

Radioaktiivisia aineita sisältävän jätteen käsittely ja kuljetus

Ohje jätehuoltoalan toimijoille

Huoltovarmuusorganisaatio
Jätehuoltopooli

Huoltovarmuusorganisaatio

www.huoltovarmuuskeskus.fi

Huoltovarmuudella tarkoitetaan kykyä sellaisten yhteiskunnan taloudellisten perustoimintojen ylläpitämiseen, jotka ovat välttämättömiä väestön elinmahdollisuuksien, yhteiskunnan toimivuuden ja turvallisuuden sekä maanpuolustuksen materiaalisten edellytysten turvaamiseksi vakavissa häiriöissä ja poikkeusoloissa. Huoltovarmuuskeskus (HVK) on työ- ja elinkeinoministeriön hallinnonalan virasto, jonka tehtävänä on maan huoltovarmuuden ylläpitämiseen liittyvä suunnittelu ja operatiivinen toiminta.

Julkaisija: Huoltovarmuusorganisaatio, Jätehuoltopooli. Huoltovarmuusorganisaatio on verkosto, joka työskentelee yhdessä Suomen toimintakyvyn ja sen edellyttämän huoltovarmuuden hyväksi. Siihen kuuluvat eri toimialojen sektorit ja poolit.

Laatinut: Jätehuoltopoolille Platom Oy
Kuvat: Unsplash
Taitto: Ahjo Communications Oy
Julkaisuvuosi: 2026
ISBN: 978-952-7470-50-3

Sisältö

Tiivistelmä **4**
Sammandrag **5**
Summary **6**
Määritelmät **7**
1 Johdanto **10**
2 Ohjeen soveltamisala, laajuus ja rajaukset **11**
3 Säteilyvaaratilanne jätehuollon näkökulmasta **12**
4 Lainsäädäntö lyhyesti **16**
4.1 Jätelainsäädäntö 16
4.2 Säteilylainsäädäntö 18
4.3 Ympäristönsuojelulainsäädäntö 19
4.4 Vaarallisten aineiden kuljetusta koskeva lainsäädäntö 20
5 Radioaktiivisuuden vaikutus jätteenkäsittelytoimenpiteisiin **21**
5.1 Aktiivisuus 21
5.2 Puoliintumisaika 22
5.3 Säteilyannos ja annosnopeus 22
5.4 Radioaktiivisuuden ja säteilyn mittaaminen 24
6 Työturvallisuus käsiteltäessä vähäaktiivisia onnettomuusjätteitä **26**
6.1 Radioaktiivisilta aineilta ja säteilyltä suojautuminen 26
6.1.1 Suojavarustus 26
6.1.2 Säteilyaltistusta rajoittavat toimintatavat ja periaatteet 28
6.2 Säteilyaltistuksen seuranta 28
7 Säteilyonnettomuuden seurauksena syntyvät jätteet **31**
8 Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden kuljetukset **33**
8.1 Jätelain vaatimusten mukaiset kuljetukset 33
8.2 Vaarallisten aineiden kuljetukset 33
9 Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittely **38**
9.1 Välivarastointi 39
9.2 Esikäsittely 42
9.3 Kiinteiden jätteiden käsittely 43
9.3.1 Polttaminen 43
9.3.2 Kompaktointi 44
9.3.3 Dekontaminointi 45
9.3.4 Pilkkominen 46
9.3.5 Biologinen käsittely 46
9.4 Nestemäisten jätteiden käsittely 47
9.5 Valvonnasta vapautus 48
9.6 Pakkaaminen 48
9.6.1 Pakkaustyypit 49
9.6.2 Kiinteytys 50
9.7 Loppusijoitus 51
9.8 Jätekirjanpito 51
10 Jätehuollon varautuminen säteilyonnettomuuksien varalle **53**
10.1 Jätteenkäsittelyn kapasiteetti 54
10.2 Kalusto, välineet ja tarvikkeet 54
10.3 Tilat ja alueet 54
10.4 Tietotaito ja osaaminen 55
10.5 Lainsäädäntö ja muut vaatimukset 55
10.6 Valmiusharjoittelu 55
10.7 Säteilyturvallisuusasiantuntijat 56
11 Yhteenveto **57**

Tiivistelmä

Tämän ohjeen on tarkoitus toimia oppaana jätehuoltotoimijalle, joka suunnittelee, valmistautuu ja osallistuu radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittelemiseen ja kuljettamiseen. Jätehuollon käsiteltäväksi osoitettavat jätteet ovat niin kutsuttuja vähäaktiivisia onnettomuusjätteitä, joissa radioaktiivisten aineiden määrä on vähäisempi kuin varsinaisessa radioaktiivisessa jätteessä.

Radioaktiivisia aineita käytetään yhteiskunnassamme useissa eri käyttökohteissa joka päivä. Radioaktiivisten aineiden ja säteilyn käyttäminen on tarkasti viranomaisen valvomaa ja määräämää, minkä ansiosta niihin liittyvät poikkeamat ovat harvinaisia. Tästä huolimatta säteilyonnettomuuden mahdollisuutta ei voida koskaan täysin poissulkea.

Säteilyonnettomuuden seurauksena radioaktiivisia aineita voi levitä ympäristöön huomattavia määriä ja maantieteellisesti laajalle alueelle. Vastaavasti onnettomuuden seurauksena syntyvien radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden määrä voi nousta suureksi. Tällaisen onnettomuuden seurausten hallitsemiseksi ja elinympäristön palauttamiseksi turvalliseksi on keskeistä, että jätehuoltotoimijat osallistuvat onnettomuudesta aiheutuneiden radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittelyyn ja kuljettamiseen.

Vähäaktiiviset onnettomuusjätteet ovat radioaktiivisia aineita sisältäviä jätteitä, jotka ovat jätelain sääntelyn alaisia. Jätteissä olevien radioaktiivisten aineiden vuoksi niiden käsittelyssä on kuitenkin sovellettava myös säteilylain vaatimuksia. Käsittelyssä on otettava huomioon lisäksi ympäristönsuojelulaki samaan tapaan kuin kaikessa jätteenkäsittelyssä. Kuljetusten osalta määräävä lainsäädäntö voi olla joko jätelaki tai laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta riippuen siitä, kuinka suuria määriä radioaktiivisia aineita jäte sisältää.

Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyssä ja kuljettamisessa on otettava huomioon jätteen tavanomaisten piirteiden lisäksi myös jätteen radioaktiivisuus. Tähän liittyviä ominaisuuksia ovat muun muassa jätteen sisältämien radioaktiivisten aineiden aktiivisuus ja puoliintumisaika sekä jätteistä aiheutuva säteilyn annosnopeus. Radioaktiivisuutta tai säteilyä ei voi havaita aistinvaraisesti, mutta ne on helppo todeta mittaamalla.

Radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittely ja kuljettaminen on turvallista, kun niihin liittyvät riskit ymmärretään ja haitallisilta vaikutuksilta osataan suojautua oikein tavoin. Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden tapauksessa terveydelle haitallisten vaikutusten estäminen perustuu ensisijaisesti tarpeenmukaiseen suojavarusteiden käyttöön siten, että radioaktiivisia aineita ei päädy kehon sisään tai iholle.

Säteilyonnettomuuden seurauksena syntyvien radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden ominaisuudet ja määrä ovat monen muuttujan summa, minkä vuoksi niiden vaihteluväli on huomattavan laaja. Vaikka tarvittavien jätteenkäsittelytoimenpiteiden tarve ja toteutus on mahdollista suunnitella tarkasti vasta onnettomuuden tapahduttua, voidaan valmiuksia jätteiden käsittelemiseen ja kuljettamiseen parantaa huomattavasti jo etukäteen suunnittelemisen ja varautumisen keinoin.

Sammandrag

Radioaktiva ämnen används dagligen i vårt samhälle för en rad olika ändamål. Användningen av radioaktiva ämnen och strålning övervakas och regleras noggrant av myndigheterna, vilket bidrar till att avvikelser är sällsynta. Trots detta kan risken för en strålningsolycka aldrig helt uteslutas.

Vid en strålningsolycka kan betydande mängder radioaktiva ämnen spridas i miljön över ett stort geografiskt område. Olyckan kan också ge upphov till stora mängder avfall som innehåller radioaktiva ämnen. För att hantera följderna av en sådan olycka och återställa livsmiljön är det av central betydelse att avfallshanteringsaktörer deltar i hanteringen och transporten av det radioaktiva avfallet.

Syftet med denna anvisning är att vägleda aktörer inom avfallshanteringen som planerar, förbereder sig för eller deltar i hanteringen och transporten av avfall som innehåller radioaktiva ämnen. Det avfall som anvisas till avfallshanteringen är så kallat lågaktivt olycksavfall, där halten av radioaktiva ämnen är lägre än i egentligt radioaktivt avfall.

Lågaktivt olycksavfall är avfall som innehåller radioaktiva ämnen och som omfattas av avfallslagens reglering. På grund av de radioaktiva ämnena i avfallet ska även kraven i strålsäkerhetslagen beaktas vid hanteringen. Dessutom ska miljöskyddslagen beaktas på samma sätt som vid annan avfallsbehandling. Vid transport kan antingen avfallslagen eller lagen om transport av farliga ämnen tillämpas, beroende på hur stora mängder radioaktiva ämnen avfallet innehåller.

Vid hantering och transport av lågaktivt olycksavfall ska avfallets sedvanliga egenskaper samt dess radioaktivitet beaktas. Relevanta egenskaper är bland annat aktiviteten och halveringstiden hos de radioaktiva ämnen som avfallet innehåller samt den dosrat som avfallet ger upphov till. Radioaktiviteten och strålningen kan inte uppfattas med sinnena, men de kan lätt påvisas genom mätning.

Hantering och transport av avfall som innehåller radioaktiva ämnen kan genomföras på ett säkert sätt när riskerna som är förknippade med verksamheten är kända och lämpliga skyddsåtgärder vidtas för att förebygga skadliga effekter. När det gäller lågaktivt olycksavfall grundar sig förebyggandet av skadliga hälsoeffekter i första hand på att skyddsutrustning används på ett ändamålsenligt sätt, så att radioaktiva ämnen inte kommer in i kroppen eller hamnar på huden.

Egenskaperna hos och mängden av det radioaktiva avfallet som uppkommer till följd av en strålningsolycka påverkas av olika faktorer, vilket innebär att variationen kan vara mycket stor. Även om de nödvändiga avfallshanteringsåtgärderna och deras genomförande kan planeras i detalj först efter att olyckan har inträffat, kan beredskapen för att hantera och transportera avfallet förbättras avsevärt genom planering och förberedelser på förhand.

Summary

This guide is intended to provide guidance for waste management operators who plan, prepare for and participate in the treatment and transport of waste containing radioactive substances. The waste to be treated by waste management operators is so-called low-activity accident waste, in which the amount of radioactive substances is lower than in actual radioactive waste.

Radioactive substances are used every day in our society for a variety of purposes. The use of radioactive substances and radiation is closely supervised and regulated by the authorities, which is why deviations related to them are rare. Nevertheless, the possibility of a radiation accident can never be entirely ruled out.

As a result of a radiation accident, the amount of waste containing radioactive substances generated may become large and spread over a wide geographical area. To manage the consequences of such an accident and restore the living environment to a safe condition, it is essential that waste management operators participate in the treatment and transport of the waste containing radioactive substances caused by the accident.

Low-activity accident waste is waste containing radioactive substances that is subject to regulation under the Waste Act. Due to the radioactive substances in the waste, however, the requirements of the Radiation Act must also be applied in its treatment. In addition, the Environmental Protection Act must be considered in the treatment, as in all waste treatment. Regarding transport, the governing legislation may be either the Waste Act or the Act on the Transport of Dangerous Goods, depending on how large quantities of radioactive substances the waste contains.

In the treatment and transport of low-activity accident waste, the radioactivity of the waste must be considered in addition to its conventional characteristics. Related properties include the activity and half-life of the radioactive substances contained in the waste, as well as the radiation dose rate caused by the waste. Radioactivity and radiation cannot be detected by the senses, but they are easy to detect by measurement.

The treatment and transport of waste containing radioactive substances is safe when the associated risks are understood and appropriate protective measures are used. In the case of low-activity accident waste, the prevention of adverse health effects is based primarily on the appropriate use of protective equipment so that radioactive substances do not enter the body or meet the skin.

The properties and quantity of waste containing radioactive substances generated because of a radiation accident are the sum of many variables, which is why their range of variation is considerably wide. Although the need for and implementation of the necessary waste treatment measures can only be planned in detail after the accident has occurred, the capability to treat and transport such waste can be significantly improved in advance through planning and preparedness measures.

Määritelmät

Aktiivisuus on suure, joka kuvaa jätteen seassa olevien radioaktiivisten aineiden määrää. Virallisesti aktiivisuus tarkoittaa aineessa tapahtuvien ydinhajoamisten määrää aikayksikköä kohti. Aktiivisuuden yksikkö on becquerel (Bq).

Aktiivisuuspitoisuus tarkoittaa aktiivisuuden määrää suhteessa aineen massaan tai tilavuuteen. Se voi esimerkiksi ilmoittaa, kuinka paljon aktiivisuutta keskimäärin on yhdessä kilogrammassa kiinteää jätettä tai litrassa jätevettä. Aktiivisuuspitoisuuden yksiköitä ovat muun muassa Bq/kg ja Bq/l.

Annosnopeus tarkoittaa säteilyannoksen kertymänopeutta, eli sitä, kuinka suuren säteilyannoksen ihminen tai muu kohde saa tietyn ajan kuluessa. Annosnopeuden yksikkö on sievertiä tunnissa (Sv/h), ja siitä käytetään yleensä kerrannaisyksiköitä millisievertiä tunnissa (mSv/h) sekä mikrosievertiä tunnissa (µSv/h).

Becquerel (lyhennettynä Bq) on radioaktiivisuuden yksikkö. Yksi becquerel tarkoittaa yhtä ydinhajoamista per sekunti.

Dekontaminointi tarkoittaa tässä ohjeessa esineen tai materiaalin puhdistamista radioaktiivisesta liasta eli kontaminaatiosta.

IAEA (International Atomic Energy Agency) tarkoittaa Kansainvälistä atomienergiajärjestöä, joka on johtava ja kansainvälinen rauhanomaisen ydinenergian käytön ja säteilyturvallisuuden edistäjä.

Ilmakontaminaatio tarkoittaa tässä ohjeessa ilmassa, esimerkiksi pölyn seassa olevia radioaktiivisia aineita.

Jätehuoltotoimija tarkoittaa tässä ohjeessa mitä tahansa tavanomaisen jätehuollon parissa toimivaa tahoa.

Kontaminaatio tarkoittaa radioaktiivisia aineita, joilla niin sanottu puhdas esine tai materiaali on likaantunut. Vaikka yleisesti kontaminaatio voi tarkoittaa mitä tahansa epäpuhtautta, tässä ohjeessa sillä tarkoitetaan yksinomaan radioaktiivista epäpuhtautta.

Kontaminaatiotaso (vaihtoehtoisesti aktiivisuuskate) tarkoittaa aktiivisuuden määrää suhteessa pinta-alaan. Se voi esimerkiksi ilmoittaa, kuinka paljon radioaktiivisia aineita on keskimäärin laskeutunut tietylle alueelle ympäristössä tai jonkin kappaleen pinnalle. Kontaminaatiotason yksiköitä ovat esimerkiksi Bq/cm^2 ja kBq/m^2.

LSA (Low Specific Activity) tarkoittaa VAK-kuljetuksissa vähäisen ominaisaktiivisuuden ainetta eli radioaktiivista ainetta, jolla on luonnostaan matala ominaisaktiivisuus tai johon sovelletaan arvioidun keskimääräisen ominaisaktiivisuuden raja-arvoja.

Lyhytikäinen jäte tarkoittaa tässä ohjeessa radioaktiivisia aineita sisältävää jätettä, jossa radioaktiivisten aineiden puoliintumisaika on suhteellisen lyhyt (alle kymmenen vuotta), ja radioaktiivisuuden määrää voidaan merkittävästi vähentää radioaktiivisen hajoamisen avulla varastoimalla jätteitä kohtuullisen ajan verran.

Pitkäikäinen jäte tarkoittaa tässä ohjeessa radioaktiivisia aineita sisältävää jätettä, jossa radioaktiivisten aineiden puoliintumisaika on suhteellisen pitkä (yli kymmenen vuotta), ja varastoinnilla ei voida saavuttaa merkittävää radioaktiivisuuden vähenemistä radioaktiivisen hajoamisen kautta kohtuullisessa ajassa.

Puoliintumisaika tarkoittaa sitä aikaa, jonka kuluessa radioaktiivisen aineen aktiivisuus on puolittunut alkuperäiseen määrään nähden. Puoliintumisaika voidaan ilmaista minkä tahansa ajan yksikön avulla (esimerkiksi sekunti, tunti tai vuosi).

Radioaktiivinen aine tarkoittaa ainetta, joka hajoaa itsestään ja lähettää ionisoivaa säteilyä. Radioaktiivinen aine muodostuu yhdestä tai useammasta radionuklidista (ks. ”radionuklidi”).

Radioaktiivinen jäte tarkoittaa tässä ohjeessa säteilyonnettomuuden seurauksena syntyvää radioaktiivisia aineita sisältävää jätettä, jonka käsittelyä säätelee säteilylaki. Toisin sanoen radioaktiivinen jäte on radioaktiivisia aineita sisältävää jätettä, joka kuuluu aktiivisuuspitoisuutensa puolesta jäteluokkaan I. Säteilylain

(859/2018) mukaan radioaktiivinen jäte tarkoittaa radioaktiivista ainetta tai sillä kontaminoitunutta laitetta, tavaraa ja ainetta, jolle ei ole käyttöä tai jolle ei löydy omistajaa, ja joka on tehtävä radioaktiivisuutensa puolesta vaarattomaksi.

Radioaktiivinen laskeuma tarkoittaa ilmasta erilaisille pinnoille laskeutuneita radioaktiivisia aineita sekä ulko- että sisätiloissa.

Radioaktiivinen puoliintuminen tarkoittaa radioaktiivisen aineen aktiivisuuden vähenemistä ajan saatossa radioaktiivisen hajoamisen seurauksena.

Radioaktiivisia aineita sisältävä jäte tarkoittaa varsinaista radioaktiivista jätettä sekä muuta jätettä tai hylättyä tuotetta. Tässä yhteydessä muulla jätteellä ja hylätyllä tuotteella tarkoitetaan sellaista jätettä, jonka käsittelyssä, jätehuollossa tai hyötykäytössä säteilysuojelulliset näkökohdat tulee huomioida, mutta jossa radioaktiivisten aineiden määrä on niin vähäinen, ettei jäte ole varsinaista radioaktiivista jätettä. Lisäksi hylätyillä tuotteilla tarkoitetaan tuotteita, jotka eivät lievän kontaminoitumisen vuoksi kelpaa niille tarkoitettuun käyttöön. Radioaktiivisia aineita sisältävät jätteet jaetaan niiden aktiivisuuspitoisuuden perusteella neljään eri luokkaan I, II, III ja IV, joista luokan I jätteet ovat aktiivisuuspitoisuudeltaan suurimmat ja kuuluvat säteilylain alaisuuteen. Luokkien II, III ja IV jätteet kuuluvat jätelain alaisuuteen. Määritelmä ja jäteluokkajako on esitetty Säteilyturvakeskuksen valmiusohjeessa VAL 1.

Radionuklidi eli radioisotooppi tarkoittaa jonkin alkuaineen radioaktiivista atomia. Toisin sanoen radionuklidi on yksittäisen alkuaineen atomi, jonka ydin on epävakaassa tilassa. Radionuklidi säteilee, sillä epävakaa ydin pyrkii kohti vakaata tilaa purkamalla ylimääräistä energiaa säteilemällä. Vakaan tilan saavutettuaan atomiydin ei enää säteile.

Ristikontaminaatio tai ristiin kontaminoituminen tarkoittaa radioaktiivisten aineiden leviämistä kontaminoituneesta materiaalista puhtaaseen materiaaliin, minkä jälkeen aiemmin puhdas materiaali on jatkossa käsiteltävä radioaktiivisia aineita sisältävänä materiaalina tai jätteenä.

SCO (Surface Contaminated Object) tarkoittaa VAK-kuljetuksissa pintakontaminoitunutta esinettä eli kiinteää kappaletta, joka ei itse ole radioaktiivinen, mutta jonka pinnalla on radioaktiivista ainetta.

Sekundäärijäte tarkoittaa radioaktiivisia aineita sisältävää jätettä, joka muodostuu jätteenkäsittelytoimenpiteiden seurauksena (esimerkiksi likaantuneet suojavarusteet, puhdistukseen käytetyt nesteet tai kontaminoituneet työkalut).

Sisäinen säteilyannos tarkoittaa ihmisen saamaa säteilyannosta, jonka on aiheuttanut kehon sisällä oleva radioaktiivinen aine.

STUK eli Säteilyturvakeskus on riippumaton viranomainen ja asiantuntija, jonka tehtävä on edistää ja valvoa säteilyturvallisuutta ja ydinenergian käytön turvallisuutta Suomessa.

Säteilyannos tarkoittaa ihmiseen (tai muuhun kohteeseen) kohdistuneen säteilyn määrää, jonka perusteella voidaan arvioida säteilyn aiheuttamia haitallisia terveysvaikutuksia. Säteilyannoksen yksikkö on sievert (Sv), ja siitä käytetään yleensä kerrannaisyksiköitä millisievert (mSv) sekä mikrosievert (µSv).

Säteilylaji tarkoittaa radioaktiivisen aineen tapaa lähettää säteilyä. Radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittelyssä huomioitavia säteilylajeja ovat alfa-, beeta- ja gammasäteily.

Säteilyonnettomuus tarkoittaa tässä ohjeessa onnettomuutta tai muuta tapahtumaa, jonka seurauksena aiheutuu hallitsematonta radioaktiivisten aineiden leviämistä ja radioaktiivisten aineiden päästöjä ympäristöön.

