

ONNETTOMUUSTUTKINTARAPORTTI

DNRO 2007/06/2012

Tutkijaryhmä: Heikki Penttinen, Aki Ijäs

RAPORTTI

Talvivaara Sotkamo Oy:n tehdasalueella 15.3.2012 sattunut kuolemantapaus

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto

tukes

Onnettomuustutkintaraportti

Dnro 2007/06/2012

**Talvivaara Sotkamo Oy:n tehdasalueella 15.3.2012
sattunut kuolemantapaus**

Tutkijaryhmä:

Heikki Penttinen

Aki Ijäs

Sisällysluettelo

Tutkimusraportin tiivistelmä	3
Määritelmiä	5
1. Toiminnan yleiskuvaus	6
2. Metallien talteenottolaitos.....	6
2.1. Prosessikuvaus.....	6
2.2. Toiminta metallien talteenottolaitoksella ja näytteenottotyö.....	8
3. Onnettomuuden kuvaus ja tapahtumat 15.3.2012.....	9
4. Onnettomuuden tutkinta	13
5. Tutkinnan tulokset.....	14
5.1. Teknisiä ongelmia	14
5.1.1. Esineutraloinnin tapahtumat 15.3.2012.....	14
5.1.2. Muita rikkivetytitoisuuksien kasvuun johtaneita prosessiongelmiä	17
5.2. Organisaation toimintatapoihin liittyviä tekijöitä	19
5.2.1. Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi	19
5.2.2. Rikkivetytitoisuuksien mittaaminen	20
5.2.3. Suorituskyvyn tarkkailu	21
5.2.4. Organisaatio, tiedonkulku ja osaaminen.....	22
5.2.5. Kunnossapitomenettelyt	24
5.3. Säännösten noudattaminen	25
6. Johtopäätökset	25
7. Toimenpide-ehdotukset	27
Lähteet.....	27
Liite 1 AcciMap-kaavio	

Tutkimusraportin tiivistelmä

Onnettomuustapaus	Työntekijän kuolema Talvivaara Sotkamo Oy:n tehdasalueella.
Tapahtuma-aika	15.3.2012 klo 8.45 - 9.20
Tapahtumapaikka	Talvivaara Sotkamo Oy:n metallien talteenottolaitos Sotkamossa
Yhteenvedo onnettomuudesta ja tutkinnan tuloksista	Onnettomuudessa kuoli yksi henkilö. Kuolinsyyksi todettiin altistuminen rikkivedylle. Tutkijaryhmä pitää kuolemaan johtaneen rikkivety päästön ja muiden alueella havaittujen korkeiden rikkivety pitoisuuksien syynä prosessin suunnittelussa ja käytön aikaisessa prosessiturvallisuuden hallinnassa olleita puutteita. Todennäköinen tekninen syy onnettomuudelle oli rikkivedyn purkautuminen esineutraloinnin 1-linjan varastosäiliöstä. Esineutraloinnin 1-linjan varastosäiliöön lattia-kaivosta pumpattu kalkkikiviliete aiheutti varastoitavan liuoksen kanssa reaktion, jossa muodostui hiilidioksidi. Hiilidioksidi lisäsi varastosäiliössä nestepinnan yläpuolisen kaasun määrää. Kaasun määrän lisääntyessä liuoksesta vapautunut rikkivetykaasu ja hiilidioksidi purkautuivat säiliön ylivuotoputken kautta vallitilaan. Tämä aiheutti vallitilaan ja sen ympäristöön tappavan rikkivety pitoisuuden. Uhri löydettiin vallitilan läheltä. Hänellä oli mukanaan puhelin, muttei pelastautumislaitetta tai monikaasumittaria. Viimeisen parin viikon aikana onnettomuuspaikan läheisyydestä oli mitattu useita kertoja kohonneita rikkivety pitoisuuksia. Alueen vaaroihin oli osittain kiinnitetty huomiota, esimerkiksi alueelle työlupaa myönnettäessä urakoitsijaa oli varoitettu korkeista rikkivety pitoisuuksista ja alue oli eristetty useita kertoja keltapunaisella nauhalla, mutta kohonneiden rikkivety pitoisuuksien selvittämiseen ei ollut ryhdytty tehokkaasti ja järjestelmällisesti. Tieto korkeista rikkivety pitoisuuksista ja merkinnöistä ei myöskään ollut tavoittanut kaikkia ulkoalueella liikkuvia. Laitoksen suunnitteluvaiheessa tuotantoprosessin riskejä on kartoitettu HAZOP-analyysillä. Korkeiden rikkivety pitoisuuksien vaarallisuus on tiedostettu tehdyissä analyyseissä. Sen sijaan onnettomuuteen johtaneita teknisiä puutteita ei ole tunnistettu eikä käsitelty riskianalyysissä. Mittakaavaltaan ja prosessiltaan Suomessa uudenlaisen laitoksen käytössä on ollut prosessihäiriöitä ja teknisiä ongelmia. Laitoksen käyttöön liittyvien ongelmien ratkominen on sitonut paljon laitoksen suunnitteluresurssit. Tutkinnassa todettiin myös puutteita vastuiden määrittelyssä, tiedonkulussa, organisaation toiminnassa ja työtavoissa.
Tutkintaryhmän ehdottamat toimenpiteet vastaavien onnettomuuksien välttämiseksi	Tutkintaryhmä esittää seuraavia toimenpiteitä vastaavien onnettomuuksien välttämiseksi. Suositukset ovat yleisiä, koko toimialaa koskevia. <u>Prosessiturvallisuusriskit ja niiden hallinta</u> Prosessiturvallisuuden merkitys tulee ymmärtää, sillä se on ydinasia onnettomuuksien ehkäisyssä ja häiriöttömässä tuotannossa.

	• Uuden tekniikan riskit tulee tunnistaa etukäteen käyttäen parasta mahdollista asiantuntemusta ja systemaattista riskien arviointia. • Prosessisuunnittelijat sekä käyttö- ja kunnossapidon henkilöstö tulee ottaa mukaan riskien arviointiin. • Turvallisuuskriittisten laitteiden kunnossapidon tulee olla ennakkohuollon piirissä. • Käyttöhäiriöiden turvallisuusmerkitys on arvioitava ja käyttöhäiriöiden syiden selvittämiseen on paneuduttava. <u>Turvallisuusvastuut ja tiedonkulku</u> • Johdon kanta turvallisuusasioihin tulee olla selkeä. Ohjeistuksen lisäksi valvonta, työntekijöiden kuuntelu ja esikuvana toimiminen on tärkeää. Johdon tulee osallistua turvallisuuden kannalta merkittävien asioiden käsittelyyn. • Turvallisuusvastuuta ei saa eriyttää käyttöorganisaatiosta. Prosessiturvallisuuden kehittäminen edellyttää tuotantotekniikan ja vaarallisiin kemikaaleihin liittyvien vaarojen tuntemusta. • Toimintaperiaatteista vastaavan ja käytönvalvojien vastuut ja tehtävät tulee selkeästi määritellä ja heidän organisatorinen asemansa tulee olla sellainen, että he kykenevät huolehtimaan tehtävistään. • Toiminnanharjoittajalla tulee olla selkeä tiedotusmenettely vaaratilanteiden varalle, jotta tieto vaarasta kulkee nopeasti ja varmasti kaikille alueella oleville. • Päätöksenteko prosessin alasajosta vaarallisten olosuhteiden johdosta tulee vastuuttaa ja ohjeistaa. Suuronnettomuusvaarallisissa laitoksissa tulee korostaa turvallisuuden ensisijaisuutta päätöksenteossa. • Turvallisuushavaintojen käsittelylle tulee olla seurantamenettely, joka motivoi työntekijät tekemään turvallisuushavaintoja.
Tutkintaperuste	Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005, 99 §.
Tutkintaraportin päiväys	19.6.2012
Tutkijaryhmän allekirjotukset ja nimenselvennykset	Heikki Penttinen Aki Ijäs

Määritelmiä

agglomerointi = Murskatun ja hienojakoiseksi jauhetun malmin rakeistaminen.

pH = Logaritminen arvo, jolla kuvataan happamuutta.

OVA-ohje = Onnettomuuden vaaraa aiheuttavien aineiden turvallisuusohjeet.

ppm = Tilavuusosuus, parts per million.

biokasaliuotus = Prosessi, jossa metallit liuotetaan malmista bakteerien avulla.

metallisulfidi = Kiinteä metallin ja rikin yhdiste, MeS , jossa Me kuvaa metallia.

metallisulfaatti = Monesti liukoinen yhdiste, MeSO_4 , jossa Me kuvaa metallia.

raffinaatti = Liuos, josta metallit on erotettu.

rikkivety = Väritön, erittäin myrkyllinen, erittäin helposti syttyvä ja ympäristölle vaarallinen kaasu, H_2S .

PLS-liuos = Bioliuotusliuos eli ns. pelssiliuos

monikaasumittari = Mittari, jolla voidaan mitata useiden kaasujen pitoisuuksia.

pelastautumislaitte = Kasvoille asetettava, hätäpoistumiseen tarkoitettu laite. Toiminta-aika rajallinen.

hengistysuojain = Kasvoille asetettava suojain, joka suodattaa haitallisia hengitettäviä pölyjä tai kaasuja. Voidaan käyttää hätäpoistumisen lisäksi tilapäiseen työskentelyyn. Tyyppejä ovat esimerkiksi kokonaamari- ja puolinaamari.

työturvallisuus = Työntekijän turvallisuutta tai terveyttä uhkaavien tekijöiden poistaminen ja hallinta.

prosessiturvallisuus = Prosessin suunnittelu, käyttö ja kunnossapito normaali- ja poikkeusolosuhteissa siten, että ympäristölle, omaisuudelle tai henkilöille ei aiheudu vaaraa.

riski = Vaarallisten aineiden teolliseen käyttöön tai varastointiin liittyvä vaaratekijä, joka voi toteutuessaan aiheuttaa henkilö-, ympäristö- tai omaisuusvahingon.

turvallisuusselvitys = Kemikaaliturvallisuuslain (390/2005) mukainen asiakirja, jossa toiminnanharjoittaja osoittaa toimintaperiaatteensa suuronnettomuuksien ehkäisemiseksi ja rajoittamiseksi sekä antaa tarvittavat tiedot niiden toteuttamiseksi tarvittavasta organisaatiosta ja turvallisuusjohtamisjärjestelmästä.

1. Toiminnan yleiskuvaus

Talvivaara Kaivososakeyhtiö Oyj:n tytäryhtiö Talvivaara Sotkamo Oy harjoittaa kaivostoimintaa Sotkamossa hyödyntäen Kuusilampi- ja Kolmisoppi-nimisiä monimetalliesiintymiä. Metallien saostus on aloitettu loka-kuussa 2008 ja kaupallinen tuotanto vuoden 2009 alussa. Avolouhoksesta louhittava malmi sisältää mm. nikkeliä, sinkkiä, kobolttia ja kuparia. Päätuotteen nikkelin suunniteltu tuotanto on 50 000 tonnia vuodessa. Talvivaara Sotkamo Oy on hakenut lupaa myös uraanin talteenottamiselle ja hyödyntämiselle.

