



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

Rikastamon puhtaanapidon haasteet

Eero Pohjasenaho

Prosessitekniikka

Kandidaatintyö

Helmikuu 2021

TIIVISTELMÄ

Rikastamon puhtaanapidon haasteet

Eero Pohjasenaho

Oulun yliopisto, prosessitekniikan tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö 2021

Työn ohjaajat yliopistolla: Eetu-Pekka Heikkinen ja Santeri Kaisanlahti

Rikastamot ovat usein pölyisiä ja likaisia laitoksia materiaalivirtojen käsittelyn vuoksi. Kivipöly, asbesti ja erikokoiset malmipartikkelit aiheuttavat ongelmia joutuessaan vääriin paikkoihin. Huonot puhtaanapitoratkaisut voivat pahimmillaan sitoa paljon työvoimaa, aikaa ja resursseja sekä aiheuttaa heikkoja käyntiaikoja.

Tässä työssä haetaan ratkaisuja puhtaanapidon parantamiseksi rikastamoilla. Esimerkkinä käytetään Outokummun Kemin kaivoksen rikastamo ja tarkastellaan sen puhtaanapidon nykytilannetta. Tarkoituksena on selvittää rikastamoiden likaantumisen syyt, likaantuvimpia alueita ja laitteita sekä niiden puhtaanapidon haasteita. Työssä tutkitaan myös 5S-menetelmän hyödyntämistä puhtaanapidossa. Ongelmat ja ratkaisuehdotukset tuodaan esille kirjallisuuden, kirjoittajan omien prosessinhoitokokemusten ja pohdinnan, Outokummun työntekijöiden sekä työnjohdon haastatteluiden avulla.

Rikastamot likaantuvat, koska niissä usein käsitellään materiaalivirtoja avoimissa prosesseissa, jotta niitä voidaan ohjata ja kunnossapitää helposti. Tekemällä pieniä muutoksia tehtaan lattiakaivoihin, hihnakuljettimiin ja pölynpoistoon voitaisiin saavuttaa käytännöllisempiä puhtaanapitoratkaisuja sekä puhtaammat työolot.

5S-menetelmää voitaisiin hyödyntää olemassa olevaa järjestelmää tehokkaammin puhtaanapidossa. Puhdas rikastamo vaatisi suljetun prosessin, joka olisi erittäin toimintavarma. Tämä olisi kuitenkin kallis investointi ja tarvitsisi aukotonta suunnittelua. Tämän työn tuloksia voi kuitenkin hyödyntää nykyisten rikastamoiden puhtaanapidon suunnittelussa ja parantelussa. Asiasanat: rikastus, rikastamo, puhtaanapito

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	4
2 RIKASTAMO	5
2.1 Toiminnan kuvaus	5
2.2 Rikastusmenetelmiä	5
2.3 Kemin kaivos	6
2.4 Kemin kaivoksen rikastusprosessi	7
2.4.1 Maanalainen kaivos	8
2.4.2 Murskaamo	8
2.4.3 Palarikastamo	8
2.4.4 Jauhimo	9
2.4.5 Hienorikastamo	10
2.4.6 Vesienkäsittely	10
2.5 Kemin kaivoksen rikastamon puhtaanapidon nykytilanne	10
2.5.1 Aluehoito	11
2.5.2 Puhtaanapidon tekniset ratkaisut	12
2.5.3 Työkalut ja koneet	14
2.6 Puhtaanapidon keskeisimmät ongelmakohdat ja haasteet	15
2.6.1 Materiaalivirta	15
2.6.2 Haasteet teknisissä ratkaisuissa	16
2.6.3 Tehtaan käyttö	17
2.7 Puhtaanapidon kannalta haasteellisimmat alueet	18
2.8 5S-näkökulma	20
2.8.1 5S-menetelmä	20
2.8.2 5S Kemin kaivoksen rikastamolla	21
3 RATKAISUEHDOTUKSIA PUHTAANAPIDON HAASTEISIIN	24
3.1 Alueiden peseminen	24
3.2 Hihnakuljettimet ja niiden riperännit	25
3.3 Pölynpoisto tehdastiloissa ja kuljetintunneleissa	26
3.4 Työskentely täryseuloilla ja syöttö- sekä purkusuppiloilla	27
3.5 Vikailmoitusten hyödyntäminen	27

3.6 5S-menetelmän hyödyntäminen	28
4 YHTEENVETO	29
LÄHDELUETTELO	31

1 JOHDANTO

Malmien käsittelylaitokset eli rikastamot ovat usein pölyisiä ja likaisia niissä käsiteltävien materiaalivirtojen vuoksi, jonka takia niiden ylläpito ja käyttö vaatii jatkuvaa puhtaanapitoa. Ilman jatkuvaa puhtaanapitoa alkaa hiljalleen seurata ongelmia rikastamon toiminnassa, kun pöly ja kiviaines päätyvät ja jäävät väärin paikkoihin. Tämä voi aiheuttaa turvallisuusriskejä, laiterikkoja ja lopulta heikompia käyntiaikoja. Puhtaanapito sitoo työvoimaa, aikaa ja resursseja. Siksi sen tulisi olla mahdollisimman turvallista, helppoa ja mielekästä. Näin ei kuitenkaan aina ole, jos puhtaanapidon käytännöllisyyttä ei ole mietitty tehtaan tai laitteen suunnitteluvaiheessa riittävästi.

Tässä työssä käsitellään rikastamoiden puhtaanapidon haasteita eli likaantumisen syitä, käytössä olevia puhtaanapitoratkaisuja ja -käytäntöjä, likaantuvimpia alueita ja laitteita sekä niiden puhtaanapidon ongelmakohtia. Lisäksi työssä kerrotaan 5S-käytännöistä ja niiden soveltamisesta rikastuslaitoksissa. Työn tavoitteena on hakea ratkaisuehdotuksia puhtaanapidon parantamiseksi kirjallisuuden, haastatteluiden ja kirjoittajan omien kokemusten pohjalta. Tarkoituksena on myös kertoa, mitä tulee ottaa huomioon rikastamon puhtaanapidosta, kun rikastamo suunnitellaan tai parannellaan. Mukaan otetaan myös 5S-näkökulma. Työssä käytetään esimerkkinä Outokumpu Oyj:n Kemin kaivoksen rikastamo, josta kirjoittaja on kerännyt prosessinhoitajan työkokemusta, työntekijöiden ja esimiesten haastatteluja sekä omia havaintoja.

2 RIKASTAMO

2.1 Toiminnan kuvaus

Rikastamo on malmin käsittelylaitos, jossa kaivoksesta louhitusta arvomineraalista poistetaan hyödytön sivukivi eli harmemineraali. Rikastamo sijaitsee yleensä kaivoksen vieressä tai päällä riippuen siitä onko kaivos avolouhos vai maanalainen kaivos. Rikastamon tavoitteena on nostaa sen malmisyötteen arvomineraalipitoisuutta. Rikastuksen tuotetta sanotaan rikasteeksi. Rikastamon prosessin toiminta perustuu rikastusmenetelmiin.

2.2 Rikastusmenetelmiä

Rikastusmenetelmiä on erilaisia, koska rikastettavien malmien ominaisuudet eroavat toisistaan. Yleisimpiä menetelmiä ovat ominaispainoerotus, vaahdotus, magneettierotus ja liuotus. Ominaispainoerotus perustuu mineraalien välisiin tiheyseroihin ja painovoimaan. Väliainerikastuksessa väliaine kelluttaa sivukiveä, jonka arvomineraalipitoisuus on pieni. Yleisimpiä väliaineita ovat vesi ja vesipohjaiset seokset, esimerkkinä piirautavesi. Tarpeeksi paljon arvomineraalia sisältävät partikkelit painuvat väliaineen pohjalle. Tätä menetelmää hyödynnetään esimerkiksi kromipitoisen palarikasteen valmistuksessa Kemin kaivoksella. (Käyhkö s. 16, Lima s. 146, Lukkarinen s. 158, 156-161, Wills s. 225-226)

Vaahdotuksessa hyödynnetään mineraalien fysikaalisia ominaisuuksia ja pinta-aktiivisuutta. Rikastettavan arvomineraalin ja veden sekoitukseen puhalletaan ilmakuplia, joihin arvomineraalipartikkelit tarttuvat. Arvomineraali kerätään talteen vaahdotusastian pintaan muodostuneesta vaahdosta. Vaahdotus voi toimia myös käänteisesti, jolloin talteen kerätään vaahdotusastian pohjalle jäänyt arvomineraali. Käänteistä vaahdotusta käytetään esimerkiksi kalkkikiven rikastuksessa. (Hukki s. 356-357, Käyhkö s. 13)

Magneettierotus perustuu joko arvomineraalin tai harmemineraalin magneettisuuteen. Esimerkiksi rautamalmeja rikastetaan hyödyntämällä magneettierotusta. Pigmenttimineraalien rikastus perustuu puolestaan magneettisiin harmemineraaleihin. Magneeteilla voidaan myös puhdistaa malmisyötettä poistamalla siitä siihen kuulumatonta materiaalia kuten esimerkiksi rauditusverkkoja tai rautavaijereita. Tätä hyödynnetään Kemin kaivoksen rikastamolla. (Käyhkö s. 20, Lukkarinen s. 228-232, Wills s. 353)