Säteilyonnettomuuden vaikutusalue tarkoittaa tässä ohjeessa ympäristön sitä alaa, johon on säteilyonnettomuuden seurauksena levinnyt radioaktiivisia aineita.

Säteilyvaaratilanne tarkoittaa tilannetta, jossa säteilyturvallisuuspoikkeaman seuraukset edellyttävät tai voivat edellyttää erityisiä toimenpiteitä pelastustoimintaan tai suojelutoimiin osallistuvien henkilöiden tai väestön säteilyaltistuksen rajoittamiseksi tai pienentämiseksi. Määritelmä on esitetty säteilylaissa (859/2018).

Tavanomaisella jätteellä tarkoitetaan tässä ohjeessa sellaista jätettä, joka on jätelain alaista, ja johon ei kohdistu minkäänlaisia vaatimuksia radioaktiivisuuden tai säteilylain soveltamisen osalta. Termillä viitataan sekä vaarattomaan että vaaralliseen jätteeseen, ellei toisin erikseen mainita.

Ulkoinen säteilyannos tarkoittaa ihmisen saamaa säteilyannosta, jonka on aiheuttanut kehon ulkopuolella oleva radioaktiivinen aine tai muu säteilylähde.

VAK tarkoittaa vaarallisten aineiden kuljetusta, jota sääntelee VAK-lainsäädäntö.

Valvonnasta vapautus tarkoittaa Säteilyturvakeskuksen valvomaa menettelyä, jossa radioaktiivisia aineita sisältäväksi materiaaliksi määritetty aine (esimerkiksi jäte) vapautetaan sen radioaktiivisuutta koskevasta viranomaisvalvonnasta, sillä perusteella, että aineen voidaan osoittaa sisältävän radioaktiivisia aineita valvonnasta vapautukselle asetettuja raja-arvoja vähäisemmän määrän. Säteilyturvakeskuksen hyväksynnällä valvonnasta voidaan vapauttaa myös vapauttamisrajan ylittävää materiaalia, jos sen jatkokäsittely ei aiheuta vähäistä suurempaa säteilyaltistuksen riskiä työntekijöille tai väestölle. Esimerkiksi vähäaktiivisesta onnettomuusjätteestä tulee valvonnasta vapautuksen jälkeen tavanomaista jätettä, jonka radioaktiivisuutta ei enää seurata.

Vähäaktiivinen onnettomuusjäte tarkoittaa tässä ohjeessa säteilyonnettomuuden seurauksena syntyvää radioaktiivisia aineita sisältävää jätettä, jonka käsittelyä sääntelee jätelaki. Toisin sanoen vähäaktiivinen onnettomuusjäte on radioaktiivisia aineita sisältävää jätettä, joka kuuluu aktiivisuuspitoisuutensa puolesta jäteluokkaan II, III tai IV.

YK-numero (vaihtoehtoisesti UN-numero) on vaarallisten aineiden kuljetuksissa kansainvälisesti käytetty nelinumeroinen tunniste, jolla vaarallinen aine tunnistetaan aina tietyksi aineeksi kuljetusmuodosta riippumatta (esimerkiksi UN 1203 = bensiini, tai UN 2913 = radioaktiivista ainetta, pintakontaminoituneet esineet).

1 Johdanto

Radioaktiivisia aineita on ympäristössämme ja arjessamme käytännössä kaikkialla. Normaalissa tilanteessa niiden pitoisuudet esimerkiksi tavanomaisissa jätteissä ovat kuitenkin niin pieniä, että tarvetta erikoistoimenpiteille säteilyn vuoksi ei ole. Näin ollen jätehuoltoalan toimijat joutuvat tekemisiin radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden kanssa vain harvoin. Varsinaisten radioaktiivisten jätteiden käsittely tapahtuu tarkoin kontrolloitujen ja valvottujen prosessien kautta näille tarkoitetuissa laitoksissa.

Onnettomuudet, joihin liittyy radioaktiivisten aineiden leviämistä ympäristöön, ovat hyvin harvinaisia. Kuitenkin niin pitkään kuin radioaktiivisia aineita yhteiskunnassamme käytetään, on aina olemassa pieni riski tällaisen onnettomuuden syntymiselle. Säteilyonnettomuuden seurauksena jätehuoltoalan toimijoiden käsiteltäväksi voi tulla huomattavan suuri määrä radioaktiivisia aineita sisältävää jätettä.

Paikallisia, pienemmän mittakaavan säteilyonnettomuuksia voi syntyä esimerkiksi radioaktiivisten aineiden kuljetusonnettomuustilanteissa. Tällaisen tapauksen seuraukset ja vaikutusalueen suuruus ovat tyypillisesti suhteellisen pienet, kun taas esimerkiksi huomattavan ydinvoimalaitosonnettomuuden seurauksena radioaktiivisia aineita voi levitä ympäristöön hyvin suurelle alalle. Myöskään tahallista radioaktiivisten aineiden levittämistä esimerkiksi likaisen pommin avulla ei voida sulkea pois mahdollisista säteilyonnettomuuden alkusyistä. On lisäksi huomattava, että vaikka onnettomuus tai radioaktiivisiin aineisiin liittyvä rikollinen teko tapahtuisi Suomen rajojen ulkopuolella, sen seurausvaikutukset voisivat kuitenkin ulottua Suomeen, kuten kävi esimerkiksi Tshernobylin ydinonnettomuuden vuoksi.

Säteilyonnettomuuden seurauksena syntyneistä jätteistä suurimmassa osassa radioaktiivisia aineita on niin vähän, että kyse ei ole määritelmän mukaisesta varsinaisesta radioaktiivisesta jätteestä. Tällaisista jätteistä huolehtiminen on kuitenkin tärkeää, sillä vaikka jätteiden radioaktiivisuuspitoisuus on matala, voi radioaktiivisuuden kokonaismäärä ympäristössä olla kuitenkin merkittävä. Näin ollen ympäristön puhdistamisella radioaktiivisista aineista on keskeinen vaikutus väestön säteilyaltistuksen rajoittamiseksi.

Ympäristön puhdistamisesta muodostuneiden jätteiden lisäksi säteilyonnettomuuden seurauksena voi aiheutua huomattava määrä sellaista jätettä, jonka sisältämä radioaktiivisuus ei estä jätteen hävittämistä normaaliin tapaan, mutta josta on kuitenkin muodostunut jätettä juuri lievän radioaktiivisen kontaminaation vuoksi. Tällaisia jätteitä aiheutuu muun muassa elintarvikkeista ja raaka-aineista, joiden sisältämä hyvin vähäinen radioaktiivisuus ei estäisi tuotteen tai materiaalin normaalia käyttöä, mutta joita ei kuitenkaan lasketa markkinoille tai jatkojalosteta esimerkiksi yritysten mainesyihin vedoten, tai koska tuotteiden tai raaka-aineiden aktiivisuuspitoisuutta ei pystytä luotettavasti määrittämään.

Suuren mittaluokan onnettomuuksissa radioaktiivisilla aineilla kontaminoituneet materiaalit muodostavat kokonaisuudessaan sellaisen jätemäärän, jota ei voida käsitellä järkevässä aikataulussa hyödyntäen ainoastaan olemassa olevia radioaktiivisen jätteen käsittelyyn tarkoitettuja laitoksia ja muita resursseja. Tämän vuoksi tavanomaisen jätehuollon toimijoiden osallistuminen tilanteen hoitoon on keskeisessä roolissa, jotta onnettomuuden vaikutukset saadaan hallittua ja elinympäristöstä tehtyä jälleen turvallinen nykyisille ja tuleville sukupolville.

Kaiken kaikkiaan säteilyonnettomuuksiin liittyvien alkutapahtumien ja seurausvaikutusten skaala on huomattava, ja myös syntyvien jätteiden määrä ja laatu voivat vaihdella merkittävästi tilanteesta riippuen. Jokaiseen yksittäiseen onnettomuustyyppiin ei voida valmistautua ennalta, mutta monia onnettomuuksia yhdistäviä tekijöitä voidaan kuitenkin ottaa varautumisessa huomioon. Etukäteen tehdyllä suunnittelulla ja valmiustason parantamisella on huomattava merkitys onnettomuustilanteen ja sen seurausten hoitamisen sujuvuuden kannalta. Niillä voidaan myös keskeisesti vähentää muodostuvan radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden kokonaismäärää.

2 Ohjeen soveltamisala, laajuus ja rajaukset

Tämän ohjeen tarkoituksena on opastaa jätehuoltoalan toimijoita säteilyonnettomuudesta aiheutuneiden radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittelyyn ja kuljetuksiin. Ohjetta sovelletaan vain säteilyonnettomuustilanteisiin, ja se on kohdistettu niin sanotun tavanomaisen jätehuollon parissa toimiville yrityksille, jotka eivät tavallisesti toimi radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden parissa.

Ohjeessa käydään läpi keskeiset säteilyyn ja radioaktiivisuuteen liittyvät käsitteet ja suureet, sekä aiheeseen liittyvä lainsäädäntö pääpiirteissään. Radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittelyn osalta esitetään periaatteet työskentelyn turvallisuudesta, sekä erilaisia käsittelytapoja, joita erityyppisten jätteiden osalta voidaan soveltaa. Myös radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden turvallisen kuljettamisen edellytykset kuvataan keskeisimmiltä osin. Ohjeen pääkappaleet ja niissä käsiteltävät asiat on esitetty tiivistetysti alla (katso Kuva 1).

Ohjeen laajuus kattaa edellä mainittuihin aihealueisiin liittyvät toiminnot siltä osin, kuin ne koskettavat tavanomaisen jätehuollon toimijoita. Näin ollen esimerkiksi radioaktiivisesti kontaminoituneella onnettomuusalueella tehtäviä jätehuoltotoimenpiteitä ei käsitellä yksityiskohtaisella tasolla. Kokonaiskuvan kannalta on kuitenkin tärkeää tunnistaa, että jätteenkäsittelyketjun alkuvaiheissa tehdyillä toimilla ja ratkaisuilla on usein keskeinen vaikutus jätteen jatkokäsittelyn kannalta. Tästä johtuen säteilyonnettomuusalueella tehtävän ja jätehuoltotoimijan toteuttaman jätteenkäsittelyn välinen rajapinta on merkittävä.

Kuva 1. Ohjeen pääkappaleet ja niissä käsitelty pääsisältö.

3 **Säteilyvaaratilanne jätehuollon näkökulmasta**
Mitä: yleiskuvaus säteilyvaaratilanteesta ja jätehuollon roolista säteilyonnettomuuden hoidossa.
Lue, jotta: ymmärrät ohjeessa käsitellyn aiheen taustan, keskeisiä määritelmiä ja laajemman kontekstin.

4 **Lainsäädäntö lyhyesti**
Mitä: tiivistetty esitys keskeisimmästä aiheeseen liittyvästä lainsäädännöstä.
Lue, jotta: ymmärrät mitkä lait ja muut säädökset aiheeseen keskeisesti vaikuttavat ja mikä on niiden sisältö pääpiirteissään.

5 **Radioaktiivisuuden vaikutus jätteenkäsittelytoimenpiteisiin**
Mitä: tiivis kuvaus radioaktiivisuudesta, säteilystä ja niiden vaikutuksesta jätteenkäsittelyyn.
Lue, jos: radioaktiivisuus ja säteily sekä niihin liittyvät suureet ja mittaukset eivät ole ennestään tuttuja.

6 **Työturvallisuus käsiteltäessä vähäaktiivisia onnettomuusjätteitä**
Mitä: kuvaus siitä, miten radioaktiivisilta aineilta ja säteilyltä voi suojautua ja mitä säteilylle altistumisesta määrätään.
Lue, jotta: ymmärrät radioaktiivisilta aineilta ja säteilyltä suojautumisen perusperiaatteet ja säteilyaltistukselle asetetut raja-arvot.

7 **Säteilyonnettomuuden seurauksena syntyvät jätteet**
Mitä: yleiskuvaus säteilyonnettomuuden aiheuttamista jätetyypeistä ja -määristä sekä niihin liittyvistä muuttujista.
Lue, jotta: saat yleisen käsityksen siitä, millaisia jätteitä ja kuinka suuria jätemääriä säteilyonnettomuus voi aiheuttaa.

8 **Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden kuljetukset**
Mitä: esitys jätteiden kuljetuksia koskevista vaatimuksista sekä jäte- että VAK-lainsäädännön alaisten kuljetusten osalta.
Lue, jotta: ymmärrät mitä jätteiden kuljetuksen osalta on otettava huomioon ja mitä vaatimuksia kuljetuksiin liittyy.

9 **Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittely**
Mitä: yleisen tason kuvaus jätteiden käsittelyprosessista sekä mahdollisista käsittelymenetelmistä.
Lue, jotta: saat käsityksen siitä, mitä vaiheita jätteenkäsittelyyn liittyy ja mitä menetelmiä jätteenkäsittelyssä voidaan hyödyntää.

10 **Jätehuollon varautuminen säteilyonnettomuuksia varten**
Mitä: kuvaus jätehuollon varautumisen merkityksestä sekä esimerkkejä toimenpiteistä valmiustason parantamiseksi.
Lue, jotta: saat tietää, mitä asioita jätehuoltotoimijan varautumisessa voi ottaa huomioon.

3 Säteilyvaaratilanne jätehuollon näkökulmasta

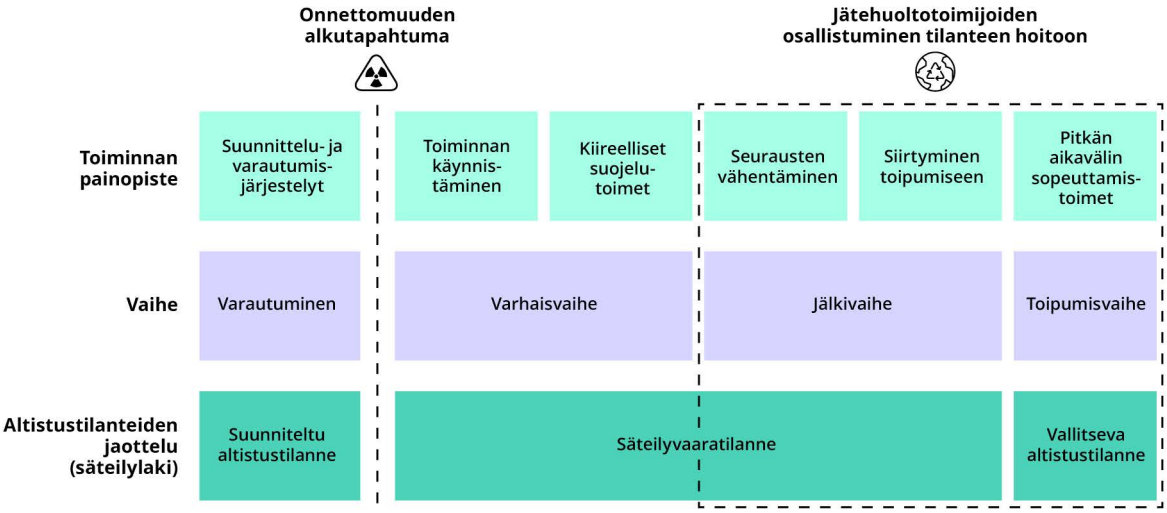
Jätehuoltoa koskettavia säteilyvaaratilanteita syntyy sellaisissa säteilyonnettomuuksissa, joissa radioaktiivisia aineita pääsee leviämään ympäristöön. Ympäristön puhdistaminen radioaktiivisilla aineilla kontaminoituneista materiaaleista on yksi toimenpide, joilla vähennetään väestön altistumista säteilylle sekä lyhyellä että pitkällä aikajänteellä.

Säteilyvaaratilanteet jaetaan Säteilyturvakeskuksen (STUK) VAL 1 -ohjeen (suojelutoimet säteilyvaaratilanteessa) [1] mukaisesti kahteen ajalliseen vaiheeseen sen perusteella, onko radioaktiivisten aineiden vapautumista ja leviämistä ympäristöön vielä odotettavissa, ja kuinka kattavia tai millaisia suojelutoimenpiteitä toteutetaan väestön suojelemiseksi (katso Kuva 2):

Varhaisvaiheessa radioaktiivisia aineita vapautuu päästölähteestä ympäristöön, jossa ne leviävät laajemmalle alueelle. Toteutettavat väestön ja tilanteen hoitoon osallistuvien työntekijöiden säteilyaltistusta rajoittavat suojelutoimenpiteet ovat kattavia.

Jälkivaiheessa radioaktiivisten aineiden vapautumista ympäristöön tai niiden merkittävää tai nopeaa leviämistä ympäristössä ei ole enää odotettavissa. Suojelutoimenpiteitä puretaan, lievennetään ja muutetaan mahdollisuuksien ja tarpeiden mukaan.

Kuva 2. Säteilyvaaratilanteen kehittyminen ja vaiheet. Muokattu lähteestä [1].



Varsinainen säteilyvaaratilanne päättyy jälkivaiheen loppumiseen siinä vaiheessa, kun ympäristön säteilytilanne on saatu yhteiskunnan kannalta pitkäaikaisesti tai pysyvästi hyväksyttävälle tasolle. Jätehuoltotoimijoiden aktiivinen osallistuminen säteilyonnettomuuden hoitoon alkaa jälkivaiheen aikana, mutta jätteenkäsittelytoiminta voi painottua toipumisvaiheeseen erityisesti vaikutuksiltaan suurissa onnettomuuksissa. Tällöin ympäristössä saattaa olla radioaktiivisia aineita niin laajalla alueella, että ympäristön puhdistukseen tähtäävät jätehuollon toimenpiteet voivat jatkua toipumisvaiheessa vielä pitkään. Radioaktiiviset aineet eivät tällöin enää kuitenkaan muodosta akuuttia vaaraa väestölle suurella vaikutusalueella. Pienemmille alueille voidaan asettaa pitkäaikaisia käyttörajoituksia, mikäli säteilytasot eivät ole hyväksyttävällä tasolla.

Todellisuudessa säteilyvaaratilanteiden eri vaiheet ja niihin liittyvät toimenpiteet eivät ole näin yksiselitteisesti määritettävissä. Tämän ohjeen tarkastelulaajuus kuitenkin käsittää säteilyvaaratilanteen jälkivaiheen ja sitä

seuraavan vallitsevan altistustilanteen toipumisvaiheen siinä tapauksessa, että ympäristön puhdistamista radioaktiivisista aineista on tarpeen jatkaa pitkäaikaisesti vielä varsinaisen säteilyvaaratilanteen päättymisen jälkeen.

Jätteiden kannalta ohje koskee radioaktiivisia aineita sisältäviä jätteitä, jotka ovat jätelain sääntelyn alaisia, mutta joihin sovelletaan säteilylain periaatteita jätteiden sisältämien radioaktiivisten aineiden vuoksi. Jätteitä siis käsitellään monessa suhteessa tavanomaisten jätteiden tapaan, mutta radioaktiivisuuden vaikutus ja säteilysuojelu on otettava niiden käsittelyketjussa huomioon säteilyaltistuksen estämiseksi ja rajoittamiseksi. Tällaista jätettä kutsutaan tässä ohjeessa **vähäaktiiviseksi onnettomuusjätteeksi**, ja se kuuluu aktiivisuuspitoisuudeltaan radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden jäteluokkaan II, III tai IV (katso Taulukko 1). Luokan I jätteet ovat varsinaisia säteilylain alaisia radioaktiivisia jätteitä, jotka voivat sisältää huomattavan suuria määriä radioaktiivisia aineita.

Taulukko 1. Radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden luokittelu niiden aktiivisuuspitoisuuden mukaan. Muokattu lähteestä [1].

		Radioaktiivisia aineita sisältävät jätteet			
Kategoria		Radioaktiivinen jäte	Vähäaktiivinen onnettomuusjäte		
Sääntelevä laki		Säteilylaki	Jätelaki		
Jäteluokka		I	II	III	IV
Aktiivisuuspitoisuus (Bq/kg)	Alfasäteilijät	> 100 000	1000 – 100 000	100 – 1000	< 100
	Voimakkaat gamma- ja beetasäteilijät	> 1 000 000	10 000 – 1 000 000	1000 – 10 000	< 1000
	Heikot gamma- ja beetasäteilijät	> 10 000 000	100 000 – 10 000 000	10 000 – 100 000	< 10 000

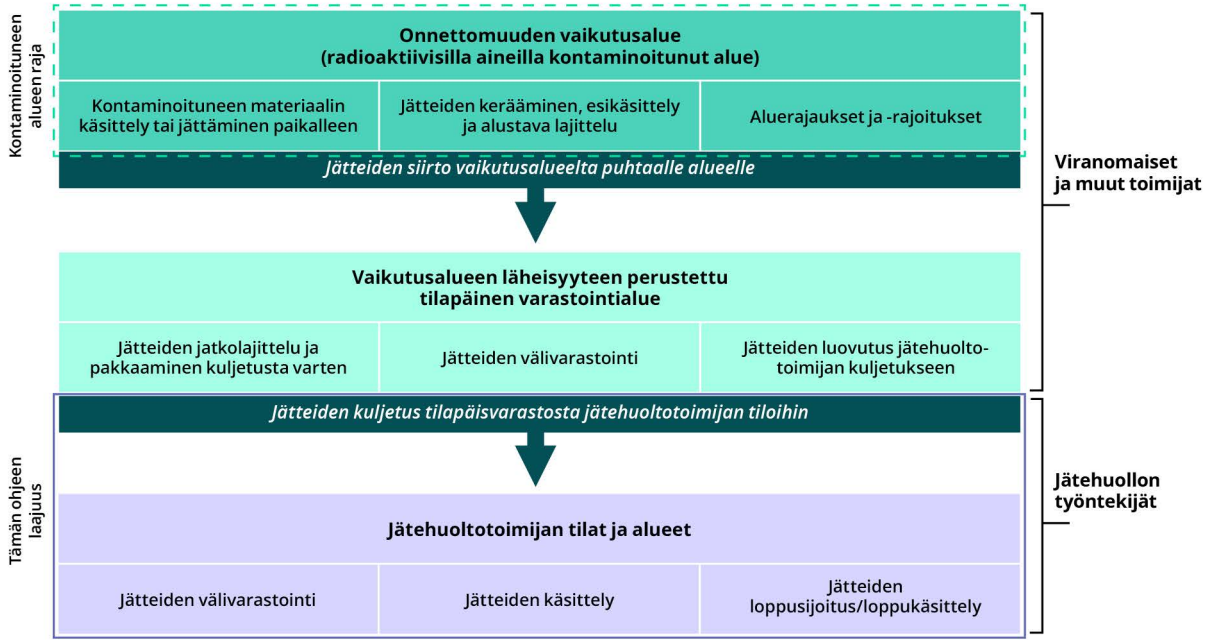
Sanallisesti jäteluokkia ja niiden käsittelyä voidaan kuvata seuraavasti [1]:

- **Luokka I:** jätteet, jotka on eristettävä elinympäristöstä.
- **Luokka II:** jätteet, joiden käyttöä on tarpeen säädellä säteilyaltistuksen rajoittamiseksi.
- **Luokka III:** jätteet, joiden käytössä mahdollinen säteilyaltistus tulee huomioida.
- **Luokka IV:** jätteet, joiden käyttöä ei ole tarpeen säädellä säteilyaltistuksen rajoittamiseksi, mutta joita ei lievän kontaminoitumisensa vuoksi enää kelpuuteta aiottuun käyttöön.

