



Lotta Niemi

Olkiluodon kemikaaliriskinarvioinnin päivitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

26.9.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Lotta Niemi
Otsikko: Olkiluodon kemikaaliriskinarvioinnin päivitys
Sivumäärä: 33 sivua + 4 liitettä
Aika: 26.9.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine: Ympäristötekniikka
Ohjaajat: Ympäristöpäällikkö Merja Levy
Lehtori Jenni Merjankari

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Teollisuuden Voima Oyj (TVO), joka omistaa Eurajoella sijaitsevan Olkiluodon ydinvoimalaitoksen ja siellä sijaitsevat kolme ydinvoimalaitosyksikköä. Työn tavoitteena oli päivittää ydinvoimalaitoksen kemikaaliriskinarviointi ja siirtää se Granite-riskienhallintajärjestelmään. Tietojärjestelmästä saatava yhteenveto merkittävimmistä mahdollisista kemikaaliriskeistä toimitetaan viranomaisille yhden niistä ollessa Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Riskinarviointi tehtiin aiempien kemikaaliriskinarviointien, turvallisuus selvityksen ja ennaltavarautumissuunnitelman pohjalta. Näiden lisäksi käytettiin TVO:n sisäisiä ohjeita sekä turvallisuushavaintojärjestelmään kirjattuja ympäristövahinkoja ja tapaturmia.

Aiemmassa kemikaaliriskinarvioinnissa kemikaaliasiantuntijat tunnistivat kemikaalien käsittelyyn ja varastointiin liittyvät vaarat käyttäen vaarallisten skenaarioiden analyysiä (HAZSCAN). Samaa menetelmää käytettiin tämän riskinarvioinnin päivityksessä.

Olkiluodon ydinvoimalaitoksen kemikaaliriskeissä ei ollut tapahtunut suuria muutoksia aiempiin kemikaaliriskinarviointeihin verraten. Kaikista 159 arvioidusta riskistä sie-tämättömiä riskejä ei todettu, merkittävien riskien osuus oli 18 % ja loput riskeistä olivat merkittävydeltään kohtalaisia tai vähäisiä. Pahimmiksi mahdollisiksi onnettomuutta aiheuttaviksi kemikaaleiksi arvioitiin natriumhypokloriitti, voiteluöljy, vety, hydratsiini, diesel ja bensiini riskimatriisin kriittisyyden, kemikaalien vaaraominaisuuksien ja kemikaalin käyttömäärien perusteella. Koko Olkiluodon ydinvoimalaitoksen kemikaaliriskit arvioitiin uudelleen, lukuun ottamatta akkuenergiavaraston riskejä. Myös TVO:n osaomistuksessa olevan Posivan kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen riskinarviointia mahdollistavat toimenpiteet toteutettiin siten, että laitoksen kemikaaliriskinarvioinnin aloittaminen on mahdollista.

Avainsanat: vaarallinen kemikaali, kemikaaliriski, riskinarviointi, ympäristöturvallisuus, työturvallisuus

Abstract

Author: Lotta Niemi
Title: Chemical Risk Assessment Revision at Olkiluoto
Number of Pages: 33 pages + 4 appendices
Date: 26 September 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Energy and Environmental Engineering
Professional Major: Environmental Engineering
Supervisors: Merja Levy, Environmental Manager
Jenni Merjankari, Senior Lecturer

This thesis was commissioned by Teollisuuden Voima Oyj (TVO) which owns the Olkiluoto nuclear power plant located in Eurajoki along with its three nuclear reactor units. The objective of this thesis was to update the chemical risk assessment at Olkiluoto nuclear power plant and transfer it to Granite risk management system. A summary of the most significant potential chemical risks obtained from the risk management system is submitted to the authorities, one of them being the Safety and Chemicals Agency (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto). The risk assessment was conducted based on previous chemical risk assessments, safety reports and preparation plans against environmental incidents. In addition to these documents, TVO's internal guidelines were used along with environmental incidents and accidents recorded in the internal safety observation system.

In the previous chemical risk assessment, hazards related to chemical handling and storage were identified by chemical experts using Hazardous Scenarios Analysis (HAZSCAN). The same method was used for this risk assessment update.

There were no significant changes in the chemical risks at the Olkiluoto nuclear power plant compared to previous chemical risk assessments. Out of a total of 159 assessed risks, intolerable risks were not identified. The proportion of significant risks was 18%, and the remaining risks were moderate or low in significance. The chemicals assessed as having the potential to cause the most severe accidents were sodium hypochlorite, turbine lubricating oil, hydrogen, hydrazine, diesel and gasoline, on the basis of the criticality of the risk matrix, chemical hazard characteristics and the quantities of chemical use. Chemical risks for the entire Olkiluoto nuclear power plant were reassessed, except for the risks in the battery energy storage area. Necessary actions were also taken to enable the initiation of the chemical risk assessment for the Posiva encapsulation and final disposal facility partially owned by TVO.

Keywords: hazardous chemical, chemical risk, risk assessment, environmental safety, occupational safety

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Teollisuuden Voima (TVO)	2
2.1	Ydinvoimalaitosyksiköt Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2	2
2.2	Ydinvoimalaitosyksikkö Olkiluoto 3	4
2.3	Posiva Oy	6
2.4	Turvallisuuskulttuuri	6
3	Taustaa	8
3.1	Tarve kemikaaliriskinarvioinnille	8
3.2	Turvallisuus selvitys ja ennaltavaraautumissuunnitelma	10
3.3	Lähtötiedot	11
4	Riskien hallinta	12
5	Vaaralliset kemikaalit	18
5.1	Kemikaaliluetteloiden päivitys	19
5.2	Kansiorakenteen määrittäminen	20
6	Tulokset	21
6.1	Natriumhypokloriittivuoto annostelujärjestelmästä	23
6.2	Öljyvuoto turbiinin nostoöljyypiristä	23
6.3	Vetyvuoto kuljetuksen yhteydessä	24
6.4	Hydratsiinivuoto lattialle	24
6.5	Diesel- tai bensiinivuoto purkupaikalle	25
6.6	Johtopäätökset tuloksista	26
7	Yhteenveto	26
	Lähteet	29

Liitteet

Liite 1: Kemikaaliluettelo

Liite 2: Kemikaalivahinkojen seuraukset ympäristöön ja ihmisiin

Liite 3: Varoitusmerkit ja vaaralausekkeet

Liite 4: Kemikaaliriskinarvioinnin tuloksia

Lyhenteet

ASA-rekisteri:

Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuvien rekisteri.

BWR: *Boiling Water Reactor*. Kiehutusvesireaktorilla varustettu ydinvoimala.

CLP: *Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures*. Europarlamentin ja neuvoston asetus aineiden ja seosten luokituksista, merkinnöistä ja pakkaamisesta.

EMAS: *Eco-Management and Audit Scheme*. Yrityksille ja organisaatioille tarkoitettu vapaaehtoinen ympäristöjärjestelmä.

GHS: *Globally Harmonized System*. Kansainvälinen järjestelmä kemikaalimerkintöjen ja vaaraluokitusten yhtenäistämiseksi.

HSE: *Health, Safety and Environment*. Viitataan yleensä työpaikan terveys-, turvallisuus- ja ympäristökäytäntöihin.

OL1: Olkiluodon ydinvoimalaitoksen yksikkö Olkiluoto 1.

OL2: Ydinvoimalaitosyksikkö Olkiluoto 2.

OL3: Ydinvoimalaitosyksikkö Olkiluoto 3.

PWR: *Pressure Water Reactor*. Painevesireaktorilla varustettu ydinvoimala.

TLTA: Turvallisuusluokitellut tarveaineet

Tukes: Turvallisuus ja kemikaalivirasto

TVO: Teollisuuden Voima Oyj

1 Johdanto

Olkiluodon ydinvoimalaitoksella käytetään ja varastoidaan laajasti erilaisia kemikaaleja, minkä vuoksi voimalaitoksen vaarallisten kemikaalien käyttö luokitellaan laajamittaiseksi. Ihmisten ja ympäristön suojelemiseksi kaikkien laajamittaisesti kemikaaleja käsittelevien laitosten tulee tehdä selvitys käyttämistään vaarallisista kemikaaleista ympäristö- sekä turvallisuusviranomaisille. Olkiluodon ydinvoimalaitoksen kolmannen ydinvoimalaitosyksikön Olkiluoto 3:n käyttöönoton myötä sekä muiden voimalaitoksella tapahtuneiden muutosten takia turvallisuusselvitys tulee päivittää ja toimittaa Turvallisuus- ja kemikaalivirastolle (Tukes), joka toimii Suomessa kemikaalien lupa- ja valvontaviranomaisena. [1.] Turvallisuusselvitykseen liitetään riskinarviointi, jossa otetaan huomioon kemikaaleista johtuvat mahdolliset onnettomuustilanteet Olkiluodon voimalaitoksella. Riskinarvioinnissa tunnistetaan vaaraa aiheuttavat tilanteet laitos- ja henkilöturvallisuuden, terveyden sekä ympäristön kannalta [2.] Kemikaaliriskinarviointi edellytetään turvallisuusselvityksen lisäksi myös ennaltavaraautumissuunnitelman päivittämiseksi ja ympäristöluvan ylläpitämiseksi.

Opinnäytetyön tavoitteena on päivittää Olkiluodon ydinvoimalaitoksen kemikaaliriskinarviointi. Työ tehdään Teollisuuden Voima Oyj:lle (TVO) työ- ja ympäristöturvallisuusorganisaatioon. Työ toteutetaan riskien tarkastelulla yhdessä kemikaalityöryhmän ja kemikaalikäytönvalvojen kanssa. Tavoitteena on päivittää laitoksen kemikaaliluettelo, selvittää suurimmat riskiä aiheuttavat vaaralliset kemikaalit ja päivittää niiden käyttö- ja varastointimäärät. Kemikaaliriskinarviointi kirjataan Granite-tietojärjestelmään, joka on TVO:n käyttämä riskienhallintatyökalu. Erityistä huomioita kiinnitetään terveydelle ja ympäristölle vaarallisiin sekä palo- ja räjähdysvaarallisiin kemikaaleihin, joita varastoidaan laitoksella suurinäköisiä. Työssä ei oteta kantaa säteily- ja ydinturvallisuusriskeihin eikä työkohtaisiin riskeihin, jotka arvioidaan erikseen. Riskinarvioinnissa tutkitaan, aiheuttaako kemikaali tunnetulla altistumistasolla vaaraa työntekijän terveydelle tai ympäristölle, kuinka todennäköinen riski vaaran aiheutumiselle on ja mikä on riskin seurauksen suuruus.

2 Teollisuuden Voima (TVO)

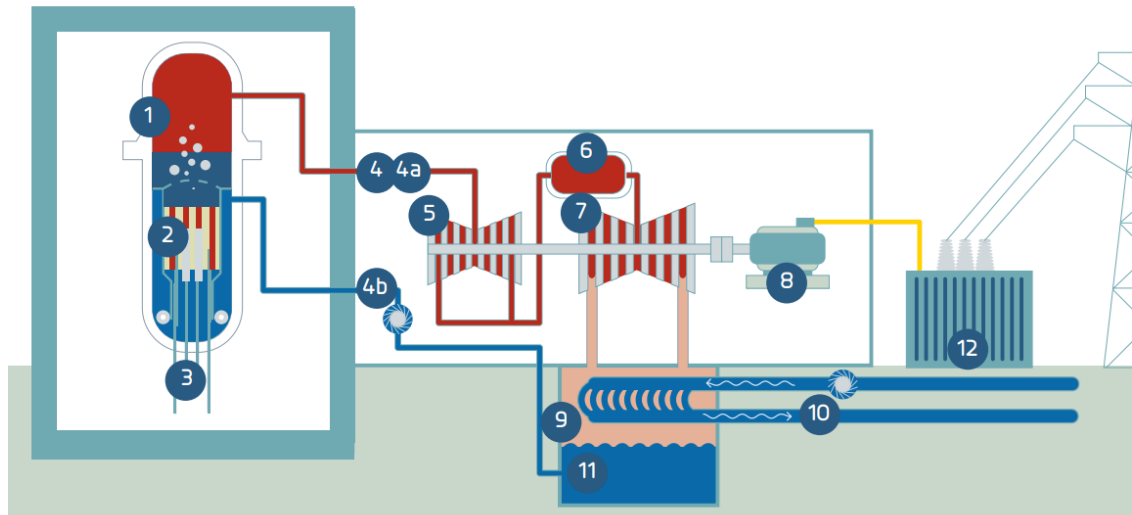
TVO on osakeyhtiö, joka omistaa Eurajoen Olkiluodossa sijaitsevan ydinvoimalaitoksen. Yhtiö on perustettu vuonna 1969, ja sen omistavat suurimman omistajan Pohjolan Voiman lisäksi EPV Energia Oy, Fortum Power and Heat Oy (Fortum), Kemira Oyj ja Oy Mankala Ab. [3.] Olkiluodon ydinvoimalaitoksella toimii kolme ydinvoimalaitosyksikköä, jotka tuottavat lähes 30 % koko Suomen sähköntarpeesta. Ensimmäiset yksiköt Olkiluoto 1 (OL1) ja Olkiluoto 2 (OL2) ovat identtisiä ja alkoivat tuottaa sähköä vastaavasti vuosina 1978 ja 1980. Olkiluoto 3:n (OL3) säännöllinen sähköntuotanto valtakunnan verkkoon alkoi huhtikuussa 2023. [4.] Koko laitoksen yhteenlaskettu sähköntuotanto on noin 27 TWh vuodessa. Laitoksella työskentelee noin 1 000 vakituista työntekijää. [5.]