Liutuksessa arvomineraali erotetaan malmista liuottimen avulla. Yleisimpiä liuotinaineita ovat rikkihappo ja syanidiliuokset. Kullan rikastuksessa käytetään liuottimena syanidia. Hienoksi jauhettu kulta kiinnittyy syanidiin, josta se voidaan myöhemmin erottaa saostamalla tai elektrolyysillä. Myös biokasaliuotus on rikastusmenetelmä, jossa kallioperässä luonnostaan esiintyvien rikillä elävien bakteerien avulla erotetaan malmista arvomineraali. Tätä rikastusmenetelmää hyödynnetään nikkelin rikastuksessa Terrafame Oy:n Sotkamon kaivoksella. (Käyhkö s. 22, Young s. 29, Zanbak s. 5-6)

2.3 Kemin kaivos

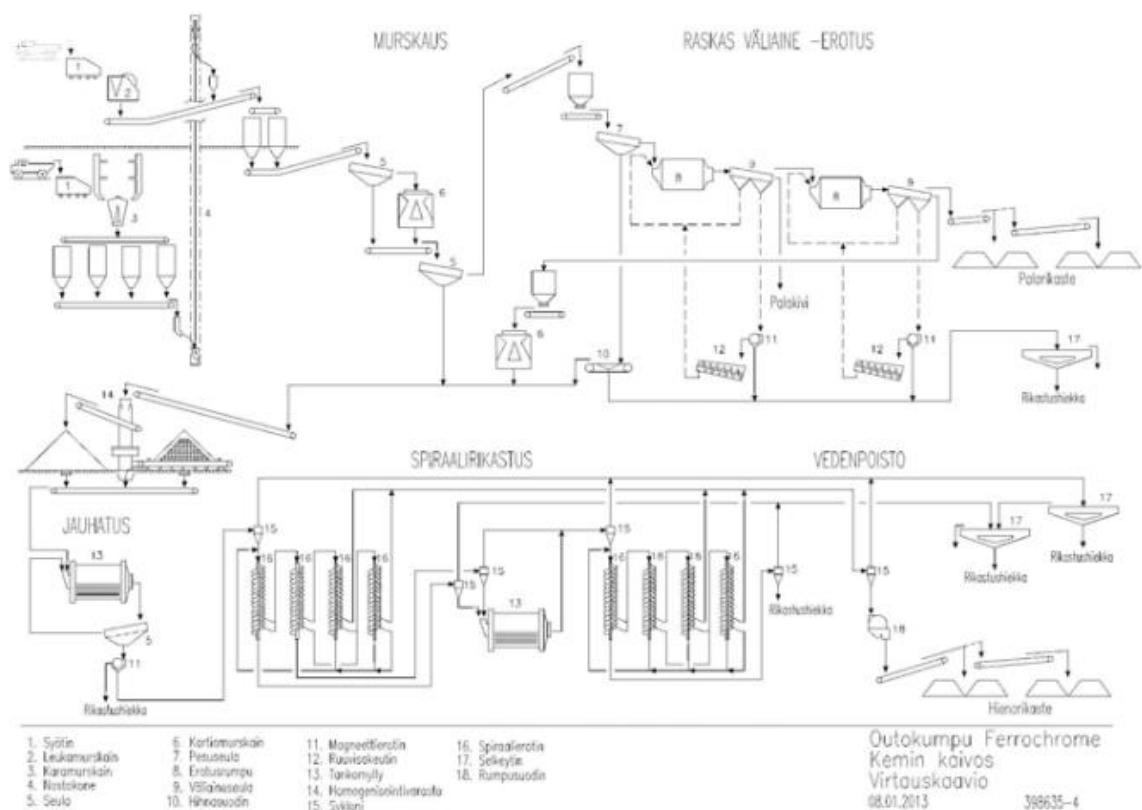
Kemin kaivos on Outokumpu Oyj:n vuonna 1968 perustama kromikaivos, joka sijaitsee Keminmaan kunnassa Elijärvellä. Kaivos on ainoa kromikaivos EU:n alueella ja siellä työskentelee vakituisesti omat työntekijät ja alihankkijat mukaan laskien noin 500 ihmistä (2016). Kaivoksen rikastamo tuottaa kromipitoista hieno- ja palarikastetta Outokummun Tornion ferrokromitehtaiden käyttöön. Kemin kaivos on osa Outokummun integroitua ferrokromin ja ruostumattoman teräksen valmistusketjua. Ferrokromitehtaan tuottaman ferrokromin kromi tekee Outokummun teräksestä ruostumatonta. Vuonna 2016 kaivoksesta louhittiin yhteensä 3,04 miljoonaa tonnia malmia. Rikastamon tuotanto oli samana vuonna 313 906 tonnia palarikastetta ja 756 375 tonnia hienorikastetta (Kaivosvastuu.fi, viitattu 10.11.2020).

Kaivos oli vuoteen 2005 asti avolouhos ja vuonna 2003 siirryttiin ensimmäisen kerran maan alle. Vuodesta 2005 asti kaivos on ollut täysin maanalainen. Avolouhos yltää

parhaimmillaan 200 metrin syvyyteen ja maanalainen toiminta on aloitettu 500 metrin tasolta, josta edetään kohti avolouhoksen pohjaa. Outokumpu on aloittanut maanalaisen kaivoksen laajentamisen 1000 metrin syvyyteen, ja laajennoksen on tarkoitus valmistua vuonna 2021. (Kaivosvastuu.fi, viitattu 10.11.2020)

2.4 Kemin kaivoksen rikastusprosessi

Tässä työssä käytetään esimerkkinä Outokumpun Kemin kaivoksen rikastamo, jossa rikastetaan kromimalmia. Kemin kaivoksen rikastamon rikastusprosessi perustuu ominaispainoerotukseen eli painovoimaan ja tiheyseroihin. Palarikaste tehdään raskasväliaine-erotusrummuilla ja hienorikaste tuotetaan spiraalierottimilla. Arvomineraalin erottamisessa sivukivestä ei käytetä kemikaaleja. Ainoastaan vesienkäsittelyssä käytetään kemikaalina flokkulanttia. (Kostamo s. 7, Outokumpu Oyj 2016b.) Kuvassa yksi on rikastamon prosessikaavio.



KUVA 1. Kemin kaivoksen rikastamon prosessikaavio (Kostamo s. 8).

2.4.1 Maanalainen kaivos

Kemin rikastamo saa malmisyötteesä maanalaisesta kaivoksesta, jossa malmi louhitaan pengerialouhintana, esimurskataan karamurskaimella ja varastoidaan neljään maanalaiseen siiloon. Malmia liikutellaan pääasiassa hihnakuljettimilla niin maan päällä kuin alla. Maanalaisissa siiloissa on eri peristä louhittuja malmityyppejä, jotta rikastamon syötettä voidaan säädellä nostamalla eri siiloista. Malmi nostetaan maanpinnalle 500 metrin tasolle yltävän kappavastapaino-kitkanostokoneen avulla. (Kostamo s. 8, Outokumpu Oyj 2013a.)

2.4.2 Murskaamo

Maanpinnalla malmi ajetaan jälleen väliavarastosiiloihin, jonka jälkeen se kuljetetaan murskaukseen ja seulontaan murskaamolle. Murskauksen tarkoitus on pienentää malmisyötteen partikkelikoko sellaiseksi, että se voidaan rikastaa.

Ensimmäinen kartiomurskaimen vällys on asetusarvossa 50 mm. Murskaamon viimeisen täryseulan karkea ylite kuljetetaan palarikastamon syötteenä ja hienojakoinen alite johdetaan murskevarastoon ennen jauhatusta. Murskaamalla on toinenkin kartiomurskain, asetusarvossa 10 mm, joka murskaa palarikastamon välituotteen jauhatukselle sopivaan partikkelikokoon. Lisäksi murskaamalla on leukamurskain, jolla materiaalia voidaan murskata väliavarastosiiloihin, jos maan alla on ongelmia murskauksen kanssa tai murskaamon syötteen määrää halutaan lisätä. Yleensä leukamurskaa käytetään, kun malmia tuodaan maan päältä murskaamolle. (Kostamo s. 9, Outokumpu Oyj 2013a.)

2.4.3 Palarikastamo

Palarikastuksen tavoite on tuottaa valmista palarikastetta, välituotetta hienorikastettavaksi ja poistaa karkeat kivipartikkelit, joissa kromipitoisuus on alhainen. Palarikastus tapahtuu raskasväliaine-erotuksella, jossa väliaineen tiheyttä säädellään halutun pitoisuuden ja malmityypin mukaan (Kostamo s. 9, Outokumpu Oyj 2016c). Palarikastamon syöte varastoidaan ensin pieneen väliavarastosiiloon, jonka jälkeen syötekivi johdetaan pesuseulontaan. Pesuseulonnassa karkeasta kivisyöttestä pestään

veden ja täryseulan avulla pois ylimääräiset hienojakoiset partikkelit, joita on karkeiden kivien pinnassa. Pesuseulonnan hieno kiviaines päätyy murskevarastoon.