Jätteiden käsittelyn ensisijaisena tavoitteena on käsitellä jätteet tavanomaisten menetelmien mukaisesti niin pitkälti kuin mahdollista säteilyturvallisuus huomioiden. Toisena tavoitteena on radioaktiivisia aineita sisältävän jätemäärän minimointi, mikäli tämä on säteilyturvallisuuden näkökulmasta perusteltua. Ne osat vähäaktiivisista onnettomuusjätteistä, jotka saadaan käsiteltyä radioaktiivisista aineista erilleen tai sisältävät niitä vain hyvin vähäisiä määriä, voidaan käsitellä tavanomaisten jätteiden tapaan alkuperäisestä luokituksesta riippumatta sen jälkeen, kun ne on vapautettu jätteiden radioaktiivisuutta koskevasta valvonnasta. Valvonnasta vapautusta kuvataan tarkemmin kappaleessa 9.5.

Jätehuoltotoimija liittyy mukaan säteilyonnettomuuden hoitoon siinä vaiheessa, kun vähäaktiivisia onnettomuusjätteitä noudetaan kuljetukseen onnettomuuden vaikutusalueen yhteyteen perustetulta tilapäisvarastointialueelta tai suoraan onnettomuusalueelta, mikäli erillisen välivarastointialueen käyttö ei ole perusteltua. Tämä rajapinta ja sitä edeltäneet vaiheet on pääpiirteissään esitetty alla (katso Kuva 3).

Kuva 3. Yleiskuva säteilyonnettomuuden jätteenkäsittelystä eri toimijoiden osalta.



Edellä oleva kuva esittää jätteenkäsittelyn kulkua tilanteessa, jossa jätteiden hallinta edellyttää varsinaisia käsittelytoimenpiteitä ja käsittely on tarkoituksenmukaisinta toteuttaa hyödyntämällä jätehuoltotoimijoiden prosesseja, tiloja, alueita ja resursseja. On huomattava, että joissain tilanteissa tai joidenkin jätejakeiden osalta jätteiden hallintaketju voi toteutua myös eri tavalla. Mikäli jätemäärä on suuri ja soveltuvat jätteenkäsittelypisteet sijaitsevat kaukana onnettomuusalueesta, voi tarvittavien kuljetusten määrä ja kuljetettavien matkojen pituus nousta huomattavan korkeaksi. Tällöin voidaan harkita myös uusien jätteenkäsittelytilojen ja -alueiden perustamista onnettomuusalueen läheisyyteen. Vaihtoehtoisesti osa jätteistä voi olla mahdollista siirtää onnettomuusalueelta tai tilapäiseltä varastointialueelta suoraan sen hyödyntämis- tai loppukäyttöpaikkaan ilman varsinaista käsittelyä (esimerkkinä lievästi kontaminoituneen maa-aineksen hyödyntäminen maarakentamisessa tai tienpohjissa).

Säteilyonnettomuuden luonne, alkutapahtuma, sijainti, radioaktiivisen päästön lähde ja muun muassa vuodenaika vaikuttavat merkittävästi siihen, kuinka suuresta jätemäärästä voi olla kyse ja millaisia tämän jätteen säteilyominaisuudet ovat. Tässä ohjeessa lähtökohtana on suuren mittaluokan onnettomuus, jonka seurauksena radioaktiivisia aineita voi levitä ympäristöön hyvin laajalle alueelle, ja jätteessä esiintyy säteilyominaisuuksiltaan erilaisia radionuklideja. Käytännössä tämä tarkoittaa, että jätehuoltotoimijoiden laaja osallistuminen on välttämätöntä tilanteen hoitamiseksi, ja käsittelymenetelmiä suunnitellessa on otettava huomioon erilaiset tavat altistua säteilylle.

Säteilyvaaratilanteen jälkivaiheen aikana viranomaistasolla päätetään siitä, millaisia puhdistustoimenpiteitä säteilyonnettomuuden vaikutusalueella tullaan toteuttamaan, ja kuinka laajasti alueella olevia kontaminoituneita materiaaleja tullaan osoittamaan jätteeksi. Esimerkiksi osa radioaktiivisesti kontaminoituneista maa-alueista voidaan käsitellä omalla paikallaan materiaalia siirtämättä, jolloin varsinaista jätettä ei välttämättä muodostu. Näin ollen tehdyillä viranomaispäätöksillä ja sekä jälki- että varhaisvaiheen aikaisilla toimenpiteillä on keskeisesti vaikutusta siihen, millaisia käsittelyä vaativia jätteitä onnettomuudesta muodostuu ja missä laajuudessa.

Suuren mittaluokan säteilyonnettomuudessa, jossa radioaktiivisia aineita on levinnyt ympäristöön suurelle alueelle, voi yksi toimintatapa olla myös kontaminoituneen materiaalin paikalleen jättäminen ilman käsittelytoimenpiteitä, kontaminoituneen alueen rajaaminen sekä kulkurajoitusten asettaminen. Tämä voi olla järkevin vaihtoehto tilanteissa, joissa radioaktiivisia aineita on ympäristössä vain pieniä pitoisuuksia, radioaktiivisten aineiden puoliintumisaika on lyhyt ja radioaktiivisilla aineilla kontaminoituneiden maa-alueiden käsittely

aiheuttaisi suhteettoman suuren työmäärän siitä saatuihin hyötyihin nähden. Alueen rajaaminen ja pitkäaikaisten kulkurajoitusten asettaminen voi olla perusteltua myös tapauksessa, jossa radioaktiivisia aineita on ympäristössä suuria määriä, mutta kokonaisvaltaisesti arvioiden niiden poistaminen ympäristöstä ei ole toteutettavissa käytännöllisesti, teknisesti tai taloudellisesti.

Pohdi: millaisessa roolissa organisaatio voisi olla säteilyonnettomuudesta aiheutuneiden vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyssä ja kuljettamisessa?



4 Lainsäädäntö lyhyesti

Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyn ja kuljetusten osalta keskeisintä lainsäädäntöä ovat jätelaki ja siitä johdetut alemman tason säädökset, sillä käsiteltävät jätteet kuuluvat jätelain alaisuuteen. Koska jätteet kuitenkin sisältävät radioaktiivisia aineita, niiden käsittelyssä sovelletaan säteilylain periaatteita, jotka on keskeistä tuntea pääpiirteissään turvallisten toimintatapojen suunnittelemiseksi ja toteuttamiseksi.

Kun toimitaan jätteiden parissa ja tehtävillä jätehuoltotoimilla tavoitellaan väestön säteilysuojelun lisäksi ympäristön pilaantumisen ehkäisemistä, toimintaa ohjaa vahvasti myös ympäristönsuojelulaki. Kuljetusten kannalta on keskeistä huomioida, että kuljetukseen sovelletaan lakia vaarallisten aineiden kuljetuksesta silloin, kun kuljetettava aine luokitellaan vaaralliseksi aineeksi kuljetuksessa aineen radioaktiivisuuden tai jonkin muun kyseisen lain määrittelemän vaarallisen ominaisuuden perusteella.

4.1 Jätelainsäädäntö

Jätelaissa (646/2011) [2] säädetään jätehuollon järjestämistä ja toteuttamista koskevista yleisistä vaatimuksista ja periaatteista. Jätelain 1 §:ään on lain tarkoituksesta kirjattu seuraavalla tavalla:

”Tämän lain tarkoituksena on edistää kiertotaloutta ja luonnonvarojen käytön kestävyyttä, vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta, ehkäistä jätteistä ja jätehuollosta aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle ja ympäristölle, varmistaa toimiva jätehuolto sekä ehkäistä roskaantumista.”

Lain tavoitteet soveltuvat hyvin myös vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyyn, jolloin mainituista asioista korostuvat ennen kaikkea jätteen määrän ja haitallisuuden vähentäminen sekä jätteistä aiheutuvan vaaran ja haitan ehkäiseminen.

Keskeistä on huomata, että jätelakia ei sovelleta säteilylain tarkoittamien radioaktiivisten jätteiden käsittelyyn. Soveltamisalan rajaus on sikäli selkeä, että jätehuollon käsiteltäväksi päätyvät vähäaktiiviset onnettomuusjätteet eivät ole säteily- vaan jätelain alaisia. Soveltamisalan rajanvedosta kuitenkin seuraa, että jätelainsäädäntö ei itsessään ota kantaa radioaktiivisuuteen, eikä radioaktiivisuutta ole esimerkiksi määritelty vaaraominaisuudeksi, jonka perusteella jäte voidaan määritellä vaaralliseksi jätteeksi. Säteilylain periaatteiden soveltaminen vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelemisessä onkin tarpeen ennen kaikkea siksi, että radioaktiivisuus voi jätelainsäädännössä määriteltyjen vaaraominaisuuksien tapaan olla haitallista terveydelle tai ympäristölle.

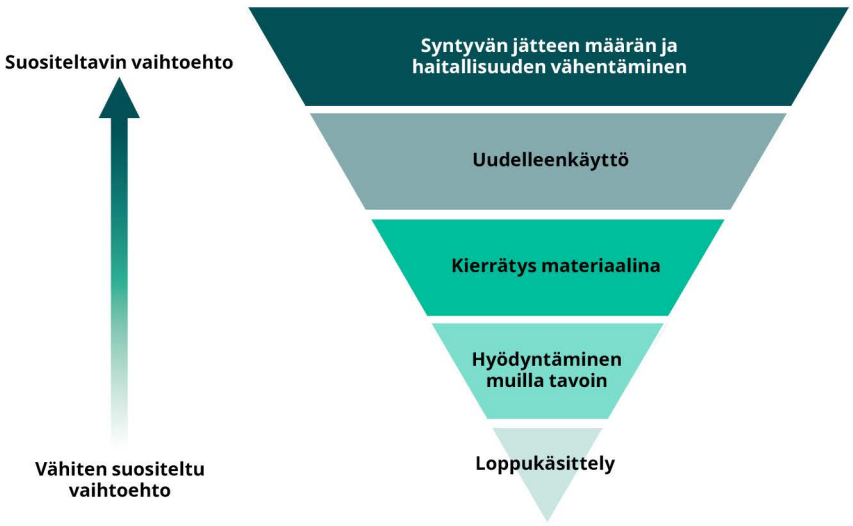
Turvallisuuden takaamiseksi onnettomuusjätteiden käsittelyssä voikin olla hyödyllistä soveltaa joitakin vaarallisia jätteitä koskevia vaatimuksia esimerkiksi jätteen pakkaamisen ja merkitsemisen (16 §) sekä siirtoasiakirjan (121 §) osalta. Myös vaarallisten jätteiden sekoittamiskieltoa (17 §) on pidettävä lähtökohtaisena periaatteena vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden kohdalla, jotta radioaktiivisia aineita sisältävän jätteen kokonaismäärä pysyy mahdollisimman pienenä. Sinällään sekoittamiskielto vastaakin säteilylaissa esitettyä kieltoa radioaktiivisten jätteiden tarkoituksellisesta laimentamisesta.

Muita vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyn ja kuljetusten kannalta olennaisia jätelain kohtia ja niihin liittyviä näkökulmia ovat muun muassa seuraavat:

- Yleinen velvollisuus noudattaa etusijajärjestystä (8 §)
  - Kiertotaloutta ja luonnonvarojen kestävää käyttöä parantavia jätehuoltoratkaisuja (katso Kuva 4) on suosittava myös onnettomuusjätteiden käsittelyssä, mutta ei kuitenkaan turvallisuusnäkökohtien kustannuksella.
- Selvilläolo- ja tiedonantovelvollisuus (12 §)
  - Jätteen haltijan on oltava selvillä jätteen keskeisistä ominaisuuksista ja annettava nämä tiedot muille jätehuollon toimijoille.
  - Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden kohdalla on huomioitava tavanomaisten tietojen lisäksi jätteen radioaktiivisuuteen liittyvät tiedot.

- Jätteestä ja jätehuollosta aiheutuvan vaaran ja haitan ehkäiseminen (13 §)
  - Jätehuolto on järjestettävä ja toteutettava siten, ettei siitä aiheudu vaaraa tai haittaa terveydelle, ympäristölle tai yleiselle turvallisuudelle.
  - Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden tapauksessa on huomioitava myös väestön ja työntekijöiden säteilyturvallisuus.
- Jätteiden erilliskeräysvelvollisuus (15 §)
  - Lajiltaan ja laadultaan erilaiset jätteet on kerättävä toisistaan erillään, eikä niitä saa sekoittaa muihin jätteisiin tai materiaaleihin.
  - Erilliskeräysvelvollisuudesta voidaan poiketa muun muassa silloin, kun se ei johda ympäristöön kohdistuvien kokonaisvaikutusten kannalta parhaaseen lopputulokseen.
  - Erilliskeräyksen osalta on huomattava radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden yleiset lajittelu- ja käsittelyperiaatteet: radioaktiivisia aineita sisältäviä jätteitä ei sekoiteta radioaktiivisuudesta puhtaiden jätteiden kanssa, eikä eri jäteluokissa olevia radioaktiivisia aineita sisältäviä jätteitä yhdistetä keskenään.
- Kirjanpito- ja tiedonantovelvollisuus (118 §)
  - Jätteistä on pidettävä kirjaa, ja tiedot on tarvittaessa annettava muille jätehuoltotoimijoille.
- Kirjanpitoon sisällytettävät tiedot ja niiden käsittely (119 §)
  - Kirjanpitoon on sisällytettävä tietoja muun muassa jätteen lajista, laadusta, määrästä, alkuperästä, toimituspaikasta, kuljetuksesta ja käsittelystä.
  - Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden osalta on lisäksi huomioitava radioaktiivisuuteen liittyvät tiedot, jotka kirjanpitoon tulee sisällyttää.

Kuva 4. Jätehuollon etusijajärjestys, jota noudatetaan mahdollisuuksien mukaan myös vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyssä.



Jätelakia täydentävät ja tarkentavat useat valtioneuvoston asetukset. Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden osalta näistä keskeisiä voivat olla esimerkiksi valtioneuvoston asetus jätteistä (978/2021) [3], valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (331/2013) [4] ja valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta (151/2013) [5].

4.2 Säteilylainsäädäntö

Säteilylain (859/2018) [6] tarkoitus on terveyden suojelu säteilyn aiheuttamilta haitoilta sekä säteilystä aiheutuvien ympäristö- ja muiden haittojen ehkäiseminen ja vähentäminen. Lakia sovelletaan normaalin säteilytoiminnan lisäksi myös säteilyvaaratilanteeseen ja vallitsevaan altistustilanteeseen, eli säteilyonnettomuuden kaikkiin eri vaiheisiin (katso Kuva 2).

Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyn osalta keskeisiä ovat säteilylain pykälät, jotka koskevat radioaktiivisia jätteitä, sillä lain mukaan näitä sovelletaan myös jätelain alaisiin radioaktiivisia aineita sisältäviin jätteisiin:

”Mitä radioaktiivisesta jätteestä säädetään, sovelletaan väestön ja työntekijöiden säteilysuojelua koskevin osin myös jätteeseen, joka ei ole tässä laissa tarkoitettua radioaktiivista jätettä, mutta jonka jätehuollossa säteilyturvallisuus on tarpeen huomioida.” (78 §).

Säteilylain nojalla annetussa valtioneuvoston asetuksessa ionisoivasta säteilystä (1034/2018) [7] tarkennetaan, että edellä mainitussa 78 §:ssä tarkoitetaan sellaisia jätteitä, jotka ovat syntyneet suojelutoimien toteuttamisessa (eli onnettomuuden vaikutusalueella tehdyissä toimenpiteissä) ja joiden aktiivisuuspitoisuus on suurempi kuin säteilylain 85 §:n tarkoittama vapauttamisraja.

Vapauttamisrajat ovat radionuklidikohtaisia aktiivisuuspitoisuuden raja-arvoja, joiden alittuessa radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden (tai muun materiaalin) radioaktiivisuuden aiheuttama haitta terveydelle tai ympäristölle on niin vähäinen, että niitä voi käyttää uudelleen, kierrättää, hyödyntää ja loppukäsitellä niiden sisältämän radioaktiivisuuden estämättä. Muussa tapauksessa edellä mainitut toiminnat edellyttävät Säteilyturvakeskuksen hyväksynnän (84 §). Molemmissa tapauksissa edellytyksenä edellä mainituille toiminnoille on jätteiden vapautus valvonnasta Säteilyturvakeskuksen hyväksymän menettelyn kautta. Vapauttamisrajat on asetettu Säteilyturvakeskuksen määräyksessä STUK SY/1/2018 [8].

Säteilylain 78 §:n 2 momentin mukaan radioaktiivisia aineita sisältäviä jätteitä ei saa tarkoituksellisesti laimentaa niiden viranomaisvalvonnasta vapauttamiseksi esimerkiksi siten, että laimentamisen seurauksena jätteiden aktiivisuuspitoisuudet olisivat vapauttamisrajoja pienemmät. Laimentamis-/sekoittamiskieltoa on lähtökohtaisesti noudatettava myös eri jäteluokkien välillä sekä radioaktiivisia aineita sisältävien ja sisältämättömien jätteiden osalta, vaikka tällä ei suoranaisesti tavoiteltaisikaan valvonnasta vapauttamista.

Yleisellä tasolla vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittely on suunniteltava ja toteutettava siten, että toiminnan seurauksena radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden määrä pysyy niin pienenä kuin käytännöllisesti katsoen on mahdollista. Käytännöllisyyttä arvioitaessa on otettava huomioon, että säteilylaissa esitetyt säteilysuojelun kolme johtavaa periaatetta toteutuvat:

- Oikeutusperiaate (5 §)
  - **Määritelmä:** ”Säteilytoiminta ja suojelutoimet ovat oikeutettuja, jos saavutettava kokonaishyöty on suurempi kuin aiheutuvat haitat”.
  - **Tarkoitus:** Radioaktiivisiin aineisiin ja säteilyyn liittyvän toiminnan (esimerkiksi säteilyonnettomuuden seurauksena tehtävän ympäristön puhdistamisen) tulee kokonaiskuvassa tuottaa enemmän hyötyä kuin aiheuttaa haittaa.
  - **Soveltaminen:** Oikeutusperiaatteen tulee toteutua esimerkiksi silloin, kun tehdään päätöksiä säteilyonnettomuuden seurauksena ympäristöön levinneiden radioaktiivisten aineiden puhdistamisesta.
- Optimointiperiaate (6 §)
  - **Määritelmä:** ”Säteilysuojelun optimoimiseksi työperäinen altistus ja väestön altistus ionisoivalle säteilylle on pidettävä niin vähäisenä kuin se käytännöllisin toimenpitein on mahdollista”.
  - **Tarkoitus:** Säteilylle altistuminen on aina rajoitettava mahdollisimman vähäiseksi käytännölliset näkökohdat huomioiden, ja tarpeeton säteilylle altistuminen on estettävä.
  - **Soveltaminen:** Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittely on suunniteltava ja toteutettava siten, että työntekijöille ja väestölle aiheutunut säteilyaltistus pysyy mahdollisimman pienenä, vaikka yksilölliset annokset eivät suhteellisesti ottaen olisikaan suuria.

- Yksilönsuojaperiaate (7 §)
  - **Määritelmä:** ”Säteilytoiminnassa työntekijän ja väestön yksilön säteilyannos ei saa olla annosrajaa suurempi”.
  - **Tarkoitus:** Työntekijöiden ja väestön säteilyaltistuksen on pysyttävä lainsäädännössä asetettuja raja-arvoja pienempinä. Raja-arvot on asetettu siten, että niiden alittuessa säteilyn aiheuttamat terveysvaikutukset ovat hyvin epätodennäköisiä.
  - **Soveltaminen:** Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelystä ja kuljettamisesta ei saa aiheutua työntekijöille asetettuja raja-arvoja suurempaa säteilyaltistusta.

Säteilylain tarkoittama säteilyn käyttö ja muu säteilytoiminta voivat edellyttää Säteilyturvakeskuksen myöntämää turvallisuuslupaa. Säteilyvaaratilanteessa (eli jätehuollon näkökulmasta säteilyonnettomuuden jälkivaiheessa) turvallisuuslupaprosessia ei ylläpidetä eikä turvallisuuslupaa näin ollen edellytetä tilanteen luonteen vuoksi. Tässä vaiheessa vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyyn ja kuljetuksiin osallistuvat työntekijät lukeutuvat säteilylain tarkoittamiin säteilyvaara-avustajiin. Säteilylain 134 §:n nojalla säteilyvaara-avustajien työperäinen altistus on mahdollisuuksien mukaan pidettävä säteilytyöntekijöiden annosrajoja (20 mSv/a) pienempänä.

Vallitsevassa altistustilanteessa eli säteilyonnettomuuden toipumisvaiheessa turvallisuuslupaprosessi on jälleen käytössä. Tässä vaiheessa tehtävä radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittely ja kuljettaminen saattavat edellyttää turvallisuuslupaa, jonka hakeminen on toiminnanharjoittajan vastuulla. Säteilylain 141 §:n nojalla turvallisuuslupa vaaditaan, mikäli työntekijöille aiheutuva säteilyaltistus voi ylittää suojelutoimille asetetun työperäisen altistuksen viitearvon, joka on yksi millisievert vuodessa (1 mSv/a). Viitearvo on annettu sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa ionisoivasta säteilystä [9].