Tuotantoprosessin päävaiheet ovat louhinta, murskaus, biokasaliuotus ja metallien talteenotto. Louhittu malmi murskataan hienojakoiseksi, agglomeroidaan ja kasataan. Kasaan puhalletaan ilmaa ja sitä kastellaan liuoksella, jolloin sulfidimuotoiset metallit siirtyvät liuokseen sulfaattimuodossa. Metallien talteenotossa sulfaattimuotoiset metallit saostetaan vaiheittain takaisin sulfidimuotoon.

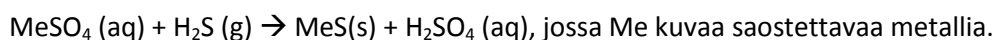


Kuva 1. Talvivaaran metallien talteenottolaitoksen aluetta.

2. Metallien talteenottolaitos

2.1. Prosessikuvaus

Talvivaaran tehdasalueella 15.3.2012 tapahtunut kuolemantapaus sattui metallien talteenottolaitoksella. Metallien saostuksessa bioliuotuskasoiilta tuleva PLS- eli *pelssiliuos* saostetaan rikkivedyllä vaiheittain oikein reaktiokaavan mukaisesti:



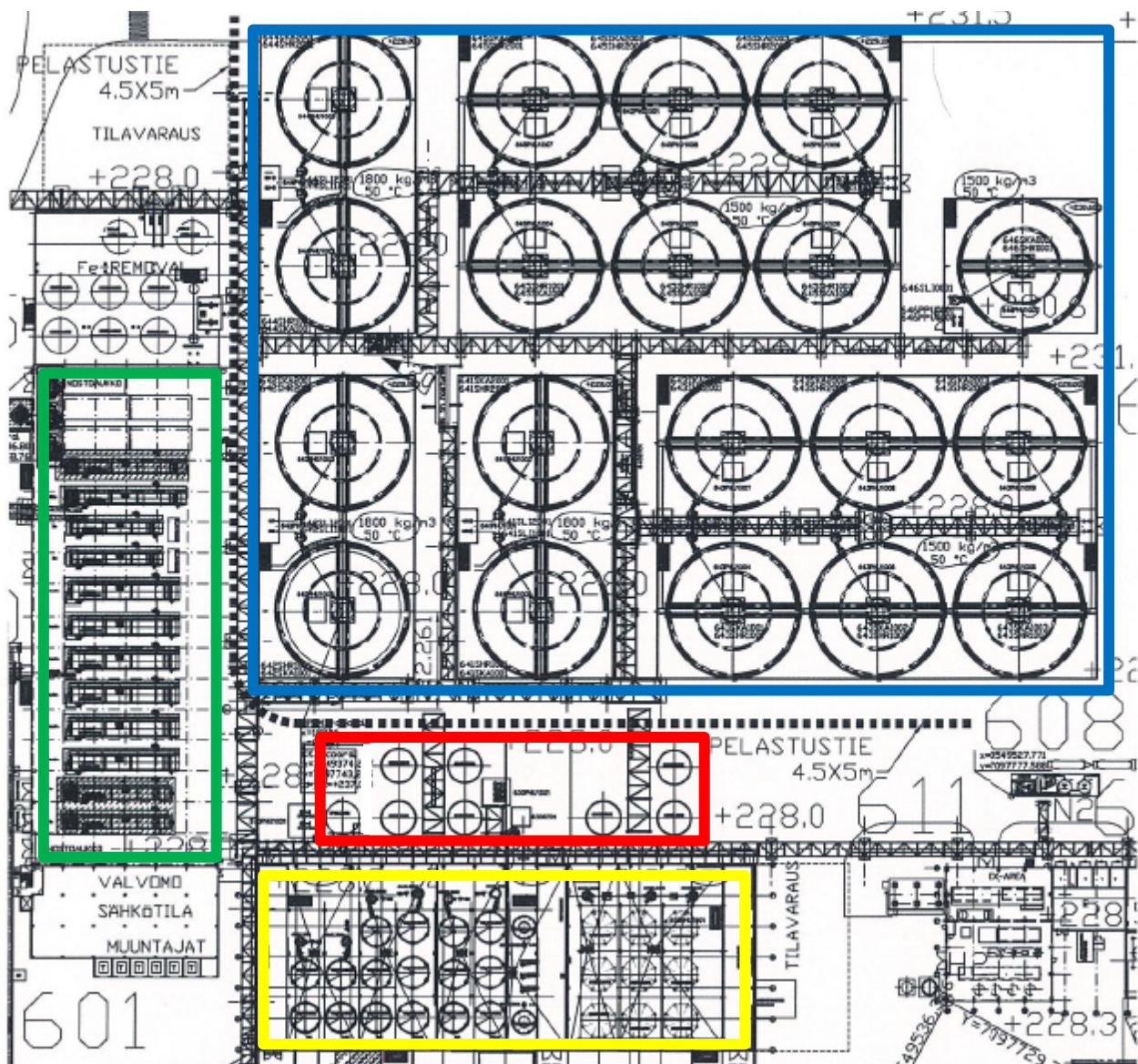
Metallisulfaatteja sisältävää liuosta pumpataan bioliuotuslaitalta metallin talteenottolaitokselle metallien saostusta varten. Metallien saostusjärjestys on kupari, sinkki ja nikkeli-koboltti. Sinkin saostuksen jälkeen

nostetaan pH:ta esineutraloinnissa ja lopuksi liuokselle tehdään loppuneutralointi. Kahdella identtisellä prosessilinjalla on omat varastosäiliöt, joista liuosta siirretään jatkuvatoimisiin reaktoreihin. Toisena syöttönä sinkin ja nikkeli-koboltin reaktoreihin on kaasumainen rikkivety, joka tulee reaktoreihin rikkivetylaitokselta putkistoa pitkin. Määrällisesti eniten PLS- liuoksessa on sinkkisulfaattia, mutta taloudellisesti merkittäv in metalli on nikkeli-koboltti. Kasasta liukenevan metallisulfaattiliuoksen koostumus vaihtelee kasan liuotusprosessin kuluessa. Toinen muuttuva tekijä on liuoksen lämpötila, joka vaihtelee vuodenajan mukaan. Moniportaisessa metallien saostuksessa on tärkeää, että saostuksen jälkeen liuokseen ei enää jää kyseistä metallisulfaattia. Erityisen tärkeää on saada sinkkijäämä alhaiseksi ennen nikkeli-koboltin saostusta. Tästä johtuen rikkivetyä syötetään ylimäärä saostuksen varmistamiseksi.

Reaktoreista liuos johdetaan ulos sakeuttimille, joissa kiinteät metallisulfidit (alite) otetaan alaiden pohjalta talteen ja nestemäinen ylite menee seuraavan saostusvaiheen varastosäiliöihin, jotka sijaitsevat reaktorirakennuksen seinustalla ulkona. Sinkin saostuksen jälkeen liuoksen pH:ta nostetaan syöttämällä kalkkikivilietettä esineutralointireaktoreihin. Esineutraloinnissa syntyy kalsiumsulfaattia, joka siirretään teollisuusalueen kasalle. Sinkki- ja nikkeli-koboltti -alitteet eli sulfidit menevät nauhasuotimen ja puristuksen kautta tuotevarastoon.

Rikkivetyä valmistetaan alkuainerikistä ja vetytehtaalla valmistetusta vedystä. Rikkivetylaitoksella valmistettu rikkivety syötetään saostuksen reaktoreihin nestepinnan alapuolelle. Rikkivedyn syöttöä ohjataan valvomosta. Reaktoriin menevän rikkivedyn määrää säädetään automaattisilla venttiileillä ja määrä mitataan massavirtausmittarilla. Reagoimaton rikkivety siirtyy reaktoreista liuoksen mukana ulkona oleville sakeuttimille, josta osa alitteen eli sakan mukana nauhasuotimille ja loput yliteliuoksen mukana seuraavan vaiheen varastosäiliöön. Vetyperoksidia käytetään rikkivedyn eliminoimiseksi sinkki- ja esineutralointivaiheen sakeuttimien yliteliuoksesta.

Reaktorihallin olevat reaktorit ovat suljettuja, alipaineistettuja ja yhdistetty hönkien käsittelyyn. Kaasupesureita on kaikkiaan viisi kappaletta. Niiden syötöt tulevat katetuista sakeuttimista, saostusreaktoreista, varastosäiliöistä ja suodinhallista. Hönkien käsittelyyn on toiminnan aikana liitetty varastosäiliöitä esiintyneiden rikkivety päästöjen johdosta. Sakeuttimista kattamatta ovat esineutraloinnin, raudan ja loppuneutraloinnin sakeuttimet. Kaasupesureissa höngät pestään lipeäliuoksella, jolloin rikkivedystä syntyy natriumsulfidia. Varastosäiliöistä vain nikkeli-koboltin säiliöstä puuttui hönkien keräily. Kaikissa varastosäiliöissä on halkaisijaltaan 600 mm ylivuotoputki, joka johtaa vallitilaan. Metallin talteenoton reaktorihallissa on kiinteitä rikkivetytunnistimia, mutta ulkotiloissa niitä on ainoastaan rikkivetykehittimien alueella.



Kuva 2. Metallien talteenottolaitoksen pohjapiirros. Reaktorihallit on merkitty keltaisella, varastosäiliöt punaisella, suodinhalli vihreällä ja sakeutinalue sinisellä.

2.2. Toiminta metallien talteenottolaitoksella ja näytteenottotyö

Metallien talteenottolaitoksella prosessinhoitajat (operaattorit) työskentelevät viidessä vuorossa. Prosessinhoitajista osa työskentelee valvomossa ja osa kentällä. Jokaisella vuorolla on oma vuoromestari. Vuoromestarit toimivat prosessinhoitajien lähimpinä esimiehinä ja myöntävät työluvat alueella tehtäville huolto- ja kunnossapitotöille. Metallien talteenottolaitoksen henkilöstöön kuuluu myös mm. päivämeistereita ja insinöörejä, jotka työskentelevät arkisin päivävuorossa.

Kukin vuoro ottaa ennalta määritellyistä kohteista näytteet, jotka analysoidaan tehtaan laboratoriossa. Lisäksi on olemassa muutama online-näytteenotto, joista saadaan tulokset suoraan tietojärjestelmään. Otettujen näytteiden tuloksilla ohjataan prosessia pienellä viiveellä. Vuoroissa näytteenottajina toimivat yleensä samat henkilöt. Näytteenottajat toimivat pääsääntöisesti työparina; ainoastaan poikkeustilanteissa näytteenottaja liikkuu kentällä yksin. Aamuvuoron ensimmäinen näytteenottokierros on ennen kello seit-

semää ja toinen ennen yhdeksää. Ensimmäisellä aamukierroksella kerätään eniten näytteitä. Kierroksella liikutaan joko kävellen tai autolla. Näyte otetaan n. 0,5 l muoviasiaan kuvan 3 kaltaisista näytteenottopisteistä. Näytepurkit merkitään ennen kierrosta näytteenottopisteiden numerolla ja ohjeellisella kellonajalla.



Kuva 3. Näytteenottopiste ja kannettava monikaasumittari.