2.1 Ydinvoimalaitosyksiköt Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2

Olkiluodon ydinvoimalaitosyksiköt OL1 ja OL2 ovat kiehutusvesilaitoksia (BWR Boiling Water Reactor), joissa nimensä mukaisesti vesi kiehuu reaktorissa [4]. Molempien yksiköiden sähkötehoa on nostettu alkuperäisestä 660 MW:sta modernisoinnin ja tehonkorotuksien avulla, yksiköiden nykyisen nettosähkötehon ollessa 890 megawattia laitosyksikköä kohti. Kiehutusvesilaitoksen toiminta (kuva 1) perustuu prosessiveden keittämiseen uraanin hajoamisesta saatavan lämpöenergian avulla. Reaktorisydämessä kiertävä prosessivesi kulkee polttoainienippujen läpi, jolloin se kuumenee ja höyrystyy. Höyry johdetaan primääripiiriä pitkin korkeapaineturbiinille ja tämän jälkeen välitulistimille, jotka tulistavat ja kuivattavat höyryn. Tämän jälkeen höyry johdetaan matalapaineturbiineille, jotka hyödyntävät höyrystä saatavan energian liike-energiaksi. Turbiinit pyörittävät akselille kytkettyä generaattoria, joka muuttaa liike-energian sähköksi. Sähkö johdetaan valtakunnan kantaverkkoon.

Turbiineilta poistuva höyry johdetaan lauhduttimille. Merivesipumput pumpaavat vettä meriveden tulokanavista lauhduttimille, jotka jäädyttävät höyryn takaisin vedeksi. Tämän jälkeen vesi johdetaan lauhduttimista puhdistimien sekä esilämmittimien kautta takaisin reaktoriin. Merivesi johdetaan takaisin mereen.

Prosessivesi ja merivesi eivät ole kosketuksissa toisiinsa, vaan ovat erillisiä järjestelmiä. [6, s. 9–11.]



- | | | |
|-----------------------|---------------------------|-------------------|
| 1. Reaktori | 4b. Syöttövesi reaktoriin | 9. Lauhdutin |
| 2. Sydän | 5. Korkeapaineturbiini | 10. Merivesipiiri |
| 3. Säätosauvat | 6. Välitulistin | 11. Lauhde |
| 4. Primääripiiri | 7. Matalapaineturbiinit | 12. Muuntaja |
| 4a. Höyry turbiinille | 8. Generaattori | |

Kuva 1. Kiehumusvesilaitoksen (BWR) toimintaperiaate [7, s. 11].

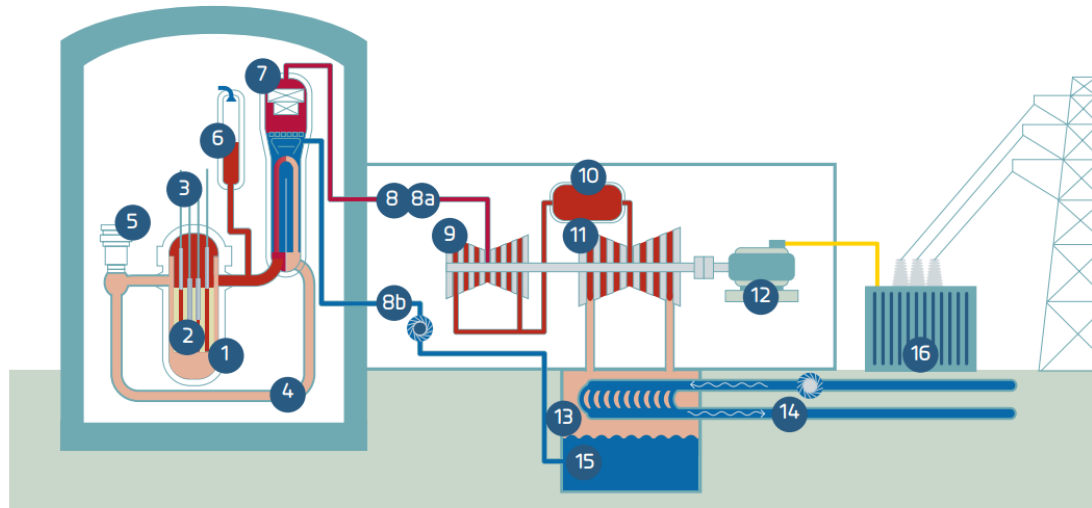
Putkistoissa ja laitteissa käytetään erilaisia kemikaaleja laitteiden optimaalisen toiminnan varmistamiseksi. Kemikaalien käyttötavat tai -määrät eivät ole muuttuneet OL1- ja OL2-laitosyksiköillä viime vuosien aikana. Prosesseissa käytetään liitteen 1 mukaisia vaarallisia kemikaaleja. Liitteen taulukossa 1 on kuvattu kemikaalin luokitus, vaaralausekkeet ja -merkinnät ja lyhyesti kemikaalin käyttötarkoitus. Höyryvesikierrrossa käytetään muun muassa hydratsiinia hapenpoistoon korroosion estämiseksi [8, s. 5]. Lämmönvaihtimiin ja putkistoihin syötetään jaksoittain natriumhypokloriittia kehittyvän biologisen massan torjumiseksi [9]. Hydratsiini ja natriumhypokloriitti ovat ominaisuuksiltaan voimakkaasti ihoa syövyttäviä ja vaarallisia ympäristölle. Laitosyksiköihin kuuluu yhteensä 9 dieselaggregaattia, joita varten laitoksella säilytetään suuria määriä dieselöljyä. Kyseiset polttoainesäiliöt ovat betonisissa suoja-altaissa vuotojen leviämisen estämiseksi. Myös ajoneuvoja varten säilytetään dieseliä ja bensiiniä. Reaktorin

sammuttamisen varmentamiseksi rikastettua booria varastoidaan varmuussäiliössä laitoksen yksiköissä. [5.]

Diesel on syttyvä aine sekä terveydelle ja ympäristölle vaarallista. Lisäksi kaikki käytettävistä vaarallisista kemikaaleista ovat joko terveydelle, ympäristölle tai paloturvallisuudelle haitallisia ja niitä käsitellään kohtuullisen suuria määriä, minkä vuoksi jatkuva riskien arviointi on tarpeen. Riskien arviointi, hallinta sekä kemikaalien käytölle olevat lait ja ohjeet sekä niiden noudattaminen takaavat työ-, palo-, ympäristö- ja laitosturvallisuuden jatkumisen.

2.2 Ydinvoimalaitosyksikkö Olkiluoto 3

OL3-laitosyksikön nettosähkön tuotanto on lähes 1 600 MW, ja se on Suomen sekä pohjoismaisen sähköjärjestelmän suurin voimalaitosyksikkö [10]. Uusi yksikkö on eurooppalainen painevesilaitos (PWR Pressure Water Reactor), jonka primääripiiri on paineistettu paineistimen avulla noin 155 baariin. Tällöin lämpevä prosessivesi ei pääse kiehumään. Ensin prosessivesi kuumenee reaktorissa fissioreaktiossa eli uraanin hajoamisessa syntyvän lämmön avulla (kuva 2). Primääripiirin 300-celsiusasteinen vesi johdetaan lämmönvaihtimille eli höyrystimille. Primääripiirin lämpö keittää sekundääripiirissä kiertävää vettä. Vesi höyrystyy ja kylläinen höyry kulkee sekundääripiirissä korkea- ja matalapaineturbiineille, jotka pyörittävät generaattoria samaan tapaan kuin kiehutusvesilaitoksessa. Turbiinin avulla generaattori tuottaa sähköä, jonka muuntaja muuttaa 20 kV:n jännitteestä valtakunnan verkkoon sopivaksi 400 kV:n tasolle. [6, s. 34; 11.]



- | | | |
|---------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 1. Reaktori | 7. Höyrystin | 11. Matalapaineturbiinit |
| 2. Sydän | 8. Sekundääripiiri | 12. Generaattori |
| 3. Säätösauvat | 8a. Höyry turbiinille | 13. Lauhdutin |
| 4. Primaaripiiri (veden kierto) | 8b. Syöttövesi höyrystimille | 14. Merivesipiiri |
| 5. Pääkiertopumppu | 9. Korkeapaineturbiini | 15. Lauhde |
| 6. Paineistin | 10. Valitulistin | 16. Muuntaja |

Kuva 2. Painevesilaitoksen (PWR) toimintaperiaate [7, s. 11].

OL3:n toiminta ei eroa suuresti vanhemmista yksiköistä kemikaalien käytön osalta. Primaaripiiri pidetään hapettomana vetykaasun avulla ja sen apuprosesseissa käytetään tyypeä estämään hapen liukenemista liuoksiin. Myös generaattorin roottoria jäähdytetään vetykaasulla, joka voidaan korvata argonilla huoltotöiden ajaksi. Painevesireaktorissa käytetään boorihappoliuosta säätöaineena reaktoritehon hallintaan. Mahdollinen altistuminen boorihapolle on vaarallista, sillä aineen on arvioitu heikentävän hedelmällisyyttä ja se voi vaurioittaa raskaana olevan sikiötä. Akkuvarmennetun sähkönsyötön akuissa käytetään vedellä laimennettua rikkihappoa, joka on syövyttävä aine. Kuten OL1:llä ja OL2:lla, myös OL3-yksiköllä on neljä päädieselaggregaattia. Näiden lisäksi on vielä kolme pienempää aggregaattia tuottamaan varavoimaa laitosyksikölle. Runsaat dieselvarastot ovat kriittisiä laitoksen varmennetulle toiminnalle. Tämän lisäksi varavoimana toimivat dieselgeneraattorit kuluttavat dieseliä suuria määriä myös testiajojen aikana. [5; 12; 13.]

2.3 Posiva Oy

Posiva on TVO:n ja Fortumin omistama yhteisyritys, joka vastaa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusratkaisusta. Yhtiön hankkeen tarkoituksena on sijoittaa Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimaloiden käytetty ydinpolttoaine Olkiluodossa sijaitsevaan loppusijoitusluolaan, syvälle kallioperään. Posiva on perustettu vuonna 1995. Valtioneuvosto myönsi rakennusluvan kapselointi- ja loppusijoituslaitokselle vuonna 2015. [14.] Kapselointi- ja loppusijoituslaitokselle jätettiin käyttöluvahakemus vuonna 2021. Loppusijoitustoiminta on tarkoitus aloittaa vuonna 2025. [15.]

Loppusijoituslaitos koostuu maanpäällisestä kapselointilaitoksesta sekä maanalaisesta loppusijoitusluolasta. Loppusijoitusluola eli Onkalo on noin 455 metrin syvyyteen ulottuva tila, joka koostuu tunneleista ja teknisiä tiloista sekä neljästä pystykuilusta henkilökululle, kapselien kuljetukseen ja ilmanvaihdolle. Maan päällä sijaitsevassa kapselointilaitoksessa ydinpolttoaine suljetaan kuparista ja pallografiittiraudasta valmistettuun kapseliin radioaktiivisen säteilyn pysäyttämiseksi. Kapselit loppusijoitetaan Onkalossa sijaitseviin loppusijoitusreikiin, jotka täytetään bentoniitilla. Aine on puristettua savea, joka paisuu joutuessa kosketuksiin veden kanssa, mikä suojelee kapselia. [16.]

Posivan kemikaaliriskit on uudelleenarvioitava, vaikka kemikaalien käyttö ei olekaan laajamittaista. Laitoksella käytettäviä vaarallisia kemikaaleja ovat muun muassa liimat, betonin lisäaineet, sementit sekä ajoneuvojen polttoaineet [17].

2.4 Turvallisuuskulttuuri

Olkiluodon ydinvoimalaitoksella ja käytetyn ydinpolttajätteen loppusijoituslaitoksella turvallisuuskulttuuri on kaiken toiminnan lähtökohta. Turvallisuus näkyy teknisten ratkaisujen lisäksi henkilöstön sitoutumisena koulutusten mukaiseen korkeatasoiseen turvallisuuskulttuuriin ja moraaliin, joka rakentuu jokaisen työntekijän asenteista ja teoista. Hyvä turvallisuuskulttuuri koostuu jokaisen panoksesta oman työnsä laatuun ja työturvallisuuteen sekä tiedostamisesta oman

työnsä vaikutuksista turvallisuuteen. TVO:lla turvallisuus koostuu kemikaali-, palo-, työ- ja ympäristöturvallisuuden lisäksi monesta muusta turvallisuuden osa-alueesta kuvan 3 mukaisesti. [18; 19.]



Kuva 3. TVO:lla turvallisuus kattaa kaikki osa-alueet [19].