Vähäaktiivisen onnettomuusjätteen käsittelyn parissa toimivien työntekijöiden altistumista säteilylle on arvioitava ja seurattava. Vallitsevassa altistustilanteessa toteutettavat suojelutoimet (mukaan lukien vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittely ja kuljetus) on pyrittävä toteuttamaan siten, että edellä esitetty viitearvo ei ylity. Mikäli viitearvon kuitenkin arvioidaan ylittyvän, on jätteenkäsittely määritettävä säteilytyöksi ja siihen osallistuvat työntekijät säteilytyöntekijöiksi. Toiminnasta tulee tässä tapauksessa siis turvallisuusluvan alaista, jolloin siihen pätevät useat säteilylain yksityiskohtaisemmat pykälät koskien esimerkiksi työntekijöiden säteilysuojelua, luokittelua ja terveydenseurantaa, työskentelyalueiden aluejakoa sekä altistusolosuhteiden ja henkilökohtaisten annosten tarkkailua. Säteilyaltistuksen seurantaa on käsitelty tarkemmin kappaleessa 6.2.

4.3 Ympäristönsuojelulainsäädäntö

Ympäristönsuojelulainsäädäntö muodostuu ympäristönsuojelulaista, valtioneuvoston asetuksesta ympäristönsuojelusta sekä muista aihekohtaisista lakia täydentävistä asetuksista. Jätehuollon näkökulmasta ympäristönsuojelulain [10] keskeisenä tarkoituksena on:

- ehkäistä ja vähentää ympäristön pilaantumista sekä päästöjä,
- torjua ympäristövahinkoja,
- turvata terveellinen ja viihtyisä ympäristö,
- vähentää jätteiden määrää ja haitallisuutta sekä ehkäistä jätteistä aiheutuvia haitallisia vaikutuksia, ja
- tehostaa ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutusten arviointia ja huomioon ottamista kokonaisuutena.

Ympäristönsuojelulakia sovelletaan toimintaan, josta saattaa aiheutua ympäristön pilaantumista tai jossa syntyy jätettä, sekä varsinaiseen jätteenkäsittelyyn. Lain soveltamisalan rajauksen perusteella sitä ei kuitenkaan sovelleta säteilystä aiheutuvien haittavaikutusten ehkäisemiseen siltä osin, kuin siitä säädetään säteilylaissa. Tästä huolimatta ympäristönsuojelulain määritelmä päästöstä kattaa myös säteilyn aiheuttaman vaikutuksen ympäristön pilaantumiselle. Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyn lainsäädännöllinen asema onkin siinä mielessä erikoinen, että sen suunnittelussa ja toteutuksessa on huomioitava sekä jäte-, säteily- että ympäristönsuojelulaki.

Sinänsä radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittelyssä pätevät samat ympäristönsuojelulaista polveutuvat vaatimukset ja velvoitteet kuin jätehuoltotoimijan tavanomaisessakin toiminnassa. Näitä ovat esimerkiksi

velvollisuudet toiminnan ympäristövaikutusten selvillä olosta sekä ympäristön pilaantumisen ehkäisemisestä ja rajoittamisesta. Myös kiellot maaperän tai pohjaveden pilaamisesta ovat hyvinkin oleellisia ottaen huomioon radioaktiivisten aineiden mahdollisen pitkäikäisyyden. On myös selvää, että vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittely kuuluu ympäristönsuojelun yleisen luvanvaraisuuden piiriin siinä missä muukin ammattimainen jätteenkäsittely.

4.4 Vaarallisten aineiden kuljetusta koskeva lainsäädäntö

Vaarallisten aineiden kuljetuksia (VAK) koskevan lainsäädännön tarkoituksena on ehkäistä ja torjua vahinkoa ja vaaraa, joita vaarallisten aineiden kuljettaminen saattaa ihmisille, ympäristölle ja omaisuudelle aiheuttaa. VAK-lainsäädäntö on kattava kokonaisuus, joka muodostuu useasta eri kansallisen ja kansainvälisen tason säädöksestä [11]. Johtava kansallinen säädös on VAK-laki (laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta 541/2023) [12], jossa annetaan yleiset vaatimukset kaikilla eri kuljetusvälineillä tehtäville vaarallisten aineiden kuljetuksille. Tiettyjä lainkohtia täydentämään ja tarkentamaan on säädetty VAK-asetus (valtioneuvoston asetus vaarallisten aineiden kuljetuksesta 925/2023) [13].

Varsinaiset yksityiskohtaisemmat vaatimukset on esitetty määräyksissä, jotka ottavat kantaa esimerkiksi kuljetusten toteutukseen kuljetusmuotokohtaisesti (tie-/rautatie-/ilma-/merikuljetus). Säteilyonnettomuudesta aiheutuneiden jätteiden kuljetukset oletetaan lähtökohtaisesti hoidettavan tiekuljetuksina, jolloin sovelletaan Liikenne- ja viestintäviraston määräystä vaarallisten aineiden kuljetuksesta tiellä (VAK-tiemääräys) [14].

Radioaktiivisten aineiden kuljetusta käsittelevät vaatimukset sisältyvät edellä mainittuihin yleisiin vaarallisten aineiden kuljetussäädöksiin, joissa radioaktiiviset aineet muodostavat luokan 7. Tätä luokkaa koskevat määräykset perustuvat Kansainvälisen atomienergiajärjestön (IAEA) julkaisemaan standardiin radioaktiivisten aineiden turvallisesta kuljettamisesta [15].

Mikäli kuljetettavat jätteet täyttävät jonkin ominaisuutensa puolesta kuljetusvaarallisen aineen kriteerit, on kyse vaarallisen aineen kuljetuksesta ja niiden kuljettamisessa on noudatettava edellä mainittua lainsäädäntöä. Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden osalta VAK-luokitukseen johtavan ominaisuuden oletetaan lähtökohtaisesti olevan radioaktiivisuus, jolloin jätteet luokitellaan kuljetuksessa vaarallisen aineen luokkaan 7 (radioaktiivinen aine) silloin, kun niiden aktiivisuuspitoisuus ja kuljetuksen kokonaisaktiivisuus ylittävät asetetut raja-arvot. On myös mahdollista, että VAK-luokitus määräytyy jonkin muun tai useamman eri vaaraa aiheuttavan ominaisuuden johdosta, jolloin kaikki vaaraluokat on otettava kuljetuksissa huomioon. Tiekuljetusten osalta radionuklidi- ja radionuklidiseoskohtaiset raja-arvot radioaktiivisten aineiden kuljetuksille on esitetty VAK-tiemääräyksessä [14], joka sisältää kriteerit myös muiden kuljetusvaarallisuusluokkien osalta.

Vaarallisten aineiden kuljetuksia koskevat vaatimukset kohdistuvat usealle eri tasolle aina toiminnanharjoittajan johtamisjärjestelmästä kuljetusten käytännön toteutukseen. Vaatimuksissa määrätään muun muassa kuljetuksia koskevista ohjeistuksista, kuljetuksiin osallistuvien henkilöiden koulutuksista, pätevyyksistä ja ajoluvista, kuljetusten pakkaamisesta ja merkinnöistä sekä rahtikirjoista. Erityisesti radioaktiivisten aineiden kuljetuksia koskien on toimintaa varten oltava olemassa säteilysuojeluohjelma työntekijöiden ja väestön säteilyturvallisuuden varmistamiseksi.

Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden kuljetusten osalta keskeisiä VAK-lainsäädännön kohtia on käsitelty tarkemmin kappaleessa 8.2.

5 Radioaktiivisuuden vaikutus jätteenkäsittelytoimenpiteisiin

Radioaktiivisuus tarkoittaa epävakaan atomiytimen hajoamista, jonka yhteydessä ydin vapauttaa energiaa ionisoivan säteilyn muodossa. Se on luonnollinen ilmiö, jota tapahtuu ympäristössä kaikkialla luonnon radioaktiivisista aineista johtuen. Näiden lisäksi on olemassa keinotekoisia radioaktiivisia aineita, jotka on valmistettu esimerkiksi lääketieteen tai teollisuuden säteilylähteiksi, tai jotka ovat muodostuneet osana ydinvoimalaitosten energiantuotantoprosessia. Yhdentyyppistä radioaktiivista ainetta kutsutaan radionuklidiksi.

Radioaktiivisia aineita on lukuisia, ja niillä kaikilla on yksilölliset säteilyominaisuudet. Erilaisuuksistaan huolimatta radioaktiivisia aineita voidaan tarkastella ja vertailla muutamilla säteilyyn liittyvillä perussuureilla ja ominaisuuksilla, joista jätehuollon kannalta tärkeimmät käydään läpi seuraavissa alakappaleissa. Täydentäviä tietoja on esitetty liitteessä (Liite 1). Säteilyyn liittyvien perusasioiden ymmärtäminen on keskeistä tarkoituksenmukaisten käsittelytapojen suunnittelemiseksi sekä turvallisten työskentelytapojen valitsemiseksi.

Säteilyä on olemassa kaiken kaikkiaan useaa erilaista tyyppiä – muun muassa näkyvä valo, radioaallot ja lämpösäteily ovat esimerkkejä arkisista säteilytyypeistä. Radioaktiivisten aineiden lähettämää säteilyä kutsutaan ionisoivaksi säteilyksi. Se tarkoittaa säteilyä, jolla on niin paljon energiaa, että se kykenee aiheuttamaan aineessa muutoksia atomitasolla. Käytännössä ionisoiva säteily voi siis esimerkiksi aiheuttaa ihmisessä solumuutoksia ja vahingoittaa perimää.

Ionisoiva säteily voi näin ollen olla ihmisen terveydelle haitallista, mutta riittävän pienissä määrin sillä ei kuitenkaan ole terveysvaikutuksia. Ihmisen kehossa on myös luontaisesti pieniä määriä radioaktiivisia aineita. [16] Ionisoivan säteilyn kannalta on huomattava, että toisin kuin esimerkiksi näkyvää valoa, ionisoivaa säteilyä ei voi havaita aistinvaraisesti. Ionisoiva säteily on kuitenkin lähes aina helposti todennettavissa oikeanlaisten mittalaitteiden avulla.

5.1 Aktiivisuus

Radioaktiivisuus eli radioaktiivisen aineen taipumus hajota itsekseen on radionuklidin ominaisuus, johon ei voida esimerkiksi jätteenkäsittelytoimenpiteillä vaikuttaa. Radioaktiivisten hajoamisten määrää kuvaa suure aktiivisuus, joka tarkoittaa aineessa tapahtuvien ydinhajoamisten määrää sekuntia kohti. Aktiivisuuden yksikkö on becquerel (Bq), jolloin 1 Bq tarkoittaa yhtä hajoamista sekunnissa. Koska becquerel on tyypillisesti hyvin pieni yksikkö, sen kanssa käytetään usein kerrannaisyksiköitä seuraavasti:

- 1 kBq = 1 kilobecquerel = 1 000 Bq
- 1 MBq = 1 megabecquerel = 1 000 000 Bq
- 1 GBq = 1 gigabecquerel = 1 000 000 000 Bq.

Yleensä aktiivisuus suhteutetaan massaan tai tilavuuteen, jolloin puhutaan aktiivisuuspitoisuudesta. Tällöin käytettäviä yksiköitä ovat esimerkiksi kBq/kg tai Bq/l. Aktiivisuuspitoisuudella voidaan esimerkiksi kuvata, kuinka paljon aktiivisuutta on keskimäärin kilogrammassa maa-ainesta tai litrassa jätevettä.

Vaihtoehtoisesti aktiivisuus voidaan suhteuttaa pinta-alaan, jolloin puhutaan kontaminaatiotasosta (tai aktiivisuuskatteesta). Tässä tapauksessa yksikkö voi olla esimerkiksi Bq/cm^2 tai kBq/m^2. Kontaminaatiotaso voi kuvata esimerkiksi sitä, kuinka paljon radioaktiivisia aineita on keskimäärin laskeutunut maastoon tietylle alueelle.

Aktiivisuuden ja sen johdannaisyksiköiden perusteella määritetään, kuinka radioaktiivista esimerkiksi tietty jäte-erä on ja mihin jäteluokkaan se radioaktiivisuutensa puolesta kuuluu (katso Taulukko 1). Esimerkkejä aktiivisuuspitoisuuksista ja niihin liittyvistä raja-arvoista on esitetty alla (katso Taulukko 2).

Taulukko 2. Esimerkkejä aktiivisuuspitoisuuksista ja niihin liittyvistä raja-arvoista.

Kohde	Aktiivisuuspitoisuus (Bq/kg)
Elintarvikkeille sallitun aktiivisuuden raja-arvo (cesium-137)	600
Tyypillinen aikuisen ihmisen kehossa oleva aktiivisuus (kalium-40)	~50–60
Viranomaisvalvonnasta vapautettavan materiaalin aktiivisuuden raja-arvo (cesium-137)	100
Vaarallisten aineiden kuljetuksesta vapautetun aineen aktiivisuuden raja-arvo (cesium-137)	10 000
Vähäaktiivisen onnettomuusjätteen aktiivisuus (voimakkaat gamma- ja beetasäteilijät, esim. cesium-137)	< 1 000 000
Ydinvoimalaitoksen käytetty polttoaine (useita eri radionuklideja)	< 1 000 000 000 000

5.2 Puoliintumisaika

Radioaktiivisuuteen keskeisesti liittyvä käsite on puoliintumisaika, joka tarkoittaa sitä aikaa, jonka kuluessa radionuklidin aktiivisuus puolittuu alkuperäisestä radioaktiivisen hajoamisen seurauksena. Vastaavasti kahden puoliintumisajan kuluessa radionuklidin aktiivisuus on pienentynyt neljäsosaan alkuperäisestä (½ * ½ = ¼). Puoliintumisaika voidaan ilmoittaa minkä vain ajan yksikön avulla, esimerkiksi vuosina. Radioaktiivinen hajoaminen on käytännössä ainoa tapa, jolla radioaktiivisuudesta voidaan päästä eroon, mutta tätä prosessia ei voida keinotekoisesti nopeuttaa.

Puoliintumisaika vaikuttaa keskeisesti siihen, minkälaisia käsittelytapoja radioaktiivisia aineita sisältäville jätteille on tarpeen käyttää. Puoliintumisaikojen vaihteluväli eri radionuklidien kesken on huomattavan suuri, vaihdellen sekunneista aina miljardeihin vuosiin. Lyhytikäisille radionuklideille, joiden puoliintumisaika on korkeintaan kymmeniä vuosia, välivarastointi voi olla käyttökelpoinen tapa säteilyvaikutusten hallitsemiseksi. Sitä vastoin pitkäikäiset radionuklidit, joiden puoliintumisajat ovat useita kymmeniä vuosia ja enemmän, on eristettävä ympäristön ja ihmisten luota pysyvästi erilleen. Esimerkkejä radionuklideista ja niiden puoliintumisajoista on esitetty alla (katso Taulukko 3).

Taulukko 3. Esimerkkejä radionuklidien puoliintumisajoista ja esiintymisestä.

Radionuklidi	Puoliintumisaika	Esiintyminen/sovelluskohde
Amerikium-241	432 vuotta	Ionisoivat palovaroittimet
Cesium-137	30 vuotta	Ydinvoimalaitoksen jätteet normaaleissa ja onnettomuustilanteissa Teollisuuden mittalaitteet Lääketiede
Jodi-131	8 päivää	Ydinvoimalaitosonnettomuuden päästö ympäristöön (varhaisvaihe) Lääketieteellinen käyttö
Kalium-40	1,25 miljardia vuotta	Maa- ja kallioperä Elintarvikkeeet Ihmiskeho
Koboltti-60	5,3 vuotta	Ydinvoimalaitoksen jätteet normaaleissa ja onnettomuustilanteissa Teollisuuden mittalaitteet

5.3 Säteilyannos ja annosnopeus

Aktiivisuus kertoo vain aineessa tapahtuvien hajoamisreaktioiden määrän, minkä vuoksi se ei selvästi kuvaa radioaktiivisista aineista esimerkiksi ihmiselle aiheutuvaa vaikutusta terveyteen. Mahdollista terveyshaittaa eli säteilylle altistumisen määrää kuvastaa suureena paremmin säteilyannos, jonka yksikkö on sievert (Sv).

Käytännössä säteilyannos tarkoittaa sitä, kuinka paljon säteilyä esimerkiksi ihmiseen on ”osunut”. Varsinaisen terveysvaikutuksen osalta merkitystä on myös sillä, mistä säteilylajista on kyse (katso Liite 1), ja mihin elimeen säteily on kohdistunut: esimerkiksi sisä- ja sukupuolielimet ovat herkempiä säteilyn vaikutuksille kuin iho.

Yksi sievert on suuri annos säteilyä, joten yksikön kanssa käytetään useimmiten kerrannaisyksiköitä seuraavalla tavalla:

- 1 mSv = 1 millisievert = 0,001 Sv
- 1 µSv = 1 mikrosievert = 0,001 mSv = 0,000 001 Sv

Säteilyannos kuvaa siis kaikkea sitä säteilyä, joka ihmiseen on kohdistunut jossain tietyssä ajanjaksossa, esimerkiksi päivässä, kuukaudessa tai vuodessa. Altistuksen määrää mittaava annosmittari osoittaa säteilyannoksen määrän näin ollen vasta silloin, kun säteilyaltistus on jo tapahtunut.

Ennalta työnteon aikaisen säteilyaltistuksen määrää voidaan arvioida mittaamalla säteilyn annosnopeutta, joka kertoo, kuinka paljon ulkoista säteilyannosta kertyy aikayksikköä kohden. Annosnopeus siis kertoo, kuinka voimakas säteilykenttä on mittauspisteen kohdalla. Annosnopeuden yksikkö on sievertiä tunnissa (Sv/h), mutta koska tämäkin on suuri yksikkö, käytetään sen kanssa kerrannaisyksiköitä vastaavalla tavalla kuin säteilyannostenkin kanssa:

- 1 mSv/h = 1 millisievert tunnissa = 0,001 Sv/h
- 1 µSv/h = 1 mikrosievert tunnissa = 0,001 mSv/h = 0,000 001 Sv/h.

Jos esimerkiksi työntekijä työskentelee viisi tuntia (5 h) radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden parissa tilanteessa, jossa säteilyn annosnopeus on keskimäärin 3 µSv/h, hänelle kertyy säteilyannosta yhteensä 15 µSv.

Esimerkkejä säteilyannosten ja säteilyn annosnopeuksien suuruuksista ja niille asetetuista raja-arvoista eri yhteyksissä on esitetty alla (Taulukko 4). Säteilyaltistuksen lakisääteisiä raja-arvoja ja niihin liittyviä terveysnäkökohtia on esitetty kappaleessa 6.2.

Taulukko 4. Esimerkkejä säteilyannoksista ja säteilyn annosnopeuksista eri tilanteissa.

Säteilyannoksen lähde	Säteilyannos
Banaani	0,1 µSv
Suomalaisen saama keskimääräinen vuosittainen säteilyannos (2018)	5,9 mSv = 5 900 µSv
Sisäilman radonin osuus suomalaisen keskimääräisestä vuosittaisesta säteilyannoksesta	4 mSv = 4 000 µSv
10 tunnin lentomatkan aikana saatu säteilyannos	50 µSv
Säteilyyn perustuvien lääketieteellisten tutkimusten aiheuttama säteilyannos tutkimusta kohden	0,01 – 10 mSv (10 – 10 000 µSv)
Suurin yksittäisen henkilön säteilytyöstä vuoden aikana saama säteilyannos Suomessa (2023)	12 mSv
Säteilyn annosnopeuden lähde tai raja-arvo	**Annosnopeus**
Luonnon taustasäteilyn taso Suomessa	< 0,40 µSv/h
Annosnopeus 10 kilometrin lentokorkeudessa	5 µSv/h
Tshernobylin ydinonnettomuuden radioaktiivisesta laskeumasta mitattu korkein säteilytaso Suomessa	5 µSv/h
Kattavien suojelutoimien toimenpideraja säteilyvaaratilanteessa	100 µSv/h
Ydinvoimalaitoksen tilat, joissa voidaan tehdä vain lyhytkestoisia työtehtäviä	> 1 mSv/h (> 1 000 µSv/h)

5.4 Radioaktiivisuuden ja säteilyn mittaaminen

Jätteen aktiivisuuden ja siitä aiheutuvan säteilyn annosnopeuden mittaaminen tarpeellisissa kohdin jätteenkäsittelyprosessia on keskeistä, jotta jätteitä voidaan lajitella tehokkaammin, varmistutaan valittujen käsittelytapojen soveltuvuudesta, ja suojavarusteiden käyttö sekä toimintatavat suunnitellaan oikein perustein säteilyaltistuksen riskitason mukaan. Mittauksiin perustuen voidaan myös tehdä tarkempia arvioita työntekijöiden säteilyaltistuksesta vuositasolla, mikä liittyy harkintaan turvallisuusluvan tarpeellisuudesta. Mittaustoiminnan järjestäminen kuuluu jätehuoltotoimijan tehtäviin, mutta niiden suunnittelussa ja toteutuksessa on suositeltavaa hyödyntää säteilyturvallisuusasiantuntijaa.

Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden säteilytasot ovat useimmissa tapauksissa matalia, ja ne on määritetty riittävällä tarkkuudella etukäteen ennen jätteiden luovutusta jätehuoltotoimijalle, jotta jätteitä voidaan kuljettaa ja jätteenkäsittelytoimenpiteet voidaan aloittaa. Varsinainen jätteenkäsittelyprosessi ja siinä käytettävät menetelmät määrittävät tarpeen käsittelyprosessin aikaisille mittauksille.