Näytteenottajia oli ohjeistettu pitämään mukanaan kannettava monikaasumittari (kuva 3) yhtä työparia kohden sekä hengityssuojain. Monikaasumittari näyttää ilman happi-, rikkivety- ja häkäpitoisuudet sekä räjähdysvaarallisten kaasujen pitoisuudet ja hälyttää raja-arvojen ylityksistä äänellä, vilkkumalla ja värinällä. Rakennusten ovissa on maininta vaadittavasta suojavarustuksesta sisälle mentäessä. Ulkoalueella vaadittavista suojavarusteista ei ollut alueella varoitustauluja.

3. Onnettomuuden kuvaus ja tapahtumat 15.3.2012

Talvivaara Sotkamo Oy:n palveluksessa ollut työntekijä kuoli onnettomuudessa 15.3.2012. Kuolinsyyksi oikeuslääketieteellisessä tutkimuksessa todettiin altistuminen rikkivedylle. Onnettomuus johtui myrkyllisestä kaasupäästöstä, mutta siihen ei liittynyt räjähdystä, tulipaloa tai ympäristövahinkoa. Laitoksen suunnittelu ja tekninen toteutus mahdollistivat tappavan rikkivetypitoisuuden purkautumisen säiliöstä vallitilaan ja sen ympäristöön.

Työturvallisuuslaitoksen ylläpitämissä OVA-ohjeissa mainitaan, että rikkivety, H_2S , on erittäin helposti syttyvä (F+), erittäin myrkyllinen (T+) ja ympäristölle vaarallinen (N) väritön kaasu. Rikkivety haisee mädälle kannamunalle ja hajukynnys on erittäin pieni, noin 0,008 ppm (miljoonasosaa tilavuudesta). Hajuaisti lamaantuu noin 100 - 150 ppm (140 - 210 mg/m^3) pitoisuuksissa, mikä lisää äkillisen myrkytyksen vaaraa suurissa

pitoisuuksissa. Rikkivedyn 500 ppm (750 mg/m³) pitoisuus aiheuttaa viidessä minuutissa tajuttomuuden. Yli 1000 ppm (1400 mg/m³) pitoisuus aiheuttaa tajuttomuuden ja kuoleman välittömästi hengityksen lamaanuttua. Rikkivety liukenee osittain veteen (4 - 6 g/l). Liukoisuus metallien talteenottolaitoksella käsiteltävään prosessiliuokseen on pienempi kuin liukoisuus veteen. Liukoisuuteen vaikuttavat mm. liuoksen koostumus, pH ja lämpötila.

Uhrin löytöpaikan ympäristössä mitattiin 14.3.2012 - 15.3.2012 välisenä aikana kannettavilla mittareilla useita kertoja hajuaistin lamaannuttavia, yli 100 ppm:n pitoisuuksia. Tarkkaa rikkivetypitoisuutta onnettomuushetkellä tai uhrin altistumisaikaa ei tiedetä. Viimeisen kerran uhriin oltiin radiopuhelimella yhteydessä 35 minuuttia ennen hänen löytymistään. Uhrin kulkema reitti voidaan päätellä melko tarkkaan hänen ottamiensa näytteiden perusteella (kuva 4). Onnettomuushetkellä sää oli lähes tyyni. Talvivaaran portin sääaseman mukaan tuulennopeus 15.3.2012 klo 8.30 - 9.30 oli 0 - 0,5 m/s, joka on hyvin poikkeuksellista.

Onnettomuuden uhri oli tullut töihin 15.3.2012 aamuvuoroon klo 5.30 neljän päivän vapaalta. Vuoron vaihdossa edellisenä päivänä alueella havaituista rikkivetypitoisuuksista ei ollut puhetta, mutta yleisen käsityksen mukaan kaikkien uskottiin olevan tietoisia viimeisten viikkojen aikana esiintyneistä korkeista rikkivetypitoisuuksista. Aamun ensimmäisellä näytteenottokierroksella onnettomuuden uhri oli työparinsa kanssa ottanut tarvittavat näytteet. Tällöin työpari oli liikkunut autolla. He eivät raportoineet valvomoon mistään poikkeavasta kierroksella. Työparilla oli ensimmäisellä näytteenottokierroksella käytössä puhelin, kaasumittari ja pelastautumissuojain. Toiselle kierrokselle uhri lähti yksin työparin osallistuessa turvainfoon.

Uhri löydettiin reaktorirakennuksen varastosäiliöiden läheltä. Seuraavat näytteet olisi pitänyt ottaa reaktorirakennuksen sisältä. Näytekori löydettiin reaktorirakennuksen oven ulkopuolelta. Valvontakameroihin ei tallentunut kuvaa uhrin liikkeistä. Uhrilla oli löydettyäessä mukanaan puhelin, muttei pelastautumislaitetta eikä monikaasumittaria.

Aamuvuoron 15.3.2012 aikana tapahtumat etenivät seuraavasti:

5.45 Aamuvuoro aloittaa työt

6.15 Aamuvuoron vuoromestari aloittaa työt

7.00 Päivämestari aloittaa työt. Kalkkilaitoksen kenttämiehet toteavat kalkkikivilietteen näytelinjojen olevan tukossa hieman ennen seitsemää tehdyllä kierroksella.

7.00 Onnettomuuden uhri tekee työparinsa kanssa ensimmäisen näytteenottokierroksen. Työpari liikkuu autolla mukanaan radiopuhelin ja kaasumittari. He eivät raportoineet poikkeavista olosuhteista.

8.00 Päivämestari alkaa sijaistaa vuoromestaria, joka menee turvallisuusinfoon. Myös puolet operaattoreista osallistui turvainfoon, joka päättyi klo 9.30. Yksi urakoitsija havaitsee onnettomuuspaikan läheisyydellä 125 ppm pitoisuuden heti autosta noustessaan. Myöhempi mittarin tarkastus osoitti maksimiarvoksi 285 ppm. Urakoitsija käy valvomossa ilmoittamassa ulkotiloissa havaitusta korkeasta rikkivetypitoisuudesta.

8.12 Päivämestari ilmoittaa reaktorihallin sisätiloissa olevista kohonneista pitoisuuksista urakoitsijalle, joka on menossa sinne töihin.

8.17 - 8.40 Metallien talteenottolaitoksella pidetään aamupalaveri, johon osallistuu mm. päivämestari.

8.30 Kaksi urakoitsijan työntekijää yhdessä onnettomuuden uhrin kanssa tulevat valvomosta hissillä alaker-taan. Viimeinen näköhavainto uhrista saadaan, kun hän ottaa suodinhallin alakerrassa näytteitä ja poistuu ovesta tämän jälkeen saostusalueelle päin.

8.45 Uhriin ollaan viimeisen kerran yhteydessä radiopuhelimella. Häntä pyydettiin pienentämään peroksi-din syöttöjä molemmille linjoille. Hän lupasi mennä sinne näytteenottokierroksen jälkeen.

9.00 Urakoitsijan työntekijät käyvät onnettomuuspaikan läheisellä putkisillalla. Monikaasumittari hälyttää, antaa lukemaksi 140 ppm ja he poistuvat 10 minuutin kuluessa paikalta. Uhrista ei tehdä havaintoja.

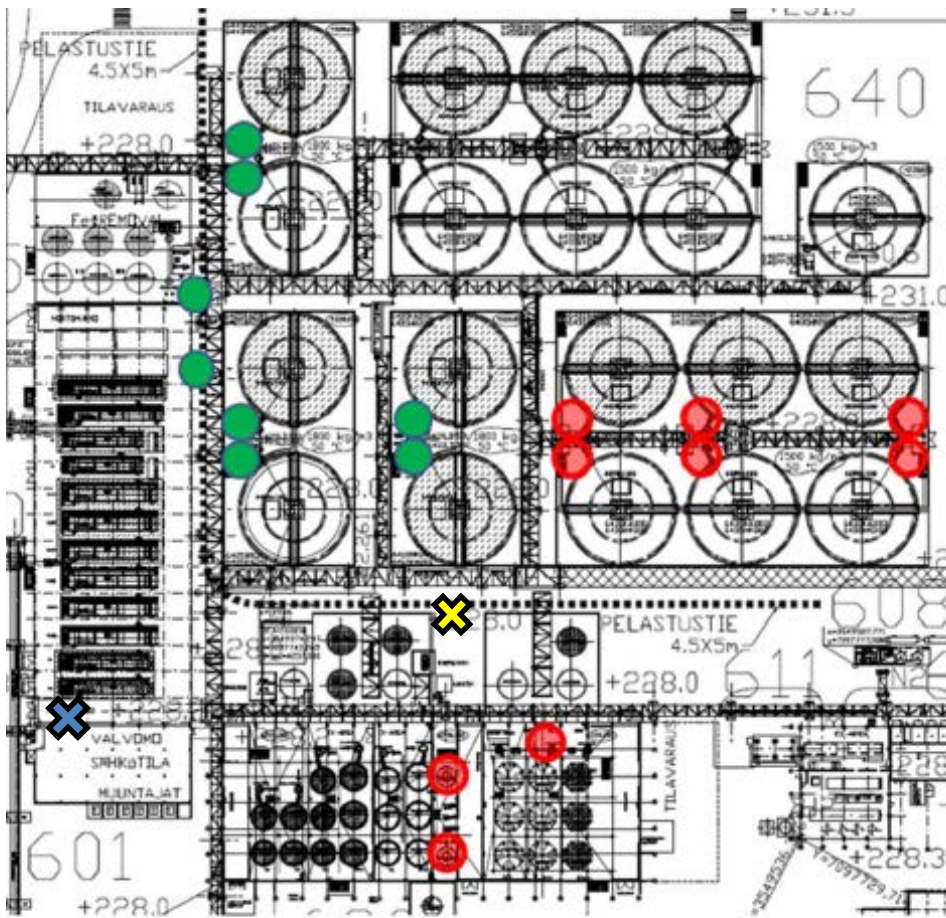
9.20 Kaksi toisen urakoitsijan työntekijää havaitsee henkilön makaavan maassa. He olivat tulleet paikalle pakettiautolla. Työntekijät soittavat omalle työnjohtajalle klo 9.23 ja siirtävät henkilön kauemmaksi elvytys-toimia varten, koska kannettavat kaasumittarit hälyttävät alueella.

9.26 Urakoitsijan työnjohtaja soittaa havainnosta vuoromestaria sijaistavalle päivämestarille, joka lähtee välittömästi kahden muun henkilön kanssa selvittämään tilannetta.

9.30 Tehdaspalokunta saa hälytyksen ja lähtee paikalle. Turvainfo päättyi.

9.35 Tehdaspalokunta, vartija ja työterveyshoitaja saapuvat paikalle ja jatkavat elvytystä. Elvytysyrityksistä huolimatta uhria ei saada pelastettua.

Onnettomuuden uhri ehti ottaa kierrokselta kahdeksan näytettä ennen onnettomuutta. Näytteenottopis-teitä olisi ollut 17. Näytteenottopisteet on merkitty kuvaan 4.



Kuva 4. Onnettomuuskierroksen näytteenottopisteet. Vihreällä merkityistä pisteistä ehdittiin ottaa näytteet ja punaisella merkityillä näytepaikoilla ei käyty. Kierroksen aloituspaikka on merkitty sinisellä ja uhrin löytöpaikka keltaisella rastilla.