Turvalliseen toimintaan kuuluu monia menetelmiä, kuten HU-menetelmät ja PATA-periaate. Ensiksi mainittu tulee sanoista Human Performance, joka koostuu jatkuvasta parantamisesta, oman toiminnan kehittamisestä ja tietoisuudesta sekä ymmärryksestä oikeiden menetelmien käyttöön ydinalalla. Omaa toimintaa kehitetään riskien tunnistamisella ja itsearviointeilla. Tietoisuutta lisätään perus- ja täydennyskoulutuksilla. Myös inhimilliset virheet pyritään estämään tunnistamalla vaaranpaikat ennakkoon, varautumalla niihin, käyttämällä HU-menetelmiä

kaikissa työn vaiheissa sekä ottamalla opiksi kokemuksista ja tapahtumista.

Työtehtävissä käytettäviä HU-menetelmiä ovat

- työn aloituskokous
- varmennettu kommunikointi
- parivarmennus
- riippumaton varmennus
- lopetuskokous.

Aloituskokouksessa käydään läpi työn kokonaisuus ennakoiden ja varmistetaan työntekijöiden riittävä osaaminen. Varmennettu kommunikointi tarkoittaa sitä, että kollega toistaa sanotun asian, millä varmistetaan viestin oikeinymmärrys. Parivarmennuksessa työpari varmistaa työn oikeellisuuden. Riippumattomassa varmennuksessa työn ulkopuolinen asiantuntija varmentaa työn laadun ennen seuraavaa vaihetta. Lopetuskokouksessa käydään työ läpi ja kerätään kokemukset sekä kehitystoimenpiteet ylös. [19.]

PATA-periaate tulee sanoista pysähdy, ajattele, toimi ja arvioi. Tätä periaatetta käytetään kaikissa työtehtävissä. Pysähtymällä, keskittymällä ja tekemällä oman työn varmistusta voi pienentää inhimillisen virheen todennäköisyyttä. Lopuksi arvioidaan tehty työ ja kerrotaan havainnot eteenpäin. [20.] Periaatteet ja menetelmät edistävät TVO:lla hyvää turvallisuuskulttuuria.

3 Taustaa

3.1 Tarve kemikaaliriskinarvioinnille

Työterveyslaitoksen selvityksen mukaan kemikaalien käyttöturvallisuus oli parantunut ja altistuminen keskimäärin lieventynyt työpaikoilla vuosien 1995–2005 aikana. Siitä huolimatta kemikaaleista aiheutuvat ongelmat olivat kasvaneet lisääntyneen kemikaalien käytön myötä. Myös kemiallisten riskien hallintaan vaikuttavat tekijät, kuten palvelujen ulkoistaminen, oli lisännyt tapaturmia. [21, s. 295.]

Kemikaaliriskinarvioinnin päivitys on siis tarpeen monesta syystä. Riskien arviointi näkyy osana turvallisuuskulttuuria ja auttaa suojelemaan työntekijöitä, ympäristöä ja laitoksen ympärillä olevaa asutusta. Kemikaalionnettomuuden sattuessa seuraukset voivat olla vakavia, minkä vuoksi ennaltaehkäisevät toimet onnettomuuksien estämiseksi ovat välttämättömiä. Lait ja säädökset vaarallisten kemikaalien käsittelystä ja varastoinnista pyrkivät estämään onnettomuuksia ja rajoittamaan niiden aiheuttamia seurauksia ympäristölle ja ihmisille [22, s. 3].

Ydinvoimalaitosten toimintaa ohjaavat useat lainsäädännöt, joista työn kannalta keskeisimmät on esitelty seuraavaksi. Vaatimus Tukesin myöntämälle kemikaaliluvulle ja laitosten turvallisuus selvitykselle on asetettu vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta säädettyssä laissa (390/2005), joka vaatii myös sisäisen pelastussuunnitelman laatimisen [23]. Ympäristönsuojelulaki (527/2014) velvoittaa päivitetyn kemikaaliluettelon ympäristöluvan myöntämiseksi ja tarkistamiseksi teollisuuslaitokselle. Lisäksi laki vaatii laitoksen merkittävien kemikaaliriskien tunnistamisen sekä ympäristöriskien arvioinnin. [24, s. 13, 32.] Pelastuslain (379/2011) mukaisesti ydinvoimalaitosten ja turvallisuus selvitystä vaativien laitosten on laadittava myös ulkoinen pelastussuunnitelma, joka toimitetaan palo- ja pelastusviranomaiselle [25]. Olkiluodon pelastussuunnitelmaa päivitetään säännöllisesti. Laki syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuvien luettelosta ja rekisteristä (452/2020) velvoittaa ajantasaisten tietojen ilmoittamisen ASA-rekisteriin. Rekisteriin kerätään tietoja syöpää aiheuttavista aineista, niille altistavista työmenetelmistä sekä altistuneista henkilöistä, jotka TVO ilmoittaa vuosittain Työterveyslaitokselle. [26; 12.]

Voimalaitoksen ympäristöasioiden hallintaa ohjaa lainsäädännön ja lupien lisäksi ISO 14001 -standardi. TVO:n ympäristöjärjestelmä on myös EMAS-rekisteröity (Eco-Management and Audit Scheme), joka on vapaaehtoinen ympäristöjärjestelmä yrityksen ympäristövaikutusten tunnistamiseksi ja vähentämiseksi [27]. Kemikaaliriskien arviointi tehdään näiden sekä muiden ydinvoimalaitosten ja teollisuuslaitosten koskevien lakien, säädösten ja ohjeiden asettamien vaatimusten mukaisesti.

3.2 Turvallisuusselvitys ja ennaltavarautumissuunnitelma

Olkiluodon ydinvoimalaitoksella vaarallisten kemikaalien käyttö luokitellaan laajamittaiseksi valtioneuvoston asetuksen (685/2015) mukaisesti [28]. Tällöin toiminnanharjoittajan tulee laatia turvallisuusselvitys, jossa ilmenee muun muassa toimintaperiaatteet onnettomuuksien ehkäisemiseksi, suuronnettomuuksien ja onnettomuuksien mahdollisuudet toimintaan liittyen ja niiden välttäminen. Lisäksi selvitetään turvallisuus- ja luotettavuustaso suunnittelussa, rakentamisessa, käytössä ja kunnossapidossa. [29, s. 2.]

Ympäristönsuojelulain mukaisesti Olkiluodon ydinvoimalaitoksen on laadittava ennaltavarautumissuunnitelma ympäristöriskien haltuun ottamiseksi, mikä perustuu riskinarviointiin. Lisäksi on varattava varusteita ja harjoiteltava toimia onnettomuustilanteita varten. Ympäristönsuojelulain 15. §:n mukaisesti:

Luvanvaraisen toiminnan harjoittajan on ennakolta varauduttava toimiin onnettomuuksien ja muiden poikkeuksellisten tilanteiden estämiseksi ja niiden terveydelle ja ympäristölle haitallisten seurausten rajoittamiseksi. [30, s. 3.]

Kaikista Suomessa aiheutuvista ympäristöonnettomuuksista yleisimpiä ovat öljyvahingot, jotka kattoivat noin 90 % ympäristövahingoista vuosina 2013–2019. Öljy aiheuttaa ympäristöön päästessään pilaantumista ja turmelee kasvillisuutta ja eläimistöä. [31, s. 3.] Öljyvahinkoja voidaan estää ja lievittää pelastus- ja öljyntorjuntasuunnitelmalla. Myös Olkiluodon ydinvoimalaitoksella yleisin onnettomuuden aiheuttaja turvallisuushavaintojen perusteella on öljy ja sen vuoto pihalle. Suurin osa vuodoista on pieniä ja saadaan kerättyä talteen. Olkiluodossa toimii oma laitospalokunta, joka on varautunut öljyvahinkoihin öljyntorjuntasuunnitelmalla sekä varustautumalla öljynimeytysaineilla ja -tarvikkeilla. Voimalaitoksen palokunta on valmiudessa vuorokauden ympäri.

Olkiluodon voimalaitoksen toiminta on muuttunut laitossyksikkö OL3:n vakiintuneen käytön alettua, uuden akkuenergiavaraston käyttöönoton myötä, hyvin matala-aktiivisen jätteen (HMAJ) maaperäloppusijotustilan suunnittelun myötä

sekä jätevedenpuhdistamon lakkauttamisen takia. Toiminnan muuttuessa riskiarvioinnin päivittäminen on tullut ajankohtaiseksi.

Olkiluodossa sijaitseva akkuenergiavarasto, joka on Euroopan suurimpia varavoimavarastoja, otettiin käyttöön vuonna 2022. Teholtaan varasto on 90 MW, ja se tukee energiajärjestelmää äkillisten tehonmuutoksien varalta. OL3-laitosyksikön mahdollisissa häiriötilanteissa vaikutuksia kantaverkkoon saadaan pienennettyä akkuenergiavarastosta saatavan sähkön avulla. [32.] Akkuenergiavaraston akut sisältävät rikkihappoa, joka on syövyttävää ja sitä kautta onnettomuuden vaaraa aiheuttava aine.

Olkiluodon ydinvoimalaitoksella toimineen jätevedenpuhdistamon on tarkoitus lopettaa toimintansa kesällä 2023 uuden rakennushankkeen myötä. Laitoksen vesihuoltolinjoja uusitaan raakaveden saannin ja vesihuollon toiminnan varmistamiseksi. Saniteettijätevedet tullaan johtamaan Rauman Manapäänniemen jätevedenpuhdistamolle mahdollisimman tehokkaan puhdistuksen varmistamiseksi, jolloin jatkossa vanhaa jätevedenpuhdistamoa ei tarvita. [33.] Jätevedenpuhdistusprosessissa käytetään muun muassa saostuskemikaaleja, jotka ovat haitallisia terveydelle.

Voimalaitoksen kemikaaliluettelo tulee päivittää Tukesille sähköiseen palveluun Kemidigiin, joka on virallinen järjestelmä kemikaalien ilmoitusta varten. Palveluun kirjataan muun muassa kemikaalien käyttö- ja varastointimäärät. Lisäksi tulee selvittää kemikaalit, joiden vaaraluokituksissa on tullut muutoksia ja selvittää muutoksien seuraukset riskinarviointiin.

3.3 Lähtötiedot

Voimalaitosyksikön OL3 sisältävä Olkiluodon ydinvoimalaitoksen kemikaalirisikien arviointi on päivitetty vuonna 2010 yhteistyössä Teknologian tutkimuskeskuksen VTT Oy:n kanssa. Sen jälkeen TVO on päivittänyt riskinarvioinnin vuonna 2016. Tutkimusraportti *Olkiluodon ydinvoimalan kemikaalirisikien päivitys* [2] toimii pohjana uudemmille riskinarvioinneille. Tutkimusraportissa

annettiin toimenpide-ehdotuksia, jotka on toteutettu hyväksytysti määräaikoihin mennessä. Näiden raporttien pohjalta luotava uusi kemikaaliriskinarvioinnin päivitys tehdään tietojärjestelmään, josta saadaan ladattua yhteenveto merkittävimmistä mahdollisista kemikaaliriskeistä. Työssä lähtötietoina käytetään edellistä turvallisuus selvitystä ja ennaltavarautumissuunnitelmaa ympäristöriskien haltuun ottamiseksi. Näiden lisäksi käytetään TVO:n ja Posivan sisäisiä ohjeita sekä laadunhallinnan tietojärjestelmään (Kelpo) kirjattuja ympäristövahinkoja ja tapaturmia sekä turvallisuushavaintoja. Kaikki läheltä piti -tapaukset ja muut puutteet mm. kemikaali- palo-, työ- ja ympäristöturvallisuudessa kirjataan Kelpoon turvallisuushavaintoina.

Vuoden 2010 tutkimusraportissa kemikaaliasiantuntijat tunnistivat kemikaalien käsittelyyn ja varastointiin liittyvät vaarat käyttäen vaarallisten skenaarioiden analyysiä (HAZSCAN). Menetelmä perustuu tarkasteltavan kohteen yksinkertaiseen mallintamiseen ja tarkasteluun osallistuvien henkilöiden ammattitaitoon ja tietämykseen. [2.]

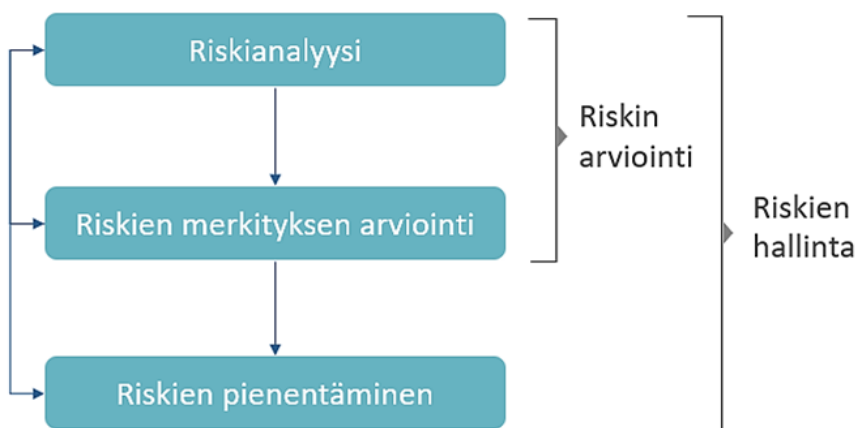
4 Riskien hallinta

Vaarojen tunnistus on osa riskien arviointiprosessia ja jokapäiväistä toimintaa TVO:lla. Tukesin mukaan vaara on mikä tahansa tekijä, joka voi aiheuttaa haitallisia vaikutuksia, esimerkiksi liukastuminen tai kemikaalialtistus [34]. Vaarojen tunnistamisella tiedostetaan työntekijöihin työpaikalla kohdistuvat vaarat, jonka jälkeen ne voidaan poistaa. Jos vaaran poistaminen ei ole mahdollista, se arvioidaan ja luokitellaan tärkeysjärjestykseen merkittävyyden mukaan. Merkittävät vaarat pienennetään aina ennen työn aloitusta. Työn vaaroja tunnistetaan työn suunnitteluvaiheessa sekä jatkuvasti työn ohessa. Vaarojen selvitysvelvoite pohjautuu työterveyslakiin (738/2002). [35, s. 9; 36.]