Säteilytasojen seuranta tai uudelleen määritys prosessin aikana voi olla tarpeen erityisesti silloin, jos tasot voivat muuttua käsittelytoimenpiteiden vuoksi. Esimerkkejä ovat säteilytason mittaaminen polton jälkeisestä tuhkasta, johon konsentroituneiden radioaktiivisten aineiden pitoisuus voi nousta huomattavasti, tai dekontaminointityön tuloksen mittaaminen, jolloin aktiivisuuspitoisuuden tulisi olla aiempaa pienempi. Jätteiden välivarastoinnin aikana säteilytasojen kehittymistä on aiheellista seurata varastoitavan jätteen määrän kasvaessa. Säteilymittaukset ovat myös edellytys vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden valvonnasta vapauttamiselle.

Toisaalta jos jätteitä siirretään käytännössä suoraan säteilyonnettomuusalueelta loppukäsittelyyn (esimerkiksi maarakentamiseen), ei säteilymittauksille alkuperäisten luokitusmittausten jälkeen ole erityisiä tarpeita. Näin ollen tarve jätehuoltotoimijan tekemille säteilymittauksille on pitkälti riippuvainen käsiteltävien jätteiden ominaisuuksista sekä käytettävistä käsittelymenetelmistä. Useimmissa tapauksissa toiminnan aikana on kuitenkin tarpeen tehdä ainakin jonkinlaisia säteilymittauksia.

Koska ionisoivaa säteilyä ei ole mahdollista havaita aistinvaraisesti säteilyn voimakkuudesta riippumatta, on mittaaminen edellytys radioaktiivisten aineiden kanssa toimimiseksi ja aktiivisuus- sekä annosnopeustasojen määrittämiseksi. Mittareiden avulla säteily voidaan havaita jo erittäin pieninä määrinä ja usein tärkein havainto onkin mitattu tieto siitä, että aktiivisuus- tai säteilytaso on vähäinen tai merkityksettömän pieni.

Mittalaitteita on useita erilaisia ja niillä voidaan mitata eri suureita, joten mittaamisen luotettavuuden takaamiseksi on varmistuttava riittävästä osaamisesta, tietotaidosta sekä mittarin soveltuvuudesta mitattavan jätteen ominaisuuksien mukaan. Esimerkkejä mitattavista kohteista ja näiden mittaamiseen käytetyistä mittalaitteista on esitetty alla (Taulukko 5). Tyypillisimpiä radioaktiivisuuden ja säteilyn mittaamiseen käytettyjä mittalaitteita on esitelty tarkemmin liitteessä (Liite 2).



Taulukko 5. Esimerkkejä jätteenkäsittelyssä tehtävistä säteilymittauksista ja mittalaitteista.

Mittauksen kohde	Mittalaite	Mittauksen tarkoitus	Huomioita
Jätekappaleen pinnalla oleva radioaktiivisuus	Pintakontaminaatio-mittari	Selvittää, kuinka kontaminoitunut jäte-kappaleen pinta on.	Mittari reagoi herkästi jätekappaleen sisältä tai muualta ympäristöstä tulevaan säteilyyn.
Jätekappaleen pinnalta irtoava kontaminaatio	Pyyhintänäyte	Selvittää, onko jätekappaleen pinnoilla irtoavia radioaktiivisia aineita.	Vaikka pyyhintänäyte olisi mittauksen perus-teella puhdas, voi kappaleen pinnalla olla kiinnittynyttä kontaminaatiota.
Työntekoalueen säteilyolosuhteet	Annosnopeusmittari	Selvittää ulkoisen annos-nopeuden taso työskentelyalueella säteilyaltistuksen arvioimiseksi.	Ulkoisen säteilyn lisäksi säteilyaltistus voi tapahtua kehon sisälle tai ihokontaktiin pääs-seiden radioaktiivisten aineiden aiheuttamana.
Kuljetukseen pakatut ja kuormatut jätteet	Annosnopeusmittari	Selvittää kuljetettavista jätteistä aiheutuva säteilytaso ajoneuvon kuormatilan ympärillä.	Mittausten perusteella voidaan tarvittaessa arvioida kuljetusten aikaista säteilyaltistusta.
Ajoneuvon kontaminoitu-misen havaitseminen	Ajoneuvoportti-monitori	Selvittää, onko kuormasta tyhjen-netty ja puhdistettu ajoneuvo kontaminoitunut.	Monitorin hälyttäessä tarkempi kontaminaatio-määritys voidaan tehdä käsikäyttöisellä pintakontaminaatiomittarilla.
Työntekijän kontaminoitu-misen havaitseminen	Henkilöportti-monitori tai kokokehomonitori	Selvittää, onko työntekijän vaatteisiin tai iholle päätynyt kontaminaatiota.	Monitorin hälyttäessä tarkempi kontaminaatio-määritys voidaan tehdä käsikäyttöisellä pintakontaminaatiomittarilla.



Pohdi ja kirjaa:

- *Kuinka usein organisaatiosi normaalissa toiminnassa ollaan tekemisissä radioaktiivisten aineiden ja säteilyn kanssa?*
- *Mitä ajatuksia tai oletuksia radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsitteleminen organisaatiossa herättää?*
- *Onko organisaatiossa radioaktiivisuuteen ja säteilyyn liittyvää mittausosaamista?*
- *Onko organisaatiossa käytössä säteilyn mittaukseen sopivia mittareita/portteja tms.?*
- *Miten säteilyyn liittyvät asiat tulee huomioida henkilöstön ohjeistamisessa?*
- *Mitä suunnitelmia tarvitaan operatiiviseen toimintaan?*

Klikkaa laatikossa ja kirjoita:

6 Työturvallisuus käsiteltäessä vähäaktiivisia onnettomuusjätteitä

Radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden kanssa työskenteleminen on turvallista, kun ymmärretään säteilyn altistustavat ja mahdollisesti aiheuttamat terveyshaitat, ja radioaktiivisilta aineilta sekä niistä peräisin olevalta säteilyltä osataan suojautua oikein tavoin. Jätehuoltotoimijoilla on hyvä lähtökohta radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittelyyn, sillä usein myös tavanomaisten, erityisesti vaarallisten jätteiden käsittelyssä joudutaan suojautumaan joltain terveyshaitalta. Radioaktiivisilta aineilta suojautuminen perustuu monilta osin samoihin perusperiaatteisiin.

Kaikki radioaktiiviset aineet eivät ole säteilyominaisuuksiltaan samanlaisia, joten suojautumisen kannalta olennaista on tietää riittävän hyvin, millaisia radioaktiivisia aineita jätteiden seassa on. Koska radioaktiivinen kontaminaatio esiintyy lähtökohtaisesti aina jonkin muun materiaalin seassa tai esineen pinnoilla, myös varsinaisen jätemateriaalin ominaisuudet vaikuttavat usein altistumisen todennäköisyyteen, altistumistapaan tai radioaktiivisten aineiden leviämiseen.

6.1 Radioaktiivisilta aineilta ja säteilyltä suojautuminen

Radioaktiivisia aineita sisältävällä jätteellä tarkoitetaan niin sanottua tavallista jätemateriaalia, joka on ”likaantunut” eli kontaminoitunut radioaktiivisilla aineilla. Radioaktiivisten aineiden voidaan ajatella olevan pieniä hiukkasia tai ”pölyä”, joka on tarttunut tai sekoittunut muun jätteen joukkoon. Radioaktiiviset aineet ovat myös voineet kulkeutua ilmassa ja laskeutua jonkin muun materiaalin pinnalle. Tällöin puhutaan radioaktiivisesta laskeumasta, ja esineiden tai materiaalien pinnalla olevia radioaktiivisia aineita kutsutaan pintakontaminaatioksi.

Radioaktiivisille aineille ja niiden lähettämälle säteilylle on mahdollista altistua kolmella eri tavalla:

1. Radioaktiivista ainetta päätyy kehon sisään, käytännössä useimmiten hengitysilman tai nielemisen kautta.
2. Radioaktiivista ainetta päätyy iholle.
3. Vietetään aikaa radioaktiivisten aineiden läheisyydessä.

Koska tyypillisesti suuren mittaluokan säteilyonnettomuuden aiheuttamien jätteiden seassa on useita eri radionuklideja, jotka voivat aiheuttaa säteilyaltistusta kaikilla edellä mainituilla tavoilla, jäljempänä esitetyt työturvallisuusohjeet on laadittu siten, että niillä voidaan suojautua kaikkia mainittuja altistustapoja vastaan. Käytännössä säteilyaltistukselta suojaudutaan käyttämällä oikeanlaisia suojavarusteita, työskentelemällä ohjeistetuilla toimintatavoilla ja soveltamalla työnteossa yleisiä säteilyaltistusta pienentäviä periaatteita.

6.1.1 Suojavarustus

Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyssä ehdottomasti tärkein suojautumistoimenpide on luotettavasti estää radioaktiivisten aineiden päätyminen kehon sisään, sillä kehon sisällä radioaktiiviset aineet voivat aiheuttaa korkean paikallisen säteilyannoksen, aineet voivat kertyä johonkin elimeen pitkäksi aikaa, ja radioaktiivisia aineita voi olla vaikea saada kehon sisältä pois. Tyypillisimmin radioaktiivisia aineita voi päätyä kehon sisään hengityksen kautta pölyn mukana, jolloin paras suojautumiskeino on hengityksensuojaimen käyttäminen, mikäli riski ilmakontaminaatiolle on olemassa. Radioaktiivisia aineita voi päätyä kehoon myös avonaisen haavan kautta, joten on tärkeää huolehtia, että iho on ehjä ja käytetään tavanomaisia suojavarusteita työtehtävän luonteen mukaan.

Hengityksensuojaimia on olemassa kahta erilaista tyyppiä: puolinaamareita ja kokonaamareita. Näistä molemmat suojaavat hengitysteitä eli nenää ja suuta, minkä lisäksi kokonaamari suojaa myös silmiä ja kasvoja. Tarkoituksenmukainen naamarityyppi valitaan jätteen ominaisuuksien ja työtehtävän luonteen mukaan: mikäli jätteessä on paljon radioaktiivisia aineita, jäte on erityisen pölyävää tai on riski, että jätettä päätyy kasvoille tai silmiin muusta syystä, valitaan kokonaamari. Muissa tapauksissa puolinaamari tarjoaa riittävän suojan.

Tärkeää on, että hengityksensuojaimessa käytetään oikeanlaista suodatinta. Radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittelyssä suojaudutaan hiukkasmuotoisia aineita vastaan korkeimman suodatustehon hiukkassuodat-

timella, josta käytetään vaihtoehtoisia merkintöjä P3 ja FFP3. Suodatin voi olla uudelleen käytettävän naamarin kanssa yhteensopiva vaihdettava suodatin (P3) tai rakennettu kiinteäksi osaksi usein kertakäyttöistä naamaria (FFP3). Eri naamarityyppejä on esitelty alla (katso Kuva 5).

Kuva 5. Vasemmalla kokonaamari ja siihen sopiva P3-hiukkassuodatin, oikealla ylhäällä uudelleen käytettävä puolinaamari ABEK1P3-yhdistelmäsuodattimilla, oikealla alhaalla kertakäyttöinen puolinaamari kiinteällä FFP3-suodattimella. Kuvat lähteestä [17].



Vaikka puolinaamari olisi riittävä valinta säteilyaltistuksen näkökulmasta, voi kokonaamari olla perusteltu valinta, mikäli jätteen seassa on muita terveydelle haitallisia aineita, esimerkiksi silmiä ärsyttäviä kemikaaleja. Vaihtoehtoisesti puolinaamarin kanssa voidaan käyttää erillisiä silmäsuojaimia. Lisäksi käyttämällä sopivaa yhdistelmäsuodatinta voidaan suojanaamarilla suojautua myös kaasumaisia aineita vastaan, mikäli käsiteltävän jätteen ominaisuudet tätä edellyttävät. Radioaktiivisten aineiden osalta suojautumista kaasumaisia päästöjä vastaan hengityksensuojaimen avulla ei lähtökohtaisesti tarvita, sillä on hyvin epätodennäköistä, että jätteen seassa olisi kaasumaisessa olomuodossa olevia radioaktiivisia aineita.

Hengitysteiden suojaamisen jälkeen seuraavaksi tärkein toimenpide on estää radioaktiivisten aineiden päätyminen iholle käyttämällä tarpeenmukaisia muita suojavarusteita työtehtävän ja jätteen ominaisuuksien mukaan. Lähtökohtaisesti jätehuoltotyöntekijän normaali pitkähihainen, ihon peittävä työvaatetus kenkien, käsineiden ja päähineen/kypärän kera tarjoavat riittävän suojan. Märkien jätteiden kanssa käytetään vedenkestäviä suojavarusteita, mikäli on mahdollisuus nestemäisen jätteen roiskumiseen työntekijän päälle. Myös työskentelytavat, joissa ei olla suorassa kontaktissa jätteen kanssa, vaan hyödynnetään esimerkiksi työkoneita, edesauttavat estämään ihon kontaminoitumista.

Suojavarusteet voivat olla joko uudelleenkäytettäviä tai kertakäyttöisiä. Uudelleenkäytettävien suojavarusteiden käytöstä aiheutuu vähemmän sekundäärijätteitä, kun varusteet voidaan käytön jälkeen pestä ja ottaa jälleen puhtaina uudestaan käyttöön. Pitkän ajan kuluessa varusteisiin voi kuitenkin kertyä radioaktiivisia aineita, joita ei saada pesemällä pois, jolloin varusteet on siirrettävä jätteeksi. Kertakäyttöisten suojavarusteiden osalta radioaktiivisten aineiden kertyminen ei ole ongelma, sillä varusteet siirtyvät jätteeksi heti ensimmäisen käyttökerran jälkeen. Pitkäaikaisessa suojavarustekäytössä kertakäyttövarusteista muodostuva jätemäärä voi kuitenkin muodostua huomattavaksi. Sopiva suojavarustetyyppi onkin myös tässä mielessä valittava työtehtävän luonteen ja jätteen ominaisuuksien mukaan: kertakäyttöisten suojavarusteiden käyttöä voidaan suosia yksittäisissä työsuoritteissa, joissa kontaminoitumisen riski on korkea ja jäte sisältää verrattain paljon radioaktiivisia aineita (luokan II jätteet), kun taas jatkuvaluonteisissa työtehtävissä hyödynnetään uudelleen käytettäviä suojavarusteita.

On muistettava, että tarpeenmukaisella suojavarustuksella rajoitetaan säteilyaltistusta nimenomaan estämällä radioaktiivisten aineiden pääsy kehon sisälle tai suoraan ihokontaktiin. Säteilyaltistusta, joka aiheutuu läpitunkevasta ulkoisesta säteilystä (esimerkiksi säteilevä jätepakkaus työntekijän läheisyydessä), ei voida rajoittaa suojavarusteiden käytöllä, vaan oikeanlaisilla toimintatavoilla ja periaatteilla.

6.1.2 Säteilyaltistusta rajoittavat toimintatavat ja periaatteet

Ulkoisen säteilyn kautta saadun säteilyaltistuksen rajoittamiseksi on tärkeää noudattaa työnteossa ja jätteenkäsittelyn suunnittelussa niin sanottua ASE-periaatetta. ASE tulee sanoista Aika, Suoja ja Etäisyys, ja ne tarkoittavat periaatteen kannalta seuraavaa:

1. **Aika:** ulkoisesti saadun säteilyannoksen suuruus on suoraan riippuvainen säteilykentässä vietetystä ajasta. Näin ollen radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden läheisyydessä vietetty aika on minimoitava, jotta myös säteilyannos pidetään mahdollisimman pienenä.

2. **Suoja:** säteily vaimenee väliaineessa. Mitä tiheämpää/raskaampaa väliaine on, sitä tehokkaammin säteily vaimenee materiaaliin osuessaan tai sen läpi kulkiessaan. Näin ollen ulkoisen säteilyn aiheuttamaa säteilyaltistusta voidaan pienentää, mikäli jätteitä voidaan tarvittaessa varastoida tarkoituksenmukaisiin astioihin tai jonkin rakenteen sisäpuolelle. Nämä toimivat säteilyltä suojaavana väliainekerroksena jätteiden ja työntekijän välissä.

3. **Etäisyys:** ulkoisen säteilyn annosnopeus laskee tehokkaasti, kun siirrytään kauemmaksi säteilevän aineen luota. Tyypillisesti annosnopeus laskee huomattavasti jo silloin, kun etäisyyttä säteilylähteeseen lisätään muutaman metrin verran. Näin ollen radioaktiivisia aineita sisältäviin jätteisiin tulisi aina jättää niin paljon etäisyyttä, kuin työtehtävien hoitamisen kannalta on mahdollista. Lisäksi jätteenkäsittelyä tai muita työsuoritteita ei pitäisi toteuttaa varastoitujen jätteiden välittömässä läheisyydessä.

ASE-periaatteen noudattamisessa on muistettava tehtävien toimenpiteiden tarkoituksenmukaisuus ja käytännöllisyys. Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyssä säteilyaltistusta saadaan rajoitettua suuressa kuvassa todennäköisesti parhaiten työtehtävien ja niiden toteutuksen huolellisella suunnittelulla verrattuna esimerkiksi kaikkien jätteiden järjestelmällisellä varastoinnilla suojaavan väliainekerroksen sisään tai taakse (esimerkiksi paksuseinäinen jäteastia tai varastointitila). Säteilysuojattuja jäteastioita voi kuitenkin olla tarpeen hyödyntää tietyille jätejakeille, joissa radioaktiivisten aineiden määrä on korkea esimerkiksi konsentroitumisen takia.

6.2 Säteilyaltistuksen seuranta

Säteilyaltistuksen seurannalla tarkoitetaan jatkuvia toimenpiteitä, joilla määritetään ja arvioidaan työstä työntekijöille aiheutuvan säteilyaltistuksen suuruutta. Seurannan laajuus ja sitä koskevat vaatimukset riippuvat siitä, kuinka suuria henkilökohtaisia säteilyannoksia työtehtävistä voi työntekijöille aiheutua vuoden tarkastelujakson aikana.

Vallitsevassa altistustilanteessa tehtävässä vähäaktiivisen onnettomuusjätteen käsittelyssä ja kuljettamisessa säteilyaltistuksen vertailutasona käytetään työperäisen altistuksen viitearvoa suojelutoimissa, joka on yksi millisievert vuodessa (1 mSv/a). Mikäli työntekijän työperäinen säteilyaltistus voi vuositasolla olla tätä viitearvoa suurempi, on työ määritettävä säteilytyöksi ja siihen osallistuvat työntekijät säteilytyöntekijöiksi. Säteilytyössä kaikkien säteilytyöntekijöiden säteilyaltistus on pystyttävä määrittämään, ja altistusolosuhteita on seurattava.

Mikäli työperäinen säteilyaltistus ei ylitä viitearvoa eikä toiminta ole säteilylain tarkoittaman turvallisuusluvan alaista, vaatimuksia säteilyaltistuksen jatkuvalle seurannalle ei ole. Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyssä ja kuljettamisessa voidaan useimmissa tapauksissa olettaa, että kyse ei ole säteilytyöstä. Tarve turvallisuusluvalle säteilyaltistuksen perusteella on kuitenkin aina selvitettävä.

Etukäteen jätteenkäsittelystä työntekijöille aiheutuvaa säteilyaltistuksen määrää voidaan arvioida laskennallisesti, kun jätteessä olevien radioaktiivisten aineiden määrät ja tyypit, käytettävät käsittelymenetelmät sekä työskentelyajat tunnetaan riittävällä tarkkuudella. Jätteenkäsittelyn aikana laskennallisia oletuksia on syytä varmentaa säteilymittauksin erityisesti, jos laskennassa käytetyt tiedot jätteistä ovat olleet epävarmoja, jätteiden aktiivisuuspitoisuus voi muuttua jätteenkäsittelyprosessin aikana tai laskennallinen säteilyaltistuksen määrä on lähellä työperäisen altistuksen viitearvoa. Jätteen ominaisuuksien ja jätteenkäsittelyprosessin perusteella arvioidaan myös sitä, kuinka säännöllisesti toiminnasta aiheutuvaa säteilyaltistusta on tarpeen arvioida turvallisuusluvan tarpeellisuuden varmistamiseksi.

Koska säteilyä ei voi havaita aistinvaraisesti, on työntekijöiden säteilyaltistuksen arvioinnin ja määrittämisen perustuttava soveltuvilla mittalaitteilla tehtyihin mittauksiin. Arvioitaessa jätteenkäsittelystä työntekijöille aiheutuvaa säteilyaltistusta, voidaan työskentelytilojen ja jätteiden säteilytasoja seurata annosnopeusmittauksilla. Kun lisäksi tehdään perusteltuja oletuksia työskentelyajoista, voidaan annosnopeuden ja työskentelyajan perusteella määrittää vuosittaisen säteilyaltistuksen suuruusluokka. Varsinaisessa säteilytyössä säteilyaltistuksen määritys perustuu useimmiten henkilön mukana kulkevaan säteilyannosmittariin eli dosimetriin (katso Kuva 6).

Kuva 6. Henkilökohtaisia säteilyannosmittareita. Vasemmalla passiivinen termoloistedosimetri (TLD), oikealla reaaliaikainen elektroninen dosimetri. Kuvat lähteistä [18] & [19].



Työntekijöiden säteilyaltistukseen liittyvät lakisääteiset raja-arvot on esitetty kootusti alla (Taulukko 6). Raja-arvojen suhteuttamiseksi säteilystä aiheutuvaan suoraan terveyshaittaan on taulukossa esitetty lisäksi lyhyen ajan sisällä terveysvaikutuksiin johtavat säteilyaltistuksen kynnysarvot. Lakisääteiset raja-arvot on asetettu sillä perusteella, että terveysvaikutusten ilmeneminen pidemmälläkin aikavälillä on hyvin epätodennäköistä. Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelystä aiheutuva säteilyaltistus on useimmissa tapauksissa raja-arvoja selvästi pienempää, joten säteilystä aiheutuvien terveysvaikutusten aiheutuminen on kaiken kaikkiaan erittäin epätodennäköistä. Säteilylain periaatteiden mukaisesti säteilyaltistuksen määrä on kuitenkin aina pyrittävä pitämään niin pienenä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista.