Kuva 5. Onnettomuuden uhrin löytöpaikka. Uhri löydettiin kuvan oikeassa reunassa näkyvältä alueelta (punainen rasti) ja hänen näytteenottokorinsa kuvan vasemmassa reunassa näkyvän reaktorihallin oven edestä (sininen rasti).

4. Onnettomuuden tutkinta

Onnettomuutta alkoivat tutkia poliisi, aluehallintoviraston työsuojeluviranomainen sekä Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Myös Talvivaara Sotkamo Oy teki oman onnettomuustutkinnan. Tukes nimitti 19.3.2012 onnettomuutta tutkimaan ylitarkastaja Heikki Penttisen (tutkintaryhmän puheenjohtaja) ja ylitarkastaja Aki Ijäksen.

Tapahtumien selvittäminen aloitettiin onnettomuuden jälkeisenä päivänä 16.3.2012. Tutkinnan aikana käytiin Talvivaara Sotkamo Oy:n tehdasalueella yhteensä viitenä päivänä. Tutkinnassa tutustuttiin metallien talteenottolaitoksen tuotantoprosessiin, johtamis- ja työtapoihin, perehdyttiin näytteenottotyöhön, haastateltiin Talvivaaran esimiehiä ja työntekijöitä sekä alueella toimivia urakoitsijoita. Lisäksi onnettomuustutkinnassa käytettiin hyväksi Talvivaaran toimittamaa prosessidataa, asiakirjoja ja onnettomuusselvitystä sekä Tukesin arkistomateriaalia.

Tutkinta rajattiin 15.3.2012 tapahtuneeseen kuolemantapaukseen ja siihen johtaneisiin syihin. Raportissa ei ole huomioitu tapauksen jälkeen tehtyjä tai suunniteltuja korjaavia toimenpiteitä.

5. Tutkinnan tulokset

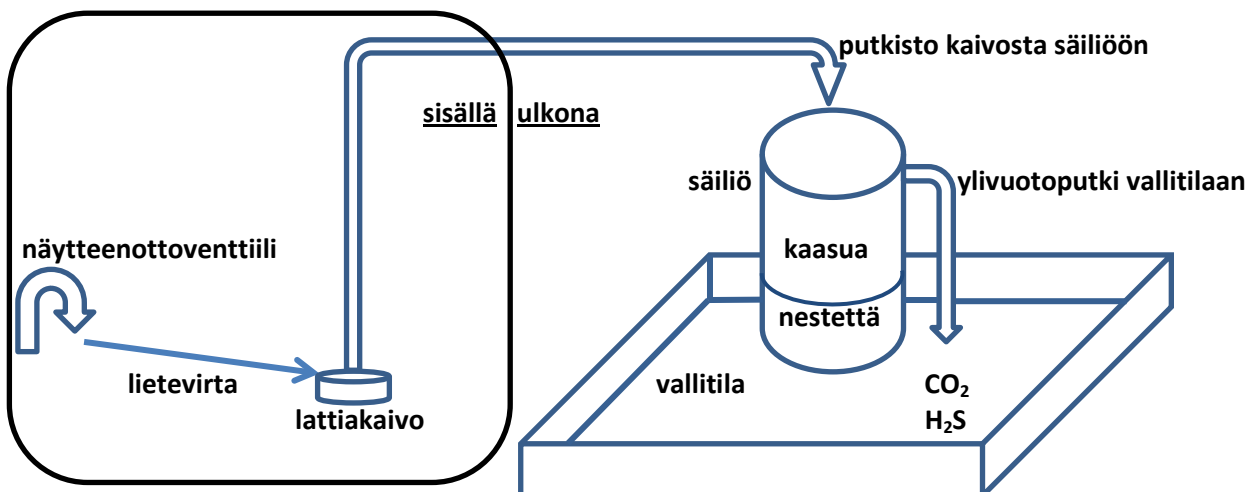
5.1. Teknisiä ongelmia

5.1.1. Esineutraloinnin tapahtumat 15.3.2012

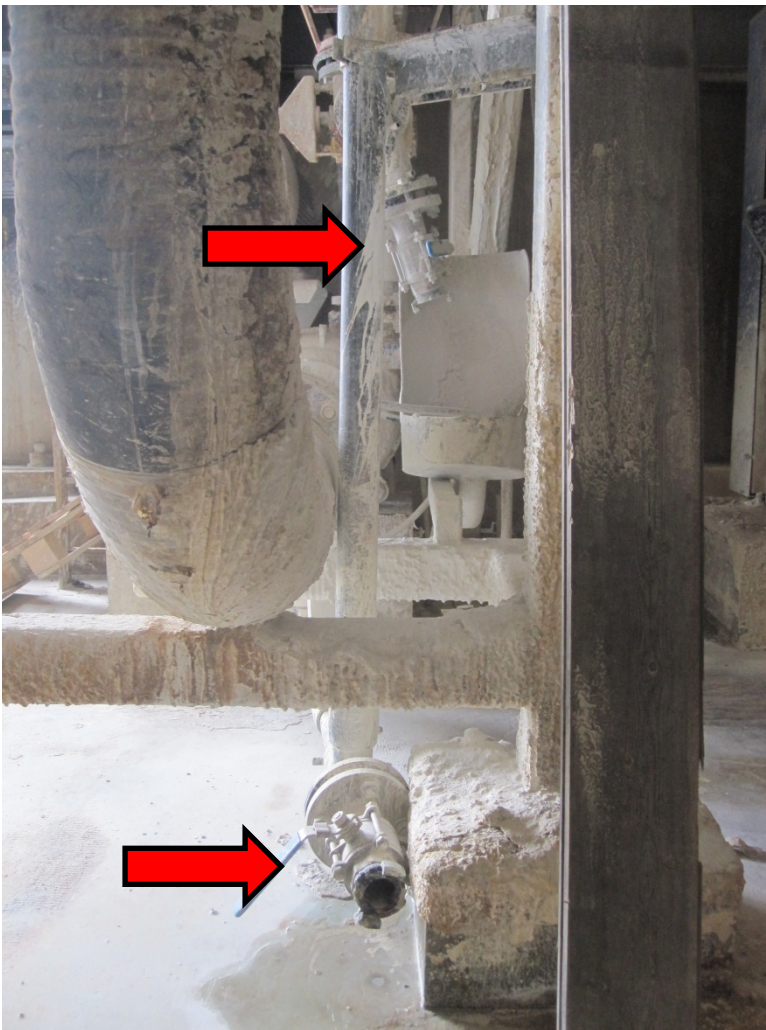
Tutkijaryhmä pitää onnettomuuden todennäköisimpänä syynä rikkivedyn purkautumista esineutraloinnin 1-linjan varastosäiliöstä prosessisuunnitteluvirheen takia. Tässä kappaleessa (5.1.1.) esitetyt päätelmät perustuvat Talvivaara Sotkamo Oy:n omassa onnettomuustutkintaraportissa (versio 26.4.2012) esitettyihin tietoihin.

Esineutraloinnin 1-linjan varastosäiliöön lattiakaivosta pumpattu kalkkikiviliete aiheutti varastoitavan liuoksen kanssa reaktion, jossa muodostui hiilidioksidia. Hiilidioksidi lisäsi varastosäiliössä nestepinnan yläpuolisen kaasun määrää. Kaasun määrän lisääntyessä liuoksesta vapautunut rikkivetykaasu ja hiilidioksidi purkautuivat säiliön ylivuotoputken kautta vallitilaan. Tämä aiheutti vallitilaan ja sen ympäristöön tappavan rikkivetypitoisuuden. Pitoisuuden pysymisen korkeana mahdollisti alueella vallinnut poikkeuksellisen tyyni sää ja alueen suojainen sijainti. Esineutraloinnin varastosäiliön vallitila sijaitsee aivan onnettomuuspaikan vieressä ja vallitilan vierestä on kulku reaktorihalliin, josta uhri oli menossa ottamaan seuraavaa näytettä.

Kalkkikivilietesäiliöstä otetaan näyte muutamia kertoja kuukaudessa. 15.3 aamuvuorossa olleet kalkkilaitoksen työntekijät olivat ottaneet näytteen, mutta ilmeisesti näytteenottoventtiili oli jäänyt auki. Näytteenottopisteen vieressä, samassa putkilinjassa, on myös toinen venttiili joka on voinut jäädä auki (kuva 7). Kalkkikivisäiliöstä otetun näytteen kiintoainepitoisuus oli 940 g/l, kun ohjearvo ja muiden näytteenottokertojen tulokset olivat alle 800 g/l. Todennäköisesti näytteenottoputki oli ollut lähes tukossa näytettä otettaessa, eikä putkesta valunut liuosta auki jääneestä venttiilistä huolimatta. Putken tukos aukeni klo 7.25, jolloin hallin lattialle alkoi valua paineella kalkkikivilietettä. Prosessidatan mukaan paine putkilinjassa laskee tuona ajankohtana äkillisesti noin 256 kPa:sta 226 kPa:iin.



Kuva 6. Havainnekuva kalkkilietteen päätyemisestä esineutraloinnin varastosäiliöön.



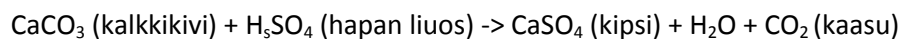
Kuva 7. Kalkkikivilietteen näytteenottopaikka, josta kalkkikiviliete pääsi lattialle. Kuvaan on merkitty venttiilit, joista ainakin toinen on jäänyt auki 15.3.2012.

Auennesta näytteenottolinjasta liete valui hallin lattialle, josta lattiakaato ohjasi lietevirran keskellä hallia olleeseen lattiakaivoon (kuva 8). Lattiakaivoon valunut liete pumpattiin kaivon pinnannousuun reagoineella automaattitoimisella pumpulla esineutraloinnin 1-linjan varastosäiliöön. Normaalisti lattiakaivon pumppu tyhjentää kaivon kaksi kertaa tunnissa sinne valuneesta pumppujen tiivistevedestä. Pumppaustahti on kuitenkin kiihtynyt noin 26 kertaan tunnissa klo 7.30 - 13.00. Samanaikaisesti esineutralointireaktoreihin lopui kalkkilietteen syöttö, koska varastosäiliön pH oli noussut kalkkilietepumppauksen johdosta. Reaktoreissa ei syötön loputtua syntynyt hiilidioksidia, joten automaatiojärjestelmä pienensi hönkien imulinjojen virtausta reaktoreiden normaalin alipaineen ylläpitämiseksi. Ulkona olevan esineutraloinnin varastosäiliön kaasumuodostus oli erittäin voimakasta, kunnes avoinna ollut kalkkikivilietelinjan käsiventtiili suljettiin noin klo 13 aikaan. Purkautuneen kalkkikivilietteen määräksi Talvivaara Sotkamo Oy arvioi omassa tutkinnassaan noin 5 - 13 m³/h. Lattialla oli vielä 4.4.2012 havaittavissa lietetulvan aiheuttamat jäljet.



Kuva 8. Lattiakaivo, johon valunut kalkkikiviliete pumpattiin esineutraloinnin 1-linjan varastosäiliöön.