Karkea pesty kivisyöte ajetaan pesuseulonnan jälkeen ensimmäisen väliainepiirin raskasväliaine-erotusrumpuun. Rumpu on osa suljettua väliainepiiriä, jossa kiertää piirautavesiseos (FeSi-vesiliete) väliaineena. Rummussa raskain kivisyöte painuu rummun pohjalle, ja kelluva kivisyöte kulkeutuu väliainevirtauksen mukana rummun läpi. Rummun kehässä on nostajiksi kutsuttuja hyllyjä, jotka nostavat rummun pyöriessä raskaimmat partikkelit täryseulan ylätasolle menevään ränniin. Näitä partikkeleita kutsutaan raskastuotteeksi. Täryseulalla kivistä pestään pois piirautaa takaisin väliainepiiriin. Ensimmäisen piirin rummun läpi kelluvaa kiviainesta kutsutaan palakiveksi, jossa kromipitoisuus on hyvin alhainen. Palakivi ajetaan täryseulan alatason pesun kautta pihalle tehtaasta. Palakiveä hyödynnetään kaivoksen louhostäytöissä ja ruiskubetonin runkoaineena (Kostamo s. 9, Simpanen 2016).

Ensimmäisen väliainepiirin jälkeen raskastuote ajetaan toiseen väliainepiiriin, jonka toimintaperiaate on sama, ainoastaan piirin tiheys on korkeampi. Toinen erotusrumpu erottaa toisen täryseulan ylätasolle pesuun menevän palarikasteen ja rummun läpi kelluva partikkeli johdetaan täryseulan alatason pesujen kautta välituotteeksi murskaamolle. Välituote on kromipitoisuudeltaan alhaisempaa kuin palarikaste. Palarikaste päätyy varastoon palarikastehalleihin, josta se kuljetetaan Tornion ferrokromitehtaalle. (Kostamo s. 9, Outokumpu Oyj 2013a.)

2.4.4 Jauhimo

Murskevarastolta hienojakoinen kiviaines ajetaan esijauhaukseen, jotta se voidaan rikastaa spiraalierottimilla. Esijauhatusta on märkäjauhatusta, jossa käytetään tankomylllyä. Tankomyllly on osa suljettua piiriä, jossa materiaali kiertää niin kauan, että se läpäisee piirin täryseulat. Näiden Derrick-täryseulojen verkon reiän koko on 850 µm ja erotusraja on 700 µm (Kostamo s. 10). Täryseulojen ylite kuljetetaan aina uudelleen esijauhaukseen, ja alite jatkaa matkaansa spiraalirikastukseen. (Kostamo s. 10, Outokumpu Oyj 2016c.)

2.4.5 Hienorikastamo

Hienorikastuksessa hyödynnetään paino- ja keskipakovoimaa spiraalierottimien avulla. Spiraalierotin on kierteelle taivutettu kouru, jossa veden mukana virtaava hienojakoinen kromipitoinen partikkeli kulkee painovoimaisesti alaspäin. Painovoiman vaikutuksesta raskaimmat eli kromipitoiset partikkelit virtaavat kierteen sisäpuolella, vähemmän kromia sisältävät partikkelit virtaavat kierteen keskellä ja rikastushiekaksi päätyvät partikkelit kulkevat ulkokierteellä. Spiraalierottimissa on väliottoja, joita säädellään viivoittimiksi kutsutuilla sauvoilla. Spiraalin alimmassa kierteessä on siivet, joilla säädetään rikasteen, välituotteen ja rikastushiekan oton määrää. Hienorikastuksessa materiaali kulkee esirikastuksen, karkeapiirin, hienopiirin ja riperikastuksen läpi (Kostamo s. 10, Outokumpu Oyj 2016c). Karkeapiirin rikastushiekka jauhetaan lisäjauhatuksessa toisella tankomylyllä kromiitin saannon lisäämiseksi ennen hienopiiriä (Kostamo s. 10). Valmis hienorikaste päätyy rumpusuotimien kuivauksen kautta hienorikastehalleihin, josta se viedään Tornion ferrokromitehtaan käyttöön. (Kostamo s. 10, Outokumpu Oyj 2013a.)

2.4.6 Vesienkäsittely

Rikastamon vesikierto on suljettu. Rikastusprosessin erottama liete pumpataan kahteen selkeyttimeen, joissa vedestä laskeutetaan kiintoaines. Selkeyttimien ylitteen vesi hyödynnetään uudelleen rikastusprosessissa ja alitteen kiintoaines pumpataan rikastushiekka-altaalle. Rikastushiekka-altaan periaate on sama kuin selkeyttimen, eli kiintoaines laskeutuu altaan pohjaan ja vesi pumpataan edelleen kahteen selkeytysaltaseen. Veden selkeydyttyä se pumpataan takaisin rikastusprosessiin. Rikastamolle voidaan ottaa vettä myös Veitsiluodon makeavesikanavasta. (Kostamo s. 10-11, Outokumpu Oyj 2013a.)

2.5 Kemin kaivoksen rikastamon puhtaanapidon nykytilanne

Kemin kaivoksen rikastamon puhtaanapito koostuu käytännössä kolmesta asiasta: työntekijöiden aluehoidosta, tehtaan teknisistä ratkaisuksista sekä työkaluista ja koneista.

Puhtaanapidon tavoitteina on pitää tehdas turvallisena työskennellä, pitää alueet ja laitteet työkuntoisina sekä turvata tuotannon toiminta.

2.5.1 Aluehoito

Puhtaanapidon tärkein osa-alue on prosessinhoitajien aluehoito. Tehdas on jaettu työvuoroissa neljään osaan: murskaamoon, palarikastamoon, jauhimoon ja hienorikastamoon. Jokaisella alueella on yksi oma aluehoitaja työvuoron aikana. Rikastamoa ajaa ohjaamon hoitaja yhdessä vuorottajan kanssa. Tarvittaessa vuorottaja voi jalkautua aluehoitajan avuksi esimerkiksi ongelmatilanteissa.

Aluehoitoon kuuluvat prosessinhoitajien tarkastuskierrokset, pesut, näytteenotot ja mahdolliset huoltotyöt sekä ongelmatilanteiden ratkaisut omalla alueella. Aluehoitaja tarkastaa laitteet ja paikat kierroksen aikana, sekä pesee alueitaan vesiletkuilla. Yleensä alueiden tasoilla ja lattioilla on prosessin materiaalivirrasta peräisin olevia karkeita (kivet) ja hienoja (sora, hieno jauhe, kivipöly) malmipartikkeleita. Alueita pestään myös kivipölyn mukana olevan asbestin vuoksi, koska kosteus sitoo kivipölyä ja asbestia. Asbestin vuoksi rikastamolla käytetään asbestihengityssuojaimia ja asbestihaalareita.

Aluehoitajan havaitessa tai ohjaamon hoitajan ilmoittaessa ongelman se tutkitaan ja ratkaistaan. Esimerkiksi murskaamalla yleinen ongelmatilanne on tukos syöttö- tai purkusuppilossa. Tukoksen aiheuttaa usein esimerkiksi huonon muotoinen kivi, PEH-putki (suuritiheyspolyeteeniputki) tai rauditusverkko. Laitteet lukitaan ja ohjaamoon ilmoitetaan, koska yleensä suppiloon on mentävä tukoksen poistamiseksi. Myös pienet kunnossapitotyöt kuuluvat rikastamon aluehoitajille. Tällainen työ voi olla esimerkiksi palarikastamon seulaverkkojen tarkastus ja vaihto. Tämä toimenpide kuitenkin vaatii pienen seisauksen palarikasteen tuotannossa.

Jos aluehoitaja löytää vastuualueeltaan ongelman tai vian, josta huolimatta tuotanto voidaan pitää käynnissä, aluehoitaja tekee viasta vikailmoituksen kunnossapidon tietojärjestelmään (KuTi). Usein vika korjataan vasta seuraavan seisakin yhteydessä, mutta sopivan seisauksen tullessa vika voidaan korjata jo aiemmin. Joskus aluehoitaja voi paikata esimerkiksi kuljettimen suppilossa olevan reiän lankun pätkällä. Tämä on

puhtaanapidon kannalta suotavaa, koska kuljettimilla kuljetetaan satoja tonneja materiaalia tunnissa. Työvuoron aikana reiästä voi tippua paljon pieniä kivipartikkeleita murskaamon eri tasoille ja lattioille. Tämä aiheuttaa yleensä ylimääräistä työtä vesiletkun kanssa. Vioista kuuluu tehdä vikailmoitus, vaikka vika tai ongelma olisikin heti korjattu. Näin kunnossapito- ja käytinvarmuusorganisaatio pysyy ajan tasalla laitteiden kunnosta ja vioista.

2.5.2 Puhtaanapidon tekniset ratkaisut

Rikastamolla on käytössä erilaisia teknisiä ratkaisuja malmipartikkelien keräämiseksi lattioilta ja tasoilta. Tehdas on täynnä prosessi- ja raakavesilinjoja, joista on otettu ottolinjoja prosessiin ja puhtaanapidon kannalta tärkeisiin työkaluihin ja laitteisiin eli vesiletkuihin ja piiskavesiin. Hihnakuljettimien yllä kulkee yleensä vesilinja, josta on haarat vesiletkuille ja piiskavesille. Vedenottopisteitä on sijoitettu ympäri tehdasta, ja niihin on merkitty, saako niistä prosessi- vai raakavettä.

Rikastamo on suunniteltu siten, että pesty hienojakoinen malmi päättyy lopulta pumpuille, josta se nostetaan takaisin prosessin syötteeksi. Tämä periaate on käytössä esimerkiksi hienorikastamolla. Kaikissa paikoissa tämä ei kuitenkaan onnistu. Esimerkiksi murskaamalla lattioille päättyy niin suuria malmipartikkeleita, että niitä ei voida pumpuilla nostaa takaisin prosessiin. Murskaamo on suunniteltu siten, että suurin osa partikkeleista päättyy kaivojen putkilinjojen ja riperännien kautta sen kellarikerrokseen, josta ne vietään pienellä kauhakuormaajalla pois.