Taulukko 6. Säteilytyötä koskevat lakisääteiset säteilyaltistuksen raja-arvot ja säteilystä aiheutuvien akuuttien terveysvaikutusten kynnysarvot.

Raja-arvo	Säteilyaltistuksen suuruus [mSv]	Kuvaus/lisätieto
Työperäisen altistuksen viitearvo suojelutoimissa vallitsevassa altistustilanteessa (vuodessa)	1	Vallitsevassa altistustilanteessa (toipumisvaiheessa) suojelutoimille (esimerkiksi jätteenkäsittely) sovellettava viitearvo. Arvon ylittyessä toiminnasta tulee säteilylaissa tarkoitettua säteilytyötä, ja siihen osallistuvat työntekijät on määritettävä säteilytyöntekijöiksi. Säteilytyö on järjestettävä säteilylainsäädännön mukaisesti.
Säteilyvaara-avustajan työperäisen altistuksen tavoitearvo säteilyvaaratilanteessa (vuodessa)	20	Säteilyvaaratilanteessa (esimerkiksi jälkivaiheessa) toimivien säteilyvaara-avustajien (esimerkiksi jätteenkäsittelyyn osallistuvat työntekijät) tavoitteellinen annosraja, joka on määritetty säteilytyöntekijän annosrajan perusteella.
Säteilytyöntekijän annosraja (vuodessa)	20	Raja-arvo, jota säteilytyössä ei saa ylittää. Säteilyvaaratilanteiden aikana voidaan poikkeuksellisesti soveltaa tätä korkeampia annosrajoja (vertailutasoja), mutta tällöin ei ole kyse säteilylain määritelmän mukaisesta säteilytyöstä.
Säteilysairauden oireiden esiintyminen	1 000	Altistumisen on tapahduttava lyhyessä ajassa (alle vuorokaudessa)
Suurella todennäköisyydellä kuolemaan johtava säteilyannos	8 000	Altistumisen on tapahduttava lyhyessä ajassa (alle vuorokaudessa)

Kirjaa tähän esim.

onko normaalissa toiminnassanne käytössä sellaisia suojavarusteita, joilla voitaisiin suojautua myös radioaktiivisia aineita vastaan tai ohjeita? Milloin ne on päivitetty, missä niitä säilytetään ja koska niiden käyttöä on viimeksi harjoiteltu?

Kuinka hyvin organisaatiosi nykyiset jätteenkäsittelyprosessit soveltuisivat vähäaktiivisien onnettomuusjätteiden käsittelyyn suojautumisen näkökulmasta – pitäisikö jotain muuttaa?

Pohdi: voiko organisaation työntekijöillä olla radioaktiivisiin aineisiin ja säteilyyn vahvoja oletuksia tai pelkoja terveysvaikutusten osalta? Miten pelkoja voi vähentää lisäämällä tietoisuutta esim. yhteistyössä työterveyden kanssa? Kenen vastuulla organisaatiossa olisi työntekijöiden altistuksen seuranta?

Miten huolehditaan ASE-periaatteen toteutumisesta työkierrossa? Ovatko työohjeet ajan tasalla?

7 Säteilyonnettomuuden seurauksena syntyvät jätteet

Radioaktiivisia aineita ympäristöön vapauttavan säteilyonnettomuuden tapahduttua kaikki onnettomuuden vaikutusalueella olevat materiaalit, esineet ja rakenteet voivat kontaminoitua radioaktiivisilla aineilla. Muodostuvien jätteiden ominaisuudet ja määrä ovat pitkälti riippuvaisia radioaktiivisten aineiden päästölähteestä, onnettomuustyypistä, onnettomuuden laajuudesta sekä tapahtumapaikasta.

Säätilalla on merkitystä jätteiden muodostumiseen, sillä ilmakehään joutuessaan radioaktiiviset aineet voivat kulkeutua ilmavirtausten mukana pitkiäkin matkoja ja laskeutua sateen mukana alas kaukana alkuperäisestä onnettomuuspaikasta. Myös vuodenajalla on merkitystä radioaktiivisten aineiden leviämisen ja jätteiden muodostumisen kannalta erityisesti Suomen ilmasto-olosuhteissa, joissa sääolosuhteet voivat eri vuodenaikoina poiketa toisistaan hyvinkin paljon.

Laaja-alaisen säteilyonnettomuuden seurauksena ympäristöön levinneet radioaktiiviset aineet vaikuttavat sekä elolliseen että elottomaan luontoon, eli sekä eliöihin (kasvit ja eläimet) että maaperään, mahdollisesti myös vesistöihin. Radioaktiivisilla aineilla voivat kontaminoitua esimerkiksi hyötykasvillisuus (esimerkiksi vihannekset ja viljakasvit), maatalouden tuotteet (esimerkiksi maito) sekä karjaeläimet. Pintavesiin radioaktiivisia aineita voi päätyä esimerkiksi suoraan ydinlaskeuman kautta tai valuma-alueen vesien kautta kertymällä. [20]

Jätteiden syntymisen kannalta merkitystä on myös sillä, ylettyvätkö säteilyonnettomuuden vaikutukset ainoastaan rakentamattomaan vai myös rakennettuun ympäristöön. Rakennetun ympäristön osalta seurausten kannalta on keskeisesti vaikutusta sillä, kuuluuko vaikutusalueeseen esimerkiksi teollisuusalueita, infrastruktuuria, haja-asutusalueita tai kaupunkien ja kuntien taajama-alueita. Useimpia radioaktiivisten aineiden kontaminoimia kohteita ei tarvitse purkaa ja hävittää jätteenä, vaan suurin osa voidaan dekontaminoida eli puhdistaa radioaktiivisista aineista, mutta tämän seurauksena voi syntyä suuria määriä nestemäisiä radioaktiivisia aineita sisältäviä jätteitä.

Säteilyonnettomuuden seurauksena muodostuvien radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden määrä on siis aina hyvin tapauskohtaista, ja myös onnettomuustilanteen hoidon ja jätteenkäsittelyn aikaisilla toimenpiteillä on huomattava vaikutus lopulliseen jätemäärään. Tämä käy ilmi historian aikana tapahtuneista neljästä suuresta ydinvoimalaitosonnettomuudesta, joiden seurauksena muodostuneiden jätteiden määrä vaihteli suuresti. Kahdessa seurausvaikutuksiltaan pienemmässä onnettomuudessa (Windscale ja Three Mile Island) jätteiden kokonaismäärä mitattiin kymmenissä tuhansissa kuutiometreissä, kun taas kahden laajemman onnettomuuden (Tshernobyl ja Fukushima) aiheuttaman jätemäärän kohdalla puhutaan miljoonista kuutiometreistä. [21] Nämä jätemäärät sisältävät sekä korkeita että matalia radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia, mutta matalan aktiivisuuspitoisuuden jätteet (kuten luokkien III ja IV jätteet) muodostavat kokonaisjätemäärästä aina ylivoimaisesti suurimman osan.

Säteilyonnettomuuden vuoksi voi siis muodostua suuri määrä erilaisia jätemateriaaleja, jotka poikkeavat toisistaan sekä fyysisten, kemiallisten että myös radiologisten ominaisuuksien osalta. Onnettomuuden suorana seurauksena jätteitä syntyy sekä varsinaisella onnettomuuspaikalla että onnettomuuden vaikutusalueella, ja onnettomuuden hoidon aikana lisää jätteitä aiheutuu näiden sijaintien puhdistus- ja ennallistamistoimien seurauksena. Myös varsinaisen jätteenkäsittelyn aikana syntyy toissijaisia jätevirtoja eli niin sanottuja sekundäärijätteitä, jotka voivat kasvattaa radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden kokonaismäärää. Tämän vuoksi jätteenkäsittelytoimenpiteiden suunnittelussa on kiinnitettävä aina huomiota myös käsittelymenetelmistä aiheutuvien jätteiden laatuun ja määrään, sillä näidenkin jätteiden on useissa tapauksissa oletettava sisältävän radioaktiivisia aineita. [21]

Säteilyonnettomuuden seurauksena syntyvät jätteet voidaan jätehuollon kannalta jakaa esimerkiksi niiden olomuodon perusteella kolmeen eri kategoriaan [21]:

- Nestemäiset jätteet
  - Potentiaalisesti hyvin suuri jätemäärä.
  - Voi sisältää haastavia jätetyyppejä, kuten öljyjä tai nesteitä, joiden seassa on hienojakoista kiintoainetta.
  - Esimerkkejä: kontaminoituneet luonnonvedet ja dekontaminoinnissa käytetyt puhdistusaineet.
- Kiinteät jätteet
  - Potentiaalisesti hyvin suuri jätemäärä.
  - Esimerkkejä: maa-aines, metalliromu, rakennusjäte, luonnonkasvillisuus, hyötykasvillisuus, laitteistot, suojavarusteet, polttokäsittelyn tuhkat jne.
- Märät kiinteät jätteet
  - Pienemmät jätemäärät, joilla voi olla hyvin vaihtelevat ominaisuudet.
  - Esimerkkejä: puhdistus- ja jätteenkäsittelytoimissa käytetyt ioninvaihtohartsit, erilaiset liejut ja lietteet jne.

Kaasumaisessa olomuodossa olevia jätteitä ei käytännössä synny. Kaasumaiset radioaktiiviset aineet liittyvät onnettomuustilanteissa radioaktiivisen päästön lähteeseen (esimerkiksi ydinvoimalaitokseen). Mahdollisuus kiinteiden radioaktiivisten aineiden päätymiseksi ilman sekaan on kuitenkin huomioitava jätteitä käsitellessä ja erityisesti vähäaktiivisia onnettomuusjätteitä poltettaessa. Polton osalta on varmistettava, että savukaasujen puhdistukset ja suodatukset ovat riittäviä myös radioaktiivisten aineiden pidättämiseksi.

On huomattava, että onnettomuusjätteillä voi olla säteilyn lisäksi jätelain tarkoittamia vaaraominaisuuksia, jotka saattavat olla käsittelyn kannalta määrääviä, mutta tällöinkin säteilynäkökohdat on otettava jätteiden käsittelyssä, varastoinnissa ja loppusijoituksessa huomioon jäteluokan mukaisesti.

Pohdi ja kirjaa:

Kuinka suuria tavanomaisesta poikkeavia jätevirtoja organisaatio kykenee onnettomuustilanteessa vastaanottamaan ilman, että sen muu toiminta olennaisesti häiriintyy? (fysikaaliset tai kemialliset ominaisuudet, jätteen olomuodot, materiaali jne.)

Mitkä tekijät muodostaisivat ensimmäisen rajoitteen kapasiteetin kasvattamiselle?

8 Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden kuljetukset

Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden kuljetusten tavoitteena on siirtää jätteitä tehokkaasti ja turvallisesti onnettomuusalueelta pois, tarvittaessa eri käsittely- ja varastointialueiden välillä, sekä mahdolliseen lopulliseen sijoituspaikkaansa jätteenkäsittelyprosessin mukaisesti. Jätehuoltotoimijan toteuttamat vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden kuljetukset koostuvat ennen kaikkea jätteiden kuljettamisesta säteilyonnettomuusalueelta tai sen läheisyyteen perustetulta tilapäiseltä varastointialueelta jätehuollon toimitiloihin ja -alueille jatkokäsittelyä varten (katso Kuva 3). Kuljetukset tapahtuvat yleisiä teitä pitkin tehtävinä maantiekuljetuksina, joihin käytettävissä olevat reitit saattavat olla viranomaisen määräämiä. Kuljetuksia tarvitaan myös jätehuoltotoimijan käsittelyprosessin aikana ja sen jälkeen riippuen käytetyistä käsittelytavoista ja sijoitusratkaisuista.

Kuljetuksia koskevat turvallisuus- ja muut vaatimukset määrittyvät kuljetettavien jätteiden radioaktiivisuuden perusteella. Mikäli jätteiden aktiivisuustasot eivät täytä vaarallisten aineiden kuljetuksille asetettuja rajoja, kuljetukset toteutetaan jätelainsäädännön puitteissa. Mikäli rajat taas ylittyvät, määräväksi vaatimuslähteeksi muodostuu VAK-lainsäädäntö. VAK-säädökset koskevat kuitenkin vain yleisillä teillä tai reiteillä tehtäviä kuljetuksia, jolloin ne eivät ole velvoittavia jätehuoltotoimijan alueilla tehtävissä sisäisissä siirroissa.

On huomattava, että onnettomuusjätteet voivat sisältää materiaaleja, jotka täyttävät kuljetusvaarallisen aineen kriteeristön jonkin muun ominaisuuden kuin radioaktiivisuuden perusteella. Tällöin jäte kuljetetaan vaarallisena aineena perustuen niihin vaatimuksiin, joita kyseessä olevalle kuljetusvaarallisuusluokalle on määrätty. Vaihtoehtoisesti on myös mahdollista, että jäte on vaarallista ainetta usean eri vaarallisen ominaisuuden näkökulmasta. Tällaisessa tapauksessa kuljetus luokitellaan määräävän vaaraominaisuuden mukaiseen luokkaan VAK-tiemääräyksessä [14] esitetyn järjestyksen perusteella. Radioaktiiviset aineet (luokka 7) ovat tämän prioriteettijärjestyksen ensimmäisellä sijalla.

8.1 Jätelain vaatimusten mukaiset kuljetukset

Jos kuljetettavat vähäaktiiviset onnettomuusjätteet eivät luokitu vaaralliseksi aineeksi kuljetuksessa, kuljetus voidaan toteuttaa jätelain [2] ja valtioneuvoston asetuksen [3] vaatimusten mukaisesti soveltaen jätteiden kuljettamiseen liittyviä yleisiä turvallisuuskäytäntöjä.

Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden kuljetusten kokonaisturvallisuus muodostuu muun muassa seuraavista tekijöistä:

- Jäte kuljetetaan tiiviissä pakkauksessa tai umpinaisessa kuljetusvälineessä. Jäte voidaan kuljettaa myös peitettynä tai muulla tavoin, jos voidaan varmistua siitä, ettei jätettä pääse ympäristöön kuormauksen tai kuljetuksen aikana eikä jätteestä aiheudu tapaturmavaaraa.
- Kuljetukset tapahtuvat ainoastaan ennalta suunniteltuja kuljetusreittejä pitkin.
- Kuljetusten aikaisiin onnettomuuksiin, erityisesti tulipaloihin, on varauduttu ennalta.
- Kuorman lastaamisen jälkeen ennen kuljetuksen aloittamista varmistetaan, että jätteen lähettämät säteilytasot ovat hyväksyttävällä tasolla ajoneuvon ympärillä sekä ohjaamossa.
- Kuljetusten välillä kuormien purkamisen jälkeen ajoneuvojen säteily-/kontaminaatiotasoja mitataan ja tarvittaessa ajoneuvoja pestään.
- Jätteen siirtoasiakirjaa laaditaan ja hallitaan kuljetusprosessin aikana asianmukaisesti.

8.2 Vaarallisten aineiden kuljetukset

Kuljetettava jäte voidaan määritellä vaaralliseksi aineeksi monen eri terveydelle tai ympäristölle vaarallisen ominaisuuden perusteella. Tässä ohjeessa otetaan kantaa vain jätteisiin, jotka on luokiteltu vaaralliseksi

aineeksi kuljetuksessa niiden sisältämän radioaktiivisuuden osalta. Lisäksi ohjeessa tarkastellaan ainoastaan Suomen rajojen sisällä tapahtuvia tiekuljetuksia.

Tällaisessa tapauksessa kuljetusten määräävä vaatimuslähde on VAK-tiemääräys [14], jossa esitetään myös radioaktiivisuuden raja-arvot VAK-luokittelun osalta. Mikäli jätteiden aktiivisuuspitoisuus ylittää asetetut raja-arvot, kuljetus on toteutettava VAK-lainsäädännön mukaisesti. Raja-arvojen täyttymisen tarkastelu tehdään kuljetuseräkohtaisesti.

VAK-kriteerin täyttymiseksi aktiivisuuspitoisuuden raja-arvon (Bq/g) lisäksi myös kerralla kuljetettavan kokonaisaktiivisuuden raja-arvon (Bq) on ylityttävä. Kerralla kuljetettavien jätemäärien ollessa suuria voidaan kokonaisaktiivisuuden raja-arvon olettaa täyttyvän aina silloin, kun pitoisuusraja-arvokin on ylittynyt. Esimerkiksi ydinvoimalaitosonnettomuuksien kannalta keskeisen cesium-137:n kohdalla kuljetuskohtainen kokonaisaktiivisuuden raja-arvo (10 000 Bq) täyttyy, mikäli jätteen kokonaismäärä on yksi kilogramma (1000 g), kun cesiumin pitoisuus jätteissä on VAK-raja-arvon verran (10 Bq/g).

Kuten edellä olevasta esimerkistä käy ilmi, vaarallisten aineiden kuljetusten radioaktiivisten aineiden raja-arvot ovat radionuklidikohtaisia. Mikäli jätteen seassa on useita eri radionuklideja, raja-arvo määritetään radionuklidiseokselle VAK-tiemääräyksessä esitetyn summasäännön perusteella. Raja-arvot eivät näin ollen ole yksiselitteisesti yhdistettävissä vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden jäteluokkiin (katso Taulukko 1), mutta lähtökohtaisesti voidaan olettaa, että jäteluokan II kuljetukset edellyttävät vaarallisten aineiden kuljetusta, ja jäteluokan III ja IV kuljetuksissa sovellettavaksi tulisi vain jätelaki.

Oletuksen perusteella suurin osa kuljetuksista kuuluisi VAK-säännösten ulkopuolelle, mutta jätteistä voi tulla vaarallisia aineita tietynlaisten jätteenkäsittelyprosessien aikana radioaktiivisten aineiden konsentroitumisen johdosta. Vertailua VAK-raja-arvojen, valvonnasta vapautuksen raja-arvojen ja vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden jäteluokkien välillä säteilyonnettomuuksissa esiintyvien nuklidien osalta on esitetty alla (Taulukko 7).

Taulukko 7. Eräiden radionuklidien aktiivisuuspitoisuuden raja-arvoja VAKin, valvonnasta vapauttamisen ja vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden jäteluokkien osalta.

Nuklidi	VAK-raja-arvo aktiivisuuspitoisuudelle [Bq/g]	Valvonnasta vapautuksen raja-arvo aktiivisuus-pitoisuudelle [Bq/g]	Jäteluokkien raja-arvot aktiivisuuspitoisuudelle [Bq/g]
Cs-137	10	0,1	II: 10–1000 III: 1–10 IV: < 1
Sr-90	100	1	II: 10–1000 III: 1–10 IV: < 1
Co-60	10	0,1	II: 10–1000 III: 1–10 IV: < 1
H-3	1 000 000	100	II: 100–10 000 III: 10–100 IV: < 10
C-14	10 000	1	II: 100–10 000 III: 10–100 IV: < 10
Am-241	1	0,1	II: 1–100 III: 0,1–1 IV: < 0,1

Seuraavassa listauksessa on esitetty joitain keskeisiä huomioitavia asioita siinä tapauksessa, että jätekuljetus tulee suorittaa vaarallisen aineen kuljetuksena:

- Turvallisuusneuvonantaja (TNA) (VAK-laki 91 §, 93 §)
  - Vaarallisten aineiden tie- tai rautatiekuljetusta sekä näihin kuljetuksiin liittyvää pakkaamista, lähettämistä tai muuta vaarallisten aineiden kuljetuksen turvallisuuteen liittyvää toimintaa harjoittavan on nimettävä yksi tai tarvittaessa useampi turvallisuusneuvonantaja. Nimetyllä turvallisuusneuvonantajalla on oltava voimassa oleva todistus turvallisuusneuvonantajan kokeen suorittamisesta. Lisäksi turvallisuusneuvonantajaksi nimettävältä on oltava kirjallinen suostumus tehtävään. Turvallisuusneuvonantajan tehtävänä on muun muassa antaa neuvoja, joiden avulla vaarallisten aineiden kuljetukset suoritetaan säännöksiä ja määräyksiä noudattaen mahdollisimman turvallisesti, sekä seurata ja ohjata vaarallisten aineiden kuljetukseen liittyvää toimintaa.
- Koulutus (VAK-laki 42 §)
  - Vaarallisten aineiden kuljetukseen liittyviä tehtäviä hoitavalla on oltava suoritettuna henkilöstön vastuuseen ja tehtäviin soveltuva sekä käytettävän kuljetusmuodon vaatimukset kattava koulutus, joka muodostuu muun muassa seuraavista osista:
    - Yleinen tiedostava koulutus, jossa henkilöstölle annetaan yleiset tiedot vaarallisten aineiden kuljetusta koskevista vaatimuksista.
    - Tehtäväkohtainen koulutus, jossa henkilöstölle annetaan yksityiskohtaista henkilöstön tehtäviin ja vastuuseen suhteutettua koulutusta vaarallisten aineiden kuljetusta koskevista vaatimuksista.
    - Turvallisuuskoulutus, jossa henkilöstölle annetaan koulutusta vaarallisten aineiden vaaroista suhteutettuna mahdolliseen onnettomuuden aiheuttamaan tapaturmavaaraan ja altistukseen.
    - Radioaktiivisten aineiden kuljetukseen liittyvä koulutus, jossa radioaktiivisten aineiden kuljetukseen liittyviä tehtäviä hoitavalle henkilöstölle annetaan soveltuvaa koulutusta radioaktiivisten aineiden kuljetukseen liittyvistä riskeistä ja varotoimenpiteistä säteilyltä suojautumista ja muiden henkilöiden suojaamista varten.
- Kuljettajan pätevyys (VAK-laki 45 §)
  - Vaarallisten aineiden tiekuljetuksessa ajoneuvon kuljettajalla on oltava vaarallisten aineiden kuljettamiseen oikeuttava ajolupa (ADR-ajolupa), jos kuljetettavan aineen laji, määrä tai ajoneuvo sitä edellyttävät. ADR-ajoluvan haltija saa kuljettaa ajoneuvossa tai ajoneuvoyhdistelmässä sellaisia vaarallisia aineita, joiden aineluokkaa ja kuljetustapaa vastaavat merkinnät hänellä on ADR-ajoluvassaan. ADR-ajolupa on oltava ajettaessa mukana.
- Johtamisjärjestelmä ja säteilysuojeluohjelma (VAK-laki 63 §)
  - Radioaktiivisten aineiden kuljetukseen sisältyviä ja siihen liittyviä tehtäviä ja toimenpiteitä suorittavalla on oltava:
    - Toiminnassa sovellettava johtamisjärjestelmä tehtävien ja toimenpiteiden vaatimuksenmukaisuuden varmistamiseksi.
    - Säteilysuojeluohjelma työntekijöiden ja väestön säteilyturvallisuuden varmistamiseksi.
  - Säteilysuojeluohjelmassa on esitettävä toteutettavat toimenpiteet radioaktiivisten aineiden kuljetuksesta aiheutuvan säteilyaltistuksen estämiseksi ja rajoittamiseksi. Toimenpiteet on suhteutettava säteilyaltistuksen määrään ja todennäköisyyteen.
- Rahtikirja (VAK-tiemääräys 5.4.1.1)
  - Rahtikirjan on sisällettävä tarkasti määritellyt tiedot jokaisesta kuljetettavaksi annettavasta vaarallisesta aineesta. Osa rahtikirjan tiedoista on oltava ennalta määritellyssä järjestyksessä.
- Kirjalliset turvallisuusohjeet (VAK-tiemääräys 5.4.3)
  - Kuljetuksen aikaisen onnettomuuden tai hätätilanteen varalta on ajoneuvon ohjaamossa oltava helposti saatavissa vakiomuotoiset kirjalliset turvallisuusohjeet. Kuljetuksen suorittajan on annettava nämä ohjeet ajoneuvon miehistölle ennen kuljetuksen aloittamista, ja ne on toimitettava sellaisilla kielillä, joita jokainen miehistön jäsen pystyy lukemaan ja ymmärtämään. Kuljetuksen suorittajan on huolehdittava siitä, että miehistön jäsenet ymmärtävät nämä ohjeet ja osaavat toimia niiden mukaisesti.