Varastosäiliöön päässyt kalkkikiviliete aiheuttaa seuraavan reaktion:



Oheinen reaktio lisää varastosäiliön kaasutilavuutta hiilidioksidin muodostumisen myötä. Varastosäiliön kaasutilassa on aina vaihteleva määrä rikkivetyä, koska reaktoreihin rikkivetyä syötetään ylimäärin sakeutamisprosessin varmistamiseksi ja ylimäärä rikkivetyä vapautuu prosessin eri vaiheissa, tässä tapauksessa esineutraloinnin varastosäiliössä. Esineutraloinnin varastosäiliöstä imetään hönkiä pesurille, mutta imukapasiteetti ei ole riittänyt kalkkikivilietteen aiheuttamassa odottamattomassa kaasunmuodostuksessa, vaan kaasua on purkautunut ylivuotoputken kautta vallitilaan. Rikkivetyä on oletettavasti vapautunut liuoksesta melko runsaasti tapahtumaa edeltävinä hetkinä, koska prosessidatan perusteella tuotantonopeus ja teoreettinen rikkivetytyötön ylimäärä olivat melko suuria kyseinä aikana.

Talvivaaran työntekijä teki vallitilaan purkautuneesta kaasusta silminnäkijähavainnon onnettomuuden jälkeen. Työntekijä kertoi ylivuotoputkesta tulleen kaasun väreilleen vallitilan yllä. Kannettava monikaasumittari osoitti 0 - 290 ppm pitoisuuksien vaihdelleen hyvin lyhyellä välimatkalla.



Kuva 9. Kuvassa vasemmalla esineutraloinnin 2-linjan varastosäiliö, keskellä esineutraloinnin 1-linjan varastosäiliö ja oikealla loppuneutraloinnin varastosäiliö. Vallitilaan johtava ylivuotoputki, josta rikkivety pääsi vallitilaan, on merkitty nuolella. Vallitilan korkeus on noin 180 cm.

Sisätiloissa olevat kiinteät rikkivetytunnistimet alkoivat näyttää kohonneita pitoisuuksia klo 7.40. Ensimmäisenä nousivat esineutraloinnin 1-linjan varastosäiliötä lähimpänä olevien tunnistimien mittausarvot ja muutamien minuutin kuluttua tästä myös muut anturit alkoivat näyttää kohonneita arvoja. Sisätiloissa ei samaan aikaan ole ollut vuotoja, jotka johtaisivat hälytyksiin. Rikkivetypitoisen ilman arvioidaan tulleen sisätilaan tehtaan katolla olevien ilman sisäänottopuhaltimien kautta ulkona tapahtuneen pitkäaikaisen päästön johdosta.

5.1.2. Muita rikkivetypitoisuuksien kasvuun johtaneita prosessiongelmia

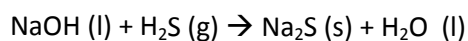
Pelssiliuoksen syötön teoreettinen maksimimäärä linjaa kohti on $900 \text{ m}^3/\text{h}$ eli yhteensä $1800 \text{ m}^3/\text{h}$. Käytännössä maksimimäärä vaihteli $750 - 800 \text{ m}^3/\text{h}$. Ongelmien on todettu lisääntyneen, kun ajovauhti kasvaa $750 \text{ m}^3/\text{h}$:n yli. Ideaalinen rikkivety määrä saostettavaa metallisulfaattia kohden on moolisuhteessa 1:1. Rikkivetyä syötetään kuitenkin ylimäärin, jotta talteen otettava metallisulfaatti saostuisi sulfidina eikä siirtyisi seuraavaan reaktiovaiheeseen. Erityisesti sinkin saostuminen on tärkeää, jotta nikkeli-kobolttisulfidi olisi riittävän puhdasta jatkojalostusta varten. Rikkivedyn syötön ylimäärästä ei ollut tarkkoja ohjeita eikä ylimäärälle

ole asetettu ylärajaa. Toisaalta rikkivedyn määramittaus ja säätöventtiili olivat olleet runsaan kuukauden epäkunnossa ennen onnettomuutta. Näissä olosuhteissa prosessia ohjaavien operaattoreiden oli käytännössä mahdoton arvioida rikkivedyn määrää sinkkisaostuksen aikana. Ylimäärin liuokseen syötetty rikkivety kulkeutuu liuoksen mukana vapautuen ilmaan prosessin eri vaiheissa.

Rikkivedyn määrää ei mitata liuoksista eikä ulkoalueelta muualta kuin kaasupesureiden poistoputkista ympäristölupaehdojen mukaisesti. Onnettomuustutkinnassa tehdyissä haastatteluissa työntekijät kertoivat tehneensä alueella säännöllisesti havaintoja 10 - 100 ppm rikkivetypitoisuuksista vuosina 2009 - 2012. Kohonneita pitoisuuksia on mitattu mm. varastosäiliöiltä, sakeuttimilta ja suodinhallista. Reaktorihalleissa olevista kiinteistä rikkivetytunnistimilta on tullut myös hälytyksiä, mutta pitoisuudet ovat olleet enintään sadan ppm:n luokkaa, useimmiten kymmeniä ppm:ä. Yleinen käsitys on, että monet näistä pitoisuuksista tulevat ulkoa ilmanottolaitteiden kautta.

Korkeita rikkivetypitoisuuksia muodostui erityisesti hönkien keruujärjestelmään kuulumattomien säiliöiden nestepinnan noustessa (kaasutilavuuden pienetessä) ja alueella olevien avoimien sakeuttimien (kuva 10) pinnasta haihtumalla. Säiliön vallitilaan purkautunut rikkivetypitoinen kaasu on ilmaa raskaampaa, joten tyynellä ilmalla se voi jäädä vallitilan pohjalle poistuen sieltä vasta tuulen mukana tai vallitilan täytyessä kaasusta.

Vuodenvaihteen jälkeen todettiin ongelmia sinkin saostuksessa. Syynä arveltiin olevan syöttöliuoksen kylmyys sekä liuoksen muuttunut koostumus. Myös prosessin hallinnassa todettiin ongelmia mm. rikkivetypitoisuuksien kasvuna, mitä pyrittiin paikkaamaan vetyperoksidin lisääntyvällä käytöllä ja rikkivetypitoinen höngän lipeäkäsittelyn tehostamisella. Lipeäpesusta muodostuu pääasiassa natriumsulfidia:



Talvivaaran tehdasalueella havaittiin 29.2.2012 poikkeuksellisen korkeita rikkivetypitoisuuksia. Työntekijöiden tekemissä mittauksissa päästölähteeksi havaittiin reaktorihallin seinustalla olevat varastosäiliöt. Korkeimmat rikkivetypitoisuudet, 27 000 ppm, mitattiin nikkeli-koboltin varastosäiliön ylivuotoputken suulta. Ylivuotoputki päättyy vallitilaan kuten esineutraloinnin varastosäiliöllä kuvassa 9. Myös vallitilasta mitattiin samana päivänä noin 3000 ppm rikkivetypitoisuus. Rikkivetyä pääsi säiliöstä ulos säiliön nestepinnan noustessa eli kaasutilavuuden pienentyessä. Tapahtumaan ei liittynyt kalkkikivilietteen aiheuttamaa reaktiota kuten onnettomuudessa 15.3.2012.

Yritys käsitteli 29.2.2012 havaittua päästöä kokouksessaan 2.3.2012. Havaintojen perusteella päätettiin aloittaa suunnittelu nikkeli-koboltin varastosäiliöiden yhdistämiseksi hönkien pesuun. Varastosäiliö- ja sakeutinalue eristettiin muovinauhoilla, jotka kuitenkin rikkoontuivat eri syistä. Tiedotusmenettelyihin kohonneista pitoisuuksista suunniteltiin parannuksia. Rikkivetyä päätettiin silti syöttää ylimäärin, jotta sinkki-jäännös pysyy pienenä.



Kuva 10. Sakeuttimia. Osa sakeuttimista on katettu (kuvassa vasemmalla) ja yhdistetty hönkien keräilyyn ja osa on avoimia (kuvassa oikealla).

5.2. Organisaation toimintatapoihin liittyviä tekijöitä

5.2.1. Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi

Toiminnan suunnitteluvaiheessa on prosessiturvallisuusriskien kartoittamiseksi tehty HAZOP-analyysseja. Kaikkia sakeuttimia ei alun perin ole katettu, ja varastosäiliöt eivät kuuluneet hönkien keräilyyn piiriin. Rikkivedyn vapautumista liuksesta ei ole alkuperäisissä riskien arvioinneissa todettu merkittäväksi riskiksi. Varastosäiliöitä on yhdistetty hönkien keruujärjestelmään vaiheittain. Kevättalveen 2012 asti oli oletettu, ettei rikkivetyä vapaudu merkittävästi esimerkiksi nikkeli-koboltin varastosäiliöissä olevasta liuksesta. Myöskään kalkkikivilietteen joutumista esineutraloinnin varastosäiliöön lattiakaivosta ei ole tarkasteltu riskin arvioinneissa. Kalkkikivilietteen ja pelssiliuksen reaktio toteutetaan hallitusti esineutraloinnin reaktoreissa, joten reaktio oli tunnettu. Kuitenkaan prosessisuunnittelussa ei ole huomioitu, että kalkkikivilietettä voi päätyä lattiakaivon kautta ennen reaktoreita olevaan varastosäiliöön, josta hönkien keruuta ei ole järjestetty yhtä tehokkaasti kuin reaktoreista.

Työtehtäväkohtaisia riskien arviointeja tehdään työluvan yhteydessä. Työn riskinarviointi tehdään ennen varsinaista työluvaa. Sen valmistelee prosessi-insinööri. Työn riskienarvioinnin suositukset huomioidaan varsinaisessa työluvassa, jonka vuoromestari hyväksyy. Rutiiniluonteisille töille, kuten näytteenottotyö, ei kuitenkaan ole työtehtäväkohtaista riskien arviointia.

Tukesille vuonna 2008 toimitetussa turvallisuusselvityksessä on käsitelty osakokonaisuuksina vaaratilanteita, seurauksia ja varautumista sekä arvio tunnistettujen vaarojen hallinnasta ja jatkotoimenpiteistä. Metallitehtaan osalta on käsitelty eri metallien saostusvaiheet, esi- ja loppuneutralointi sekä rikkivedyn adsorptio (imeytys). Onnettomuusskenaariona ovat rikkivetyvuoto reaktorirakennuksessa ja siitä johtuva räjähdys sekä rikkivetyputkiston vuoto ja sitä seuraava räjähdys. Räjähdys aiheuttaa selvityksen mukaan huomattavia vahinkoja. Pienempi vuoto on vahingollinen myrkyllisyyden takia. Reaktorirakennuksessa vuoto on todettu kaasupitoisuusmittareilla. Rikkivetyputkistossa oleva vuoto voidaan todeta lisäksi paineromittauksin. Turvallisuusselvityksessä yrityksen arvion mukaan normaalitoiminnan aikana ei katsota

esiintyvän räjähdysvaaraa. Selvityksen mukaan onnettomuuden sattuessa pienemmässäkin vuodossa voidaan menettää ihmishenkiä rikkivedyn myrkyllisyyden takia. Yritys on arvioinut vuoden 2008 turvallisuus selvityksessä, että se on käyttänyt onnettomuuksien ehkäisemiseksi ja torjumiseksi parasta mahdollista tekniikkaa ja riskien arviointiin ovat osallistuneet alansa asiantuntijat.