Sanalla riski voidaan yleisesti tarkoittaa epävarmuuden vaikutusta yrityksen tavoitteisiin. Riskillä tässä työssä tarkoitetaan haitallisen tapahtuman eli vaaran todennäköisyyttä ja seurausta. Olkiluodon ydinvoimalaitokselle toteutettava

kemikaaliriskien arviointi on osa riskien hallintaa ja samalla toimintaa, jolla vaarat ja niistä johtuvat riskit tunnistetaan, arvioidaan ja pienennetään.

Riskianalyysi on ensimmäinen osa riskien hallintaa (kuva 4). Analyysi sisältää riskien raja-arvojen määrittämisen, vaarojen tunnistamisen ja riskin suuruuden arvioinnin. Riskien merkityksen arviointi tarkoittaa toimintaa, jossa arvioidaan riskin hyväksyttävyyttä ja analysoidaan vaihtoehtoja riskin pienentämiseksi. Riskien pienentäminen koostuu päätöksistä ja tarvittavista toimenpiteistä eli hallintakeinoista, joilla riskin suuruutta pienennetään. Lopuksi riskin hallintaketjuun kuuluvat hallintakeinojen täytäntöönpano ja riskin seuranta. [37, s. 6.]



Kuva 4. Riskien hallinnan osa-alueet [37, s. 6].

TVO:n kaikissa organisaatioyksiköissä tehdään säännöllisesti HSE-riskien (Health, Safety and Environment) eli työterveyden ja -turvallisuuden sekä ympäristön riskien arviointia ja HSE-kierroksia konsernin ohjeistuksen mukaisesti. TVO:lla riskien arviointiin käytetään Granite-tietojärjestelmää, johon havaitut riskit kirjataan. Järjestelmä on riskienhallintatyökalu, jonka avulla riskit on helppo tunnistaa, arvioida ja raportoida eteenpäin viranomaisille [38]. Kemikaaliriskinarviointi tehdään Granite-tietojärjestelmään, jossa riskien tarkastelu ja

päivittäminen on sujuvaa. Graniten lisäksi turvallisuushavaintoja kirjataan yrityksen omiin tietojärjestelmiin ja ratkotaan niiden avulla.

Riskin toteutumistodennäköisyyden määrittämiseksi on erilaisia asteikkoja.

Tässä työssä käytetään Granite-tietojärjestelmän viisitasoista asteikkoa, jolloin riskin todennäköisyys arvioidaan yhdestä viiteen, yksi ollen pienin ja viisi suurin todennäköisyys riskin tapahtumiselle. Todennäköisyysasteikko on kuvattu seuraavasti:

1 = Riski on erittäin epätodennäköinen, teoreettisesti mahdollinen, mutta ei tiedetä tapahtuneen (<5 %).

2 = Riski on epätodennäköinen, on tapahtunut joskus muualla, mutta ei meillä (5–20 %).

3 = Riski on mahdollinen tai vaikea arvioida, on tapahtunut joskus meillä tai muualla (21–50 %).

4 = Riski on todennäköinen, on tapahtunut usein tai on ollut useita "läheltä piti" -tilanteita (51–75 %).

5 = Riski on erittäin todennäköinen, lähes varma (>75 %).

Suluissa on riskin prosentuaalinen todennäköisyys.

Seurauksia voidaan tarkastella ympäristö ja henkilöturvallisuuden kannalta.

Työssä käytetään apuna luotua taulukkoa 1 liitteessä 2, jossa yhdistyvät vesistöön, maaperään, viemäriin ja ilmaan päätyvät ympäristövahingot sekä henkilövahingot ja niiden vakavuus. Työssä arvioitiin riskin seuraus eli vakavuus asteikolla 1–5. Tällä asteikolla riskin tapahtumisen seuraus voi olla

1 = alhainen

2 = haitallinen

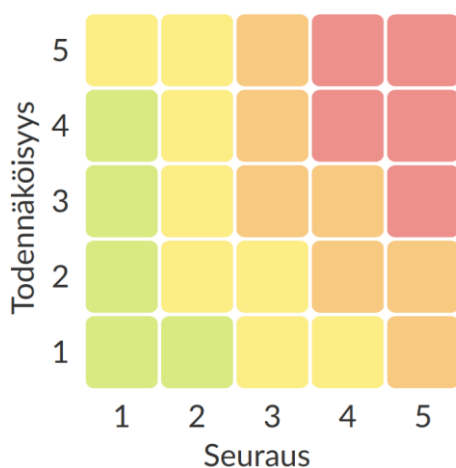
3 = huomattava

4 = vakava

5 = kriittinen.

Kun riskin todennäköisyys ja seuraus on määritetty, voidaan riskeistä luoda riskimatriisi. Matriisi helpottaa riskien merkityksen arviointia ja niiden välistä vertailua. Näin hallintakeinot osataan asettaa oikeille riskeille. Matriisin väri indikoi, miten riskiä tulee käsitellä. Matriisissa merkittävimmät riskit sijoittuvat punaiselle

alueelle kuvan 5 mukaisesti, suuren seurauksen ja todennäköisyyden perusteella. Punainen väri kuvaa sietämätöntä riskiä, jota ei voida ottaa ennen kuin pienentävät toimenpiteet on suoritettu. Oranssi kuvaa merkittävää riskiä, jonka ottamiseksi on määritettävä toimenpiteitä. Keltainen on kohtalainen riski, jonka ottamiseksi toimenpiteitä on harkittava. Vihreän alueen riskit ovat vähäisiä ja voidaan yleensä ottaa sellaisenaan, riippuen riskin luonteesta. [39.]



Kuva 5. Riskimatriisi [39].

Riskin suuruutta ja sijaintia matriisissa voidaan kuvata kaavalla 1, jossa riskitaso on todennäköisyyden ja seurauksen kertolasku. Valitussa matriisissa riskitason suuruus voi vaihdella yhdestä kahteenkymmeneenviiteen.

$$\text{Riskitaso} = \text{Todennäköisyys} \times \text{Seuraus} \quad (1)$$

Vaikka eri riskien riskitaso olisi samansuuruinen, ovat seuraukseltaan vakavammat riskit merkittävämpiä. Esimerkiksi riski, jonka todennäköisyys on 1 ja seuraus 5, on merkittävämpi kuin riski, jonka todennäköisyys on 5 ja seuraus 1. Tämän takia riskien sijoittaminen matriisiin on tarpeellista ja auttaa hahmottamaan eri riskien merkittävyyttä. Työssä analysoidaan jäännösriski ja käytetään jäännösriskimatriisia, joka kuvaa jäljelle jäävää riskiä ja sen seurausta, kun riskiä ei voida kokonaan poistaa.

Granite-tietojärjestelmä sijoittaa riskit automaattisesti riskimatriisiin riskianalyysin perusteella. Työssä käytetään tietojärjestelmässä olevaa kategoriata, jossa riskin lähteet ovat ulkoisia tekijöitä tai vahinkoja. Tässä kategoriassa riskin lähteenä voi olla mm. henkilöturvallisuus, toimintaympäristön turvallisuus, ympäristövahinko tai paloturvallisuus. Henkilöturvallisuus sisältää työterveyteen ja -turvallisuuteen vaikuttavat riskit, kuten kemikaalille altistumisen. Toimintaympäristön turvallisuus käsittää odottamattomat riskit toimintaympäristössä ja toimitilojen tuhoutumisen esim. luonnonilmiöiden, räjähdysten tai vesivahingon takia. Myös koneiden, laitteiden ja kulkuneuvojen toimintahäiriöt tai äkillinen rikkoutuminen vaikuttavat toimintaympäristön turvallisuuteen. Ympäristövahinko on päästö tai vahinko ympäristöön esim. öljy- tai muu kemikaalivuoto luontoon. Paloturvallisuuteen vaikuttavat mm. helposti syttyvien kemikaalien vuodot, palokuorman eli palavan materiaalin määrä, hitsaus- ja muut tulityöt sekä erilaisten komponenttien varastointitilaatu. [39.]

Jokaiselle riskille arvioidaan hallintakeino eli toimenpide riskin poistamiseksi tai pienentämiseksi. Hallintakeino on esimerkiksi kemikaalialueen alle asetettava suoja-allas, joka estää kemikaalin pääsyn sisätiloissa lattialle, piha-alueelle tai maaperään. Toinen yleisesti käytettävä toipumistoimenpide on vuodontorjuntamateriaalin käyttö, jolla saadaan vuotanut öljy tai muu kemikaali kerättyä talteen ja estettyä vuodon leviäminen. Myös oma palokunta, hätäsuihkut ja suojavaarusteet ovat toipumiskeinoja, joilla hallitaan riskien seurausten vakavuutta. Tehokkain keino riskin hallitsemiseen on kuitenkin riskin poistaminen kokonaan. Tämä tarkoittaa työtavan muutosta, esimerkiksi kemikaalin käytöstä poistoa tai laitteen vaihtamista toiseen. Monesti tämä tehokkain hallintakeino ei ole mahdollinen vaihtoehto. Toiseksi tehokkain hallintakeino on vaaraa aiheuttavan aineen tai kemikaalin korvaaminen jollain vähemmän haittaa-aiheuttavalla aineella. Sen jälkeen tehokkain toimenpide on tekninen, esimerkiksi säiliön suoja-altaan hankinta tai roiskesuojan rakentaminen laitteen ympärille. Vähemmän tehokkaita keinoja ovat hallinnolliset keinot, esimerkiksi laitteen ympäristön eristäminen roiskevaaran osalta. Viimeisenä keinona ovat henkilösuojaimet, joita joudutaan käyttämään usein, vaikka se on hallintakeinoista vähiten tehokas, sillä se ei poista tai pienennä vaaran olemassaoloa. Henkilösuojaimia, kuten

silmäsuojaimia, suojakäsineitä ja suojavaatetusta, käytetään aina kemikaaleja käsitellessä. [38.]

TVO:n ja VTT:n vuoden 2010 tutkimusraportissa *Olkiluodon ydinvoimalan kemikaaliriskien päivitys* kemikaaliriskit tunnistettiin käyttämällä vaarallisten skenaarioiden analyysiä nimeltä HAZSCAN, joka perustuu kemikaaleja käyttävän kohteen yksinkertaiseen mallintamiseen ja tarkasteluun käyttäen kemikaalityöryhmän pitkän kokemuksen kautta saatua ammattitaitoa ja tietämystä laitoksella. Analyysi kattaa mm. laitoksella käytettävät aineet, laitteet ja niihin liittyvät toiminnot ja ilmiöt sekä prosessiin liittyvät tilanteet mallintamalla ne aktiivi- ja prosessimallein. Tutkimusraportissa tarkasteltavat alueet käytiin läpi ja vastattiin seuraaviin kysymyksiin:

- Voiko tällä alueella/laitteella/raaka-aineella esiintyä (kemikaaleihin liittyviä) vakavia onnettomuuksia?
- Voiko laitteessa oleva ainemäärä missään oloissa aiheuttaa vakavaa onnettomuutta?
- Voivatko laitteet vikaantua niin, että siitä aiheutuu vaaraa?
- Voiko ihminen toimia väärin esimerkiksi virheellisen informaation, puutteellisen koulutuksen tai puutteellisten ohjeiden takia ja voiko tästä aiheutua vaaraa?
- Voiko jokin turvajärjestelmä vikaantua tai olla poissa käytöstä niin, että siitä aiheutuu vaaraa?
- Voiko laitteiston paine tai lämpötila nousta niin, että seurauksena on vuoto tai muu vaara?
- Voiko jokin ulkopuolinen tekijä esimerkiksi sääolosuhteet, ulkopuolinen tulipalo, asiattomat henkilöt tai vastaavat aiheuttaa vaaraa?
- Mitkä ovat näiden tapahtumien seuraukset henkilövahinkoina, laitevahinkoina tai ympäristövahinkoina?

Tutkimusraporttiin kirjattiin tarkastelussa selvinneet vaaratilanteet ja niiden syyt, mahdolliset seuraukset ja niihin varautuminen eli hallintakeinot. Raportissa arvioitiin nykyisen ja suunnitellun varautumisen riittävyyttä sekä kehitettiin toimenpide-ehdotuksia vaarojen ja seurausten rajoittamiseksi. [2.] Päivitetty kemikaaliriskinarvio perustuu tämän tutkimusraportin riskianalyysiin.