- Ajoneuvon merkitseminen (VAK-tiemääräys 5.3.1 ja 5.3.2)
  - Ajoneuvo on merkittävä suurlipukkeilla ja oranssikilvillä. Suurlipukkeiden on vastattava ajoneuvon sisältämälle vaaralliselle aineelle vaadittuja lipukkeita. Kuljetettaessa luokan 7 radioaktiivisia aineita suurlipukkeet on kiinnitettävä ajoneuvon kummallekin sivulle ja taakse. Oranssikilvet on kiinnitettävä kuljetusyksikön eteen ja taakse.
- Ajoneuvon turvavarusteet (VAK-laki 15 §, VAK-tiemääräys 8.1)
  - Jokaisessa vaarallisia aineita kuljettavassa kuljetusyksikössä on oltava mukana helposti saatavissa tarvittavat henkilönsuojaimet, riittävät sammuttimet ja muut varusteet onnettomuuden ja vaara- ja hätätilanteen varalta sekä muut kyseisen aineen kuljetukseen liittyvät varusteet.

Säteilyonnettomuuden seurauksena voi syntyä paljon erilaista jätettä. Vaarallisten aineiden kuljetuksissa aineen luokittelu soveltuvalle YK-numerolle tulee tehdä aina tapauskohtaisesti. Lähettäjän on varmistettava, että vaarallinen aine on luokiteltu oikein. Vähäaktiivinen onnettomuusjäte voisi olla esimerkiksi vähäisen ominaisaktiivisuuden ainetta (LSA, Low Specific Activity) tai pintakontaminoitunut esine (SCO, Surface Contaminated Object). LSA tarkoittaa radioaktiivista ainetta, jolla luonnostaan on matala ominaisaktiivisuus, tai radioaktiivista ainetta, johon sovelletaan arvioidun keskimääräisen ominaisaktiivisuuden raja-arvoja. SCO tarkoittaa kiinteää kappaletta, joka ei itse ole radioaktiivinen, mutta jonka pinnalla on radioaktiivista ainetta.

Vaarallisten aineiden kuljetuksissa lähtökohtana on aina se, että kuljetettava aine tai esine luokitellaan soveltuvalle YK-numerolle ja kuljetus suoritetaan VAK-säädösten mukaisesti. Mikäli kuljetusta ei voida suorittaa täysin VAK-säädösten mukaisesti, tulee radioaktiivisten aineiden kuljetuksen tapauksessa Säteilyturvakeskukselta hakea sille hyväksyntää erityisjärjestelyin (YK-numero tällöin UN 2919). Tällaisessa tapauksessa on oltava tiedossa, mikä olisi kyseessä olevan aineen tai esineen luokittelun perusta (YK-numero), mikäli VAK-säädöksiä voitais iin täysin noudattaa, ja mitkä asiat olisivat niitä, joiden osalta VAK-säädökset eivät täyttyisi.

VAK-tiemääräyksen mukaan STUK voi hyväksyä yksittäisen lähetyksen tai suunnitellun sarjalähetyksen kuljetuksen erityisjärjestelyin edellyttäen, että STUK on todennut, ettei radioaktiivisia aineita koskevia määräyksiä voida soveltaa ja että näiden määräysten mukaiset tarpeelliset turvallisuusvaatimukset muuten täyttyvät. Kuljetuksessa kokonaisturvallisuustason on oltava vähintään sama, joka saavutettaisiin, jos kaikki näiden määräysten asiaankuuluvat vaatimukset olisi täytetty.

Vähäaktiivisen onnettomuusjätteen tapauksessa YK-numero olisi useimmiten todennäköisesti UN 2912, jolloin kyseessä olisi vähäisen ominaisaktiivisuuden aine (LSA) ja vielä tarkemmin LSA-aine, joka kuuluisi ryhmään LSA-I: radioaktiiviset aineet, joiden aktiivisuus on tasaisesti jakautunut ja joiden arvioitu keskimääräinen ominaisaktiivisuus on enintään 30-kertainen VAK-tiemääräyksessä annettuun aktiivisuuspitoisuuden raja-arvoon verrattuna (esimerkiksi Cs-137:n tapauksessa enintään 30 x 10 Bq/g = 300 Bq/g). LSA-I-aineita saa kuljettaa pakkaamattomina (eli niin sanottuina bulkkikuljetuksina) VAK-tiemääräyksen mukaisesti sillä ehdolla, että tavanomaisissa kuljetusolosuhteissa sisältö ei pääse vuotamaan ajoneuvosta, ja että suojaus ei heikkene. Lisäksi jokaisen ajoneuvon on oltava yksinkäytössä. Yksinkäyttö radioaktiivisten aineiden kuljetuksessa tarkoittaa, että vain yksi lähettäjä käyttää ajoneuvoa tai suurkonttia siten, että kaikki kuormaamiset ja purkamiset ennen kuljetusta, sen aikana ja sen jälkeen suoritetaan lähettäjän tai vastaanottajan ohjeiden mukaisesti.

Mikäli kuljetettavan LSA-aineen keskimääräinen ominaisaktiivisuus olisi yli 30-kertainen VAK-tiemääräyksessä annettuun aktiivisuuspitoisuuden raja-arvoon verrattuna (esim. Cs-137:n tapauksessa yli 300 Bq/g), kyseessä olisi LSA-II-aine (UN 3321), eikä bulkkikuljetus olisi enää mahdollinen. Kuljetus tulisi suorittaa kappaletavarakuljetuksena, joka eroaa bulkkikuljetuksesta pääasiassa siinä, että aineet kuljetetaan pakattuina yksikköinä, jotka käsitellään erikseen. Tällaisissa tapauksissa on huomioitava, että kuljetuspakkausten vaatimustenmukaisuus radioaktiivisten aineiden kuljettamiseen on voitava osoittaa pakkauksen valmistajan vaatimustenmukaisuustodistuksella. Mikäli vaatimustenmukaisuutta ei kuljetuspakkauksella ole tai sitä ei voida todistaa, on jokaiselle kuljetukselle saatava Säteilyturvakeskukselta hyväksyntä kuljetuksen toteuttamiseksi erityisjärjestelyin.

Pohdi ja kirjaa:

Millaista kuljetusosaamista (esim. ajoneuvotyypit, erikoiskuljetukset) organisaatiolla on?

Kuinka suuri kuljetuskapasiteetti organisaatiolla on (esim. ajoneuvojen lukumäärä, kantavuus tonneina)?

Onko organisaatiolla valmius vaarallisten aineiden kuljettamiseen, jos on, minkä luokan vaarallisia aineita (ADR-luokitus) organisaatio voi kuljettaa?

Millaista kalustoa on tarjolla tähän tilanteeseen, ja mikä on kaluston varausaste?

Kuinka monta kuljettajaa soveltuisi tehtävään? Onko mahdollista kouluttaa lisää kuljettajia tai apumiehiä lyhyellä aikataululla?

Kuinka nopeasti kuljetuskapasiteettia tai kuljettajamäärää voidaan kasvattaa, esim. siirtymällä vuorotyöhön?

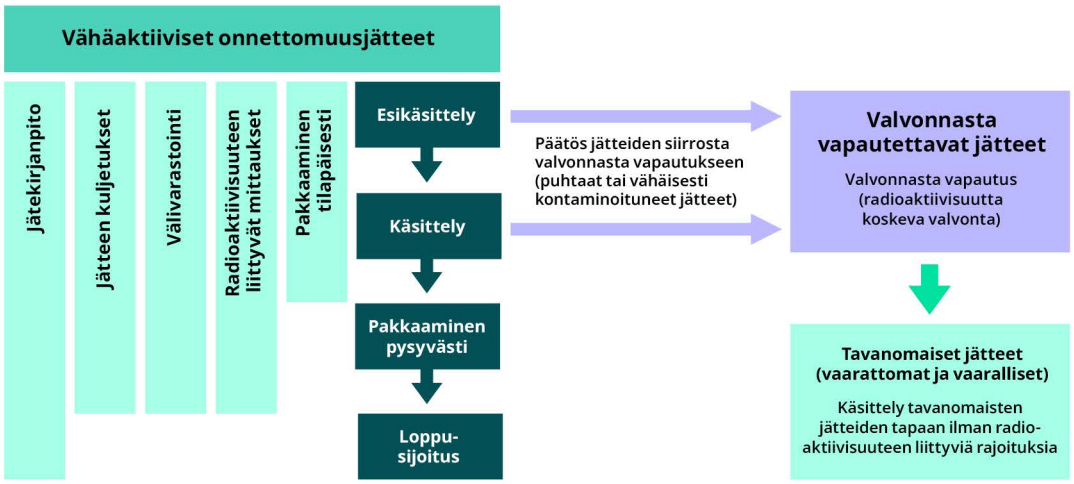
Olisiko organisaatio valmis yhteistyöhön toisen toimijan kanssa (esim. kaluston tai henkilöstön jakaminen) tässä tilanteessa?

9 Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittely

Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyn tavoitteena on huolehtia jätteistä ja niiden sisältämistä radioaktiivisista aineista turvallisella tavalla siten, että säteilyaltistus työntekijöille, väestölle ja ympäristölle pysyy mahdollisimman pienenä nyt ja tulevaisuudessa. Samaan aikaan käsittelyllä pyritään jätemäärän minimointiin ja jätelain mukaisen etusijajärjestyksen noudattamiseen niin pitkälti kuin mahdollista. Lähtökohtana on, että jätteiden käsittelyssä voidaan hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti jätehuoltotoimijoiden olemassa olevia prosesseja, joita mukautetaan tarpeen vaatiessa säteilyturvallisuuden varmistamiseksi.

Yleisen tason prosessikaavio vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelystä on esitetty alla (Kuva 7). Kaavio kuvaa käsittelyketjun eri päävaiheet sekä niihin liittyvät useampaa vaihetta koskevat toiminnot. Esikäsittelyn ja käsittelyn aikana voidaan jätekokonaisuudesta erottaa erilleen sellaisia osia jätteistä, jotka eivät sisällä radioaktiivisia aineita tai sisältävät niitä vain vähäisissä määrin. Tällaiset jätteet voidaan vapauttaa radioaktiivisuutta koskevasta valvonnasta, minkä jälkeen niitä voidaan käsitellä tavanomaisten jätteiden tapaan ilman radioaktiivisuuteen liittyviä rajoituksia.

Kuva 7. Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyprosessi sekä tavanomaisten jätteiden valvonnasta vapautus. Muokattu lähteestä [21].



Jätteiden käsittelyprosessi ja sen eri vaiheet on tärkeää suunnitella kokonaisuutena, jotta prosessin myöhäisempien vaiheiden asettamat vaatimukset voidaan huomioida jätteenkäsittelyssä heti alusta alkaen. Tämä mahdollistaa jätteiden tarkoituksenmukaisen ja tehokkaan käsittelyn koko käsittelyketjun aikana ja vähentää tarvetta uudelleenkäsittelylle. Esimerkiksi jätteiden lajittelu voidaan joutua toteuttamaan normaalista poikkeavalla tavalla varsinaisen käsittelyvaiheen mahdollistamiseksi, ja pakkaamisessa on otettava huomioon loppukäsittelystä tai loppusijoituksesta polveutuvat vaatimukset.

Täydentäviä ja yksityiskohtaisempia tietoja radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittelystä on esitetty:

- Yleisesti erilaisten jätteiden käsittelyvaihtoehtoihin liittyen lähdeteoksessa [22].
- Orgaanisten jätteiden käsittelyvaihtoehtoihin liittyen lähdeteoksessa [23].
- Kontaminoituneiden asutettujen alueiden puhdistamiseen ja jätteenkäsittelyyn liittyen lähdeteoksessa [24].
- Ruoantuotantoketjun osiin kohdistuneen kontaminaation puhdistamiseen ja jätteenkäsittelyyn liittyen lähdeteoksessa [25].

9.1 Välivarastointi

Välivarastointi on usein edellytys säteilyonnettomuuden aiheuttamien jätemäärien hallitsemiseksi, sillä tyypillisesti jätettä muodostuu paljon ja sitä saadaan kerättyä nopeammalla tahdilla kuin mitä jätettä pystytään varsinaisesti käsittelemään. Tämän vuoksi välivarastoinnin voidaan katsoa olevan ensimmäinen vaihe jätehuoltotoimijan jätteenkäsittelyprosessissa sen jälkeen, kun jätteet on otettu kuljetuksesta vastaan, ja ennen kuin jätteet siirretään varsinaiseen käsittelyyn. Jätteiden välivarastointia tehdään myös onnettomuuden vaikutusalueen läheisyydessä, mutta jätteet voi olla tarkoituksenmukaisinta siirtää jätehuoltotoimijan omille varastointialueille heti kun mahdollista, jotta jätteiden hallinta on selkeää ja niiden siirtäminen käsiteltäväksi on tehtävissä sujuvasti.

Välivarastointitarve ei todennäköisesti pääty prosessin alkuvaiheen varastointiin, vaan sitä tarvitaan koko käsittelyprosessin ajan. Välivarastointi onkin tyypillisesti suurilta osin niin sanottua puskurivarastointia eri prosessivaiheiden välillä, sillä kaikki jätteenkäsittelyketjun vaiheet eivät pysty vastaanottamaan tai prosessoimaan jätettä yhtä tehokkaasti, tai jätettä siirretään ketjussa eteenpäin erä kerrallaan. Jätettä voidaan joutua välivarastoimaan myös siksi, että sen jatkokäsittely ei ole vielä mahdollista. Syitä tähän voivat olla esimerkiksi kesken oleva lupakäsittely tai käsittelylaitoksen/loppusijoitusalueen oleminen vielä rakenteilla. Välivarastointia suunnitellessa onkin otettava huomioon, että varastointitarve voi koskea sekä käsittelemättömiä että käsiteltyjä jätteitä, joiden vaatimukset varastoinnin osalta voivat olla keskenään erilaiset. [21]

Onnettomuuden alkuvaiheessa välivarastointiratkaisut voivat perustua nopeasti käyttöönotettaviin tilapäisratkaisuihin, jotta muodostuvaa jätekertymää saadaan hallittua lyhytaikaisesti riittävällä suojauksen tasolla. Myös jo käytössä olevien varastointipaikkojen soveltuvuutta tai muuttamista onnettomuusjätteille soveltuvaksi on syytä arvioida varastointikapasiteetin kasvattamiseksi lyhyellä aikavälillä. Samanaikaisesti on arvioitava tarvetta uudelle ja pidempiaikaiselle välivarastointikapasiteetille, jossa onnettomuusjätteitä voidaan varastoida turvallisesti pidempiä aikoja. Vaikka osa onnettomuusjätteistä varastoitaisiin pidempiaikaisesti, on välivarastointi kaikille jätejakeille kuitenkin vain tilapäisratkaisu, minkä vuoksi kaikkien varastoitujen jätteiden tulee olla turvallisesti noudettavissa jatkokäsittelyä varten. [21]

Pienen puoliintumisajan jätteille eli lyhytikäisille jätteille välivarastointi voi olla yksi jätteenkäsittelytapa, jolla jätteen radioaktiivisuudesta päästään eroon. Tällaisen niin kutsutun puoliintumisvarastoinnin avulla jätteitä varastoidaan niin kauan, että radioaktiivisten aineiden määrä jätteissä vähenee oleellisesti radioaktiivisen hajoamisen kautta, minkä jälkeen radioaktiivisuudella on vähäisempi tai olematon vaikutus jäljempänä tehtävien jätteenkäsittelytoimenpiteiden kannalta.

Välivarastoinnin tarkoituksesta riippumatta varastointialueiden suunnittelussa on otettava huomioon, että kokemusten valossa onnettomuusjätteiden varastointi tulee yleensä kestämään huomattavasti pidempään kuin mitä alun perin on oletettu. Tämän vuoksi on käytännöllistä, mikäli varaston kapasiteettia pystytään tarvittaessa joustavasti kasvattamaan. [20]

Radioaktiivisuuden kannalta jätteiden varastoinnissa on otettava erityisesti huomioon, että radioaktiiviset aineet eivät pääse leviämään varastoinnin aikana. Kiinteässä olomuodossa olevien jätteiden leviäminen voi olla mahdollista esimerkiksi sääolosuhteiden vaikutuksesta tai tulipalon seurauksena. Koska kokonaisjätemäärä on oletettavasti huomattavan suuri, kaikkea jätettä ei käytännössä voida pakata tai sijoittaa katettuun tilaan. Tämän vuoksi jätteiden varastointimenettelyt on suhteuttava niiden sisältämien radioaktiivisten aineiden määrään. Riskitason mukainen portaittainen lähestymistapa kiinteiden jätteiden varastointiin voidaan toteuttaa esimerkiksi alla esitetyllä tavalla (Kuva 8).

Kuva 8. Kiinteiden jätteiden varastointitavan valinta jätteiden radioaktiivisuuden mukaan. Muokattu lähteestä [21].



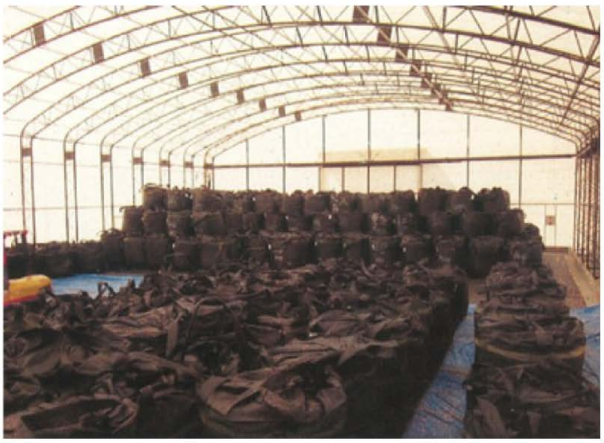
Tyypistä riippuen jätettä voi siis olla mahdollista varastoida esimerkiksi varastointikentällä sellaisenaan, tai vaihtoehtoisesti jäte voidaan joutua pakkaamaan tarkoituksenmukaisella tavalla riittävän tiiviisiin pakkauksiin, ja pakkaukset voi olla tarpeen varastoida katettuihin tiloihin sääolosuhteilta suojaamiseksi. Varastoinnissa paloturvallisuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä tulipalossa radioaktiiviset aineet voivat levitä ja kulkeutua savun mukana aiheuttaen uuden säteilyvaaratilanteen. Paloturvallisuutta voidaan edistää sammutusvalmiuden ylläpidon lisäksi esimerkiksi huolehtimalla varastotilojen riittävästä valvonnasta ja sammutuskapasiteetista, sekä rajoittamalla palon leviämismahdollisuutta varastoimalla jätepakkauksia tai -kasoja toisistaan erillään, ja luomalla edellytykset jätteiden nopealle poiskuljetukselle paikan päältä palon alkuvaiheessa.

Esimerkkejä kiinteässä olomuodossa olevien säteilyonnettomuusjätteiden välivarastointiratkaisuista on esitetty seuraavissa kuvissa (Kuva 9 – Kuva 12).

Kuva 9. Säteilyonnettomuusjätteiden välivarastointia ulkona metallisissa jäteastioissa ja kestosäkeissä. Kuvat lähteestä [21].



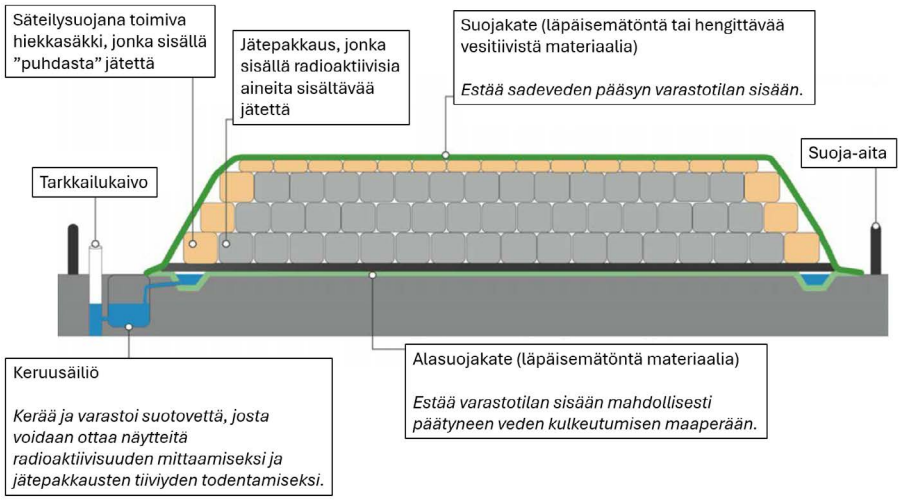

Kuva 10. Säteilyonnettomuusjätteiden välivarastointia tilapäisissä varastoteltoissa. Kuvat lähteestä [26].




