden toteuttamiskelpoisuutta ympäristön kannalta, mutta toteutuskelvottomia tai teoreettisia vaihtoehtoja ei ole syytä tarkastella. Vaikka hankkeelle olisi osoitettavissa vain yksi toteuttamiskelpoinen hankevaihtoehto nollavaihtoehtoon lisäksi, ei selvästi toteutuskelvottomia tai kannattavuudeltaan vastuuttomia vaihtoehtoja tule muodostaa YVA-menettelyssä tai hankeselvityksissä arvioitavaksi. YVA-menettely ei ole hankesuunnitelma vaan lainsäädännön edellyttämä vuorovaikutteinen selvitys, josta saadaan tarkentavia tietoja hankkeen jatko suunnittelun ja lupaprosessien tueksi. Hankevaihtoehtojen muodostamista käsitellään tässä raportissa ja TEM:n oppaan luvussa 4.2.

6.4.3 Kehitysehdotuksia

YVA-konsulttien kokemuksen mukaan YVAN ongelmat eivät niinkään kulminoidu puutteisiin arviointitekniikoiden hallitsemisessa (määrällinen vs. laadullinen) vaan arvioinnin lähtötietojen saatavuuteen ja luotettavuuteen, resurssien epätarkoituksenmukaiseen kohdentamiseen sekä YVA-menettelyn käytännön toteutuksen vieraantumiseen sen alkuperäisestä tarkoituksesta. Arviointimenetelmien kehittäminen tai vakiointi ei siksi välttämättä paranna menettelyä. Tästä huolimatta olisi tärkeää saada myös arviointimenetelmiin ja erityisesti arvioitavien tekijöiden rajaukseen ja valintaan yleisesti hyväksytyjä työkaluja.

Lukuisten toteutettujen kaivoshankkeiden YVA-menettelyiden ja niistä saatujen kokemusten perusteella esitetään seuraavia kehitysehdotuksia huomioitavaksi jatkossa. Ehdotukset eivät ole tärkeysjärjestyksessä:

- YVA-hankkeiden osapuolien tulisi käydä keskustelua YVAN varsinaisesta tarkoituksesta sekä YVAN sijoittumisesta suhteessa hankkeiden elinkaareen sekä hankesuunnitteluvai-

heen asettamista reunaehdoista ympäristövaikutusten arvioinnin käytännön toteutukseen. YVAssa esitetään alustava arvio hankkeen merkittävistä ympäristövaikutuksista eri toteutusvaihtoehdoissa. Vaikutusarvioita tarkennetaan valitulle toteutusvaihtoehdolle ympäristölupaprosessissa.

- YVA-hankkeen aikana eteen tulevat muutokset tulisi huomioida nykyistä joustavammin YVA-menettelyssä. Muutostarpeet eivät välttämättä johdu puutteellisesta tai huonosta suunnittelusta vaan siitä, että hankevaihe huomioiden ei parempaa tietoa ole voinut olla saatavilla.
- Vaikutusten arvioinnin kohdentamisessa tulisi hyödyntää laajasti hyväksytyjä, yhtenäisiä työkaluja, joilla vaikutusarvioinnit voitaisiin kohdentaa hankekohtaisesti oikein ja käytettävissä olevat rajalliset resurssit hyödyntää mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti (ks. esim. luvut Menetelmiä merkittävien vaikutusten tunnistamiseen ja Vaikutusten merkittävyyden arviointi ja vaihtoehtojen vertailu)

7 VAIKUTUKSET LUONNONYMPÄRISTÖN KEMIALLISEEN JA FYSIKAALISEEN TILAAN

*Päivi Kauppila (GTK), Anna Tornivaara (GTK), Tommi Kauppila (GTK), Antti Pasanen (GTK),
Marja Liisa Räisänen (GTK), Timo Huttula (SYKE), Jorma Jantunen (SYKE),
Petri Ekholm (SYKE) ja Hannu Komulainen (THL)*

Kun kaivoshankkeen toteuttamisvaihtoehdot prosesseineen ja niistä aiheutuvine arvioituine päästöineen on kuvattu ja kohteen nykytila selvitetty, ympäristövaikutuksien arvioinnissa pyritään selvittämään, miten arvioidut päästöt vaikuttavat kohteen ympäristön kemiallisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin. Yhdessä alueen vertailutilaa koskevien selvitysten kanssa arvioidut muutokset luonnonympäristön ominaisuuksissa muodostavat pohjan eliöstöön ja ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arvioimiselle.

Kaivosalueen prosessien ja päästöjen kuvauksessa arvioidaan toimintojen pöly-, vesi- ja kaasumaisia päästöjä sekä melun ja värinän syntymistä. Seuraavassa vaiheessa arvioidaan näiden päästöjen leviämistä ympäristöön eri reittejä ja näin syntyviä fysikaalisia ja kemiallisia muutoksia ympäristön eri osissa. Joitakin näistä vaikutuksista luonnonympäristön ominaisuuksiin voidaan jo itsessään pitää toiminnan ympäristövaikutuksina, mutta ne muodostavat myös pohjan ekologisten ja ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arvioinnille.

7.1 Vaikutukset kallioperään

Päivi Kauppila (GTK) ja Anna Tornivaara (GTK)

Kaivostoiminnan vaikutukset kallioperään kaivospiirin ulkopuolella ovat yleensä vähäisiä suoma-

laisissa kiteisissä kivilajeissa. Louhinta ja siihen liittyvät räjäytykset voivat vaikuttaa paikallisesti

kallioperän rakoiluun ja aiheuttaa maan vajoamista tai sortumisuhkaa louhosten seinämissä tai tunneleissa (esimerkkeinä Outokumpu ja Kiiruna). Muutokset rakovyöhykkeissä yhdessä pohjaveden pinnan alentamisen kanssa voivat aiheuttaa hydrologisia muutoksia ruhjeissa ja raoissa. Näiden seurauksena voi syntyä muutoksia rakoja täyttävissä saostumamineraaleissa ja rakovyöhykkeiden hydrogeokemiassa. Yleisesti ottaen kiteinen kallioperä on Suomessa mekaanisilta ominaisuuksiltaan lujaa ja kestävä, ja kaivostoiminnan suunnittelu tähtää siihen, että louhostilat ovat turvallisia työskennellä, joten sortumat ja painumat jäävät yleensä vähäisiksi.

Louhinnan vaikutuksia painumisriskiin ja ruhjeisiin arvioidaan osana kaivostoiminnan suunnittelua kalliomekaanisella suunnittelulla, joka sisältää kallion lujuus- ja muodonmuutosominaisuuksien tutkimista kalliotutkimuksilla sekä louhintamenetelmien määrittämistä ja mitoittamista joko analyttisesti tai empiirisesti. Kallioperän

liikuntoja ja rakoilua seurataan kaivostoiminnan aikana erilaisilla geoteknisillä ja geofysikaalisilla mittauksilla (Syrjänen et al. 2015). Sortuma- ja painumariskejä voidaan vähentää mm. kaivostäytön sekä lujitus- ja tukirakenteiden käytöllä.

YVA-menettelyssä voidaan hyödyntää kaivosuunnittelussa tuotettuja kallioperän lujuustietoja arvioitaessa, voivatko vaikutukset kallioperään olla merkittäviä. Ruhjevyöhykkeiden esiintyminen ja sijainnit, esiintymistiheydet sekä täytteisyys vaikuttavat olennaisesti kallioperän lujuuteen ja myös kalliopohjaveden pilaantumisriskiin, ja siten ne ovat keskeinen osa ympäristövaikutusten arviointia (ks. myös Pohjavesitutkimusten kohdentaminen). Ruhjeisiin liittyvää tietoa on myös saatavilla malmivarantojen tutkimiseen ja kaivoksen suunnitteluun liittyvistä geologisista, geofysikaalisista ja geoteknisistä tutkimuksista. Tulokset voidaan esittää karttapohjalla, josta käyvät ilmi tärkeimpien ruhjeiden sijainnit.

7.2 Vaikutukset maaperään

Anna Tornivaara (GTK) ja Tommi Kauppila (GTK)

Kun selvitetään kaivoshankkeen vaikutuksia maaperään, on huomioitava kaivostoiminnan koko elinkaaren aikaiset vaikutukset sekä kaivosalueella että sen ympäristössä. Tavoitteena on ennustaa arvioitujen päästöjen ja niiden leviämisen aiheuttamat pitoisuusmuutokset kaivoskohteessa ja sen ympäristössä.

Kaivosalueen ulkopuolella maaperävaikutukset kohdistuvat pääosin maaperän ylimpään kerrokseen lähinnä ilman kautta tulevan kuormituksen vuoksi. Pintamaan pilaantuminen ja haitta-aineiden mahdollinen helppoliukoinen muoto lisäävät myös pohjamaan pilaantumisen todennäköisyyttä, kun ilmalaskeuma huuhtoutuu syvempiin maakerroksiin. Pohjamaan tilaan vaikuttaa lisäksi pohjavesi, joka voi kontaminoituessaan kuormittaa maaperää haitta-aineiden sitoutumisen ja saostumisen kautta.

Hankkeen kuvauksen ja päästöarvioiden pohjalta tunnistetaan maaperän potentiaaliset kuormituksen lähteet sekä toimintaan liittyvät haitta-aineet, joiden pitoisuuden voidaan olettaa kohoavan maaperässä lyhyellä tai pitkällä aikavälillä. Tunnistettujen haitta-aineiden leviäminen ympäristöön ja näin syntyvät haitta-aineiden pitoisuudet

maaperässä arvioidaan ja tuloksia hyödynnetään ekologisen- ja terveystarvinnan lähtötietoina yhdessä nykytilaselvityksen tietojen kanssa.

7.2.1 Toiminnasta aiheutuvan pölyn vaikutus pintamaahan

Merkittävin ja todennäköisin kaivoskohteen pintamaahan vaikuttava tekijä on toiminnasta aiheutuva pölylaskeuma, joka on useimmiten suurin päästölähteen läheisyydessä kaivosalueella. Mikäli pölypäästö on arvioitu merkittäväksi, on hyvä pyrkiä arvioimaan pölylaskeumasta aiheutuvat pitoisuusmuutokset maaperän pintaosassa. Kaivoskohteissa on yleensä useita pölypäästölähteitä (esim. louhinta, malmikiven murskaus ja jauhatus, läjitys, jätealueet, muut avoimet alueet, kuljetukset, ajoneuvojen päästöt ja paikallinen energiantuotanto), ja eri kohteista tulevien päästöjen koostumukset eroavat toisistaan. Pölypäästöjen määrää ja vähentämiskeinoja arvioidaan toimintojen ja niiden aiheuttamien päästöjen kuvaamisen yhteydessä.

Kaivostoiminnasta aiheutuvan pölypäästön leviämisen ja laskeuman arvioinnissa voidaan ottaa huomioon päästölähteiden sijainnit ja korkeus

maanpinnasta, hiukkaskokojakauma, maaston topografia, maankäyttö ja kasvillisuus sekä alueen ilmasto ja sääolosuhteet (etenkin vallitsevat tuulen suunnat). Maaperäpitoisuuksien lähtötaso analysoidaan nykytilaselvityksessä ennen kaivostoiminnan aloittamista, jotta laskeumasta voidaan arvioida syntyviä ainekohtaisia ympäristöpitoisuuksia. Pölyn leviämismallien tai yksinkertaisempien laimenemismallien avulla pystytään rajamaan vaikutusalue sekä muodostamaan tarvittaessa pitoisuusvyöhykkeitä lähempää vaikutustarkastelua varten. Karkeamman tason arvioinnissa voidaan hyödyntää myös aiempia kokemuksia kaivoskohteista. YVA-vaiheessa lähtötietojen taso ei useimmiten mahdollista yksityiskohtaista pölylaskeuman mallinnusta mutta kaivosalueen lähiympäristön maaperän ja humuskerroksen kontaminoitumista on kuitenkin hyvä arvioida yleispiirteisemmällä tasolla:

- pölypäästöt eri kohteista (lähtötieto)
- pölypäästön ominaisuudet eri päästölähteissä
- pölyn leviäminen ympäristöön
- pintamaan ja humus- tai karikekerroksen pitoisuudet (nykytilaselvitys)
- pölylaskeumasta syntyvät pitoisuusmuutokset maaperän yläosassa
- haitta-aineiden esiintymismuoto ja helppoliukoisuus
- mahdollinen maaperän happamoitumista aiheuttava pölylaskeuma.

Arvioinnin onnistumista seurataan toiminnan aikana määrittämällä tärkeimpien haitta-aineiden pitoisuuksia kaivoskohteen ympäristön maaperässä seurantaohjelmien mukaisesti. Seurannalla tarkennetaan paitsi pitoisuustasojen kehittymistä myös kontaminaation leviämisaluetta ja haitta-aineiden esiintymismuotoa. Mineraalipölystä aiheutuva kontaminaatio voi säilyä maaperässä varsin vaikealiukoisessa muodossa.

7.2.2 Kaivosvesien vaikutus pintamaan

Ilmalaskeuman ohella kaivosalueelta suotautuvat ja kulkeutuvat vedet ovat mahdollinen kontaminaation kulkeutumisreitti. Kaivostoiminnan vaikutuksia maaperään voidaan arvioida tarkastelemalla kaivosvesien ja pohjaveden reittejä ja joissakin tapauksissa myös niissä kulkeutuvaksi arvioituja haitta-ainemääriä. Uusien kaivosten suunnittelussa lähdetään siitä, etteivät haitta-aineet kulkeudu ympäristöön pohjavesien välityksellä, mutta muutettavan toiminnan tapauksessa voi jo olla havainnot pohjavesien kontaminoitumisesta. Useissa tapauksissa maaperän pitoisuusmuutoksia ei ole mahdollista arvioida määrällisesti etukäteen vaan voidaan ainoastaan osoittaa sellaisia alueita, joissa muutokset olisivat mahdollisia. Ympäristövaikutuksia arviotaessa voidaan tarkastella tiettyjen kohteiden lähiympäristöjä sekä poikkeuksellisista sääoloista johtuvia mekanismeja:

- passiiviset vesienkäsittelyrakenteet
- maanpoistomaiden varastointialueet
- tiiviiden pohjarakenteiden alueet (tihkuminen)
- poikkeusjuoksutusreitit
- sulamis- ja sadevesien reitit
- tihkupinnat ja lähteiset kohteet alueella.

Pölylaskeuman sekä pohja- ja pintaveden aiheuttamat vaikutukset ovat riippuvaisia maaperän ominaisuuksista, kuten maalajista (etenkin orgaanisen aineksen määrästä), raekoosta (hienoaineksen määrästä), pH-olosuhteista, kosteudesta ja lämpötilasta, hapetusoloista sekä pohjaveden korkeudesta ja sen vaihtelusta. Maaperäpitoisuuksien vertailuaineistoksi on saatavilla GTK:n keräämää tutkimusaineistoa eri maalajien alkuaineiden taustapitoisuuksista (esim. Koljonen 1992, Salminen 1995, Salminen et al. 2007). Maaperän geokemiallisten kartoitusten aineistot ovat olleet pohjana GTK:n ja SYKEN toteuttamassa valtakunnallisessa taustapitoisuusrekisterissä (<http://gtkdata.gtk.fi/tapir>).

7.3 Vaikutukset pohjaveteen

Päivi Kauppila (GTK)

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä on keskeistä arvioida toiminnan vaikutusta pohjaveden laatuun ja määrään ja siten sen käyttömahdollisuuksiin ja vaikutukseen pintavesien laatuun.

Tarkasteluun sisällytettäviä asioita ovat seuraavat:

- pohjaveden vesitaseet ja virtaussuunnat
 - o kaivoksen kuivanapitopumppauksen vaikutus pohjavedenpintoihin (kuivatuskartion

laajuus ja syvyys, ruhjeiden hydrologian muutokset), virtaussuuntiin ja pohjaveden käyttöön (pohjavesialueet, vedenottamot, kaivot)

- o maankäytön muuttumisen vaikutus pohjavesitaseisiin ja pohjaveden virtaussuuntiin ja -reitteihin (maanpoistot, rakennetut alueet yms.)
- pohjaveden laatu
 - o kaivannaisjätealueilta pohjaveteen suotautuvien vesien vaikutus pohjaveden laatuun
 - o kaivosalueen valumavesien vaikutus pohjaveden laatuun
 - o kaivosalueen maaperän laadun muutosten vaikutus pohjaveden laatuun
 - o kemikaalien ja polttoaineiden varastoinnista vuotojen tms. vahinkojen aiheuttamat muutokset pohjaveden laatuun
 - o pohjaveteen pääsevien haitta-aineiden kulkeutuminen laajemmalle alueelle
- vaikutukset mahdollisten vedenottamoiden ja kaivojen veden laatuun
 - o louhosvesien (ml. räjäytykset ja räjähdysaineiden käyttö, mahdollinen kaivostäyttö, seinämien hapettuminen) vaikutukset kalliopohjaveden laatuun toiminnan päättymisen ja kuivanapitopumppauksen päätyttyä.

Vaikutusten arvioinnin tulisi kattaa koko toiminnan elinkaaren aikaisten vaikutusten arviointi (ml. kaivoksen sulkeminen ja jälkihoito). Vaikutusten vähentämistä päästöjä vähentämällä kuvataan hankkeen toimintojen kuvaamisen yhteydessä ja pohjaveden suojaamiseen käytetyt menetelmät joko pohjavesivaikutuksien arvioinnin tai vesien hallinnan yhteydessä.

7.3.1 Muutokset pohjaveden määrässä ja virtaussuunnissa

Antti Pasanen (GTK)

Suurimmat muutokset pohjaveden määrässä ja virtaussuunnissa aiheutuvat yleisesti louhosten kuivanapidosta ja niistä pois pumpattavista vesistä, mutta myös maanpäälliset rakennelmat ja varastointiläjitykset saattavat aiheuttaa muutoksia. Näitä muutoksia voidaan arvioida mm. mallintamalla tai analyttisin menetelmin. Lähtötietojen ollessa riittävät mallinnusta varten, yksinkertaisenkin mallinnus saattaa antaa hyvän kuvan pohjaveden määrän ja virtaussuuntien muuttumisesta.

Usein YVA-vaiheessa analyttisillä menetelmillä pystytään laskemaan mm. louhoksen kuivatusvesien virtaama, pohjaveden pinnan alenema ja alenemakartio, jos käytettävissä oleva lähtöaineisto ei riitä mallinnuksen tekemiseen. Laskennan tueksi tarvitaan myös hydrogeologista pohdintaa tuloksen oikeellisuudesta ja avaruudellisesta sijoittumisesta. Erilaisille louhoksille ja akvifereille sopivia analyttisiä laskentakaavoja ovat koonneet ja kehittäneet mm. Airaksinen (1978), Singh ja Atkins (1984, 1985) ja Marinelli ja Niccoli (2000).

7.3.2 Pohjavesitutkimusten kohdentaminen

Antti Pasanen (GTK)

YVA-vaiheen pohjavesitutkimuksien kohdentamisessa on tärkeää, että havaintopaikat ovat olennaisia arvioitavien vaikutusten ja kaivostoimintojen sijoittamisen sekä herkkien kohteiden kannalta. Maaperän pohjavesitutkimusten sijoittamisessa geomorfologinen tulkinta sekä karttatulkinta ovat avainasemassa, ja niitä täsmennetään soveltuvien geofysikaalisiin menetelmin ennen kairauksia ja pohjavesiputkien asentamista.

Suomalaisessa kiteisessä kallioperässä ruhjevyöhykkeiden vaikutus kaivoksen vesitaseeseen ja pohjaveden pintoihin saattaa olla merkittävä. YVA-vaiheessa olisikin hyvä tehdä lineamenttitarkasteluja ja keskittää tutkimuksia hyvän vedenantoisuuden kohteisiin, kuten ruhjevyöhykkeisiin, jolloin vesitaseiden ja vaikutuksien arviointi on totuudenmukaisempi.

7.3.3 Muutokset pohjaveden laadussa

Päivi Kauppila (GTK)

Hankkeen aiheuttamia muutoksia pohjaveden laatuun arvioidaan eri kohteissa muodostuvien vesipäästöjen laadun ja määrän perusteella (kaivannaisjätealueiden suotovedet, valuma- ja hulevedet, passiiviset vesienkäsittelyrakenteet, ympäristöön johdettavat vedet). Muutokset pohjaveden laadussa tulevat erityisesti kyseeseen muutettavan toiminnan tapauksessa, jos pohjaveden kontaminaatiosta on jo havaintoja.

Arvioinnissa tarvitaan tietoa pohjaveden laadusta alueella (havaintoputket, kaivot, vedenottamot), pohjaveden ja haitta-aineiden kulkeutumisreiteistä ja -nopeuksista (maaperän vedenjohtavuustiedot, vettä johtavien kerrosten esiintyminen ja

yhtenäisyys), virtaussuunnista sekä vedenottamoiden ja kaivojen sijainnista, etäisyyksistä ja hydraulisista yhteyksistä kaivosalueelle. Lisäksi arvioidaan, voiko pohjaveden kautta aiheutua vaikutuksia pohjaveden purkautumisreittien kautta pintavesiin (esim. Kauppi 2013). Päästöjen aiheuttamien pitoisuusmuutosten arvioinnissa voidaan käyttää joko yksinkertaisia laskentatarkasteluja (esim. laimenemistarkastelu) tai monimutkaisempia malleja (esim. Backnäs & Pasanen 2013).

Pohjavesivaikutusten arvioinnissa epävarmuustarkastelussa kuvataan lähtöaineiston asettamat rajoitukset arvioinnille, tehdyt yleistyksiset ja mallinnuksiin liittyvät epävarmuudet. Pohjavesivaikutusten toteutumista voidaan seurata pohjavesitarkkailulla alueelle asennettavista havaintoputkista ja mahdollisista lähialueen vedenottamoista, lähteistä ja kaivoista. Tärkeää on seurata myös vertailuputkia ja niiden veden laatua. Seurannassa on hyvä säännöllisesti määrittää laajempi kemiallinen analyysikirjo mahdollisten odottamattomien muutosten havaitsemiseksi.

7.4 Vaikutukset pintavesien laatuun

*Marja Liisa Räisänen (GTK), Päivi Kauppila (GTK), Tommi Kauppila (GTK),
Timo Huttula (SYKE) ja Petri Ekholm (SYKE)*

Kaivostoiminnalla on sekä määrällisiä että laadullisia vaikutuksia kaivosalueen ympäristön pintavesiin. Päästovesien (ylijäämävesien ja hajakuormitusvesien) kulkeutumisreitit ja vaikutusalueet kuvataan karttakuvina kullekin valitulle vaihtoehdotarkastelulle. Vaikutusalueen rajaamisessa olisi huomioitava myös pohjaveden kautta pintavesiin leviävä mahdollinen vaikutusalue. Seuraavassa on lueteltu arvioitavia tekijöitä, joiden määrä ja painoarvo vaihtelevat eri vaihtoehdotarkasteluissa:

- raakaveden oton vaikutukset ottokohteen hydrologisiin ominaisuuksiin (mm. vesipinnan vaihteluun, virtaamiin, viipyymiin, alusveden vaihtuvuuteen)
- ylijäämävesien juoksutuksen vaikutus alapuolisen vesistön hydrologisiin ominaisuuksiin (mm. vesipinnan vaihteluun, virtaamiin)
- veden kemiallisen ja fysikaalisen laadun lyhyt- ja pitkäaikaiset muutokset
- samentuminen, kiintoaineen sedimentaatio
- suolaantuminen (anioni-, alkali- ja maa-alkali-metallipitoisuuksien kasvu)
- muutokset veden kerrostuneisuudessa ja vuodenaikaiskierrossa
- rehevöityminen (P, N ja ravinteet ja ravinteiden kierto) vaikuttavat aineet, kuten sulfaatti
- happipitoisuuden muutokset, mm. alusveden ajoittainen tai pysyvä happikato
- happamoitumisriski (raudan ja alumiinin liukenemis- ja saostumiskäyttäytyminen, typpi)
- haitallisten aineiden ajoittainen tai pysyvä lisäys (kemikaalijäämät, metallit, metalloidit)

- arvioitujen muutosten vaikutukset vesistöjen käyttöön (kalastus, uinti, kastelu, karjatalous jne.).

Vaikutusten arvioinnin tulisi kattaa koko toiminnan elinkaaren aikaisten vaikutusten arvioiminen (rakentamisvaihe, tuotantovaihe, kaivoksen sulkeminen ja jälkihoito). Erityisesti kaivoksen sulkemisen jälkeisen ajan vesistökuormitus poikkeaa huomattavasti toiminnan aikaisesta tilanteesta, ja sen arvioiminen vaatii oman lähestymistavan oletuksineen.

Ylijäämävesien (prosessi- ja kuivatusjätevesien) fysikaaliset ja kemialliset koostumusarviot vaihtoehdoittain on esitetty toiminnan kuvauksen yhteydessä, ja ne toimivat lähtötietoina arvioinnille. Pintavesiin kohdistuvien kuormitusarvioiden ja juoksutus suunnitelmien lisäksi arvioinnin perustana ovat vastaanottavan vesistön hydrologiset ominaisuustiedot. Lisäksi on tärkeää kerätä kattavasti tietoa kaivosympäristön nykytilasta hydrologiasta, hydrogeologiasta ja veden laadusta ennen kaivostoiminnan aloittamista (ks. nykytilaselvitys) sekä järjestää kaivostoiminnan aikana jatkuvatoiminen hydrologinen tarkkailu (vedenkorkeudet ja virtaamat) kaivosalueella säännösteltäville sekä kaivostoiminnan vaikutuspiirissä oleville altaille ja uomille. Pintavesivaikutusarviointi koskee kaivostoiminnan elinkaaren aikaisen normaalitoiminnan lisäksi myös poikkeustilanteita (putkirikot, jätevesivuodot, likaisia vesiä sisältävien altaiden pato-onnettomuustilanteet).



Kuva 14. Passiivista vesienkäsittelyä. Kuva: © T. Kauppila, GTK.
Fig. 14. Passive water treatment structures. Photo: © T. Kauppila, GTK.

7.4.1 Vesistön hydrologisten ominaisuuksien muutokset

Kaivoksen raakaveden oton ja ylijäämävesipäästöjen vaikutuksia alapuolisen vesistön hydrologisten ominaisuuksien muutoksiin arvioidaan hydrologisten laskelmien ja tarvittaessa mallinnusten perusteella. Arvioinnin lähtökohtana voidaan käyttää Suomen ympäristöhallinnon tietoja kohdealueen sadannasta, valumavesien muodostumisesta, järvien ja jokien vesitilavuuksista ja vuotuisista pintavaihteluista sekä virtaamista ja nykytilaselvityksen kohdekohtaisista mittauksista. Laskelmien tai mallinnusten perusteella tehdään vesitasearviot kaivostoiminnan koko elinkaaren ajalle ja tarkastelut hydrologisesti poikkeuksellisista vuosista 1/50 tai 1/100 vuodessa toistuvien valuntojen pohjalta.

7.4.2 Veden kemiallisen ja fysikaalisen laadun lyhyt- ja pitkäaikaiset muutokset

Suolaantumiseriskiä ja haitallisten aineiden pitoisuuksia alapuolisessa vesistössä voidaan arvioida siten, että suhteutetaan kaivokselta pintavesiin

tuleva päästön määrä vastaanottavien pintavesimuodostumien tilavuuteen ja alueelle tyypillisiin valunta-arvoihin sekä taustapitoisuuksiin. Tavoitteena on arvioida ja kuvata, miten päästö leviää ja laimenee eri tilanteissa (hydrologia, juoksutukset) ja millaiset pitoisuudet ja pitoisuusmuutokset syntyvät vastaanottavien vesistöjen eri osiin. Tarvittaessa arviointia tarkennetaan numeerisilla malleilla, joissa keskeisenä tekijänä on sekoittuminen ja pitoisuuden laimeneminen alapuolisessa vesistössä. Myös sedimentaatio ja aineiden reaktiot voidaan ottaa huomioon. Tietoa järvien tilavuuksista, valunnasta ja kemiasta saa mm. ympäristöhallinnon tietojärjestelmistä.

7.4.3 Rehevöitymisriskin arviointi

Tunnetuin kaivostoimintaan liittyvä ravinnekuormituksen lähde ovat räjähdysaineiden aiheuttamat tyyppipäästöt. Lisäksi mineraalien rikastuksessa on käytössä kemikaaleja, jotka sisältävät vesistöjä rehevöittäviä fosfaatteja (ditiofosfaatit). Tämän vuoksi koerikastuksen yhteydessä tehtäviin poistovesien ja rikastushiekkan vesijakeen analyysiin on hyvä sisällyttää myös fosforimääritykset. Aluksi

tarkastellaan, aiheuttaako suunniteltu jätevesipäästö merkittävää fosforin tai typen pitoisuuslisaystä sekoittuessaan vastaanottavaan vesistöön. Kuormituksen merkitystä voidaan aluksi arvioida laskemalla yksinkertaisilla laimennuslaskuilla, miten ravinnepitoisuus muuttuisi verrattuna vesien ekologisen tilan luokituksen fosfori- ja typpipitoisuusrajoihin erityyppisissä vesissä (Aroviita et al. 2012, Liite 3.7.) Vesistöjen tyypittelytietoja voi hakea Ympäristöhallinnon ylläpitämästä Vesienhoidon karttapalvelu Vesikartasta. Mikäli päästöjen leviämisen mallinnustuloksia on käytettävissä, hyödynnetään niitä arvioinnissa.

Mikäli lisäys on merkittävä suhteessa vesistön vertailutilaan, tarkastellaan syntyvää ravinteiden lisäkuormitusta vastaanottavassa vesistössä tarkemmin mittaushavaintojen ja ainetaselaskelmien avulla. Tällöin otetaan huomioon myös muu ravinnekuormitus esimerkiksi julkaistujen ominaiskuormituslukujen tai ympäristöhallinnon vedenlaatumallin avulla. Kuormituksen sietorajatarkastelujen avulla arvioidaan, kestäkö vesistö suunniteltua jätevesikuormitusta rehevöitymättä. Saatavilla on mm. LakeLoadResponse (LLR) -Internet-työkalu (<http://llr.vyh.fi/cgi-bin/frontpage.cgi>).

Ainetaselaskelmissa tarkasteltavaan ravinteiden pidätykseen ja vapautumiseen sedimenteistä voi vaikuttaa osaltaan myös sulfaatti, jota kaivoksen jätevesissä on usein runsaasti. Mikäli vastaanotta-

va vesistö on rehevä, sulfaatti voi heikentää pohja-aineksen (sedimentin) kykyä sitoa fosforia ja siten lisätä rehevyyttä. Tätä seikkaa voidaan YVA-vaiheessa tarkastella ainakin laadullisesti, asiantuntija-arvion perusteella.

7.4.4 Happamoitumisriskin arviointi

Happamoitumisriskin arvioinnissa arvioidaan vesistöön kulkeutuvien ja kertyvien veden happamoitumista aiheuttavien alkuaineiden ja yhdisteiden määrää. Keskeistä on tunnistaa happamuutta lisäävien liukoisten alkuaineiden ja saostumien (esim. Al, Fe, Mn) sekä yhdisteiden (esim. tiosulfaatti, nitraatti) määrä, pysyvyys ja reaktiot alapuolisessa vesistössä sekä vuodenaikaisvaihtelun vaikutus. Arvioinnissa voidaan myös tarkastella, voiko kaivosvesikuormituksesta syntyä vesistöön sisäisen metallikuormituksen tilanne kerrostuneisuuskausilla ja liuenneiden metallien saostumisesta syntyvä happamuusvaikutus kerrostuneisuuden purkautuessa. Tällainen vaikutus on voimakkaampi, mikäli vesistö on hyvin matala ja altis pohjaan asti ulottuvalle tuulen sekoitukselle talvikerrostuneisuuden purkautuessa. Happamuuden kasvu voi myös liittyä poikkeuksellisiin happamiin vesipäästöihin tai pitkällä ajalla muodostuvaan sulfidimineraalien hapettumiseen, josta syntyy alhaisen pH:n vesiä (louhosvedet, kaivannaisjätealueiden suotovedet).

7.5 Vaikutukset vesistösedimenttien laatuun

Tommi Kauppila (GTK)

Kaivostoiminnan suunnitelluilla ja poikkeustilannepäästöillä pintavesiin voi olla vaikutusta myös vesistösedimenttien kemialliseen laatuun. Usein pitoisuusmuutokset ja pitoisuudet pintavesissä ovat suhteellisen pieniä, mutta ympäristövaikutuksia arvioitaessa tulee ottaa huomioon, että pidäytyminen vastaanottavan vesistön sedimentteihin saattaa kerryttää esimerkiksi metalleja sellaiselle tasolle, jolla voi olla vaikutuksia eliöstöön. Pitoisuusmuutosten lisäksi kaivostoiminta saattaa vaikuttaa sedimentin fysikaalisiin ominaisuuksiin ja fysikaalis-kemiallisiin oloihin.

7.5.1 Arvioitavat tekijät

Vesistösedimenttien laadun muutoksia on hyvä arvioida erityisesti niiden tekijöiden osalta, joilla

voi olla vaikutusta sedimentissä elävään tai sedimenttiympäristölle muutoin altistuvaan eliöstöön. Varsinaisten haitta-aineiden pitoisuuksien lisäksi tällaisia tekijöitä ovat ne sedimentin ominaisuudet, jotka muokkaavat esimerkiksi metallien tai vierasaineiden geokemiallista esiintymismuotoa ja biosaataavuutta. Samoja muuttujia voidaan hyödyntää myös arvioitaessa sedimentin ja alusveden välistä kemiallista tasapainoa ja aineiden vaihtoa.

Vesistösedimenttien laadun muutoksia arvioitaessa voidaan arvioida mahdollista haittaa aiheuttavien alkuaineiden (metallit, puolimetallit, ravinteet), vierasaineiden (kemikaalit) ja sedimentin geokemiallisia ominaisuuksia muuttavien aineiden (rauta, mangaani, orgaaninen aines, sulfaatti, hienorakeinen mineraaliaine (savet)) kertymistä sedimenttiin. Viimeksi mainittuja ominaisuuksia



Kuva 15. Huokosveden keräystä kaivosvaikutteisista sedimenteistä. Kuva: © T. Kauppila, GTK.
Fig. 15. Collecting pore water from mine impacted sediments. Photo: © T. Kauppila, GTK.

sia tarvitaan myös metallien biosaatavuutta arvioidessa ja niitä hyödynnetään pitoisuustulosten normalisoinnissa. Mikäli muutokset kiintoaineen sedimentaatioissa tai eloperäisen aineksen laadussa tai määrässä ovat todennäköisiä, niidenkin vaikutuksia on hyödyllistä arvioida.

7.5.2 Vaikutuksien arvioiminen

Vesistösedimenttien laatuun kohdistuvien vaikutuksien arvioimisessa on hyvä arvioida ainakin vastaanottavien järvien kerrostumisalueiden (erityisesti syvänteiden) sedimenttien pitoisuusmuutoksia vesistöön purettavien haitta-aineiden suhteen. Relevantit haitta-aineet on tunnistettu päästöjen arvioinnin yhteydessä. Saattaa olla tarpeen arvioida myös matalan veden sedimenttien (kulkeutumispohja) muutoksia purkukohtien läheisyydessä sekä virtavesien sedimenttien pitoisuuksia.

Järvien kerrostumisalueiden sedimentin pitoisuuksien muuttumisen etukäteisarviointi perustuu tietoihin sedimentoituvasta kiintoaineesta, johon päästö sitten sekoittuu. Esimerkiksi metallien tapauksessa sedimentissä on myös taustapitoisuuksia, jotka otetaan huomioon. Arvioinnissa käytettäviä pohjatietoja ovat seuraavat:

- arvio vastaanottavaan vesistöön kaivokselta johdettavien aineiden määrästä (kuormituksesta aikayksikössä, ks. päästöjen arviointi)

- arvio toiminnan aiheuttamasta kiintoainekuormituksesta, jos se on merkittävä suhteessa taustakertymään
- aineiden taustapitoisuus kohteena olevissa sedimenteissä
- kiintoaineen taustakertymä altaassa (nykytilaselvityksestä, ympäristöhallinnon vesistömallijärjestelmästä tai aiempien julkaistujen tutkimusten perusteella)
- kerrostumisalueen (kerrostumisalueen) pinta-ala (sedimenttikaikuluotauksin tai laskennallisesti: mallinnus, aaltosyvyys tai tehokas tuulen pyyhkäisymatka)
- arvio tarkasteltavan aineen pidättymisestä altaaseen (riippuu aineesta ja vastaanottavasta altaasta, erityisesti sen virtausoloista).

Näistä tiedoista voidaan arvioida kerrostuvan sedimentin laatu kuormitustilanteessa (taustasedimentaatio + kaivoskuormituksen tuoma lisäys). Menetelmää on kuvattu tarkemmin Kauppila et al. (toim.) 2013).

Vaikutuksia huokosveden voidaan tarvittaessa arvioida suuntaa-antavasti sedimentti-vesijakaantumiskertoimien (Kd) avulla. Jakaantumiskertoimia voidaan määrittää paikallisesti, mikäli sedimentin pidätysominaisuudet eivät muutu oleellisesti toiminnan seurauksena. Kertoimia määritettäessä tulee vuodenaikaisvaihtelu ottaa tarpeen mukaan huomioon.

7.5.3 Epävarmuudet

Vesistösedimenttien ominaisuuksien muuttumisen arvioiminen etukäteen on haastavaa, ja arvio on syytä tehdä varsin karkealla tasolla. Epävarmuutta voidaan oleellisesti pienentää, jos nykytilan selvityksiin sisällytetään tutkimus kiintoaineen ja eri alkuaineiden nykyisestä kertymisestä. Kuormituksen pidäytyminen altaaseen (retentio) jää tällöinkin merkittäväksi epävarmuustekijäksi, mutta toiminnan alettua siitä voidaan saada myös mittatietoja arvion tarkentamiseksi.

Arvioitaessa kaivostoiminnan vaikutuksia vesistösedimentteihin on lähestymistavoissa huomioitava, että näytteenoton syvyyssulottuvuus vaikuttaa merkittävästi tuloksiin. Ensinnäkin vesistöjen pohjien kerrostumisalueilla sedimenttiä kertyy koko ajan lisää, ja varsin lyhytkin sedimenttinäytesarja sisältää usein kymmenien vuosien kerrostumisen tuloksen kaikkine muutoksineen, aikajärjestyksessä päällekkäin. Toiseksi sedimentteihin valuma-alueelta kertyvä kontaminaatio myös useimmiten syntyy samojen kerrostumisprosessien kautta kuin muukin sedimentti,

pois lukien öljyonnettomuuksien kaltaiset äkilliset vierasaineiden päästöt veteen. Kolmanneksi vesistösedimentit ja niiden huokosvesi ovat geokemiallisilta ominaisuuksiltaan jyrkästi vaihtuvia muutamien ylimpien senttien matkalla, ja tämän vaihettumisvyöhykkeen ominaisuudet muuttuvat alusveden laadun muuttuessa vuodenaikojen mukaan. Erityisesti nykytilaselvityksien tekeminen ennen toiminnan aloittamista on ensiarvoisen tärkeää, ja selvityksessä on hyvä ottaa huomioon em. vuodenaikaisvaihtelu ja sedimentin aikasarjaluonne (ks. nykytilan selvitykset).

7.5.4 Seuranta

Arvioinnin onnistumisen seuranta on erityisen tärkeää vesistösedimenttien tapauksessa, koska etukäteisarviointi on vaikeaa. Näytteenotolla ja mittauksilla voidaan todentaa arvioinnin luotavuutta jo 2–3 toimintavuoden jälkeen keskittämällä näytteenotto aivan sedimentin yläosaan ja kontrolloimalla vuodenajan vaikutuksia tuloksiin. Myös huokosveden laadun muuttuminen on hyödyllinen seurantakohde.

7.6 Vaikutukset ilmanlaatuun

Hannu Komulainen (THL)

Tärkeimmät ilmanlaatuun vaikuttavat arvioitavat päästöt ovat pöly- eli hiukkaspäästöt ja kaasumaisien aineiden päästöt. Kaivoksilla pöly on pääasiassa malmin käsittelyyn liittyvää mineraalipölyä, mutta pienhiukkasia on myös poltto- ja pakokaasupäästöissä. Myös kaivannaisjätteistä saattaa syntyä pölypäästöjä (rikastushiekka-altaat, satat, sivukivialueiden pölypäästöt) ja päällästämistä teistä pölyä. Kaivoksen prosessikuvauksista tulee päätellä, mitkä pölypäästölähteet ovat relevantteja kussakin kaivosympäristössä sisällytettäväksi ilmanlaatuarvioon. Tavoitteena on arvioida kaivokselta tulevan kokonaishiukkaspäästön vaikutus ilmanlaatuun.

Hiukkaspäästöt saattavat nostaa hiukkasten pitoisuuksia ilmassa, määrääjäksi tai pysyvästi. Siten hiukkasiin liittyvä tärkein ilmanlaatu-tieto on hiukkasten pitoisuus ilmassa (eri kokoluokat: PM₁₀, PM_{2,5}). Myös hiukkasten kemiallisella koostumuksella (alkuaineet; tien pinnan pöly, kaivoksen mineraalipöly) on merkitystä niiden toksisuudelle ja terveysvaikutuksille. Erityyppi-

sistä lähteistä tulevat hiukkaset ovat haitallisuudeltaan erilaisia, mutta kaikkea tähän liittyvää ei vielä tiedetä yksityiskohtaisesti. Kaivoksen pölypäästöjä voidaan arvioida kvantitatiivisesti eri prosessien ja työvaiheiden pölypäästökertoimien avulla (Kauppila et al. 2013b). Energiantuotannon ja ajoneuvojen päästöjen arviointia on kuvattu mm. lähteessä Pasanen & Kousa (2013). Eri malmimäärien käsittelyssä syntyvistä hiukkaspäästöjen määristä voidaan tehdä laskelmia ja mallittaa niiden perusteella hiukkasten leviäminen ilmaan kaivoksen ympäristöön (Tuomisto 2013).

Mallituksesta on mahdollista saada arvio erikoisten hiukkasten pitoisuudesta ja leviämisalueesta ilmassa ja käyttää tätä tietoa hiukkasten terveysriskinarvioon. Maaperään päätyvä karkeampi hiukkasfraktio vaikuttaa myös maaperän kuormittumiseen pölyn sisältämällä aineilla ja aiheuttaa pintojen likaantumista (esimerkiksi grafiittipöly).

Laskelmiin perustuvat hiukkasarviot ovat erityisen hyödyllisiä kaivostoiminnan suunnittelu-

vaiheessa. Voidaan arvioida eri malmimäärien käsittelyyn liittyvien hiukkaspäästöjen eroja ja niiden vaikutusta ilman laatuun. Arvioissa tulisi ottaa kantaa siihen, miten hyvin arvioon käytetty päästökerroin, malli tai laskelma edustaa ja ennustaa tilannetta arvioitavassa kohteessa ja mitkä ovat siihen liittyvät suurimmat epävarmuudet ja niiden vaikutus arvioon.

Jo toimivalla kaivoksella kaivoksen toiminnan vaikutus ilmanlaatuun voidaan parhaiten todeta mittaamalla seurantaan valittujen parametrien (esim. PM_{10} , $PM_{2,5}$) pitoisuuksia ilmasta. Keräytyistä hiukkasnäytefraktioista tulisi analysoida myös hiukkasten kemiallinen koostumus. Jos päästö pysyy samanlaisena, analyysiä ei ole tarvetta toistaa jokaisesta hiukkasmäärityskerrasta erikseen.

Ilman laadusta antaa epäsuoraa tietoa myös pölylaskeuman seuraaminen. Pölylaskeuma kuvastaa hiukkasia, joiden viipymä ilmassa on lyhytaikainen (isohkoja hiukkasia). Pölylaskeumasta voidaan analysoida myös pölyn koostumusta (kemiallinen koostumus, orgaaninen aines) keräysjaksojen välillä. Se sijaan pölylaskeuma ei kuvasta hyvin hiukkasten pitoisuuden vaihtelua ilmassa keräysjakson aikana, koska keräys on kumulatiivista. Se kuvastaa ennen kaikkea kaivoksen mineraalipölypäästöjen karkean fraktion määrissä tapahtuvia muutoksia.

7.6.1 Kaasumaiset aineet

Kaivostoiminnasta ulkoilmaan päätyviä haihtuneita tai kaasumaisia aineita voivat olla esimerkiksi

- rikkidioksidi (SO_2)
- rikkivety (H_2S)
- muut haisevat rikkiyhdisteet (TRS)
- typpidioksidi (NO_2), muut typen oksidit (typpioksidit, NO)
- hiilivedyt (HC)
- hiilimonoksidi (CO)
- hiilidioksidi (CO_2)
- muut haihtuvat orgaaniset aineet (VOC).

Niiden vaikutus ulkoilman laatuun kaivosalueen ulkopuolella riippuu päästön määrästä (päästön tiheys, kesto, kokonaispäästön määrä). Siten kaasumaisten aineiden merkittävyys päästönä on täysin kaivoskohtainen. Myös päästöjen koostumus on vaikutusten kannalta oleellinen. Kaasupäästöissä saattaa olla vain yksittäinen aine, joka on ympäristö(terveys)vaikutusten kannalta merkityksellinen. Koska kaasumaiset epäpuhtaudet laimenevat ilmaan, niiden suurimmat pitoisuudet ilmassa ovat päästölähteen lähimmässä ympäristössä kaivosalueella. Pitoisuudet laimenevat nopeasti ilmaan sekoittumisen vuoksi. Kaasumaisista epäpuhtauksista potentiaalisimmin haittaa kaivosympäristössä aiheuttavat hajurikkiyhdisteet (ks. Hajuhaitat).



Kuva 16. Kaivostoiminta voi vaikuttaa ilmanlaatuun. Kuva: © T. Kauppila, GTK.
Fig. 16. Mining may have effects on air quality. Photo: © T. Kauppila, GTK.

Arvioita tehtäessä on ensimmäiseksi syytä kar-
toittaa, mitkä aineet ylipäänsä voivat vaikuttaa
ilmanlaatuun, ja keskittää arvio niihin. Siihen
vaikuttavat

- päästön kokonaismäärä (todennäköisesti to-
dettava vaikutus ilmanlaatuun)
- päästön haitallisuuden luonne (hajurikkiyhdis-
teet- hajuhaitta, muu terveyshaitta)
- päästön ajallinen vaihtelu (suurten pitoisuuksi-
en välitön vaikutus)
- päästölähteen luonne (leviämisalue: korkea
piippu – maan pinnassa)
- aineen käyttäytyminen ilmassa (säilyvyys ja
mahdollinen ilmakemia).