Lähes kaikissa hihnakuljettimissa on riperännit ja kuljetinhihnojen kaavarit. Riperänni on kuljettimen runkoon hihnan alapuolelle kiinnitetty kuljettimen levyinen ränni, jota pitkin materiaalivirran hienojakoiset rippeet pääsevät painovoimaisesti veden virtauksesta valumaan alaspäin seuraavalle tasolle tai kaivolle. Suuremmat partikkelit eli kivet aluehoitaja joutuu yleensä siirtämään vesiletkun suihkulla, sillä usein riperännin kallistuskulma ei riitä kiven vierimiseen. Kuljettimen purkupäässä on riperänniin asennettu piiskavesiputki, jonka kyljessä olevista rei'istä piiskavesi tulee ränniin. Piiskaveden tarkoitus on huuhtoa rännissä oleva hienot malmipartikkelit rännin alapäähän. Piiskavesi voi olla prosessi- tai raakavesilinjasta otettua vettä.

Kuljettimien kaavarit ovat lähes kuljettimen hihnan levyisiä muoveja, jotka hankaavat kevyesti kuljetinhihnaa vasten vaurioittamatta sitä. Kaavarien tarkoitus on poistaa kuljetinhihnan pinnalta hienojakoiset partikkelit, jotka tarttuvat siihen yleensä malmisyötteen kosteuden vuoksi. Kaavari on yleensä asennettu kuljettimen purkupään taittorummun alapuolelle, josta se kaavaa hienot partikkelit purkusuppiloon. Kaavarimalleja on erilaisia. Sivu-, laita- tai aurakaavarit kaavaavat kuljetinhihnan sisäpuolelle tarttuvia hienojakoisia partikkeleita riiperänniin.

Kuljettimien suppiloiden ja täryseulojen puhdistamiseksi rikastamalla on paineilmalinjoja niiden lähettyvillä. Paineilmalla voidaan poistaa esimerkiksi tukos suppilosta, jos esimerkiksi märkä materiaali on vuorautunut suppiloon ja aiheuttanut tukoshälytyksen. Paineilmaa käytetään täryseuloilla yleensä niiden verkkojenvaihdossa. Hienojakoiset partikkelit hankaloittavat usein seulaverkkojen asennusta, jolloin aluehoitaja voi puhaltaa ne paineilmalla pois.

Joidenkin hihnakuljettimien päällä on voimakas magneetti, joka erottaa rautaromua materiaalivirrasta. Rautaa päätyy rikastamon syötteeseen kaivoksessa käytetyn louhintamenetelmän vuoksi. Kaikkea rautaa magneetti ei kuitenkaan pysty erottamaan syötteestä, sillä usein esimerkiksi rauditusverkko on suuren betonilohkareen kyljessä, jolloin magneetin vetovoima ei riitä nostamaan sitä syötevirrasta pois. Murskaamalla magneetin jälkeen on metallinpaljastin, johon nähdään kameralla. Jos paljastimella on rautaromua, jota ei voida päästää murskaukseen, aluehoitaja hakee sen käsin pois. Tällaista rautaromua ovat suuret rauditusverkkosyökkäykset, rautaputket ja prikat. Ne voivat aiheuttaa tukoksen kuljettimen purkusuppilossa, repiä kuljetinrunkoon juuttuessaan kuljetinhihnaa tai jopa pahimmillaan jumittaa kartiomurskaimen.

Magneetteja on käytössä erilaisia. Yleisin on magneettityyppi, jossa magneetti on pyörivän kuljetinhihnan sisäpuolella. Rauta tarttuu magneettiin ja hihna työntää sen pois magneetilta. Hihnassa on siivet, jotka hihnan pyöriessä työntävät raudan irti magneetista suppiloon, joka on johdettu romulavalle. Toinen magneettityyppi on pelkkä magneetti, joka kerää romua asetetun ajan ja tiputtaa romun suppilon kautta lavalle. Magneetteja käytetään rikastamalla myös palarikastamon raskasväliaineen

puhdistuksessa ja jauhimolla hienojakoisten rautapartikkelien poistamiseksi hienorikastamon syötteestä.

Rikastamolla on joka tehtaanosassa pölynpoisto. Laitteistona esimerkiksi murskaamalla on kohdeilmapölynpoisto, joka imee pölyä yleensä kuljettimien suppiloista ja täryseulojen koteloista. Pölynpoistomenetelmänä on märkäpesu, eli pöly imuroidaan alipaineella suureen säiliöön, jonka pohjalla on vettä. Pölyilmavirta törmää säiliössä veteen ja muodostaa pisarasumun, joka kerää pölypartikkelit ilmavirrasta veteen. Ylite eli ilma johdetaan takaisin pihalle. Alite kerää pölyn lietteeksi säiliön pohjalle, josta automaattiventtiili päästää sen tasaisin ajoin ulos. Tällaista märkäpesuria kutsutaan kaskadipesuriksi. Liete johdetaan jätteeksi.

2.5.3 Työkalut ja koneet

Aluehoitajat käyttävät puhtaanapitotöissä monenlaisia työkaluja, joista osa löytyy tehtaan työpisteiltä.

Kuljetintunneleissa ja rikastuslaitteiden lähistöllä on vedenottopisteitä, joissa on vesiletkut pesuja varten. Kuljettimien suppiloiden lähistöllä on myös paineilmanottopisteitä, joista saa paineilmaa suppilon tukkeutumisen varalta.

Paineilmaa puhalletaan suppiloon paineilmarassilla hienojakoisten partikkelien poistamiseksi, jotta nähdään mikä tukoksen on aiheuttanut. Paineilmarassi on metallinen tai muovinen pitkä pilli. Rautakanget ja koukut kuuluvat myös työkaluihin, joilla aluehoitaja avaa prosessin tukoksia. Vesirassi on samanlainen työkalu kuin paineilmarassi, sen läpi johdetaan vettä. Vesirassia käytetään yleensä rikasteputkien tukoksien aukaisemiseen. Rasseilla pystytään tarvittaessa myös työntelemään tukosta sen avaamiseksi. Rikastamolla on myös siirrettäviä piiskavesiputkia, joihin voi kytkeä vesiletkun. Piiskavesiputken voi jättää esimerkiksi suihkuttamaan hienojakoista kasaa vasten, jotta se siirtyisi kaivoon. Tällöin aluehoitaja voi jatkaa kierrostansa ja käydä seuraavilla kierroksilla taas siirtämässä putkea.

Alihankkijat osallistuvat rikastamon puhtaanapitoon koneillaan. Kauhakuormaajilla kerätään rikastusprosessista valuneita suurempia kasoja pois, jos tila siihen työkohteessa riittää. Vastaavia koneita on myös rikastamon työntekijöiden käytössä. Esimerkiksi murskaamon alakerta on tyhjennettävä säännöllisesti hienojakoisesta malmikasasta, jota se kerää. Tämä johtuu siitä, että suurin osa murskaamon piiska- ja pesuvesistä kuljettaa hienojakoiset partikkelit kaivoverkoston kautta sen alakertaan.

2.6 Puhtaanapidon keskeisimmät ongelmakohdat ja haasteet

Puhtaanapidossa on havaittu käyttäjäkokemusten perusteella paljon ongelmia. Ongelmien juurisyyt ovat rikastamon materiaalivirrat, ja niiden erikokoisten partikkelien käsittelyn haasteet rikastusprosessissa. Kuiva malmisyöte pölyää ja avoimet kuljettimet ja laitteet pölyttävät sekä ripettävät kiveä ja hienojakoisia partikkeleita. Vaikka malmisyöte käsiteltäisiin märkänä, päätyessään ulos prosessista sekin kuivuu ja pölyää tehtaassa. Lisäksi tehtaiden puhtaanapidon teknisiä ratkaisuja ei ole aina mietitty riittävästi käyttäjäystävällisyyden kannalta. Tehtaiden käytön aiheuttama kuluminen ja laiterikot ovat myös osasyitä rikastamoiden likaisuuteen.

2.6.1 Materiaalivirta

Kemin kaivoksen rikastamolla materiaalivirta on esimurskattua kromimalmia, joka koostuu murskaamolle tullessaan yli 10 mm:n partikkeleista hienoon jauheeseen. Kuiva materiaalivirta pölyää ajoittain voimakkaasti ja kivipöly laskeutuu kaikille pinnoille tehtaassa. Materiaalivirran mukana voi tulla suuria malmilohkareita, jotka tukkivat joskus kuljettimien ja laitteiden suppiloita. Joskus maanalaisesta kaivoksesta nostetaan märkää malmaa, joka aiheuttaa erityisesti murskaamalla tukoksia, kun suppilot ja seulaverkot vuorautuvat märillä hienojakoisilla partikkeleilla. Tämä voi aiheuttaa katkoja tuotannossa. Lisäksi palarikastamolle voi kulkeutua liikaa hienojakoisia partikkeleita, jos murskaamon viimeisen täryseulan pienisilmäisimmät verkot ovat tukossa. Siksi murskaamalla materiaalivirta on suunniteltu käsiteltäväksi kuivana.