5 Vaaralliset kemikaalit

Vaaralliset kemikaalit voivat aiheuttaa vaaraa työntekijöiden terveydelle tai ympäristölle fysikaaliskemiallisten, kemiallisten tai toksikologisten ominaisuuksiensa takia [40]. Vaaralliseksi kemikaaliksi luokitellaan tekijät, jotka ovat lueteltu CLP-asetuksessa (Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures) terveys- tai ympäristövaarallisiksi tai fysikaalisesti vaarallisiksi kemikaaleiksi. CLP on Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus aineiden ja seosten luokituksesta, merkinnöistä ja pakkaamisesta (EY) N:o 1272/2008, jonka tarkoituksena on vaarallisia aineita koskevien säännösten yhdenmukaistaminen. [41.]

Terveydelle vaaraa aiheuttavia kemikaaleja ovat mm. myrkylliset, ihoa ärsyttävät, syöpää aiheuttavat, syövyttävät ja perimää vaurioittavat kemikaalit. Ympäristölle haitallisia kemikaaleja ovat mm. polttoaineet, liuottimet ja muut hitaasti luonnossa hajoavat aineet. Fysikaalisia vaaraluokkia ovat mm. räjähteet, syttyvät kaasut, aerosolit, hapettavat aineet, paineenalaiset kaasut ja syttyvät aineet. Näiden lisäksi on päätetty vaaraluokkia, joihin kuuluvat ihmisen hormonitoimintaa häiritsevät aineet ja hitaasti hajoavat ympäristöön kertyvät aineet ja seokset. Tarkemmat kuvaukset löytyvät Tukesin sivuilta. [42.]

Tämän riskinarvioinnin pohjana toimivat laitoksen kemikaaliluettelot, jotka löytyvät TVO:n sähköisistä palveluista. Kaikki laitoksella käytetyt kemikaalit tulee löytää TLTA-hyväksytyjen kemikaalien listalta ja Eco-online-palvelusta. TLTA eli turvallisuusluokitellut tarveaineet on järjestelmä, jonka mukaisesti kaikki turvallisuusluokitelluissa järjestelmissä käytettävät aineet luokitellaan, hyväksytetään, varastoidaan ja käsitellään. Näin prosesseissa ja järjestelmissä käytettävien aineiden käyttö on turvallista ja hallittua. Eco-online on palvelu, johon kirjataan kemikaalien tiedot, kuten käyttöturvallisuustiedote, käyttöpaikka ja tarvittaessa muita tietoja. Näiden järjestelmien pohjalta kemikaaliluettelo päivitetään Kemi-digi-palveluun, joka on viranomaisten seuraama järjestelmä kemikaalien ilmoittamista varten. Käyttöturvallisuustiedotteessa on tietoa kemikaalin ominaisuuksista, riskeistä ja turvallisesta käytöstä, ja sen tulee olla helposti työntekijöiden

saatavilla. Käyttöturvallisuustiedotteen saa kemikaalin toimittajalta tuotetta tilatessa tai tiedotteen sisällön muuttuessa. [43.]

Kemikaalilistan ja käyttöturvallisuustiedotteiden lisäksi Kemidigiin tulee liittää kemikaalien käyttömäärät ja varastoitavat enimmäismäärät sekä käytettävien kemikaalien nimen tarkenne, YK-numero, vaaralausekkeet ja -merkinnät, huomioita sisältävät ainesosat, kemikaalin käyttösijainti sekä varastointitapa [44]. YK-numerolla tunnistetaan kemikaalit ja vaaralliset aineet, jotka ovat vaaraominaisuuksiltaan samankaltaisia.

Vaaralausekkeet ja -merkinnät ovat välttämättömiä kemikaalien käyttöön ja säilytykseen tarvittavia tietoja, jotka kertovat nopeasti kemikaalin vaaran luonteesta. Merkintöjen käytöstä on säädetty CLP-asetuksessa. Esimerkiksi *H220 - erittäin helposti syttyvä kaasu* on vaaralauseke, joka tulee merkitä helposti syttyvien kaasujen, kuten asetyleenin, pakkaustarraan ja käyttöturvallisuustiedotteeseen.

Näiden lisäksi luettelo on merkittävä GHS-järjestelmän (Globally Harmonized System) mukaiset merkinnät. CLP-asetus perustuu GHS-järjestelmään, jonka tarkoitus on yhtenäistää maailman kemikaalimerkinnät ja luokitukset ja siten helpottaa kansainvälistä kemikaalien kuljetus- ja markkinaturvallisuutta. GHS vaaramerkintöjä on 9 kappaletta, ja ne on esitetty liitteessä 3. [45; 46.]

5.1 Kemikaaliluetteloiden päivitys

Laitoksella käytettävien kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteet katsottiin läpi vanhentuneiden tietojen varalta sekä tarkastettiin muuttuneiden vaaraluokitusten määrää. Yhden kemikaalin, boorihappoliuoksen, vaaraluokitus oli muuttunut aiemmasta luokituksesta. Aikaisemmin on epäilty boorihapon vaurioittavan sikiötä. Nykyisin luokitus on H360FD eli on todettu, että aine saattaa heikentää hedelmällisyyttä ja voi vaurioittaa sikiötä. [47.] Vaaraluokituksen muutos ei vaikuttanut riskinarviointiin, sillä boorihapon aiheuttamat riskit on kartoitettu vaadittavalla vakavuudella aiemmin.

Kemikaaliluetteloita tutkiessa luetteloiden ajantasaisuudessa huomattiin puutteita, sillä kaikkia TLTA-hyväksytyjä kemikaaleja ei löytynyt Eco-onlinesta. Kemikaalin käyttöturvallisuustiedotteen löytämiseksi kemikaalin tulee olla Eco-onlinessa. Asiasta tehtiin toimenpide-ehdotus listojen päivittämisestä jatkoa varten ja suunnattiin se asianomaisille.

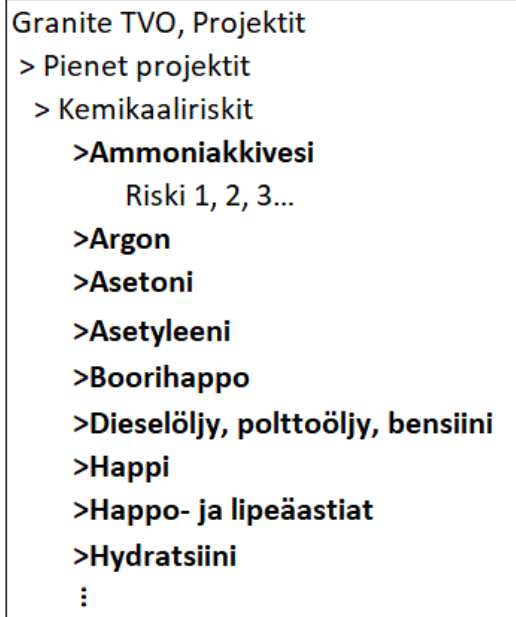
Kemidigiin päivitettävään kemikaaliluetteloon tarvittavista merkinnöistä luotiin malli, joka on liitteenä 1. Malli sisältää kemikaalien vaaraluokituksen, -lausekkeet ja -merkinnät ja kemikaalin käyttötarkoituksen. Muut tiedot, kuten kemikaalien määrät tulee päivittää ajantasaisten tietojen mukaan viranomaisille.

Työssä selvitettiin, että laitoksen käyttöön ei ole tullut uusia kemikaaleja edellisen riskiarvioinnin valmistumisen jälkeen. Prosesseissa käytetään edelleen samoja kemikaaleja, joita on käytetty OL1- ja OL2-yksiköiden eliniän. Myös OL3:n suunnitteluvaiheessa arvioituihin kemikaaleihin ei ole tullut muutoksia. OL3:n osalta selvisi, että muun muassa hydratsiin ja dieselin käyttömäärät olivat kasvaneet arvioiduista määristä. Päivitetyt kemikaalimäärät tulee ilmoittaa Kemidigiin viranomaisille nähtäväksi ja laadukkaan riskinarvioinnin viimeistelemiseksi.

5.2 Kansiorakenteen määrittäminen

Riskinarvioinnin kansiorakenne tuli määrittää Granite-tietojärjestelmää varten. Aiempi arviointi oli tehty kemikaalin käyttöalueen mukaan. Kansiorakenteesta tehtiin erilaisia vaihtoehtoja, joista päädyttiin yksinkertaiseen kansiorakenteeseen esitettynä kuvassa 6. Rakenne jakautuu eri kemikaalien mukaan, joiden alla on kemikaaliin kohdistuvat riskit. Aiempien riskinarviointien perusteella määritettiin laitoksella olevan 25 erilaista riskiä aiheuttavaa vaarallista kemikaalia. Kansiossa olevien kemikaalien alla olevat riskit kohdistettiin laitoksen käyttöpaikkojen mukaan löydettävyyden helpottamiseksi.

Granitessa huomattiin muutamia heikkouksia tämän kaltaisen riskiarvioinnin tekoon sen hierarkkisten järjestelmäoikeuksien vuoksi sekä hitaan kansioiden välillä liikkumisen takia. Asiasta tehtiin kehitysehdotus, jota viedään eteenpäin.



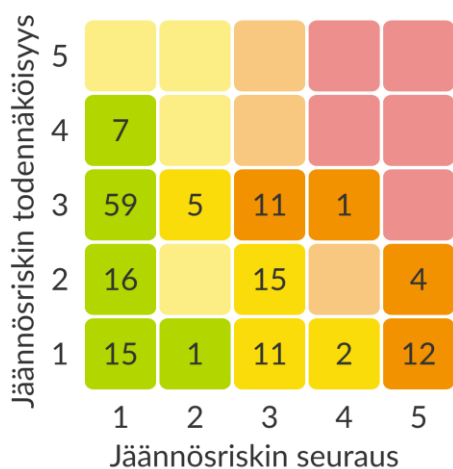
Kuva 6. Granite-tietojärjestelmään tehty kemikaaliriskiarvioinnin kansiorakenne.

OL1- ja OL2-yksiköitä koskevat riskit arvioitiin ja kirjattiin tietojärjestelmään kemikaalien mukaan ja käytiin läpi aiemmat toimenpide-ehdotukset. OL3:a koskevat riskit käytiin läpi tarkastellen, lisättiin jokaiseen riskiin tarvittavat hallintakeinot ja käytiin läpi 2016 vuoden riskinarvioinnin toimenpide-ehdotukset. Kaikki tarvittavat toimenpiteet oli toteutettu hyväksytysti ja ajallaan OL1- ja OL2-yksiköillä sekä samoin OL3-yksiköllä sen käyttöönoton aikana.

6 Tulokset

Jäännösriskimatriisi muodostui kaikista arvioiduista kemikaaliriskeistä, joita oli yhteensä 159 kappaletta. Matriisi kuvaa riskien jakautumista niiden kriittisyyden perusteella. Kuvan 7 neliöiden sisällä olevat numerot kuvaavat, kuinka monta riskiä on arvioitu kyseisellä todennäköisyys-seuraussuhteella. Kuvan mukaisesti punaisella alueella olevia sietämättömiä riskejä ei todettu. Merkittäviä riskejä, jotka sijoittuvat oranssille, alueelle todettiin 28 kappaletta. Loput riskeistä olivat kohtalaisia tai vähäisiä, suurimman osan, 98 kappaletta, ollessa vähäisiä riskejä. Jäännösriskimatriisissa riskitaso on määritetty toimenpiteiden arvioinnin ja

toimeenpanon jälkeen. Myös vähäisille ja kohtalaisille riskeille on määritetty erilaisia riskiä ja onnettomuutta vähentäviä keinoja.



Kuva 7. Kemikaaliriskinarvioinnin lopullinen jännösriskimatriisi.

Granite-tietojärjestelmä luo yhteenvetoraportin vakavimmista riskeistä ja niiden hallintakeinoista, joka toimitetaan viranomaisille. Liitteenä 4 oleva taulukko 1 mukailee Granitesta saatavaa raporttia ja on yhteenveto pahimmista mahdollisista kemikaaliriskeistä ja niiden hallintakeinoista sekä jännösriskitasoista. Pahimmaksi mahdolliseksi onnettomuutta aiheuttavaksi kemikaaliksi arvioitiin natriumhypokloriitti, jonka riskitapahtumasta aiheutuva jännösriski on 12. Toiseksi merkittävimpiä ovat voiteluöljyn tai vedyn syttymisestä tapahtuva onnettomuus, joiden jännösriski on 10. Näiden lisäksi hydratsiini ja dieselöljy ovat monien vaaraominaisuuksiensa ja käyttömääriensä vuoksi yksiä merkittävimmistä onnettomuutta aiheuttavista kemikaaleista. Muita merkittäviä kemikaaliriskejä voivat aiheuttaa bensiini, ammoniakkivesi, asetyleeni, natriumhydroksidi sekä rikkihappo riskimatriisin merkittävyyden perusteella. Seuraavaksi on kuvattu tarkemmin viisi pahinta mahdollista onnettomuutta aiheuttavaa kemikaaliriskeä ja niiden hallintakeinot.