Päästömäärien vaikutuksista ilmanlaatuun on
saatavissa tietoa muista yhteyksistä (esimerkiksi

energiantuotanto, jätteiden poltto) ja jo toimivilta
kaivoksilta (tarkkailuohjelmien ilmanlaatuselvi-
tykset), joten näitä tietoja kannattaa yrittää käyttää
hyödyksi vertailukohtana. Kun arvioitavan aineen
pitoisuus ilmassa voidaan laskennallisesti arvioi-
da, mallintaa tai mitata (jo toimiva kaivos), sitä
voidaan parhaiten käyttää ilmanlaatuvaikutuksen
arviointiin. Terveysriskinarvioon se on oleellinen
perustieto (ks. Ilman epäpuhtauksien terveysvai-
kutukset). Koerikastusvaiheesta saatavat tiedot
ovat tärkeitä kaasumaisten päästöjen arvioinnissa
ja kaivostoiminnan ilmapäästöjen arvioimiseen
käytettäviin ohjeistuksiin sisältyy myös kaasu-
maisten päästöjen arviointiohjeita (esim. Com-
monwealth of Australia 2011).

7.7 Vaikutukset ilmastoon

Jorma Jantunen (SYKE)

Kaivoshankkeiden vaikutukset ilmastoon tarkoit-
tavat lähinnä kasvihuonekaasupäästöjä. Niiden
vaikutukset ovat globaaleja, eivätkä ne kohdennu
paikalliseen ympäristöön. Kaivoksista aiheutuu
kasvihuonepäästöjä kolmesta lähteestä:

- Kaivosalueelta poistetaan laajasti metsä- ja
muu kasvillisuus, mikä vähentää hiilidioksidin
sitoutumista kasvillisuuteen.
- Hankkeen vaatiman energian tuotanto ja hank-
keesta aiheutuvan liikenteen päästöt ovat hii-
lidioksidipäästöjen lähde. Vaikutus kasvihuo-
nekaasupäästöihin riippuu käytetyn energian
tuotantotavasta.
- Hiilidioksidia vapautuu, kun malmi prosessoi-
daan metalliksi. Rikastusmenetelmistä johtuvat
hiilidioksidipäästöt voivat vaihdella merkittä-
västi. Erityisesti poltettu kalkki on merkittävä

välillisten CO₂-päästöjen aiheuttaja. Kaivos-
teollisuudessa kalkilla säädellään pH:ta sekä
prosesseissa että vesienkäsittelyssä.

Yleensä kaivosten hiilidioksidipäästöistä suurin
osa syntyy suorista päästöistä (polttoaineiden ja
lämmöntuotannon päästöt tai ostettu sähkö). Il-
mastoon vaikuttavista kasvihuonepäästöistä ku-
vataan niiden määrät ja mahdollisten hankevaih-
toehtoerojen erot, jos niillä sellaisia on. Päästöjen
määrän hahmottamiseksi on hyvä verrata niitä
sekä paikallisiin lähteisiin että valtakunnallisiin
teollisiin päästöihin. Mikäli kaivoskohteessa aio-
taan tehdä kasvihuonekaasuja tai niiden päästöjä
vähentäviä toimia, kuten hiilidioksidin sidontaa
kaivannaisjätteisiin tai laajamittaista geoenergian
hyödyntämistä, myös nämä kuvataan.

8 VAIKUTUKSET ELIÖIHIN JA LUONNON MONIMUOTOISUUTEEN

*Matti T. Leppänen (SYKE), Anne Raunio (SYKE), Eija Kemppainen (SYKE),
Ulla-Maija Liukko (SYKE), Sari Kauppi (SYKE) ja Tommi Kauppila (GTK)*

Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä edellyttää hankkeen mm. eliöihin ja luonnon monimuotoisuuteen aiheuttamien välittömien ja välillisten vaikutusten arviointia. Tätä varten tarvitaan tarpeeksi yksityiskohtaisia taustatietoja kohteen luonnon monimuotoisuudesta sekä sitä uhkaavien haitallisten aineiden ja alueelle suunniteltujen toimenpiteiden vaikutuksista. Hankkeen vaikutusten tarkastelua varten vaikutusalue rajataan siten, että tarkastelussa on luontotyyppien, eliöiden populaatioiden ja niiden elinympäristöjen säilymisen kannalta riittävän laaja alue. Vaihto-

ehtoissa on otettava huomioon mahdollisuudet turvata suojeltavien luontotyyppien ja lajien elinympäristöjä ja esitettävä keinoja tämän tavoitteen toteuttamiseksi.

Seuraavassa käydään läpi kaivostoiminnan mahdollisia eliöstövaikutuksia maaperä- ja vesiympäristössä. Tavoitteena on kuvata erilaisia menetelmiä erityisesti pitkäaikaisten, populaatioihin vaikuttavien muutosten arvioimiseen sekä johdattaa laajempien kokonaisuuksien, kuten luontotyyppien ja ekosysteemitason, vaikutusten hallintaan.

8.1 Haitallisten aineiden vaikutukset

Matti T. Leppänen (SYKE)

Maaperä- ja vesieliöstöön kohdistuvien vaikutusten tarkastelu keskittyy selvittämään etenkin hankkeesta mahdollisesti aiheutuvia ympäristönsuojelulain tarkoittamia maaperän ja vesien pilaantumisaikutuksia tai vesilain tarkoittamia vesistön sulkemis- tai muuttamisvaikutuksia ja suojellisesti arvokkaihin pienvesiin kohdistuvia vaikutuksia.

Olosuhteiden muuttumisen kuvaaminen ja lähiympäristön eliöyhteisön vasteiden arvioiminen on oleellinen osa YVA-prosessia, jossa suojellaan ympäristöä muutoksilta ja pilaantumiselta. Vaikutusten luotettava arviointi perustuu riittävälle taustaselvitykselle (ks. Nykytilaselvitykset), jota voidaan täydentää vertailupaikkojen valinnalla. Vertailupaikat voivat osoittautua myöhemmin hyödyllisiksi arvioitaessa muutoksen vaikutuksia, etenkin jos alueen taustaselvitys on jäänyt puutteelliseksi ja toiminta on jo käynnistynyt. Tärkeää on myös kattaa koko hankkeen elinkaari esiselvityksistä suljetun kaivoksen jälkihoitoon, sillä ympäristövaikutukset eivät välttämättä rajoitu aktiivisen kaivostoiminnan ajalle.

Ekologisen riskinarvioinnin vaiheet voidaan jakaa kolmeen osaan: 1) vaaran tunnistaminen ja ongelman kuvaus 2) ns. altistumis- ja vaikutusprofiilien määrittely eli ympäristöpitoisuuksien ja haitattomien pitoisuuksien arviointi ja 3) edellisten vertaaminen keskenään eli riskin kuvaaminen.

Tämä on käytännössä sama toimintatapa kuin terveysvaikutusten arvioimisessa, mutta riskinarvioinnin raja-arvot tai ympäristölaatumormit (jos niitä on asetettu lainsäädännössä) perustuvat eri eliöryhmien standardilajeilla tehtyihin toksisuustesteihin. Ekologisen riskinarvioinnin tiivistetty yleisesitys löytyy Minera-projektin loppuraportista (Makkonen 2013, Makkonen & Koikkalainen 2013) ja laajempi esitys alan perusteoksesta (Suter 2007).

Raja-arvojen määrittäminen tähtää yleensä kroonisten, pitkäaikaisten vaikutusten ehkäisemiseen. Nämä raja-arvot (ympäristölaatumormit, NOEC, PNEC ym.) suojelevat eliöyhteisöjä eli perustuvat populaatiotason vasteisiin. Haitattomien pitoisuuksien arvioiminen on YVA-työskentelyssä luotettavinta, jos kirjallisuustietoja ja viranomaislähteitä on käytettävissä, koska ne ovat yleensä tavalla tai toisella validoituja. On myös mahdollista johtaa puuttuvia raja-arvoja itse, jos ainekohtaista toksisuusdataa on käytettävissä (esim. Makkonen & Koikkalainen 2013).

Vaikutuksia arvioitaessa on syytä erottaa välittömät vasteet ja sellaiset pitkäaikaiset vasteet, jotka voivat liittyä epäsuoriin muutoksiin eliöyhteisössä esimerkiksi ravintoverkon tai elinympäristön rakenteen tai toiminnan kautta (Vuori et al. 2001). Haitta-aineiden mahdollinen rikastuminen on oleellinen tekijä ravintoverkko- ja pitkäaikais-

vaikutuksissa sekä joidenkin lajien (kalat) hyötykäytössä. Kokonaisuuden ymmärtäminen auttaa myös arvioimaan yhteisvaikutuksia, jotka voivat syntyä haitta-aineiden summana tai yhdessä

muiden ympäristöstressitekijöiden seurauksena. Oleellista on myös muistaa, että kyse on nimenomaan arvioimisesta, jolloin virhelähteiden ja marginaalien tunnistaminen on tärkeää.

8.2 Vaikutukset maaperäeliöihin ja maaperän prosesseihin

Sari Kauppi (SYKE) ja Tommi Kauppila (GTK)

Maaperään kohdistuvien ekologisten vaikutusten arvioinnissa käytetään pohjatietoina kaivoshankkeen arvioituja päästöjä sekä niiden leviämistä maaperään ja näin syntyviä ympäristöpitoisuuksia, joita verrataan haitattomiksi tiedettyihin pitoisuuksiin. Lisäksi voidaan selvittää haitta-aineiden potentiaaliseen biosaatavuuteen vaikuttavat maaperän laatutekijät, erityisesti hienoaineksen (< 2µm:n aines) ja eloperäisen aineksen määrät. Myös kationinvaihtokapasiteetti voidaan joissakin tapauksissa hyödyntää arvioinnissa. Edustavan näytteenoton kuvaus on esitetty Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta -kirjassa (Reinikainen et al. 2014).

Erityisesti metallien vaikutusten arvioinnissa oleellista on selvittää myös päästöjen arvioidulla leviämisalueella vallitsevat taustapitoisuudet (ks. Nykytilaselvitykset), koska metallien aiheuttamiin riskeihin sovelletaan yleisesti ns. lisätyn riskin periaatetta (ks. esim. Reinikainen 2007, s. 21). Se perustuu oletukseen, että eliöt ovat sopeutuneet kohteen luontaisiin taustapitoisuuksiin ja vain lisäkuormitus aiheuttaa haitallisia vaikutuksia eliöissä. Lisätyn riskin lähestymistapaa on jo sovellettu suomalaisten maaperän kynnyks- ja ohjearvojen määrittämisessä (Reinikainen 2007), mutta asia voidaan ottaa huomioon, mikäli kohteen taustapitoisuudet poikkeavat selvästi ohjearvojen määrittämisessä käytetyistä taustapitoisuuksista.

Pääasiallinen lähestymistapa maaperän eliöihin kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa on arvioitujen toiminnasta syntyvien ympäristöpitoisuuksien vertaaminen maaperälle määritettyihin ekologiaan viitearvoihin (Reinikainen 2007). Kaivostoiminnan tapauksessa kyse on useimmiten alkuaineiden, erityisesti metallien, aiheuttamista vaikutuksista, jotka syntyvät mineraalipölyn tai polttoaineiden käytöstä aiheutuvien päästöjen levitessä ympäristöön. Ekologisia viitearvoja on saatavissa 14 alkuaineelle, joskaan kaikki niistä eivät ole luotettavuudeltaan hyviksi arvioituja (Reinikainen 2007). Alkuainevalikoima mahdollistaa

varsin hyvin kaivostoiminnan vaikutusten arvioinnin YVA-tasolla. Arvioinnissa otetaan tarvittaessa huomioon alueella vallitsevat ei-ihmisperäiset taustapitoisuudet ja käytetään lisätyn riskin lähestymistapaa.

Joissakin tapauksissa arviointia tulee tarkentaa, jos alustava tarkastelu osoittaa, että arvioidusta päästöjen leviämisestä voi syntyä kynnyksarvoihin ja taustapitoisuuksiin nähden korkeita ympäristöpitoisuuksia, tai jos soveltuvaa ohjearvoa ei ole saatavissa (ks. Makkonen & Koikkalainen 2013). Tarkennetussa arvioinnissa määritetään haitta-aineelle pitoisuustaso, josta ei todennäköisesti aiheudu haittaa eliöille ja ekosysteemille (PNEC = Predicted No Effect Concentration). Tätä pitoisuutta verrataan arviointiin toiminnasta syntyviin ympäristöpitoisuuksiin (PEC = Predicted Environmental Concentration). Ensi sijassa käytetään olemassa olevia validoituja PNEC-arvoja (esim. ECHA:n rekisteröityjen aineiden tietokanta) mutta arvo voidaan myös johtaa hyödyntäen ekotoksisuustietokantoja ja lajiherkkyyssjakaumien laatimiseen tarkoitettuja ohjelmistoja. Kroonisten ekotoksisuustestitulosten puuttuessa käytetään arviointikertoimia ja joissakin tapauksissa voidaan joutua hyödyntämään vesieliöille tehtyjä toksisuustestejä ja maa-maavesi-jakaantumiskerrointa (Kd). Tarkennettu arviointi tulee todennäköisesti harvoin kyseeseen YVA-vaiheessa erityisesti aloitettavan toiminnan tapauksessa mutta saattaa olla tarpeen aiemmin kontaminoituneilla alueilla.

Jo YVA-vaiheessa voi tulla kyseeseen huomioida kaivoshankkeesta ympäristöön leviäväksi arvioidun kontaminaation potentiaalinen biosaatavuus. Tämä johtuu siitä, että erityisesti mineraalipölynä leviävä kontaminaatio on useimmiten niukkaliukoisessa muodossa, mineraalien kiderakenteessa. Myös helpoliukoisessa muodossa oleva kontaminaatio voi sitoutua maaperässä eloperäiseen tai mineraaliainekseen, ja myös kontaminaation ikääntyminen vähentää potentiaalista biosaatavuutta. Toisaalta maaperän happamoituminen



Kuva 17. Huokosveden keräämistä vajovesivyöhykkeestä. Kuva: © T. Kauppila, GTK.
Fig. 17. Collecting pore water from the vadose zone. Photo: © T. Kauppila, GTK.

hapettuvan metallisulfidipölyn vaikutuksesta voi lisätä liukoisuutta. Pidättymisen ja ikääntymisen aiheuttaman biosaatavuuskorjauksen laskemiseen on tarjolla empiirisiä, tilastollisia malleja, kuten Soil PNEC calculator (Makkonen & Koikkalainen 2013). Malleja hyödynnettäessä on tarkasteltava niiden soveltuvuutta suomalaisiin maaperäoloihin ja kuvattava nämä seikat YVA-raportoinnissa.

Haitta-ainekontaminaation lisäksi kaivosahanke voi vaikuttaa maaperäeliöihin kosteusmuutosten kautta. Kaivostoiminnan aiheuttamat valunnan muutokset sekä pohjaveden pinnan lasku vaikuttavat maaperän kosteuteen ja maaperäeliöiden elinolosuhteisiin mahdollisesti myös kaivosalueen ulkopuolella. Elävässä maassa on runsas lajisto

hajottajamikrobeja (bakteerit ja sienet) sekä maaperäeliöitä (alkueläimiä, sukkulamatoja, rataseläimiä ja karhukaisia, lieroja, änkyrimatoja, punkkeja, hyppyhäntäisiä sekä etanoita ja kotiloita). Näistä esimerkiksi sukkulamadot ovat vesieläimiä, jotka liikkuvat maaperässä veden täyttämässä huokosissa, ja niiden populaatiot voivat tuhoutua maan kuivuessa. Kosteuden lisäksi myös pH:n muutokset muuttavat maaperäeliöiden esiintymistä. Metallisulfideja sisältävän pölyn aiheuttamaa maaperän happamoitumisriskiä voidaan arvioida pölyn arvioidun koostumuksen perusteella vähintään kvalitatiivisesti ja myös tekemällä oletuksia sulfidimineraalien hapettumisesta.

8.3 Vaikutukset vesieliöihin

Matti T. Leppänen (SYKE)

8.3.1 Hydrologiset ja vedenlaadun vaikutukset

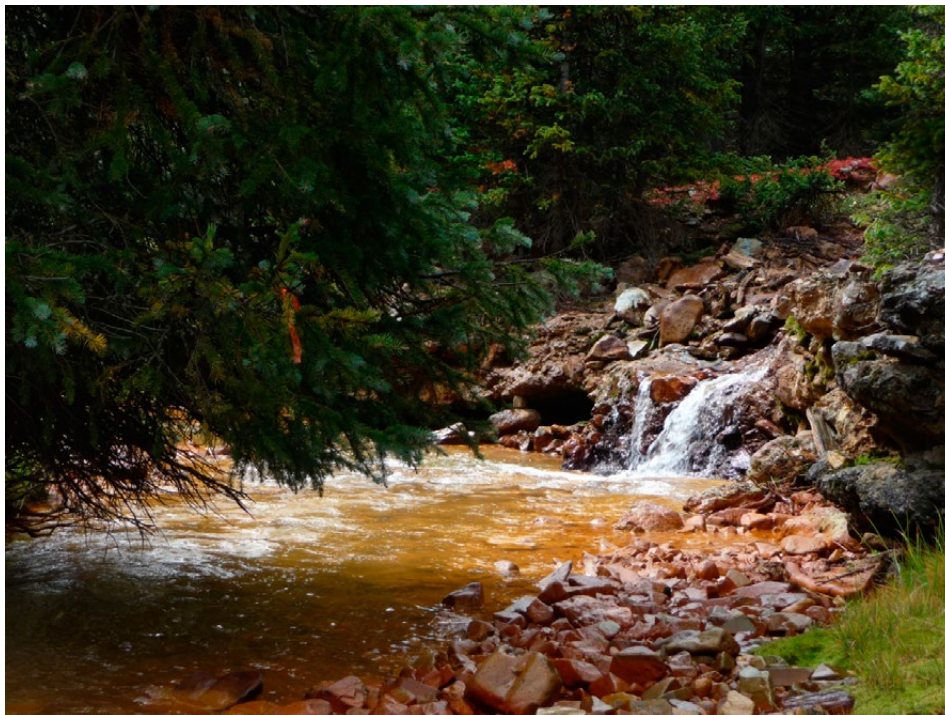
Vesi on keskeisessä roolissa kaivostoiminnassa, ja usein vesitaseen hallinta vaatii päästöjä kaivospiirin ulkopuolelle. Eliöyhteisön kannalta oleellista on tunnistaa muutoksen voimakkuus ja dynamiikka. Hydrologiset suureet, kuten virtaama (maksimi ja minimi), veden korkeus ja lämpötila, vaihtelevat luontaisesti vuodenajan mukaan ja säätelevät eliöiden elinkiertoa. Suuret tai vuodenaikaan nähden epätavalliset muutokset hydrologiassa voivat esimerkiksi vaikuttaa kalojen kudun epäonnistumiseen tai virtavesien pohjaeläinyhteisöjen rakenteeseen. Alueen kalalajiston ekologinen tuntemus

yhdistettynä hankevaihtoehtojen hydrologiaan antaa tärkeää tietoa lajiston elinmahdollisuuksista muuttuvissa oloissa. Hydrologian lisäksi kaivos-toiminnasta mahdollisesti muuttuva happamuus (pH, erityisesti äärevyys, toistuvuus ja ajoittuminen), lisääntynyt ravinteiden (mm. typpiyhdisteet ja sulfaatin kemia) ja kiintoaineksen määrä voivat aiheuttaa veden laadun ja elinympäristöjen heikkenemistä. Näiden muutosten vaikutusten arvioimisessa voidaan kalaston osalta hyödyntää ns. kaladirektiiviä (Euroopan parlamentti ja neuvosto 2006) ja muuhun eliöstöön vesienhoidon suunnittelun ekologista luokittelua ja sen fysikaalis-kemiallisia tekijöitä (Ympäristöhallinto 2015).

Pohjaveden laadun muuttuminen voi myös vaikuttaa pintavesien laatuun, ja se näkyy erityisesti lähteiden eliöstössä ja muiden vesimuodostumien pohjaveden purkautumispaikkojen läheisyydessä. Lähteiden poikkeava elinympäristö ylläpitää vaate- liasta ja usein harvinaista lajistoa, joka on sopeutunut hyvin tasalaatuisiin olosuhteisiin. Eliöyhteisön palautuminen häiriöistä eristyneisyyden takia on myös hyvin vaikeaa. Näiden elinympäristöjen riskinarviointi vaatii myös taustaselvitystä vedenlaadusta ja eliöstöstä, jotta vaikutusten arvioiminen on varmallalla pohjalla. Luonnontilaisia lähteitä ja muita pienvesiä suojaa vesilain 11 §.

8.3.2 Vedenlaatu ja ympäristölaatumormit

Merkittävät muutokset haitta-aineita vastaanot-tavan veden laadussa ovat usein mitattavissa eri-laisten liuenneiden haitta-aineiden pitoisuuksina (ks. Vaikutukset pintavesien laatuun). Erityisesti sulfidimetallimalmituotannossa on tyypillistä, että muodostuu metalli- ja sulfaattipitoisia, happamia vesiä. Tausta-arvoihin nähden pitoisuuksien merkittävät muutokset ovat todennäköisesti haitallisia eliöille. Tätä pitoisuuden merkittävää muutosta on vaikea määrittää, ja sitä voidaan lähestyä yksinkertaisesti vertaamalla eri hankevaihtoehtojen arvioituja ympäristöpitoisuuksia (PEC) arvioit- tuun haitattomaan ympäristöpitoisuuteen (PNEC) (Makkonen & Koikkalainen 2013). Valitettavasti vain osalle kaivospäästöissä esiintyvistä aineista on määritelty eurooppalaisia ympäristölaatumor- meja eli haitattomia pitoisuuksia, jotka suojelevat ympäristöä. Vesiympäristössä haitallisille aineille on annettu ympäristölaatumormeja suomalaisis- sa asetuksissa 1022/2006 ja 868/2010 (Valtioneu- vosto 2006, 2010) ja direktiiveissä 2008/105/EY ja 2013/39/EY (Euroopan parlamentti ja neuvos- to 2008, 2013). Hankevaihtoehtoisissa arvioituja pitoisuuksia on syytä verrata näihin normeihin. Haitta-aineiden luonnolliset, paikkakohtaiset taustapitoisuudet voidaan myös ottaa huomioon



Kuva 18. Kallioperän ominaisuudet voivat aiheuttaa luontaisesti korkeita metallipitoisuuksia. Kuva: © T. Kauppila, GTK.
Fig. 18. Bedrock properties may cause elevated background metal concentrations. Photo: © T. Kauppila, GTK.

raja-arvojen määrittelyssä (Verta et al. 2010), mikä korostaa taustaselvityksen tärkeyttä. On usein todennäköistä, että kaivostoimintaan suunnitellun alueen geologia aiheuttaa valtakunnallisia keskiarvoja suurempia metallipitoisuuksia paikallisiin vesistöihin, erityisesti puroihin.

EU:n alueen ympäristölainsäädännön rajallisuuden vuoksi puuttuvien aineiden raja-arvoihin voidaan etsiä apua muiden maiden viranomaisen ohjeistuksesta. Esimerkiksi Yhdysvaltojen (US EPA), Kanadan (CCEM) ja Australian sekä Uuden Seelannin (ANZECC) pintavesille on säädetty laatuunormeja. Haitattomia pitoisuuksia löytyy myös Euroopan kemikaaliviraston sekä Yhdysvaltain ympäristönsuojelutoimiston aineistoista. Tärkeää on kuitenkin huomata, että vesien luontaiset ominaisuudet voivat poiketa huomattavasti suomalaisista vesistä, mikä vaikuttaa metallien haitallisuuteen esimerkiksi kovuuden kautta. Tietolähteenä voidaan myös käyttää suoraan tieteellistä kirjallisuutta, joka voi auttaa harvinaisempien aineiden, kuten suolojen, haitallisuuden arvioimisessa. Esimerkiksi sulfaatin ja magnesiumin haitallisia pitoisuuksia on tutkittu Australiassa suomalaistyyppisissä pehmeissä vesissä (van Dam et al. 2010) ja sulfaatile on myös esitetty ympäristölaatuunormeja kanadalaisessa tutkimuksessa (Elphick et al. 2011).

Haitta-aineiden riskinarviointi perustuu pääasiassa pitkäaikaisvaikutusten arvioimiseen, ja tärkeimpiä ympäristölaatuunormeja ovat krooniset, eliöyhteisön kasvua, lisääntymistä yms. mittaavat suuret. Näin ollen ympäristölaatuunormit ja haitattomat pitoisuudet ovat sellaisia pitoisuuksia, jotka ovat suojelevia eliön koko elinkaaren ajan. Päästöissä voi kuitenkin olla esimerkiksi vuodenaikaan tai tuotantoprosesseihin sidottuja pulsseja, jolloin ympäristön pitoisuudet kohoavat tilapäisesti huomattavasti. EU:n ympäristölaatuunormidirektiiveissä raja-arvoja on annettu sekä vuoden keskiarvona (AA-EQS) että maksimipitoisuuksina (MAC-EQS). Kaivostoiminnan vesitase on siis syytä ottaa huomioon ekologisessa riskinarvioimisessa ja pohtia päästöjen keston suhdetta kohteena olevan eliöyhteisön elinkierron keston. Esimerkiksi levillä kuukausi kattaa monta sukupolvea ja monien vesihyönteisten lisääntymismenestyksen ratkaisevat ennen aikuistumista loppukevällä ja alkukesällä vallitsevat, lyhytkestoisetkin olosuhteet.

8.3.3 Metallien paikalliset ympäristölaatu-normit

Vedenlaadulla on suuri merkitys metallien sitoutumiseen ja myrkyllisyyteen, joten jo YVA-vaiheessa on syytä selvittää paikallisen vedenlaadun vaikutus metallien jakautumiseen vedessä ja sitä kautta vaikutus paikalliseen ympäristölaatuunormiin, etenkin niissä tapauksissa, joissa laatuunormien epäillään ylittyvän. Liuennut orgaaninen hiili (DOC) sitoo metalli-ioneja, ja toisaalta veden vapaat protonit (H⁺), kalsium ja magnesium kilpailevat metallionien kanssa sitoutumisesta eliöön vähentäen haitallisuutta. Ilmiötä käytetään hyväksi bioligandimalleissa (BLM), joiden avulla voidaan määrittää paikallinen haitallinen tai haitaton pitoisuus, joka perustuu vapaan metalli-ionin määrään sekä eri ionien väliseen kilpailuun sitoutumisesta mm. humukseen ja eliöön. Uusimmassa ympäristölaatuunormidirektiivissä (Euroopan parlamentti ja neuvosto 2013) nikkelin ja lyijyn vuosikeskiarvot (AA-EQS) on ilmoitettu biosaatavana metallina. Nikkelille onkin kehitetty yksinkertainen BLM-malli direktiivin soveltamiseksi (www.bio-met.net). Lyijyllä määrittäminen perustuu DOC-korjaukseen (European Commission 2014), joka periaatteeltaan vastaa kadmiumin kovuuskorjausta. Helppokäyttöisiä BLM-malleja on saataville useille metalleille, esimerkiksi Bio-Met-malli sisältää myös kuparin ja sinkin paikallisen kroonisen EQS-arvon laskualgoritmin. Akuuteille vasteille kehitetty HydroQual-yhtiön täydellisempi BLM-malli laskee kadmiumille, sinkille, kuparille ja lyijylle vesipitoisuuden, jossa puolet mallilajeista kuolee. Sitä voidaan siis käyttää arvioimaan hetkellisten, korkeiden päästöjen haitallisuutta. Tieteellisestä kirjallisuudesta löytyy myös muita lajikohtaisia ns. ”full” BLM-malleja monille metalleille, ja niiden soveltamisessa tarvitaan usein laajaa vedenlaatuaineistoa sekä mahdollisesti myös spesiaatiomallien (esim. WHAM) käyttöä (esim. Schlegel et al. 2010). Paikallisen vedenlaadun tarkastelussa ei saa unohtaa veden laadun ajallisen vaihtelun merkitystä. Esimerkiksi monissa happamissa humuspitoisissa vesissä on tyypillistä, että happamimpien virtaamahuippujen aikana humusaineita saostuu etenkin raudan kanssa, jolloin vesi kirkastuu ja monien metallien liukoisten olomuotojen osuus ja akuutin toksisuuden riski kasvaa voimakkaasti. Nämä tilanteet kannattaa huomioida näytteenoton suunnittelussa.

8.3.4 Sedimentit ja ympäristölaatonormit

Sedimentaatioalueiden alusveden ja sedimentin muuntuminen fysikaalisten ja kemiallisten tekijöiden takia (vrt. Vaikutukset vesistösedimentteihin) voi uhata pohjaeläimiä ja muita ravintoverkkojen eliöitä. Kuormituksen arvioinnissa on hyvä tarkastella hapen vähentymisen (rehevöityminen, kasvanut sedimentaatio), ionitasapainon häiriöiden (suolaantuminen) ja haitta-aineiden (metallit) mahdollisia vaikutuksia.

Sedimenttien riskin arviointi perustuu jälleen ympäristöpitoisuuksien etukäteisarviointiin, joka on haastavaa. Vaikka vesistösedimentin pintaosan pitoisuusmuutokset saataisiin arvioitua, EU-direktiiveissä ja Suomessa ei ole käytössä sedimenttien haitta-aineille ympäristölaatonormeja tai muita arviointikäytäntöjä. Niiden puuttuessa on usein sovellettu saastuneille maille annettua asetusta (Valtioneuvosto 2007) ja sedimenttien ruopausohjeita (Ympäristöministeriö 2004, 2015). Kumpakaan ei voida suositella sedimenttien ekologiseen riskin arviointiin, joten raja-arvoja ja ohjeita on haettava muista lähteistä (Leppänen et al. 2015). Mahdollisia lähteitä (Sediment Quality Guidelines) ovat Yhdysvaltain (US EPA) ja Ruotsin (Swedish EPA 2000) ympäristönsuojelutoimiston, Australian ympäristömyrkkujen tutkimuskeskuksen (Simpson et al. 2005) ja Kanadan hallituksen ohjeet (Canadian Council of Ministers of the Environment 1995). Hyvä yleisesitys sedimentin laatonormikäytännöistä eri maissa löytyy SETAC-järjestön julkaisusta (Wenning et al. 2005) sekä tämän hetken tilanne sedimenttien riskin arvioinnissa Euroopan kemikaaliviraston sivuilta (www.echa.europa.eu).

On myös mahdollista johtaa haitattomia sedimenttiraja-arvoja (PNEC) vesilaatonormeista käyttämällä sedimentti-vesi-jakautumiskertoimia ja/tai toksisuustestiaineistoja (European Chemicals Agency 2008, European Commission 2011, s. 93; Makkonen & Koikkalainen 2013). Näillä menetelmillä saadaan vain karkea arvio haitattomista pitoisuuksista, ja tarkempaan arvioihin päästään kohteen sedimentin ominaisuuksien kautta, koska sedimentin laatu vaikuttaa vahvasti metallien biosaatavuuteen ja erilaisia korjauksia raja-arvoihin voidaan tehdä. Paikkakohtaisen riskinarvioinnin apuna voidaan käyttää esimerkiksi työkaluja, joissa arvioidaan biosaatavia pitoisuuksia orgaanisen hiilen, haihtuvien sulfidien (AVS) tai sedimen-

tin huokosveden metallipitoisuuksien avulla (US EPA 2005).

8.3.5 Kohti tarkempaa ekologista vaikutusten arviointia

Veden ja sedimentin krooniset laatonormit suojelevat periaatteessa eliöitä koko elinkierron mittaiselta altistukselta, mutta ne eivät huomioi biokertymistä ravintoverkoissa. Eliöt kykenevät säätelemään metalleja aineenvaihdunnassaan, mutta ainakin elohopea (etenkin metyloituneena) ja kadmium voivat rikastua ravintoverkoissa. Tällä voi olla merkitystä kalojen kasvuun, terveyteen ja lisääntymiseen sekä kaloja ravinnoksi käyttäviin eläimiin ja ihmisiin. Ympäristön muutokset voivat vaikuttaa eliöyhteisön ravintoverkkoihin ja siten toimintaan. Muutokset voivat ilmetä yhteisvaikutuksen ja ympäristöstressin kautta, jota on vaikea arvioida. Erityisen perusteellisissa arvioissa ja laaja-alaisissa hankkeissa voidaan etukäteen selvittää eliöyhteisön rakenne sekä ottaa mukaan toiminnallinen vaste esimerkiksi siten, että mitataan eliöiden morfologisten vaurioiden ilmenemistä (Vuori 2002, Hämäläinen 1999) ja vertaillaan taustatilannetta toiminnan aikaisiin tuloksiin. Hyvä lähtökohta on soveltaa pintavesien ekologisen tilaluokittelun menetelmiä (Ympäristöhallinto 2015) ja määrittää kohteelle tilaluokitus taustatiedoksi sekä arvioida toiminnan vaikutuksia tilaluokitukseen. Haitta-aineiden vaikutusten arvioimisessa hyödyllisiä ovat myös erilaiset leviämismallit (vrt. 4.6.2), joiden avulla voidaan määrittää pitoisuuksia ja siten arvioida mahdollisten ekologisten vaikutusten ja vedenlaadun muutosten laajuutta.

Ekologisen riskinarvioinnin suurimpia puutteita on nojautuminen yksittäisten tekijöiden ja haitta-aineiden ympäristöpitoisuuksiin. Ympäristön muutos koskee lähes aina useita tekijöitä, joiden yhteisvaikutus määrää eliöiden vasteen. Vaikka kaikki muuttujat näyttäisivät arvion mukaan pysyvän haitattomalla tasolla, niiden yhteisvaikutukseen olisi myös hyvä ottaa kantaa. Hyvin yleinen tapa on olettaa haitta-aineiden vaikutus additiiviseksi, jolloin voidaan soveltaa ”toksinen yksikkö” (toxic unit, TU, Sprague 1970) -menetelmää, jossa kunkin aineen ennustettu ympäristöpitoisuus jaetaan sen ympäristölaatonormilla. Nämä TU-yksiköt voidaan laskea yhteen, ja jos summa ylittää luvun yksi, haittavaikutuksia voidaan olettaa ilmenevän (esim. metallit, US EPA 2005). Todennäköinen

virhelähde riskin arvioinnissa syntyy myös sellaisten ympäristölaatunormien ja raja-arvojen käytöstä, joita ei ole validoitu suomalaiseen ympäristöön. Vieraiden laatunormien soveltamisessa on siten

huomioitava erilaiset olosuhteet, jotka todennäköisesti vaikuttavat aineiden käyttäytymiseen. Virhemarginaalien arviointi on osa onnistunutta riskin arviointia.

8.4 Vaikutukset luontotyyppisiin, tärkeisiin eliölajeihin ja Natura 2000 -alueisiin

*Anne Raunio (SYKE), Eija Kemppainen (SYKE)
ja Ulla-Maija Liukko (SYKE)*

Luontovaikutuksia arvioidaan yleisimmin laadullisella asiantuntija-arviolla. Riittävät tiedot luontotyyppien ja lajien esiintymisestä ovat lähtökohtana arvioinnille. Erityyppiset vaikutukset tunnistetaan, mukaan lukien yhteisvaikutukset. Vaikutusten suuruus, merkittävyys ja niiden toteutumisen todennäköisyys arvioidaan ja perusteellaan. Haitallisten vaikutusten välttämisen, lieventämisen ja kompensatiotoimet selvitetään ja arvioidaan niiden vaikutus. Natura 2000 alueisiin todennäköisesti vaikuttavat hankkeet on arvioitava luonnonsuojelulain 65 §:ssä esitetyn menettelyn mukaisesti.

Eliöihin ja luontotyyppisiin kohdistuvien vaikutusten arvioimiseksi ja vertailuaineiston kokoamiseksi toteutetaan luontotyyppien sekä tarpeellisten eliöryhmien lajistoselvityksiä. Hankkeen toteuttaminen voi suoraan tuhota lajien tai luontotyyppien esiintymiä tai tärkeiden lajien lisääntymis-, talvehtimis- tai levähdyspaikkoja hankealueella. Hankkeessa tehtävät toimenpiteet, mm. rakentaminen, voivat pirstoa tai muuttaa

uhanalaisten sekä luonto- ja lintudirektiivien lajien populaatioita ja elinympäristöjä. Näitä haittoja voidaan vähentää suunnittelemalla alueen rakennelmat ja veden virtaukset siten, että suojeltavien lajien elinpaikat ja luontotyyppien esiintymät säästyvät.

Lajit tai luontotyyppit voivat hävitä tai heikentyä myös välillisesti esim. haitallisten aineiden, elinympäristön vähittäisen muuttumisen tai monimutkaisten vuorovaikutussuhteiden kautta. Eliöiden kannalta merkityksellisiä ovat mm. pöly, melu, liikenne, pohja- ja pintavesien virtaukset, kiintoaine- ja muut päästöt vesistöihin ja alueen kuivuminen. Pöly on haitallista etenkin puiden ja kalliopintojen päällä kasvaville jäkälille ja sammalille. Melu ja liikenne haittaavat etenkin lintujen pesintää. Vesien virtausolojen muutokset ja elinympäristöjen kuivuminen voivat olla tuhoisia vesi- ja kosteikkoeliöiden kannalta (mm. kalat, nilviäiset, sammalet, putkilokasvit), ja haitat näkyvät usein laajalla alueella.

Lisätietoja

Euroopan komissio 2000. Natura 2000 -alueiden suojelu ja käyttö – Luontodirektiivin 92/43/ETY 6 artiklan säännökset. Euroopan yhteisön virallisten julkaisujen toimisto, Luxemburg.
http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/art6/provision_of_art6_fi.pdf

Söderman, T. 2003. Luontoselvitykset ja luontovaikutusten arviointi kaavoituksessa, YVA-menettelyssä ja Natura-arvioinnissa, Ympäristöopas 109. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.

Ympäristöministeriö 2014. Natura-alueen toteutus ja arviointi.
http://www.ym.fi/fi-fi/Luonto/Luonnon_monimuotoisuus/Luonnonsuojelualueet/Naturaalueet/Naturaalueen_toteutus

8.4.1 Luontotyyppeihin ja lajeihin kohdistuvien vaikutusten arviointi

Vaikutusten arvioinnissa on pohdittava eri hankevaihtoehtojen merkitystä erikseen luontotyypeille ja kullekin eliöryhmälle. Myös haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuudet suojeltavien lajien ja luontotyyppien turvaamisen kannalta tulee punnita. Jos merkittävän laji- tai luontotyyppi esiintymän tuhoutumista ei voida välttää, tulee tehdä ehdotuksia kompensatioista. Näitä voivat olla esimerkiksi olemassa olevien tai kartoituksissa löydettävien populaatioiden elinvoimaisuuden parantaminen hoitotoimin tai luontotyyppien ja elinympäristöjen suojelu tai ennallistaminen. Ääritapauksissa kyseeseen voivat tulla uhanalaisimpien lajien siirtoistutukset.

Hankkeen vaikutusten seuranta ulottuu koko kaivoksen elinkaaren ajalle ja myös sulkemisen jälkeen. Seurannan menetelmät ja intensiteetti on arvioitava tapauskohtaisesti. Seurannan tulee sisältää sekä biologisia seurantoja eri eliöryhmien lajien populaatioiden kehityksen ja niiden elinympäristöjen seuraamiseksi että fysikaalis-kemiallisia seurantoja, joita ovat mm. haitalliset aineet, pH:n ja lämpötilan muutokset, meluvaikutukset sekä veden väri, sameus ja kiintoaineet.

Luontovaikutukset voidaan hahmottaa ja esittää taulukkoina, joissa käydään systemaattisesti läpi edellä kuvatut tekijät: kaivostoimintaan liittyvä mahdollisesti haitallinen prosessi, kaivoshankkeen vaihe, jossa vaikutus voi ilmetä, vaikutusmekanismi, vaikutuksen kohteena oleva luontotyyppi, laji tms., vaikutusten todennäköisyys ja voimakkuus sekä vaikutusten vähentämis- ja kompensatiomahdollisuudet. Lisäksi voidaan taulukoida toimenpiteiden vastuutahoja, kustannuksia, ajoitumista jne. Taulukoinnissa on hyvä esittää myös vaikutukset, jotka arvioidaan vähäisiksi, ja perustelut tälle arviolle.

8.4.2 Natura 2000 -alueisiin vaikuttavien hankkeiden ja suunnitelmien arviointi

Natura 2000 -alueisiin kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa on noudatettava luonnonsuojelulain 65 §:n säännöksiä. Tämä koskee kaikkia hankkeita ja suunnitelmia, jotka voivat todennäköisesti merkittävästi heikentää Natura 2000 -alueen luonnonarvoja (Ympäristöministeriö 2014, Euroopan komissio 2000). Arvioitava hanke voi sijaita myös Natura 2000 -alueen ulkopuolella. Arviointiin on ryhdyttävä, mikäli merkittävät heikentävät vaikutukset eivät ole poissuljettuja. Myös eri hankkeiden yhteisvaikutukset on arvioitava. Ensisijaisesti tulee etsiä Natura 2000 alueen luonnonarvoille haitattomia ratkaisuja tarkastelemalla erilaisia toteutettavissa olevia vaihtoehtoja toiminnan sijoittamisessa, mitoituksessa ja käytettävissä prosesseissa.

Natura-arviointi voidaan sisällyttää osaksi YVA-lain mukaista ympäristövaikutusten arviointimenettelyä. Niissäkin tilanteissa, joissa on päädytty siihen, ettei arviointikynnys ylity eikä arviointia siksi tehdä, on tärkeää perustella tämä ratkaisu kirjallisesti hankkeen asiakirjoissa.

Uusi ilmoitusvelvollisuus ELY-keskukselle Natura 2000 -aluetta mahdollisesti heikentävistä toimenpiteistä on tullut voimaan luonnonsuojelulain uudistuksessa 1.2.2015 (65b §). Tämä koskee sellaisia toimenpiteitä, jotka eivät tarvitse viranomaisen lupaa, ja ilmoitusvelvollisuus voi tulla kyseeseen esimerkiksi pienimuotoisessa malminetsinnässä. Aina, kun Natura 2000 -alueille suunnitellaan toimenpiteitä, on syytä olla hyvissä ajoin yhteydessä asianomaiseen ELY-keskukseen.

Natura-arviointi kohdistetaan niihin luonnonarvoihin, joiden suojelemiseksi alue on sisällytetty Natura 2000 -verkostoon. SCI-alueilla (luontodirektiivin mukaan perustetuilla Natura-alueilla) luonnonarvoilla tarkoitetaan alueella esiintyviä luontodirektiivin liitteen I luontotyyppejä ja liitteen II lajeja. SPA-alueilla (lintudirektiivin mukaan perustetuilla Natura-alueilla) luonnonarvoilla taas tarkoitetaan lintudirektiivin liitteen I lajeja ja lintudirektiivin artiklassa 4.2 tarkoitettuja muuttolintuja. Suojeluperusteina olevat luontotyytit ja lajit on lueteltu kyseisen Natura 2000 -alueen tietolomakkeessa, joka on saatavissa alueen ELY-keskuksesta.

9 TERVEYS- JA VIIHTYVYYSVAIKUTUSTEN ARVIOINTI

Hannu Komulainen (THL)

9.1 Terveysvaikutusten ja -riskin arvioinnin periaatteet

Hannu Komulainen (THL)

Kaivostoiminnan terveysvaikutusten arvioinnissa (ympäristöterveysvaikutukset, ympäristöterveysriskit) arvioidaan kaivokseen liittyvät, kaivosalueen ympäristön väestölle aiheutuvat kaivoksen toimintaan liittyvät haitalliset vaikutukset. Tulisi arvioida sekä varsinainen terveyshaitta tai riski (altisteen suora tai epäsuora vaikutus ihmisiin ja terveyteen) että toiminnan vaikutus ihmisten viihtyvyyteen (viihtyvyyshaitta). Viihtyvyyshaitta saattaa muuttua terveyshaitaksi, jos ihmisten altistumistaso kasvaa tai haitta on jatkuva tai pitkäikäinen. Esimerkiksi paha haju satunnaisesti ja lievemmin esiintyessään voi olla viihtyvyyshaitta, mutta voimakkaana ja usein toistuvana se myös vaikuttaa haitallisesti terveyteen.

Terveyshaitan tai -riskin arvioissa arvioidaan ihmisten altistuminen päästöille kaivoksen ympäristössä ja siihen liittyvän terveyshaitan suuruus (onko terveyshaittaa, mikä se on, kuinka suuri ja merkittävä haitta on tai mikä on turvamarginaali potentiaaliseen haittaan). Altistumisen mahdollisimman oikea arviointi on avainasemassa terveysriskinarvioinnissa.

Terveysriskin tai -haitan arvion lopputuloksena tulisi YVA-arviointiraportissa

- nimetä ja kuvata ne päästöt, joihin liittyy terveyshaitta tai -riski
- kuvata niihin liittyvät terveysriskit tai -haitat
- kuvata, miten arviot on tehty
- esittää, mitä epävarmuuksia arvioitiin liittyy
- kertoa, mitkä kaikki päästöt on arvioitu
- todeta tulos myös niistä päästöistä, joihin ei arvioissa todettu liittyvän terveysriskiä.

Terveyshaitan tai -riskin arvio tehdään siinä laajuudessa ja syvyydessä kuin käytettävissä olevilla tiedoilla on mahdollista. Kaivoksen terveysvaikutusten riskinarvioprosessi voi olla asteittain syvenevä prosessi. Kaivoksen suunnitteluvaiheessa arvio joudutaan tekemään karkeammilla tiedoilla kuin kaivoksen jo toimiessa. Kun kaivoshanke etenee ja riskinarvioon tarvittava tieto tarkentuu ja sitä kertyy lisää, myös terveysriskinarvio tarkentuu. Kun päästöjen vaikutukset arvioidaan

kattavasti jo YVA-arviossa, osataan nimetä todennäköisesti merkitykselliset päästöt ja niihin liittyvät terveysriskit jo tässä vaiheessa. Vaikutuksiin osataan tällöin kiinnittää huomiota kaivoksen suunnittelussa (pyrkien minimoimaan riskejä) ja myöhemmin toimivalla kaivoksella (toteuttamaan oikeat riskin vähentämistoimet). Hyvä riskinarvio on mahdollisimman oikeaan osuva arvio.

Terveysriski riippuu ihmisten saaman altistumisen suuruudesta. Altistumisaste päästölle (pitoisuus tai siitä laskettu saanti elimistöön) määrittää siihen liittyvän terveysriskin. Siksi altistuminen on riskinarviossa aina määriteltävä, ja riski liittyy määriteltyyn altistumiseen.