Maanalaisessa kaivoksessa käytettävän louhintamenetelmän vuoksi rikastamon materiaalivirta sisältää muutakin materiaalia kuin kromimalmia. Malmin lisäksi

materiaalivirrassa on yleensä mukana raudoitusverkkoa, betonia, rautaputkia, PEH-muoviputkia, vaijereita ja räjäytyslankaa. Nämä aiheuttavat vuositasolla paljon erimittaisia katkoja eri puolilla tehdasta.

2.6.2 Haasteet teknisissä ratkaisuissa

Puhtaanapitoa on pyritty helpottamaan rikastamalla erilaisilla teknisillä ratkaisuilla. Aluehoitajien käyttäjäkokemusten perusteella niissä on kuitenkin ilmennyt useita haasteita. Osassa tehdasta, esimerkiksi murskaamalla välivarastosiilojen päällä, vedenpaine ei riitä tehokkaaseen vesisuihkuun letkuista. Tämä hankaloittaa ja hidastaa ripettävien kuljettimien riperrännien ja kuljetintunnelien käytävien siivoamista hienojakoisista partikkeleista.

Monissa paikoissa, esimerkiksi risteysasemalla (murskaamalla), lattioiden ja tasojen kallistuskulmat eivät ole riittävät, niitä ei ole, tai ne ovat väärään suuntaan kaivosta. Tämäkin hidastaa tasoilla olevien partikkeleiden siivoamista. Kaivot ovat usein pyöreäreikäisiä, niiden reiän halkaisija on liian pieni ja osassa tehdasta ne on sijoitettu keskelle laajaa aluetta. Pyöreäreikäiseen kaivoon, joka on keskellä laajaa aluetta, on haastavaa ja hidasta suihkuttaa hienojakoisia partikkeleita, koska kaivoa joutuu tällöin kiertämään vesiletkun kanssa. Lisäksi jos kaivon putki on halkaisijaltaan liian pieni, suuret kivet ja lattioilla oleva muu materiaali tukkivat sen helposti. Usein lattioilla voi olla pultteja, rautaromua ja muoviroskia esimerkiksi seisakin tai huoltotyön jäljiltä. Osasta kaivoista ei saa irrotettua sen sihtiä, joka estää liian suurten kivien menon kaivoon. Tämä hankaloittaa kaivon putkilinjan aukaisua, jos sinne syntyy tukos. Jos vielä lattioiden kallistuskulma kaivolle ei ole riittävä tai sen on jopa väärinpäin, on aluehoitajan työskentely haastavaa. Tämä vie motivaatiota aluehoidosta ja vaikuttaa sen laatuun. Lisäksi resursseja ja aikaa sidotaan yksinkertaiseen työtehtävään, joka on pois muusta toiminnasta. Pitää kuitenkin todeta, että tuotannollisten ongelmien sattuessa tehtaan puhtaanapito ei ole ensimmäinen prioriteetti.

2.6.3 Tehtaan käyttö

Rikastamon ajot luonnollisesti kuluttavat sitä ja sen laitteita. Kromikiteet ovat rakenteeltaan piikikkäitä, ja aiheuttavat suurta kulutusta joka paikassa, missä niitä käsitellään. Kuluminen aiheuttaa lopulta materiaalivirran putoamista lattioille ja tasoille, mikä teettää puhtaanapitotoita. Tavallisesti joka puolella rikastamo on pieniä vuotoja materiaalivirroista. Niitä aiheuttavat erityisesti laiterikot ja laitteiden pienet viat.

Malmipartikkeleita voi tippua tasoille ja lattialle, jos kuljetinhihna kulkee laidassa tai on rikki. Kuljetinhihnan suorassa pysymiseen vaikuttaa eniten se, miten sen syöttösuppilo purkaa materiaalin hihnalle. Myös syötemäärän muuttuminen ja materiaalin karkeus ohjaavat hihnan kulkua. Yleensä kuljettimet purkavat toistensa päälle joko pitkittäin tai poikittain, mutta poikkeuksiakin löytyy. Tavallisesti syöttösuppilossa olevat kulutuslevyt kulumat materiaalivirran takia niin, että suppilo purkaa materiaalin eri kohtaan kuin on alun perin tarkoitettu. Tämä voi ohjata hihnaa laitaa. Kuljetinhihnoja voidaan keskittää alakannatinrullien asentoa säätämällä. Joitakin pitkiä hihnoja voi kuitenkin olla vaikeaa keskittää koko matkalta.

Myös kuljettimen syöttösuppilossa voi olla jotain, joka ohjaa hihnaa laitaa. Tällainen esine voi olla kivi. Samalla kivi voi kuluttaa kuljetinhihnaa, jolloin se kapenee. Joskus hihna kulkee niin laidassa, että se hankaa omaan kuljetinrunkoonsa. Joskus jokin terävä esine voi repiä hihnaa, ja myös kuljettimien kaavarit saattavat joskus päätyä repimään sitä. Pahimmillaan hihna voi revetä niin, että tehdas joudutaan pysäyttämään paikkauksen ajaksi. Hihna voi myös revetä niin kapeaksi, että syöttöä joudutaan pienentämään.

Syöttö- ja purkusuppiloiden sekä laitteiden kulutuslevyjen kuluminen aiheuttaa paljon ripettämistä eri puolilla rikastamo. Yleensä kulutuslevyt kulumat puhki kohdasta, johon materiaali ensimmäisenä pudotessaan kuljetinhihnalta vastaa. Ennen kuin materiaalivirta kuluttaa itsensä läpi suppilon rungosta, se alkaa varista kululevyn kiinnityspulttien rei'istä tasolle. Kululevyjen vaihto on yksi yleisimmistä seisakkitöistä.

Tärysyöttimien kulutuslevyt ja rungot kuluvat usein niin, että ne ripettävät. Tärysyöttimissä käytetään pölykumeja syöttimen itsensä ja sen molemmin puolin olevien suppiloiden välissä, jotta materiaalivirta ja pöly ei päätyisi tasolle. Usein pölykumit irtoavat tai niihin tulee reikiä, jolloin materiaalia valuu lattialle.

Ajan saatossa riperännien piiskavesiputket tukkeutuvat, ja riperänneihin kertyy materiaalikuormaa. Tämä voi aiheuttaa vaaratilanteita, sillä riperänni voi jopa pudota kuorman alta. Myös ongelmatilanteet kuljettimilla kasaavat suurempaakin kiveä riperänneihin rikastusprosessin alkupäässä.

Hienorikastamalla rikastusliete kuluttaa Trellex-putkia ja laippaliitoksia, joissa se kulkee. Joskus nämä voivat vuotaa lietettä tasoille. Myös lietepumppujen imu- ja painepuolien yhteydet voivat vuotaa. Yleensä pumput on kahdennettu, jolloin vikatilanteessa voidaan ottaa toinen pumppu käyttöön. Eniten hienorikastamalla puhtaanapitoa haittaa spiraalierottimien ja niiden alitekaukaloiden vuotaminen kulumisen vuoksi. Hienorikastamon piiri on kuitenkin suljettu, eli vaikka rikastetta putoaa eri piireistä tasoille, se pystytään silti nostamaan takaisin prosessiin. Tämä vaatii kuitenkin rikasteen suihkuttamista pystypumpuille.

2.7 Puhtaanapidon kannalta haasteellisimmat alueet

Kemin kaivoksella suuri osa rikastamosta on puhtaanapidon kannalta haasteellista aluetta. Haasteellisin ja työläin alue on kuitenkin murskaamo, koska kaikki materiaalivirta kulkee rikastamalla sen läpi. Tämä aiheuttaa suurta kulumista murskaamalla. Murskaamon prosessissa malmi käsitellään kuivana, jolloin se aiheuttaa kivipölyä. Lisäksi malmin mukana tuleva muu materiaali aiheuttaa ongelmia. Murskaamon haasteellisimmat alueet puhtaanapidon kannalta ovat nostokoneelta välivarastosiiloihin menevä kuljetintunneli, risteysaseman kuljettimien alusta ja lattia, leukamurskaimelta tulevan kuljettimen tunneli, välivarastosiilojen alla olevien tärysyöttimien alusta, ylemmälle kartiomurskaimelle menevän kuljettimen alusta, viimeisen täryseulan ympäristö ja murskaamon kellarikerros.

Palarikastamo on melko puhdas osa tehdasta, jos ei oteta huomioon väliainepiirejä. Materiaalivirta käsitellään palarikastamalla pääosin märkänä, jolloin pölyäminen on vähäisempää. Joskus ongelmien vuoksi palarikastamon lattioilla voi olla kiviä. Väliainepiirit roiskivat hieman piirautaa ympäristöönsä, jolloin niitä joudutaan välillä seisakissa piikkaamaan. Tällaisia kohtia piireissä ovat esimerkiksi väliainekaivot ja väliaineseulojen ympäristö. Palarikastamon alakerran lattialla on usein väliainetta, jolloin sitä joudutaan pesemään takaisin piireihin. Toinen puoli alakerrasta kuuluu pesuseulonnan puolelle. Myös siellä on usein prosessivirrasta peräisin olevia hienojakoisia partikkeleita, jota joudutaan pesemään takaisin prosessiin.