Turvallisuusselvityksen johtopäätöksessä (30115/36/2008), jonka Tukes on antanut ennen toiminnan aloittamista, todetaan annetun selvityksen täyttävän asetuksen (59/1999) vaatimukset. Lisäksi todetaan, että turvallisuusselvityksessä esitettyjä tietoja on päivitettävä, jos toiminnassa tapahtuu muutoksia, joita selvityksessä ei ole käsitelty tai asetuksen (59/1999) 24 §:ssä mainituista muista syistä.

5.2.2. Rikkivetypitoisuuksien mittaaminen

Tehdasalueella on yleisellä tasolla tunnistettu myrkyllisen rikkivedyn sekä palavien kaasujen vaarat. Mukana kannettavalla monikaasumittarilla voidaan mitata edellä mainittujen lisäksi myös häkä- ja happipitoisuudet. Mittariin on asetettu kullekin mitattavalle kaasulle hälytysrajat. Merkittävin mitattava kaasu on rikkivety, ja siitä on mainittu perehdytyksessä. Sen sijaan onnettomuuden jälkeen tehdyn haastattelun perusteella läheskään kaikki eivät tunteneet räjähdysvaarallisen kaasun tai häkäkaasun mittausta. Kaasumittarin tarkkuus heikkenee yli 100 ppm pitoisuuksissa ja pitoisuuksien kasvaessa selvästi tätä korkeammiksi näyttöön ei enää ilmesty lukuarvoa vaan teksti "OL" (over load). Vain harvat tiesivät, miten mittauskaalan ylittäneiden pitoisuuksien tarkat arvot voi jälkikäteen lukea. Toisaalta suurten lukujen mittausarvoja ei voida pitää täysin luotettavana anturin ominaisuuksista johtuen. Mittausarvot katoavat, jos laitteesta katkaisee virran. Rikkivedyn hälytysrajaksi on asennettu 5 ppm, jolloin laite alkaa hälyttää. Alueella havaittiin hälytysrajan ylittäviä pitoisuuksia säännöllisesti vuoden alkupuolelta lähtien. Turvallisuusohjeen mukaan ryhmässä vähintään yhdellä tulee olla kaasumittari mukana. Mittareita ei haastattelujen perusteella riittänyt jokaiselle erikseen, eivätkä mittarit olleet henkilökohtaisia. Urakoitsijoilla tulee olla itse hankittu mittari.

Toinen kaasupitoisuuden mittaustapa on kiinteät rikkivety- ja hiilidioksiditunnistimet (kuva 11), joita on asennettu pääasiassa sisätiloihin, vaikka työntekijöiden havaintojen mukaan suurimmat pitoisuudet esiintyvät yleensä ulkona. Ulkona rikkivetytunnistimia on ainoastaan rikkivetykehittimien alueella.



Kuva 11. Kiinteän rikkivetytunnistimen hälytyslaite (vasemmalla) ja mittauslaite (oikealla).

Kolmas tapa mitata kaasupitoisuuksia ovat mittausampullit. Niihin imetään pumpetilla kaasua mitattavasta kohteesta, ampullin sisällä oleva reagenssi reagoi rikkivedyn kanssa, ja mitta-asteikolta voidaan lukea värimuutosta vastaava pitoisuus ppm:nä. Tällä menetelmällä voidaan mitata satojen tuhansien ppm:ien pitoisuuksia. Luvussa 5.1.2. mainitut 29.2.2012 mitatut suuret pitoisuudet mitattiin mittausampulleilla.

5.2.3. Suorituskyvyn tarkkailu

Turvallisuuden seuraamista varten yrityksen turvallisuusjohtamisjärjestelmässä todetaan, että vaaratilanteisiin reagoidaan mahdollisimman nopeasti. Seuranta jakaantuu ennakoiviin mittareihin ja jälkikäteismittareihin. Turvallisuutta seurataan johtamisjärjestelmän mukaan tarkkailemalla työpisteiden ja alueiden yleistä järjestystä ja siisteyttä sekä niiden kehitystä sisäisinä auditointeina. Johdon katselmuksessa käydään läpi toiminnan turvallisuutta koskevat tulokset ja päätetään kehityshankkeista. Vähintään vuosittain turvallisuusasioiden johtoryhmä suorittaa toiminnan turvallisuuskatselmoinnin.

Yritys seuraa oman henkilökunnan ja urakoitsijoiden poissaoloihin johtaneiden tapaturmien taajuutta (LTIF), kaikkia tapausten taajuutta (TRIF) sekä mm. vaaratilanneraportointia. Osalle seurattavista mittareista on annettu tavoitteita. Onnettomuustaajuus on vaihdellut vuosina 2009 - 2011 välillä 10,7 - 14,7 tapaturmaa/miljoona työtuntia. Tapaturmataajuus on selvästi pienempi kuin teollisuudessa keskimäärin.

Käytännössä riskien tiedostamista on vaikeuttanut ja hidastanut se, että vaaratilanteista esimiehille ilmoittaminen ei ole ollut erityisen yleistä. Haastatteluissa syyksi mainittiin useasti ongelmien ratkaisun viipyminen tai vähäinen tiedonkulku asian käsittelystä. Monet työntekijät kokivat, että vaaratilanteista ilmoittamisesta ei ole hyötyä. Vaaratilanteiden käsittelystä vastuussa olevat henkilöt taas kokivat prosessiongelmien ja muun työkuorman hidastavan ja haittaavan ilmoitusten käsittelyä.

5.2.4. Organisaatio, tiedonkulku ja osaaminen

Yrityksen organisaatio on muuttunut lyhyessä ajassa useamman kerran. Onnettomuutta seuranneena päivänä järjestelmästä löytyneet viimeisimmät organisaatiokaaviot olivat noin puoli vuotta vanhoja eivätkä vastanneet sen hetkistä tilannetta. Osa tehtävistä oli edelleen täyttämättä ja osassa oli tapahtunut henkilömuutoksia. Ylin johto oli niin ikään muuttumassa. Metallin talteenoton vastuualueissa oli myös tapahtunut muutoksia puolen vuoden aikana. Samalla yritykseen oli tullut uutta väkeä. Toimintaperiaatteista vastaavaa henkilöä ei ollut selkeästi nimetty ja tutkinnan aikana todettiin epäselvyyksiä siinä, kuka toimii toimintaperiaatteista vastaavana henkilönä ja mitä hänen tehtäviinsä sisältyy.

Metallien talteenottolaitoksella on käytössä ns. viisivuororajajärjestelmä, koska kyseessä on keskeytymätön vuorotyö. Vuorojen operaattoreista suurimmalla osalla on useamman vuoden kokemus työstään. Vuoroesiementen kohdalla on ollut muutoksia ja sijaismenettelyä. Arkipäivisin vuoroesiementien lisäksi läsnä on päivämestari ja muita päivävuorossa työskenteleviä työntekijöitä sekä osaston johto.

Työvuoron vaihto tapahtuu melko nopeasti. Vuoropäiväkirjaan kirjataan merkittävimmät asiat ja tärkeimmistä kerrotaan vuoronvaihdossa myös sanallisesti. Vuoromestarit vaihtavat tehtäviään puoli tuntia myöhemmin kuin operaattorit. Vuoronsa vaihtuessa he käyvät edelliseltä vuorolta siirtyvät asiat läpi.

Merkittävin tiedonkulun väline vuorojen kesken on ollut sähköinen vuoropäiväkirja, jota täyttävät sekä operaattorit että vuoromestarit. Ongelmat prosessin toimivuudessa on pyritty ratkaisemaan suunnittelija ja konsulttilähtöisesti. Sen sijaan toimintaohjeita poikkeustilanteisiin, kuten korkeita ulkoalueilla esiintyviä rikkivetypitoisuuksia varten, ei ole laadittu eikä käsitelty vuorojen sisällä. Palvelutoimittajat ovat saaneet vaaralähteistä parhaiten tietoa työluvan käsittelyn yhteydessä.

Työluvan myöntää vuoromestari. Allekirjoitetusta työluvasta jää yksi kappale valvomon seinällä olevaan työluvalokerikkoon. Alueella tehtävät työt on helposti havaittavissa lokerikoista. Osa työluvista edellyttää myös erillistä riskien arviointia, josta tulee työluvan liite. Työluvassa määritellään suojavarustus. Ilman työ lupaa ei saa tehdä mitään huolto- ja kunnossapitotöitä metallin talteenottolaitoksen alueella. Alueella liik kumiselle ei ole esteitä, jos on kulkulupa. Kulkulupa haetaan tehdasalueen portilta. Sen tilaajana on Talvi vaaran työntekijä, joka on työn tilaaja tai vieraan isäntä. Turvallisuusoppaan mukaan vieraiden tulee liikkua alueella isännän valvonnassa. Töiden päätyttyä tulee ilmoittautua vuoromestarille. Työlupa voi olla pidem mälle ajalle eikä silloin tarvitse ilmoittautua joka aamu erikseen. Työlupien valmistelu ja hallinnointi vie vuoromestareilta paljon työaika varsinkin arkisin aamuvuoroissa.

Vakituinen henkilökunta oli vuosien aikana tottunut usein toistuvaan hajuun eikä siihen enää suhtauduttu kovin vakavasti. Edellinen kahden henkilön vakava rikkivetymyrkytys oli sattunut 31.5.2010. Toinen henkilö meni tajuttomaksi, mutta virkosi elvytettäessä. Tämän tapauksen tiesivät kaikki haastatellut.

Eräs laitoksen insinööreistä varoitti työ lupaa hakenutta yritystä 14.3.2012 korkeista pitoisuuksista suunnitellun työskentelyalueen läheisyydessä. Alue oli eristettynä keltapunaisella nauhalla useita kertoja 29.2. - 15.3.2012 välisenä aikana. Viimeisen kerran ennen onnettomuutta vaara-alue oli eristettynä 14.3.2012, mutta eristystä osoittavat nauhat katkeilivat eikä nauhoja ollut havaittavissa enää 15.3. urakoitsijan tekemien havaintojen mukaan. Nauhan käyttötarkoituksesta ei ollut tarkennusta ulkoalueella tai valvomon ilmoitustaululla. Ainoastaan vuoropäiväkirjassa oli siitä muutama maininta maaliskuulta. Samanaikaisesti sakeuttimiin ja muihin rakenteisiin muodostuneita kookkaita jäälohkareita oli pudonnut samalle alueelle ja kulkuväylille, joten eristysnauhan käyttötarkoitus ei ollut yksiselitteinen.

Onnettomuuspäivänä urakoitsijat mittasivat useita yli 100 ppm pitoisuuksia alueella. Silti tieto vaarallisen korkeista pitoisuuksista ei tavoittanut kaikkia ulkoalueella liikkuneita. Onnettomuuden uhri lähti toiselle näytteenottokierrokselle ilman monikaasumittaria ja hengityssuojainta tai pelastautumislaitetta.