Altistumisen tarkkaan arviointiin tarvitaan arvioitavien altisteiden mitattua, mallinnettua tai arvioitua pitoisuustietoa arvioitavassa ympäristössä (vedessä, ilmassa ja maaperässä). Riskin olemassaoloa voi karkeasti arvioida päästöjen haitallisuudella. Se auttaa suuntaamaan riskinarviota tärkeisiin asioihin, mutta ei tuota riittävästi tietoa riskeistä. Riskinarvio voidaan toteuttaa parhaiten ja tarkimmin silloin, kun arvioitavan altisteen pitoisuudet tai tasot ovat tiedossa (ks. Prosessit ja niistä aiheutuvat päästöt sekä Vaikutukset luonnonympäristön kemialliseen ja fysikaaliseen tilaan). Tavoitteena tulisi olla kvantitatiivinen riskinarvio, jossa numeerista altistumistietoa verrataan numeeriseen tietoon haittaa tuottavasta altistumistasosta, jolloin riskin suuruus voidaan kuvata numeerisena turvamarginaalina tai marginaalina altisteen haitalliseen tasoon.

Terveysriskin arvioissa olennainen ja vaativin vaihe on riskin kuvaus. Riskin kuvaus jää helposti liian ylimalkaiseksi. Riskinarviotekstistä tulisi käydä ilmi, kuinka suuri esitetyn haitan riski on: Mikä on riskin suuruus tai turvamarginaali todennäköiseen haittaan? Tässä raportissa kannustetaan terveysriskinarvioon systemaattisella tavalla, joka mahdollistaa riskin kuvauksen kvantitatiivisesti (määrällisesti). Riskinarvion tarkkuus ja luotettavuus riippuvat lopulta arvioon käytettävissä olevien tietojen laadusta.

Hyvä terveysriskiarvio on myös läpinäkyvä. Arvion lähtötiedot on arvion yhteydessä esitetty, käytetty arviomenetelmä kuvattu ja arvion tulos (riskin kuvaus) esitetty konkreettisesti ja selkeänä (ks. Riskin kuvaus). Hyvän terveysriskinarvion tekeminen edellyttää tekijältään riittävää tietopohjaa ja ymmärrystä mm. toksikologiasta sekä kykyä hakea ja arvioida tarvittavaa tietoa. Koska altistuminen tulee ympäristön kautta, ymmärrys aineiden käyttäytymisestä luonnossa (säilyvyys, hajoaminen, kertyminen jne.) on myös eduksi, koska se vaikuttaa ihmisten altistumiseen. YVA-arviointiselostuksessa tulisi käydä ilmi kuhunkin toteutusvaihtoehtoon (V0, V1..) liittyvät terveyshaitat ja -riskit ja erot eri toteutusvaihtoehtojen välillä.

YVA-arvioita on jo tehty kaivoksillekin useita. Niissä yhteyksissä on arvion tekijöille muodostunut paljon hyviä käytäntöjä myös terveysriskinarvioinnista. Omaa menettelyä kannattaa verrata tässä raportissa esitettyihin käytäntöihin. Menetely, joka tuottaa parhaan ja täsmällisimmän arvion terveysriskeistä ja -haitoista, kannattaa ottaa käyttöön.

9.1.1 Uudet, avattavat kaivokset

Päästöjen terveysvaikutusten arviointi kaivoksen ympäristössä kaivoksen suunnittelu- ja aloitusvaiheessa on hyvin tärkeää, koska suunnitteluvaiheen päätökset kantavat pitkälle tulevaisuuteen. Terveysriskejä tulisi arvioida jo kaivoksen suunnitteluvaiheessa samalla periaatteellisella tavalla kuin toimivalla kaivoksella. Käytettävissä oleva tieto ei kuitenkaan ole vielä yhtä tarkkaa kuin myöhemmin. Arvio on ennustava ja väistämättä suppeampi. Suunnitteluvaiheessa käytetään oletettuja päästömääriä ja niistä ympäristöön päätyviä pitoisuuksia. Riskinarviomallilla voidaan simuloida erisuuruisiin päästöihin liittyviä terveysriskejä. Vaihtelua voivat aiheuttaa esimerkiksi eri malmimäärien käsittelystä aiheutuvat pölypäästöt, melun määrä ja tasot, luonne ja leviäminen jne.

Suunnitteluvaiheen arvioissa kokemukset muilta kaivoksilta ja vastaavista prosesseista ovat arvokkaita, ja niitä kannattaa käyttää. Arviota voidaan myöhemmin tarkentaa samalla mallilla ja menetelyllä, kun kaivos jo toimii tai kun toimintaan tehdään muutoksia. Tällöin hyödynnetään todellisia mitattuja lähtötietoja.

Oleellista kaivoksen suunnitteluvaiheen riskinarvioinnissa on

- hahmottaa syntyvien päästöjen tyypit
- nimetä potentiaalisesti haittaa aiheuttavat päästöt ja altisteet
- pyrkiä arvioimaan syntyvien päästöjen määrät
- arvioida päästöjen leviäminen ympäristöön kvantitatiivisesti, jos mahdollista (mallinnus)
- määrittää (leviämis- ja pitoisuustietojen perusteella) potentiaaliset terveysriskit ja haitat.

Potentiaalisimmin terveyshaittoja aiheuttavia päästöjä ovat melu (jos asutusta on lähellä kaivosaluetta), hajuhaitta, pöly (kokonaispäästön määrä kaivosalueelta voi olla suuri, joidenkin mineraalien leviävyys voi olla suuri, esim. grafiitti) tai päästöt vesissä ympäristöön (pintavesien vedenlaadun muutokset ympäröivissä vesistöissä), kaivostyyppin ja toimintaympäristön mukaan (Komulainen et al. 2014).

9.1.2 Terveysriskin arviointi jo toimivalla kaivoksella

Jo toimivalla kaivoksella ympäristöterveysriskinarviolla voidaan kartoittaa mitatuista päästöistä aiheutuvat todelliset riskit. Päästötyypit tunnetaan, päästöjen määrät voidaan tarkentaa ja aineiden ja altisteiden pitoisuuksista ympäristöstä on seurantatietoa. Toimivalla kaivoksella arvioidaan valitsevan toiminnan aiheuttamat riskit ja voidaan arvioida myös toiminnan muutosten vaikutus valitseviin riskeihin.

9.1.3 Arviointiprosessi

Terveysvaikutusten arviointiprosessi

Kemiallisten aineiden terveysriskin arviointiin on muotoutunut rakenne ja käytäntö, jota käytetään systemaattisesti toksikologiseen terveysriskin arviointiin. Siinä kuvataan aineen tai **altisteiden haittavaikutukset** (hazard assessment) ja niiden **annos-vaikutussuhteet** (dose-response), arvioidaan **ihmisten altistumisaste** altisteelle (exposure assessment) ja näiden tietojen perusteella kuvataan riskin suuruus (**riskin kuvaus**, risk characterisation). Periaate soveltuu yhtä hyvin myös muiden altisteiden terveysriskinarviointiin, myös kaivoksella. Toksikologisen riskinarvion yleistä periaatetta on kuvattu yksityiskohtaisemmin mm. lähteessä Komulainen (2013a).

Haittavaikutukset, annos-vaikutusuhteet
Haittavaikutuksilla tarkoitetaan niitä arvioitavan aineen tai altisteen aiheuttamia toksisia vaikutuksia, joita se ylipäänsä voi aiheuttaa. Tällaisia ovat esimerkiksi ihoärsytys, silmä-ärsytys, maksatoksisuus ja vaikutus verenpaineeseen. Riskinarvioon valitaan yleensä haitta, joka syntyy vähäisimmällä tai alimmalla altistumistasolla. Riski voidaan arvioida myös yksittäisestä spesifisestä vaikutuksesta. Jo toimivalla kaivoksella arvion kohteeksi on syytä lisäksi valita kaivokseen liittyvät tunnistetut haitat (esim. melu).

YVA-arviointiselostuksessa kuvataan kaivoksella käytettävät kemikaalit (ks. Hankkeen kuvaaminen). Kuvauksen yhteydessä olisi hyvä olla myös kuvaus kunkin kemikaalin tärkeimmistä toksisista ja ekotoksista ominaisuuksista: Mitkä ovat kunkin aineen keskeisimmät terveyshaittavaikutukset (syövyttävä, silmiä ärsyttävä, karsinogeeninen jne.). Aineen tai altisteen haitallisuuden arviointiin haetaan tieto kirjallisuudesta. Yhteenvetoja aineiden toksisuustiedoista ja haitallisista pitoisuuksista on useissa tietokannoissa (esimerkiksi Hazardous Substances Data Base HSDB, GESTIS, eChemPortal) ja muissa ainekohtaisissa yhteenvedoissa (esimerkiksi OVA-ohjeet, kemikaalikortit, EU:n riskinarvioraportit). Parhaita tietolähteitä ovat usein aineesta tai altisteesta jo johonkin muuhun tarkoitukseen tehdyt riskinarviot. Niitä löytyy julkaisutietokannoista (PubMed, Web of Science) tai Internet-haulla (esimerkiksi WHO:n koordinoimat hankkeet aineiden raja-arvojen asettamiseksi).

Altistumisen arviointi

Altistumisen arviointi -osiossa esitetään, kuinka paljon ihmiset altistuvat arvioitavalle altisteelle kaivosympäristössä. Altistuminen voidaan esittää pitoisuutena ympäristössä (esim. hengitysilmassa tai juomavedessä) tai elimistöön päätyvänä annoksena. Riskinarvioon valitaan näistä sama altistumissuure kuin on riskin kuvauksessa käytetyllä vertailuarvolla. Suureen tulee myös olla arvioinnissa relevantein. Kaivosympäristössä ihmiset altistuvat ilman, veden, maaperän ja mahdollisesti paikallisen ravinnon (esim. sienet, marjat, vihannekset) välityksellä (Komulainen et al. 2014).

Tärkeimmät altistumisreitit ovat ruoansulatuskanava (saanti ravinnossa), hengitystiet (pöly ja ilmaan haihtuvat epäpuhtaudet) ja iho (uimavesi, peseytymisvesi järvistä). Melu kuullaan ja tärinä aistitaan muuten, läheltä myös painealtona (räjäytykset).

Pitoisuustieto kaivoksen ympäristöstä on tyyppillisesti seuranta- ja tarkkailutietoa. Aloitettavan toiminnan tapauksessa se perustuu arvioihin päästöistä ja niiden leviämisestä. Sen perusteella voidaan laskea tarvittaessa myös ihmisten saama annos. Altistuminen on syytä määritellä erikseen lapsille ja aikuisille.

Terveysvaikutusten arvioon käytetään altistumista kussakin ympäristössä todellisin kuvavia tasoja. On suositeltavaa käyttää keskimääräistä altistumistasoa ja sen lisäksi realistista pahinta mahdollista tilannetta (realistinen worst case -arvio, esimerkiksi pitoisuuden 95. prosenttipiste). Koska kaivosympäristössä saatetaan altistua useille aineille samanaikaisesti, on syytä arvioida myös, ovatko niiden yhteisvaikutukset mahdollisia.

Altistumisen arvioinnin teknistä toteuttamista (malli ja laskentakaavat) on kuvattu ja opastettu esimerkiksi kaivosympäristön riskinarviointimalli MINERAssa (Kollanus & Komulainen 2013). Altistumisen kvantitatiivisesta arvioinnista ja sen soveltamisesta riskinarvioon on yksi esimerkki Luikonlahden kaivokseen liittyen (Pasanen & Backnäs 2013). Kuvatun kaltainen kvantitatiivinen arvio voidaan tehdä vasta jo jonkin aikaa toimivalle kaivokselle, josta on ympäristötarkkailu- ja seurantatietoa.

Riskin kuvaus

Riskin kuvauksessa arvioidaan ja esitetään varsinainen altisteeseen liittyvä terveysriski. Todettua altistumistasoa verrataan altisteen haitalliseksi tai haitattomaksi tiedettyyn pitoisuuteen tai tasoon. Terveysriski arvioidaan erikseen ei-karsinogeenisille ja karsinogeeniselle vaikutukselle. Riskin kuvauksessa tulisi esittää turvamarginaalin suuruus haitalliseksi tiedettyyn altistumistasoon tai, sen ylittyessä, todellisen riskin suuruus. Riskin kuvaustapoja ja sen kuvaukseen liittyviä suosituksia on esimerkiksi MINERA-mallissa (Komulainen & Kollanus 2013).

Riskin kuvaus on ollut usein YVA-riskinarvioinneissa puutteellista. Arviosta ei käy ilmi todellinen riski. Se olisi hyödyllistä tietää, varsinkin kun toteutusvaihtoehtoja on verrattava. Usein YVA-selostuksissa on vain todettu, että raja-arvot eivät ylity. Tulisi kuitenkin käydä ilmi, miten lähellä altistuminen on haitallista tasoa, ja jos se ylittyy, mikä riski käytännössä on. Sitä voi huomattavasti konkretisoida asteittain etenevällä arviomallilla, jossa riskin suuruus määritetään käytettävissä olevien tietojen sallimalla, esimerkiksi MINERA-

mallin kuvaamalla tavalla (Komulainen & Kollanus 2013).

Riskin arvioimiseksi ja kuvaamiseksi (altisteen ei-karsinogeenisille vaikutuksille) on MINERA-mallissa ehdotettu asteittain syvenevää ja tarkentuvaa menettelyä. Siitä valitaan porrastettu suorittamisen käytettävissä olevan altistumis- ja vertailutiedon luonne sallivat:

- kvantitatiivinen tieto ihmisten altistumistasosta
- vertailu terveysperusteisiin raja/ohjearvoihin
- vaaraosamäärä (Hazard quotient, HQ)
- turvamarginaalin laskenta (Margin of Safety, MOS)
- tautitapausten määrät
- DALY (Disability-Adjusted Life Year, toimintakykyiset elinvuodet).

Syöpäriskin arviointiin (karsinogeeniset altisteet) on oma menettelynsä (Komulainen & Kollanus 2013).

Minimissään ihmisten altistumistaso tulisi kuvata, vaikka ei olisi suoraa vertailukohtaa siitä, mikä altistuminen on haitallista. Tietoa voi käyttää myöhemmin, jos vertailuarvoja tulee, ja pelkästä altistumistasostakin todennäköisesti voi jo päätellä jotakin. Tavanomaisin riskinarviointitapa on verrata todettua altistumista altisteen terveysperusteisiin ohjearvoihin. Se tulisi aina tehdä, jos arvoja on olemassa. Raja-arvot voivat olla myös lainsäädännöllisesti sitovia, jolloin on välttämätöntä tietää suhde niihin. Arviossa tulisi esittää lukuarvoilla, miten lähellä altistuminen on rajatai ohjearvoa, ja arvioida tuloksen merkitys. Tähän voidaan käyttää esimerkiksi vaaraosamäärän (HQ) laskentaa. Pelkkä maininta, että raja-arvo tai ohjearvo ei ylity, ei kuvaa konkreettisesti riskin suuruutta. Ellei raja- tai ohjearvoja altisteelle ole, suositellaan turvamarginaalin (MOS) laskentaa haitalliseksi tiedettyyn altistumiseen.

Tautitapausten määrien ja DALY:jen laskenta tulee harvoin kyseeseen kaivosympäristössä, koska altistuvan väestön määrä kaivoksen ympärillä on yleensä pieni. Niitä ei oletusarvoisesti ole tarpeen tehdä. Laskelmat soveltuvat perusteellisiin pitkäaikaisvaikutusten riskitason selvityksiin pahoin pilaantuneissa kaivosympäristöissä, jos sellaiseen on tarvetta.

Edellä kuvattu menettely tuottaa riskinarvion kvantitatiivisena, määrällisenä. Sen laskentaan ja määrittelyyn käytetään numeerista tietoa ja lopputuloksen voidaan esittää määrällisenä (turvamar-

ginaalin suuruus, x-kertainen; ohjearvon ylitys, y-kertainen). Tällainen tulos kertoo enemmän kuin kyllä- tai ei-vastaus riskistä, joka on liukuva altistumisen kasvaessa. On suositeltavaa, että riskin kuvaus toteutettaisiin myös valittua porrasta alemmilla tavoilla silloin, kun se on mahdollista. Tietoa voidaan tarvita valittujen toteutusvaihtoehtojen vertailuun tai myöhemmin kaivostoimintaan liittyen. Arviossa tulisi kuvata myös riskinarvion luotettavuus sekä siihen liittyvät merkittävät epävarmuudet.

Käytännön mallit

Kaivosympäristön väestön terveysriskien arviointiin on julkaistu vähän käytännön suosituksia ja ohjeistusta. MINERA-hankkeessa on tuotettu MINERA-malli (Kauppila et al. (toim.) 2013; fi.opasnet.org/fi/Minera-malli). Se perustuu tässä kuvatun yleisen toksikologisen terveysriskinarvion periaatteisiin. Vastaavaa, kokonaisvaltaista terveysriskinarviomallia kaivosympäristöön (kaikki tärkeiksi oletetut kaivosympäristön päästöt ja altistumistavat), ei ole tätä kirjoitettaessa kuvattuna tiedossa. Tässä dokumentissa esitetyt suositukset perustuvat pitkälti kyseiseen malliin. MINERA-malli on yksityiskohtaisena hankkeen alkuperäisraportissa (Kauppila et al. (toim.) 2013) ja sitä vastaavassa Internet-sivustossa (fi.opasnet.org/fi/Minera-malli). Tässä raportissa tavoitteena on tuoda esille, mitä tulisi arvioida ja mitä tulisi riskeistä saada selville arvion lopputuloksena.

MINERA-mallissa ohjeistetaan terveysriskinarvion käytännön suoritusta erikseen kaivostoiminnan suunnitteluvaiheessa ja jo toimivalle kaivokselle. Suositukset kattavat ilman epäpuhtaudet, pintavesien epäpuhtaudet, maaperän epäpuhtaudet, pohjaveden epäpuhtaudet, meluhaitat, hajuhaitat, säteilyn ja värinän, mallin altistumisen arviointiin ja laskemiseen, tapoja riskin lopulliseen arviointiin ja kuvaukseen, tekstiä altisteiden yhteisvaikutusten arvioinnista sekä suositukset terveysvaikutusten ja ekologisten vaikutusten lopullisesta vertailusta (integroitu riskinarvio) (Kauppila et al. (toim.) 2013).

9.1.4 Arvioitavat altisteet

Kaivoskohtaisessa YVA-arviossa olisi syytä ottaa kantaa ainakin seuraavien altistetyyppien aiheuttamaan terveysriskiin kaivoksen ympäristössä:

- ilman epäpuhtaudet
- pintavesien epäpuhtaudet

- maaperän epäpuhtaudet
- pohjaveden epäpuhtaudet
- meluhaitat
- hajuhaitat
- säteily
- värinä.

YVA-arviossa tulisi käsitellä kutakin edellä mainittua kohtaa siinä laajuudessa, kuin se kyseiselle kaivokselle on relevantti. Hyvässä YVA-arviossa otetaan jokaiseen kohtaan kantaa: liittyykö asiaan, riskinarvion lopputuloksena, terveysriskejä ja mitä ne ovat.

9.2 Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset

Hannu Komulainen (THL)

Ulkoilman epäpuhtauksina suositellaan arvioitavaksi hiukkasten ja kaasumaisten ilman epäpuhtauksien aiheuttamaa haittaa ja terveysvaikutuksia.

9.2.1 Pöly (hiukkaset)

Hiukkaset aiheuttavat terveysriskiä hengitettynä (hengitysilmassa). Pienhiukkasten tiedetään olevan merkittävin haitallinen ympäristöterveysaltiste väestölle Suomessa (Hänninen et al. 2010). Ne aiheuttavat hengitystieperäisiä oireita, pahentavat sydän- ja verisuonisairauksia ja aiheuttavat enenaikaista kuolleisuutta väestössä (Komulainen 2013b). On syytä tietää ja selvittää, lisääkö kaivos-toiminta erityisesti hiukkasten kokofraktioiden PM_{10} , $PM_{2.5}$ (pienhiukkaset) pitoisuutta ilmassa kaivoksen ulkopuolella ja mikä on niiden arvioituihin kokonaispitoisuuksiin liittyvä terveysriski.

Pöly ja hiukkaset ilmalaskeumana saattavat myös kontaminoida kaivosympäristön maaperää. Siihen liittyvä vaikutusten arviointia kuvataan kohdassa ”Maaperän pilaantumiseen liittyvät terveysvaikutukset”. Pölylaskeuma saattaa lisäksi liata ympäristöä ja aiheuttaa likaantumiseen liittyvää viihtyvyyshaittaa.

Pölynä arvioidaan ilmassa hiukkasmuodossa olevaa ainesta, joka kaivoksiin liittyvänä usein jaotellaan fraktioihin:

- TSP (kokonaisleijuma); myös PM_{30}
- PM_{10}
- $PM_{2.5}$ (pienhiukkaset).

Termejä ”pöly” ja ”hiukkaset” on käytetty kaivosympäristöön liittyen jossakin määrin korvaamaan toisiaan, hiukkaskoon mukaan.

Pölyn ja hiukkasten terveysriskinarvio perustuu ensi sijassa PM_{10} - ja $PM_{2.5}$ -hiukkasten pitoisuuteen



Kuva 19. Kuljetusväylien kastelu vähentää pölyämistä. Kuva. © T. Kauppila, GTK.
Fig. 19. Wetting of haul roads to reduce dusting. Photo. © T. Kauppila, GTK.

hengitysilmassa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). $\text{PM}_{2,5}$ -fraktion hiukkaset (kooltaan enintään $2,5 \mu\text{m}$:n hiukkaset) voivat kulkeutua hengitysteissä perille, alveolitasolle asti. PM_{10} -koon hiukkaset jäävät ylempiin hengitysteihin. Kaivosympäristössä on tyypillisesti mitattu kokonaisleijumaa ja PM_{10} -fraktiota, koska kaivosmineraalien hiukkaspäästöt ovat pääasiassa kooltaan tätä suuruusluokkaa. TSP kuvastaa suurempia partikkeleita, paremminkin laskeumaa maahan kuin hengitettäviä hiukkasia. $\text{PM}_{2,5}$ -hiukkasfraktion mittaaminen ja siihen liittyvä riskinarviointi on suotavaa, koska erityisesti siihen tiedetään liittyvän terveysriskejä. PM_{10} -hiukkasilla on samantyyppisiä terveyshaittoja. Kaivoksen eri toiminnoille on julkaistu ominaispölypäästöjen lisäksi tyypillisiä PM_{10} - ja $\text{PM}_{2,5}$ -hiukkasten osuuksia kokonaishiukkaspäästöstä. Tätä tietoa voidaan käyttää kaivoksen suunnitteluvaiheessa päästöjen ennakoarviointiin (esimerkiksi Kauppila et al. 2013b).

Hyvässä kaivosympäristön ulkoilman pölyyn liittyvässä terveysriskinarviossa on oleellista ensin selvittää ja esittää (ks. kohdat Hankkeen tekninen kuvaus ja Vaikutukset ilmanlaatuun)

- hiukkaspäästöjä aiheuttavat prosessit kyseisellä kaivoksella
- niiden tuottama hiukkasemissio hiukkasfraktiottain (esimerkiksi $\text{kg}/\text{aikayksikkö}$)
- mitattu tai arvioitu hiukkasten pitoisuus ilmassa hiukkasfraktioluokittain (esimerkiksi $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- hiukkasten kemiallinen koostumus ja orgaanisen aineksen osuus (esimerkiksi $\text{Ni } \mu\text{g}/\text{g}$ hiukkasfraktiota)
- hiukkasten leviämialue kaivoksen ympäristössä (mitattujen pitoisuuksien perusteella tai mallitettuna hiukkaspäästöistä)
- taustapitoisuudesta poikkeava alue (erityisesti suhteessa asutukseen, minne asti vaikutus ulottuu).

Kaivoksen suunnitteluvaiheessa voidaan kuvata hiukkaspäästöjä tuottavat pääprosessit, tehdä arvio päästömääristä koko kaivokselta, arvioida hiukkasten koostumusta malmin mineralogian perusteella sekä arvioida ja mahdollisesti jo mallintaa hiukkaspäästön leviämistä kaivosympäristöön.

Riskin kuvauksena ensisijainen vaihtoehto on verrata todettuja tai mallinnettuja ilman hiukkaspitoisuuksia viitearvoihin (suurimmat sallitut pitoisuudet ilmassa, suurimmat haitattomiksi arvioidut pitoisuudet ilmassa, esim. WHO:n ohjearvot). Pitkäaikaisaltistumista kuvaavat hiukkastasot

ja niiden viite- ja vertailuarvot ovat riskin kuvauksessa ensisijainen vertailukohta. Myös hiukkasten lyhytaikaisviitearvot vertailuarvoina ovat relevantteja, jos pitoisuuksien vaihtelu on suurta ja kyseiset raja-arvot ylitetään toistuvasti.

Hiukkasten kemiallinen koostumus on hyödyllistä tietää. Hiukkasissa voi olla jotakin metallia tai muuta alkuainetta poikkeuksellisen paljon. Koostumus voidaan analysoida luotettavasti kuitenkin vasta jo toimivalta kaivokselta kerätyistä hiukkasista, mutta esimerkiksi rikastushiekka-alueen pölypäästön koostumusta voidaan arvioida mineraalikoostumuksen ja koerikastuksen tulosten perusteella. Yksittäisen aineen saanti elimistöön hengitysteitse voidaan tällöin laskea hengitetystä hiukkasannoksesta. Tietoa voidaan käyttää aineen kokonaissaantilaskelmaan ja hiukkasissa olevaan karsinogeeniseen aineeseen liittyvä syöpäriski voidaan laskea (Komulainen & Kollanus 2013). Syöpäriskiin tulisi ottaa kantaa, jos kaivostoiminnan todetaan tai arvellaan lisäävän karsinogeenisen aineen pitoisuutta alueen taustapitoisuudesta ilmassa.

Hengitettyyn pölyyn ja hiukkasiin liittyvää terveysriskinarviota kaivosympäristössä on ohjeistettu yksityiskohtaisesti esimerkiksi viitteessä Komulainen (2013b). Oleellista on osoittaa tai arvioida kaivoksen koko pöly- ja hiukkaspäästöjen vaikutus ilmanlaatuun ja ilman kokonaishiukkaspitoisuuksiin (vallitseva taustapitoisuus + kaivoksen tuottama lisä) ja siihen liittyvä riski. Hiukkaspäästöjä saattaa tulla arvioitavaan ympäristöön myös alueen muista päästölähteistä kuin kaivokselta. Tarvittaessa on syytä tehdä myös YVA-lain edellyttämä päästölähteiden yhteisvaikutusten arvio, jossa nimetään muut päästölähteet ja arvioidaan niiden vaikutus päästöön. Pienhiukkasten ($\text{PM}_{2,5}$) kaukokulkeuma määrittää niiden taustatason.

Pölyyn ja hiukkasiin liittyvän terveysriskinarvion suurin epävarmuus on, miten hyvin ympäristön ilman hiukkaspitoisuus osataan arvioida. Hiukkasten terveysvaikutukset ja niiden haitalliset pitoisuustasot tunnetaan varsin hyvin. Kun ilman hiukkaspitoisuus osataan ennustaa tai todeta oikein, niiden terveysriskinarvio on varsin luotettavaa.

9.2.2 Kaasumaiset epäpuhtaudet

Terveysriskin suhteen potentiaalisia arvioitavia kaasumaisia ilman epäpuhtauksia ovat mm. seuraavat:

- rikkidioksidi (SO₂)
- rikkivety (H₂S)
- muut haisevat rikkiyhdisteet (TRS)
- typpidioksidi (NO₂), muut typen oksidit (typioksiidi, NO)
- hiilivedyt (HC)
- hiilimonoksidi (CO)
- hiilidioksidi (CO₂)
- muut haihtuvat orgaaniset aineet (VOC).

Kaasumaisiin ilman epäpuhtauksiin liittyvä terveysriski arvioidaan niiden pitoisuuden perusteella ilmassa. Terveyshaitta liittyy aineiden hengitysilmassa oleviin pitoisuuksiin. Tulisi arvioida kaasumaisten epäpuhtauksien suoriin toksisiin vaikutuksiin perustuva riski. Kaasumaisten aineiden hajuun liittyvä hajuhaitta arvioidaan erikseen (kohta Hajuhaitat). Hajuhaitta on usein merkittävämpi haitta (rikkiyhdisteet) kuin kaivokselta tulevien kaasumaisten ilman epäpuhtauksien muut terveysvaikutukset.

Riskinarviossa tulisi kuvata

- prosessit, joista kaasumaiset epäpuhtaudet syntyvät, päästöjen ajallinen vaihtelu
- aineet ja kemikaalit, joista kaasumaisia ilmapäästöjä syntyy, sellaisenaan tai prosesseissa, aineen käyttömäärä vuodessa
- kokonaispäästön määrä ilmaan kaivoksella aikayksikössä
- aineen mitatut pitoisuudet ilmassa (jos tietoa on)
- arvio päästön luonteen ja kokonaisuuden perusteella vaikutuksesta kaivosalueen ympäristön ilmanlaatuun (pitoisuusmuutokset ilmassa, vaikutusalue ympäristössä).

Todettuja pitoisuuksia ilmassa kannattaa verrata ensin keskimääriin yleisiin ympäristön taustapitoisuuksiin. Jos pitoisuudet ovat kaivoksen ympäristössä koholla luonnon taustapitoisuuksiin nähden, niiden tasoa voi verrata muissa ympäristöissä esiintyviin tasoihin (esimerkiksi kaupunkiympäristö) ongelman suuruuden arvioimiseksi. Varsin

nainen terveysriski voidaan arvioida vertaamalla kaivosympäristössä todettuja pitoisuuksia aineen terveysperusteisiin raja-, ohje- ja viitearvoihin ja kuvaamalla terveysriskin suuruus suhteessa niihin (Komulainen 2013c).

Kaasumaisten epäpuhtauksien potentiaalista terveyshaittaa voidaan karkeasti arvioida myös päästömäärien perusteella. Tätä voi käyttää erityisesti päätökseen siitä, mistä aineista on tarpeen tehdä yksityiskohtaisempi, pitoisuuksiin perustuva riskinarvio. Jos kaivokselta tulee merkittäviä kaasumaisia haitalliseksi luokiteltavia päästöjä ja kaivoksen lähiympäristössä on altistuvaa asutusta, kaasumaisten epäpuhtauksien pitoisuutta ympäristössä suositellaan arvioitavaksi mahdollisuuksien mukaan myös leviämismalleilla. Oleellista on saada käsitys, muodostavatko kaivostoimintaan liittyvät kaasumaiset epäpuhtaudet sellaisen päästön, joka voi aiheuttaa terveysriskin, tai onko siihen muuten syytä kiinnittää huomiota (esimerkiksi rikkilaskeuma ekotoksikologisenä ongelmana).

Kaivosympäristöön liittyvistä kaasumaisista päästöistä ja aineista on koottua tietoa viitteessä Komulainen (2013c), mm. ulkoilmassa esiintyneitä pitoisuuksia, raja- ja ohjearvoja sekä tietoa aineiden haitallisista terveysvaikutuksista ja haittaa aiheuttaneista pitoisuuksista.

Kaasumaiset ilman epäpuhtaudet laimenevat nopeasti ilmassa kaivosalueen ulkopuolella. Valitsevat tuulensuunnat vaikuttavat siihen, millä taholla pitoisuudet saattavat olla suurimpia ja minne asti ne voivat säilyä taustasta poikkeavana. Myös päästölähteen ("piipun") korkeus vaikuttaa siihen, kuinka paljon päästöä jää kaivosalueen välittömään lähiympäristöön.

Luotettavin riskinarvio voidaan tehdä kaivosympäristön ilmasta mitattujen pitoisuuksien perusteella, joita voidaan verrata viitearvoihin. Kaasumaiset epäpuhtaudet (erityisesti rikkivety) muodostavat potentiaalisemman terveysriskin kaivosalueella, päästölähteiden lähellä, kuin alueen ulkopuolella, koska pitoisuudet ilmassa ennen laimenemista ovat todennäköisesti suurempia.

9.3 Pintavesiin liittyvät terveysvaikutukset

Hannu Komulainen (THL)

Jos kaivos sijaitsee alueellisesti siten, että sen päästöjä voi päätyä kaivosalueen ympäristön vesistöön (järvet ja joet), ne muodostavat potentiaalisesti yhden merkittävimmistä haitoista ihmisille. Tärkein lähde ja reitti ovat kaivokselta tulevat vedet. Jos vesistöjen veden laatu heikkenee tai vesistö pilaantuu siinä määrin, että se rajoittaa vesistön virkistys- ja muuta käyttöä, syntyy merkittävä viihtyvyyshaitta (Komulainen et al. 2014). Pahimmillaan koko vesistön käyttö estyy. Vesistön pilaantumisella imagokysymyksenä voi olla merkittävät sosioekonomiset vaikutukset (omaisuuden arvon lasku, vaikutus elinkeinotoimintaan jne.), jotka stressinä ja muina tekijöinä voivat vaikuttaa myös ihmisten terveyteen. Vesistön pilaantumiseen liittyy myös pelko terveyshaitoista. Vaikutukset voivat ulottua pitkälle vesistöreitillä.

Kaivostoiminnan päästöjen ekologiset ja ekotoksikologiset vaikutukset vesistöissä on tärkeää aina selvittää ja arvioida (ks. Vaikutukset vesieliöihin). Päästöjen ensisijaiset toksiset vaikutukset ovat vesiympäristössä todennäköisesti useimmiten ekotoksikologisia ja ekologisia vaikutuksia.

Sekä terveysriskin että ekologisen riskin arvio tehdään viime kädessä haitta-aineiden pitoisuuden perusteella. Hyvään riskinarvioon tarvitaan vesistökohtaista arviota pitoisuuksista. Riskinar-

vio on tehtävä vesistökohtaisina, kunkin vesistön veden laadun perusteella. Terveysriskinarviota ei tehdä erikseen sedimentissä olevien aineiden perusteella vaan vedessä olevan pitoisuuden oletetaan edustavan myös sedimentissä olevia aineita. Tieto sedimentin puhtaudesta tai siellä olevista haitta-aineista on tarpeellista järven ja sen osien pilaantuneisuuden arviointiin historiallisena kertymänä. Se auttaa myös nimeämään aineet, joihin riskinarviossa on syytä erityisesti kiinnittää huomiota. Potentiaalista riskiä ja sen suuruutta ylipäänsä pintavesiin liittyen voidaan arvioida jo vesistöön päätyvien aineiden ja niiden päästömäärien perusteella. Tällöin tarkastellaan, miten kertyviä aineet ovat ja miten toksisia ihmisille.

Pintavesien epäpuhtauksiin liittyvää terveysriskiä on syytä arvioida veden tai vesistön käyttökohteittain. Terveysriski ja viihtyvyyshaitta tulisi arvioida käytettäessä pintavettä

- uimavetenä
- pesuvedenä
- saunottaessa löylyvedenä
- kasvien kasteluvetenä kasvimaalla (kasvimaalla kasvatetuissa ravintokasveissa).

Lisäksi terveysriski tulisi arvioida vesistöstä pyydetystä kalasta (aineiden saanti).



Kuva 20. Alusvettä (vas.) ja päällisvettä (oik.) kaivosvaikutteisesta järvestä. Kuva: © T. Kauppila, GTK.
Fig. 20. Hypolimnetic (left) and epilimnetic water from a mining-impacted lake. Photo: © T. Kauppila, GTK.

Terveysriski ja viihtyvyyshaitta tulisi arvioida veden yleisen laadun suhteen, yksittäisten vedessä olevien kemiallisten aineiden suhteen sekä esimerkiksi vedessä esiintyvien sini- ja muiden leväesiintymien suhteen. Kaivostoiminnan vaikutuksia lähiympäristön vesien mikrobiologiaan ei ole juuri tutkittu, eikä siitä ole tietoa. Tarvittaessa pintaveden arvioissa on huomioitava myös mikrobiologiset tekijät.

Kaivosympäristön pintavesiin liittyvästä terveystarvinnasta on suosituksia mm. lähteessä Komulainen (2013d), jossa on tietoa myös yksittäisistä potentiaalisista haittaa tuottavista aineista (esimerkiksi sinilevät, elohopea).

9.3.1 Juomavesi

Pintavettä (järvi- ja jokivesi) ei suositella käytettäväksi sellaisenaan juomavetenä. Veteen voi liittyä mikrobiologisia riskejä (mm. virukset, ulosteperäiset bakteerit jne.). Tämän vuoksi terveystarvinnasta ei ole YVA-arvioissa tarpeen arvioida pintaveden käytölle juomavetenä. Suositus olla käyttämättä järvi- ja jokivettä juomavetenä olisi syytä toistaa riskinarvioissa. Jos kemiallisella aineella pilaantuneen vesistön pintavettä käytettäisiin pääasiallisena juomavetenä tai ruoanlaittoon, veden epäpuhtaudet aiheuttaisivat tässä käyttömuodossa pahimman altistumisen. Tästä seuraisi suurin haitta ja terveystarvinnasta, vedenlaadun mukaan mahdollisesti myös myrkytyksiä.

Jos pintavesi on raakavesilähteenä vesilaitoksen vedenottamolle, pintaveden laatu tulisi arvioida myös juomaveden näkökulmasta. Tällöin arvioon on otettava mukaan veden käsittelyn vaikutus vesilaitokselta jaettavan veden lopulliseen laatuun.

9.3.2 Uimavesi

Arvioitaessa veden laatua uimavetenä on syytä huomioida vedessä olevat kemialliset aineet, mikrobit ja levät sekä veden laatu kokonaisuutena (likaisuus, vettä likaavat aineet). Luonnon uimaveden käyttökelpoisuuden ja sen sisältämien kemiallisten epäpuhtauksien riskinarvioon ei ole yksiselitteistä riskinarviomallia. Uimaveden laadulle ei ole myöskään kemiallisten aineiden rajat tai ohjeita. Arvio on tehtävä vedessä todettujen aineiden haitallisuuden ja toksisten ominaisuuksien perusteella yleisarviona. Käytännössä arvioidaan, sopiiko vesi uimavedeksi vai onko uimista tarvetta rajoittaa. Tähän tulisi riskinarvioissa ottaa

kantaa. Jos haittoja voi olettaa syntyvän, kuvataan todennäköisin haitta. Esimerkiksi jo pelkkä ihon likaantuminen on haitta. Asiaan tulisi ottaa kantaa uimapaikkakohtaisesti (esimerkiksi yleiset uimarannat eri puolilla vesistöä).

Metallit ja epäorgaaniset aineet imeytyvät terveen ihon lävitse huonosti eivätkä pääse verenkiertoon. Kaivosperäisiä orgaanisia kemiallisia aineita vesissä on vähän. Pitoisuudet vesissä ovat harvoin niin suuria, että aineet vedestä vaikuttaisivat suoraan haitallisesti ihoon, jos vesissä uidaan satunnaisesti, lyhyitä aikoja. Riskinarvioissa on syytä huomioida myös uimapaikan sijainti päästölähteeseen nähden. Päästölähteen lähellä aineiden pitoisuudet saattavat olla suurempia, veden vaihtuvuuden mukaan.

Uimaveden riskinarvion suurin epävarmuus on yleistiedon puute kemiallisten epäpuhtauksien aiheuttamista vaikutuksista ja riskeistä uimavedessä (haitalliset pitoisuudet). Vaikutukset kohdistuvat ensi sijassa ihoon, ja muu vaikutus on toissijaista. Kemiallisten aineiden vaikutuksista ihoon on runsaasti tietoa työperäisestä altistumisesta, mutta tiedolla ei ole muuta käyttöä arvioitaessa aineen vaikutuksia uimavedessä. Uimaveden käytettävyyden kannalta kysymys on myös psykologinen: millaisessa vedessä kukin haluaa uida? Uimaveden ja sen laadun ajantasainen viranomaisohjeistus on Valviran [www-sivuilla](http://www.sivuilla) (www.valvira.fi).

9.3.3 Pesuvesi

Pintavettä käytetään erityisesti kesämökeillä usein saunassa peseytymisvetenä. Altistuminen kohdistuu pääasiassa ihoon. Pesuvedelle sopii lähtökohdistaan sama riskinarvio kuin uimavedelle. Tarvittaessa yhdisteiden haihtuminen vedestä ilmaan on syytä huomioida.

9.3.4 Löylyvesi

Löylyvetenä saunassa käytetään todennäköisesti samaa vettä järvestä tai joesta kuin pesuvedenä. Löylyvedestä syntyy kiukaalle heitettyä aerosolia, jota hengitetään. On todennäköistä, että aineita pääsee elimistöön löylyvedestä enemmän, hengitettynä, kuin pesuvedestä. Vaikka kerta-altistumiseen ei liittyisi riskejä, vuosia kestävä säännöllinen veden käyttö lisää altistumista. Toistaiseksi ei tiedetä, altistutaanko epäpuhtauksille myös hiukkasmuotoisena kiuaskivistä irtoavasta pölystä. Kemiallisille aineille altistumisesta löylyvedestä ei ole

tätä kirjoitettaessa tiedossa tutkimustietoa. Haitallisia pitoisuuksia ei tiedetä, eikä riskinarvioon ole kuvattua mallia.

Riskinarviossa on syytä arvioida veden käytettävyyttä löylyvetenä: voiko sitä käyttää vai onko käyttöä syytä rajoittaa? Arviossa tulisi todeta ne aineet, joiden perusteella riski arvioidaan, ja esittää veden pitoisuudet, joiden perusteella arvio tehdään. Jos vedessä arvioidaan olevan milligrammoja litrassa haitallisenä pidettäviä metalleja, esimerkiksi mangaania, nikkeliä, uraania, kadmiumia tai arseenia, terveysriskiä voi pitää mahdollisena. Vedenkäyttöä löylyvetenä on tällöin varovaisuusperiaatteella syytä rajoittaa.

Jos arvioitava vesi on pahasti pilaantunutta eli epäpuhtauden pitoisuudet ovat satoja mikrogrammoja litrassa, pahinta altistumistilannetta voi laskea teoreettisesti. Hengitysilmaan päätyvän epäpuhtauden pitoisuus saunassa arvioidaan löylyvetenä käytetyn veden epäpuhtauspitoisuuden ja käytetyn vesimäärän perusteella sillä oletuksella, että kaikki aine päätyy saunassa ilmaan hengitettävään muotoon. Esimerkiksi metalleille on työpöytäisiä HTP-arvoja (haitalliseksi tunnettu pitoisuus) hengitysilmassa, ja näitä voi käyttää vertailukohtana. Jos ne ylittyvät, riskiä on syytä tarkastella tarkemmin. Riskinarvion epävarmuus liittyy yleisen tiedon ja ymmärryksen puutteeseen altistumisesta kemiallisille aineille löylyvedestä.

9.3.5 Kasvien kasteluvesi

Jos epäpuhtauksia sisältävää pintavettä käytetään kasvimaan kasteluun, ihmisten altistuminen on syytä arvioida. Vedessä olevat aineet päätyvät kasvien pinnalle ja kasvimaan maaperään. Jos samaa maata kastellaan vuodesta toiseen, epäorgaaniset aineet kertyvät maahan. Kasvien kyky kerätä maasta epäpuhtauksia on lajikohtainen. Samoin maaperän ominaisuudet vaikuttavat. Syötävät kasvit keskimäärin eivät kerää tehokkaasti esimerkiksi raskasmetalleja maaperästä. Maaperän kyllästyminen epäorgaanisilla aineilla saattaa myös haitata kasvien kasvua.

Kemiallisten aineiden riskinarvioon kasvimaan kasteluvvedestä ei ole yksiselitteistä mallia. Käytännössä arvioidaan veden käytettävyyttä kasteluvetenä ja sitä, onko veden käyttöä syytä rajoittaa. Yleisarvio veden sopivuudesta kasteluvodeksi voidaan tehdä veden sisältämien epäpuhtauksien pitoisuuksien perusteella.

Ensiksi kannattaa selvittää veden laatutietojen perusteella, sisältääkö vesi poikkeuksellisen paljon jotakin ainetta. Mahdollisten haittavaikutusten kannalta raskasmetallit (kadmium, lyijy, arseni, elohopea, uraani) ovat keskeisimpiä arvioitavia asioita. Jos orgaanisia aineita on, ne sitoutuvat maa-ainekseen eivätkä aiheuta helposti ongelmia. Jos metallien pitoisuudet kasteluvvedessä eivät ole poikkeuksellisen suuria luonnon taustapitoisuuksiin nähden, kasteluveteen ei todennäköisesti liity terveysriskejä tai ylenmääräistä lisäystä altistumiseen. Tämän tason arvio voidaan tehdä jo kaivoksen suunnitteluvaiheessa.

Jos asiaa on tarpeen tarkemmin myöhemmin selvittää kaivoksen jo toimiessa, kasvimaan maaperästä voidaan analysoida epäpuhtauksien pitoisuudet sen pilaantuneisuuden arvioimiseksi ja arvioida maaperän pilaantuneisuusaste PIMA-periaatteita käyttäen (Ympäristöministeriö 2014). Puutarhakasveista voidaan myös määrittää haitta-ainepitoisuudet ja arvioida niiden käytettävyyttä ravintona esimerkiksi elintarvikkeissa sallittujen enimmäispitoisuuksien perusteella. Tietoa epäorgaanisten aineiden kertyvyydestä kasveihin on tieteellisessä kirjallisuudessa. Syötävien kasvien (esimerkiksi salaatti) pinnalle kasteluvvedestä päätynyttä epäpuhtautta voidaan vähentää kasvit huuhtomalla.

Syötävien kasvien terveysriski on käytännössä hyvin paikkakohtainen ja tulisi sellaisena arvioida. Miten kauan ja miten paljon maata on kaikkiaan kasteltu, miten paljon kasvimaan tuotteita syödään jne.? Mikä on todellinen aineiden saanti ja altistuminen puutarhakasveja syömällä? Useimmiten puutarhakasvien syönti lisää aineiden kokonaissaantia ja tulee lasketuksi altistumiseen, jos kokonaissaanti arvioidaan (Kollanus & Komulainen 2013). YVA-arviossa kannattaa tehdä ensin yleisarvio veden käytettävyydestä kasteluvetenä ja mennä yksityiskohtiin, jos siihen näyttää olevan tarvetta. Arvion tulisi olla vesistökohtainen.