Jauhimolla puhtaanapidon kannalta haasteellista aluetta ovat murskevarastolle menevä kuljetintunneli, murskevaraston alue, murskevarastolta tuleva kuljetintunneli ja spiraalierottimet sekä niiden alla oleva alue. Murskevarastolta tulevat hienojakoiset malmipartikkelit ovat vielä kuivia, jolloin ne pölyävät kuljetintunneleissa ja varastossa. Jauhatuspiirin Derrick-seuloja puhdistetaan painepesurilla kiertokuorman vuoksi työvuorojen aikana.

Hienorikastamalla spiraalierottimia pidetään puhtaana niihin kertyvän kalkkikiven vuoksi, koska ajan saatossa se alkaa vaikuttamaan hienorikastuksen saantoon. Myös tämä puhdistus tehdään painepesurilla. Usein osa spiraalierottimien syöttöastiassa olevien lähtöjen rei'istä on tukossa, jolloin spiraaliin ei pääse lietettä. Nämä avataan käsin tai vesiletkun avulla. Spiraalit ja niiden alla olevat alitekaukalot kuluvat usein puhki, jolloin alakerran lattialle valuu lietettä. Aluehoitaja joutuu usein paikkailemaan alitekaukaloita ja pesemään spiraalien alustaa. Joskus lietepumpuissa voi olla vuotoja tai niistä lähtevissä Trellex-putkissa tukoksia. Tällöin rikastekaivot saattavat tulla yli, ennen kuin prosessi ehditään pysäyttää. Spiraalierottimien alustat sekä lietepumppujen ja kaivojen ympäristöt ovat hienorikastamalla haasteellista aluetta puhtaanapidon kannalta.

2.8 5S-näkökulma

Outokummulla on käytössä omat 5S-toimintatapansa, jotka perustuvat japanilaiseen 5S-järjestelmään. 5S-käytännöt näkyvät Outokummulla eniten tilojen siisteyden ylläpidossa ja tavaroiden lajittelussa sekä säilytyspaikoissa.

2.8.1 5S-menetelmä

5S-menetelmä on Japanissa Toyotalla kehitetty viisivaiheinen menetelmä työympäristön kehittämiseksi. 5S-termi tulee japanin kielen sanoista seiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke. Suomeksi nämä sanat tarkoittavat sortteerausta, järjestelyä, siivousta, standardointia ja seurantaa. Oikeanlaisella 5S-menetelmän käytöllä sekä yritys että työntekijä hyötyvät. Tärkeimpiä yrityksen saavuttamia hyötyjä ovat laadun ja tuotannon sujuvuuden parantuminen sekä kustannusten madaltuminen. Työntekijä voi tehdä menetelmän avulla itselleen viihtyisemmän työpisteen. 5S:n tarkoituksena on myös vähentää työtapaturmia ja parantaa työturvallisuutta. (Palovaara s. 19)

Usein yrityksissä havahdutaan tilan puutteeseen. Tavallisesti tiloja on riittävästi, mutta ne ovat täyttyneet ajan saatossa tavaroista tai tiedostoista. Silloin yleensä tehdään tietyin väliajoin siivous. 5S-menetelmää voidaan pitää vaihtoehtona siivoukselle, koska sen tarkoitus on pitää tilat siisteinä ja puhtaina, jolloin ei tarvita erillisiä suurempia siivouksia. 5S-menetelmän käyttöönotto yrityksessä on hidas prosessi, koska se vaatii koko henkilökunnan sitoutumisen. Usein aluksi kolme ensimmäistä vaihetta jäävät pois käytöstä tuotannollisten kiireiden vuoksi. Tällä on kuitenkin todettu olevan haitallisia vaikutuksia yrityksen toimintaan pitkällä aikavälillä. Järjestys ja siisteys ovat menestyvän yrityksen tunnusmerkki ja antavat laadukkaan vaikutelman asiakkaalle. (Palovaara s. 19-20)

5S-menetelmän käyttöönotossa ensimmäinen vaihe on sortteeraus, jossa tavarat luokitellaan tarpeellisista tarpeettomiin. Tarpeellisten tavaroiden lukumäärä määritellään ja jokaisella tavaralla pitää olla oma paikka. (Palovaara s. 20)

Toinen vaihe on järjestely, johon siirrytään, kun ensimmäinen vaihe on suoritettu. Järjestelyn tarkoituksena on pienentää esineen hakemiseen kuluva aikaa, kun työntekijä sitä tarvitsee. Työyhteisön pitää miettiä jokaiselle esineelle paras säilytyspaikka esimerkiksi käyttötarpeen tai -paikan mukaan. Järjestelyvaiheessa määritellään myös varastopaikat ja -koot. Tuotantotilojen käytävät rajataan kulkemista varten. Vaiheet yksi ja kaksi on paras suorittaa yhtä aikaa, jotta niiden vaikutus olisi tehokkain. (Palovaara s. 20-21)

Kolmannessa vaiheessa siivotaan työpisteet. Päämääränä on saada työpisteestä mielekäs työskennellä. Toinen tarkoitus on saada yritys luopumaan suursiivouksista, jolloin yrityksen siisteyden tulee olla aina vaadittavalla tasolla. Siivousvaiheeseen kuuluu myös laitteiden kunnossa- ja puhtaanapito. Laitteiden puhdistus ja huolto nostaa niiden käytävämukautta. (Palovaara s. 21)

5S-menetelmän neljäs vaihe on standardointi, jolla pyritään pitämään kolme ensimmäistä vaihetta jatkuvassa käytössä. Standardoinnissa määritellään jokaiselle työntekijälle omat tai yhteiset vastualueet. Toimintaohjeet ja -ajat tulee määritellä työntekijälle tarkkaan. Työnantajan tulee paneutua standardointiin, sillä huolimattomat työohjeet voivat romuttaa koko 5S-menetelmän käyttöönoton. (Palovaara s. 21-22)

Viimeinen vaihe on seuranta, jolla varmistetaan henkilökunnan sitoutuminen neljään ensimmäiseen vaiheeseen. Sitouttaminen on koko 5S-menetelmän vaikein kohta. Ilman henkilökunnan sitoutumista menetelmä ei toimi niin kuin sen pitäisi. Työntekijän pitäisi pystyä muuttamaan ajattelunsa ja toimintatapansa 5S-menetelmän mukaisiksi. (Palovaara s. 22)

2.8.2 5S Kemin kaivoksen rikastamolla

Kemin kaivoksella noudatetaan 5S-menetelmää. Rikastamolla 5S-menetelmän viisi eri vaihetta näkyvät monin eri tavoin.

Sortteeraus näkyy rikastamolla työntekijöiden käytännössä. Ylimääräinen romu laitetaan roskeisiin. Kuitenkin paljon ehjääkin tavaraa, kuten pultteja ja muttereita, menee

turhaan hävikkiin. Kun sortteeraus tehtiin rikastamolla ensimmäisen kerran, siirrettiin paljon turhaa romua roskiin. Varastoista hävitettiin myös paljon käyttökelpoista tavaraa, kuten työntekijöiden aikojen saatossa valmistamia erikoistyökaluja.

Järjestely on hyvin käytössä rikastamolla. Laitteille, työkaluille ja tarvikkeille on määritelty selkeät paikat maalauksilla, kylteillä, koukuilla, telineillä ja varjostuksilla. Kulkuväyliä ei ole rajattu maalauksin, mutta se ei ole tarpeen, koska tehtaan kapeissa tiloissa käytetään kaiteita. Osassa maalauksista on kuitenkin parantamisen varaa, sillä niiden paikkaa voisi siirtää. Esimerkiksi jauhimolla tankomyllyn edustalla olevan rautaromuastian paikka on maalattu liian kauaksi myllystä, jolloin trukin kuljettaja saattaa jättää astian liian kauas. Tämä vaikeuttaa painavien myllyn jauhinkappaleiden siirtämistä myllystä astiaan.

Siivous on tärkeää etenkin puhtaanapidon kannalta. Siivous, laitteiden puhtaanapito ja pienet huollot kuuluvat olennaisesti aluehoitajien tehtäviin. Koska siivous ja järjestely on jatkuvaa, ei tehtaassa pääse syntymään suurempia sotkuja. Työkaluja voi joskus lojua tehtaan latioilla ja tasoilla. Tämä voi johtua joko aluehoitajien huolimattomuudesta tai siitä, että työkalujen telineet on sijoitettu työpisteen kannalta epäolennaiseen paikkaan, tai telinettä ei vielä ole.

Standardointi on toteutettu rikastamolla havainnollistavin tauluin ja työohjein. Korjaamolla on havainnollistettu esimerkkikuvien, miltä lähtötilanteessa ennen siivousta työpiste näytti, ja miltä siivottu standardoitu työpiste näyttää. Jokaiselle työvuorolle on määritelty oma 5S-siivousalue rikastamolta. Siivous tehdään vuoromestarin ohjeistuksen mukaisesti, yleensä tasaisin väliajoin. Tässä on 5S-menetelmän kannalta parannettavaa, sillä suurempia siivouksia ei tarvitse tehdä, jos 5S-menetelmä on omaksuttu oikein. Työntekijöiden 5S-koulutus toteutetaan antamalla palautetta tehdyistä toimenpiteistä.

5S-menetelmän seuranta tapahtuu rikastamolla päällikön ja vastaavan mestarin tasaisin väliajoin tapahtuvilla tarkistuskierröksillä. Tarkastaja kirjaa huomionsa ohjaamoon taululle. Sitouttaminen on vielä kesken rikastamolla. Aivan kaikki työntekijät eivät toimi

5S-menetelmän periaatteiden mukaisesti, ja osa heistä toimii muidenkin edestä. Työnantajan tulisi miettiä, mikä motivoisi kaikki työntekijät toimimaan halutusti.