6.1 Natriumhypokloriittivuoto annostelujärjestelmästä

Seurauksiltaan erittäin merkittäväksi riskiksi arvioitiin tapahtuma, jossa natriumhypokloriittia vuotaa lattialle pumpatessa liuosta kuljetusastiasta annostelusäiliöön. Tällöin pumpun letkun irtoaminen annostelusäiliöstä voi aiheuttaa hypokloriitin roiskeita työntekijän päälle. Lattialle valunut liuos virtaa viemäriin, joka on johdettu laitoksen jätevedenpuhdistamolle. Suuri hypokloriittipäästö voi aiheuttaa häiriöitä puhdistamon toimintaan.

Natriumhypokloriittia käytetään merivesijärjestelmässä runkopolyypin torjuntaan. Ominaisuuksiltaan natriumhypokloriitti on voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa sekä erittäin myrkyllistä vesieliöille. Laitoksella käytetään vahvuudeltaan 15 prosenttista liuosta, joka laimenee nopeasti merivesijärjestelmässä haitattomaan muotoon.

Riskin hallintakeinoina tynnyripumppu ja siirtoletku on tuettu niin, että letku pysyy luotettavasti annostelusäiliössä pumppauksen ajan. Säiliöt ovat suoja-altaissa, jolloin valunut liuos saadaan talteen. Henkilökunnalla on henkilökohtaiset suojaimeet, kuten suojalasit, suojavaatetus ja suojakäsineet, jotka vähentävät roiskeille altistumista. Alueella on silmähuuhdepulloja roiskeiden varalta. Rakenne on viemäroity jätevedenpuhdistamolle. Tilanteesta, jossa suuri määrä hypokloriittia joutuisi viemäriin, on laadittu toimintaohjeet.

6.2 Öljyvuoto turbiinin nostoöljypiiristä

Toiseksi merkittävimmäksi onnettomuutta aiheuttavaksi riskiksi arvioitiin öljyvuoto turbiinin voiteluöljykierrosta tai akselin nostoöljypiiristä. Voiteluöljy voi syttyä kuumista höyryputkista. Lisäksi paineistettu vuoto voi olla sumumainen, jolloin se on herkemmin syttyvää. Öljypalon lisäksi vuotavaa voiteluöljyä voi kulkeutua viemäriin.

Hallintakeinoina riskiin on varauduttu monin keinoin. Voiteluöljysäiliön huonetila ja öljyputkikanava on suojattu automaattisella sprinklerijärjestelmällä.

Öljysäiliössä on pintavahdit, jotka hälyttävät pinnan laskiessa, jos öljyä alkaa vuotamaan säiliöstä. Tilassa on paloilmamaisimet ja alkusammuttimia tulipalon varalta. Öljykierrossa on palosulkuventtiileitä, joten osa voiteluöljykierrosta voidaan sulkea erilleen. Viemäri, johon öljyvuoto kulkeutuisi, on varustettu öljynerotusjärjestelmällä. Laitospalokunta on varautunut öljyvuotoihin ja sammuusvesien käsittelyyn on tehty öljyntorjuntasuunnitelma.

6.3 Vetyvuoto kuljetuksen yhteydessä

Vetyä käytetään OL3-yksikön primääripiirissä hapettomien olosuhteiden luomiseksi sekä generaattorin roottorin jäähdyttämiseksi. Vedylle altistuminen ei sellaisenaan aiheuta henkilövahinkoja, eikä sitä ole luokiteltu terveydelle vaaralliseksi kemikaaliksi. Se on kuitenkin herkästi syttyvä ja räjähtävä aine. Riskinä on, että kaasupulloja tuova auto törmää alueen rakenteisiin tai toiseen ajoneuvoon, jolloin kaasupullojen liitokset tai venttiilit voivat vaurioitua. Vetypullon vaurioituessa vetyä pääsee vuotamaan ilmaan, jolloin myös vuodon syttyminen on todennäköistä. Vuoto palaa pistoliekkinä, joka voi kuumentaa ympärillä olevia kaasupulloja, jolloin niiden paine nousee. Paineen noustessa tarpeeksi kaasupullo voi revetä ja aiheuttaa vahinkoa toisiin pulloihin lisäten vetyvuotoja.

Riskiin on varauduttu tuontiluvalla, joka tarvitaan kuorman tuomiseksi alueelle. Lisäksi laitoksen ympäröivällä alueella on tarkat kulkureitit ja nopeusrajoitukset. Kaasuja tuovien autojen kuljettajilta vaaditaan ADR-pätevyys, joka antaa vaarallisten aineiden kuljetukseen vaadittavan asiantuntemuksen [48]. Ajoturvallisuudesta huolehditaan myös teiden kunnossapidolla, aurauksella ja hiekoituksella. Vedyn ja hapen kontit on sijoitettu erilleen toisistaan, sillä happi voi kiihdyttää tulipaloa.

6.4 Hydratsiinivuoto lattialle

Hydratsiinia käytetään korroosion estämiseksi laitoksen höyryvesikierrossa. Laitoksella käytettävä hydratsiiniliuos on 15 prosenttista, eikä laimennettuna altista niin suurelle vaaralle. Hydratsiini on joka tapauksessa erittäin haitallista

terveydelle ja ympäristölle. Ominaisuuksiltaan se on ihoa syövyttävää ja saattaa aiheuttaa syöpää, minkä vuoksi aineen altistumistilanteesta ilmoitetaan vuosittain ASA-rekisteriin. Lisäksi hydratsiini on erittäin myrkyllistä vesieliöille, aiheuttaen pitkäaikaisia haittavaikutuksia. Kaikki hydratsiinin vaaraominaisuudet on kuvattu liitteessä 1.

Merkittävä kemikaaliriski laitoksella on hydratsiinikontin vaurioitumisesta tai anostelulaitteesta aiheutuva vuoto lattialle. Vuodosta haihtuva hydratsiini on vaarallista hengitettynä, joten tila joudutaan evakuoimaan ja eristämään. Työskentely on mahdollista vain asianomaisten suojarusteiden kanssa.

Vuodon hallinta on varmistettu säilyttämällä hydratsiinisäiliöitä erillisessä ilmastoidussa suojahuoneessa. Käytössä on myös erillisiä suoja-altaita. Hydratsiinivuoto valuu vuotojenkeräilyjärjestelmään, jossa se saadaan muutettua vaarattomaan muotoon. Pelastustoimella on käytössä kemikaalisuojapuvut ja paineilmlaitteet sekä hydratsiinin imeytysainetta kemikaalin talteenottoon.

6.5 Diesel- tai bensiinivuoto purkupaikalle

Olkiluodon ydinvoimalaitoksella dieselin kokonaismäärä on laitoksella varastoitavista kemikaalimääristä suurin. Mitä enemmän palavaa ainetta varastoidaan, sitä suurempia seurauksia mahdollinen onnettomuus voi aiheuttaa. Ominaisuuksiltaan dieselöljy on haitallista terveydelle varsinkin toistuvassa altistuksessa. Diesel ja bensiini ovat syttyviä nesteinä ja höyrynä, mikä altistaa suurelle palo-onnettomuuden riskille. [49.] Öljyt sisältävät liukenevia myrkyllisiä yhdisteitä, jotka ovat erittäin haitallisia vesieliöille ja kasvillisuudelle.

Merkittäviksi riskeiksi arvioitiin bensiini- tai dieselvuoto jakelutilanteessa purkupaikalle, sillä se aiheuttaa suuren paloriskin. Moottoribensiiniä tai dieselöljyä voi vuotaa jakelusäiliöiden täytön yhteydessä letkun irrotessa tai rikkoutuessa tai säiliön täytyessä yli tilavuutensa. Tällöin vuoto valuu purkupaikan laatalle ja edelleen öljynerotuskaivon kautta viemäriin. Jos bensiinivuoto syttyy, palo voi tuhota säiliön ja paikalla olevat ajoneuvot.

Säiliössä on ylitäytönestojärjestelmä vuotojen estämiseksi. Öljyn purkualue on pinnoitettu ja allastettu sekä viemäroity öljynerotusjärjestelmään. Kaivon täyttymisestä tulee hälytys. Säiliön läheisyydessä on alkusammuttimia ja öljynimeytysainetta. Lisäksi laitospalokunnalla on öljyntorjuntakalustoa.

6.6 Johtopäätökset tuloksista

Tulokset eivät eroa suuresti aiempien kemikaaliriskinarviointien tuloksista, sillä kemikaalien käytön ja varastoinnin suhteen ei ole tullut suuria muutoksia voimalaitoksen eliniän tai suunnittelun aikana. Ennen riskinarvioinnin päivittämistä suurimmaksi muutokseksi arvioitiin OL3:lla käytettyjen aineiden paikkansapitävyys, mutta riskinarviointia tehdessä selvisi, että samat aineet ovat käytössä OL3-yksiköllä, kuin suunnitteluvaiheessa on arvioitu, eikä kemikaaliriskeihin tullut muutoksia. Joidenkin riskien todennäköisyyttä tai seurausten vakavuutta kasvatettiin havaintojen perusteella sekä työtaturman mahdollisuuden perusteella. Tästä syystä aikaisemmista kemikaaliriskinarvioinneista poiketen esimerkiksi natriumhypokloriittivuoto oli merkittävämpi riski kuin monina aiempina vuosina arvioitu hydratsiinivuoto. Lisäksi paloturvallisuuteen liittyvät riskit, kuten vedyn tai turbiiniöljyn syttyminen tai bensiini- ja dieselpalo, todettiin vaarallisiksi erityisesti siitä syystä, että niiden jäännösseuraukset (liite 4) ovat suuria ja tapahtumien mahdolliset seuraukset vakavia laajalla alueella.

7 Yhteenveto

Tämän työn tarkoituksena oli päivittää Olkiluodon ydinvoimalaitoksen kemikaaliriskinarviointi. Arvioinnissa selvitettiin, millaisia riskejä laitoksella käytetyt vaaralliset kemikaalit aiheuttavat ja mitkä kemikaaliriskit ovat merkittävimpiä eli todennäköisimpiä ja seurauksiltaan vakavimpia onnettomuutta aiheuttavia tilanteita.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että laitoksella merkittävimpiä vaarallisia kemikaaliriskejä aiheuttavat natriumhypokloriitti, voiteluöljy, vety, hydratsiini, diesel ja bensiini jäännösriskimatriisin kriittisyyden, kemikaalin vaaraominaisuuden ja kemikaalin käyttömäärän perusteella. Riskeihin on varauduttu erilaisin

hallintakeinoin, jotka ovat teknisiä ratkaisuja, henkilöstön jatkuvaa koulutusta ja perusteellisten työhöjeiden laatimista. Laitoksella on varustauduttu tarkoilla onnettomuus-, palo- ja pelastussuunnitelmilla kemikaaleista aiheutuviin onnettomuuksiin. Laitoksen oma palokunta harjoittelee onnettomuuksiin varautumista säännöllisesti. Kaikista kemikaaliriskeistä 18 % on merkittäviä, ja riskeille on laadittu tarvittavia hallintakeinoja sekä selkeitä toimintatapoja työn turvalliseen suorittamiseen.

OL1- ja OL2-laitosyksiköillä kemikaaliriskit eivät olleet muuttuneet erityisesti, sillä kemikaalien varastointimäärät, käyttökohteet ja kulutus ovat pysyneet samana viime vuosien aikana, mistä voidaan päätellä, ettei kemikaaliriskeihin ole tullut suuria muutoksia. Boorihapon vaaraluokituksissa oli tapahtunut pieniä muutoksia, mutta aineiden ominaisuudet ovat pysyneet samoina, minkä vuoksi varautumista ei ole tarvinnut muuttaa. OL3-yksikön käyttöönoton myötä laitoksella käytettävät kemikaalimäärät olivat kasvaneet jonkin verran, mutta riskien todennäköisyys ja seuraus pysyivät samana.

Posivan kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen kemikaalien käyttötoimenpiteissä todettiin lieviä puutteita. Riskinarviointia ei voitu jatkaa ennen kemikaaliluettelon päivittämistä. Kemikaaliluettelon puutteellisuus oli yleinen syy riskinarvioinnin hitaalle etenemiselle tai pysähtymiselle myös muilla työpaikoilla Työterveyslaitoksen vuoden 2005 selvityksen mukaan [22, s. 294]. Puutteista on tehty toimenpide-ehdotukset asianomaisille. Posivan kemikaaliriskinarviointia jatketaan kemikaaliluettelon päivityttyä.

Posivan laitoksen lisäksi akkuenergiavaraston ja HMAJ-maaperäloppusijoitustilan riskit tulee päivittää tilojen käyttöönoton yhteydessä. Olkiluodon jätevedenpuhdistamon riskit on lisätty Granite-tietojärjestelmään, mutta puhdistamon käytöstä poistumisen myötä niitä ei tarvitse huomioida tulevissa riskiarvioinneissa, rakennuksen mahdollisia purkutöihin liittyviä kemikaaliriskejä lukuun ottamatta.

Pois lukien yllä mainitut puutteet, Olkiluodon ydinvoimalaitoksen kemikaaliriskit arvioitiin uudelleen ja päivitettiin Granite-tietojärjestelmään. Tässä

opinnäytetyössä päivitetyn riskiarvioinnin pohjalta kemikaaliriskien hallintaa voidaan jatkaa ydinvoimalaitoksella sekä aloittaa Posivan kapselointi- ja loppusijoituslaitoksella.