9.3.6 Aineiden saanti vesistöstä pyydetystä kalasta

Aineiden saanti arvioitavasta vesistöstä pyydetystä kalasta on potentiaalisin reitti väestön altistumiselle pintaveden vierasaineille. Siksi se on pintavesiin liittyen aina YVA-arviossa arvioitava, vesistökohtaisesti. Epäpuhtaudet päätyvät syödyistä kalasta elimistöön. Erityisesti orgaaniset aineet saattavat rikastua ravintoketjussa kalaan.

Kaivokset sijaitsevat useimmiten sisävesien äärelä. Sisävesien kaloissa ei ole luonnostaan paljoa orgaanisia aineita, kuten dioksiineja, epäpuhtautena, ja kaivoksilta ei juuri tule orgaanisia aineita. Lisäksi ne eivät ole samoja orgaanisia aineita, joita kaloissa voi olla muista lähteistä, kuten organotiinoja. Orgaanisia aineita ei ole tarpeen arvioida, ellei kaivokseen liity jotain tunnistettua päästöä tai päästön mahdollisuutta. Riskinarvio voidaan usein keskittää metalleihin: elohopea, metyylielohopea, kadmium, arseeni, uraani, mangaani, nikkeli. Epäorgaaniset aineet eivät pääsääntöisesti kerry merkittävästi kaloihin (syötäviin osiin, esimerkiksi sulfaatti). Metalleista kaloihin kertyy tehokkaasti ainoastaan metyylielohopea, ravintoketjussa erityisesti petokaloihin (hauki, ahven, kuha).

Metallien, erityisesti elohopean ja metyylielohopean luontainen taustapitoisuus on vesistökohtainen ja voi vaihdella vesistöjen välillä paljon. Kalan elohopeasta noin 95 % on metyylielohopeaa. Elohopea määritetään kalasta usein kokonaiselohopeana (epäorgaaninen elohopea + metyylielohopea). Kun tulos ilmoitetaan elohopeana, kyseessä on kokonaiselohopea. Koska metyylielohopea on noin sata kertaa toksisempaa ihmiselle kuin epäorgaaninen elohopea (Hg^{2+}), riskinarviossa on syytä olla täsmällinen esiintymismuodon suhteen. Käytännössä kaloihin liittyvässä riskinarviossa selvitetään, lisääkö kaivostoiminta kalojen metallipitoisuuksia niin paljon, että aineiden saantiin kalasta liittyy terveysriski.

Riskinarvio perustuu kaloista, mieluiten niiden syöstävästä osasta, mitattuihin aineen pitoisuuksiin (pitoisuuteen kalassa, ei vedessä tai sedimentissä). Riskinarviossa on syytä olla mukana niitä kalalajeja, joita arviotavasta vesistöstä eniten kalastetaan ja syödään. Optimitalauksessa näytteeksi on kerätty riittävän monta kalaa kutakin lajia (enemmän kuin viisi). Riskinarvion kannalta on oleellista, että kaloista esitetään tiedot kalakohteisesti. Näytekalojen tarkka pyyntipaikka ja ajan kohta olisi kuvattava. Näytekalosta on tarpeen esittää epäpuhtauspitoisuuden lisäksi myös niiden koko (pituus, paino) ja mahdollisesti ikä. Esimerkiksi metyylielohopea kertyy kalaan iän myötä: suurimmat ja vanhimmat kalat sisältävät sitä eniten. Tietyt kalalajit myös vaihtavat pääasiallista ravintoaan kasvaessaan suuremmaksi. Kalan koon ja painon esittäminen on tärkeää, koska vasta tällöin on mahdollista tulkita sen pitoisuustietoa.

Riskinarvio toteutetaan ensisijaisesti metallien keskipitoisuuksien perusteella kalassa, mutta yk-

sittäisten kalojen pitoisuuksia on syytä myös verrata valittuihin viitearvioihin. Tarkastelu kuvaa pitoisuuksien hajontaa kaloissa ja antaa paremman kuvan vallitsevasta tilanteesta.

Riskin kuvauksena kaloissa todettuja aineiden pitoisuuksia kannattaa verrata ensin niiden yleiseen taustatasoon sisävesien kaloissa lähialueen järvissä ja Suomessa yleensä. Tarkemman riskin arvioimiseksi pitoisuuksia voi verrata myytävälle kaloille tai elintarvikkeille asetettuihin lakisääteisiin suurimpiin sallittuihin enimmäispitoisuuksiin (esimerkiksi elohopea, kadmium; EU- ja Suomen elintarvikelainsäädäntö). Jos nämä ylittyvät, on suotavaa laskea kalan keskimääräisen kulutuksen perusteella aineen päivittäinen saanti, verrata sitä aineen suurimpaan sallittuun saantiin (TDI, Tolerable Daily Intake tai ADI-arvo, Acceptable Daily Intake) ja määrittää turvamarginaali tai arvioida saannin ylityksen merkitys, kuten riskin kuvaukselle on suositeltu (Komulainen & Kollanus 2013).

Riskinarvioinnin kannalta on suotavaa, että pitoisuuksista kaloissa on seurantatietoa pidemmältä ajalta. Tällöin voidaan havainnoida muutostrendejä pitoisuuksissa. Kalojen metalli- ja mahdollisesti muiden, kaivoksen tarkkailuohjelmaan valittujen aineiden seurantatieto on olennainen osa ympäristöterveyden riskinarviota, ja se tulisi aina sisällyttää kaivoksen tarkkailuohjelmaan, jos vesistö päästöt ovat mahdollisia. Tarkkailu tulisi ulottaa niin etäälle vesistöreitillä, kuin on todennäköistä, että kaivoksen vaikutus vedenlaadussa näkyy. Kaloista kannattaa analysoida laaja valikoima epäorgaanisia aineita, myös muita kuin kaivoksen tuotantometallit. Mahdolliset muutokset veden kemiassa ja esimerkiksi kerrostumisoloissa saattavat vaikuttaa aineiden pitoisuuksiin, ja kokonaistilanne on syytä olla tiedossa. Kun kalojen epäpuhtauspitoisuudet tunnetaan, kalojen käyttökelpoisuus ravintona ja myös koholla oleviin pitoisuuksiin liittyvän terveysriskin suuruus voidaan varsin hyvin arvioida.

9.3.7 Viitearvot riskin kuvaukseen

Useimmille pintaveden (järvivesi, jokivesi) kemiallisille epäpuhtauksille ei ole terveysterveystasoisia raja- tai ohjearvoja, joita voisi suoraan käyttää terveysterveystasoisuuden kuvaukseen. Riskinarviota tehtäessä on syytä tarkistaa, onko arviotavalle aineelle ympäristölaatuunormi olemassa, ja käyttää sitä yhtenä vertailukohtana (Valtioneuvoston asetus 1308/2015). Muilta osin on asiakohtaisesti

käytettävä muita, spesifisempiä viitearvoja, joita löytyy haulla Internetistä.

Talousvedelle asetetut terveysperusteiset enimmäispitoisuusraja-arvot eivät ole oikea vertailukohta pintaveden terveysriskinarvioon, koska vettä ei juoda. Pintavesissä todettuja pitoisuuksia ei tulisi verrata suoraan lakisääteisiin talousveden laatuvaatimuksiin tai laatusuosituksiin riskinkuvauksena. Koska riski juomavedestä on suurin, laatuvaatimukset suojaavat käytännössä talousveden muihin veden käyttömuotoihin liittyviltä riskeiltä. Talousveden raja-arvoja voidaan käyttää enintään kuvaamaan arvioitavan pintaveden puhtausastetta suhteessa juoma- ja talousveteen. Jos näin menettellään, asia tulisi tällä tavalla kuvata: olisiko vesi juomakelpoista kyseisen aineen suhteen, jos vettä käytettäisiin juomavetenä?

9.3.8 Pintaveden mikrobiologisen laadun riskinarvio

Pintaveteen liittyvässä riskinarviossa on suositeltavaa myös arvioida, aiheuttaako kaivostoiminta

ympäröivien vesistöjen pintaveden välityksellä ihmisille mikrobiologisia terveysriskejä (bakteerit, virukset, levät). Kaivostoiminnan päästöjen vaikutuksista ympäristön vesien mikrobiologiaan on toistaiseksi vain vähän tutkimustietoa, eikä kaivosten tarkkailuohjelmiin sisälly mikrobiologiaa. Yleensä ei siis tutkita, onko päästöissä veteen sellaisia mikrobeja ja siinä määrin, että ne voivat itsessään aiheuttaa terveysriskiä. Kaivosalueen saneittivedet ja niiden käsittely voivat tosin antaa aiheutta lisätä mikrobiologiset määritykset tarkkailuohjelmaan. Todennäköisimmin kaivoksen päästöt saattavat kuitenkin muuttaa pintaveden laatua siten, että veden mikrobiologia muuttuu. Erityisesti rehevöityminen on tällainen muutos.

Pintaveden mikrobiologinen riskinarvio on syytä toteuttaa, jos asia on arvioitavalla kaivoksella relevantti asia. Se liittyy sekä terveysvaikutusten että ekologisten vaikutusten arviointiin. Pintavesien mikrobien riskinarviointiin ei ole tällä hetkellä ohjeistusta kuin virallisille uimarannoille (indikaattorimikrobit ja niiden seuranta: Uimavesi, www.valvira.fi).

9.4 Maaperän pilaantumiseen liittyvät terveysvaikutukset

Hannu Komulainen (THL)

Kaivosalueen ympäristön maaperään tuleva pölylaskeuma, pääasiassa malmiin liittyvä mineraalipöly (räjäytykset, murskaus, rikastushiekka, sivukivikasat), lisää maaperään kumulatiivisesti metalleja ja muita malmin sisältämiä epäorgaanisia aineita. Kokemusperäisesti on tiedossa, että pölyn vaikutus maaperän pitoisuuksiin näkyy selvimmin noin 500 metrin etäisyydellä kaivoksesta. Vallitseva tuulen suunta saattaa vaikuttaa gradientin muotoon ja laajuuteen. Vallitsevan tuulen alapuolella pöly kulkeutuu kauimmaksi. Kaivostoimintaan liittyvien orgaanisten aineiden päästöt kaivosympäristön maaperän kontaminaationa eivät ole olleet tiedossa olevana ongelmana, eikä niitä tarvitse ilman eri syytä arvioida. Orgaanisten aineiden ilmapäästöt ovat pääasiassa haihtuvia eivätkä päädy maaperään.

Terveysriskinarviossa arvioidaan ensisijaisesti, missä määrin maaperään kertyneet epäpuhtaudet päätyvät maaperästä altisteeksi ihmisille, kuinka paljon ne lisäävät aineiden kokonaissaantia ja koahoako altistuminen tällöin tasolle, jolla on vaikutusta terveyteen.

Riskinarviossa on suositeltavaa ensimmäiseksi selvittää ja kuvata, onko kaivosympäristön kontaminoituvalla alueella kasvimaita ja muuta vastavaa viljelyä ja mikä on sen käyttö esimerkiksi sienestykseen ja marjastukseen. Tämä arvio voidaan tehdä jo kaivostoiminnan suunnitteluvaiheessa ja sillä pyritään selvittämään, onko kontaminaatio mahdollinen ongelma kaivoksen ympäristössä. On syytä huomata, että maaperän kontaminoituminen metalleilla ja muilla alkuaineilla on varsin pysyvää, koska ne eivät ilman kunnostustoimia häviä luonnosta muuten kuin huuhtoutumalla. Tämä mekanismi ei kuitenkaan usein ole voimakas. Kontaminaatio jää maaperään kaivoksen sulkemisen jälkeenkin, eli arvioitavana on kaivoksen koko elinkaari.

Varsinainen perusteellisempi ja tarkempi riskinarvio todellisesta riskistä on tehtävissä vasta toimivalta kaivokselta. Tähän tarvitaan mitattua tietoa maaperään päätyneistä aineista ja pitoisuuksista pintamaassa sekä syötävistä luonnontuotteista, todellisen saannin tai altistumisen arvioimiseksi. Samaa maaperän pitoisuustietoa voidaan käyttää

maaperään liittyvien ekotoksisten vaikutusten arviointiin.

Kaivosympäristön maaperän pilaantumisen tarkempi riskinarvio on tehtävissä samojen periaatteiden mukaan, kuin on suositeltu tehtäväksi pilaantuneille maille (ns. PIMA-arvio, Ympäristöhallinnon ohjeita 6/ 2014, Reinikainen 2007), sitä tilanteeseen soveltaen. Asiaan liittyvä MINERA-malli perustuu samoihin periaatteisiin ja perusteisiin (Komulainen 2013e).

9.4.1 Altistuminen maaperästä

Ihmisten altistuminen maaperään päätyneille epäpuhtauksille on suurinta aivan kaivoksen välittömässä ympäristössä, jos siinä asutaan tai oleskellaan pysyvämmiin. Siten terveysriskikin on todennäköisesti suurinta aivan kaivoksen lähiympäristössä.

Ihminen saattaa altistua maaperässä (maa-aineksessa) olevalle epäpuhtaudelle seuraavilla tavoilla:

- koskettamalla maata (ihokontakti, tai ainetta joutuu iholle)
- syömällä maata (saanti suun kautta, erit. lapset)
- hengittämällä maaperästä irtoavaa pölyä (maasta ilmaan resuspendoituva pöly)
- syömällä alueelta kerättyjä keräilytuotteita (sienet, marjat, kasvit)
- syömällä pilaantuneella maalla kasvatettua ravintoa (puutarhatuotteet, viljelykasvit).

Yksityiskohtaisempi riskinarvio voidaan rajata niihin altistumuotoihin, jotka ovat arvioitavassa kohteessa toteutuvia tai todennäköisiä, myös pitemmän ajan kuluessa. Ellei kontaminoituvalla alueella asuta, alueelta kerättyjen luonnontuotteiden syönti saattaa olla potentiaalisin altistumistapa. Harva oleskelee alueella niin paljon, että suoralla altistumisella maaperästä olisi merkitystä. Ne altistumuodot, joita ei arvioida, on syytä kuitenkin perustella.

Altistumisen kvantitatiiviseen arviointiin (saannin laskentaan maaperästä) on oma osionsa esimerkiksi MINERA-mallin altistumisenarviointiosassa (Kollanus & Komulainen 2013) ja PIMA-ohjeissa (Ympäristöministeriö 2014).

9.4.2 Terveysriskinarvio altistumiselle maaperästä

Terveysriskinarviossa on oleellista määrittää ja kuvata

- vyöhykkeet ja alueet kaivosympäristössä, jolle kyseinen riskinarvio tehdään
- altistuva väestö (lukumäärä, sijainti alueella, ikäjakauma)
- aineet, joiden suhteen arvio tehdään
- aineiden arvioidut pitoisuudet maaperässä, siinä maa-aineksessa, josta altistuminen tapahtuu
- ihmisten altistumisaste maaperästä arvioitavalle aineelle (saatu annos tai pitoisuus maaperässä, jota käytetään riskinarviossa)
- arvioitu terveysriski.

Ihmisen terveysriski arvioidaan aineen kokonaispitoisuuden perusteella maa-aineksessa (tausta + siihen myöhemmin tullut lisä). Ihmisen terveysriskiä ei arvioida pelkälle maaperään tulleelle lisäkuormalle (added risk), koska aineen kokonaispitoisuus vaikuttaa terveysriskiin (ihmisten ei oleteta mukautuvan taustapitoisuuteen, vrt. ekologinen riskinarviointi).

Riskinarviossa on syytä ensin selvittää maaperän pilaantuneisuusaste. Erityisesti toimivilla kaivoksilla tämä voidaan toteuttaa pilaantuneiden maiden riskinarvio-ohjeiden ja -oppaan periaatteiden mukaan (Ympäristöhallinnon ohjeita 6/ 2014). Jos arvioitava maaperä on selvästi kuormittunutta (alemmat ohjeavot ylittyvät), olisi syytä tehdä yksityiskohtaisempi, todelliseen altistumiseen perustuva riskinarvio. Silloin tarvitaan kvantitatiivinen altistumisen arvio, osana kokonaisaltistumisen arviointia (esimerkiksi Kollanus & Komulainen 2013, Ympäristöministeriö 2014).

Yksityiskohtaisessa arviossa on riskin kuvaus suositeltavaa tehdä siten että verrataan aineen pitoisuutta maaperässä terveysperusteisiin maaperäspesifisiin viitearvoihin. Tällaisia ovat esimerkiksi PIMA-ohjeistuksen SHPter (Suurin haitaton pitoisuus maaperässä, terveysvaikutukset) ja SHPTter (Suurin haitaton pitoisuus maaperässä teollisuusalueella) (Ympäristöministeriö 2014). Muussa tapauksessa saantia pelkästään maaperästä, tai mieluummin osana aineen kokonaissaantia kaikista lähteistä, voidaan verrata muihin terveysperusteisiin viitearvoihin (TDI, ADI). Arviossa tulisi kuvata ylitys tai alitus ja siihen liittyvät turvamarginaalit kuten riskin kuvaukseen ohjeistetaan (Komulainen & Kollanus 2013).

Käytännössä, ellei aivan kaivoksen vieressä kontaminoituneella maaperällä asuta, aineiden saanti kaivoksen vaikutusalueelta poimituissa sienissä, luonnonmarjoissa ja muissa syötävissä ravintokasveissa muodostaa potentiaalisimman altistumislähteen. Niihin liittyy myös pintakontaminaatiota. Jos luonnontuotteita syödään satunnaisesti, altistuminen ja siihen liittyvä terveysriski jää vähäiseksi. Maaperä säilyy kontaminoituneena kuitenkin hyvin pitkään. Kontaminoituneesta maaperästä ympäristön vesistöihin päätyvät epäpuhtaudet tulevat arvioiduksi pintaveden liittyvässä riskin-

arviossa. Maaperän pintakontaminaation ei oleteta juuri vaikuttavan alueen pohjaveden laatuun (ks. Vaikutukset maaperään), ja tämä altistusreitti tulee arvioitavaksi pohjavettä koskevassa riskin-arviossa (Pohjavesiin liittyvä terveysriski).

Riskinarvioinnin suurin epävarmuus liittyy oikean altistumisen määrittelyyn. On todennäköistä, että laskennallinen saanti on helposti todellisen saannin yliarvio. Arviointia vaikeuttavat vielä epävarmuudet saannissa muista lähteistä, erityisesti muusta ravinnosta.

9.5 Pohjavesiin liittyvä terveysriski

Hannu Komulainen (THL)

Kaivoksen ympäristössä olisi ensin arvioitava, vaikuttaako kaivostoiminta pohjaveden laatuun ja sitä kautta alueen kaivovesien laatuun (ks. Vaikutukset pohjaveteen). Tämän jälkeen arvioidaan liittyykö pohjaveden muutoksiin terveysriskejä. Arvio on erityisesti syytä tehdä, jos pohjavettä käytetään kaivoksen lähiympäristössä talous- tai juomavedenä (yksityiset kaivot) tai juomaveden valmistukseen (vesilaitosten raakavesilähde). Arvio on tehtävä kaivokohtaisesti.

Kaivoksen suunnitteluvaiheessa, ensimmäiseen YVA-arvioon, tulisi tehdä muuttujiltaan kattava nykytilaselvitys suunnitellun kaivosalueen ja sen lähiympäristön pohjaveden laadusta lähtötiedoksi mahdollisten kaivostoimintaan liittyvien muutosten havaitsemiseksi (kemialliset muuttujat, mahdollisesti mikrobiologinen laatu). Esimerkki kaivokohtaisesta veden laadun selvityksestä ja arviosta on lähteessä Karppinen et al. (2012) ja sen liitteissä. Tuloksista tulisi arvioida lähtötilanteen veden laatuun liittyvä terveysriski. Pohjaveden laatu voi olla luonnostaan poikkeava alueen mineralogian vuoksi. Vedessä voi olla esimerkiksi nikeliä, mangaania tai rautaa enemmän kuin muilla alueilla.

Arvioon tulisi kartoittaa ja valita tällaisten kaivosten

- sijainti (koordinaatit)
- kaivotyyppi (porakaivo, rengaskaivo, lähde)
- kaivon käyttö (käytössä/ei käytössä).

Jos mahdollista, alueen pohjaveden virtaus- ja mallitustietojen perusteella tulisi ennustaa YVA-arvioon suunnat, joissa pohjaveden laadun muu-

toksia voi tapahtua (ks. Nykytilaselvitys / Pohjavesi ja Vaikutukset pohjaveteen). Juomavettä koskeva terveysriskinarvio on suositeltavaa jakaa kemiallisten aineiden aiheuttamaan terveysriskiin ja mikrobiologiseen riskinarvioon.

9.5.1 Veden kemiallisen laadun riskinarvio

Terveysriskinarvio perustuu vedessä esiintyviin aineisiin ja niiden pitoisuuksiin. Terveysriski on syytä arvioida käytettäessä pohjavettä juomavedenä, peseytymiseen ja saunassa löylyvedenä. Jos pohjavettä käytetään runsaasti kasvitamaan kasteluvetenä, siihen liittyvä riski ja altistuminen on syytä myös arvioida.

Tärkein asia on arvioida vedenkäyttö nieltynä (juomavesi, ruuissa käytettävä vesi), koska epäpuhtaudet päätyvät nieltynä varmasti elimistöön. Tässä kappaleessa kuvataan ainoastaan juomavedessä olevien epäpuhtauksien terveysriskinarviota. Veden muihin käyttömuotoihin liittyvää riskinarviota on kuvattu kohdassa ”Pintavesiin liittyvät terveysvaikutukset”.

Terveysriskin kuvaukseen on käytettävissä laakisäätöisiä talousveden laatuvaatimuksia ja laatusuosituksia (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista, 401/2001) sekä eri tahojen terveysperusteisia enimmäispitoisuus-suositusohjeita (esimerkiksi WHO, USEPA, Health Canada), joita voidaan käyttää vertailu- ja viitearvoina vedessä todetuille tai arvioiduille pitoisuuksille.

Jos raja-arvot ylittyvät merkittävästi, vedestä saatu annos voidaan laskea yksityiskohtaisempaan riskinarvioon veden kulutuksen perusteella (veden juotu määrä/päivä x pitoisuus vedessä/kehon paino). Terveysriskin kuvauksessa on toivottavaa kuvata myös riskin todellinen suuruus eli turvamarginaalit haitalliseksi tiedettyyn altistumistasoon, jos ohjearvot ylittyvät. Pohjaveteen liittyvää terveysriskinarviota kaivosympäristössä on käsitelty mm. lähteessä Komulainen (2013f). Siinä on avattu myös talousveden kemiallisen laadun parametrejä ja kuvattu niiden tyypillisiä arvoja ja pitoisuuksia suomalaisissa kaivovesissä.

9.5.2 Pohjaveden mikrobiologisen laadun riskinarvio

Kaivostoiminnan vaikutuksista pohjaveden tai kaivovesien mikrobiologiseen laatuun ei ole mer-

kittävästi havaintoja. Siksi mikrobiologista laatua ei ole tarpeen tarkemmin selvittää ja arvioida, ellei siihen ole erityistä syytä. Talousveden laadulle on myös mikrobiologiset laatuvaatimukset ja suositukset (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 401/2001), mutta ne liittyvät muuhun ympäristöperäiseen, lähinnä ulosteperäiseen veden likaantumiseen.

Pohjaveden laatuun liittyvä terveysriski voidaan arvioida luotettavasti, kun riittävän laaja vedenlaatu-tieto on käytettävissä. Riskinarviossa kannattaa kiinnittää huomiota erityisesti mangaaniin, arseeniin, uraaniin, fluoridiin ja radoniin, joihin liittyvät potentiaalisimmat terveysriskit. Riskinarvion tuloksena voidaan pohjavedestä nimetä ne aineet, joihin liittyy terveysriski, ja kuvata riski. Niiden perusteella voidaan tarvittaessa antaa kaivon käyttöön liittyviä suosituksia (veden puhdistaminen, tarvittaessa suositus veden käytön lopettamisesta).

9.6 Meluhaitat

Hannu Komulainen (THL)

Kaivokselta ympäristöön tuleva melu on potentiaalisesti yksi merkittävimmistä kaivokseen liittyvistä ympäristöterveyshaitoista. Se voi aiheuttaa viihtyvyyshaittaa ja terveyshaittaa (Kuusisto et al. 2013). Ympäristöperäisen melun haitallisuus terveyshaittana on käynyt sitä ilmeisemmäksi, mitä enemmän melua on tutkittu.

Ihmiset kokevat melun yksilöllisesti (Vartiainen et al. 2015). Vaste ja vakavuus ovat erilaisia eri henkilöillä, ja lisäksi henkilö voi kokea saman melun erilaisena eri aikoina ja eri ympäristöissä. Melu voi olla häiritsevää, huonontaa unenlaatua, vaikuttaa keskittymiskykyyn ja oppimiseen, ja sen on todettu olevan yhteydessä mm. sydän- ja verisuonisairauksiin (Heinonen-Guzejev et al. 2012, taulukko 4.). Siksi kaivostoimintaan liittyvään meluun (melun luonne ja voimakkuus), sen leviävyyteen ja kuuluvuuteen olisi jo kaivoksen suunnitteluvaiheessa kiinnitettävä erityistä huomiota. Melu olisi pyrittävä arvioimaan huolellisesti ja minimoimaan. Terveysriskinarviossa tulisi arvioida meluun liittyvä viihtyvyyshaitta ja terveyshaitta.

9.6.1 Meluhaitan arviointi

Kaivostoimintaan liittyvää melua on jo totuttu arvioimaan YVA-arvioissa suhteellisen perusteel-

lisesti. Melun leviämistä on mallinnettu melutasojen ja niiden leviämisen määrittämiseksi. Jo toimivalta kaivokselta voidaan tehdä melumittauksia kaivosalueella ja sen ulkopuolella. On muodostunut hyviä käytäntöjä ja tulosten esitystapoja, joista parhaita malleja löytyy jo toteutetuista kaivosten YVA-arvioista.

Mahdollinen kaivostoimintaan liittyvä meluhaitta tulisi aina arvioida. Melun mallinnus, tutkiminen ja arviointi edellyttävät erityisosaamista ja perehtyneisyyttä, joka syntyy tekemisen myötä. Joitakin asiaan liittyviä yksityiskohtia on kuvattu viitteessä Kuusisto et al. (2013). Melun leviämisen mallinnuksen tulisi tuoda esille todennäköisimmät melun vaikutusalueet ja tasot. Vaikka arviointihetkellä alueilla ei olisi asutusta tai herkkiä kohteita, melun leviäminen voidaan ottaa myöhemmin maankäytön suunnittelussa huomioon.

Kaivostoiminnan suunnitteluvaiheessa ja ensimmäisessä YVA-arviossa arviointi joudutaan perustamaan oletuksiin kaivoksella syntyvästä melusta ja sen leviämismallinnukseen käyttäen laskentaohjelmia. Meluhaittaa ei tällöin voida määrittää mittauksin. Jo toimivalla kaivoksella ja sen ympäristössä voidaan tehdä melumittauksia, ja perustaa meluun liittyvä altistumisen ja riskinarvio sekä mittauksiin että mallinnukseen.

Melumittaukset tulisi tehdä siten, että ne parhaiten kuvaavat ihmisten altistumista melulle, tarvittaessa sisätilamittauksin asunnoista ja rakennuksista. Oleellista on selvittää mm.

- se, mille alueelle poikkeuksellinen melu kuuluu
- yksilöihin kohdistuva melun luonne ja melutaso
- haitalliseksi luokitelluille tasoille altistuvien ihmisten ja asumusten määrä ja sijoittuminen melualueella.

Jo toimivalla kaivoksella kyselytutkimukset yksilötasolla ja systemaattinen palautteen keräys meluhaitoista auttavat ongelman ja sen suuruuden hahmottamista. Kyselyssä tulevat kaikki asiaan vaikuttavat komponentit huomioiduksi.

Terveysriskin kuvaus tehdään tyypillisesti vertaamalla mallinnettuja tai mitattuja melutasoja viiranomaispohjaisiin ohje- ja raja-arvoihin (arvoja mm. lähteissä Kuusisto et al. (2013), WHO (1999), WHO (2009). Ohjearvot ovat terveysperusteisesti asetettuja tasojia, joita ei tulisi ylittää. Varsinaista terveyshaittaa ja meluhaitan todennäköisiä vaikutuksia voi myös pyrkiä arvioimaan tai kuvaamaan tarkemmin. Apuna arvioinnissa voi käyttää yksityiskohtaisempaa tietoa kynnystasoista, joiden

ylittyessä haitta alkaa ilmetä tai ilmenee tavallista useammin (esimerkiksi taulukko 4). Kaivosalueen ulkopuolella ei esiinny kaivoksesta johtuvia niin korkeita melutasoja, että ihmisillä olisi kuulovaurion riskiä.

Yksittäiseen ihmiseen kohdistuvia terveysvaikutuksia ei ole mahdollista arvioida tarkasti melupäästöön tai melutasoon liittyvien tietojen perusteella. Ainoastaan melun kohteeksi joutuva voi itse kuvata koetun meluhaitan (meluherkkyys, ennakoasenne melulähteeseen; Vartiainen et al. 2015). Melun häiritsevyys riippuu myös altistumistilanteesta (vapaa aika – työ) ja vuorokaudenajasta (päivä – yö). Meluun liittyvän haitan merkityksen arvioinnin epävarmuudet yleisellä tasolla liittyvät pitkälle näihin seikkoihin. Myös melun luonne on ratkaisevaa (melutyypit, esiintymisen vaihtelu jne.). Näitä seikkoja melun mallinnus, mittaukset ja raja-arvot eivät pysty täysin huomioimaan.

Mahdollisimman hyvällä ja oikeaan osuvalla meluarviolla voidaan kaivoksen suunnitteluvaiheessa pyrkiä valitsemaan sellaisia ratkaisuja, joilla haittaa voidaan pienentää ja toimivalla kaivoksella melua vähentää. Jo toimivalla kaivoksella toimenpiteiden vaikutuksia voidaan todentaa melumittauksin ja palautteena koetusta melusta.

Taulukko 4. Ympäristömelun keskeisimmät vaikutukset terveyteen ja niiden kynnysarvot (Heinonen-Guzejev et al. 2012).
Table 4. The most important effects of environmental noise on human health and their threshold values (Heinonen-Guzejev et al. 2012).

Vaikutus	Mittasuure ¹	Kynnystaso ²
Häiritsevyys	L_{den}	42 dB
Puheviestinnän häiriöt		
Lapset	L_{eq}	35 dB
Aikuiset	L_{eq}	45 dB
Oppiminen, muisti	L_{eq}	50 dB
Vaikutukset uneen		
Itse raportoitu unihäiriö	L_n	42 dB
Polysomnografiassa todetut	$L_{max, sisällä}$	32 dB
Raportoidut heräämiset	$SEL_{sisällä}$	53 dB
Kohonnut verenpaine	L_{den}	50 dB
Sepelvaltimotauti	L_{den}	60 dB

¹ L_{den} ja L_n on määritelty ulkona esiintyvänä äänitasoina. L_{max} voi olla mitattu joko sisällä tai ulkona.

² Taso, jonka yläpuolella vaikutus alkaa ilmetä tai ilmenee tavanomaista useammin.

L_{den} = päivä-ilta-yömelutaso (vuorokausimelutaso), pitkän ajan keskiäänitaso, jossa vuorokausi jaetaan päivä-, ilta- ja yöaikaan, ja kaikille näille määritetään erikseen keskiäänitasot.

L_{eq} = Keskiäänitaso.

L_{max} = Mittausaikana vallinnut suurin äänitaso.

L_n = Yöajan painottoman keskiäänitaso, yömelutaso.

SEL (Sound Exposure Level) = Yhden melutapahtuman aikainen äänialtistustaso.

9.7 Hajuhaitat

Hannu Komulainen (THL)

Kaivostoimintaan saattaa liittyä päästöjä, joilla on voimakas haju. Hajurikkiiyhdisteet, tavallisimmin rikkivety, ovat yleisin aineryhmä, joka aiheuttaa hajuhaittaa kaivosympäristössä. Hajuhaitta on ensi sijassa koettu haitta, joka vaikuttaa viihtyvyyteen ja elämän laatuun. Usein toistuessaan tai jatkuvana haju ja viihtyvyyshaitta saattaa pahentaa jo olemassa olevia terveyshaittoja, äärimmäisessä tapauksessa epämiellyttävä haju saattaa myös itsessään aiheuttaa terveysvaikutuksia. Siten hajuhaitta on, toistuvasti esiintyessään, myös mahdollinen terveysriski. Hajuhaittana arvioidaan kaivosympäristön ulkoilmassa olevaa hajua.

Ihmiset tunnistavat hajun ja kokevat sen haitallisuuden yksilöllisesti. Aineen haju tunnistetaan, aineen ja hajun mukaan, pitoisuuksina, jotka eivät aiheuta sellaisenaan toksisia vaikutuksia. Vieraan haitallisen hajun pelkkä tunnistaminen on ensisijainen tekijä, joka laukaisee haitallisuusreaktion, jos haju koetaan haitallisena. Hajuhaittaa kaivosympäristössä olisi arvioitava tästä lähtökohdasta. Hajua terveyshaittana, hajua tuottavia aineita ja hajuhaitan arviointia kaivosympäristössä on käsitelty yksityiskohtaisesti viitteessä Komulainen (2013g). YVA-arviossa tulisi esittää arvio kaivos-hankkeeseen liittyvästä hajuhaitasta ja sen merkityksestä kaivosympäristön väestölle.

9.7.1 Hajuhaitan arviointi

Hajuhaitan arvion laajuus, perusteellisuus ja tuloksen esittäminen voi olla lyhyt, jos on todettavissa, että toiminnasta ei todennäköisesti seuraa hajuhaittaa. Arvion perusteet olisi aina kuvattava. Jos kaivoksella käsitellään tai prosesseissa syntyy hajupäästöjä tuottavia aineita, arvio tulisi tehdä yksityiskohtaisempana.

Paha haju liittyy ilmassa haihtuvana oleviin aineisiin. Siten haju voi levitä ilmapirtausten mukana kauaksi ja olla todettavissa vielä kymmenienkin kilometrien päässä. Hajuhaitta on tyypillisesti pahin kaivoksen lähituntumassa. Hajua tuottavien yhdisteiden pitoisuus ilmassa on suurin, ennen kuin ne ehtivät laimeta ulkoilmassa.

Hajuhaittaa voidaan arvioida pääasiassa kvalitatiivisesti, koska yksityiskohtaisia viitearvoja hajuhaitan kvantitatiivista arviointia varten ei ole.

Aineen hajukynnys eli pienin haistettavissa oleva pitoisuus ilmassa on käytännössä ainoa riskinarvion käytettävissä oleva ainekohtainen numeerinen viitearvo. Yksittäisen aineen hajukynnysvertailu ei välttämättä kerro hajuongelmasta kokonaisuudessaan, jos useat eri aineet aiheuttavat hajun ja kaikkia aineita ei tunnusteta. Aineiden hajukynnysarvoja on esitetty esimerkiksi viitteissä American Industrial Hygiene Association (AIHA 1995) ja Suffet et al. (2004).

Hajuyhdisteiden haittoina tulisi arvioida akuutti terveyshaitta, viihtyvyyshaitta ja toistuvaan hajuallistumiseen liittyvät muut terveysvaikutukset.

Arviossa olisi tarpeen

- nimetä kaivosalueella käytettävät prosessikemikaalit, joista voi syntyä hajuhaittoja, ja kuvata niiden ominaisuudet hajuongelman kannalta
- kuvata ne prosessit kaivosalueella, joista voi syntyä hajupäästöjä, ja nimetä hajua aiheuttavat aineet
- kuvata ja arvioida hajua aiheuttavan aineen emissiot ilmaan
- arvioida hajun esiintyvyys ympäristössä (voimakkuus, säilyvyys, toistuvuus, leviämialue)
- esittää hajun kohteeksi joutuva väestö ja arvioida heille syntyvä haitta (hajun luonne, voimakkuus, ongelman laajuus alueellisesti).

Hajuongelman mahdollisuutta voi arvioida myös aikaisemman tiedon perusteella muista kaivoskohteista, jos vastaavia hajua tuottavia prosesseja on käytössä. Arviossa tulisi huomioida myös prosessihäiriöt ja poikkeustilanteet. Jo toimivalla kaivoksella mahdollinen hajuongelma on jo tiedossa. Ne aineet ja prosessit, jotka aiheuttavat hajua, voidaan tällöin tunnistaa ja kuvata. Tietoa hajun leviämialueesta kaivosalueen ympäristön väestön keskuudessa voidaan saada asiaa kartoittavalla kyselyllä.

Hajuhaittaa ympäristöterveysperäisenä ongelmana on selvitetty mm. teollisuuslaitoksilla, jätteen ja jäteveden käsittelylaitoksilla ja kaatopaikkojen ympäristöissä. Hajuhaitan tutkimukset näissä ympäristöissä voivat toimia hyödyllisinä malleina. Asiaa arvioitaessa on huomioitava pitoisuuksien vaihtelu, erityisesti hajupiikit, jotka yksin saattavat pitää yllä hajuongelmaa.

Hajuhaitta on helposti tunnistettavissa kaivosympäristössä, mutta sen todellisten terveysvaikutusten arviointi on vaikeaa. Kaivoksen perustamisvaiheen YVA-arviossa sitä on vaikea täsmällisesti ennustaa, koska hajuongelmat liittyvät usein prosessihäiriöihin ja poikkeustilanteisiin. Silloin jou-

dutaan arvioimaan enemmänkin hajuhaittojen todennäköisyyttä kuin täsmällistä hajuhaittaa. Paha tai vieras haju on usein toistuvana kuitenkin vähintään merkittävä viihtyvyyshaitta ja hajupäästöjä ympäristöön tulisi välttää.

9.8 Säteilyyn liittyvä terveysriski

Hannu Komulainen (THL)

Kaivostoiminnassa nostetaan maan pinnalle kivi- ja maa-aineksia, jotka sisältävät maa- ja kallioperässä olevia luonnon radioaktiivisia aineita. Niiden merkitys ympäristöperäisenä säteilyriskinä tulisi tarvittaessa arvioida (ks. Esiintymätyypin vaikutus kaivoshankkeen ympäristövaikutuksiin).

9.8.1 Arvioitavat radioaktiiviset aineet ja säteily

Maa- ja kallioperässä on vaihtelevasti säteilyä tuottavia, radioaktiivisia alkuaineita (esimerkiksi uraania). Radioaktiiviset aineet louhitaan kaivoksessa esille malmin mukana, riippumatta siitä, onko tavoitteena hyödyntää niitä. Siksi kaivostoimintaan liittyvien radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyriski tulisi arvioida jokaisella kaivoksella. Arvion laajuus ja syvyys voidaan rajata louhittavan aineksen sisältämien radioaktiivisten aineiden ja aineksen käsittelyn perusteella (radioaktiivisten aineiden kierto prosesseissa, päätyminen jätteisiin). Hyvässä YVA-arviossa kuvataan toiminnan radioaktiivisiin aineisiin ja niiden säteilyyn liittyvä riski. Kuvauksesta tulisi käydä ilmi radioaktiiviset ne aineet, joihin ongelmia voi liittyä, ja vähintään karkean tason arvio niiden aiheuttamasta säteilyriskistä kaivosalueen ympäristön väestölle.

Arvio tehdään luonnon radioaktiiville aineille. Siihen ei sisällytetä keinotekoisia radioaktiivisia aineita (esimerkiksi cesium-137 ja strontium-90), jotka ovat laskeumaa kaivoksen ulkopuolisesta toiminnasta (taannoiset ydinkokeet ilmakehässä, ydinvoimalaonnettomuus Tsernobylessä). Ne aiheuttavat kaivoksesta riippumatonta taustasäteilyä kaikkialla.

Säteilyriski tulisi selvittää ainakin seuraaviin aineisiin ja isotooppiin liittyvänä:

- uraani (U-238, U-235)
- torium (Th-228, Th-232)
- radium (Ra-226, Ra-228)

- radon (Rn-222)
- polonium-210 (Po-210)
- lyijy-210 (Pb-210).

Säteilyyn liittyvään riskianalyysiin on syytä sisällyttää myös muita isotooppeja, jos ne voivat tuottaa kyseisessä kaivosympäristössä poikkeuksellisesti säteilyä tai ovat muuten relevantteja arvioitavaksi.

Yksittäisten radioaktiivisten aineiden radioaktiivisuus, käyttäytyminen luonnossa ja elimistössä on erilaista ja siksi isotooppeittain arvioitava. Riskinarviota tehtäessä on huomioitava myös isotooppien hajoamistuotteet (koko hajoamisketju). Radioaktiivisten aineiden kemiallinen toksisuus arvioidaan erikseen.

9.8.2 Arvioitava säteilyyn liittyvä riski

Radioaktiivisten aineiden tuottamalla ionisoivalla säteilyllä on saadusta säteilyannoksesta riippuvia haitallisia vaikutuksia (Komulainen 2013h). Kaivosympäristössä radioaktiivisten aineiden aiheuttama tärkein terveysriski on ionisoivaan säteilyyn liittyvä syöpäriski. Ionisoivalle säteilylle ei ole haitatonta pitoisuutta vaan kaikki elinaikana saatu säteily lisää syöpäriskiä. Solutasolla kaikki ionisoiva säteily aiheuttaa samanlaisia muutoksia ja samanlaista haittaa. Niistä keskeisin on DNA-vaurio (Komulainen 2013h).

Riskinarviossa olisi selvitettävä

- lisääkö kaivostoiminta ympäristön asukkaiden säteilyaltistumista
- kuinka suuri lisäys on
- mikä on säteilyaltistuksen lisäykseen ja taustasäteilyyn liittyvä terveysriski.

Kokonaisuutena oleellista on tietää, kuinka paljon radioaktiivisuutta kaivoksen ympäristössä on (pinta- ja pohjavedet, maaperä, hengitysilma,

syötävä ravinto) ja miten se suhtautuu tasoon, jota pidetään väestölle hyväksyttävänä ja jota ei tulisi säteilysuojelun näkökohdasta ylittää.

Säteilyn kokonaisannos siinä kudoksessa, johon säteily kohdistuu, määrittää säteilyyn liittyvän terveysriskin. Kaivoksen ulkopuolella on tarvetta arvioida ensi sijassa elimistöön päätyvien radioaktiivisten aineiden aiheuttamaa terveysriskiä, koska kiinteät ulkoisen säteilyn lähteet, kuten jätekasat, sijaitsevat kaivosalueella.

Kaivoksen suunnitteluvaiheessa tulisi arvioida ja selvittää, ovatko säteily ja radioaktiiviset aineet erityinen kysymys ja ongelma kaivokseen liittyen. Asian arviointia varten tulisi selvittää seuraavia asioita:

- kallioperän ja louhittavan malmin radioaktiivisuus
- kaivoksen ympäristön radioaktiivisuus (radiologinen perustilaselvitys)
- radioaktiivisuuden liikkuminen kaivostoiminnan prosesseissa (mm. mahdollinen konsentroituminen tai isotooppien jääminen tiettyyn vaiheeseen prosessissa)
- radioaktiivisten aineiden loppusijoittuminen kaivosalueella ja päästöt jätekasosta kaivoksen sulkemisen jälkeen.

Radiologinen perustilaselvitys

Ympäristön radiologinen perustilaselvitys on syytä tehdä säteilyn lähtötason selvittämiseksi kaivoksen ympäristössä ennen kaivostoiminnan aloittamista. Radioaktiivisuus olisi suositeltavaa määrittää soveltuvasti samoista näytteistä, joista tehdään muita ympäristön nykytilamäärytyksiä. Tulokset voidaan tällöin parhaiten korreloida ja käyttää altistumisen kokonaisarviointiin. Myöhemmin voidaan seurata ja todeta, vaikuttaako kaivostoiminta ympäristön radioaktiivisten aineiden pitoisuuksiin ja säteilytilanteeseen. Ympäristön radiologisen perustilaselvityksen sisällöstä säteilytarkkailua varten on suositus esimerkiksi STUKin ohjeessa ST 12.1/2.2.2011 (STUK 2011).

Radioaktiivisuuden liikkuminen kaivostoiminnan prosesseissa

Jos louhittava malmi sisältää luonnon taustaan nähden poikkeavan paljon radioaktiivisia aineita, radioaktiivisia aineita erotetaan kaivosprosessissa malmista talteen (esimerkiksi uraanin talteenotto) tai radioaktiiviset aineet muuten konsentroituvat

kaivosalueella (esimerkiksi loppusijoitettavaan jätteeseen), radioaktiivisista aineista tulisi kuvata

- radioaktiivisuutta sisältävien malmien sijainti tehdasalueella
- käsittelyprosessit (esimerkiksi liuotus, puolituotteen saostukset, kuivaus)
- radioaktiivisuutta sisältävät päästöt kaivostoiminnan aikana (ilmaan, vesiin, jätevesiin; yleensä samanlainen arvio kuin ei-radioaktiivisille aineille ja niiden päästöille)
- radioaktiivisuutta sisältävien tuotteiden varastointi kaivosalueella
- radioaktiivisuutta sisältävien tuotteiden kuljetus kaivoalueelta
- radioaktiivisuutta sisältävien jätteiden radioaktiivisten aineiden koostumus, pitoisuustaso ja siihen liittyvä säteilytaso
- kaivosalueelle jäävän radioaktiivisuuden sijainti ja arvio sen liikkuvuudesta (suotovedet, leviäminen pölyssä).

Jo toimivalla kaivoksella säteilyyn liittyvä terveysriskinarvio voidaan tehdä yksityiskohtaisempana ja tarkempana, perustuen mitattuun säteilyyn ja aktiivisuuspitoisuuksiin. Oleellista on ensimmäiseksi verrata arviointihetkellä radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia ja ympäristön säteilytasoa lähtötilanteeseen, radiologiseen perustilaselvitykseen, ja arvioida mahdollisen muutoksen vaikutusta terveysriskiin. Myös poikkeus- ja onnettomuustilanteiden vaikutus päästöihin ja säteilyriskiin tulisi arvioida.

9.8.3 Riskinarvion toteutus

Terveysriskinarviossa tulisi esittää

- radioaktiiviset aineet ja niiden isotoopit, joille riskinarvio on ollut perusteltua tehdä
- radioaktiivisten aineiden aktiivisuuspitoisuudet analysoiduissa näytteissä
- altistumisesta aiheutuva kokonaissäteilyannos ihmiselle (efektiivinen säteilyannos mSv/vuosi; juomavedessä, hengitettynä, ravintokasveissa, maaperästä jne., kohteessa kyseeseen tulevat altistumistavat ja -reitit)
- säteilyannoksen suuruus suhteessa vertailutasoihin (esimerkiksi luonnon taustasäteilyyn, riskin kuvaus), säteilyyn liittyvä syöpäriski (jos kaivostoiminta lisää huomattavasti ihmisten säteilyaltistumista) ja muut mahdolliset terveysriskit.