3 RATKAISUEHDOTUKSIA PUHTAANAPIDON HAASTEISIIN

3.1 Alueiden peseminen

Tärkein työkalu rikastamon puhtaanapidossa on vesi. Jotta alueiden puhtaanapito vedellä onnistuu vaivattomasti, se vaatii riittävät vesipaineet jokaiseen vesipisteeseen tehtaassa. Kemin rikastamolla esimerkiksi murskaamalla välivarastosiilojen päällä vesipaineet ovat heikot vesiletkuille. Alue on pölyisä ja siilojen päällä olevan siilon vaihtokuljettimen alle kertyy kivipölyä ajan saatossa runsaasti. Joskus huoltoseisakeissa on jouduttu tilaamaan urakoitsija imemään kiviaines pois kuljettimen alta. Riittäväillä vesipaineilla aluehoitajat pystyisivät pitämään alueen puhtana tehtaan käydessäkin.

Joissakin osissa tehdasta on havaittavissa, että lattioiden ja tasojen kallistuskulmissa, kaivojen paikoissa ja niiden suuaukkojen muodoissa olisi parantamisen varaa käytännöllisyyden kannalta. Esimerkiksi murskaamon risteysaseman lattialla on kaksi kaivoa, josta vesi ja partikkelit virtaavat murskaamon kellarikerrokseen. Kaivot ovat pyöreäreikäisiä ja ne on sijoitettu lattian molempiin päihin keskelle, kuitenkin irti seinästä. Toisessa päädyssä kaivon reikä on lattian kaadon keskivaiheilla. Usein siis on suihkutettava vettä ”ylämäkeen” partikkelien pesemiseksi lattialta tässä päädyssä. Kaivojen reikien halkaisijat ovat pienet suhteessa niiden kivien kokoon, mitä lattioilla voi olla. Kaivojen sihtiä ei pysty irrottamaan. Ratkaisu ei ole puhtaanapidon kannalta paras mahdollinen.

Tässä tapauksessa helpointa olisi, jos risteysaseman lattiaan olisi suunniteltu liuskakallistukset molempiin päätyihin käsin noin puoliväliin lattiaa. Kaivojen paikat olisivat päädyissä, hieman irti seinistä (jotta tukostilanteessa kaivoon pääsee helpommin käsiksi) ja niiden suuaukot olisivat suorakaiteen muotoisia. Kaivossa olisi alitekaukalo, joka keräisi seinän leveydeltä sinne suihkutettavat vedet ja partikkelit. Kaivon päällä olisi käsin irrotettava ritilä. Kaivon putkilinjan halkaisijaa mietittäessä tulisi ajatella, kuinka suuria kiviä kaivoon tässä prosessin osassa voi suurimmillaan päästä.

3.2 Hihnakuljettimet ja niiden riperännit

Hihnakuljettimien ongelmat aiheuttavat usein malmin putoamista tasoille ja lattioille Kemin rikastamolla. Hihnakuljettimiin on asennettu kaavareita molemmin puolin hihnaa auraamaan hihnan pintaa puhtaaksi hienojakoisista partikkeleista. Kaavareita on hihnan päällä purkupään taittorummussa ja hihnan sisäpuolella riperännin päällä. Joskus kaavareista aiheutuu ongelmia, kun ne kuluvat ja lähtevät irti, tai niihin tarttuu esimerkiksi rauditusverkkoa. Irrotessaan kaavari voi repiä kuljetinhihnaa. Kuljetinhihnoja joskus repivä kaavarimalli on kuljettimen purkupään taittorummun päässä oleva rivi pieniä ”kynsiä”, jotka kaavaavat hihnalta partikkeleita purkusuppiloon. Tämän kaavarimallin tilalla voitaisiin käyttää jotain toista mallia, kuten taittorummun alapuolelle asennettua aurakaavaria.

Hihnakuljettimen runkoon on usein liitetty riperänni kuljetinhihnalta tippuvan malmin keräämiseksi. Riperännien puhtaanapitoon tulisi kiinnittää huomiota, sillä osassa kuljettimista se on haasteellista. Riperänni on näissä kuljettimissa asennettu niin lähelle kuljettimen runkoa, että sinne on haastavaa päästä vesiletkulla suihkuttamaan. Lisäksi riperännien rakenteet tuettu sen kouruun pystyyn hitsatuilla lattarautoilla. Nämä raudat ovat usein niin lähellä toisiaan, että prosessista putoava kivi jää kiinni liian ahtaisiin väleihin. Kivi kerää hienoja partikkeleita ympärilleen, ja kohta riperännissä on tukos. Kourussa olevien lattarautojen välejä tulisi vähintäänkin kasvattaa, tai helpoin vaihtoehto olisi hitsata ne toiselle puolen kourua. Hyvin toimiva riperänni ei kerää paljoa partikkeleita, jolloin sen rakennetta ei tarvitse tukea yhtä paljon. Riperänneihin tulisi myös suunnitella riittävä kallistuskulma, jotta partikkelit pääsevät painovoimaisesti helpommin sitä pitkin virtaamaan. Joidenkin riperännien alapäässä olevaan alitekaukaloon pääsevän kiven kokoa tulisi myös miettiä, jotta kaukalosta ja sen mahdollisesta putkilinjasta tulee riittävän kokoinen. Osassa rikastamon kuljettimista on myös turhaan riperännit. Joskus pelkkä kuljettimen alta kulun kieltäminen riittäisi, mikäli tason oma kallistuskulma on riittävä. Tason puhtaanapito on huomattavasti helpompaa kuin riperännin puhdistaminen.

Riperännien yläpäässä on piiskavesiputki, joka suihkuttaa vettä riperänniin ja pitää hienot partikkelit liikkeessä. Tämä putki usein tukkeutuu ajan myötä, varsinkin jos putkeen johdetaan raakaveden sijasta prosessivettä. Prosessiveden mukana saattaa joskus tulla roskia, jotka tukkivat piiskavesiputken tai osan sen rei'istä. Kun vesi ei virtaa riperännissä, hienojakoiset partikkelit alkavat kertyä kasoiksi ränniin, usein alakannatinrullien kohdille. Useimmissa tapauksissa piiskavesiputken puhdistus ja vaihto ovat haastavia, sillä niiden kiinnitykset ovat turhan varmat irrottamisen kannalta. Piiskavesiputki tulisi valmistaa kevyestä materiaalista, kuten PEH-muovista ja sen molemmat päät pitäisi saada auki puhdistamisen helpottamiseksi. Tämä voitaisiin tehdä tavallisella palloventtiilillä.

Kuljettimien hinnan säätäminen on välillä erittäin haastavaa, sillä ne pääsevät hankaamaan jopa alakannatinrullien kannattimia. Kuljettimissa on vähän ohjausrullia, jotka estäisivät kuljettimien hinnan ohjautumisen liian laitaan. Useimmissa kuljettimissa tällaiset rullat estäisivät sen hinnan hankaamista ja kulumista kuljetinrunгон rakenteisiin.

3.3 Pölynpoisto tehdastiloissa ja kuljetintunneleissa

Pölyäminen on ongelma niissä osissa tehdasta, joissa rikastusprosessin syöte käsitellään kuivana. Myös märkärikastuksessa tasoille ja lattioille kasoiksi jääneet partikkelit pölyävät kuivatessaan. Murskaamalla pölyäminen on voimakkainta, koska sen prosessivirta käsitellään kuivana. Pölynpoisto on toteutettu kohdeilmapölynpoistolla koteloimalla voimakkaimmin pölyävät kohteet eli täryseulat sekä syöttö- ja purkusuppilot. Koteloista lähtee imuputki pölynpoiston märkäpesurille. Murskaamon ja risteysaseman pölynpoiston ongelmia ovat sen imukyky pölymäärään nähden ja väljyys (pätee muihinkin tehtaan osiin, joissa prosessivirta käsitellään kuivana). Pölynpoisto myös tukkeutuu joskus sen säiliön seinille kertyvän kalkkikiven ja kivipölyn pudotessa alitteeseen. Koteloissa olevan pölyn keräämistä voisi parantaa nostamalla alipainetta ja pölynpoiston tehoa. Lisäksi imuputkia koteloihin voisi lisätä. Jos pöly pitää imeä pidemmän matkan päästä, imuputken välille voisi lisätä saattopuhaltimia.

Koteloiden väljyys on haastava ongelma. Jos kotelossa on pienikin reikä, pölyä pääsee ympäröivään tehdastilaan. Jos pölyämistä haluttaisiin pienentää mahdollisimman paljon, tulisi koko prosessi käsitellä suljetussa tilassa. Tällöin kaikki laitteet ja hihnakuljettimet tulisi koteloida. Tämä kuitenkin aiheuttaisi suuria haasteita laitteiden ohjaamisessa sekä kunnossa- ja puhtaanapidossa, koska esimerkiksi hihnakuljettimien rullien vaihdon työmäärä lisääntyisi ja puhtaanapidon pitäisi toimia itsestään kotelon sisällä. Lisäksi olisi haastavaa nähdä, mitä prosessissa tapahtuu. Yksi vaihtoehto olisi kuljetintunneleiden ja tehdastilojen ali- tai ylipaineistus tehokkaammalla pölynpoistojärjestelmällä. Varsinkin kuljetintunnelitilat voitaisiin eristää muista tehdastiloista ja ylipaineistaa.