Vuoroilla oli haastattelujen mukaan erilaisia tottumuksia suojavarusteiden käytössä. Osa työntekijöistä piti mukanaan kuvan 12 kaltaisia hengityssuojaimia ja osa kuvan 13 mukaista pelastautumislaitetta. Monikaasumittarin käyttö oli yhtenäisempää onnettomuustapausta lukuun ottamatta. Työntekijät kertoivat, että he eivät ole saaneet koulutusta pelastautumislaitteen käyttöön. Kukaan haastatelluista ei ollut kertaakaan laittanut kasvoilleen tai käyttänyt pelastautumislaitetta. Se pidettiin pakkauksessa mukana.



Kuva 12. Hengityssuojaimia. Vasemmalla puolinaamari ja oikealla kokonaamari.

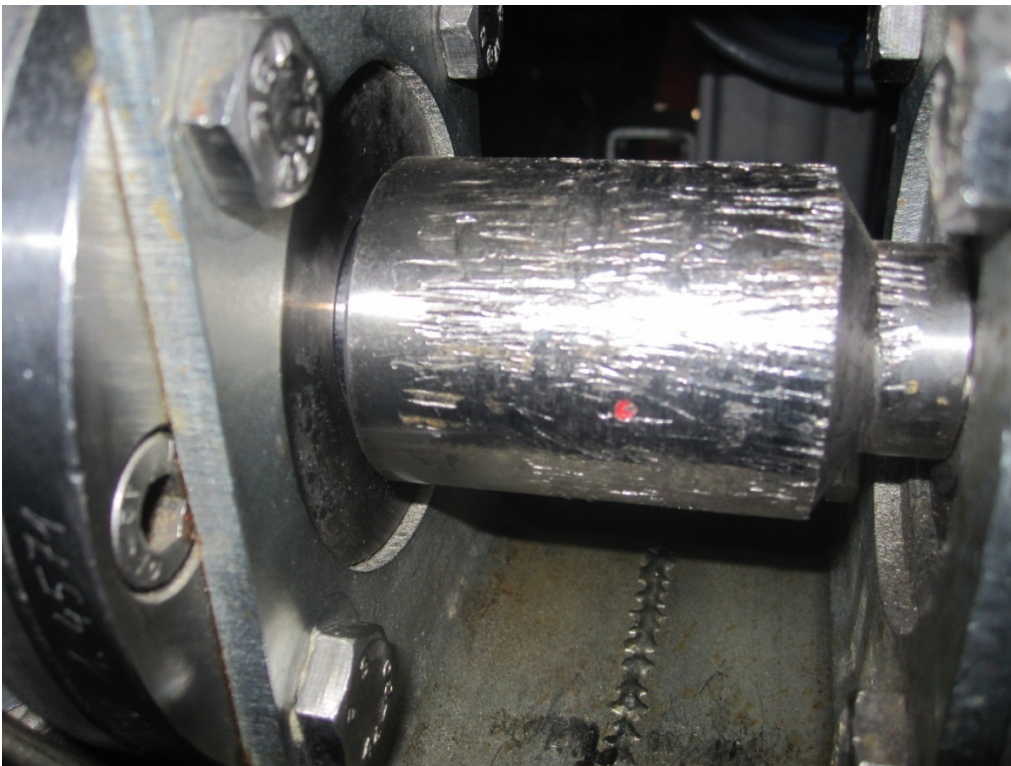


Kuva 13. Pelastautumislaitte.

Palvelutoimittajilla tulee olla alueen turvallisuuskoulutus suoritettuna ennen töihin ryhtymistä. Ylläpitokoulutusta annetaan kaksi kertaa viikossa ja siihen osallistuvat myös tehtaan omat työntekijät. Koulutetut saavat kypärään tarran vuosikoulutuksesta.

5.2.5. Kunnossapitomenettelyt

Prosessin hallintaa onnettomuutta edeltäneinä kuukausina vaikeutti oleellisesti eräiden laitteiden heikko kunto. Erityisesti rikkivetymittausten ja säätöventtiilien toimimattomuus hankaloitti rikkivedyn syöttömäärän ja siten myös syötettävän ylimäärän arviointia. Tästä johtuen rikkivetyä on saatettu syöttää prosessiin välillä huomattavasti ylimäärin. Säätöventtiileitä jouduttiin säätämään paikallisesti käsin, koska ne eivät toimineet automaattiohjauksella. Säädot tehtiin putkipihdeillä kuvan 14 mukaisista kohdista. Syynä venttiilien ja virtausmittausten toimimattomuuteen pidettiin niihin kertyvää rikkiä. Uutta venttiilityyppiä alettiin selvittää ongelmien ilmettyä, mutta toistaiseksi turvaudutaan venttiilien huolloilla niiden toimintakunnon ylläpitoon. Ylimääräisiä huoltoseisokkeja pyritään välttämään ja ajoittamaan huollot tuotannon kannalta sopiviin väleihin.



Kuva 14. Automaattiventtiileitä jouduttiin säätämään käsin niiden jumiutumisen vuoksi.

Näytteenottajat kertoivat, että on tavallista, ettei kaikista näytteenottopisteistä saada näytteitä putkiston tai venttiilin tukosten vuoksi. Näytteitä otetaan myös muista mahdollisista pisteistä läheltä näytteenottopistettä, jos mahdollista. Näytteenottoaikojen työturvallisuus oli monin paikoin heikkoa tilan sotkuisuuden, ahtauden tai huonon luoksepäästävyuden johdosta. Näytteenotossa rikkivetypitoisuudet saattavat nousta liuosta laskettaessa, joten paikalta tulisi olla esteetön poistumismahdollisuus.

Kokonaisuutena kunnossapidon voidaan sanoa päätyneen liiaksi reagoivan kunnossapidon puolelle, vaikka painopisteen tulee olla ennakoivassa kunnossapidossa, jolla varmistetaan prosessin turvallinen hallinta.

5.3. Säännösten noudattaminen

Tutkijaryhmä tutki onnettomuuden kemikaaliturvallisuuslain (390/2005) mukaisena laajamittaisen vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin onnettomuustapauksena. Onnettomuus tapahtui metallien talteenottolaitoksella, johon Tukes tekee tarkastuksia kemikaaliturvallisuuksäädösten perusteella. Kaivosaluelle tehdään erikseen kaivoslain mukaisia tarkastuksia.

Talvivaara Sotkamo Oy on ns. turvallisuusselvityslaitos, jonka toiminnan turvallisuus tarkastetaan säädösten mukaan vuosittain. Tarkastukseen kutsutaan myös muita viranomaisia. Ennen toiminnan aloittamista yritys on hakenut toiminnalleen luvan 30114/36/2008 ja tuotantolaitokselle on tehty käyttöönottotarkastus kemikaaliturvallisuuslain mukaisesti. Yritys on laatinut kemikaaliturvallisuuslain edellyttämän turvallisuusselvityksen, joka on päivätty 25.1.2008. Tukes on antanut turvallisuusselvityksestä johtopäätöksen 2.4.2008. Uusi turvallisuusselvitys on tulossa Tukesin käsittelyyn vuonna 2012. Toiminnanharjoittaja on nimennyt toiminnan alkaessa kaksi teollisuuskemikaaliasetuksen (59/1999) mukaista kemikaalien käytönvalvojaa.

Laajamittaista kemikaalien käsittelyä tai varastointia harjoittavan toiminnanharjoittajan tulee ilmoittaa vakavista kemikaalionnettomuuksista välittömästi Tukesille. Tutkitusta onnettomuustapauksesta Tukes sai ilmoituksen kolmannelta osapuolelta onnettomuuspäivänä.

Tukesin nimeämä tutkijaryhmä kiinnitti huomiota onnettomuustutkinnassa erityisesti Talvivaaran tehdasalueella esiintyneisiin korkeisiin rikkivetypitoisuuksiin ja puutteisiin työtapojen turvallisuudessa. Havaittujen puutteiden johdosta Tukes edellytti Talvivaara Sotkamo Oy:ltä 30.3.2012 selvitystä tehdyistä turvallisuutta parantavista toimenpiteistä ennen kuin laitos voidaan ajaa ylös huoltoseisokin jälkeen. Huoltoseisokin aikana nikkeli-kobolttin varastosäiliöt yhdistettiin hönkien keruujärjestelmään sekä rikkivetyputkiston säätöventtiilit ja virtausmittarit huollettiin. Työturvallisuusohjeisiin ja prosessin ajo-ohjeisiin tehtiin tarkennuksia ja muutoksia. Talvivaara Sotkamo Oy:n antamien selvitysten perusteella Tukes myönsi luvan toiminnan jatkamiselle 5.4.2012.

6. Johtopäätökset

Tutkijaryhmä pitää kuolemaan johtaneen rikkivetypäästön ja muiden alueella havaittujen korkeiden rikkivetypitoisuuksien syynä prosessin suunnittelussa ja käytön aikaisessa prosessiturvallisuuden hallinnassa olleita puutteita. Todennäköinen tekninen syy onnettomuudelle oli säiliön kaasutilassa olleen rikkivedyn purkautuminen esineutraloinnin 1-linjan varastosäiliöstä ylivuotoputken kautta säiliön vallitilaan. Kyseiseen säiliöön joutui tapahtumahetkellä automaattipumppauksessa kalkkikivilietettä reaktorirakennuksen lattia-kaivosta. Emäksinen liete reagoi säiliössä olleen happaman liuoksen kanssa muodostaen kaasua, hiilidioksidia. Kyseinen varastosäiliö oli liitetty hönkien keruujärjestelmään, mutta kaasunmuodostus oli niin voimakasta, että rikkivety purkautui hiilidioksidin mukana ensisijaisesti vallitilaan.

Tutkinnassa todettiin, että merkittäviä rikkivetypäästöjä samalla ulkoalueella oli tullut aikaisemmin myös hönkien keruujärjestelmään kuulumattomista nikkeli-kobolttilinjan varastosäiliöistä. Myös muista rikkivedyn päästökohteista oli havaintoja, mutta niistä oli vähän mittaustietoja johtuen kiinteiden kaasupitoisuusmittauslaitteiden puuttumisesta muualta kuin reaktorirakennuksesta.

Välittömän teknisen syyn lisäksi onnettomuuteen johtaneita syytekijöitä oli useilla muilla toiminnan tasoilla. Onnettomuuteen johtaneita syitä ja niiden suhteita on kuvattu tutkintaraportin liitteenä olevassa Acci-

map-kaaviossa. Toiminnanharjoittaja teki tutkinnan aikana useisiin havaittuihin puutteisiin merkittäviä parannuksia. Tässä onnettomuustutkintaraportissa on keskitytty onnettomuuteen johtaneisiin syihin ja yleisiin toimialaa koskeviin toimenpide-ehdotuksiin.

Uusien tekniikoiden riskienhallinta vaatii tulevaisuudessa huomiota sekä toiminnanharjoittaja- että viranomaispuolelta. Uuden toimintaympäristön riskejä ei voida hallita standardinomaisella toiminnalla, vaan riskien arvioinnin tulee olla tapauskohtaista. Toisaalta selvitysten arviointi vaatii kriittisyyttä ja asiantuntemusta myös viranomaisilta. Suuret mittakaavat ja vaihtelevat ainevirrat eivät välttämättä vastaa koetoinnassa tehtyjä havaintoja. Bioliuotuksesta ja siihen liittyvästä metallien talteenotto-prosessista ei ole aiempia kokemuksia Talvivaaran mittakaavassa suomalaisessa kaivostoiminnassa. Prosessien riskienhallinnassa on päästävä reagoinnin sijaan ennakoivalle tasolle. Laadukas suunnitteluvaiheen riskien arviointi on erittäin tärkeää. Myöhemmin tehtävät muutokset ovat hitaita ja työläitä toteuttaa.