Säteilyriskin arvioimista erityisesti kaivosympäristöissä on kuvattu mm. viitteessä Komulainen (2013h). Viitteessä on myös tietoa yksittäisistä radioaktiivisista aineista, niiden pitoisuuksista ympäristössä ja viitearvoja riskinarvioon. Säteilyturvakeskuksen (STUK) Internet-sivuilla ja STUKin tuottamissa materiaaleissa on terveystietoa ja säteilyyn liittyvät Suomen viranomaisohjeet (www.stuk.fi).

Kaivoksen suunnitteluvaiheen YVA-arviossa tulisi pääasiassa hahmottaa, ovatko radioaktiivi-

set aineet keskeinen kysymys hankkeessa, mihin aineisiin mahdolliset ongelmat liittyvät ja missä toiminnan vaiheessa. Oleellista olisi päästä sellaiseen tarkkuuteen, jolla estetään peruuttamattomat yllätykset ja ympäristön pilaantuminen säteilyllä, koska säteily ympäristössä on pitkäikäistä. Myöhempi ympäristön tilan seuranta kertoo todellisen tilanteen ja arvioinnin onnistumisen. Säteilyyn liittyvä riskinarvio edellyttää erityisosaamista, jota kannattaa käyttää osuvan arvion tekemiseksi.

9.9 Tärinään liittyvät haitat

Hannu Komulainen (THL)

Kaivokselta saattaa johtua ympäristöön tärinää erityisesti louhintaan liittyvien räjäytysten vuoksi. Siksi tärinästä mahdollisesti aiheutuva haitta on tarpeen arvioida. Tärinää arvioitaessa on arvioitava tärinän vaikutus lähiympäristön rakennuksiin ja muihin rakennelmiin sekä vaikutus ihmisten viihtyvyyteen ja terveyteen kaivoksen ympäristössä.

Tärinän kulkeutumiseen vaikuttavat käytetty räjähdemäärä, etäisyys sekä alueen geologiset ja geotekniset ominaisuudet (Khandelwal & Singh 2007, Suomen Ympäristökeskus 2010). Ajoneuvoliikenteen aiheuttaman tärinän voimakkuuteen vaikuttavat eniten ajoneuvon massa, ajonopeus ja tien kunto (Komulainen & Karlsson 2013).

Räjäytykset ja tärinä saattavat vaurioittaa lähellä olevia rakennuksia ja muita rakenteita, mutta tärinä on myös tunnistettavissa ja aistittavissa ja siten siihen liittyvä koettu haitta tulisi myös arvioida. Tärinän kokemiseen liittyy samanlaista yksilöllisyyttä kuin hajun ja melun kokemiseen. Hajun ja melun tavoin tärinä ei ole jatkuvaa, mutta se havaitaan kuitenkin joka kerta, kun sitä ilmenee. Räjäytyksiin liittyvään tärinään liittyy usein myös havaittava ääni. Ihminen kokee tärinän jo huomattavasti alhaisemmilla arvoilla kuin rakennuksille määritetyt tärinäraja-arvot ovat. Maaperän tärinällä ei kuitenkaan voi olettaa olevan suorita haittavaikutuksia elimistöön kaivosalueen ulkopuolella asuvilla ihmisillä. Kaivostoimintaan liittyvän tärinän terveyshaittojen arvioimiseen kaivoksen ympäristössä ei ole tiedossa vakiintunutta käytäntöä. Kaivostoimintaan liittyvää tärinän ja tärinän vaikutusten arvioinnista on yhteenvetoa ja suosituksia lähteessä Komulainen & Karlsson (2013).

9.9.1 Vaikutusten arviointi

Kaivostoiminnasta aiheutuvan tärinän vaikutuksia kaivosalueen ympäristössä on perusteltua arvioida ensimmäiseksi ympäristön rakennusten ja rakenteiden kannalta. Jos niissä todetaan tärinää, myös ihmiset todennäköisesti havaitsevat sen.

Tärinän vaikutuksen arvioimiseksi olisi hyödyllistä selvittää ja kuvata

- ne prosessit, jotka aiheuttavat kaivosalueella tärinää
- tärinän voimakkuus ja vaikutusalue
- se, kuinka usein tärinää ilmenee (montako kertaa vuorokaudessa jne.)
- se, mihin vuorokauden aikaan tärinä ilmenee
- se, kuinka kauaksi ja kuinka voimakkaana tärinä välittyy ympäristöön
- tärinää kokeva väestö (asuinpaikka, lukumäärä, ikäryhmät).

Suurimpaan osaan edellä luetelluista kohdista voidaan vastata kaivostoiminnan suunnitelmien pohjalta. Räjäytystöiden aiheuttamaa tärinän voimakkuutta ja vaikutus- sekä havaitsemisalueutta voidaan arvioida etukäteen laskemalla samanlaisesti räjähtävän räjähdysainemäärän ja kallion tärinänjohtavuusluvun avulla odotettavissa oleva maaperän heilahdusnopeus (mm/s) (Vuolio 2008, Törnqvist & Talja 2006). Kun nämä tiedot yhdistetään arvioon tärinän esiintyvyydestä (räjäytysten lukumäärä) ja kaivosympäristön asutus- ja väestötietoihin, on tehtävissä arvio tärinästä ja sen vaikutuksista kaivosympäristössä eri hankevaihtoehdoissa.



Kuva 21. Räjätyskenttää avolouhoksessa. Kuva: © T. Kauppila, GTK.
Fig. 21. Blast holes in an open pit. Photo: © T. Kauppila, GTK.

Toimivalla kaivoksella tärinän yleisyydestä, voimakkuudesta, leviämisestä ja aistittavuudesta on kokemuseräistä tietoa, jota tulisi käyttää riskinarvioon. Esimerkiksi kyselytutkimuksella voidaan selvittää, missä määrin tärinä on koettu haitallisena kaivoksen ulkopuolella, suhteuttamalla vastaukset etäisyyteen tärinän lähteestä.

Ympäristöperäiselle tärinälle ei ole terveysperusteisia raja-arvoja. Tärinän haitallisten vaikutusten arvioitiin on käytettävissä arvio ihmisen tärinäkokemuksesta eri heilahdusnopeuksilla kalliovaraisesti perustetussa rakennuksessa (Suomen Ympäristökeskus 2010) sekä kriteereitä liikennetärinästä asuinmukavuudelle aiheutuvasta haitasta (Törnqvist & Talja 2006). Maaperän tärinälle on enimmäisarvoja, joita ei tulisi ylittää rakennusten vaurioitumisen estämiseksi (Sosiaali- ja terveysministeriö 1998, Duvall & Fogelson 1962, German Standards Organization 1984).

Tärinän esiintyvyys ja todennäköinen vaikutusalueen laajuus voitaneen arvioida kaivoksen suunnitteluvaiheen YVA-arvioon suhteellisen hyvin. Tärinän voimakkuutta on vaikeampi ennustaa. Asutuksen etäisyys kaivoksesta määrittää pitkälti se, missä määrin tärinä on ongelma. Kokemukset muilta kaivoksilta voivat auttaa asian arvioinnissa, mutta tärinän eteneminen maaperästä riippuvalla tavalla tekee tilanteesta paikkakohtaisen.

Tärinän vaikutuksia voidaan vähentää valitsemalla mahdollisuuden mukaan sopivat menetelmät, esimerkiksi räjäytystekniikan osalta (The Scottish Government 2000). Kiviainestuotantoon liittyvän tärinän torjuntaan on ohjeita mm. SYKEN raportissa Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa (Suomen ympäristökeskus 2010).

10 VAIKUTUKSET ALUEESEEN

Jorma Jantunen (SYKE)

10.1 Vaikutukset alueiden käyttöön

Kaivoshankkeilla on usein laajoja vaikutuksia alueiden käyttöön. Vaikka kaivokset sijaitsevat yleensä syrjäseuduilla, on alueilla aina muutakin maankäyttöä. Vaikutukset alueiden käyttöön on otettava huomioon kaivoshankkeiden koko toiminnan ajalta.

Kaivosalue ei yleensä enää palaudu sulkemistoimien jälkeenkään käyttömahdollisuuksiltaan samaksi, kuin se oli ennen toiminnan aloittamista. Tilapäiset ja pysyvät vaikutukset eri käyttömuotoihin muodostuvat siitä, millaisessa käytössä alue on ollut ennen kaivostoimintaa ja millaiseksi se jää toiminnan ja sulkemistoimien päätyttyä.

Arvioinnissa on otettava huomioon myös vaikutukset valtakunnallisiin alueidenkäyttötavoit-

teisiin, voimassa olevassa kaavassa osoitettuun käyttötarkoitukseen sekä kaavan laadinta- ja tarkistamistarpeeseen. Muita maankäyttöön liittyviä ohjelmia, inventointeja ja selvityksiä ei liioin saa unohtaa. Tarkastelu ulotetaan hankkeen koko vaikutusalueelle, ja sen tavallisia keinoja ovat kartta-tarkastelut ja asiantuntija-arviot.

Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan kaivostoiminnan alueet otetaan huomioon kaavoja laadittaessa. Kaavoissa voidaan ohjata kaivostoiminnan ohella myös kaivostoimintaan liittyvää muuta maankäyttöä, kuten liikennejärjestelyjä, ja sovitaa yhteen kaivostoiminnan ja muun maankäytön tarpeita.

10.2 Vaikutukset maisemaan

Kaivoshankkeen toteuttaminen edellyttää yleensä merkittävää maastonmuotoilua, jolloin maisemarakenteeseen kohdistuu vaikutuksia. Usein kaivoshanke tuo myös teollisen elementin luonnonympäristöön eli maisematyyppi voi muuttua. Uusi

teollinen toiminta saattaa muuttaa alueen ajallista luonnetta ja voi poiketa ympäristön mittakaavasta.

Maisemaan kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa tehdään maisema-analyysyjä sekä havainnollistetaan kohteiden näkymistä. Niitä voidaan



Kuva 22. Kaivos voi muuttaa maisemaa. Kuva: © T. Kauppila, GTK.
Fig. 22. Mining can change the landscape. Photo: © T. Kauppila, GTK.

käyttää myös arvioitaessa kulttuuriympäristöön kohdistuvia vaikutuksia. Maiseman sietokyky sekä vaikutusalueen maisema- ja kulttuuriympäristön arvot tulee ottaa huomioon arvioitaessa maisemamuutosta. Kohteen kuuluminen arvokkaisiin maisema- tai kallioalueisiin on selvitettävä. Hankkeen

näkymistä arvioidaan kauko- ja lähimaisemassa, erityisesti tärkeimmistä näkymäsuunnista. Maisematekijöitä on luontevaa havainnollistaa kartoin, ilmakuvin ja havainnekuvin käyttäen hyväksi nykyaikaisia mallinnusmenetelmiä.

10.3 Vaikutukset kulttuuri- ja perinneympäristöihin

Vaikka kaivoshankkeet sijoittuvat yleensä syrjäisille seuduille, niillä voi olla vaikutuksia rakennettuun kulttuuriympäristöön tai perinneympäristöihin. Kaivoshanke voi vaikuttaa kulttuuri- ja perinneympäristöihin sekä myönteisesti että kielteisesti. Se voi auttaa kulttuuriympäristöjä säilymään asuttuina. Toisaalta hanke voi myös aiheuttaa paineita sellaiseen uudisrakentamiseen, joka heikentää kulttuurimaisemaa. Arvokkaista kult-

tuuriympäristöistä saa tietoa museovirastosta sekä maakunta- ja paikallismuseoista. Kaavoituksella on tärkeä asema, kun sovitetaan hankkeen mahdollisesti vaatimaa uudisrakentamista arvokkaan kulttuuriympäristöön.

Valtioneuvosto on tehnyt päätöksen (22.12.2009) valtakunnallisesti merkittävien rakennettujen kulttuuriympäristöjen suojelusta.

10.4 Vaikutukset muinaisjäänöksiin

Kaikki kiinteät muinaisjäänökset, kuten muinaiset hauta- ja asuinpaikat tai muinaiset linnoitusten paikat, ovat muinaismuistolain (295/1963) rauhoitettuja. Kiinteän muinaisjäänöksen kaivaminen, peittäminen, muuttaminen, vahingoittaminen, poistaminen ja muu siihen kajoaminen vaatii aina luvan.

Arvioinnissa tulee selvittää, onko hankealueella muinaisjäänöksiä. Museovirasto vastaa muinais-

jäänösten suojelusta ja pitää yllä muinaisjäänösrekisteriä, joka on käyttökelpoinen tiedonlähde.

Toiminnan estyminen muinaismuistolain nojalla ei oikeuta korvaukseen. Muinaisjäänöksen paljastuttua toiminnanharjoittaja on velvollinen keskeyttämään toiminnan ja ilmoittamaan asiasta museovirastolle. ELY-keskus voi muinaismuistolain perusteella antaa hakemuksesta luvan kajoata muinaisjäänökseen.

10.5 Liikennevaikutusten arviointi

Kaivoshankkeista aiheutuu sekä raskasta liikennettä että henkilöliikennettä. Raskasta liikennettä syntyy malmin ja rikasteiden kuljettamisesta markkinoille sekä kaivoksen tarvitsemien kemikaalien ja muiden raaka-aineiden kuljetuksesta. Henkilöliikennettä syntyy työntekijöiden työmatkoista. Kaivoshankkeet merkitsevät käytännössä aina suuria kuljetussuoritteita maanteitse, rautateitse tai vesitse. Liikenteen merkittävimmät vaikutukset liittyvät liikenneväylien rakentamiseen, liikennemäärien lisääntymiseen, liikenneturvallisuuteen, viihtyvyyteen, meluun ja pölyyn sekä muuhun ilmanlaatuun. Nämä vaikutukset korostuvat kaivoksen lähialueella. Liikenteestä aiheutuu myös kasvihuonekaasupäästöjä.

Uusien liikenneväylien rakentamisen ja käytön vaikutukset otetaan mukaan YVA-menettelyyn. Mikäli hankkeesta johtuva uusien liikenneyhteyk-

sien rakentaminen vaatii oman YVA-menettelyn, siitä vastaa tienpitäjä.

Hankkeen vaikutukset lähitieverkon liikennemääriin, liikenneturvallisuuteen, viihtyvyyteen, meluun ja pölyyn voidaan arvioida lähinnä käytämällä asiantuntija-arvioita ja tietoja kaivoshankkeen työmatka- ja kuljetusliikenteestä sekä käyttämällä apuna liikennemalleja. Vaikka vastuu maantieverkosta on tienpitäjällä, on ympäristövaikutusten arvioinnissa hyvä tarkastella myös mahdollisia keinoja lieventää lisääntyvän liikenteen aiheuttamia haittoja. Arviossa otetaan huomioon tienpitäjän keinot torjua haittoja. Niistä voidaan tehdä esityksiä tienpitäjän kanssa käytäviin neuvotteluihin.

Kaivoshankkeesta syntyvä raskas liikenne lisää liikennevirtaa. Hankkeen vaikutusten tarkastelu on syytä ulottaa tieverkolla niin pitkälle kuin

liikenteen lisäyksen vaikutus on selvästi erotettavissa muun liikenteen aiheuttamista vaikutuksista. Tieliikenteen vaikutusten arvioinnista on antanut ohjeita muun muassa Tiehallinto (1999 ja 2009).

Joidenkin hankkeiden yhteydessä voivat tulla kyseeseen myös rautatiekuljetukset ja vesiteitse ta-
pahtuvat kuljetukset. Näissä tapauksissa arviointi tehdään kunkin alan ohjeiden mukaisesti (Liikennevirasto 2013b).

11 SOSIAALISET JA TALOUDELLISET VAIKUTUKSET

*Tapani Kauppinen (THL), Hannu Törmä (Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti),
Elina Tran-Nguyen (FIANT Consulting Oy) ja Jaana Vormisto (FIANT Consulting Oy)*

11.1 Sosiaaliset vaikutukset

Tapani Kauppinen, Terveystieteiden tutkimuskeskus (THL)

Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten tai sosiaalisten vaikutusten arvioiminen tarkoittaa hankkeen tai toiminnan aiheuttamien ihmiseen, yhteisöön tai yhteiskuntaan kohdistuvia vaikutuksia, jotka aiheuttavat muutoksia ihmisten hyvinvoinnissa tai hyvinvoinnin jakautumisessa. Saatetaan myös puhua sosiaalisesta toimiluvasta, jolla tarkoitetaan paikallisten yhteisöjen hyväksyntää ja tukea niiden vaikutusalueella sijaitsevalle hankkeelle.

Hyvinvointi-käsite on monimutkainen, sillä tutkijatkaan eivät ole yksimielisiä siitä, mitä hyvinvoinnilla tarkoitetaan. Yhtä mieltä ollaan kuitenkin siitä, että hyvinvointi on moniulotteinen käsite, joten sitä ei voi mitata yhdellä mittarilla. Hyvinvoinnin ulottuvuuksina voi pitää elintasoa,

sosiaalisia suhteita tai psykososiaalista hyvinvointia sekä itsensä toteuttamista tai mielekästä tekemistä. Sovellettuna kaivostoiminnan vaikutuksiin, hyvinvointinäkökulmasta arvioinnin kohteina voivat olla vaikutukset talouteen, työllisyyteen ja elinkeinojen harjoittamiseen, yhteisöllisyyttä, viihtyisyyttä, pelkoja ja elämänlaatua tai elämäntapaa. Se, kuinka arviointi ja hanke toteutetaan, vaikuttaa osallisten osallisuuden tunteeseen. Ihmisiin kohdistuville vaikutuksille onkin ominaista, että ne ja niiden luonne ovat osaksi riippuvaisia ihmisten kokemuksista ja tiedoista. Näihin puolestaan vaikuttaa osaltaan toiminnanharjoittajan ja kansalaisten vuorovaikutus.

Miten hyvinvointia mitataan?

<https://www.thl.fi/fi/web/hyvinvointipolitiikka/elinolot-ja-hyvinvointi/miten-hyvinvointia-mitataan-> [24.10.2015]

11.2 Sosiaalisten vaikutusten arviointi

Tapani Kauppinen (THL)

Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten tai sosiaalisten vaikutusten arvioiminen tarkoittaa hankkeen tai toiminnan aiheuttamien ihmiseen, yhteisöön tai yhteiskuntaan kohdistuvia vaikutuksia, jotka aiheuttavat muutoksia ihmisten hyvinvoinnissa tai hyvinvoinnin jakautumisessa.

Riippuen siitä, kuinka sosiaalinen tai hyvinvointi määritellään, vaikutukset voivat liittyä suoraan

muualla tässä raportissa käsiteltäviin vaikutuksiin. Esimerkiksi sosiaalipoliittisesta näkökulmasta hyvinvoinnilla on yhteys työllisyyteen, palveluihin ja toimeentuloon ja terveyden ja hyvinvoinnin välinen yhteys on selvä, samoin kuin elinympäristön yhteys ihmisen hyvinvointiin esimerkiksi virkistyksen lähteenä. Sosiaaliset vaikutukset kytkeytyvät myös ihmisoikeuksiin.

Samalla tavoin kuin terveysvaikutuksilla ja ympäristövaikutuksilla on vuorovaikutussuhde, on sosiaalisia vaikutuksia tunnistettaessa ja arvioidessa mietittävä kunkin terveysvaikutuksen, talousvaikutuksen ja ekologisen vaikutuksen aiheuttamaa muutosta eri ihmisryhmien hyvinvoinnille. Kaikkia näitä väestön näkökulmasta kuvattuja vaikutuksia voi kutsua ihmisiin kohdistuviksi vaikutuksiksi. Näin eri vaikutukset ovat vuorovaikutussuhteessa toisiinsa, kuten

- luonnossa tapahtuvat muutokset vaikuttavat perinteisten elinkeinojen harjoittamiseen, loma-asutukseen tai matkailuun
- kalakantojen muutos kalastukseen
- veden laadun muutokset virkistykseen ja juomaveden laatuun
- työllisyyden muutos tulomuuttoon ja tulokkaiden tuomaan elämäntavan muutokseen.

Hyvinvoinnin yhteys terveys-, talous- ja ekologisiin vaikutuksiin on kaksisuuntainen. Samalla tavoin hyvinvoinnin muutoksilla on seurausvai-

kutuksia esimerkiksi väestöryhmien terveydentilaan, työvoiman saatavuuteen ja luontosuhteeseen ja edelleen luontoon. Tunne elämäntavan ja yhteisön rapautumisesta, sosiaalisten suhteiden huonontuessa ja osattomuuden tunteen lisääntyessä, vaikuttaa suoraan alueen identiteettiin, elinvoimaisuuteen ja elinympäristöön.

Integroidussa arvioinnissa tarkastellaankin sekä erikseen eri vaikutuskokonaisuuksia että pyritään tunnistamaan eri vaikutuskokonaisuuksien yhteisvaikutuksia ja toisiaan voimistavia syys-seurausverkkoja (katso esimerkki vaikutusverkosta Ihmis-oikeusperustaisuus sosiaalisten ja taloudellisten vaikutusten arvioinnissa -luvusta).

Tähän kokonaisuuteen liittyviä käsitteitä on avattu syvällisesti mm. julkaisussa Päivänen et al. (2005, 25–45). Tämä luku kattaa seuraavien vaikutusten arviointia:

- vaikutukset elämäntapaan, yhteisöön, sosiaaliin suhteisiin ja osallisuuteen
- vaikutukset arvoihin, asenteisiin, mielikuviin ja ristiriitoihin.

Tärkeintä on kuvata vaikutusten kohdentuminen eri väestöryhmiin

Ei riitä, että arvioidaan vaikutuksia väestöön keskimäärin, vaan on tärkeää tunnistaa eri väestöryhmiä ja arvioida erikseen hankkeen positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia näihin ryhmiin.

11.2.1 Seuranta

Seurannassa tarkastellaan, kuinka ennakoitua vaikutukset ovat toteutuneet ja mitä odottamattomia vaikutuksia päätöksestä on aiheutunut. Seurannan lähtökohtana on toistaa samat tutkimukset, joita YVA-vaiheessa on tehty, jotta odottamattomien vaikutusten tunnistaminen olisi helpompaa. Kapeammassa seurantasuunnitelmassa keskitytään vain merkittävien vaikutusten tunnistamiseen

sekä pyritään esimerkiksi kohdennetulla kyselyllä tunnistamaan odottamattomia vaikutuksia.

Seuranta voi olla kertaluonteista tai jatkuvaa oma- tai viranomaisvalvontaa. Seurantasuunnitelmassa tulisi näkyä seurannan järjestämisen vastuutus. Esimerkkejä seurannan toteuttamisen tavoista löytyy THL:n sivuilta (<http://www.thl.fi/fi/tutkimus-ja-asiantuntijatyo/tyokalut/ihmisiin-kohdistuvien-vaikutusten-arviointi/miten-iva-toeutetaan/seuranta>).

Lisätietoja

Anttonen M., Heikkinen, M., Karjalainen, T.P. & Reinikainen, K. 2010. YARA SUOMI OY Soklin kaivoshankkeen sosioekonomisten vaikutusten arviointi <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B51F30AA7-312D-4E8C-88B8-B2BBC19D277E%7D/42555>

Haverinen R. 1999. Vuorovaikutuksen jäsentäminen ympäristövaikutusten arvioinnissa. Opat hankkeesta vastaaville, suunnittelijoille ja yhteysviranomaisille. Suomen ympäristökeskus.

Kokko K. et al. 2014. Hyvä kaivos pohjoisessa – opaskirja ympäristösääntelyyn ja sosiaalista kestävyyttä tukeviin parhaisiin käytäntöihin. <http://www.ulapland.fi/Suomeksi/Yksikot/Oikeus-tieteiden-tiedekunta/Tutkimus-ja-jatko-opinnot/Projekteja/DILACOMI>

Kokkonen A. 2005. Sosiaalisten vaikutusten arviointitutkimus Talvivaaran kaivoshankkeen vaikutusalueella Lapin yliopisto. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BF37EF318-8266-4456-A5CC-838982B4337B%7D/43145>. (pdf 694 Kt)

Lapin vesitutkimus OY 2005. Terveysvaikutusten riskin aiheuttamat sosiaaliset vaikutukset Teoksessa Talvivaara Projekti Oy : Talvivaaran kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arviointiselostus. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B8832D3F7-69FA-4C99-8AF4-5738AF22C691%7D/43141> (pdf 4,5 Mt)

Liikennevirasto 2011. Radanpidon vuorovaikutusohje. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/livi_2011_radanpidon_vuorovaikutusohje_web.pdf

Päivänen J., Kohl, J. Manninen, J. Sairinen, R. & Kytä , M. 2005. Sosiaalisten vaikutusten arviointi kaavoituksessa. Avauksia sisältöön ja menetelmiin Suomen ympäristö 766.

Pöyry Finland Oy 2009. Adriana Resources Inc. : Mustavaaran kaivoshanke : YVA-selostus : SVA-raportti. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BEA45FB76-9136-4734-B3B8-21EA61BD92A9%7D/78535>. (pdf 260 Kt)

Suomen luonnonsuojeluliitto 2013. Vaikuta kaivoshankkeisiin. <http://www.sll.fi/mita-sina-voit-tehda/vaikuta-lahiymparistoosi/vaikuta-kaivoshankkeisiin>

THL 2013. Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arvioinnin käsikirja, menetelmät. http://www.thl.fi/fi_FI/web/fi/tutkimus/tyokalut/iva/toteutus/menetelmat

THL 2013. Kaventaja-verkkopalvelu, tilastot. http://www.thl.fi/fi_FI/web/kaventaja-fi/keinot/tilastot

11.2.2 Miten arviointi tehdään

Kuten YVAssa yleensäkin, arvioinnissa ovat osin päällekkäisinä vaiheina tiedon keruu, nykytilan kuvaus, muutoksen kuvaus ja erikseen vaikutusten suuruuden ja merkittävyyden arviointi. Arvioinnin sisällön rinnalla sillä, kuinka arviointi tehdään, on merkittävä vaikutus siihen, kuinka yhteisö ja yhteiskunta hyväksyvät hankkeen ja sen vaikutukset. Arviointi ei ole vain vaikutusten arvioimisen tekninen prosessi vaan hankkeen sosiaalisen hyväksymisprosessin tärkeä osatekijä.

Eri vaiheista ja menetelmistä on koottu esimerkkejä ja menetelmäkuvauksia Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen IVA-käsikirjaan (<http://www.thl.fi/fi/tutkimus-ja-asiantuntijatyo/tyokalu/ihmisiin-kohdistuvien-vaikutusten-arviointi/miten-iva-toteutetaan>).

Tiedonhankinta ja vuorovaikutus

Tietoa vaikutuksista kertyy koko YVA-prosessin ajan. Kertynyttä tietoa voi käyttää YVAN eri vaiheissa. Esimerkiksi yhden työpajan tai yleisötilaisuuden antia voi käyttää nykytilanteen kuvauksessa, vaikutusten tunnistamisessa, kohderyhmien tunnistamisessa ja vaikutusten merkittävyyden arvioinnissa. Tarkoitus on löytää yhteisön mahdolliset erityispiirteet, kuten luontoon tai elämäntapaan liittyvät erityiset arvot, ja ne väestöryhmät, joihin vaikutukset erityisesti kohdistuvat. Ei riitä, että tiedossa on esimerkiksi vain jompikumpi:

- tilastotietoa alueen asukkaista
- hankkeen vaikutusalueen asukkaiden mielipiteet hankkeesta perusteluineen.

Vaikutusten arviointiin tarvitaan molempia aineksia.

Tiedon keruun voi toteuttaa kolmivaiheisesti

Vaihe 1. Tutustu dokumenttien avulla alueen väestötietoihin ja ympäristön ja kulttuurin erityispiirteisiin. Millaisia paikalliset asukkaat ja todennäköisesti tulevat asukkaat ovat? Onko alueella erityisiä arvoja elinkeinoihin tai elinympäristöön liittyviä arvoja? Kokoa aineiston avulla alustava lista puuttuvista tiedoista sekä eri ihmisryhmistä ja hankkeen mahdollisista vaikutuksista heihin.

Vaihe 2. Toteuta teemahaastattelukierros tai pienryhmä/työpajatyöskentelyä, joiden avulla koostat tietoa siitä, millaisia ihmisiä alueella on ja

mitä he ajattelevat hankkeesta. Teemahaastattelulla saadaan lomakehaastattelua syvällisemmin esiin ihmisten pelot, mielipiteet ja näkemykset sekä perustelut näille näkemyksille. Kerää vuorovaikutustilanteista materiaalia arviointiin. Haastattele niin monta eri ryhmien edustajaa, ettei oleellisesti uusia keskustelunaiheita enää tule esiin.

Vaihe 3. Toteuta tarvittaessa laajempi lomakekysely tai puhelinhaastattelu, jonka avulla saat käsityksen erilaisten näkemysten kannattajien määrästä ja heidän ominaisuuksistaan. Laajemmissa suunnitelmissa ja ohjelmissa asiantuntijapaneelit voivat korvata kyselyjä ja haastatteluja.

Tarkista, ovatko vaikutukset erilaiset eri väestöryhmiin:

- paikalliset, tulokkaat, kävijät
- nykyiset asukkaat, tulevat asukkaat
- mökkiläiset, maanomistajat, maiden käyttäjät
- elinkeinon harjoittajat: maa-, metsä-, kalatalous, matkailu
- naiset, miehet
- lapset, iäkkäät
- työlliset, työttömät
- koulutetut, kouluttamattomat
- vaikutusalue osa-alueittain.

Tiedonhankinnan menetelmiä on erilaisia, ja niitä voi jäsentää esimerkiksi vaikutusalueen mukaan (Katso esimerkki Pöyry Finland Oy 2009):

- kirjalliset lähteet vaikutusalueen hyvinvoinnin lähtökohdista, elämäntavasta ja arvoista
 - kuntien ja kuntaorganisaatioiden sekä valtion tilastot, kirjat, media (lisätietoa http://www.thl.fi/fi_FI/web/kaventaja-fi/keinot/tilastot)
- kyselyt ja haastattelut hankkeeseen suhtautumisesta ja sen syistä (lisätietoa Päivänen et al. 2005, s. 67–78)
- vuorovaikutustilanteet, kuten seurantaryhmä, työpajat, pienryhmät ja info-kioskit
- suullinen, kirjallinen ja Internet-palaute, kuulemistilaisuudet (lisätietoa Haverinen 1999)
 - Sähköiset palautejärjestelmät on hyvä ja nopea lisä perustiedon ja arviointimateriaalin keräämiseen, mutta se ei saa koskaan korvata kasvokkaisia palautetilaisuuksia – kaikilla ei ole mahdollisuutta Internet-palautteen antoon.

Vaikutusten tunnistaminen

Vaikutusten tunnistamisen avuksi soveltuvat esimerkiksi vaikutusverkot, tarkistuslistat ja indikaattorit sekä asukkaiden, viranhaltijoiden tai muiden asiantuntijoiden näkemykset todennäköisimmistä vaikutuksista. Katso esimerkki eläytymismenettelmästä ja asukkaiden sekä ulkopuolisten asuinalueeseen, hankkeeseen, merkittäviin paikkoihin liittyvän tiedon kuvaamisesta (Kokkonen 2005).

Arvioijan asiantuntemusta on tunnistaa myös niitä vaikutuksia, jotka eivät nouse osallisten vuorovaikutustilanteissa esiin. Ei voi olettaa, että asukkailla on käytössään kaikkea vaikutuksiin liittyvää tietoa. Toisaalta osalliset voivat seurata osallistumisen toteutumista esimerkiksi Suomen luonnonsuojeluliiton oppaan avulla (Suomen luonnonsuojeluliitto 2013).

Vaikutusten arviointi

Vaikutusten arvioinnissa oleellista on kuvata tärkeäksi koetun asian muutos nykytilasta YVAssa valittuun tulevaisuuden tarkastelupisteeseen, kuten kaivoksen toiminnassa olemisen tilanteeseen. Tämän jälkeen kuvataan tämän muutoksen vaikutus. Voi olla, että kaivos tuottaa muutoksia, joilla ei ole positiivisia eikä negatiivisia vaikutuksia, tai kaivos ei tuota muutosta, mutta muuttumattomuudella on kuitenkin vaikutuksia.

Muutosta voi mallintaa, ja siitä voi tehdä skenaarioita tai kuvata eri tavoin. Tietoa muutoksista ja sen vaikutuksista voi kerätä samoilla tiedonhankinnan ja vuorovaikutuksen menetelmillä. Vaikutusten arvioinnin menetelmiä on koottu esimerkiksi THL:n internetsivuille (<http://www.thl.fi/fi/tutkimus-ja-asiantuntijatyo/tyokalut/ihmisiinkohdistuvien-vaikutusten-arviointi/miten-iva-toeutetaan>).

Arviointia tehtäessä osallisten vuorovaikutus on tärkeää. Arviointi voidaan toteuttaa esimerkiksi asteittain laajentuen niin, että alustavan vaikutusten tunnistamisen ja kuvauksen luonnostelee arviointiryhmä ja tämän jälkeen alustava luonnos käsitellään yhdessä asianosaisten kanssa. Mikään ei estä asianosaisia kuvaamasta vaikutuksia omasta näkökulmastaan. Lopputuloksena ei välttämättä saada yhtenäistä arviointia vaan kuvaus eri väestöryhmien kokemista mahdollisista vaikutuksista. Katso esimerkki vuoropuhelumallista ja pienryhmätoiminnasta vuorovaikutteisena arviointimuotona (Anttonen et al. 2010).

Toimittaessa arktisilla alueilla tulee huomioida alkuperäiskansojen erityisasema: Miten kaivostoiminta vaikuttaa alkuperäiskansan ja kieliryhmien

- kulttuuriin ja kielellisiin oikeuksiin
- kulttuuri-identiteettiin
- kulttuuri-itsehallintoon
- maanomistuskysymykseen
- maan ja kalavesien hyödyntämiseen
- perinteisten elinkeinojen harjoittamiseen
- alkuperäisen ja uuden väestön suhteeseen
- työllisyyteen?

Osallistuminen ei yksin ole vaikutusten arviointia

Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arviointi ei ole vain mielipidekysely siitä, mitä mieltä osalliset ovat kaivoshankkeesta. Vaikutusten arviointi käyttää osallistumisen tuloksia yhtenä lähteenä, ja osalliset itse osallistuvat myös arviointiin.

Erota toisistaan muutoksen kuvaus ja vaikutuksen kuvaus

Samalla tavoin kuin nykytilanteen kuvaus, ei tapahtuvan todennäköisen muutoksen kuvailu riitä yksin vaikutusten arvioinniksi. Erota siis muutoksen kuvaus vaikutuksen arvioinnista. Etsi vastauksia kysymyksiin esimerkiksi siitä, mitä tapahtuu, jos asukasmäärä muuttuu tai jos alkuperäiselinkeinojen harjoittamisessa tapahtuu muutoksia.



Kuva 23. Vierailijoita kaivoskohteessa. Kuva: © T. Kauppila, GTK.
Fig. 23. Visitors at a mine site. Photo: © T. Kauppila, GTK.

Osallistuminen varmistaa eri mielipiteiden esiintulon ja arvioinnin korkeatasoisuuden. Arviointi toteutetaan useamman asiantuntijan voimin, mielellään vuorovaikutteisena yhteisarviointina osallisten kanssa. Osallistumisen kautta saadun materiaalin tulee olla arvioijien käytössä. Arviointiin kuuluu muutoksen kuvaamisen lisäksi arviointi vaikutuksista. Katso esimerkki muutoksen kuvaamisesta (Pöyry Finland Oy 2009).

Katso esimerkki osallistumisen ja arvioinnin erottavasta toimintatavasta esimerkiksi vaikutuksesta porotalouteen, luonto- ja erämatkailuun ja Itä-Lapin imagoon (Anttonen et al. 2010).

Arvioinnin laadun varmistamiseksi tarkista, että

- mitattavat ja mittaamattomat asiat käsitellään erikseen
- arvioinnin vaiheet kytkeytyvät toisiinsa loogisesti eli arviointi pohjautuu edellisiin vaiheisiin

- todennäköiset vaikutusketjut tai vaikutusverkot kuvataan
- lähtötietojen, -arvojen ja -oletusten aiheuttama epävarmuutta pohditaan
- tarkistuskierrokset ja osallistuminen sekä eri tahojen mielipiteet ja mielipide-erot kirjataan riittävän selvästi
- kerrointen ja priorisointien käyttö on läpinäkyvää ja perusteltua
- seurantasuunnitelmassa on määritelty vastuutahot, joita lupaviranomaiset seuraavat.

11.2.3 Sosiaalisten vaikutusten merkittävyyden arviointi

Usein resurssien rajallisuuden vuoksi arviointiin voidaan valita vain pieni määrä vaikutuksia. Tällöin tarkasteltavat vaikutukset valitaan niiden merkittävyyden perusteella. Lue lisää merkittävyyden

arvioinnista Vaikutusten merkittävyyden arviointi -kappaleesta ja katso esimerkki merkittävyyden kuvaamisesta (Pöyry Finland Oy 2009). Sosiaalisten vaikutuksen merkittävyyttä voi analysoida vastaamalla seuraaviin kysymyksiin:

- Aiheuttaako vaikutus kuolemia, vammautumisia tai muita oireita (ks. Terveysvaikutusten arviointi)?
- Kuinka todennäköisesti vaikutus toteutuu? Onko mahdollisuuksia arvioida kaikkia epätodennäköisimpiäkin riskejä?
- Millainen on vaikutuksen kohteena oleva väestö (määrä, rakenne)? Mihin väestöryhmiin vaikutukset kohdistuvat? Ovatko alttiina sellaiset väestöryhmät, joiden muutoksen sietokyky on heikko (esim. alkuperäisväestö, lapset tai vanhukset, työttömät väestöryhmät on tunnistettava tapauskohtaisesti)?
- Mikä on vaikutuksen kesto? Mitkä haitat keskittyvät rakentamisaikaan, toteutukseen tai esimerkiksi vain tiettyyn vuodenaikaan? Onko vaikutuksen kesto vuosia, kuukausia vai päiviä?
- Mikä on vaikutuksen kohteena olevan väestön käsitys hyödyistä ja haitoista? Kokeeko yhteisö haitan niin suureksi, että ne, jotka voivat, muuttavat pois?
- Millaisia ovat vaikutuksen peruuttamattomuus ja lieventämismahdollisuudet? Joudutaanko esim. lunastuksiin vai maksetaanko korvauksia? Vai joutuuko asukas vain sopeutumaan vaikutukseen (esim. lisääntyvään meluun)?
- Onko vaikutus osa laajempaa vaikutusketjua tai -verkkoa ja siksi tärkeä? Onko kaivoshankkeella yhteisvaikutuksia tai kumuloituvia vaikutuksia?
- Liittyykö vaikutuksiin ristiriitoja? Jos liittyy, kannattaa vaikutus selvittää, ts. ottaa mukaan julkiseen arviointiprosessiin.

On tärkeää kirjata erilaiset mielipiteet ja esittää eri osallisten toisistaan poikkeavat käsitykset vaikutuksista, niiden kohdentumisesta tai tavoitteiden toteutumisesta. Haittojen ja hyötyjen erilainen jakautuminen on tärkeä tuoda esiin. Katso esimerkiksi ristiriitaisten vaikutusten kuvauksesta (Anttonen et al. 2010).

11.2.4 Vaikutukset arvoihin ja asenteisiin

Kaivostoiminnan sosiaalisen toimiluvan käsite kuvaa asenteiden ja arvojen merkitystä hankkeiden hyväksyttävyydelle. Sosiaalisella toimiluvalla tarkoitetaan paikkakuntalaisten hyväksyntää hankkeelle. Se voidaan saavuttaa avoimella ja varhaisella vuorovaikutuksella paikallistason sidosryhmien kanssa. Sosiaalisen toimiluvan edellytyksiä ovat alkuperäiskansojen oikeuksien tunnistaminen ja ihmisten kokemisen arvon tunnustaminen sekä ympäröivän yhteiskunnan asenteiden ennakointi (Kohl et al. 2013). Joskus on sanottu, että hankkeen negatiiviset mielikuvat ovat suurin yksittäinen sosiaalinen vaikutus. Mielikuvat saattavat näkyä pelkoina ja hankkeen vastustamisena.

Arvoihin, asenteisiin ja mielikuviin kohdistuvien vaikutusten arviointi tehdään samoilla periaatteilla ja menetelmillä kuin edellisen luvun elämäntapaan ja yhteisöön kohdistuvien vaikutusten arviointi. Usein asenteet ja mielikuvat toimivat muiden ihmisiin kohdistuvien vaikutusten katalysaattoreina. Tärkeäksi koettujen asioiden katoaminen tuottaa todennäköisemmin negatiivisia vaikutuksia kuin sellaisten tekijöiden katoaminen, joilla ei ole eri väestöryhmille merkitystä.

Erot arvoissa johtavat ristiriitoihin. Ristiriitailanteessa yleensä joku voittaa ja joku häviää. Erilaisia rahallisia korvausmenettelyjä on käytetty pitkään (Ketola et al. 2009) mutta vähemmän on käytetty sosiaalista kompensatiota. Kompensatioista kerrotaan enemmän Pelot ja Ristiriidat -kappaleessa.

Lisätietoja

Ketola, M., Malin, K., Nyrölä, L. & Suvantola, L. 2009. Kompensaation mahdollisuudet liikennehankkeissa. Suomen ympäristö 18/2009. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38028/SY18_2009_Kompensaation_mahdollisuudet_liikennehankkeissa.pdf?sequence=1

Kohl, J., Wessberg, N., Kauppi, S., Myllyoja, J. & Wessman-Jääskeläinen, H. 2013. Kestävä ja hyväksyttävä kaivannaisteollisuus 2030: Visio ja roadmap. VTT Technology 145. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T145.pdf>

Kokko K. Oksanen, A., Hast, S., Heikkinen, H. I., Hentilä, H.-L., Jokinen, M., Komu, T., Kunnaari, M., Lépy, E., Soudunsaari, L., Suikkanen, A. & Suopajarvi, L. 2014. Hyvä kaivos pohjoisessa – opaskirja ympäristösäätelyyn ja sosiaalista kestävyttä tukeviin parhaisiin käytäntöihin. <http://www.ulapland.fi/Suomeksi/Yksikot/Oikeustieteiden-tiedekunta/Tutkimus-ja-jatko-opinnot/Projekteja/DILACOMI>

Lapin vesitutkimus OY 2005. Terveysvaikutusten riskin aiheuttamat sosiaaliset vaikutukset Teoksessa Talvivaara Projekti Oy: Talvivaaran kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arviointiselostus yva-keskus <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B8832D3F7-69FA-4C99-8AF4-5738AF22C691%7D/43141> (pdf 4,5 Mt)

Northland Mining Oy 2013. Hannukaisen kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arviointi. KESKUSTELUTILAISUUS kiinteistön- ja maanomistajat 9.9.2013 klo 18–20 Kellokas. Viimeksi päivitetty 15.10.2013 Ramboll. http://www.hannukaisenkaivos.fi/aineisto/20130909_Kiinteistonomistajat.pdf.

Nyrölä, L., Teerihalme, H., Erävuori, L., Junnilainen, L., Järvitalo, A. & Väre, S. 2011. Kompensaation reunaehdot tie- ja rautatiehankkeissa. Liikennevirasto, väylätekniikkaosasto. Helsinki 2011. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 52/2011. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2011-52_kompensaation_toteuttamisen_web.pdf

Vehmas, A. 2012. Vuoropuhelukokemuksia – haittojen lieventäminen vai korvaaminen. Luento YVA-päivät 22.3.2012. http://yvary.fi/userfiles/Vehmas_vuoropuhelu.pdf

11.2.5 Arvojen, asenteiden ja mielikuvien muutos ja niiden vaikutus

Kuten edellisessä luvussa on kuvattu, on tärkeää tunnistaa eri väestöryhmien erot. Erityisen tärkeää on saada erityisryhmien ääni kuuluviin. Enemmistön tai kovaäänisimmän väestöryhmän edustamat asenteet ja arvot eivät välttämättä ole koko yhteisön arvoja. Arvoihin ja asenteisiin liittyy tunne hankkeen hyväksyttävyydestä. Eri väestöryhmien tunne hankkeen suunnittelun ja toteuttamisen ja sen jälkeisen ajan oikeudenmukaisuudesta ja tasa-arvosta, kuten hyötyjen ja haittojen jakautumises-

ta, sekä tärkeäksi koettujen arvojen mukaisuudesta vaikuttavat vaikutusten kokemiseen.

Seuraavassa listassa on kuvattu arvoihin ja asenteisiin vaikuttavia tahoja, jotka luovat hankkeen hyväksyttävyyttä. Samat tahot toimivat myös asian tiedonlähteinä (muokattu Vehmas 2012): Valtakunnallinen hankkeen hyväksyttävyyden, julkinen mielipide:

- media
- valtakunnalliset ja alueelliset järjestöt
- turistit, kansalaiset.

Kunta, seutu:

- muut kuntalaiset, teiden, luonnon, maan ja vesien käyttäjät
- yrittäjäyhdistykset, elinkeinoelämä
- viranomaiset ja niiden kaltaiset tahot.

Hankkeen lähialue (yleisimmin haitan kärsijät):

- maanomistajat, alueen käyttäjät, asukkaat
- alueella toimivat järjestöt, yrittäjät ja yritykset.

Lyhyt arvojen ja mielikuvien arviointiprosessi

- Määrittele vaikutuksen kohteena olevien väestöryhmien nykyiset arvot ja mielikuvat ympäristöstä ja hankkeesta. Vaikutuksen kohteena voi olla lähialueen, seudun tai valtakunnalliset tahot.
- Kuvaa, miten hanke muuttaa arvokkaina pidettyjä asioita.
- Arvioi, onko muutos merkittävä ja millainen vaikutus arvojen muutoksella on vaikutuksen kohteena oleviin.

Arviointiprosessi kuvattuna matriisimuodossa:

	arvot nyt	muutos	muutoksen vaikutus -> muihin yhteiskunnallisiin vaikutuksiin
lähialue			
kunta/seutu			
valtakunta			

Hyvässä arvioinnissa selviää:

- Mikä ihmisryhmä pitää arvokkaana mitäkin asiaa?
- Miksi tätä asiaa pidetään arvokkaana?
- Miten hanke voi muuttaa arvokkaana pidettyä asiaa (lisää tai vähentää arvoa)?
- Voiko arvonmuutokseen jotenkin vaikuttaa (vähentää arvonlaskua, korvata arvonlaskua, tukea arvonnousua)?