3.4 Työskentely täryseuloilla ja syöttö- sekä purkusuppiloilla

Osaan täryseulojen ja hihnakuljettimien syöttö- sekä purkusuppiloista on sijoitettu vesi- ja paineilmapisteet puhtaanapitoa ja ongelmatilanteita varten. Myös työkaluja, kuten rautakankia, koukkuja ja vesi- sekä paineilmarasseja on saatavilla niiden ympäristössä, ja niille on olemassa omia telineitä. Joskus kuitenkin työkaluja kulkeutuu muualle ja etsimiseen kuluu aikaa, kun prosessi seisoo. Tämä johtuu siitä, että kaikilla työpisteillä ei ole tarvittavia työkaluja. Jokaiselle täryseulalle ja suppilolle tulisi sijoittaa niille tarvittavat työkalut ja vesi- sekä paineilmapisteet 5S-järjestelmän mukaisesti. Tässä tulisi käyttää aluehoitajien asiantuntemusta apuna. Lisäksi erityisesti murskaamalla seulojen ja suppiloiden pölykotelon päällä tulisi olla luukku nosturia varten, jotta suurikokoinen tukosmateriaali voidaan nostaa pois ilman käsivoimia. Murskaamalla on siltanosturit katossa, mutta niillä ei yletytä jokaisen kotelon kohdalle. Nosturit tulisi sijoittaa suunnitteluvaiheessa niin, että niillä ylletään suoraan luukkujen yläpuolelle, jotta veto tapahtuisi suoraan nostettavaan kappaleeseen nähden ja nosto olisi mahdollisimman turvallista.

3.5 Vikailmoitusten hyödyntäminen

Kunnossapidon tietojärjestelmää, eli KuTi:a on mahdollista hyödyntää rikastamon puhtaanapidossa. Aluehoitaja voi kirjata järjestelmään ylös esimerkiksi jonkin

hihnakuljettimen ripperännin tai alueen puhdistuksen tarpeen. Puhdistus voidaan tehdä seisakissa perusteellisesti, kun laitteet eivät ole käynnissä. Seisakkien töiden suunnittelu ja aikataulutus perustuu KuTi:iin kirjattuun tietoon. Kun puhdistus- tai siivoustyö on kirjattu järjestelmään, se helpottaa seisakkien suunnittelua ja ajankäyttöä.

3.6 5S-menetelmän hyödyntäminen

5S-menetelmän tärkein hyödyntämismahdollisuus Kemin rikastamolla on oleellisten työkalujen olemassaolossa ja niiden löydettävyydessä tehtaalla. Työkalut tulisi saada pysymään omilla paikoillaan eli työpisteiden telineissä ja työkalukaapeissa. Niistä tulisi tehdä 5S-standardi eli yksinkertaisesti työkalulista, josta näkyy mitä kullakin työpisteellä ja työkalukaapilla kuuluu olla. Lista sijoitettaisiin näkyviin työpisteelle, työkalukaapille ja kirjattaisiin ylös järjestelmiin. Työpisteisiin ja työkalukaappeihin voitaisiin tehdä tarkastus esimerkiksi kvartaaleittain. Jos tarkastuksessa löytyy puutteita, tehdään työkaluista tilaus tarkastuksen jälkeen.

Lisäksi tulisi miettiä, tarvitaanko tehtaalle lisää tai valmiiksi joitain yksinkertaisia työkaluja, jotka kestävät pölyä ja kosteutta. Tämä vähentää työkalujen edestakaiseen kantamiseen ja hakemiseen kuluva energiaa ja nopeuttaa toimintaa. Tässä asiassa on erittäin tärkeää kuunnella aluehoitajia, sillä he tietävät, mitä työkaluja ja laitteita missäkin olisi hyvä olla.

4 YHTEENVETO

Pääsyy rikastamoiden likaantumiseen on niiden syötemateriaalin pölyäminen ja poistuminen prosessista esimerkiksi kulumisen tai laiterikon vuoksi. Näin on myös Kemin kaivoksen rikastamolla, koska materiaalivirta kulkee avoimessa prosessissa ja se on erittäin kuluttavaa. Lisäksi louhintamenetelmän takia syötevirran mukana tuleva muu materiaali, kuten rautaromu, aiheuttaa joskus tukoksia ja laiterikkoja.

Tärkein käytössä oleva puhtaanapitoratkaisu on rikastamon työntekijöiden aluehoito. Työ vaatii erilaisia työkaluja, kuten esimerkiksi vesiletkuja, vesi- ja ilmarasseja, rautakankia, koukkuja ja lapioita. Työntekijöiden lisäksi Kemin kaivoksella hyödynnetään puhtaanapidossa hihnakuljettimien riperännejä ja piiskavesiä sekä kaavareita, magneettierottimia, kohdeilmapölynpoistoa ja erilaisia kaivoja sekä putkilinjoja. Puhtaanapidossa hyödynnetään myös aliurakoitsijoiden työkoneita, kuten pientä kauhakuormaajaa.

Likaantuvuin alue Kemin kaivoksen rikastamolla on murskaamo, koska materiaalivirta käsitellään kuivana ja kulumisen on voimakasta erikokoisten malmipartikkelien vuoksi. Myös hienorikastamon syötettä säilyttävä murskevarasto on erittäin pölyinen paikka hienojakoisen partikkelikoon ja pölynpoiston puutteen vuoksi. Muissakin tehtaanosissa on kivipölyä. Asbesti ja kivipöly ovat ongelmia, joiden vähentäminen loisi huomattavasti mielekkäämmät työolot rikastamolle.

Parantamalla alueiden ja laitteiden pesumahdollisuuksia ja käytännöllisyyttä rikastamon puhtaanapito helpottuisi Kemin kaivoksella. Erityisesti tekemällä hihnakuljettimien riperänneihin ja kaivojen paikkoihin sekä kokoihin muutoksia saavutettaisiin helppokäyttöisempiä puhtaanapitoratkaisuja. Pölynpoiston parantaminen lisäämällä sitä edesauttaisi pölyongelmia. Kuitenkin parempaa ratkaisua voitaisiin etsiä esimerkiksi materiaalivirran käsittelystä märkänä, jolloin se ei pölise. Toinen vaihtoehto olisi täysin suljettu varmatoiminen prosessi.

5S-järjestelmä on oikein hyödynnettyä ja henkilökuntaan iskostettuna toimiva työkalu rikastamon puhtaanapidon lisäksi tavaroiden ja työkalujen löydettävyydessä ja sijoittelussa. 5S-menetelmän haasteet ovat kuitenkin sen järkevässä toteutuksessa ja koko henkilökunnan sitouttamisessa. Tulevaisuutta ajatellen pitäisi keksiä keinot sen toteuttamiseksi.

LÄHDELUETTELO

Hukki R. T. / Mineraalien hienonnus ja rikastus (1964) / Helsinki, Teknillisten tieteiden akatemia

Kaivosvastuu.fi / <https://www.kaivosvastuu.fi/yrityskortti/outokumpu-chrome-oy/>

Kostamo A. / KROMIITIN PUHTAAKSIJAUHATUSASTEET KEMIN KAIVOKSEN TANKOMYLLYILLÄ ERI KIERROSNOPEUKSILLA JA TÄYTTÖASTEILLA (2016) / Keminmaa, CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU, Kemiantekniikka

Käyhkö T. / REE-MINERAALIEN RIKASTUSMENETELMÄT (2016) / Oulu, Teknillinen tiedekunta

Lima I., Filho W. / Rare earths industry: technological, economic, and environmental implications (2015) / Amsterdam, Elsevier / ISBN: 9780128025680

Lukkarinen T. / Mineraalitekniikka: 2: Mineraalien rikastus (1987) / Helsinki, Insinööritieto / ISBN: 951-795-147-7

Outokumpu Oyj. 2013b. Kemi mine. Concentrating plant. Esittelymateriaali.

Outokumpu Oyj. 2016a. Yritys. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.outokumpu.com/fi/yritys/Sivut/default.aspx>.

Outokumpu Oyj. 2016b. Kemin kaivos tänään. Esittelymateriaali.

Outokumpu Oyj. 2016c. Kemin kaivos. Siemens automaatiojärjestelmä.

Palovaara M. / 5S-MENETELMÄN SOVELTAMINEN RIKASTAMON SIISTEYSALUEIDEN KÄYTTÖÖNOTOSSA (2020) / Oulu, Oulun ammattikorkeakoulu, Konetekniikka

Simpanen, H. 2016. Kemin kaivoksen käyttöinsinöörin haastattelu 15.2.2016. Outokumpu Oyj. Keminmaa.

Wills B. / Wills' mineral processing technology: an introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery (2006) / Amsterdam, Butterworth-Heinemann / ISBN: 9780080479477

Young, Courtney A. / Hydrometallurgy 2008: Proceedings of the Sixth International Symposium / Littleton, Colo. : Society for Mining, Metallurgy, and Exploration / ISBN: 9780873352666

Zanbak C. / Heap leaching technique in mining Within the Context of Best available techniques (BAT) (2012) / Saatavilla: <http://www.euromines.org/files/mining-europe/mining-techniques/batforheappleaching-feb2013-c.zanbak-euromines.pdf>