Riskien arvionnit tulee päivittää havaittujen onnettomuuksien ja vaaratilanteiden perusteella. Työntekijöillä on monesti paras tieto työnsä riskeistä. Yrityksellä tulisi olla käytössään systemaattiset menettelyt tämän tiedon hyödyntämiseksi. Monet operaattorit ovat kokeneita ja erilaisessa toimintaympäristössä olleita, joten heidän asiantuntemustaan tulisi hyödyntää ongelmia ratkottaessa.

Prosessiturvallisuuden merkitys tulee tiedostaa. Prosessiturvallisuuden hallinta on myös tärkeä osa henkilöturvallisuuden hallintaa. Henkilön suojaaminen on viimeinen keino turvallisen työnteon varmistamiseksi. Ensisijaisesti tulee pyrkiä vaaran poistamiseen ja vaaratilanteiden syntymisen estämiseen. Turvallisuusorganisaation tulee toimia yhteistyössä linjaorganisaation kanssa ja ymmärtää prosessin ja kemikaalien riskit. Työturvallisuutta kuvaava reaktiivinen mittaristo, kuten tapaturmaluvut, ei sovellu prosessiturvallisuuden arviointiin. Vaikka tapaturmaluvut pienenisivät, saattaa prosessissa olla ongelmia, jotka tietyissä olosuhteissa voivat aiheuttaa vakavan onnettomuuden.

Ennakoivan kunnossapidon merkitys on tiedostettava, erityisesti turvallisuuskriittisten laitteiden osalta. Prosessin ohjaamisen tulee perustua luotettavaan ja ajantasaiseen tietoon prosessin tilasta ja esimerkiksi syötettävistä virtausmääristä. Seisokkeja on tarvittaessa uskallettava pitää suunniteltua aiemmin turvallisuuskriittisten laitteiden huoltamiseksi. Tuotantotavoitteiden ja turvallisuuden välille voi tulla ristiriita, jos tuotantotavoitteista ei uskalleta joustaa tilanteen niin vaatiessa. Hallitulla tuotantonopeudella ja ennako-huollolla prosessin ennakoimattomien häiriöiden ja suunnittelemattomien ylös- ja alasajojen määrä vähennee. Käyttöhäiriöiden turvallisuusmerkitys tulee arvioida.

Vaaratilanteita varten toiminnanharjoittajalla tulee olla systemaattiset menettelyt, joilla voidaan varmistaa tiedonkulku kaikille alueella työskenteleville. Alue-eristys- ja varoitusmerkkejä käytettäessä työntekijöillä on oltava selvä tieto, miksi ne on asennettu. Tiedonvaihdon vuorotyössä vuoron sisällä ja vuorojen välillä tulee olla selkeästi organisoitu. Turvallisuuskriittisissä toiminnoissa tulee noudattaa yhteisiä työtapoja ja työtapojen noudattamista tulee myös valvoa. Pelkkä ohjeistus ei riitä, vaan jokaisella on myös velvollisuus puuttua vaaralliseen toimintaan.

Johdon on oltava esimerkkinä turvallisuusasioissa ja -asenteissa. Turvallisuudesta vastaavilla henkilöillä tulee olla tehtävästään selkeä kuva, riittävät resurssit ja riittävä asiantuntemus turvallisuuden kehittämiseen.

7. Toimenpide-ehdotukset

Tutkintaryhmä esittää seuraavia toimenpiteitä vastaavien onnettomuuksien välttämiseksi. Suositukset ovat yleisiä, koko toimialaa koskevia.

Prosessiturvallisuusriskit ja niiden hallinta

- Prosessiturvallisuuden merkitys tulee ymmärtää, sillä se on ydinasia onnettomuuksien ehkäisyssä ja häiriöttömässä tuotannossa.
- Uuden tekniikan riskit tulee tunnistaa etukäteen käyttäen parasta mahdollista asiantuntemusta ja systemaattista riskien arviointia.
- Prosessisuunnittelijat sekä käyttö- ja kunnossapidon henkilöstö tulee ottaa mukaan riskien arviointiin.
- Turvallisuuskriittisten laitteiden kunnossapidon tulee olla ennakkohuollon piirissä.
- Käyttöhäiriöiden turvallisuusmerkitys on arvioitava ja käyttöhäiriöiden syiden selvittämiseen on paneuduttava.

Turvallisuusvastuut ja tiedonkulku

- Johdon kanta turvallisuusasioihin tulee olla selkeä. Ohjeistuksen lisäksi valvonta, työntekijöiden kuuntelu ja esikuvana toimiminen on tärkeää. Johdon tulee osallistua turvallisuuden kannalta merkittävien asioiden käsittelyyn.
- Turvallisuusvastuuta ei saa eriyttää käyttöorganisaatiosta. Prosessiturvallisuuden kehittäminen edellyttää tuotantotekniikan ja vaarallisiin kemikaaleihin liittyvien vaarojen tuntemusta.
- Toimintaperiaatteista vastaavan ja käytönvalvojien vastuut ja tehtävät tulee selkeästi määritellä ja heidän organisatorinen asemansa tulee olla sellainen, että he kykenevät huolehtimaan tehtävistään.
- Toiminnanharjoittajalla tulee olla selkeä tiedotusmenettely vaaratilanteiden varalle, jotta tieto vaarasta kulkee nopeasti ja varmasti kaikille alueella oleville.
- Päätöksenteko prosessin alajajasta vaarallisten olosuhteiden johdosta tulee vastuuttaa ja ohjeistaa. Suuronnettomuusvaarallisissa laitoksissa tulee korostaa turvallisuuden ensisijaisuutta päätöksenteossa.
- Turvallisuushavaintojen käsittelylle tulee olla seurantamenettely, joka motivoi työntekijät tekemään turvallisuushavaintoja.

Lähteet

Talvivaara Sotkamo Oy 2008 - 2012. Internetsivut, riskinarvioinnit, turvallisuusselvitys, työohjeet ja muu onnettomuustutkinnan aikana Talvivaara Sotkamo Oy:ltä saatu materiaali.

Tukes 2012. Onnettomuustutkinnassa otetut valokuvat.

Tukes 2012. Onnettomuustutkinnassa tehdyt henkilöhaastattelut.

Työterveyslaitos 2011. OVA-ohjeet, rikkivety. Saatavilla: <http://www.ttl.fi/ova/rikkivet.htm>. Viitattu 18.6.2012.

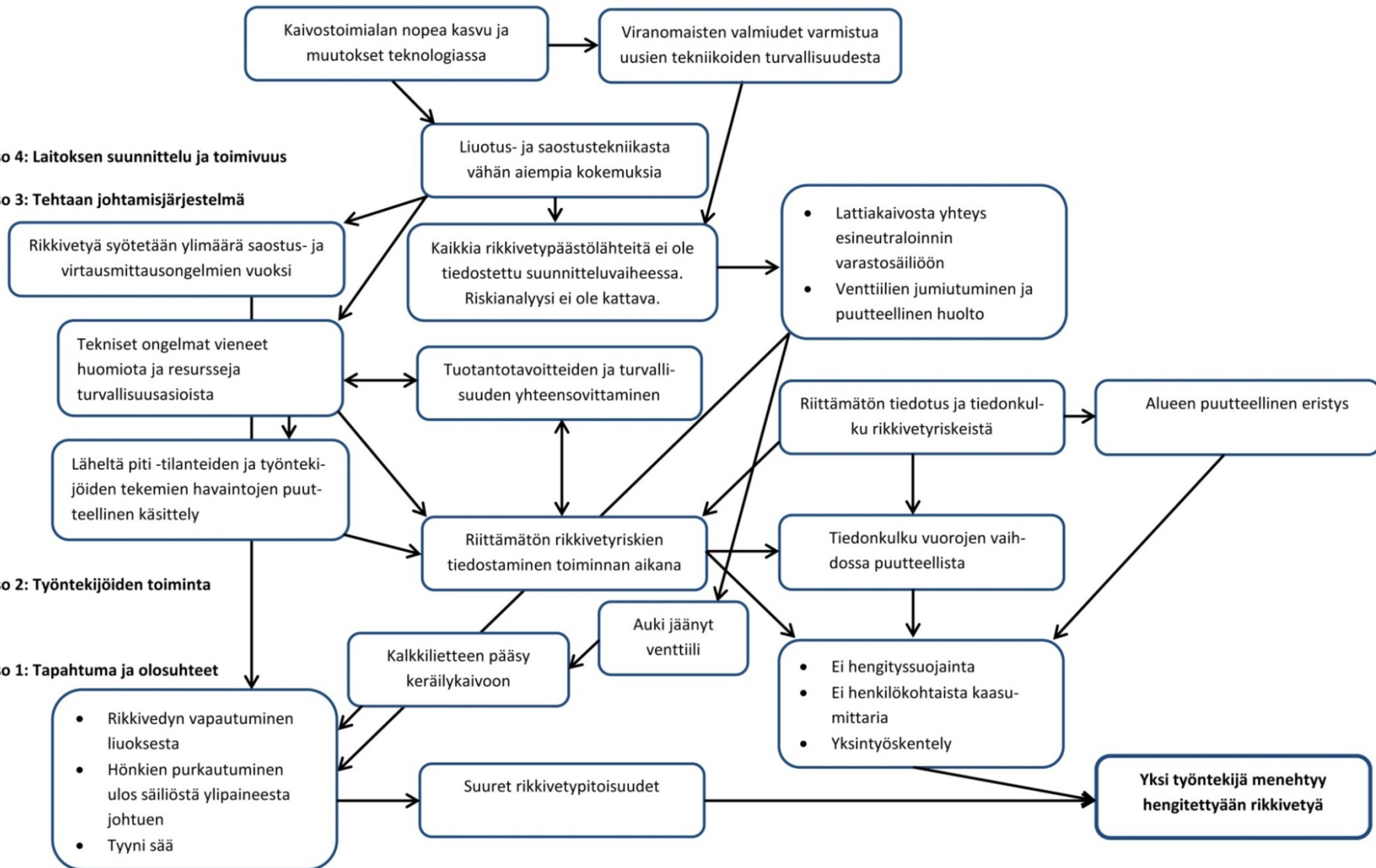
Taso 5: Yhteiskunta, lainsäädäntö, viranomaistoiminta

Taso 4: Laitoksen suunnittelu ja toimivuus

Taso 3: Tehtaan johtamisjärjestelmä

Taso 2: Työntekijöiden toiminta

Taso 1: Tapahtuma ja olosuhteet





HELSINKI PL 66 (Opastinsilta 12 B), 00521 Helsinki

TAMPERE Kalevantie 2, 33100 Tampere

ROVANIEMI Valtakatu 2, 96100 Rovaniemi

VAIHDE 010 6052 000 | www.tukes.fi