Muista, ettei arvo välttämättä ole rahassa mitattavaa.

11.2.6 Pelot ja Ristiriidat

Pelot

Eri tahojen merkittäviksi kuvaamat vaikutukset saattavat paljastaa pelkoja ja myös vääriä tietoja ja mielikuvia kaivoshankkeesta. Saattaa olla, että pelot muodostavat merkittävimmän hankkeen aiheuttaman sosiaalisen vaikutuksen. Pelot näkyvät esimerkiksi NIMBY-ilmiönä ("ei minun takapihalleni" -ilmiönä), jossa periaatteessa ei vastusteta hanketta vaan sen sijoittumista itseään lähelle.

Osa peloista voi olla aiheellisia. Avoin ja vuoro-vaikutteinen arviointi- ja suunnitteluprosessi on paras keino aiheettomien pelkojen lieventämiseksi. Näin YVA voi itsessään toimia pelosta aiheutuvien negatiivisten vaikutusten vähentäjänä.

Esimerkiksi Anttonen et al. (2010, s. 54, 63) raportoivat Soklin kaivoksen yhteydessä käydyistä uraanikeskustelusta, joka osoittaa selkeästi, miten

keskeinen haaste on löytää keinoja erilaisten, epämääräistenkin, pelkojen käsittelyyn ja hallintaan. Tässä tapauksessa asiantuntijatahojen, kuten STUKin, tulee selkeyttää asukkaille, miten kaivostoimintaa hallitaan ja miten siihen liittyviin riskeihin on varauduttu. Lisäksi on pyrittävä kertomaan maallikoille ymmärrettävällä tavalla ja esimerkiksi avulla huolen suhteellisuutta ja käytännön merkityksiä. Lopuksi arvioinnin tekijät muistuttavat, että kaikkien osapuolien on myös hyväksyttävä, että uraanin suhteen pelko voi olla kuin lentopelko, johon tieto ja todennäköisyydet eivät auta. Katso toinen esimerkki tiedottamisen merkityksestä epätietoisuuden ja epäluuloisuuden vähentäjänä (Lapin Vesitutkimus Oy 2005; s. 243).

Ristiriidat

YVA-hankkeissa ristiriidat ovat yleensä yhden väestöryhmän sisällä hyötyjen ja haittojen välisiä

Hankkeesta vastaavan huonetaulu pelkojen ja ristiriitojen vähentämiseksi

- Aloita tiedotus ajoissa, jo ennen arviointia.
- Luo vapaaehtoisesti tilanteita, joissa huolia, pelkoja ja ristiriitoja voi ajoissa käsitellä.
- Ole rehellinen, valheesta kiinnijäämisen jälkeen luottamusta on vaikea rakentaa.
- Katkaise huhuilta siivet, koska väärät tiedot leviävät ja kasvavat huomaamatta.
- Kerro arvioinnin aikataulusta ja siitä, miten osalliset voivat olla vuorovaikutuksessa.
- Valitusten ja negatiivisten lausuntojen sisältö tulee yleensä esiin jo arvioinnin aikana, joten ota palaute huomioon jo suunnitteluvaiheessa.
- Hankkeesta vastaava ei voi virallisesti kommentoida YVA-selostuksen lausuntoja, joten ne täytyy kertoa etukäteen prosessin aikana.

sekä eri arvoja edustavien väestöryhmien välisiä, usein hyötyjen ja haittojen epätasaisesta jakautumisesta aiheutuvia. Hyötyjen epätasaisesta jakautumisesta ovat esim. seuraavat:

- haittojen kasaantuminen tietyille väestöryhmille ja hyötyjen toisille
- maanmenetys, elinkeinon menetys, luonnon tuhoutuminen, voitto, työllistyminen.

Ristiriitojen käsittelyyn voi aloittaa tunnistamalla ja kuvaamalla, kuka hankkeessa voittaa ja kuka häviää.

Ristiriitojen ratkaisemisessa eri intressitahojen välinen vuorovaikutus ja osallistuminen ovat ensiarvoisia. Vuorovaikutusta lisäävät erilaiset infopisteet ja tapaamiset, foorumi- ja yleisötilaisuudet sekä yhteistyöelimen perustaminen. Kasvokkain keskustelu voi ehkäistä ristiriitojen syntyä ja väärinkäsityksiä sekä auttaa nopeasti erimielisyyksien ratkaisemisessa.

Osallistumisen ja ymmärryksen lisääntymisen rinnalla ristiriitoja voivat vähentää erilaiset negatiivisten vaikutusten lieventämiskeinot, kuten rahallinen lunastus ja sosiaalinen kompensaatio.

Sosiaalinen kompensaatio

Haittojen minimoimisessa tärkeintä on haittojen ennaltaehkäisy ja niiden välitön eliminointi. Mikäli tämä ei ole riittävää, voidaan harkita sosiaalista kompensaatiota.

Sosiaalisella kompensaatiolla ymmärretään ihmisiin tai yhteisöihin kohdistuvien haittojen korvaamista sellaisin toimenpitein, että kohderyhmä kokee haitan tulleen korvatuksi (Nyrölä et al. 2011). Sosiaaliset kompensaatiot (Vehmas 2012):

- Ne voivat lisätä hankkeen hyväksyttävyyttä merkittävästi.

- Ne suunnitellaan yhdessä niiden kanssa, joihin haitalliset vaikutukset kohdistuvat.
- Vuoropuhelu on tärkeää.
- Kompensaation hyötyinä on pidetty sen mahdollisuutta nopeuttaa hankkeen aikataulua vähentämällä valituksia ja muistutuksia sekä lisäämällä hankkeen laatua.

Sosiaaliset kompensaatiot voivat Nyrölä et al. (2011) mukaan toimia myös ristiriitojen hallinnan keinona. Jos hanke on konfliktiherkkä tai heti suunnittelun alussa nähdään konfliktin mahdollisuus, kompensaatiot voivat ehkäistä tai vähentää konflikteja. Kun konfliktin osapuolten kanssa yhteisesti etsitään hyväksyttäviä ratkaisuja haitallisten vaikutusten ehkäisemiseksi, eri osapuolten näkemykset voivat lähentyä.

Kompensaatio on yhteydessä haittojen vähentämiseen ja lieventämiseen. Yhteys luonnonkompensaatioihin on usein suora: maisemoinnit, kalaistutukset tai eläinten siirrot toimivat myös ihmisen elinympäristöä parantavina ratkaisuin.

Kompensaatioita voivat esimerkiksi olla (Ketola et al. 2009, Nyrölä et al. 2011) seuraavat:

- Melun, värinän ja pölyn lisääntyminen kompensoidaan parantamalla lähialueiden viihtyisyyttä erilaisin yhteisesti määritellyin toimenpitein, kuten lisäämällä valaistusta, parantamalla virkistysalueita tai rakentamalla kevyen liikenteen reittejä.
- Menettävät kiinteistöt kompensoidaan vastikemaalla.
- Matkailuarvojen ja virkistysreittien väheneminen kompensoidaan rakenteiden kunnostuksella ja saavutettavuuden parantamisella.

- Maisemalliset menetykset kompensoidaan ulkoilu- ja virkistysreittien ja -alueiden (uimarannat, urheilu- kentät, leikkikentät jne.) parantamisella tai uusien rakentamisella.

Esimerkkinä kompensatiosta Soklin kaivoksen yhteydessä on suunniteltu, että kaivoksen suojavaikkeen sisään jäävälle kylälle kaavoitettaisiin uusi alue suojavaikkeen ulkopuolelle ja että asukkaiden sukutilat jäisivät käyttöön niiltä osin, kun ne eivät ole kaivosalueen sisällä. Tilat vuokrattaisiin, ja metsä saisi jatkaa kasvuaan. Uusien kiinteistöjen rakentamista selvitetään, mutta esimerkiksi vesi- ja sähköliittymissä on suunniteltu hyvitystä. (Vehmas 2012, Northland Mines Oy 2013.)

Kompensaatio suunnitellaan osallisten kanssa vuorovaikutuksessa. Vaikutuksen kohteena olevien osallistuminen on erittäin tärkeää. Koko prosessin tavoitteena on, että kaikki osalliset pitävät toimia riittävinä ja oikeudenmukaisina. Kompensaation haasteena on määrittää ja rajata ihmisiin ja elinkeinoihin kohdistuva haitta ja haittaa vastaavan kompensaation määrä. Nyrölä et al. (2011) painottavatkin, että osallisten täytyy kokea, että sosiaaliset kompensaatiot eivät ole pyrkimys heidän hyväksyntänsä ostamiselle. Hankkeen hyväksyttävyyttä ei ole sosiaalisen kompensaation merkittävien peruste, vaan kompensaatio on aina ennen kaikkea haitan korvaamista ja hyvää asiakaspalvelua. Kompensaatiota voi pitää myös yrityksen sosiaalisen vastuun ilmentymänä.

Lisätietoja

Ketola, M., Malin, K., Nyrölä, L. & Suvantola, L. 2009. Kompensaation mahdollisuudet liikennehankkeissa. Suomen ympäristö 18/2009. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38028/SY18_2009_Kompensaation_mahdollisuudet_liikennehankkeissa.pdf?sequence=1

Kohl, J., Wessberg, N., Kauppi, S., Myllyoja, J., & Wessman-Jääskeläinen, H. 2013. Kestävä ja hyväksyttävä kaivannaisteollisuus 2030: Visio ja roadmap. VTT Technology 145. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T145.pdf>

Kokko, K. et al. (2014) Hyvä kaivos pohjoisessa – opaskirja ympäristösääntelyyn ja sosiaalista kestävyyttä tukeviin parhaisiin käytäntöihin. <http://www.ulapland.fi/Suomeksi/Yksikot/Oikeustieteiden-tiedekunta/Tutkimus-ja-jatko-opinnot/Projekteja/DILACOMI>

Lapin vesitutkimus Oy 2005. Terveysvaikutusten riskin aiheuttamat sosiaaliset vaikutukset Teoksessa Talvivaara Projekti Oy: Talvivaaran kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arviointiselostus yva-keskus <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B8832D3F7-69FA-4C99-8AF4-5738AF22C691%7D/43141> (pdf 4,5 Mt)

Northland Mines Oy 2013. Hannukaisen kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arviointi. KESKUSTELUTILAISUUS kiinteistön- ja maanomistajat 9.9.2013 klo 18–20 Kellokas. Viimeksi päivitetty 15.10.2013 Ramboll. http://www.hannukaisenkaivos.fi/aineisto/20130909_Kiinteistonomistajat.pdf.

Nyrölä, L., Teerihalme, H., Erävuori, L., Junnilainen, L., Järvitalo, A. & Väre, S. 2011. Kompensaation reunaehdot tie- ja rautatiehankkeissa. Liikennevirasto, väylätekniikkaosasto. Helsinki 2011. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 52/2011. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2011-52_kompensaation_toteuttamisen_web.pdf

Vehmas, A. 2012. Vuoropuhelukokemuksia – haittojen lieventäminen vai korvaaminen. Luento YVA-päivät 22.3.2012. http://yvary.fi/userfiles/Vehmas_vuoropuhelu.pdf

11.3 Taloudelliset vaikutukset

Hannu Törmä (Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti)

Kaivoksen tulo alueelle vaikuttaa erityisesti käytövaiheessa työvoiman tarpeeseen, väestörakenteeseen, yhdyskunta-, palvelu- ja elinkeinorakenteeseen, asumiseen ja liikkumiseen sekä kunnallistalouteen. Kunkin muutoksen osatekijän ennakoarviointi on tärkeää.

11.3.1 Vaikutukset työvoimaan

Työvoiman tarpeen ennakoarviointi olisi hyvä tehdä numeerisena ja kirjallisesti erikseen kaivoksen investointi- ja käyttövaiheelle.

Työvoiman tarpeen kokonaismäärää voidaan ennakoida numeroina usealla tavalla. Voidaan ilmoittaa vain suora työllisyysvaikutus, mieluummin henkilötyövuosina. Kehittyneemmässä tavassa suoraan vaikutukseen lisätään arvio kerroinvaikutuksista, jotka kuvaavat kaivosta palvelevilla toimialoilla tapahtuvaa työllisyyden kasvua ja kasvavan ostovoiman aiheuttamaa, erityisesti palvelujen työvoimatarpeen kasvua. Arviot työllisyyden suorasta ja kerroinvaikutusten tasosta muodostavat arvion työllisyyteen tulevasta kokonaisvaikutuksesta. Arvioinnin menetelmiä ovat yleisen tasapainon- (Computable General Equilibrium, CGE) ja panos-tuotos-laskentatekniikat (Bess & Ambargis 2011).

CGE-laskennassa voidaan arvioida sekä lyhyen että pidemmän tähtäimen työllisyysvaikutuksia. Panos-tuotos on lähinnä lyhyen tähtäimen tuloksia antava tekniikka, koska se huomioi vain investoinnista tai tuotannon muutoksesta tulevat vaikutukset. Hintojen muutoksia eikä talouden resurssirajoitteita, kuten tuotannontekijöiden (työvoima, fyysinen pääoma, maa-ala) riittävyyttä, ei huomioida. Panos-tuotos-tekniikka lähtee myös oletuksesta, että kaikki käyttäytyminen on lineaarista. CGE-metodissa talouden resurssirajoitteet huomioidaan samoin kuin päätöksentekijöiden (yrittäjät, kotitaloudet, investoijat jne.) päätöksenteon epälineaarisuus.

CGE-laskennassa kyseessä on kansan- ja aluetalouden monipuolinen numeerinen simulointimalli, jonka avulla voidaan arvioida kaivoksen vaikutuksia monen kehitysindikaattorin osalta. Laskennasta saadaan investointi- ja käyttövaiheen vaikutukset mm. elintason, työllisyyteen, työ- ja pääomatuloihin, ostovoimaan, kulutukseen, vero-

tuloihin ja julkisen sektorin kykyyn tuottaa palveluja. Lisäksi saadaan selville viennin ja tuonnin kehitys osana kokonaistuotantoa eli BKT:ta. Toimialoittaisten tulosten avulla voidaan tarkastella kaivannaistoiminnan ja sitä palvelevien toimialojen tuotannon ja työllisyyden suhdetta. Tuloksia voi tarkastella vuosi vuodelta etenevänä aikasarjana tai kumulatiivisesti. Vaihtoehtoisia simulointioletuksia käyttämällä voidaan tarvittaessa tarkastella kaivosinvestoinnin eri toteutusvaihtoehtoja ja tuotantovaiheen aloitus- ja vakiintumisvaiheen kehitystä.

Kaivostoiminta saattaa myös imeä työvoimaa ja muita tuotantoresursseja toisilta toimialoilta. Arvioinnissa olisi hyvä voida ennakoida, missä määrin ne toimialat, jotka eivät ole kaivoksen alihankintaketjussa, joutuvat luovuttamaan tuotantopanoksiaan kaivostoiminnalle. Syrjäyttämiskaivoksen tarkempi arviointi on mahdollista erityisesti CGE-mallien avulla.

CGE-mallin rakentaminen ja kehittäminen on vaativaa tieteellistä työtä, joten laskennat voivat parhaiten tehdä kaivannaistoimintaan perehtyneet tutkijat (esimerkiksi: www.helsinki.fi/ruralia/research/regfin.htm).

Yksinkertaisempi tapa on arvioida kokonaisvaikutusta Tilastokeskuksen julkaisemien panos-tuotos-taulukoiden informaation perusteella, eli käyttää kiinteitä kansantalouden tason kertoimia kerroinvaikutuksen laskemiseen. Suora vaikutus kerrotaan näillä kertoimilla ja saadaan arvio kokonaisvaikutuksesta. Kaivoksen investointivaiheessa voidaan käyttää niiden toimialojen esim. rakentamisen kertoimia (esim. 2,0), joilla on suurin merkitys hankkeelle. Jos suora työllisyysvaikutus on 100, niin kokonaisvaikutus on $100 * 2,0$ eli 200 työllistä, ja kerroinvaikutus on silloin $200 - 100 = 100$ työllistä. Tuotantovaiheen kokonaisvaikutusta työllisyyteen voidaan arvioida samalla tavalla kaivannaistoiminnan ja sitä palvelevien toimialojen kertoimen avulla. Kaivannaistoiminnan suora vaikutus miljoonan euron tuotannon lisäystä kohden on esim. kolme työllistä ja kokonaisvaikutus on kahdeksan työllistä, kerroinvaikutus on siten $8 - 3 = 5$ työllistä. Kertoimen arvo on $8/3 = 2,666 \rightarrow 3 * 2,666 = 8$ työllistä. Jos kaivos lisää kaivannaistoiminnan tuotannon arvoa alueella toiminta-aikana keskimäärin 400 milj. eurolla, niin arvio alueen työllisyyden

kokonaiskasvusta olisi $400 \times 2,666 = 1\,066$ työllistä, ja kerroinvaikutus on $1\,066 - 400 = 666$ työllistä.

Edellistä tarkempi tapa on kertoa Tilastokeskuksen julkaisemalla panos-tuotos-käänteismatriisilla investointien tuotejakauman sarakevektori. Tällöin saadaan mukaan kaikkien investointiin vaikuttavien toimialojen vaikutukset. Samaa tekniikkaa voidaan käyttää tuotantovaiheelle. Tällöin arvio kaivoksen liikevaihdosta on tämän sarakevektorin ainut solu.

Panos-tuotos-tekniikalla tuotettujen kertoimen arvot ovat todennäköisesti liian suuria, koska niiden laskennassa on otettu huomioon vain investointien ja tuotannon kasvusta tulevat vaikutukset. Pidemmällä tähtäimellä palkkataso sekä tavaroiden, palvelujen ja asumisen hintatasot voivat nousta, jolloin ostovoiman kasvu jää pienemmäksi ja arvio työllisyyden kokonaisvaikutuksesta on ylimitoitettu. Toimiva tapa on arvioida tilannetta ja alentaa tarvittaessa kertoimien arvoja.

Panos-tuotos-kertoimiin liittyy muitakin ongelmia (Grady & Müller 1988). Kansallisen tason kertoimet päivitetään vuosittain muutaman vuoden viiveellä. Maakunnalliset panos-tuotos-taulut ja -kertoimet ovat vuodelta 2002 eli vanhentuneet. Toinen ongelma on se, että kertoimet ovat kiinteitä, eikä siten ole mahdollista arvioida työllisyysvaikutuksia vuosi vuodelta.

Investointivaiheelle on tyypillistä, että

- usein investoinnit suoritetaan suhteellisen nopeasti, muutaman vuoden aikana
- työntekijät tulevat osin kohdealueen ulkopuolelta, koska tehdään erityistä ammattitaitoa vaativaa asiantuntijatyötä, jota ei ole paikallisesti tarjolla
- suunnitteluun valitut, yleensä suuret konsulttiyhtiöt vaikuttavat alihankkijoihinsa
- kokonaisia tehtaita ja niiden laitteita saatetaan tuoda ulkomailta
- niiden asentaminen tapahtuu tarjouskilpailun voittaneen yrityksen toimesta
- sama koskee muuta rakennus- ja LVSI-töitä, joiden työntekijöiden valinnasta vastaa kaivosyhtiön valitsema yritys.

Investointivaiheessa paikallisen työvoiman osuus kokonaistyövoimasta riippuu siitä, onko työtehtäviin sopivia paikallisia yrityksiä tarjolla, millainen niiden kyky on osallistua ja onnistua tarjouskilpailuissa ja missä määrin niiden työntekijät asuvat paikkakunnalla.

Työvoiman tarpeen ennakoarvioinnissa olisi hyvä ottaa kantaa tämäntyyppisiin seikkoihin ja kertoa, miten kyseessä oleva hanke mahdollisesti poikkeaa yleisestä mielikuvasta. Lisäksi olisi hyvä avoimesti kertoa kaivosyrityksen kilpailuttamisperiaatteista, työvoiman rekrytointisuunnitelmista ja -käytännöistä.

11.3.2 Vaikutukset väestörakenteeseen

Väestörakenteen muutosten arvio olisi hyvä tehdä seuraavista aiheista mieluiten erikseen kaivoksen investointi- ja käyttövaiheelle:

- verrokkina arvio uuden työvoimatarpeen kokonaismäärästä
- koti- ja ulkomaisen nettomuuton kehitys
- muiden väestön osatekijöiden (syntyneet miinus kuolleet) kehitys
- väestön määrän muutos.

Työvoimatarpeen kokonaislisäys kaivoksella ja sen alihankintaketjussa on luonteva lähtökohta väestörakenteen tulevan kehityksen arvioinnissa, jossa kannattaa ottaa huomioon seuraavat seikat:

- Investointivaiheessa tarvitaan erikoisosaamista.
- Investointivaihe on yleensä kansallinen ja osin kansainvälinen projekti.
- Isot yritykset voittanevat tarjouskilpailut ja päättävät työvoimasta.
- Näiden tekijöiden takia paikallinen työllisyys ei voi kasvaa investointivaiheessa täyteen mitaansa.
- Käyttövaiheessa paikallinen työllisyys alkaa kasvaa.
- Työvoiman tarpeen lisääntyessä työhön osallistumisaste mahdollisesti nousee ja työttömyysaste laskee.

Kaivosyhtiöt ilmoittavat työvoiman tarpeensa yleensä suorina työpaikkoina tai henkilötyövuosina. Laajemmat vaikutukset ilmoitetaan usein käyttämällä kertoimia 2–3. Joskus arvio esitetään investointi- ja käyttövaiheelle erikseen. Tästä saa lähtökohdan muuttoliikkeen ja muiden väestökehityksen osatekijöiden lyhyen ja pidemmän aikavälin arvioinnille.

Kaivoksen kohdealueen väestö lisääntyy silloin, kun kotimainen nettomuutto (tulomuutto miinus menomuutto) on positiivinen. Sama koskee ulkomaista nettomuuttoa (maahanmuutto miinus maastamuutto). Syntyvyyden ja kuolleisuuden

suhteen voi olettaa pysyvät ennallaan lyhyellä tähtämellä. Tällöin täytyy arvioida vain kaivoksesta aiheutuva kotimaisen ja ulkomaisen nettomuuton kehitys.

Kotimaisen tulomuuton voidaan ajatella määntyvän kansantalouden ja kaivoksen kohdealueen työttömyysaste-eron mukaan. Alueen työttömyysasteen kehitystä kannattaa arvioida lyhyellä ja pidemmällä aikavälillä. Arvio sen kehityksestä kannattaa sitoa kaivoksen tarjoamien työmahdollisuuksien kehitykseen. Kotimaisen menomuuton voi olettaa vakio-osuudeksi väestöstä. Voidaan arvioida, että yhden prosenttiyksikön työttömyysaste-ero kaivoksen kohdealueen eduksi muuhun maahan nähden johtaa 0,05 prosenttiyksikön kotimaisen nettomuuton kasvuun maakunnassa ja 0,1 prosenttiyksikön kasvuun seutukuntatasolla (Törmä et al. 2013).

Esimerkki kotimaisen nettomuuton kehityksen arviosta seutukunnan tasolla:

- Kansantalouden työttömyysaste on 10 %.
- Alueen työttömyysaste on ennen kaivosta 15 %.
- Alueen työttömyysaste laskee kaivoksen tulon myötä lyhyellä tähtämellä 9,5 %:iin ja pidemmällä tähtämellä 9 %:iin.
- Työttömyysaste-ero on 0,5–1,0 %-yksikköä alueen eduksi.
- Seutukuntatason nettomuuttojouaston arvo on 0,1.
- Alueen väestön määrä on ollut 6 500 hlöä ennen kaivosta.
- Arvio kotimaisen nettomuuton kasvusta on 325 hlöä (= $0,5 \cdot 0,1 \cdot 6\,500$) lyhyellä tähtämellä ja 650 ($1,0 \cdot 0,1 \cdot 6\,500$) hlöä pidemmällä tähtämellä.

Ulkomaisen nettomuuton arviointi on vaikeampaa. Kaivosyhtiöllä lienee kuitenkin käsitys ulkomaisten työntekijöiden tarpeesta. Suuri osa työn perässä muuttavista on perheitä, joilla on alle kouluikäisiä ja kouluikäisiä lapsia. Väestön keski-ikä laskiessa syntyvyys mahdollisesti lisääntyy. Nämä seikat muuttavat väestön rakennetta pidemmällä tähtämellä. Arvio väestön määrän muutoksesta saadaan osatekijöiden kehitysarvioiden summana.

Kuvattu väestön määrän muutoksen arviointitapa perustuu vain kaivoksen tuomaan uuteen työvoiman tarpeeseen. On syytä huomata, että väestön kehitykseen vaikuttavat myös monet laadulliset tekijät, esim. ikäluokkien demografinen vaihtelu, nuorten siirtyminen opiskelemaan alueen ulkopuolelle uuden koulutustarjonnan pe-

rusteella, isovanhempien muuttaminen lasten lähelle eläkeiässä jne.

Kannattaa tuoda esiin, että kyseessä on kaivoksen vaikutus väestön määrään. Taloudessa on muita muutostekijöitä, jotka voivat vahvistaa tai osaltaan kumota kaivoksen myönteisen vaikutuksen. Kaikkien väestön määrään vaikuttavien tekijöiden kokonaisvaikutus voi olla se, että väestön määrä säilyy esim. ennallaan tai jopa laskee.

11.3.3 Vaikutukset yhdyskunta-, palvelu- ja elinkeinorakenteeseen

Vaikutuksia elinkeinorakenteeseen on hyvä tarkastella toimialoittain mieluiten erikseen kaivoksen investointi- ja käyttövaiheelle. Arviointi voi lähteä seuraavista tutkimuksissa (mm. Törmä et al. 2013) havaituista kehityskuluista:

- Rakentaminen lisääntyy lyhyellä tähtämellä kaivoksen investointivaiheessa.
- Investointi- ja käyttövaiheet voivat olla jonkin aikaa päällekkäiset, jolloin kaivoksen rakentaminen jatkuu samalla, kun paikkakunnalle työn perässä muuttavat rakentavat omakotitaloja.
- Syrjäisillä kohdealueilla on todennäköistä, että suuremmat rakennusyhtiöt eivät kiinnostu pienimuotoisesta kerrostalorakentamisesta.
- Paikalliset rakennusalan yritykset voivat lisätä liikevaihtoaan peruskorjaamalla olemassa olevaa rakennuskantaa ja rakentamalla pienempiä kohteita, kuten rivitaloja.
- Kaikki kaivokselle tulevat työntekijät ja heidän perheensä eivät halua ottaa asumisessaan riskiä, joka liittyy kaivostoiminnan riippuvuuteen suhdannevaihteluista, vaan etsivät vuokra-asuntoa.
- Nämä seikat kasvattavat maa- ja vesirakentamisen, talonrakentamisen ja rakentamispalvelutoiminnan toimialojen liikevaihtoa.
- Kun työllisyys kasvaa ja työttömyys alenee, työtulot lisääntyvät pidemmällä tähtämellä.
- Kaivoksen kohdealueen elintaso nousee ja näkyy palveluiden liikevaihdon kasvuna.
- Tukku- ja vähittäiskauppa sekä moottoriajoneuvojen kauppa ja korjaus lisääntyvät.
- Majoitus- ja ravitsemistoiminta kasvavat, koska päiväkot-, koulu- ja työpaikkaruokailu kasvaa väestörakenteen muuttuessa tulomuuton lisääntymisen seurauksena.
- Kasvaneet tulot käytetään osittain ravintolassa ruokailuun.

- Rahoitus- ja vakuutustoiminnan liikevaihdon kasvu liittyy osaltaan asuntojen rakentamiseen.
- Väestön kasvu lisää myös asuntojen vuokrauksen ja kiinteistöpalveluiden liikevaihtoa.
- Koulutuksen kysyntä kasvaa lisääntyneen väestön määrän takia.
- Muuttajat ovat pääasiassa työikäisiä perheitä, joilla on lapsia, jolloin tarve järjestää eriasteista koulutusta kasvaa.
- Kaivoksen työntekijöiden ammatillinen koulutus laajentaa myös koulutustarpeita.
- Väestön kasvu lisää terveydenhuolto- ja sosiaalipalveluiden tarvetta.
- Yksityisellä puolella terveydenhuollon yritysten liikevaihto kasvaa, koska ihmisillä on varaa kuluttaa enemmän rahaa näihin palveluihin.
- Muut yhteiskunnalliset ja henkilökohtaiset palvelut lisääntyvät, koska kasvava väestö osallistuu sekä aatteelliseen, urheilu- että muihin virkistys- ja kulttuuritoimintoihin.
- Tilanne on helpompi siellä, missä päärrataan voidaan tehdä poikkirata kohtuullisin kustannuksin.
- Keskustan ohitustie on usein realistisin ratkaisu.
- Väestön kasvu lisää henkilöliikennettä työmatkojen ja pendelöinnin seurauksena.
- Edellistä voidaan pienentää kaivosyhtiön tai muun tahon järjestämällä kuljetuspalvelulla.

11.3.5 Vaikutukset kunnallistalouteen

Arvio vaikutuksista kunnallistalouteen on hyvä tehdä ainakin kaivoksen käyttövaiheelle (Törmä et al. 2013). Tämä on haasteellinen tehtävä, jota mahdollisesti helpottaa yhteistyö sijaintikunnan talouden suunnittelijoiden kanssa. Käytettävissä on monia julkisia dokumentteja, kuten budjetti, taloussuunnitelma ja tasekirja. Arvioinnissa kannattaa lähteä liikkeelle seuraavista tutkimuksissa huomatuista kehityssuunnista:

11.3.4 Vaikutukset asumiseen ja liikkumiseen

Arvioitaessa vaikutuksia asumiseen ja liikkumiseen voi lähteä liikkeelle seuraavista tutkimuksissa (Reini et al. 2011, Laukonen & Törmä 2014) huomatuista kehityssuunnista:

- Pendelöinti kaivoksen sijaintiseutukunnan tai kunnan ulkopuolelta kaivokselle lisää rahavuotoja alueelta.
- Kuntien mahdolliset vuokra-asuntoinvestoinnit ovat tämän takia usein etupainotteisia.
- Vaikka kaikki kuntaan muuttavat eivät halua sitoutua rakentamaan omakotitaloa, niiden lukumäärä todennäköisesti kasvaa.
- Paikalliset yritykset saneeraavat olemassa olevia kiinteistöjä ja rakentavat esim. rivitaloja.
- Asumisen kysynnän kasvu johtaa neliöhintojen ja -vuokrien nousuun, ellei vastaava tarjonta ole tasapainossa kysynnän kanssa.
- Kaivokselta kuljetetaan suuria määriä ja usean vuoden ajan malmia tai sen puolivalmisteita.
- Tämä vaikuttaa logistisiin valintoihin.
- Tilanne on haasteellinen niillä kohdealueilla, joissa samalla tiellä ja kuntakeskuksen läpi kulkevat puutavara- ja malmirekat henkilöliikenteen joukossa.
- Raideliikenne voisi olla edellisille paras ratkaisu, mutta usein ei ole mahdollisuutta suuriin väyläinvestointeihin.
- Parhaiten voinee arvioida kunnallisveron kertymän muutosta:
- Tämä vaatii työtulojen kehityksen arviota, joka voidaan perustaa työllisyyden ja väestön muutoksen arvioihin.
- Laskelmassa kannattaa käyttää nk. efektiivistä kunnallisveroastetta, jossa on otettu huomioon julkisten palvelujen kustannukset.
- On todennäköistä, että kunnallisveroaste nousee lyhyellä tähtäimellä kunnan etupainotteisten investointien takia.
- Arviossa kannattaa ottaa huomioon pendelöinti kunnan ulkopuolelta (esim. 30 %), sillä se vähentää työtuloja ja siten kunnallisveron kertymän kasvua.
- Kunnallisveron kertymän kasvu voidaan laskea nettomääräisten työtulojen (esim. 70 %) ja efektiivisen kunnallisveroasteen tulona.

Kiinteistöveron tuottoa on mahdollista arvioida kiinteistöveroprosentin, kaivoksen maapohjan ja kaivoksen rakennusten verotusarvojen perusteella.

- Kiinteistövero toimii samalla tavalla kuin erillinen kaivosvero, sillä kunta voi nostaa kiinteistöveroastetta valtion määräämän korkeimman veroasteen puitteissa.

Yhteisöveron kertymän kasvua voidaan hahmottaa summittaisesti kaivoksen tuottaman voitto-

arvion, yhteisöveroasteen ja kunnan sekä seurakunnan palautusosuuden perusteella.

Peruspalveluiden valtionosuuksien arvio voidaan perustaa väestön määrän muutoksen arviointiin. Lisäksi on huomioitava verotuloihin perustuva valtionosuuden tasaus.

On syytä korostaa, että verotukseen ja valtionosuuksiin liittyviä vuosittaisia muutoksia, jotka tekevät arvioinnin vaikeaksi. Lisäksi esim. tätä kirjoitettaessa suunnitteilla oleva sote-uudistus muuttaa kuntien tilannetta.

11.4 Ihmisoikeusperustaisuus sosiaalisten ja taloudellisten vaikutusten arvioinnissa

Elina Tran-Nguyen (FIANT Consulting Oy) ja Jaana Vormisto (FIANT Consulting Oy)

11.4.1 Mahdollisten ihmisoikeusvaikutusten tunnistaminen

Ihmisoikeusperustainen lähestymistapa tuo kaivostoiminnan suorien ja epäsuorien vaikutusten arvioinnin yhdeksi viitekehikseksi Suomen allekirjoittamiin ja ratifioimiin ihmisoikeussopimuksiin kirjatut ihmisoikeusnormit. Tästä syystä jo tiedonkeruuvaiheessa on syytä perehtyä toiminta-alueella oleviin keskeisiin ihmisoikeusongelmiin, joista löytyy tietoa Suomen YK:lle tekemistä ihmisoikeusraporteista, kansalaisjärjestöjen varjoraporteista sekä YK:n ja sen jäsenvaltioiden raportteihin antamista vastauksista ja suosituksista. Esimerkiksi YK:n ihmisoikeusneuvoston yleismaailmallisessa määräaikaistarkastelussa (UPR – Universal Periodic Review) esille nousseita asioita ovat olleet mm. alkuperäiskansojen oikeudet ja saamelaiden asema, rasismi ja ulkomaalaisiin kohdistuva syrjintä, vanhusten asema sekä naisiin kohdistuva väkivalta Suomessa. Kansallisessa ihmisoikeusraportoinnissa esille nousseet asiat otetaan huomioon paikallistasolla tehtävässä tiedonkeruussa sekä mahdollisten ihmisoikeusvaikutusten tunnistamisessa.

Paikallistason ihmisoikeusvaikutusten tunnistamisessa on oleellista linkittää suorat ja epäsuorat sosiaaliset, taloudelliset ja terveydelliset vaikutukset syy-seurausverkkoina ihmisoikeuksiin (ks. kuva luvussa Ihmisoikeusvaikutukset). Syy-seurausverkot helpottavat hahmottamaan eri vaikutusten keskinäisiä suhteita ja kokonaisvaikutuksia sekä ihmisoikeuksien keskinäisriippuvuuksia. Työkaluna syy-seurausverkko tukee osallistavaa arviointia sekä keskeimpien vaikutusten ja myös niiden pohjimmaisten syiden tunnistamista.

11.4.2 Erityishuomio haavoittuvissa ryhmissä

Ihmisoikeudet kuuluvat kaikille. Tästä syystä ihmisoikeusvaikutusten arvioinnissa huomio kiinnitetään tiedonkeruuvaiheesta lähtien erityisesti niihin ryhmiin, joiden kohdalla oikeudet jäävät helpoiten toteutumatta tai joita syrjitään tiedostetusti tai tiedostamatta (Götzmann 2014, Hunt & MacNaughton 2006).

Esimerkiksi

- vammaiset
- lapset
- maahanmuuttajat
- alkuperäiskansojen edustajat
- muut vähemmistöt

ovat ihmisryhmiä, joiden oikeuksien toteutumisen kannalta kaivostoiminnan mahdolliset kielteiset vaikutukset ovat usein merkityksellään kaikkein suurimpia, koska he ovat jo valmiiksi valtaväestöä heikommassa asemassa.

Ei kuitenkaan ole olemassa tyhjentävää, kaikkiin paikallisiin toimintaympäristöihin ja hankkeisiin sopivaa valmista listaa haavoittuvista ryhmistä, vaan nämä ryhmät tulee tunnistaa paikallistasolla tiedonkeruuvaiheessa sekä vaikutusten tunnistamis- ja arviointivaiheissa. Joissain tapauksessa haavoittuvaksi ryhmäksi voi osoittautua ihmisryhmä, jonka haavoittuvuus liittyy spesifisesti kaivos-hankeeseen, esim. oman asuinpaikan tai ammatin vuoksi. Haavoittuvuus voi myös ilmetä kaivoksen elinkaaren tiettyssä vaiheessa, kuten sulkemisvaiheessa kaivostyöpaikkojen vähentyessä alueella.

Haavoittuvien ryhmien tunnistaminen ja niihin kohdistuvien vaikutusten käsittely osallistavasti yhteisöjen, viranomaisten ja muiden toimijoiden kanssa YVA-prosessin eri vaiheissa on oleellista. Haavoittuvien ryhmien ja heihin kohdistuvien vaikutusten arvioinnin, päätöksenteon ja seurannan kannalta on myös tärkeää, että kerätty tieto

on riittävän eriteltyä (Hunt & MacNaughton 2006, Götzmann 2014).

11.4.3 Vastuuvollisuus ja läpinäkyvyys

Ihmisoikeusperustaista lähestymistapaa ohjaavat vastuuvollisuuden ja läpinäkyvyyden periaatteet (Götzmann 2014, MacNaughton & Forman 2014). Vastuuvollisuuden periaatteella viitataan valtion ensisijaiseen vastuuseen ihmisoikeuksien suojelussa ja toteutuksessa sekä siihen, että valtion toimivallan alueella olevat henkilöt tai ryhmät ovat oikeutettuja pitämään valtiota ja sen toimijoita vastuussa ihmisoikeuksien toteutumisesta sekä vaatimaan korjaavia toimenpiteitä, kun heidän ihmisoikeuksiaan on loukattu (Haugen 2011, MacNaughton & Forman 2014).

Kaivostoiminnan ihmisoikeusvaikutusten arvioinnissa tämä edellyttää mahdollisiin vaikutuksiin, niiden seurantaan, ennaltaehkäisyyn ja korjaaviin toimenpiteisiin liittyvien roolien ja vastuiden tarkastelua. On tärkeää analysoida, mitkä ovat toisaalta kaivoshanketta toteuttavien yritysten roolit, toisaalta viranomaisten ja poliittisten päätöksentekijöiden vastuut sekä millainen kapasiteetti eri toimijoilla on toimia rooliensa ja vastuidensa mukaisesti. Esimerkiksi miten julkinen sektori pystyy vastaamaan paikallistasolla palveluiden kasvavaan tarpeeseen tai miten kaivosyhtiö ja viranomaiset yhteistyöllään voivat ennalta ehkäistä mahdollisia konflikteja eri toimijoiden ja yhteisöjen välillä?

Ihmisten ja yhteisöjen esteetön pääsy päätöksenteon kannalta relevanttiin tietoon on merkityksellisen osallistumisen sekä vastuuvollisuuden toteutumisen perusedellytys (Götzman 2014). YVAssa ja erityisesti sosiaalisten vaikutusten arvioinnissa painotetut osallistuminen ja tiedottaminen palvelevatkin vastuuvollisuuden ja läpinäkyvyyden periaatteita.

11.4.4 Osallistuminen

YVAan kuuluvat olennaisena osana erilaiset osallistumismenettelyt. Merkityksellinen osallistuminen on myös tärkeä ihmisoikeusperustaisen lähestymistavan periaate (MacNaughton and Forman 2014). Osallistumisessa on kyse ihmisten oikeudesta saada tietoa sekä osallistua itseään koskemaan päätöksentekoon.

Osallistumisen merkityksellisyydellä tarkoitetaan mm. sitä, että osallistumismenettelyt ovat aidosti vuorovaikutuksellisia ja että kaikilla ihmisillä

on mahdollisuus tulla kuulluksi. Tunnistettaessa ja arvioitaessa kaivostoiminnan ihmisoikeusvaikutuksia on tärkeää, että siihen osallistuvat mahdollisimman laajasti ja kattavasti myös haavoittuviin ryhmiin kuuluvat (Hunt & MacNaughton 2006, Götzmann 2014). Osallistumismenettelyjen tulisi olla mahdollisimman monipuolisia sekä huomioida mahdolliset erityistarpeet, jotta erilaiset ryhmät voivat aidosti osallistua. Esimerkiksi kokoontumistiloihin tulisi olla esteetön pääsy, käytetyn kielien tulisi olla kaikille ymmärrettävää ja kyselyihin osallistumisen kaikille teknisesti mahdollista.

Onnistunut osallistaminen YVAssa mahdollistaa paikallisen toimintaympäristön monipuolisen tarkastelun eri ihmisryhmien näkökulmasta. Samalla se luo hyvän perustan myös ihmisoikeusvaikutusten osallistavalle seurannalle sekä mahdollisten kielteisten vaikutusten ennaltaehkäisylle, lieventämiselle ja korjaamiselle kaivoshankkeen elinkaaren kaikissa eri vaiheissa.

11.4.5 Ihmisoikeusvaikutusten vakavuuden arviointi

YVAssa kaikkiin esille nouseviin kaivoshankkeen kielteisiin ihmisoikeusvaikutuksiin tulee puuttua siten, että niitä ennalta ehkäistään tai lievennetään. Myös ihmisoikeusvaikutusten vakavuutta on arvioitava. Kun ympäristövaikutusten merkittävyyttä yleensä määrittelevät vaikutusten vakavuus ja todennäköisyys (ks. raportin luku 13), ihmisoikeusvaikutuksissa huomio keskittyy vaikutusten vakavuuteen myös niissä tapauksissa, joissa niiden todennäköisyys on alhainen (Götzmann 2014).

Ihmisoikeusvaikutusten vakavuuden määrittely perustuu (Shift 2014)

- vaikutusten laajuuteen: ihmisten määrä, joihin vaikutukset voivat kohdistua
- laatuun: vaikutusten vakavuus niiden ihmisten kohdalla, joihin ne kohdistuvat (esim. kuoleman tai pysyvän vammautumisen riski, pakko- tai lapsityö)
- peruuttamattomuuteen: missä määrin ihmisoikeusvaikutusten kohteena olevien tilanne voidaan korjata vaikutusta edeltäneeseen tilaan (esim. merkittävät työntekijöihin tai paikallisiin yhteisöihin kohdistuvat terveystaivaikutukset).

Paikallisyhteisöjen ja vaikutusten kohteena olevien ihmisryhmien osallistuminen ihmisoikeus-

vaikutusten vakavuuden arviointiin on oleellista. Ihmisoikeusvaikutusten vakavuuden arviointi tukee niiden seurantaan kaivoshankkeen elinkaaren

eri vaiheissa ja ,mikäli välttämätöntä, myös priorisointia vaikutusten ennaltaehkäisyssä, lieventämisessä sekä korjaamisessa.

Lisätietoja

YK:n ihmisoikeusraportointi: <http://www.ohchr.org/EN/countries/Pages/HumanRightsintheWorld.aspx>

Suomea koskevan YK:n ihmisoikeusneuvoston yleismaailmallisen määräaikaistarkastelun asiakirjat: <http://www.ohchr.org/EN/HRBodies/UPR/Pages/FISession13.aspx>

Guide to Human Rights Impact Assessment and Management (HRIAM). www.ifc.org/hriam

Götzmann, Nora: Human Rights and Impact Assessment. Conceptual and practical considerations in the private sector context. The Danish Institute for Human Rights. NO. 2014/2.

Integrating human rights into environmental, social and health impact assessments. A practical guide for the oil and gas industry. The Danish Institute for Human Rights and IPIECA 2013.

Shift. Business and Human Rights Impacts: Identifying and Prioritizing Human Rights Risks. New York, 2014. <http://www.shiftproject.org/publication/business-and-human-rights-impacts-identifying-and-prioritizing-human-rights-risks>

12 YHTEISVAIKUTUSTEN ARVIOINTI

Jorma Jantunen (SYKE)

Itse YVA-menettelystä EU-tuomioistuin on katsonut, että yhteisvaikutusten arviointi kuuluu YVA-direktiivin vaatimukseen. Yhteisvaikutusten käsittely voi joskus olla haasteellista, koska kyse on yhden toimijan yksittäisestä hankkeesta, joka voi kuitenkin juuri yhteisvaikutusten vuoksi vaikeuttaa alueen asukkaiden ja muiden toimijoiden sopeutumista muutoksiin. EU:n komission YVA-ohjeessa yhteisvaikutus on määritelty vaikutukseksi, joka syntyy siitä, että suunniteltu hanke ja muut menneet, nykyiset ja kohtuudella näköpiirissä olevat tulevat hankkeet saavat yhdessä aikaan yhä enemmän muutoksia ja nämä muutokset erilaisia

yhteisvaikutuksia. Yhteisvaikutukset, kuten muutkin ympäristövaikutukset, ovat aina sidoksissa hankkeen ympäristöön ja sen erityispiirteisiin.

Arvioinnissa pyritään tunnistamaan hankkeen yhteisvaikutukset muiden olemassa olevien ja suunnitteilla olevien hankkeiden kanssa, mukaan lukien välilliset vaikutukset. Yhteisvaikutukset voivat näkyä esimerkiksi liikennemäärissä, vesistöjen veden laadussa ja väestörakenteessa sekä elinympäristön pirstoutumisena.

Yhteisvaikutusten arvioinnin laajuutta tarkastellaan tapauskohtaisesti. Yhteisvaikutuksia tarkastellaan ainakin niiden hankkeiden kanssa,

Yhteisvaikutusten arvioinnilla on myös toinen merkitys. Ympäristössä olevilla päästöillä voi olla myös toksikologisia ja ekotoksikologisia yhteisvaikutuksia. Ne arvioidaan ja esitetään osana tiettyihin päästöihin liittyvää riskinarviota.

jotka toimivat samalla vaikutusalueella tai ovat jo saaneet luvan. Periaatteena on, että myöhemmin alueelle tuleva toimija joutuu ottamaan huomioon aikaisempien toimijoiden vaikutukset. Hankkees-

ta vastaavan on hyvä keskustella yhteisvaikutusten tarkastelusta ja huomioon ottamisesta yhteysviranomaisen kanssa.