Lähteet

- 1 Kuka valvoo mitäkin? Verkkoaineisto. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. <<https://tukes.fi/tee-nain/valvonta/kuka-valvoo-mitakin>>. Luettu 11.6.2023.
- 2 Virolainen, Kimmo. 2010. Olkiluodon ydinvoimalaitoksen kemikaaliriskien päivitys. VTT. Yrityksen sisäinen dokumentti.
- 3 TVO-konserni. Verkkoaineisto. TVO. <<https://www.tvofin.fi/yhtio/hallintojohdantaminen/tvo-konserni.html>>. Luettu 6.7.2023.
- 4 Laitosyksiköt. Verkkoaineisto. TVO. <<https://www.tvofin.fi/tuotanto/laitosyksikot.html>>. Luettu 6.7.2023.
- 5 Katavisto, Vesa. 2019. Ennaltavaraautumissuunnitelma ympäristöriskien haltuunottamiseksi TVO ydinvoimalaitoksilla. Yrityksen sisäinen aineisto. TVO.
- 6 OL1&OL2 Ydinvoimalaitosyksiköt. Verkkoaineisto. TVO. <https://www.tvofin.fi/uploads/julkaisut/tiedostot/OL1_OL2_laitosyksikot_tekninen_esite.pdf>. Luettu 8.7.2023.
- 7 Ydinsähköä Olkiluodosta. Verkkoaineisto. TVO. <[https://www.tvofin.fi/uploads/File/2012/tvo_ydinsahkoa_olkiluodosta_2012\(1\).pdf](https://www.tvofin.fi/uploads/File/2012/tvo_ydinsahkoa_olkiluodosta_2012(1).pdf)>. Luettu 12.7.2023.
- 8 Turvallisuustiedote kemikaalivaaratilanteen varalta. Verkkoaineisto. TVO. <https://www.tvofin.fi/uploads/julkaisut/tiedostot/Turvallisuustiedote_kemikaalivaaratilanteen_varalta.pdf>. Luettu 20.7.2023.
- 9 TLTA prosessissa käytettävät apuaineet, materiaaliyhje 118993. Yrityksen sisäinen aineisto. TVO.
- 10 Olkiluoto 3 kantaverkkoon. Verkkoaineisto. Fingrid. <<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/olkiluoto-3-kantaverkkoon/>>. Luettu 26.6.2023.
- 11 OL3. Verkkoaineisto. TVO. <<https://www.tvofin.fi/tuotanto/laitosyksikot/ol3.html>>. Luettu 26.6.2023.
- 12 Tompuri, Kimmo. 2023. Pääkemisti, TVO, Eurajoki. Sähköposti 10.8.2023.

- 13 Turvallisuus ja akun käsittely. Verkkoaineisto. Varta. <<https://www.varta-automotive.fi/fi-fi/varta-teknista-tietoa/perustietoa/turvallisuus-ja-akun-kasittely>>. Luettu 24.8.2023.
- 14 Omistajat. Verkkoaineisto. Posiva. <<https://www.posiva.fi/yhtio/omistajat.html>>. Luettu 1.7.2023.
- 15 Kapselointilaitos. Verkkoaineisto. Posiva. <<https://www.posiva.fi/loppusijoitusratkaisu/kapselointilaitos.html>>. Luettu 2.7.2023.
- 16 Puskuri. Verkkoaineisto. Posiva. <<https://www.posiva.fi/loppusijoitusratkaisu/vapautumisesteet/puskuri.html>>. Luettu 1.7.2023.
- 17 Syren, Juho. 2023. Työturvallisuusasiantuntija, Posiva, TVO, Eurajoki. Keskustelu 28.6.2023.
- 18 Paaso, Nina; Tompuri, Kimmo; Katavisto, Vesa & Nurmi, Eerik. 2021. Olkiluodon ydinvoimalaitoksella tapahtuvaa vaarallisten kemikaalien teollista käsittelyä ja varastointia koskeva turvallisuus selvitys. Yrityksen sisäinen aineisto. TVO.
- 19 Turvallisuus HU. Olkinet. Yrityksen sisäinen aineisto. TVO.
- 20 Safety moment cw 44/2022. 2022. Olkinet. Yrityksen sisäinen aineisto. TVO.
- 21 Kemikaalit ja työ: Selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä. 2005. Työterveyslaitos. E- kirja. Vammalan Kirjapaino Oy.
- 22 Opas: Vaaralliset kemikaalit teollisuudessa. 2015. Verkkoaineisto. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. <<https://tukes.fi/documents/5470659/6406815/Vaaralliset+kemikaalit+teollisuudessa/df6719c6-5ffe-4d76-8522-1ad3000283a3/Vaaralliset+kemikaalit+teollisuudessa.pdf?t=1516886965000>>. Luettu 6.6.2023.
- 23 Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta. 2005. 390/3.6.2005.
- 24 Kemikaalitiedon käyttö ympäristöluvassa: Ohje lupa- ja valvontaviranomaisille. 2021. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163543/YM_2021_32.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 2021:32. Luettu 6.6.2023.
- 25 Pelastuslaki. 2011. 379/29.4.2011.

- 26 Laki syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuvien luettelosta ja rekisteristä. 2020. 452/2020.
- 27 Eco-Management and Audit Scheme (EMAS). Verkkoaineisto. European Commission. <https://green-business.ec.europa.eu/eco-management-and-audit-scheme-emas_en>. Luettu 11.6.2023.
- 28 Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta. 2015. 685/21.5.2015.
- 29 Tukes-ohje 22/2021: Turvallisuus selvitys. 2021. Verkkoaineisto. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. <<https://tukes.fi/documents/5470659/57508998/Tukes-ohje+22-2021+Turvallisuus selvitys.pdf/ade5ba4b-7342-1a8e-8206-1fa66f4bf985/Tukes-ohje+22-2021+Turvallisuus selvitys.pdf?t=1611646938368>>. 20.6.2021. Luettu 10.7.2023.
- 30 Salminen, Antti; Suoheimo, Pirke & Silvo, Kimmo. 2014. Ennaltavarautumissuunnitelma osana ympäristönsuojelulain sääntelyä. Verkkoaineisto. Suomen ympäristökeskus. <<https://ym.fi/documents/1410903/38678498/Selvitys+ennaltavarautumissuunnitelmasta.pdf/9700a91e-e72c-9725-4200-f05f380ee357/Selvitys+ennaltavarautumissuunnitelmasta.pdf?t=1605690961455>>. 2014. Luettu 14.7.2023.
- 31 Tuomainen, Jouko; Högmänder, Pia & Pyy, Outi. 2021. Ympäristövahingot Suomessa vuosina 2013–2019. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 8/2021. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- 32 Olkiluotoon rakennetaan Euroopan suurimpiin kuuluva akkuenergiavarasto. 2021. Verkkoaineisto. TVO. <<https://www.tvo.fi/ajankohtaista/tiedotteetporssitiedotteet/2021/olkiluotoonrakennetaaneuroopansuurimpiinkuuluvaakkuenergiavarasto.html>>. 16.6.2021. Luettu 1.9.2023.
- 33 Olkiluodon vesihuollon varmistamishankkeen rakennustyöt alkavat. 2021. Verkkoaineisto. TVO. <<https://www.tvo.fi/ajankohtaista/tiedotteetporssitiedotteet/2021/olkiluodonvesihuollonvarmistamishankkeenrakennustyotalkavat.html>>. 29.11.2021. Luettu 1.9.2023.
- 34 Mitä vaara ja riski tarkoittavat? Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/koti-ja-vapaa-aika/kodin-kemikaalit/terveydelle-vaaralliset-kemikaalit/mita-vaara-ja-riski-tarkoittavat- - :~:text=Vaaralla%20tarkoitetaan%20mit%C3%A4%20tahansa%20tekij%C3%A4%20,voi%20liukastua%20ja%20saada%20luumurtuman.>>. Luettu 6.6.2023.
- 35 Riskien arviointi ja hallinta työpaikalla -työkirja. 2021. Sosiaali- ja terveysministeriö, Työsuojeluosasto, Työturvallisuuskeskus. <<https://ttk.fi/wp->

- content/uploads/2022/10/Riskien-arviointi-ja-hallinta-tyopaikalla-tyokirja-2021.pdf>. Päivitetty 29.9.2021.
- 36 Työturvallisuuslaki. 2002. 738/23.8.2002.
- 37 Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 14: Riskin arviointi. 2013. Verkkoaineisto. Työsuojeluhallinto. Tampere: Aluehallintovirasto. <https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/2426906/Riskinarviointi_TSO_14_2013.pdf/9bfd87ed-88be-47cb-8611-d8b4ac99b6a1>. 2013. Luettu 20.6.2023.
- 38 Riskienhallinta. Olkinet. Yrityksen sisäinen aineisto. TVO.
- 39 Projektiriskit. Granite. Yrityksen sisäinen aineisto. TVO.
- 40 Kemiallisten tekijöiden valvonta. 2020. Verkkoaineisto. Työsuojeluvalvonnan ohjeita 2/2020. Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. <<https://www.tyosuojelu.fi/tietoa-meista/julkaisut/valvontaohjeet/kemiallisten-tekijoiden-valvonta>>. 2020. Luettu 20.6.2023.
- 41 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus aineiden ja seosten luokituksista, merkinnöistä ja pakkaamisesta. 2008. Asetus (EY) 1272/2008. Verkkoaineisto. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex%3A32008R1272>>. Eur-Lex. 16.12.2008. Luettu 21.7.2023.
- 42 Uudet vaaraluokat. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/kemikaalit/clp-luokitus-merkinnat-ja-pakkaaminen/luokitus/uudet-vaaraluokat>>. Luettu 27.7.2023.
- 43 Mikä on käyttöturvallisuustiedote (KTT)? Verkkoaineisto. EcoOnline. <<https://www.ecoonline.fi/teemasivu/mika-on-kayttoturvallisuustiedote>>. Luettu 28.7.2023.
- 44 Tompuri, Kimmo. 2023. Pääkemisti, TVO, Eurajoki. Sähköposti 11.7.2023.
- 45 Luokitus, merkinnät ja pakkaaminen. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/kemikaalit/clp-luokitus-merkinnat-ja-pakkaaminen>>. Luettu 1.8.2023.
- 46 Varoitusmerkit, vaara- ja turvalausekkeet. Verkkoaineisto. Työterveyslaitos. <<https://ova.ttl.fi/varoitusmerkit-clp>>. Luettu 14.7.2023.
- 47 Käyttöturvallisuustiedote: Boorihappo. Verkkoaineisto. 2019. <<https://www.isvet.fi/ckeditor/plugins/fileman/Uploads/turvallisuustiedotteet/Boorihappo.pdf>>. Päivitetty 10.9.2019. Luettu 5.9.2023.

- 48 ADR-ajolupakoulutus. 2023. Verkkoaineisto. Traficom. <<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/adr-ajolupavaatimus-ja-koulutukset>>. 31.8.2023. Luettu 4.9.2023.
- 49 Dieselöljy. 2022. Verkkoaineisto. Työterveyslaitos. <<https://ova.ttl.fi/dieseloljy>>. Päivitetty 21.4.2022. Luettu 28.8.2023.

Kemikaaliluettelo

Taulukko 1. Esimerkkiluettelo Olkiluodon ydinvoimalaitoksella käytettävistä vaarallisista kemikaaleista.