13 VAIKUTUSTEN MERKITTÄVYYDEN ARVIOINTI JA VAIHTOEHTOJEN VERTAILU

Jyri Mustajoki (SYKE) ja Mika Marttunen (SYKE)

13.1 Merkittävyyden arvioinnin tavoitteet ja nykytilanne

Laajoissa hankkeissa on tyypillisesti suuri määrä arvioitavia vaikutuksia. Vaikutusten merkittävyyden arviointi auttaa tunnistamaan ne, jotka ovat olennaisia hankkeen toteuttamiskelpoisuuden arvioinnissa ja joihin haittojen lieventämistoimenpiteet tulisi kohdentaa. Merkittävien vaikutusten tunnistaminen tukee myös hankevaihtoehtojen vertailua sekä viestintää hankkeesta ja sen vaikutuksista sidosryhmille ja kansalaisille.

Hankkeen alkuvaiheissa ei vielä ole tarkkaa tietoa hankkeen mahdollisista vaikutuksista. Tällöin tulisi kuitenkin pystyä tunnistamaan ne oleelliset vaikutukset, jotka voivat olla merkittäviä tai joihin voi liittyä suuria epävarmuuksia ja joihin eri vaikutusten arviointi tulisi täten kohdentaa. Vaikutusarvioiden jälkeen tehtävä varsinainen merkittävyyden arviointi perustuu sitten ympäristövaikutuksia koskevien selvitysten tuottaman aineiston analysointiin ja tiivistämiseen. Tavoitteena on muodostaa kokonaisarvio vaikutuksen merkittävyydestä sen perusteella, millaista tutkimustietoa on tuotettu varsinaisessa vaikutusten arvioinnissa erilaisilla malleilla, maastotutkimuksilla ja asiantuntija-arvioinneilla. Tämä edellyttää

vaikutusten suhteuttamista toisiinsa ja kuvaamista samalla mitta-asteikolla sekä erilaisten näkökulmien huomioon ottamista. Tämä on vaativa tehtävä, sillä vaikutukset ovat hyvin erityyppisiä keskenään.

Vaikka vaikutusten merkittävyyden arviointi on YVA-menettelyssä keskeinen aihealue, se on usein huonosti ymmärretty ja puutteellisesti ohjeistettu. Nykyiset arviointikäytännöt ovat kirjavia ja terminologia hankalaa, koska samaa asiaa kuvataan eri yhteyksissä eri termeillä. Tarve järjestelmällisten menetelmien ja käytäntöjen kehittämiseen on tunnistettu YVA-yhteisössä niin Suomessa kuin ulkomailla. Tämän myötä on alettu kehittää uusia lähestymistapoja ja useissa viimeaikaisissa suomalaisissa YVA-hankkeissa vaikutusten merkittävyyttä onkin jo arvioitu varsin erittelevästi ja järjestelmällisesti. Kaivospuolella esimerkkejä järjestelmällisten menetelmien käytöstä ovat muun muassa Hannukaisen kaivoshankkeen YVA (Northland Mines Oy 2013) ja Kylylahti Copper Oy:n Luikonlahden rikastamon sivutuotteiden ja kaivannaisjätteiden elinkaarisuunnittelun YVA (Kylylahti Copper Oy 2014).

13.2 Erittelevä lähestymistapa vaikutusten merkittävyyden arviointiin

Tässä osiossa kuvataan ARVI-lähestymistapa vaikutusten merkittävyyden arviointiin erilaisille hanketyypeille. Lähestymistapa perustuu konsulttien aloittamaan kehitystyöhön, jota on jatkettu SYKEN koordinoimassa EU-osarahoitteisessa IMPERIA-hankkeessa. Hankkeen yhtenä keskeisenä tavoitteena on yhtenäistää vaikutusten merkittävyyden arvioinnin käytäntöjä ja kehittää työkalu arvioinnin tueksi. Lisää tietoa hankkeesta tunnistetusta hyvistä käytännöistä ja kehitetyistä menetelmistä löytyy hankkeessa tehdyistä selvityksistä

(mm. Marttunen et al. 2015, Mustajoki et al. 2015) sekä hankkeen kotisivuilta (<http://imperija.jyu.fi/>).

13.2.1 Peruseriaatteet

ARVI-lähestymistavassa arvioidaan järjestelmällisesti ja erittelevästi hankkeen vaikutusalueen ja hankkeen aiheuttaman muutoksen ominaispiirteitä (esim. alueen herkkyys muutoksille sekä vaikutuksen kesto ja laajuus). Näiden perusteella muodostetaan jäsennelty arvio vaikutuksen

merkittävydestä. Lähestymistavan soveltaminen YVA-hankkeissa voi tuottaa muun muassa seuraavia hyötyjä:

- Vaikutusten arvioinnin yhdenmukaisuus, perusteltavuus ja havainnollisuus lisääntyvät, kun merkittävyys arvioidaan eritellysti vaikutusten ja kohdealueen ominaispiirteiden perusteella.
- Yhteinen arviointikehikko auttaa arvion tekijää huomioimaan vaikutuksen eri ulottuvuudet ja edistää erityyppisten vaikutuksen arviointia samojen periaatteiden mukaisesti.
- Kokonaisarvion pohjautuminen yleisesti hyväksytyihin tekijöihin, asteikkoihin ja periaatteisiin auttaa eri osapuolia ymmärtämään, miten lopputulokseen on päädytty.
- Lähestymistapa auttaa suhteuttamaan hankkeiden paikallisia ja alueellisia vaikutuksia valtakunnallisessa mittakaavassa.
- Yhteinen arviointikehikko lisää eri hankkeissa tehtävien arvioiden yhdenmukaisuutta ja siten parantaa hankkeiden vertailtavuutta.
- Lähestymistapa tukee myös sidosryhmien näkemysten järjestelmällistä selvittämistä ja YVA-asiantuntijoiden välistä vuoropuhelua.

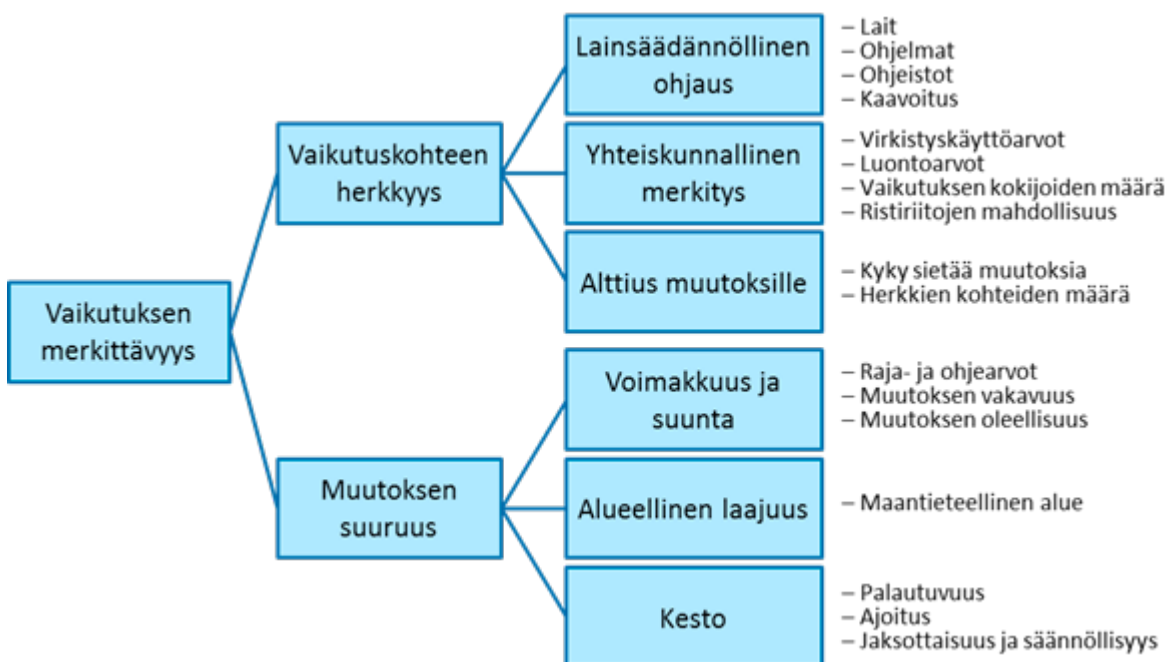
Vaikutusten merkittävyyden arviointi muodostuu seuraavista päävaiheista:

- arvioitavien vaikutusten ja vaihtoehtojen määrittäminen sekä vaikutusalueen rajaus
- vaikutuskohteen herkkyyden määrittäminen
- muutoksen suuruuden arviointi

- vaikutuksen merkittävyyden arviointi
- epävarmuuksien ja riskien arviointi
- vaikutusten lieventämismahdollisuuksien arviointi ja toimenpiteiden vaikutukset vaikutuksen merkittävyyteen
- eri hankkeiden yhteisvaikutusten arviointi.

Lähestymistapa on suunniteltu vaikutusten merkittävyyden arviointiin siinä vaiheessa, kun tutkimus- tai muuta tietoa hankkeen vaikutuksista on saatavilla. Lähestymistapaa voidaan kuitenkin hyödyntää jo ennen varsinaisten vaikutusarvioiden tekemistä auttamaan vaikutusarvioiden kohdentamista ja arvioinnin tarkkuustason määrittämistä. Arvioinnin alkuvaiheessa on myös tarpeen päättää, mitkä ovat tarkemmin arvioitavat vaikutukset ja vaihtoehdot sekä tehdä vaikutusalueen rajaus. Lisäksi päätetään, onko tarpeen tarkastella erikseen hankkeen rakentamisen, toiminnanaikaisia ja käytöstä poiston vaikutuksia. Joissakin tapauksissa vaikutusalue on tarpeen jakaa osiin, jotta vaikutukset ja niiden merkittävyys saadaan kuvattua riittävän erittelevästi.

Varsinainen arvio kunkin vaikutuksen (esim. melu, ilmasto, linnusto) merkittävydestä muodostetaan kahden päätekijän eli vaikutuskohteen herkkyyden ja hankkeen aiheuttamien muutosten suuruuden perusteella. Molemmat päätekijät on jaettu kolmeen osatekijään (kuva 24).



Kuva 24. Vaikutusten merkittävyyden arvioinnissa huomioon otettavat tekijät.
Fig. 24. Factors to consider when determining the significance of impacts.

13.2.2 Vaikutuskohteen herkkyys

1. päätekijä: Vaikutuskohteen herkkyys kuvaa vaikutuksen kohteena olevan asian ominaispiirteitä hankkeen vaikutusalueella. Se muodostuu kolmesta osatekijästä, joita arvioitaessa tarkastellaan kohteen nykytilaa ottamatta vielä kantaa hankkeesta aiheutuvan muutoksen suuruuteen:

A) *Vaikutuskohteeseen liittyvä lainsäädännöllinen ohjaus* kuvaa sitä, onko alueella sellaisia kohteita, jolle lainsäädäntö asettaa selkeitä suojelumääräyksiä tai rajoituksia (esim. pohjavesien pilaamiskielto, Natura-alueet) tai suosituksia/ohjelmia, jotka lisäävät kohteen suojeluarvoa (esim. valtakunnallisesti arvokkaaksi luokiteltu maisema). Seuraavia kysymyksiä voidaan hyödyntää arvioinnissa:

- Asettaako lainsäädäntö erityisvaatimuksia vaikutusalueelle tai arvioitavalle asialle (esim. liitorava)?
- Onko hankkeen vaikutusalueella suojeltuja kohteita?
- Onko alueella tärkeäksi/arvokkaaksi luokiteltuja alueita?
- Onko alueella uhanalaisiksi/rauhoitetuiksi/silmällä pidettäviksi luokiteltuja lajeja?
- Kuuluuko alue/kohde kansalliseen tai kansainväliseen ohjelmaan?

B) *Vaikutuskohteen yhteiskunnallinen merkitys* voi vaikutustyyppin mukaan liittyä esimerkiksi taloudellisiin tekijöihin (tärkeä vedenottoalue), sosiaaliin arvoihin (tärkeä maisema- tai virkistyskäyttöalue) tai tärkeisiin luontokohteisiin (esim. arvokas

elinympäristö). Yhteiskunnallista merkitystä arviotaessa on pohdittava asian tärkeyttä yleisesti esimerkiksi yhteiskunnallisten arvostusten kannalta eikä niinkään yksittäisen haitan kokijan kannalta. Ihmisiin kohdistuvissa vaikutuksissa otetaan huomioon myös haitan/hyödyn kokijoiden määrä. Tässä osatekijässä voidaan ottaa huomioon myös sidosryhmien mahdollisesti kokema suuri huoli tarkasteltavasta asiasta (esim. vaikutukset vedenlaatuun). Seuraavia kysymyksiä voi hyödyntää merkityksen arvioinnissa:

- Kuinka tärkeänä tai arvokkaana alue tai asia koetaan yleisesti ottaen?
- Onko vaikutusalueella arvokkaita kulttuuriympäristöjä tai historiallisia arvoja?
- Kuinka laajaa on alueen virkistys- tai muu käyttö?
- Onko vaikutusalueella arvokkaita luontokohteita tai esiintymiä?
- Mikä on vaikutuksen kokijoiden määrä?
- Kuinka alkuperäinen/ainutlaatuinen on alueen tila?
- Herättääkö hankkeen aiheuttama muutos tarkasteltavaan asiaan voimakkaita ristiriitoja tai laajaa huolta?

C) *Vaikutuskohteen alttius muutoksille* kuvaa sitä, kuinka herkästi kohde reagoi päästöihin tai muihin muutoksiin toimintaympäristössä. Esimerkiksi hiljainen alue on herkempi lisääntyvälle melulle kuin sellainen alue, jossa on jo teollisuuden aiheuttamaa taustamelua. Seuraavia kysymyksiä voi hyödyntää arvioinnissa:

Taulukko 5. Viitteellisiä esimerkkejä vaikutuskohteen herkkyysluokista. Väreillä on kuvattu, mihin herkkyuden alatekijään asia liittyy.

Table 5. Example sensitivity classes for different receptors. The colors indicate the subclass of sensitivity.

Erittäin suuri ****	Kohteesta on erittäin tiukasti säädetty lainsäädännössä tai kohde on yhteiskunnallisesti korvaamaton tai se on erittäin altis muutoksille. Hanke ei todennäköisesti ole toteutettavissa, mikäli siitä voi aiheutua vähäistäkin muutosta kohteen tilaan.
Suuri ***	Kohteesta on tiukasti säädetty lainsäädännössä tai kohteen yhteiskunnallinen merkitys tai alttius muutoksille on suuri.
Kohtalainen **	Kohteen yhteiskunnallinen merkitys on kohtalainen, alttius muutoksille kohtalainen tai sillä voi olla lainsäädännössä ohjearvoja tai suosituksia ja se voi kuulua johonkin ohjelmaan. Myös yhteiskunnalliselta merkittävyydeltään suuri kohde voi saada herkkyysarvion kohtalainen, jos sen alttius muutoksille on vähäinen ja toisinpäin.
Vähäinen *	Kohteen yhteiskunnallinen merkitys on vähäinen, alttius muutoksille vähäinen eikä sillä ole lainsäädännöllistä asemaa. Myös yhteiskunnalliselta merkitykseltään suuri tai kohtalainen kohde voi saada herkkyysarvion vähäinen, jos sen alttius muutoksille on hyvin vähäinen ja toisinpäin.

Lainsäädännöllinen ohjaus, Yhteiskunnallinen merkitys, Alttius muutoksille

- Kuinka herkästi vaikutuskohteen tila muuttuu toimintaympäristön muuttuessa?
- Mikä on kohteen kyky sietää hankkeen vaikutusta ja sopeutumiskyky muutokselle?
- Onko alueella herkästi häiriytyviä kohteita (sairaalat, päiväkodit, koulut)?

Vaikutuskohteen herkkyys muodostuu asiantuntija-arvioina edellä mainituista kolmesta osatekijästä. Yleisperiaatteena on, että herkkyys määritetään alustavasti sen mukaan, kumpi lainsäädännöllisestä ohjauksesta ja yhteiskunnallisesta merkityksestä on saanut korkeamman arvon. Tämän jälkeen herkkyysarviota voidaan nostaa, laskea tai pitää ennallaan sen mukaan, millainen on kohteen alttius muutokselle. Taulukossa 5 on kuvattu viitteellisiä esimerkkejä vaikutuskohteen herkkyysluokista ja kuvattu väreillä, mihin herkkyuden alatekijään asia liittyy. Yleispätevää ohjetta eri osatekijöiden arvojen yhdistämiseen ei ole kuitenkaan mahdollista antaa.

13.2.3 Muutoksen suuruus ja suunta

2. päätekijä: Muutoksen suuruus ja suunta kuvaavat itse hankkeesta aiheutuvan muutoksen ominaispiirteitä. Tässä erittelevässä lähestymistavassa muutoksen suuruus tulisi arvioida pelkästään hankkeesta aiheutuvan muutoksen perusteella ottamatta tässä vaiheessa huomioon vaikutuskohteen ominaispiirteitä, esimerkiksi kohteen alttiutta muutokselle. Muutoksen suuruus koostuu kolmesta osatekijästä:

A) *Muutoksen voimakkuus ja suunta* kuvaa hankkeesta aiheutuvan muutoksen fyysistä ulottuvuutta. Suunta määrittää, onko vaikutus kielteinen vai myönteinen. Voimakkuuden mittaamiseen voidaan käyttää vaikutuksen mukaan erilaisia fyysisiä mittareita ja ohjearvoja, esimerkiksi melulle äänenpainetasoa (dB). Toisaalta on myös olemassa vaikutuksia, joille ei löydy luontaista mittaria (esimerkiksi maisema), jolloin muutoksen voimakkuutta voidaan arvioida asiantuntija-arviona suhteessa sen aiheuttamaan haittaan tai hyötyyn. Seuraavia kysymyksiä voi hyödyntää arvioinnissa:

- Kuinka paljon päästöjen määrä tai kuormitus kasvaa?
- Aiheuttaako muutos raja-arvojen ylityksiä tai alituksia?
- Kuinka oleellisesti hanke muuttaa alueen tilaa, ja kuinka paljon olosuhteet heikkenevät?

- Kuinka paljon hanke heikentää luontotyypppejä ja lajien elinmahdollisuuksia?
- Kuinka paljon hanke vaikuttaa alueen ominaispiirteisiin?

B) *Alueellinen laajuus* kuvaa muutoksen maantieteellistä ulottuvuutta eli sitä, kuinka laajalla alueella (esim. paikallisesti, alueellisesti, valtakunnallisesti) hankkeesta aiheutuva muutos on havaittavissa. Periaatteessa laajuus voidaan ilmaista etäisyytenä kohteesta, mutta esimerkiksi alueen pinnanmuotojen tai kasvillisuuden vuoksi vaikutusalueen laajuus voi vaihdella eri suuntiin. Seuraavia kysymyksiä voi hyödyntää tämän osatekijän määrittelyssä:

- Kuinka laajalla alueella muutos on havaittavissa?
- Kuinka suureen osaan kohteen elinympäristöstä hanke vaikuttaa?

C) *Kesto* kuvaa hankkeesta aiheutuvan muutoksen ajallista ulottuvuutta eli sitä, kuinka kauan muutos on havaittavissa. Keston arvioinnissa on tarpeen huomioida myös vaikutuksen toistuvuus, ajoitus ja jaksotus. Esimerkiksi erittäin pitkäkestoinenkin vaikutus voidaan luokitella alempaan luokkaan, johon se pelkän keston mukaan kuuluisi, mikäli se ei ole jatkuvaa ja se on esimerkiksi ajoitettu tai jaksotettu siten, että se aiheuttaa mahdollisimman vähän häiriötä.

Kuten vaikutuskohteen herkkyysarvioinnin kohdalla asiantuntija määrittää muutoksen suuruuden osatekijöiden arvioiden perusteella. Voimakkuuden arvo voidaan ottaa arvion pohjaksi ja sitä säädetään laajuuden ja keston arvojen mukaan vastaamaan asiantuntijan näkemystä. Taulukossa 6 on kuvattu viitteellisiä esimerkkejä muutoksen suuruusluokista.

Muutoksen suuruuden sekä edellisessä kohdassa kuvatun kohteen herkkyysarvioinnin tukemiseksi on IMPERIA-hankkeessa koottu esimerkkejä erilaisista luokitteluasteikoista (Ikäheimo 2015). Ohje sisältää asteikkoja eri vaikutustyyppille, kuten luontovaikutuksille, mutta myös yksityiskohtaisempia asteikkoja on laadittu esimerkiksi kasvillisuudelle ja eläimistölle. Ohjeessa esitetyt luokitukset perustuvat osittain kotimaisiin ja kansainvälisiin ohjeisiin, oppaisiin ja YVA-hankkeisiin. Luokitukset ovat viitteellisiä, sillä yleispätevien kaikkiiin hanketyypppeihin ja tapauksiin soveltuvien luokitteluasteikkojen laatiminen on mahdotonta. Täten ne on syytä mukauttaa

Taulukko 6. Viitteellisiä esimerkkejä muutoksen suuruusluokista.
Table 6. Example classes for magnitude of change.

Erittäin suuri +++	Hanke aiheuttaa erittäin selvästi havaittavan myönteisen pitkäaikaisen muutoksen, joka vaikuttaa ihmisten päivittäiseen elämään tai ympäröivään luontoon hyvin laajalla alueella tai jopa valtakunnan mittakaavassa.
Suuri ++	Hanke aiheuttaa selvästi havaittavan myönteisen ja pitkäaikaisen muutoksen, joka vaikuttaa alueellisesti ihmisten päivittäiseen elämään tai ympäröivään luontoon.
Kohtalainen +	Hanke aiheuttaa selvästi havaittavan myönteisen muutoksen, joka vaikuttaa paikallisesti ihmisten päivittäiseen elämään tai ympäröivään luontoon.
Vähäinen 0	Hankkeen aiheuttama myönteinen muutos on havaittavissa, mutta ei juuri aiheuta muutosta ihmisten päivittäisiin toimiin tai ympäröivään luontoon.
Ei vaikutusta	Muutos on niin pientä, että se ei käytännössä ole havaittavissa eikä se aiheuta lainkaan haittaa tai hyötyä.
Vähäinen -	Hankkeen aiheuttama kielteinen muutos on havaittavissa, mutta ei juuri aiheuta muutosta ihmisten päivittäisiin toimiin tai ympäröivään luontoon.
Kohtalainen --	Hanke aiheuttaa selvästi havaittavan kielteisen muutoksen, joka vaikuttaa paikallisesti ihmisten päivittäiseen elämään tai ympäröivään luontoon.
Suuri ---	Hanke aiheuttaa selvästi havaittavan kielteisen ja pitkäaikaisen muutoksen, joka vaikuttaa alueellisesti ihmisten päivittäiseen elämään tai ympäröivään luontoon.
Erittäin suuri ----	Hanke aiheuttaa erittäin selvästi havaittavan kielteisen pitkäaikaisen muutoksen, joka vaikuttaa ihmisten päivittäiseen elämään tai ympäröivään luontoon hyvin laajalla alueella tai jopa valtakunnan mittakaavassa.

kunkin YVA-hankkeen erityispiirteisiin sopiviksi. Hyvänä käytäntönä voidaan pitää hankekohtaiseksi räätälöityjen asteikkojen muodostamista jo arviointiohjelmavaiheessa, ja asteikkojen muokkaamista viranomaisilta, sidosryhmiltä ja kansalaisilta saadun palautteen perusteella.

13.2.4 Arvio vaikutuksen merkittävydestä

Arvio vaikutuksen merkittävydestä tehdään edellä kuvattujen vaikutuskohteen herkkyyttä ja

hankkeen aiheuttaman muutoksen suuruutta koskevien arvioiden perusteella. Arvioinnissa voidaan hyödyntää taulukkoa 7, jossa myönteiset vaikutukset ovat vihreällä ja kielteiset punaisella. Taulukko on ohjeellinen ja etenkin niissä tapauksissa, joissa vaikutuksen suuruus ja kohteen herkkyys ovat asteikon eri päistä (esim. suuruus vähäinen ja herkkyys suuri), taulukon arvoon kannattaa suhtautua varauksella.

Hankkeen vaikutuksiin ja niiden arviointiin voi liittyä myös erityyppisiä epävarmuuksia ja riskejä.

Taulukko 7. Vaikutusten merkittävyyden arviointi herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella.
Table 7. Assessing the significance of impacts based on the sensitivity of the target and the magnitude of change.

Vaikutuksen merkittävyys		Kielteinen				Muutoksen suuruus				Myönteinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen	Suuri*	Kohtalainen*	Vähäinen	Vähäinen	Ei vaikutusta	Vähäinen	Vähäinen	Kohtalainen*	Suuri*
	Kohtalainen	Suuri	Suuri*	Kohtalainen	Vähäinen	Ei vaikutusta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri*	Suuri
	Suuri	Erittäin suuri	Suuri	Suuri*	Kohtalainen*	Ei vaikutusta	Kohtalainen*	Suuri*	Suuri	Erittäin suuri
	Erittäin suuri	Erittäin suuri	Erittäin suuri	Suuri	Suuri*	Ei vaikutusta	Suuri*	Suuri	Erittäin suuri	Erittäin suuri

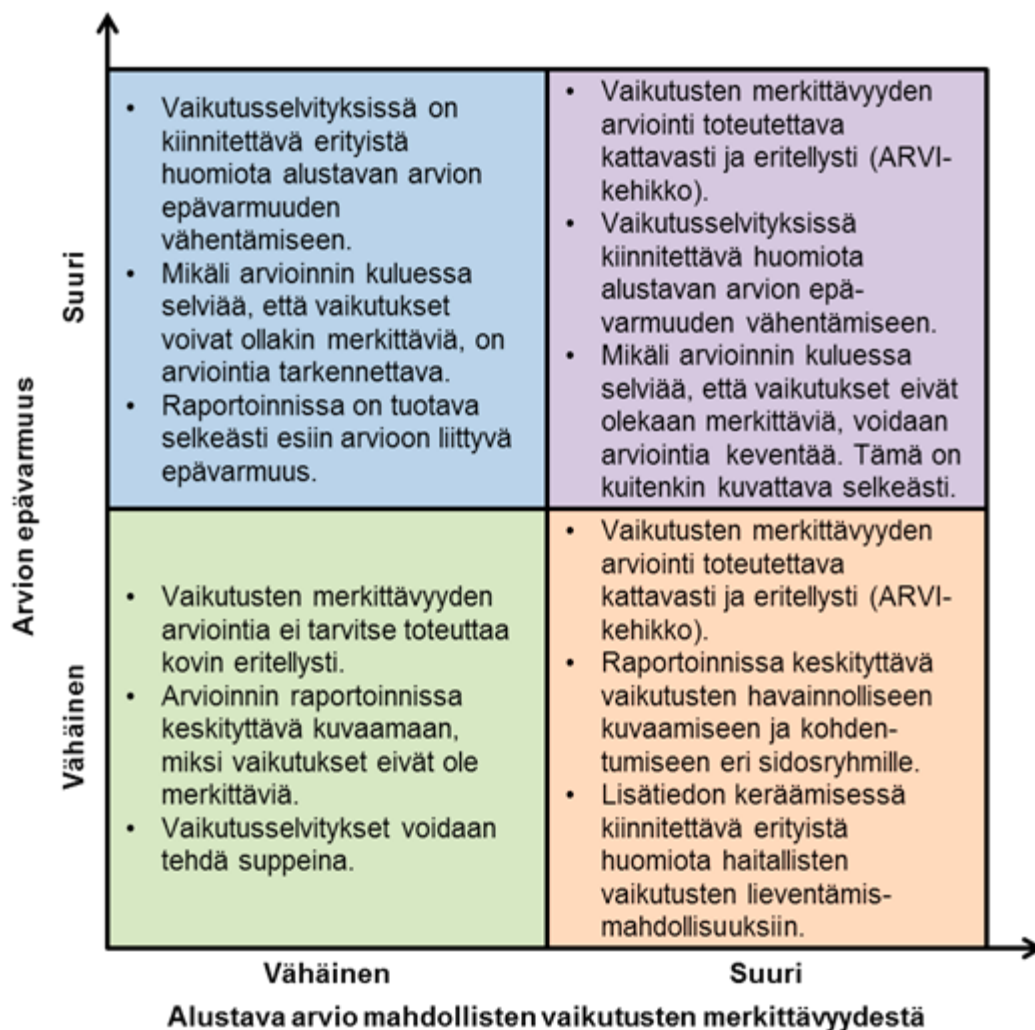
* Etenkin näissä tapauksissa merkittävyys voi olla tarpeen arvioida vähäisemmäksi, mikäli herkkyys tai muutos on luokan alarajalla

ARVI-lähestymistavassa voidaan kuvata myös vaikutuksen toteutumiseen liittyvää epävarmuutta, vaikutusarviointiin liittyvä epätarkkuutta ja hankkeeseen liittyviä riskejä kullekin arvioitavalle vaikutukselle. Lisäksi voidaan kuvata sitä, minkälaisilla toimenpiteillä vaikutusta voidaan lieventää ja kuinka paljon, sekä sitä, liittyykö vaikutukseen yhteisvaikutuksia jonkin toisen vaikutuksen tai hankkeen kanssa.

13.2.5 Lähestymistavan soveltaminen YVA-menettelyn ohjelma- ja selostusvaiheissa

ARVI-lähestymistapaa voidaan hyödyntää eri laajuudella YVAN ohjelma- ja selostusvaiheissa. Ohjelmavaiheessa tai yleisemmin ympäristöarviointien suunnitteluvaiheessa lähestymistavan kriteereitä voidaan hyödyntää tarkistuslistamaisesti arvioitavien vaikutusten tunnistamisessa (ks. Menetelmiä merkittävien vaikutusten tunnistami-

seen). Tässä vaiheessa tulee myös päättää, millä tarkkuustasolla varsinaiset arvioinnit tehdään, ja määritellä luokitteluasteikot tämän mukaan. Hyvä käytäntö on myös jo ohjelmavaiheessa tunnistaa vaikutusten alustaviin arvioihin liittyvät epävarmuudet ja hyödyntää tätä tietoa päätettäessä, mitä vaikutustarkasteluja on tarpeen tehdä. Arviointiselostusvaiheessa lähestymistapaa hyödynnetään jäsennellymmän arvion tekemiseen vaikutusten merkittävyydestä ja sen kaikista osatekijöistä yksityiskohtaisemmin arvioitaviksi päätettyjen vaikutusten osalta. Muiden vaikutusten osalta laaditaan yleispiirteisempi arvio muutoksen suuruuden ja kohteen herkkyyden perusteella. Myös esitettävissä vaikutusarvioita voidaan käyttää eri tarkkuustasoa eri vaikutuksissa. Kuvassa 25 on esitetty suuntaviivoja vaikutusarvioiden toteuttamiselle sen mukaan, kuinka olellaisiksi vaikutukset on alustavasti arvioitu ja kuinka paljon epävarmuuksia arvioihin liittyy.



Kuva 25. Suuntaviivoja vaikutusarvioiden toteuttamisella sen mukaan, kuinka olellisiksi vaikutukset on alustavasti arvioitu ja kuinka paljon epävarmuuksia arvioihin liittyy.

Fig. 25. Guidelines for assessing impacts based on preliminary assessment of their significance and the uncertainties involved.

Vaikutus	Vaikutuskohteen herkkyyden osatekijät			HERKKYYS	Muutoksen suuruuden osatekijät			SUURUUS	MERKITTÄ
	Lainsäädännöllinen ohjaus	Yhteiskunnallinen merkitys	Alttius muutokselle		Voimakkuus ja suunta	Laajuus	Kesto		
1.1 Kasvillisuus ja luontotyypit	Suuri	Suuri	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen -	Vähäinen	Erittäin suuri	Kohtalainen -	Kohtalainen -
1.2 Linnusto	Suuri	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen -	Vähäinen	Erittäin suuri	Kohtalainen -	Kohtalainen -
1.3 Muu eläimistö	Suuri	Vähäinen	Kohtalainen	Kohtalainen	Vähäinen -	Vähäinen	Erittäin suuri	Vähäinen -	Vähäinen -
1.4 Maa- ja kallioperä sekä vesistöt	Suuri	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Vähäinen	Kohtalainen	Vähäinen -	Vähäinen -
1.5 Ilmasto ja ilmanlaatu	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Vähäinen +	Erittäin suuri	Suuri	Vähäinen +	Vähäinen -
1.7 Yhdyskuntarakenne ja maankäyttö	Vähäinen	Vähäinen	Kohtalainen	Vähäinen	Kohtalainen -	Vähäinen	Suuri	Vähäinen -	Vähäinen -
1.8 Maisema ja kulttuuriympäristö	Kohtalainen	Kohtalainen	Suuri	Kohtalainen	Kohtalainen -	Kohtalainen	Suuri	Kohtalainen -	Kohtalainen -
1.9 Liikenne	Vähäinen	Vähäinen	Kohtalainen	Vähäinen	Kohtalainen -	Kohtalainen	Vähäinen	Kohtalainen -	Vähäinen -
2.0 2.4 Melu	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Kohtalainen	Kohtalainen -	Vähäinen	Suuri	Kohtalainen -	Kohtalainen -
2.1 2.5 Varjon vilkkuminen	Vähäinen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Vähäinen -	Vähäinen	Suuri	Vähäinen -	Vähäinen -
2.2 2.6 Muinaisjäännekohteet	Suuri	Vähäinen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen -	Vähäinen	Erittäin suuri	Kohtalainen -	Kohtalainen -
2.3 2.7 Ihmisten elinolot ja viihtyvyys	Vähäinen	Vähäinen	Suuri	Kohtalainen	Kohtalainen -	Kohtalainen	Suuri	Kohtalainen -	Kohtalainen -
2.4 2.8 Virkistyskäyttö	Kohtalainen	Kohtalainen	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen -	Kohtalainen	Suuri	Vähäinen -	Vähäinen -
2.5 2.9 Aluetalous ja työllisyys	Vähäinen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Suuri +	Kohtalainen	Suuri	Kohtalainen +	Kohtalainen -
2.6 2.10 Turvallisuus	Kohtalainen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Vähäinen	Suuri	Vähäinen -	Vähäinen -

Kuva 26. Näkymä ARVI-työkalun ”Vaikutusarviot”-välilehdeltä. Välilehdellä on vaikutusmatriisi jokaiselle arvioitavalle vaihtoehdolle.

Fig. 26. A screenshot of the Impact Assessment sheet of the ARVI tool. The sheet contains an impact matrix for each of the assessed alternatives.

13.2.6 ARVI-työkalu

ARVI on Excel-pohjainen Visual Basic -laajennuksella toteutettu työkalu vaikutusten merkittävyyden arvioinnin tukemiseen (kuva 26). ARVI on suunniteltu tukemaan YVA- projektipäällikön työtä eri asiantuntijoiden arvioiden kokoamiseksi ja tulosten raportoimiseksi. Asiantuntijat kirjaavat ensin arvionsa kunkin vaikutuksen merkittävyydestä erilliselle Excel-lomakkeelle. Työkalun avulla arviot kootaan yhteen ja niiden pohjalta voidaan tuottaa erilaisia yhteenvetotaulukoita ja kuvaajia. Arviot voidaan myös syöttää suoraan työkaluun, jolloin Excel-lomakkeen täyttämistä ei tarvita. Myös yhteysviranomaisena voi hyödyntää työkalua. Työkalutiedosto voidaan julkaista YVA-selostuksen liitemateriaalina hankkeen verkkosivuilla. ARVI-työkalu ohjeistoinen on ladattavissa ilmaiseksi IMPERIA-hankkeen kotisivuilta (<http://imperia.jyu.fi/>).

13.2.7 Haasteita merkittävyyden arvioinnissa

Vaikka merkittävyyden arviointia varten voidaan kehittää järjestelmällisiä lähestymistapoja ja soveltaa valtakunnallisesti yhtenäisiä periaatteita, kriteereitä ja asteikkoja, on merkittävyyden arviointi viime kädessä kuitenkin subjektiivista. Eri ihmiset arvostavat eri asioita ja kokevat vaikutuk-

set eri tavalla. Esimerkiksi hankkeen vaikutuspiirissä oleva yhteisö voi pitää havaittavissa olevia vaikutuksia huomattavasti merkittävämpinä kuin vaikkapa asiantuntijat. Arviointiselostuksissa tulisi kuvata myös mahdollisia asiantuntijoiden ja sidosryhmien näkemuseroja ja niiden syitä. Arviointikehikkoa voidaan hyödyntää sidosryhmien näkemysten selvittämisessä esimerkiksi niin, että heiltä kysytään näkemystä asiantuntijoiden arvioista työpajassa jaettavalla lomakkeella.

Vaikutusten merkittävyyttä arvioidaan YVA-hankkeissa sekä arviointiohjelmavaiheessa että arviointiselostusta laadittaessa. Nykyistä järjestelmällisempi ja läpinäkyvämpi vaikutusten merkittävyyden alustava arviointi jo arviointiohjelmavaiheessa edesauttaisi keskustelua siitä, mihin vaikutuksiin YVAssa tulisi kiinnittää erityistä huomiota ja mitkä vaikutukset voisivat jäädä vähemmälle huomiolle. ARVI-lähestymistavan kriteereitä ja periaatteita voisi hyödyntää myös tässä YVA-menettelyn vaiheessa.

Tulkittaessa vaikutusten merkittävyyden arvioinnin tuloksia on haasteena arvioida, mitä tulokset käytännössä tarkoittavat hankkeen kannalta. Jos arvioinnista saadaan esimerkiksi tulos, että osa kielteisistä vaikutuksista on merkittävyydeltään suuria tai erittäin suuria, tulisi selvittää, voidaanko näitä vaikutuksia vähentää hankevaihtoehtoa muuttamalla tai erilaisilla lieventämistoimenpiteillä.

Sen sijaan yksiselitteisiä päätelmiä hankkeen toteuttamiskelpoisuudesta ei ole mahdollista tehdä,

sillä päätelmät riippuvat vaikutuksesta ja siihen liittyvästä lainsäädännöstä.

13.3 Vaihtoehtojen vertailu ja vertailun esittäminen

Vaihtoehtojen vertailu auttaa vastaamaan kysymyksiin: Mikä vaihtoehto voitaisiin valita ja millä perusteilla? Onko ehdotetun hankkeen toteuttaminen ylipäättään perusteltua? Vertailun perimmäisenä tarkoituksena on avustaa suunnittelua ja päätöksentekoa ja kuvata vaihtoehtojen etuja ja haittoja sekä perustella vaihtoehtojen paremmuus- ja edullisuusjärjestyksiä eri näkökulmista. Vaihtoehtojen vertailuun on erilaisia menetelmiä, jotka poikkeavat toisistaan muun muassa siinä, kuinka erittelevästi vaikutukset esitetään.

13.3.1 Erittelevät vertailumenetelmät

Yleensä YVA-selostuksessa vaihtoehtojen vertailua havainnollistetaan jonkin yhteenvetotaulukon tai -taulukkojen avulla. Niissä esitetään kukin vaihtoehto eritellysti kunkin vaikutuksen suhteen. Sanallisten kuvausten lisäksi vaihtoehtojen vaikutusten merkittävyyksiä havainnollistetaan värein, plus- ja miinusmerkein tai muilla symboleilla.

Erittelevien menetelmien etuna on, että niiden avulla pystytään havainnollisesti esittelemään vaihtoehtojen välisiä eroja. Vaikutusten merkittävyyсарvioita voidaan havainnollistaa myös värein, jolloin vertailutaulukosta näkee suoraan, mitkä vaikutukset ovat merkittävimmät. Haasteena värien käytössä on, että vaihtoehtojen paremmuutta tulee tällöin helposti arvioitua sen mukaan, kuinka monessa eri tekijässä vaihtoehto saa tietyn värin. Tämän tarkastelutavan ongelmana on se, että käsitys vaihtoehtojen hyvyydestä voi riippua siitä, kuinka laajoina kokonaisuuksina eri vaikutukset esitetään. Esimerkiksi, jos luontovaikutusten arviot tehdään lajikohtaisesti, saattaa näistä tulla monta samanväristä kohtaa, mikä voi synnyttää käsityksen merkittävimmistä vaikutuksista kuin silloin, jos lajistoa tarkastellaan yhtenä kokonaisuutena.

13.3.2 Yhdistelevät vertailumenetelmät

Vaihtoehtoja voidaan vertailla myös yhdistämällä eri vaikutustyyppien arviot yhdeksi vaihtoehdon hyvyyttä kuvaavaksi kokonaisarvoksi. Yhdisteleviä vertailumenetelmiä on YVA-hankkeissa käytetty

vähän, sillä YVA-menettely ei edellytä arvioinnin tekijältä vaihtoehtojen paremmuusjärjestykseen laittamista ja erittelevät menetelmät tuovat avoimesti esille hankevaihtoehtojen hyvät ja huonot vaikutukset. Lisäksi yhdistelevissä menetelmissä vaaditaan tietoa siitä, kuinka merkityksellisinä eri vaikutuksia pidetään suhteessa toisiinsa. Tämä on käytännössä arvosidonnaista ja riippuu siitä, miltä katsantokannalta asiaa katsotaan. Nyrkkisääntönä yhdisteleviä menetelmiä käytettäessä voidaan pitää sitä, että asiantuntijat tekevät arviot vaihtoehtojen yksittäisistä vaikutuksista, mutta vaikutusten arvottaminen (painokertoimet) riippuu näkökulmasta. Poikkeuksiakin on, sillä esimerkiksi maisemavaikutuksissa myös arvio vaikutuksen suunnasta ja suuruudesta voi riippua arvioijasta. Tämän vuoksi yhdistelevissä tarkasteluissa on erittäin tärkeää tuoda esiin se, mikä osa arvioista perustuu vaikutusselvityksiin, asiantuntija-arvioihin ja subjektiivisiin näkemyksiin.

Yksi YVAN tavoitteista on toimia suunnittelutyön apuvälineenä, ja tässä suhteessa vaihtoehtojen kokonaisvaltainen tarkastelu voi auttaa vaihtoehtojen hyötyjen ja haittojen hahmottamisesta. Yhdistelevien menetelmien ongelmakohdina on usein kuitenkin se, että menetelmän soveltajat eivät tunne tarpeeksi hyvin menetelmää eikä siihen liittyviä oletuksia ja perusteita esitetä tarpeeksi (Turtiainen 2000, Lawrence 2007). Näiden ongelmakohtien välttämiseksi vaihtoehtojen muodostaminen, arviointi ja vertailu kannattaa ajatella vaiheittaisena tarkentuvana prosessina, jonka kuluessa kuva vaihtoehtojen vahvuuksista ja heikkouksista paranee. Hankkeen aikaisissa vaiheissa voidaan vertailla hankkeesta mahdollisesti aiheutuvia vaikutuksia, mikä puolestaan voi auttaa vaikutusarvioiden kohdentamisessa oleellisiin tekijöihin. Tällöin on kuitenkin tarpeellista korostaa arvioiden alustavuutta ja sitä, että vaikutusarvioita tehtäessä saatavan lisätiedon myötä arviot voivat tarkentua. Tässä suhteessa arvioihin liittyvien epävarmuuksien esittäminen saattaa edesauttaa myös arvioiden alustavuuden ymmärtämistä. Arviointiprosessin alkuvaiheessa on lisäksi syytä muistaa, että vaihtoehdot voivat olla vasta alustavia, ja arviointiprosessin kuluessa saatavan tarkemman

kokonaisnäkemysten myötä voidaan usein luoda uusia parempia vaihtoehtoja.

Monitavoitearviointi on yksi paljon käytetty yhdistelevä menetelmä (Marttunen et al. 2008, Mustajoki et al. 2015). Sitä on sovellettu Suomessa useissa hankkeissa niin, että hankkeen sidosryhmien edustajien kanssa on tunnistettu arvioinnin tavoitteet, muodostettu vaihtoehdot ja sen jälkeen selvitetty heidän näkemyksiään vaihtoehdoista ja niiden vaikutuksista sekä vaikutusten merkittävyydestä. Yhdistämällä vaikutustieto ja kunkin osallistujan näkemykset tavoitteiden tärkeydestä on laskettu kunkin osallistujan näkemyksiä kuvaavat arvot kunkin vaihtoehdon niin sanotut hy-

vyysarvot. Tuloksista on laadittu yhteenvedoja esimerkiksi niin, että osallistujat on näkemyksiensä perusteella jaoteltu kolmeen tai neljään ryhmään ja ryhmien väliset erot on kuvattu. Sitten on tarkasteltu, mitkä vaihtoehdot ovat parhaita esimerkiksi virkistyskäyttöarvoja painottaville ryhmille ja mitkä luontoarvoja painottaville ryhmille. Lisäksi voidaan tunnistaa kaikkien ryhmien tärkeinä pitämiä tekijöitä ja tämän perusteella yrittää löytää yhteisesti hyviä kompromissiratkaisuja. Tämänäköiset tarkastelut edustavat moniarvoista suunnittelua ja tukevat erilaisiin näkökulmiin pohjautuvien johtopäätelmien tekemistä vaihtoehtotarkasteluista.