Kemikaali (liuoksen vahvuus laitoksella, %)	Luokitus	Vaaralausekkeet		Vaara- merkintä	Kemikaalin käyt- tötarkoitus
Ammoniakkivesi (25 %)	Skin Corr. 1 Eye Dam. 1 STOT SE 3 Aquatic Chronic 3	H314 H335 H412	Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa. Saattaa aiheuttaa hengitysteiden ärsytystä. Haitallista vesielioille, pitkäaikaisia haittavaikutuksia.	GHS05 GHS07	Vedenkäsittelyn apuaine
Argon	Press. Gas	H280	Sisältää paineen alaista kaasua; voi räjähtää kuumennettaessa.	GHS04	Suoja- ja laboratorikaasu
Asetyleeni	Flam. Gas 1 Press. Gas EUH006	H220 H230 H280	Erittäin helposti syttyvä kaasu. Voi reagoida räjähtäen jopa ilmattomassa tilassa. Sisältää paineen alaista kaasua; voi räjähtää kuumennettaessa.	GHS03 GHS04	Hitsauskaasu
Boorihappo (liuos 4 %)	Repr. 1B	H360FD	Saattaa heikentää hedelmällisyyttä. Voi vaurioittaa sikiötä.	GHS08	Reaktorin tehon säätöaine
Bensiini	Flam. Liq. 1 Asp. Tox. 1 Skin Irrit. 2 STOT SE 3 Muta. 1B Carc. 1B Repr. 2 Aquatic Chronic 2	H224 H304 H315 H336 H340 H350 H361 H411	Erittäin helposti syttyvä neste ja höyry. Voi olla tappavaa nieltynä ja joutuessaan hengitysteihin. Ärsyttää ihoa. Saattaa aiheuttaa uneliaisuutta tai huimausta. Saattaa aiheuttaa perimävaurioita. Saattaa aiheuttaa syöpää. Epäillään heikentävän hedelmällisyyttä tai vaurioittavan sikiötä. Myrkyllistä vesielioille, pitkäaikaisia haittavaikutuksia.	GHS02 GHS07 GHS08 GHS09	Ajoneuvoihin
Dieselöljy	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 Skin Irrit. 2 Carc. 2 STOT RE 2 Asp. Tox. 1 Aquatic Chronic 2	H226 H332 H315 H351 H373 H304 H411	Syttyvä neste ja höyry. Haitallista hengitettynä. Ärsyttää ihoa. Epäillään aiheuttavan syöpää. Saattaa vahingoittaa elimiä pitkäaikaisessa tai toistuvassa altistumisessa. Voi olla tappavaa nieltynä ja joutuessaan hengitysteihin. Myrkyllistä vesielioille, pitkäaikaisia haittavaikutuksia.	GHS02 GHS07 GHS08 GHS09	Dieselmoottorien määräaikauskoeajot
Happi	Oxidising Gas.1 Press Gas	H270 H280	Aiheuttaa tulipalon vaaran tai edistää tulipaloa; hapettava. Sisältää paineen alaista kaasua; voi räjähtää kuumennettaessa.	GHS03 GHS04	Jätekaasun käsittely

Hydratsiini (15 %)	Carc. 1B Acute Tox. 2 Acute Tox. 3 Acute Tox. 4 Skin Corr. 1B Eye damn 1 Skin Corr. 1A Aquatic acute 1 Aquatic chronic 1	H350 H330 H311 H301 H314 H318 H317 H400 H410	Saattaa aiheuttaa syöpää. Tappavaa hengitettynä. Myrkyllistä joutuessaan iholle. Myrkyllistä nieltynä. Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa. Voi aiheuttaa allergisen ihoreaktion. Erittäin myrkyllistä vesieliöille. Erittäin myrkyllistä vesieliöille, pitkäaikaisia haittavaikutuksia.	GHS05 GHS06 GHS08 GHS09	Vedenkäsittely
Hydrauliöljy	Repr. 1B STOT RE 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360 H373 H400 H410	Saattaa heikentää hedelmällisyyttä. Saattaa vahingoittaa elimiä (lisämunuainen, lisäkivekset, maksa, munasarjat, kivekset) pitkäaikaisessa tai toistuvassa altistumisessa. Erittäin myrkyllistä vesieliöille, pitkäaikaisia haittavaikutuksia.	–	Hydrauliöljy
Natriumhydroksidi	Met. Corr. 1 Skin Corr. 1A	H290 H314	Voi syövyttää metalleja. Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa.	GHS05	Vedenkäsittely
Natriumhypokloriitti (15 %)	Met. Corr. 1 Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 1	H290 H314 H410	Voi syövyttää metalleja. Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa. Erittäin myrkyllistä vesieliöille, pitkäaikaisia haittavaikutuksia.	GHS05 GHS09	Runkopolyypin torjuntaan
Rikkihappo	Skin Corr. 1A Met. Corr. 1	H290 H314	Voi syövyttää metalleja. Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa.	GHS05	Vedenkäsittely, akut
PIX-322	Met. Corr. 1 Acute Tox. 4 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H290 H302 H315 H318	Voi syövyttää metalleja. Haitallista nieltynä. Ärsyttää ihoa. Vaurioittaa vakavasti silmiä.	GHS05 GHS08	Saostuskemikaalina vedenpuhdistuksessa
Typpi	Press. Gas	H280	Sisältää paineen alaista kaasua; voi räjähtää kuumennettaessa.	GHS04	Prosessikemikaali, suojakaasu
Vety	Flam. Gas 1 Press. Gas	H220 H280	Erittäin helposti syttyvä kaasu. Sisältää paineen alaista kaasua; voi räjähtää kuumennettaessa.	GHS02 GHS04	Prosessikemikaali
Voiteluöljyt	Skin Sens. 1B STOT RE 2	H317 H373 H302	Voi aiheuttaa allergisen ihoreaktion. Saattaa vahingoittaa elimiä pitkäaikaisessa tai toistuvassa altistumisessa. Haitallista nieltynä.	–	Voiteluöljy

Kemikaalivahinkojen seuraukset ympäristöön ja ihmisiin

Taulukko 1. Kemikaaliriskien seurauksien arviointia helpottava taulukko.

Kemikaalivahingon seuraus	Vähäinen	Haitallinen	Vakava
Vesistöön	Aiheuttaa tilapäisen vedenlaadun heikkenemisen pienellä alueella (esim. väri/sameus). Vesistö korjaa tilanteen itsestään.	Aiheuttaa vesistössä tilapäisen, mutta selvästi havaittavan vedenlaadun heikkenemisen tai rantojen likaantumisen. (Aiheuttaa valituksia tai luparajojen ylityksiä.)	Aiheuttaa kalakuolemia, voimakasta rehevöitymistä ja rantojen likaantumista tms., jotka aiheuttavat mittavia kunnostustoimenpiteitä ja selvityksiä.
Viemäriin	Aiheuttaa haittaa päästökohteen läheisyydessä, esim. viemäriin tukkeutumisen tai puhdistustarpeen.	Aiheuttaa ongelmia jätevedenpuhdistamolla (esim. lyhytaikainen luparajojen ylitys).	Aiheuttaa merkittäviä ongelmia jätevedenpuhdistamolla tai keskeyttää sen toiminnan.
Maaperään	Aiheuttaa haittaa päästökohteessa. Päästö saadaan kerättyä heti pois kokonaisuudessaan esim. asfaltilta.	Aiheuttaa maaperän lyhytaikaisen likaantumisen. Maaperää joudutaan poistamaan vähäinen määrä.	Aiheuttaa maaperän pitkäaikaisen likaantumisen tai pohjavesialueen likaantumisen.
Ilmaan	Aiheuttaa haittaa päästökohteen läheisyydessä.	Aiheuttaa haittaa Olkiluodon alueella tai sen ympäristössä tai luparajojen ylityksiä.	Aiheuttaa terveyshaittaa Olkiluodon alueella tai sen ympäristössä. Aiheuttaa valituksia.
Henkilöön/henkilövahinko	Tapahtuma aiheuttaa lievän ja ohimenevän sairauden tai haitan. Erimerkiksi epämukavuus, ärsytys tai ihon punotus.	Tapahtuma aiheuttaa haitan tai vamman, joka on suurehko tai lievä, mutta pitkäkestoinen. Edellyttää ensiapuasemalla käyntiä.	Tapahtuma aiheuttaa vakavan ja pitkäkestoisin vammun. Edellyttää sairaalahoitoa ja yli 30 päivän poissaolon.

Varoitusmerkit ja vaaralausekkeet

GHS01 - Räjähävä
GHS01 - Explosiv



GHS06 - Välittömästi myrkyllinen
GHS06 - Giftig



GHS02 - Palovaarallinen
GHS02 - Brandfarlig



GHS07 - Haitallinen/ärsyttävä/herkistävä
GHS07 - Hälsoskadlig/irriterande/allergiframkallande



GHS03 - Hapettava
GHS03 - Oxiderande



GHS08 - Vakava terveysvaara
GHS08 - Allvarlig hälsofara



GHS04 - Paineen alainen kaasu
GHS04 - Gas under tryck



GHS09 - Ympäristövaara
GHS09 - Miljöfarligt



GHS05 - Syövyttävä
GHS05 - Frätande



Kuva 1. Euroopan parlamentin ja neuvoston CLP-asetuksen ja GHS-järjestelmän mukaiset varoitusmerkit [46].

Kemikaaliriskinarvioinnin tuloksia

Taulukko 1. Yhteenvedotaulukko merkittävimmistä mahdollisista kemikaaliriskeistä.

Kemikaali	Riski	Tarkennus	Riskin lähde	Jäännös-riskitaso	Hallintakeinot
Ammoniakki- vesi	Ammoniakkivesi vuotaa lattialle annostelun yhteydessä annostelupumpusta tai liitoksista. Aine aiheuttaa ärsytystä.	Haihtuva ammoniakki ärsyttää hengityselimiä ja silmiä. Työskentely on mahdollista vain asianmukaisten suojavausteiden kanssa. Jos vuoto on suojahuoneen ulkopuolella, halli on evakuoitava.	Henkilöturvallisuus	3x3=9	Suoja-altaat, suoja-huone, ilman aktiivihiilisuodatin, aineen talteenotto, suojavausteet.
Asetyleeni	Asetyleenipullopatteria tuova auto tai trukki törmää toiseen ajoneuvoon tai rakenteeseen. Seurauksena paloriski.	Kaasupullojen liitosten, venttiilien ja kokoojaputkiston vaurioituminen on mahdollista törmäyksessä. Pulloventtiin vaurioitumisen seurauksena syntyvä vuoto voi sytyä ja palaa pistoliekkinä. Liekki voi kuumentaa muita kaasupulloja, jolloin paine niissä nousee. Kaasupullon repeämisen seurauksena muodostuvat heitteet voivat aiheuttaa lisävuotoja.	Paloturvallisuus	1x5=5	Kuljetusreitit ja nopeusrajoitukset, teidenkunnossapito, kuljettajien ADR koulutus, kemikaalikoulutus.
Bensiini	Bensiinivuoto jakelusäiliön ylitäytyessä tai sen letkun irrotessa, vuoto lattialle. Seurauksena paloriski.	Moottoribensiini- tai dieselöljy vuotaa jakelusäiliöiden täytön yhteydessä esim. letkun irrotessa tai rikkoutuessa tai säiliön ylitäytön yhteydessä purkupaikan lattialle ja edelleen öljynerotuskaivon kautta viemäriin. Jos bensiinivuoto syttyy, palo voi tuhota säiliön ja paikalla olevat ajoneuvot.	Paloturvallisuus	1x5=5	Alkusammuttimet, oma palokunta, jolla öljyntorjuntakalustoa.

Diesel	Vuoto dieselöljyn siirtopumpusta, mahdollinen ympäristövahinko.	Vuoto öljyn siirtopumpusta tai siirtolinjasta. Vuoto virtaa pumppujen laatalle tai kaapelikouruun. Jos öljynerotusjärjestelmän kapasiteetti ei riitä, suuri öljyvuoto voi päästä mereen. Suuri kouruun vuotanut öljymäärä voi päästä maaperään ja edelleen mereen.	Ympäristövahinko	3x3=9	Suoja-altaat, öljynerotusjärjestelmä, kourut tarkastetaan säännöllisesti.
Hydratsiini (15 %)	Hydratsiinia vuotaa annostelulaitteesta tai sen liitoksista vesikiertoihin.	Haihtuva hydratsiini aiheuttaa terveysvaaraa. Tila on evakuoitava. Lattialle valunut hydratsiini menee valvotun viemäröinti- ja käsittelyjärjestelmään, jossa se voidaan muuttaa vaarattomaan muotoon.	Henkilöturvallisuus	3x3=9	Erillisilmastoitu suojahuone, suojarusteet, hapetusmahdollisuus laitosiemärissä, ohjeet.
Natriumhydroksidi	Vuoto lipeän siirtolinjasta.	Väkevän lipeän roiskeet voivat aiheuttaa henkilövahinkoja.	Henkilöturvallisuus	3x3=9	Roiskesuojat, hätäsuihkut ja silmähuuhdepullot.
Natriumhypokloriitti (15 %)	Roiskevaara letkusta pumpattaessa hypokloriittia säiliöön.	Pumpattaessa hypokloriittia kuljetusastiasta annostelusäiliöön siirtopumpun letku irtoaa pumpusta tai liukuu pois annostelusäiliöstä. Roiskeita työntekijän päälle ja lattialle. Lattialta liuos virtaa viemäriin. Päästö voi aiheuttaa häiriötä biologisen puhdistamon toimintaan.	Henkilöturvallisuus, ympäristövahinko	3x4=12	Letkun tuenta, suojarusteet, silmähuuhdepullo, ohjeet.
Rikkihappo	Vuoto rikkihapon siirtolinjasta.	Väkevän rikkihapon roiskeet voivat aiheuttaa henkilövahinkoja.	Henkilöturvallisuus	3x3=9	Roiskesuojat, hätäsuihkut ja silmähuuhdepullot.
Turbiinin voiteluöljy	Öljyvuoto turbiinin nostööljypiiristä.	Öljyvuoto lattialle. Vuoto voi olla sumumainen, jolloin syttyminen on mahdollista.	Paloturvallisuus	2x5=10	Sprinklerit, paloilmainsimet, oma palotoimi.

Vety	Kaasukeskuksessa vetyä (tai argonmetaania) vuotaa liitoksista kytkettäessä konttia tai pullopatteria tai paineistettussa liitosta.	Jos vuotava kaasu ei syty, se poistuu luonnollisen tuuletuksen mukana ja laimenee nopeasti ulkoilmaan. Jos vuotava kaasu syttyy, se palaa pistoliekillä. Liekki voi kuumentaa lähellä olevia vetykontteja tai pullopatte-reita, jolloin paine niissä nousee. Vaarana on pullojen tms. räjähdysmäisen repeäminen. Pistoliekki voi aiheuttaa pahoja palovammoja lähellä oleville henkilöille.	Paloturvallisuus	2x5=10	Kontit ulkona, lisävettyvarasto, ohjeet
------	--	---	------------------	--------	---

Jäännösriskitaso = Jäännösriskin todennäköisyys x jäännösriskin seuraus