LÄHTEET

- Airaksinen, J. U. 1978.** Maa- ja pohjavesihydrologia. Kustannusosakeyhtiö Pohjoinen, Oulu. 248 s.
- Airaksinen, O. & Karttunen, K. 2001.** Natura 2000 -luontotyyppiopas. Ympäristöopas 46. 2. korjattu painos. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 194 s.
- American Industrial Hygiene Association (AIHA) 1995.** Odor thresholds for Chemicals with Established Occupational Health Standards. Fairfax, VA, USA. [WWW-dokumentti] [Viitattu 15.12.2015]. Saatavissa: www.cc-county.us/DocumentCenter/View/28473
- Anttonen M., Heikkinen, M., Karjalainen, T. P. & Reinikainen, K. 2010.** YARA SUOMI OY Soklin kaivoshankkeen sosioekonomisten vaikutusten arviointi. [WWW-dokumentti] [Viitattu 15.12.2015]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B51F30AA7-312D-4E8C-88B8-B2BBC19D277E%7D/42555>
- Aroviita, J., Hellsten, S., Jyväsjärvi, J., Järvenpää, L., Järvinen, M., Karjalainen, S. M., Kauppila, P., Keto, A., Kuoppala, M., Manni, K., Mannio, J., Mitikka, S., Olin, M., Perus, J., Pilke, A., Rask, M., Riihimäki, J., Ruuskanen, A., Siimes, K., Sutela, T., Vehanen, T. & Vuori, K. M. 2012.** Ohje pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokitteluun vuosille 2012–2013 – päivitetty arviointiperusteet ja niiden soveltaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 7/2012, 146 s.
- Backnäs, S. & Pasanen, A. 2013.** Veden ja aineiden kuluminen. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S & Tuomisto, J. 2013. Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199, 76–82.
- Bess, R. & Ambargis, Z. O. 2011.** Input-Output Models for Impact Analysis - Suggestions for Practitioners Using RIMS II Multipliers. Presented at the 50th Southern Regional Science Association Conference March 23–27, 2011, New Orleans Louisiana.
- Canadian Council of Ministers of the Environment 1995.** Protocol for the derivation of Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of aquatic life. CCME-EPC-98E. Prepared by Environment Canada, Guidelines Division, Technical Secretariat of the CCME Task Group on Water Quality Guidelines, Ottawa.
- Commonwealth of Australia 2011.** National Pollutant Inventory (NPI), Emission Estimation Technique Manual for Mining, ver. 3.0. Commonwealth of Australia, Canberra. 69 s.
- Duvall, W. I. & Fogelson, D. E. 1962.** Review of criteria for estimating damage to residences from blasting vibration. US Bureau of Mines R.I. 5968.
- Elphick, J. R., Davis, M., Gilron, G., Canaria, E. C., Lo, B. & Bailey, H. C. 2011.** An aquatic toxicological evaluation of sulfate: The case for considering hardness as a modifying factor in setting water quality guidelines. Environ. Toxicol. Chem. 30, 247–253.
- Energiateollisuus 2006.** 110 kV sähköjohdon rakentamislupa – neuvottelumenettely ja ympäristöselvitys. Ohje 20.12.2006.
- European Chemicals Agency 2008.** Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Appendix R.7.13–2: Environmental risk assessment for metals and metal compounds. 78 s.
- European Commission 2011.** Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards. Guidance document 27. Technical Report 55. 126 s., 7 liitettä.
- European Commission 2014.** Technical guidance to implement bioavailability-based environmental quality standards for metals. European Commission, Brussels, 62 s. & 2 liitettä.
- European Commission 2015a.** Reference lists (Related to Habitats Directive). Marine Baltic Region. Reference List May 2015. European Topic Centre on Biological Diversity, Eionet. [WWW-dokumentti] [Viitattu 15.12.2015]. Saatavissa: http://bd.eionet.europa.eu/activities/Natura_2000/index_html
- European Commission 2015b.** Reference lists (Related to Habitats Directive). Terrestrial Alpine Region. Reference List, May 2015. European Topic Centre on Biological Diversity, Eionet. [WWW-dokumentti] [Viitattu 15.12.2015]. Saatavissa: http://bd.eionet.europa.eu/activities/Natura_2000/index_html
- European Commission 2015c.** Reference lists (Related to Habitats Directive). Terrestrial Boreal Region. Reference

- List May 2015. European Topic Centre on Biological Diversity, Eionet. [WWW-dokumentti] [Viitattu 15.12.2015]. Saatavissa: http://bd.eionet.europa.eu/activities/Natura_2000/index.html
- Euroopan komissio 2000.** Natura 2000 -alueiden suo-
jelu ja käyttö – Luontodirektiivin 92/43/ETY 6 artiklan
säännökset. Euroopan yhteisön virallisten julkaisujen
toimisto, Luxemburg. [WWW-dokumentti] [Viitattu
15.12.2015]. Saatavissa: http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/art6/provision_of_art6_fi.pdf
- Euroopan parlamentti ja neuvosto 2006.** Direktiivi 2006/44/
EY, suojelemaan ja parantamaan edellyttävien makeiden
vesien laadusta kalojen elämän turvaamiseksi. EYVL
264/20. 25.9.2006.
- Euroopan parlamentti ja neuvosto 2008.** Direktiivi
2008/105/EY, ympäristölaatu- ja vesipolitiikan
alalla, neuvoston direktiivien 82/176/ETY, 83/513/ETY,
84/156/ETY, 84/491/ETY ja 86/280/ETY muuttamisesta
ja myöhemmästä kumoamisesta sekä Euroopan parla-
mentin ja neuvoston direktiivin 2000/60/EY muuttami-
sesta. EYVL 348/84. 24.12.2008.
- Euroopan parlamentti ja neuvosto 2013.** Direktiivi 2013/39/
EU, direktiivien 2006/60/EY ja 2008/105/EY muuttami-
sesta vesipolitiikan alan prioriteettialueiden osalta. EYVL
226/1. 24.8.2013.
- Franks, D. 2012.** Social impact assessment of resource pro-
jects. Mining for Development: Guide to Australian Prac-
tice, International Mining for Development Centre. 16
s. [WWW-dokumentti] [Viitattu 15.12.2015]. Saata-
vissa: http://im4dc.org/wp-content/uploads/2012/01/UWA_1698_Paper-02_Social-impact-assessment-of-resource-projects1.pdf
- Frisk, T. 1978.** Järvien fosforimallit. Vesihallitus-National
Board of Waters. Tiedotus 148.
- GTK 2014a.** Geologian tutkimuskeskus. Karttapalvelut.
[WWW-dokumentti] [Viitattu 15.12.2015]. Saatavissa:
<http://www.gtk.fi/tietopalvelut/karttapalvelut/index.html>.
- GTK 2014b.** Geologian tutkimuskeskus. Maaperän taustap-
itoisuudet, karttapalvelu. [WWW-dokumentti] [Viitattu
15.12.2015]. Saatavissa: <http://gtkdata.gtk.fi/Tapir/>.
- GTK 2015a.** Geologiset luonnonvarat. Geologian tutkimus-
keskus. [WWW-dokumentti] [Viitattu 15.12.2015]. Saata-
vissa: <http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/>
- GTK 2015b.** Mine Closure. Geologian tutkimuskeskus.
[WWW-dokumentti] [Viitattu 15.12.2015]. Saatavissa:
<http://mineclosure.gtk.fi>.
- German Standards Organization (GSO) 1984.** Vibrations
in building construction. DIN 4150, Berlin.
- Grady, P. & Müller, A. 1988.** On the use and misuse of input-
output based impact analysis in evaluation. The Canadian
Journal of Program Evaluation, Vol. 3 (2), 1988, 49–61.
- Granberg, K. & Granberg, J. 2006.** Yksinkertaiset veden-
laatumallit. Keski-Suomen ympäristökeskus.
- Götzmann, N. 2014.** Human Rights and Impact Assessment,
Conceptual and Practical Considerations in the Private
Sector Context, Matters Of Concern Human Rights
Research Paper Series, No. 2014/2.
- Haugen, H. I. 2011.** Human Rights Principles – Can They
be Applied to Improve the Realization of Social Human
Rights? In: von Bogdandy, A. & Wolfrum, R. (eds) Max
Planck Yearbook of United Nations Law, Vol. 15, 419–444.
- Heikkinen, P. M., Aatos, S., Nikkarinen, M. & Taipale,
R. 2007.** Luonnonkivituotannon sivukiviin liitty-
vät ympäristövaikutukset ja ympäristökelpoisuuden
testaaminen. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti
S/49/0000/2007/53. 41 s.
- Heikkinen, P. (toim.), Noras, P. (toim.), Mroueh, U.-M.,
Vahanne, P., Wahlström, M., Kaartinen, T., Juvanko-
ski, M., Vestola, E., Mäkelä, E., Leino, T., Kosonen,
M., Hatakka, T., Jarva, J., Kauppila, T., Leveinen, J.,
Lintinen, P., Suomela, P., Pöyry, H., Vallius, P., Tolla,
P. & Komppa, V. 2005.** Kaivoksen sulkemisen käsikirja.
Kaivostoiminnan ympäristötekniikka. Outokumpu Oyj,
Tielikelaitos, Maa ja Vesi Oy, GTK ja VTT. Vammalan
kirjapaino, Vammala. 165 s.
- Heinonen-Guzejev, M., Jauhiainen, T., Sala, E., Ström, U.
& Vuorinen, H. S. 2012.** Melulla on monia vaikutuksia
terveyteen. Suomen Lääkärilehti 36, 2445–2450.
- Hietala, J., Alhola, K., Horne, P., Karvosenoja, N., Kaup-
pi, S., Kosenius, A.-K., Paunu, V.-V. & Seppälä, J.
2014.** Kaivostoiminnan taloudellisten hyötyjen ja
ympäristöhaittojen rahamääräinen arvottaminen. PTT
raportteja 247.
- Hunt, P. & MacNaughton, G. 2006.** Impact Assessment,
Poverty and Human Rights: A Case Study using the Right
to the Highest Attainable Standard of Health, Health
and Human rights Working Paper Series No. 6, Geneva:
World Health organization and UNESCO.
- Huttula, T. & Virtanen, H. 1995.** Päästöjen kulkeutuminen
vesistöissä. Julkaisussa: Hämäläinen P., Mattila, M. & Mo-
larius R. (toim): Ympäristöriskit. Opetushallitus. ISBN
951-719-368-8. 106–117.
- Hämäläinen, H. 1999.** Critical appraisal of the indexes of
Chironomid larval deformities and their use in bioindi-
cation. Ann. Zool. Fennici 36:179–186.
- Hänninen, O., Leino, O., Kuusisto, E., Komulainen, H.,
Meriläinen, P., Haverinen-Shaugnessy, U., Miettinen, I.
& Pekkanen, J. 2010.** Elinympäristön altisteiden tervey-
svaiikutukset Suomessa. Ympäristö ja Terveys-lehti 3, 12–
35. [WWW-dokumentti] [Viitattu 15.12.2015]. Saata-
vissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014041123384>.
- ICOLD 2011.** Improving tailings dam safety - Critical as-
pects of management, design, operation and closure.
International Commission of Large Dams, Bulletin 139.
- Idman, H. (toim.), Kahra, A. (toim.), Heikkinen, P., Tiain-
en, M. & Lehtinen, K. 2007.** Malminetsintä ja kaivostoi-
minta suojelealueilla sekä saamelaisen kotiseutualueella
ja poronhoitoalueella: opas. KTM julkaisuja 28/2007. 86 s.
- Ikäheimo, E. 2015.** Ympäristövaikutusten merkittävyyden
arviointi – Kuvaukset eri vaikutustyyppien ja merkittävy-
yden osatekijöiden luokittelusteikoille. IMPERIA-hank-
keen raportti. [WWW-dokumentti] [Viitattu 15.12.2015].
Saatavissa: <http://imperia.jyu.fi>
- IMPERIA 2012.** Improving environmental assessment by
adopting good practices and tools of multi-criteria de-
cision analysis. EU Life+ -hanke, LIFE11 ENV/FI/905/
(2012–2015).
- Jantunen, J. 2012.** Kiviaines Hankkeiden ympäristövaikutus-
ten arviointi. Suomen ympäristö 27/2012. Helsinki 2012.
Suomen ympäristökeskus. 62 s.
- Jantunen, J. & Kauppila, T. (toim.), Räisänen, M.L., Komu-
lainen, H., Kauppila, P., Kauppinen, T., Törmä, H., Lep-
pänen, M., Tornivaara, A., Pasanen, A., Kempainen,
E., Raunio, A., Marttunen, M., Mustajoki, J., Kauppi, S.,
Ekholm, P., Huttula, T., Makkonen, H. & Loukola-Rus-
keenieniemi, K. 2015.** Ympäristövaikutusten arviointimen-
netely kaivoshankkeissa. Työ- ja elinkeinoministeriö,
TEM oppaat ja muut julkaisut 3/2015, 96 s. [WWW-do-
kumentti] [Viitattu 15.12.2015]. Saatavissa: https://www.tem.fi/files/42427/TEM_opas_3_2015_Ymparistovaiku

- tusten_arviointimenettely_kaivoshankkeissa_12032015.pdf
- Jarva, J., Tarvainen, T., Reinikainen, J. & Eklund, M. 2010.** TAPIR - Finnish national geochemical baseline database. *Science of the Total Environment* 408 (20), 4385–4395.
- Karppinen, H., Komulainen, H., Kousa, A., Nikkarinen, M. & Tornivaara, A. 2012.** Haitalliset alkuaineet Kainuun kaivovesissä. Loppuraportti. Kainuun maakuntakuntayhtymä D:54, 89 s.
- Kartastenpää, R., Pohjola, V., Walden, J., Salmi, T. & Saari, H. 2004.** Ilmanlaadun mittausohje. Versio 1.0. Ilmatieteen laitos – Ilmanlaadun tutkimus. 124 s. http://cdn.fmi.fi/legacy-fmi-fi-content/documents/ilmanlaadun_mittausohje.pdf
- Kauppi, S. (toim.) 2013.** Ympäristötietoa kaivoshankkeista - taustatietoa kaivostoimintaan liittyvästä lainsäädännöstä ja eräiden kaivosten ympäristötarkkailusta. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 10/2013. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 39 s.
- Kauppila, P., Räisänen, M. L. & Myllyoja, S. (toim.) 2011.** Metallikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt. Suomen ympäristö 29. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 213 s.
- Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto J. (toim.), Ahvensalmi, A., Backnäs, S., Forsman, P., Huhta, H.-K., Karjalainen, N., Karlsson, T., Kauppila, P., Koikkalainen, K., Koivuhuhta, A., Kollanus, V., Kousa, A., Kuusisto, E., Mäkinen, J., Nerg, A.-M., Niittyinen, M., Nikkarinen, M., Pasanen, A., Ruokolainen, S., Ryhänen, N., Solismaa, L., Tarvainen, M., Tornivaara, A. & Waissi-Leinonen, G. 2013a.** Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 199, 223 s.
- Kauppila, T., Nikkarinen, M., Kousa, A., Pasanen, A. & Karlsson, T. 2013b.** Kaivostoiminnan pölypäästöjen arviointi. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S., Tuomisto J. (toim.). Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199, 37–50. (<http://fi.opasnet.org/fi/Minera-malli; Pölyn ja hiukkasten päästöt>.)
- Khandelwal, M. & Singh, T. N. 2007.** Evaluation of blast-induced ground vibration predictors. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 27, 116–125.
- Ketola, M., Malin, K., Nyrölä, L. & Suvantola, L. 2009.** Kompensaation mahdollisuudet liikennehankkeissa. Suomen ympäristö 18/2009. [WWW-dokumentti] [Viitattu 15.12.2015]. Saatavissa:https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38028/SY18_2009_Kompensaation_mahdollisuudet_liikennehankkeissa.pdf?sequence=1
- Kinnunen, T. (toim.) 2005.** Pohjavesitutkimusopas. Käytännön ohjeita. Suomen vesiyhdistys r.y. 194 s. ISBN 952-9606-73-7. [WWW-dokumentti] [Viitattu 15.12.2015]. Saatavissa:<http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopus.pdf>
- Kokkonen, A. 2005.** Sosiaalisten vaikutusten arviointitutkimus Talvivaaran kaivoshankkeen vaikutusalueella Lapin yliopisto. [WWW-dokumentti] [Viitattu 15.12.2015]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BF37EF318-8266-4456-A5CC-838982B4337B%7D/43145>. (pdf 694 Kt)
- Koljonen, T. 1992.** Suomen geokemian atlas. Osa 2: Moreeni. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. 218 s. + 11 liitekarttaa. ISBN 951-690-379-7.
- Kollanus, V. & Komulainen, H. 2013.** Altistumisen arviointi terveystarvinnan arvioinnissa. Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. Tuomisto J. (toim.). Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199, 99–103. (<http://fi.opasnet.org/fi/Minera-malli; Altistumisen arviointi, Väestön kohdekohtainen ympäristöperäisen haitta-ainealtistumisen arviointi>).
- Komulainen H. 2013a.** Terveystarvinnan arvioinnin periaatteet. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto, J. (toim.). Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199, 20–22. (<http://fi.opasnet.org/fi/Minera-malli; Terveystarvinnan arvioinnin rakenne>).
- Komulainen, H. 2013b.** Pölyn aiheuttaman terveystarvinnan arviointi. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto, J. (toim.). Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199, 119–130. (<http://fi.opasnet.org/fi/Minera-malli; Pöly>).
- Komulainen, H. 2013c.** Kaasumaisten ilman epäpuhtauksien aiheuttamien terveystarvinnan arviointi. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto, J. (toim.). Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199, 119–130. (<http://fi.opasnet.org/fi/Minera-malli; Kaasumaiset ilman epäpuhtaudet>).
- Komulainen, H. 2013d.** Pintavesiin liittyvän terveystarvinnan arviointi. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto, J. (toim.). Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199, 111–119. (<http://fi.opasnet.org/fi/Minera-malli; Pintavesi>).
- Komulainen, H. 2013e.** Maaperässä olevan aineen terveystarvinnan arvio. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto, J. (toim.). Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199, 139–141. (<http://fi.opasnet.org/fi/Minera-malli; Maaperä>).
- Komulainen, H. 2013f.** Pohjaveden epäpuhtauksien terveystarvinnan arviointi. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto, J. (toim.). Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199, 104–111. (<http://fi.opasnet.org/fi/Minera-malli; Pohjavesi>).
- Komulainen, H. 2013g.** Hajun aiheuttaman terveystarvinnan arviointi. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto, J. (toim.). Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199, 153–162. (<http://fi.opasnet.org/fi/Minera-malli; Hajun arviointi kaivostoiminnassa>).
- Komulainen, H. 2013h.** Säteilyn aiheuttaman terveystarvinnan arviointi. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto, J. (toim.). Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199, 162–185. (<http://fi.opasnet.org/fi/Minera-malli; Säteily>).

- Komulainen, H., Kallio, A. & Tuomisto, J. 2014.** Kaivostoiminnan ympäristöterveysriskit. Ympäristö ja Terveyslehti 8, 56–65.
- Komulainen, H. & Karlsson, T. 2013.** Tärinän haittavaikutusten arviointi. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto, J. (toim.). Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199, 150–153. (<http://fi.opasnet.org/fi/Minera-malli>; Tärinä, Kaivostöiden aiheuttama tärinä).
- Komulainen, H. & Kollanus, V. 2013.** Terveysriskin kuvaus. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto, J. (toim.). Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199, 185–193. (<http://fi.opasnet.org/fi/Minera-malli>).
- Kuusisto, E., Ruokolainen, S., Karjalainen, N. & Komulainen, H. 2013.** Meluvaikutusten arviointi. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto, J. (toim.). Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199, 141–149. (<http://fi.opasnet.org/fi/Minera-malli>; Melu, Meluvaikutusten arviointi).
- Kylylahti Copper Oy 2014.** Luikonlahden rikastamon sivutuotteiden ja kaivannaisjätteiden elinkaarisuunnittelu. Ympäristövaikutusten arviointiselostus (YVA-konsultti Ramboll Finland Oy).
- Lahermo, P., Ilmasti, M., Juntunen, R. & Taka, M. 1990.** Suomen geokemian atlas: Osa 1: Suomen pohjavesien hydrogeokemiallinen karttoitus = The hydrogeochemical mapping of Finnish groundwater. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. 66 s. + kartta. ISBN 951-690-356-8.
- Lahermo, P., Tarvainen, T., Hatakka, T., Backman, B., Juntunen, R., Kortelainen, N., Lakomaa, T., Nikkarinen, M., Vesterbacka, P., Väisänen, U. & Suomela, P. 2002.** Tuhat kaivoa – Suomen kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999. Summary: One thousand wells – the physical-chemical quality of Finnish well waters in 1999. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 155. 92 s., 60 kuvaa ja 8 taulukkoa.
- Lahermo, P., Väänänen, P., Tarvainen, T. & Salminen R. 1996.** Suomen geokemian atlas, osa 3: Ympäristögeokemia – purovedet ja sedimentit. Geologian tutkimuskeskus, Espoo 1996. 150 s.
- Lapin vesitutkimus Oy 2005.** Terveysvaikutusten riskin aiheuttamat sosiaaliset vaikutukset Teoksessa Talvivaara Projekti Oy : Talvivaaran kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arviointiselostus. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B8832D3F7-69FA-4C99-8AF4-5738AF22C691%7D/43141> (pdf 4,5 Mt)
- Lappalainen, P. & Paalumäki, T. 2015.** Louhintamenetelmät. Julkaisussa: Paalumäki, T., Lappalainen, P. & Hakapää, A. 2015. Kaivos- ja louhintatekniikka. Tampere, Kaivosteollisuus ry ja Opetushallitus, 107–139.
- Laukkonen, J. & Törmä, H. 2014.** Suomen kaivosalan vaikutavuuden kehitys ja haasteet vuosina 2010–2020. Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti, Julkaisuja 136. 41 s.
- Lawrence, D. P. 2007.** Impact significance determination – Back to basics, Environmental Impact Assessment Review 27, 755–769.
- Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B. & Balsley, J. E. 1971.** A procedure for evaluating environmental impact. U.S. Geological Survey Circular 645, Washington, D.C.
- Leppänen, M. T., Akkanen, J., Karjalainen, A., Lehtonen, K. & Mäenpää, K. 2015.** Vesien sedimentit haitta-aineiden arkistoina. Ympäristöriskinarviointi odottaa teki- jänsä. Ympäristö ja Terveys 4, 48–55.
- Liikennevirasto 2013a.** Ratahankkeiden arviointiohje. Liikenneviraston ohjeita 15. 104 s.
- Liikennevirasto 2013 b.** Radanpidon ympäristöohje. Liikenneviraston ohjeita 22/2013. 163 s.
- Lóvén, P. 2015.** Esiintymien kannattavuustarkastelu. Julkaisussa: Paalumäki, T., Lappalainen, P. & Hakapää, A. 2015. Kaivos- ja louhintatekniikka. Tampere, Kaivosteollisuus ry ja Opetushallitus, 55–62.
- Luodes, H., Kauppila, P. M., Karlsson, T., Nikkarinen, M., Aatos, S., Tornivaara, A., Wahlström, M. & Kaartinen, T. 2011.** Kaivannaisjätteen luokittelu pysyväksi. Louhinnassa muodostuvat sivukivet. Suomen ympäristö 21/2011, Ympäristönsuojelu, s. 35. Ympäristöministeriö. URN:ISBN:978-952-11-3919-2. ISBN 978-952-11-3919-2 (PDF).
- MacNaughton, G. & Forman, L. 2014.** The Value of Mainstreaming Human Rights into Health Impact Assessment, International Journal of Environmental Research and Public Health, Vol. 11, 10076-10090.
- MacNaughton, G. & Hunt, P. 2011.** A human rights-based approach to social impact assessment in: Vanclay F & Esteves MA (eds). New Directions in Social Impact Assessment: Conceptual and Methodological Advances. Edward Elgar Press, Cheltenham, 355–368.
- Makkonen, S. 2013.** Ekologisen riskinarvioinnin yleiset periaatteet. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto, J. (toim.). Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199, 22–23. (<http://fi.opasnet.org/fi/Minera-malli>; Ekologinen riskin arviointi.)
- Makkonen, S. & Koikkalainen, K. 2013.** Ekologinen riskinarviointi. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto, J. (toim.). Ahvensalmi, A., Backnäs, S., Forsman, P., Huhta, H.-K., Karjalainen, N., Karlsson, T., Kauppila, P., Koikkalainen, K., Koivuhuhta, A., Kollanus, V., Kousa, A., Kuusisto, E., Mäkinen, J., Nerg, A.-M., Niittynen, M., Nikkarinen, M., Pasanen, A., Ruokolainen, S., Ryhänen, N., Solismaa, L., Tarvainen, M., Tornivaara, A. ja Waissi-Leinonen, G. 2013. Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 199, 194–209.
- Marinelli, F. & Niccoli, W. L. 2000.** Simple analytical equations for estimating ground water inflow to a mine pit. Ground Water 38, 311–314.
- Marttunen, M., Grönlund, S., Hokkanen, J., Jantunen, J., Karjalainen, T. P., Luodemäki, S., Mustajoki, J., Neste, J., Saarikoski, H., Vallius, E., Vehmas, A. & Vienonen, S. 2015.** Hyviä käytäntöjä ympäristövaikutusten arvioinnissa. IMPERIA-hankkeen raportti.
- Marttunen, M., Mustajoki, J., Verta, O.-M., Hämäläinen, R. P. 2008.** Monitavoitearviointi vuorovaikutteisessa ympäristösuunnittelussa – Menetelmä ja sen soveltamisesimerkkejä vesistöjen käytössä ja hoidossa. Suomen ympäristö 11/2008, 71 s.
- Muinaismuistolaki 295/17.6.1963**
- Mustajoki, J., Marttunen, M., Hokkanen, J. 2015.** Monitavoitearvioinnin ja strukturointityökalujen hyödyntäminen ympäristövaikutusten arvioinnissa. IMPERIA-hankkeen raportti.

- Northland Mines Oy 2013.** Hannukaisen kaivoshanke. Ympäristövaikutusten arviointiselostus, YVA-konsultti Ramboll Finland Oy.
- Nurmi, P. 2006.** Kaivostoiminta ja kestävä kehitys. *Geofoorumi* 3/2006. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: <http://www.gtk.fi/export/sites/fi/ajankohtaista/painotuotteet/geofoorumi/arkisto/Geofoorumi306.pdf>
- Nyrölä, L., Teerihalmes, H., Erävuori, L., Junnilainen, L., Järvalto, A. & Väre, S. 2011.** Kompensaation reunاهدوت tie- ja rautatiehankkeissa. Liikennevirasto, väylätekniikkaosasto. Helsinki 2011. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 52/2011. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2011-52_kompensaation_toteuttamisen_web.pdf
- Paalumäki, T., Lappalainen, P. & Hakapää, A. (toim.) 2015.** Kaivos- ja louhintatekniikka. Tampere, Kaivosteollisuus ry ja Opetushallitus. 479 s.
- Papunen, H. 1986.** Suomen metalliset malmiesiintymät. Julkaisussa: Papunen, H., Haapala, I., Rouhunkoski, P. (toim.) Suomen malmigeologia. Metalliset malmiesiintymät. Suomen geologinen seura ry. Mäntän kirjapaino, Mänttä, 133–241.
- Pasanen, A. & Backnäs, S. (toim.) 2013.** MINERA-hankkeen tapaustutkimus: Riskinarviomenetelmien testaaminen Luikonlahden ja Kyylylahden kaivosalueella. Geologian tutkimuskeskus, Arkistoraportti 125/2013. 243 s. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/125_2013.pdf
- Pasanen, A. & Kousa, A. 2013.** Kaivosten energiantuotannon päästöt ja ajoneuvojen pakokaasupäästöt. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto J. (toim.), Ahvensalmi, A., Backnäs, S., Forsman, P., Huhta, H.-K., Karjalainen, N., Karlsson, T., Kauppila, P., Koikkalainen, K., Koivuhuhta, A., Kollanus, V., Kousa, A., Kuusisto, E., Mäkinen, J., Nerg, A.-M., Niittynen, M., Nikkarinen, M., Pasanen, A., Ruokolainen, S., Ryhänen, N., Solismaa, L., Tarvainen, M., Tornivaara, A. ja Waissi-Leinonen, G. 2013. Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 199, 69–71. ([http://fi.opasnet.org/fi/Minera-malli; Pölyn ja huikkasten päästöt](http://fi.opasnet.org/fi/Minera-malli;Pölyn_ja_huikkasten_päästöt)).
- Puustjärvi, H., Korteniemi, J., Lovén, P., Meriläinen, M., Mikkola, P. & Nykänen, V. 2015.** Geologiset tutkimukset. Julkaisussa: Paalumäki, T., Lappalainen, P. & Hakapää, A. 2015. Kaivos- ja louhintatekniikka. Tampere, Kaivosteollisuus ry ja Opetushallitus. s. 35–54.
- Pöyry Finland Oy 2009.** Adriana Resources Inc.: Mustavaaran kaivoshanke : YVA-selostus : SVA-raportti. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BEA45FB76-9136-4734-B3B8-21EA61BD92A9%7D/78535>. (pdf 260 Kt)
- Pöyry Finland Oy 2014a.** Talvivaara Sotkamo Oy. Uuden purkureitin ympäristölupahakemus. Raportti 125 s. 16X205277
- Pöyry Finland Oy 2014b.** Talvivaara Sotkamo Oy. Selvitys mahdollisista uusista purkupaikoista. Raportti 118 s. 16X177970.
- Pääkkönen, P. & Alanen, A. 2000.** Luonnonsuojelulain luontotyyppien inventointiohje. Suomen ympäristökeskuksen moniste 188. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 128 s.
- Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslén, A. & Mannerkoski, I. (toim.) 2010.** Suomen lajien uhanalaisuus 2010 – Punainen kirja. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 685 s.
- Raunio, A., Anttila, S., Kokko, A. & Mäkelä, K. 2013.** Luontotyyppisuojeleluu nykytilanne ja kehittämistarpeet – lakisääteiset turvaamiskeinot. Suomen ympäristö 5/2013. 276 s. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Raunio, A., Schulman, A. & Kontula, T. (toim.) 2008.** Suomen luontotyyppien uhanalaisuus. Suomen ympäristö 8/2008. Osat 1 ja 2. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 264 s. + 572 s.
- Reini, K., Määttä, S. & Törmä, H. 2011.** Talvivaaran kaivoksen jalostusketjun ja siihen liittyvien investointien aluetaloudelliset vaikutukset. Helsingin yliopisto, Ruralia instituutti, Julkaisuja 73. 32 s.
- Reinikainen, J. 2007.** Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittäysperusteet. Suomen ympäristö 23/2007. Suomen ympäristökeskus. 164 s. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BC633F084-8595-4032-BDD8-EFD539D4AED1%7D/91488>
- Reinikainen, J. & al. 2014.** Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta, Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2014, ISBN 978-952-11-4327-4(PDF), ISBN 978-952-11-436-7 (nid.).
- Salminen, R. (toim.) 1995.** Alueellinen geokemiallinen kartoitus Suomessa vuosina 1982–1994. Summary: Regional Geochemical Mapping in Finland in 1982–1994. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 130. 47 s., 19 kuvaa, 5 taulukkoa ja 24 liitettä.
- Salminen, R. (päätoim.), Batista, M. J., Bidovec, M., Cemtriades, A., De Vivo B., De Vos, W., Duris, M., Gilucis, A., Gregorauskiene, V., Halamic, J., Heitzmann, P., Lima, A., Jordan, G., Klaver, G., Kelin, P., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., Mazreku, A., O'Connor, P. J., Olsson, S. Å., Ottesen, R.-T., Petersell, V., Plant, J. A., Reeder, S., Salpeteru, I., Sandström, H., Seiwers, U., Steinfeld, A. & Tarvainen, T. 2005.** Geochemical Atlas of Europe. Part 1 – Background Information, Methodology, and Maps. 526 s.
- Salminen, R., Chekushin, V., Tenhola, M., Bogatyrev, I., Glavatskikh, S. P., Fedotova, E., Gregorauskiene, V., Kashulina, G., Niskavaara, H., Polischuok, A., Rissanen, K., Selenok, L., Tomilina, O. & Zhdanova, L. 2004.** GEOCHEMICAL Atlas of the Eastern Barents Region. Elsevier, 2004. ISBN 0-444-51815-0.
- Salminen, R., Heikkinen, P., Nikkarinen, M., Parkkinen, J., Sipilä, P., Suomela, P. & Wennerström, M. 2000.** Ympäristövaikutusten arviointimenettelyn opas kaivoshankkeisiin. Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 20/1999. 82 s.
- Salminen, R., Tarvainen, T., Demetriades, A., Duris, M., Fordyce, F. M., Gregorauskiene, V., Kahelin, H., Kivisilla, J., Klaver, G., Klein, H., Larson, J. O., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., Mjartanova, H., Mouvet, C., O'Connor, P., Odor, L., Ottonello, G., Paukula, T., Plant, J. A., Reimann, C., Schermann, O., Siewers, U., Steinfeld, A., Van der Sluys, J., Vivo, B. de & Williams, L. 1998.** FOREGS geochemical mapping field manual. Geologian tutkimuskeskus. Opas 47. 36 s. + 1 liite.
- Salminen, R., Tarvainen, T. & Moisio, T. 2007.** Alkuaineiden taustapitoisuudet Suomen harjujen ja reunamuodostumien karkealajitteisissa mineraalimaalajeissa. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 167. 33 s., 23 kuvaa ja 10 taul.
- Schlekat, C. E., Van Genderen, E., De Scampelaere, K., Antunes P. M. C., Rogevich, E. C. & Stubblefield, W. A. 2010.** Cross-species extrapolation of chronic nickel Biotic Ligand Models. *Sci. Tot. Environ.* 408, 6148–6157.

- The Scottish Government 2000.** PAN 50 Annex D: Controlling the Environmental Effects of Surface Mineral Workings.
- Shift 2014.** Business and Human Rights Impacts: Identifying and Prioritizing Human Rights Risks. Workshop Report, 15–16 January 2014 Social and Economic Council (SER), The Hague, The Netherlands. 35 s. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: <http://www.shiftproject.org/publication/business-and-human-rights-impacts-identifying-and-prioritizing-human-rights-risks>
- Simpson, S. L., Batley, G. E., Chariton, A. A., Stauber, J. L., King, C. K., Chapman, J. C., Hyne, R. V., Gale, S. A., Roach, A. C., Maher, W. A. 2005.** Handbook for Sediment Quality Assessment. CSIRO. Bangor, NSW. 79 s., 8 liitettä.
- Singh, R. N. & Atkins, A. S. 1984.** Application of analytical solutions to simulate some mine inflow problems in underground coal mining. *International Journal of Mine Water* 3, 1–27.
- Singh, R. N. & Atkins, A. S. 1985.** Analytical techniques for the estimation of mine water inflow. *International Journal of Mining Engineering* 3, 65–77.
- Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö 1998.** Räjähdyssalan normeja, Turvallisuusmääräykset 16:0. 50 s.
- Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö 2001.** Sosiaali- ja terveystieteiden asetusten pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 401/2001.
- Sprague, J. B. 1970.** Measurement of pollutant toxicity to fish. II. Utilizing and applying bioassay results. *Water Res.* 4, 3–32.
- STUK 2011.** Säteilyturvallisuus luonnonsäteilylle altistavassa toiminnassa. Ohje ST 12.1 /2.2.2011. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: <http://plus.edilex.fi/stuklex/fi/lainsaadanto/saannosto/ST12-1>.
- Suffet, I. H., Burlingame, G. A., Rosenfeld, P. E. & Bruchet, A. 2004.** The value of an odor-quality-wheel classification scheme for wastewater treatment plants. *Water Sci. Technol.* 50, 25–32.
- Suomen luonnonsuojeluliitto 2013.** Vaikuta kaivoshankkeisiin. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: <http://www.sll.fi/mita-sina-voit-tehda/vaikutalahiymparistoosi/vaikuta-kaivoshankkeisiin>
- Suomen ympäristökeskus 2010.** Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa. Suomen Ympäristö 25/2010. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: <http://hdl.handle.net/10138/37976>
- Suomen ympäristökeskus 2015c.** Luontotyyppien esittelyt: luontodirektiivin luontotyyppit. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Luontotyyppit/Luontodirektiivin_luontotyyppit/Luontotyyppien_esittelyt
- Suter, G. W. II. 2007.** Ecological Risk Assessment. 2nd Ed. CRC Press. Boca Raton, FL, USA. 643 s.
- Syrjänen, P., Antikainen, J., Bergström, P. & Hakala, M. 2015.** Kalliomekaaninen suunnittelu ja seuranta. Julkaisussa: Paalumäki, T., Lappalainen, P. & Hakapää, A. (toim.) 2015. Kaivos- ja louhintatekniikka. Tampere, Kaivosteollisuus ry ja Opetushallitus, 67–84.
- Swedish EPA 2000.** Environmental Quality Criteria. Lakes and watercourses. Report 5050. 83 s., 3 liitettä.
- Söderman, T. 2003.** Luontonselvitykset ja luontovaikutusten arviointi -kaavoituksessa, YVA-menettelyssä ja Natura-arvioinnissa, Ympäristöopas 109, Suomen ympäristökeskus 2003.
- Tarvainen, T. 2012.** Espoon maaperän taustapitoisuudet. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti S41/2010/39. 34 s. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: http://arkisto.gtk.fi/s41/s_41_2010_39.pdf
- Tenhola, M. & Tarvainen, T. 2008.** Purovesien ja orgaanisten purosedimenttien alkuainepitoisuudet Suomessa vuosina 1990, 1995, 2000 ja 2006. Tutkimusraportti 172. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. 60 s.
- Tiehallinto 1999.** Tiehankkeiden ja tienpidon toimien ympäristövaikutusten selvittäminen. Tielaitos, Helsinki. Tiehallinto, tie- ja liikennetekniikka. 20 s.
- Tiehallinto 2009.** Ympäristövaikutusten arviointi tiehankkeen suunnittelussa. Tiehallinto, Helsinki 2009. 68 s.
- Tornivaara, A. & Karlsson, T. 2013.** Päästöt vesiin kaivannaisjätteiden varastoinnista. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto J. (toim.), Ahvensalmi, A., Backnäs, S., Forsman, P., Huhta, H.-K., Karjalainen, N., Karlsson, T., Kauppila, P., Koikkalainen, K., Koivuhuhta, A., Kollanus, V., Kousa, A., Kuusisto, E., Mäkinen, J., Nerg, A.-M., Niittynen, M., Nikkarinen, M., Pasanen, A., Ruokolainen, S., Ryhänen, N., Solismaa, L., Tarvainen, M., Tornivaara, A. & Waissi-Leinonen, G. 2013. Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 199, 51–63.
- Tuomisto, J. 2013.** Pölyn leviäminen. Julkaisussa: Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S., Tuomisto J. (toim.). Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199, 72–74. (<http://fi.opasnet.org/fi/Minera-malli>; Vaikutus, Pienhiukkasvaikutukset).
- Turtiainen, M. 2000.** Vertailu ympäristövaikutusten arviointimeneteltyssä. Suomen ympäristö 391.
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2013.** Yrityksiä ja ihmisoikeuksia koskevat ohjaavat periaatteet: Yhdistyneitten kansakuntien “suojele - kunnioita - korjaa” -kehityksen täytäntöönpano. TEM raportteja 36/2013.
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2014.** Malminetsintä suojelualueilla sekä saamelaisten kotiseutualueella ja poronhoitoalueella. Työ- ja elinkeinoministeriö. Opas. Edita. 71 s. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: https://www.tem.fi/files/39765/TEM_Opas_MEKO_02052014.pdf
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2014.** YK:n yrityksiä ja ihmisoikeuksia koskevien ohjaavien periaatteiden kansallinen toimeenpanosuunnitelma, Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu, Kilpailukyky 44/2014.
- Törmä H., Kujala S. & Kinnunen J. 2015.** The employment and population impacts of the boom and bust of Talvivaara mine in the context of severe environmental accidents - A CGE evaluation. *Resources Policy*, Vol. 46, 127–138.
- Törmä, H., Kinnunen, J., Määttä, S. & Zimoch, U. 2013.** Sodankylän Kevitsan kaivoksen alue- ja kunnallistaloudelliset vaikutukset. Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutin Raportti 102.
- Törnqvist, J. & Talja, A. 2006.** Suositus liikennetärintä arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT Working Papers 50. Espoo.
- US EPA 2005.** Procedures for the Derivation of Equilibrium Partitioning Sediment Benchmarks (ESBs) for the Protection of Benthic Organisms: Metal Mixtures. EPA-600-R-02-011. Office of Research and Development. Washington, DC 20460.

- Valtioneuvosto 2006.** Valtioneuvoston asetus vesi-ympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 1022/2006. Helsinki 23.11.2006. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20061022>.
- Valtioneuvosto 2007.** Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007. Helsinki 1.3.2007. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/2007214>.
- Valtioneuvosto 2008.** Valtioneuvoston asetus vesi-ympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta 868/2008. Helsinki 7.10.2008. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/2008868>.
- Valtioneuvosto 2010.** Valtioneuvoston asetus vesi-ympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta 868/2010.
- Valtion ympäristöhallinnon virastot 2013a.** SYKE – Laitospalvelu Lapio. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: http://www.wp3.ymparisto.fi/lapio/lapio_flex.html#. 4.3.2014.
- Valtion ympäristöhallinnon virastot 2013b.** OIVA – Ympäristö- ja paikkatietopalvelu asiantuntijoille. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: <http://www.wp2.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp>. 4.3.2014.
- Valtion ympäristöhallinto 2014.** Vesien tila kartalla -pilotti. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: <http://www.wp3.ymparisto.fi/silverlightviewer/?Viewer=VemuPilotti>
- Vanclay, F. 2003.** 'International principles for social impact assessment', Impact Assessment and Project Appraisal, Vol. 21, 5–11.
- Van Dam, R. A., Hogan, A. C., McCullogh, C. D., Houston, M. A., Humphrey, C. L. & Harford A. J. 2010.** Aquatic toxicity of magnesium sulfate, and the influence of calcium, in very low ionic concentration water. *Environ. Toxicol. Chem.* 29, 410–421.
- Vartiainen, A.-K., Turunen, A. W., Ung-Lanki, S. & Lanki, T. 2015.** Meluherkkyydellä on tärkeä rooli melun kokemisessa. *Psykologia* 50, 244–256.
- Vehmas, A. 2012.** Vuoropuhelukokemuksia – haittojen lieventäminen vai korvaaminen. Luento YVA-päivät 22.3.2012. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: http://yvary.fi/userfiles/Vehmas_vuoropuhelu.pdf
- Verta, M., Kauppila, T., Londesborough, S., Mannio, J., Porvari, P., Rask, M., Vuori, K.-M. & Vuorinen, P. J. 2010.** Metallien taustapitoisuudet ja haitallisten aineiden seuranta Suomen pintavesissä. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 12/2010. 35 s + 4 liitettä.
- Vuolio, R. 2008.** Räjätysopas 2008. SML:n Maarakentaja-palvelu Oy. **Vuori, K.-M. 2002.** Vesisammal- ja vesiperhostoukkamenetelmät jokivesistöjen haitallisten aineiden riskinarvioinnissa ja seurannassa. Suomen ympäristö nro 571, Länsi-Suomen ympäristökeskus. 89 s.
- Vuori, K.-M., Tuppurainen, J. & Jokela, S. 2001.** Ekologiset riskit jokivesistöissä. Arviointimenetelmät ja niiden soveltaminen borealisille jokiekosysteemeille. Suomen ympäristö 496. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, Joensuu. 42 s.
- Välisalo, T. (toim.), Jouttijärvi, T., Kallio, A., Kauppi, S., Kauppila, P., Komulainen, H., Laasonen, J., Laine-Ylijoki, J., Leppänen, M., Reinikainen, J. & Wahlström, M. 2013.** Kaivosten stressitestit 2013. Ympäristöministeriön raportteja 2/2014. Helsinki. 133 s.
- Ympäristöhallinto 2015.** Vesienhoidon suunnitteluopas. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/vesienhoito/opas>
- Ympäristöministeriö 2004.** Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. 37 s., 3 liitettä.
- Ympäristöministeriö 2014.** Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta. Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2014, Ympäristöministeriö. 236 s. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/136564/OH_6_2014.pdf?sequence=1.
- Ympäristöministeriö 2014.** Natura-alueen toteutus ja arviointi. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Luonnon_monimuotoisuus/Luonnonsuojelualueet/Naturaalueet/Naturaalueen_toteutus
- Ympäristöministeriö 2015.** Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2015. Edita Prima Oy. 55 s., 5 liitettä.
- Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus 2015.** Uhanalaiset lajit. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Lajit/Uhanalaiset_lajit
- Wenning, R. J., Batley, G. E., Ingersoll, C. G. & Moore, D. W. (eds) 2005.** Use of Sediment Quality Guidelines and Related Tools for the Assessment of Contaminated Sediments. SETAC Press, Pensacola, FL, USA. 815 s.
- WHO 1999.** Guidelines for community noise. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: <http://www.who.int/hq/1999/a68672.pdf>
- WHO 2009.** Night noise guidelines for Europe. [WWW-dokumentti] [Viitattu 17.12.2015]. Saatavissa: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf

Kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arvioiminen ennakolta on keskeinen työkalu kun halutaan kehittää yhteiskunnallisesti hyväksyttävää ja ympäristön kannalta kestävää kaivostoimintaa. Arvioinnin tarjoamat tiedot ja näkökulmat parantavat ympäristön huomioimista suunnittelussa, nopeuttavat ja helpottavat myöhempiä lupaprosesseja ja auttavat vähentämään kuluja toimintavaiheessa. Työ- ja elinkeinoministeriö julkaisi hiljattain oppaan ympäristövaikutusten arviointimenettelystä kaivoshankkeissa. Sitä tukemaan laadittiin tämä tutkimusraportti, joka käsittelee arviointiprosessin sijaan kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa hyödynnettäviä hyviä käytäntöjä. Raportissa käsitellään kaivoshankkeiden tyypillisiä ympäristövaikutuksia, hankkeen prosessien ja niistä syntyvien päästöjen kuvaamista, suunnitellun hankealueen ympäristön nykytilan selvittämistä sekä varsinaista ympäristövaikutusten arvioimista. Lopuksi tarkastellaan vaikutusten merkittävyyden arviointia ja vaihtoehtojen vertailua. Kokonaisuudessaan raportti toimii myös laajana, joskaan ei täydellisenä, muistilistana kaivoshankkeiden mahdollisista ympäristövaikutuksista ja niiden arvioimisesta. Sitä ei kuitenkaan tule pitää viranomaisohjeena tai minkään tahon virallisena kantana. Raporttia on ollut kirjoittamassa lukuisia asiantuntijoita Geologian tutkimuskeskuksesta, Suomen ympäristökeskuksesta, Terveystieteiden tutkimuskeskuksesta, Helsingin yliopistosta, FIANT Consulting Oy:stä, Ramboll Finland Oy:stä, Pöyry Finland Oy:stä ja Ahma ympäristö Oy:stä.

Assessment of the environmental impacts of mining projects is an important tool for developing socially acceptable and environmentally sustainable mining practices. The information and insights provided by such assessments enable better environmental planning and design, contribute to smoother permitting processes, and help to reduce operating costs. The Ministry of Employment and the Economy recently published a guide on the environmental impact assessment (EIA) procedure for mining projects in Finland. The current report was planned to provide supporting material for that guide, and beyond presenting the EIA process, reviews good practices in the actual predictive assessment of the environmental impacts of mining projects. This report discusses the typical environmental impacts of mining, different mining project processes, methods to characterize emissions from these processes, studies to define the baseline conditions of the planned mine site, and approaches for the actual assessment of various mining impacts. The final sections of the report review methods to determine the significance of the impacts and to compare project alternatives. The report as a whole also serves as a checklist for possible environmental impacts from mining projects. However, the report is not an exhaustive treatment of the topic and it should not be applied as an official guidance document. The report has been compiled by a large team of experts from the Geological Survey of Finland, Finnish Environment Institute, National Institute for Health and Welfare, University of Helsinki, FIANT Consulting Oy, Ramboll Finland Oy, Pöyry Finland Oy, and Ahma Environment Ltd. The authors are responsible for the content of their texts.



Kaikki GTK:n julkaisut verkko-osoitteessa hakku.gtk.fi
All GTK's publications online at hakku.gtk.fi