Kuva 11. Peitetty välivarastointitila pidempiaikaiseen onnettomuusjätteiden varastointiin. Kuvat lähteestä [21].



Kuva 12. Periaatekuva peitetyn välivarastointitilan toteutuksesta. Kuva muokattu lähteestä [26].



Nestemäiset jätteet varastoidaan lähtökohtaisesti varastosäiliöihin, joista jätteet voidaan tilaisuuden tullen siirtää jatkokäsittelyyn esimerkiksi pumppaamalla. Tällaisissa tapauksissa varastoinnin turvallisuus perustuu säiliön eheyteen ja soveltuvuuteen varastoitavien jätteiden suhteen. Oikeanlainen säiliötyyppi ja -materiaali on valittava jätteiden ominaisuuksien perusteella, jotta nestemäistä jätettä ei pääse vuotamaan säiliöstä pitkäkestoisenkaan varastoinnin aikana. Levitessään nestemäinen jäte on yleensä kiinteää jätettä haastavampi hallita, sillä neste ja sen sisältämät radioaktiiviset aineet voivat esimerkiksi päästä imeytymään maaperään. Tämän vuoksi nestemäisten jätteiden pitkäaikainen varastointi ei ole suositeltavaa, vaan ne tulisi käsitellä mahdollisimman pian. Tyypillisiä nestemäisten jätteiden varastointisäiliöitä on esitetty alla (Kuva 13).

Kuva 13. Nestemäisten säteilyonnettomuusjätteiden varastoinnissa käytettyjä säiliöitä. Kuvat lähteestä [21].



Pohdi ja kirjaa:

Kuinka paljon varastointikapasiteettia organisaatiolla on käytettävissä erilaisille jätteille? Voidaanko kapasiteettia kasvattaa nopeasti?

9.2 Esikäsittely

Ennen jätteiden kuljetusta jätehuoltotoimijan toiminta-alueelle jätteille on tehty säteilyonnettomuuden vaikutusalueella tai sen yhteyteen perustetuilla tilapäisillä varastointipaikoilla alustavaa keräystä, erottelua, lajittelua ja pakkaamista. Säteilyonnettomuuden alkuvaiheessa toiminnan pääpaino on akuuteissa työntekijöiden ja väestön säteilyaltistusta rajoittavissa toimenpiteissä, minkä vuoksi jätteenkäsittelyä ei ole mahdollisesti voitu kaikilta osin toteuttaa jatkokäsittelyn kannalta parhaalla mahdollisella tavalla.

Tämän vuoksi jätteille onnettomuuden vaikutusalueella tehty alustava käsittely ei välttämättä täytä edellytyksiä jätehuollon toteuttaman jätteenkäsittelyn näkökulmasta, vaan jätteitä on aluksi edelleen esikäsiteltävä niiden varsinaisen käsittelyn mahdollistamiseksi, kun jätteiden haltijuus on siirtynyt jätehuollolle ja jätteet on kuljetettu jätehuoltotoimijan toimipaikkaan. Esikäsittelyn aikana voidaan:

- määrittää tarkemmin jätteiden ominaisuuksia ja sisältämiä materiaaleja,
- tehdä säteilymittauksia, jolloin osa jätteistä voidaan todeta radioaktiivisista aineista puhtaaksi tai lähes puhtaaksi ja siirtää valvonnasta vapautukseen,
- lajitella ja erotella jätteitä materiaalin tai aktiivisuustason perusteella, tai jatkokäsittelyn tarpeiden mukaisesti (esimerkiksi palavien ja palamattomien tai puristuvien ja puristumattomien jätteiden erottelu toisistaan, tai jätelain tarkoittamien vaarallisten jätteiden erottaminen vaarattomista jätteistä),
- tehdä uudelleen pakkaamista erityisesti, mikäli jätettä oletetaan varastoitavan pitkään ja onnettomuuden vaikutusalueella käytetty pakkaustapa ei ole tähän tarkoitukseen soveltuva.

Käytännöllisistä syistä johtuen jätteiden esikäsittelyalue voi olla tarkoituksenmukaista perustaa välivarastointipaikan läheisyyteen, jotta esimerkiksi kuljetustarve välivaraston ja esikäsittelyalueen välillä pysyy pienenä. Tällöin on varmistettava, että varastoitavat jätteet eivät lisää työntekijöiden säteilyaltistusta.

Pohdi ja kirjaa:

Pohdi: voisiko organisaatio tarjota konsultaatiota tai muuta apua esikäsittelyn järjestelyihin?

9.3 Kiinteiden jätteiden käsittely

Kiinteät vähäaktiiviset onnettomuusjätteet pyritään käsittelemään mahdollisimman pitkälti siten kuin vastaavanlaiset jätteet muutoinkin käsiteltäisiin jätelain mukaan jätteen määrä ja ominaisuudet huomioiden. Niin sanotusta normaalista toiminnasta poiketen käsittelyssä ja sen suunnittelussa on kuitenkin varmistettava, että työntekijöiden ja väestön säteilyturvallisuus sekä säteilysuojelun optimointiperiaate on otettu huomioon. Mikäli säteilyturvallisuuden varmistaminen sitä edellyttää, jätteiden käsittelyssä voidaan hyödyntää myös erityisesti jätteiden seassa olevien radioaktiivisten aineiden vaatimia käsittelymenetelmiä, joilla tavoitellaan esimerkiksi vähäaktiivisen onnettomuusjätteen määrän tai tilavuuden pienentämistä. Tämä voi toteutua vähentämällä jätteen määrää tai tilavuutta kokonaisuudessaan, tai erottamalla radioaktiivisia aineita muusta jätteestä erilleen.

Kiinteiden vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelymenetelmiä jätetyypeittäin on esitelty alla (Taulukko 8) ja käyty tarkemmin läpi seuraavissa alakappaleissa.

Taulukko 8. Kiinteiden vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelymenetelmiä. Muokattu lähteestä [21].

Jätetyyppi	Soveltuvat käsittelymenetelmät X = soveltuu, (X) = soveltuu osittain				
	Polttaminen	Kompaktointi	Dekontaminointi	Pilkkominen	Biologinen käsittely
Palavat jätteet	X	(X)			
Betoni- ja kivimurska tai vastaava			X		
Metallit		X	X	X	
Maaperä/ maa-aines			(X)		
Polton tuhkat		X			
Kasvillisuus	X	X		X	X

9.3.1 Polttaminen

Polttaminen on erityisen tehokas tapa pienentää radioaktiivisia aineita sisältävän orgaanisen jätteen määrää, sillä poltosta jää jäljelle määrällisesti vähän ainesta suhteessa alkuperäiseen jätemassaan, ja lisäksi jätteet saadaan hyödynnettyä energian tuottamiseksi. Polttamista varten jätteiden pitää olla ominaisuuksiltaan polttoprosessiin soveltuvia, ja lisäksi on varmistuttava, että polton seurauksena radioaktiiviset aineet eivät vapaudu ympäristöön, vaan pidättyvät prosessiin. Tätä varten on varmistettava, että savukaasujen käsittelyn suodatukset ja pesurit ovat riittäviä myös radioaktiivisten aineiden erottamiseksi savukaasuista. [20]

Savukaasujen suodattimien ja pesureiden lisäksi radioaktiivisia aineita päätyy polton seurauksena tuhkaan ja pohjakuonaan. Koska jätteen tilavuus pienenee polton aikana voimakkaasti, voi vastaavasti jäljelle jäävän tuhkan ja kuonan aktiivisuuspitoisuus olla huomattavan paljon suurempi kuin alkuperäisessä jätteessä. Tämän vuoksi muodostuvien polttojäännösten säteilytasoja on seurattava järjestelmällisesti, jotta niille voidaan valita oikeanlaiset jatkokäsittely- ja loppusijoitustavat. [20]

Polton seurauksena muodostuvan jäännösmateriaalin aktiivisuuspitoisuuden rajoittamiseksi voi olla syytä asettaa rajoituksia sille, kuinka aktiivista jätettä polttoprosessiin voidaan ottaa. Toisaalta mikäli käytännöllisistä syistä johtuen vähäaktiivisia onnettomuusjätteitä on poltettava eräperusteisesti polttolaitokselle tuotavien tavanomaisten jätteiden joukossa, voi polttojäännöksen aktiivisuuspitoisuus pysyä matalampana mahdollistaen helpomman jatkokäsittelyn. Aktiivisuuspitoisuuden perusteella jäännös voidaan käsitellä joko polttolaitoksen normaalien menettelytapojen mukaisesti, tai vaihtoehtoisesti ohjata loppusijoitukseen.

Pohdi ja kirjaa:
Mitä järjestelyjä tuhkien ja kuonan käsittelyyn sekä seurantaan tarvitaan onnettomuustilanteessa?

9.3.2 Kompaktointi

Kompaktoinnilla eli jätteiden kokoonpuristamisella tavoitellaan jätteiden tilavuuden pienentämistä tehokkaamman pakkaamisen, kuljettamisen, varastoinnin ja jatkokäsittelyn mahdollistamiseksi. Ymmärrettävästi kompaktointi soveltuu vain sellaisille jätteille, joita on niiden ominaisuuksien puolesta mahdollista puristaa kasaan, ja joille puristamisella voidaan saavuttaa käytännön kannalta riittävän merkittävä pienennys jätteen tilavuudessa. Kompaktointia varten markkinoilla on paljon erilaisten materiaalien käsittelyyn suunniteltuja laitteistoja, joita kutsutaan esimerkiksi jätekompaktoreiksi, jätepuristimiksi tai paalaimiksi (katso Kuva 14).

Kuva 14. Pehmeiden jätteiden paalain (vasemmalla) ja romumetallin paalain (oikealla). Kuvat lähteistä [27]&[28]



Kompaktoinnin on oltava myös tarkoituksenmukaista jätteen jatko- tai loppukäsittelyn kannalta. Esimerkiksi polttoon ohjattavien jätteiden osalta on varmistettava, voiko polttolaitos vastaanottaa polttoprosessiin kompaktoituja tiiviitä jätepakkauksia. Mikäli pakkauksia ei voi polttaa sellaisenaan, ne tulee polttolaitoksella purkaa tai repiä auki jätteiden polttamisen mahdollistamiseksi, mikä ei välttämättä ole käytännöllinen tai säteilyturvallisuuden näkökulmasta paras ratkaisu.

On huomioitava myös, että kompaktointi voi estää kokoon puristetun jätteen dekontaminoimisen tai radioaktiivisuuteen liittyvän valvonnasta vapautuksen mittausten suorittamisen. Mikäli esimerkiksi metallisia jätteitä ohjataan kierrätykseen, kompaktointi ja pakkaaminen tulee lähtökohtaisesti suorittaa vasta sen jälkeen, kun jäte on puhdistettu ja sille on suoritettu tarvittavat radioaktiivisuuteen liittyvät mittaukset ja vapautus valvonnasta.

Usein kompaktoinnin tavoite onkin pienentää jätteen tilavuutta sellaisessa tapauksessa, jossa jätteelle ei ole odotettavissa enää jatkokäyttöä, vaan se ohjataan loppukäsiteltäväksi joko kaatopaikalle tai radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden loppusijoitustiloihin. Kompaktoinnin osalta on huomattava, että vaikka käsittelyn seurauksena jätteen massa ei muutu, sen tilavuus voi kuitenkin pienentyä merkittävästi. Tämä voi vastaavasti nostaa huomattavasti jätteiden aktiivisuuspitoisuutta suhteessa jätetilavuuteen. Vaikka siis massaan suhteutettu aktiivisuuspitoisuus pysyykin ennallaan, voi aktiivisuuden kasvu tilavuutta kohden edellyttää säteilyaltistusriskin uudelleenarviointia kokoon puristettujen jätteiden osalta.

9.3.3 Dekontaminointi

Dekontaminoinnin tarkoituksena on erottaa radioaktiiviset aineet niitä sisältävistä jätteistä mahdollisimman tehokkaasti, jotta valtaosa jätteestä voidaan jatkokäsitellä tavanomaisena jätteenä, ja vastaavasti jäljelle jäävän radioaktiivisia aineita sisältävän jätteen määrä pienenee merkittävästi. Vaihtoehtoisesti, vaikka radioaktiivisia aineita ei saataisi dekontaminoinnin avulla täysin erotettua muista jätteistä, jätteiden aktiivisuuspitoisuutta saadaan kuitenkin vähennettyä, mikä on jatkokäsittelyn kannalta hyödyllistä.

Dekontaminointimenetelmiä on useita erilaisia ja ne soveltuvat ennen kaikkea kiinteille ja niin sanotuille koville jätemateriaaleille (esimerkiksi metallit, betoni ja kivipohjaiset materiaalit). Dekontaminointi voi olla toimiva menetelmä myös kontaminoituneen maaperän puhdistamiseen maaperän koostumuksesta riippuen. [21]

Yksinkertaisimmillaan dekontaminointi voi tarkoittaa kiinteän kappaleen pinnalle laskeutuneiden tai tarttuneiden radioaktiivisten aineiden poistamista pesemällä hyödyntäen tarkoitukseen sopivia pesuaineita ja välineitä, kuten painepesureita, imureja tai mekaanisia pesureita. Joissain tapauksissa pesemistä parempi vaihtoehto voi olla kappaleen kontaminoituneen pintakerroksen poistaminen. Tämä voidaan jätteen materiaalista riippuen toteuttaa esimerkiksi hiomalla, jyrsimällä tai erilaisilla puhallusmenetelmillä (hiekkapuhallus, kuivajääpuhallus jne.) [21]

Maaperän dekontaminoimisen lähtökohta on yleensä mittauksin ja näytteenotoin varmistettu oletus siitä, että valtaosa radioaktiivisesta kontaminaatiosta pidättäytyy maan pintakerrokseen, korkeintaan noin 10 senttimetrin syvyyteen. [21] Lisäksi, kun kontaminaatiossa olevat radioaktiiviset aineet on kartoitettu, voidaan yleensä muodostaa käsitys siitä, minkä kokoisiin maa-ainepartikkeleihin kyseiset radioaktiiviset aineet kiinnittyvät. Tästä seuraten maaperän dekontaminointi perustuu useimmiten maan pintakerroksen keräämiseen, partikkelikoon perusteella tehtävään erotteluun (katso Kuva 15) ja jäljelle jäävän radioaktiivisen maa-aineksen varsinaiseen dekontaminointiin. Dekontaminointi voi maa-aineksessa olevista radioaktiivista aineista riippuen perustua fysikaalisiin tai kemiallisiin prosesseihin, kuten erilaisiin suodatuksiin, pesemiseen, uuttamiseen tai ioninvaihtoon. [29]

Kuva 15. Kontaminoituneen maa-aineksen erottelua ja lajittelua Fukushimassa. Kuva lähteestä [21].



Ennen päätöstä jätteiden dekontaminoinnista on aina arvioitava suunnitellulla dekontaminointitoimenpiteellä saavutettavaa kokonaishyötyä. Arvioinnissa on huomioitava kuinka tehokkaasti dekontaminoinnilla saadaan vähennettyä radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden määrää tai niiden aktiivisuutta, kuinka paljon käsittelystä aiheutuu sekundäärijätteitä, aiheutuuko käsittelystä ilmakontaminaatiota ja voidaanko dekontaminointi toteuttaa työntekijöiden kannalta turvallisesti. Erityisesti pesuaineiden tai veden käyttöön perustuvat mene-

telmät aiheuttavat usein huomattavan määrän radioaktiivisuutta sisältävää nestettä eli nestemäistä sekundäärijätettä, mikä lisää käsiteltävien radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden määrää. [21]

Myös dekontaminoinnin osalta on huomioitava mahdollinen radioaktiivisten aineiden konsentroituminen, kun jätteestä erotetaan suuri osa sen sisältämistä radioaktiivisista aineista, mutta vain pieni osa varsinaisesta jätteestä, jolloin erotetussa osassa jätettä aktiivisuuspitoisuus voi nousta huomattavasti.

9.3.4 Pilkkominen

Jätteiden pilkkomisella tavoitellaan jätteiden kappalekoon pienentämistä, jotta jäte voidaan jatkokäsitellä sille suunnitellun käsittelyprosessin mukaisesti. Konkreettisia tavoitteita pilkkomiselle voivat asettaa esimerkiksi loppusijoitettavan jätteen jäteastian koko, kuljetuspakkauksen tai ajoneuvon kuormatilan koko, poltto- tai sulatuslaitoksen edellyttämä jätejakeen kappalekoko tai kompaktorin vaatimukset puristettavan jätteen enimmäismitoille.

Näin ollen pilkkomisella voidaan tehostaa suurikokoisten ja kiinteiden jätekappaleiden käsittelyprosessin tehokkuutta. Se voi soveltua esimerkiksi suurille metallisille kappaleille, betonilohkoille tai kontaminoituneille puille. Käytettävät työstömenetelmät ja työkalut valitaan jätekappaleen materiaalin ja radioaktiivisuuden sekä työnteon turvallisuusnäkökohtien mukaan. Yleisiä menetelmiä ovat erilaiset sahaus- ja leikkausteknologiat, joista on usein olemassa sekä kuiva että märkä versio. Märkäteknologiassa pilkkomisessa hyödynnetään tyypillisesti vettä pölyämisen estämiseksi, jolloin sen etu kuivateknologiaan verrattuna on ilmakontaminaation ja sen kautta aiheutuvan säteilyaltistuksen (tai muun terveyshaitan) pienempi todennäköisyys. Märkäteknologioista aiheutuu kuitenkin suurempi määrä sekundäärijätettä, joka on osittain nestemäisessä olomuodossa.

Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden osalta on muistettava, että niiden radioaktiivisuus johtuu lähtökohtaisesti laskeuman kautta jätteiden ulkopinnoille asettuneista radioaktiivisista aineista. Koska onnettomuusjätteiden käsittelyn yhtenä tavoitteena on erottaa radioaktiivisia aineita sisältävät ja sisältämättömät materiaalit toisistaan (silloin kun tämä on säteilyturvallisuuden näkökulmasta perusteltua), tällaisia jätteitä ei välttämättä ole tarkoituksenmukaista pilkkoa kokonaisuudessaan yhdessä käsittelyssä, koska silloin periaatteessa koko jätemäärä on käsiteltävä radioaktiivisia aineita sisältävinä jätteinä. Mikäli radioaktiivisia aineita esiintyy vain jätekappaleen pintakerroksessa eikä niitä ole saatu erotettua dekontaminointimenetelmien avulla, voidaan kappale aluksi pilkkoa radioaktiivisia aineita sisältävään ja sisältämättömään osaan. Tämän jälkeen kontaminoitunut osa ja radioaktiivisuudesta puhdas osa käsitellään eri paikassa ja eri työkaluin ristiin kontaminoitumisen välttämiseksi.

9.3.5 Biologinen käsittely

Biologinen käsittely tarkoittaa orgaanisen jätteen hajottamista luonnonmukaisten hajottajaeliöiden avulla jätteen määrän vähentämiseksi. Tyypillisimpiä käsittelyprosesseja ovat kompostointi ja mädätys. Näiden prosessien aikana eliöt, pääasiassa bakteerit, hajottavat jätteen orgaanisia osia, minkä seurauksena muodostuu lämpöä, tuotekaasuja ja epäorgaanisen aineksen sisältävää ravinnerikasta jäännösmateriaalia. Kompostointi on esimerkki aerobisesta eli happea käyttävästä prosessista, jonka lopputuotteet koostuvat hiilidioksidista, vesihöyrystä, sekä ravinteikkaasta humuksesta. Mädätys on puolestaan anaerobinen eli hapeton prosessi, jossa muodostuu hiilidioksidin ohella merkittävästi metaania, ja kiinteänä lopputuotteena saadaan mädätysjäännöstä eli digestaattia. [30]

Orgaanisia vähäaktiivisia onnettomuusjätteitä voitaisiin niiden materiaalista ja aktiivisuuspitoisuudesta riippuen kompostoida kompostointilaitoksissa mahdollisesti muiden biohajoavien jätteiden kanssa tai erillisesti pelkästään onnettomuusjätteille perustetuissa kompostointilaitoksissa. Koska kiinteässä olomuodossa olevat radioaktiiviset aineet eivät siirry tuotekaasujen mukana ilmaan, hyvin vähäaktiivisia onnettomuusjätteitä voitaisiin käsitellä myös auma-/avokomposteissa, kun radioaktiivisten aineiden leviäminen muilla tavoin on riittävällä tasolla estetty. Radioaktiivisten aineiden leviämistä voidaan rajoittaa esimerkiksi perustamalla komposti tiiviin pohjarakenteen päälle ja suojaamalla se tuulelta.

Pelkkien onnettomuusjätteiden käsittely keskenään olisi tehokkain tapa vähäaktiivisen jätteen kokonaismäärän pienentämiseen. Koska biologisessa käsittelyssä vain orgaanisen aineksen määrä vähenee, tulisi jätteiden aktiivisuuspitoisuus kuitenkin kasvamaan konsentroitumisen johdosta, kun käytännössä sama määrä radioaktiivisia aineita sisältyisi käsittelyn myötä pienempään määrään varsinaista jätettä. Biologisen käsittelyn aikana radioak-

tiivisten aineiden määrä tai aktiivisuus ei siis vähene muuten kuin radioaktiivisen hajoamisen kautta. Tyypillisesti jätteen massa laskee kompostoinnin aikana 10–60 % [31], minkä perusteella aktiivisuuspitoisuus jäännösmateriaalissa voisi olla alkuperäiseen nähden jopa yli kaksinkertainen. Toisaalta onnettomuusjätteiden kohdalla voitaisiin tavoitella pitkäaikaista kompostointia, jolloin jätteen kokonaismäärä pienenisi tehokkaasti ja aktiivisuuspitoisuus kääntyisi pitkässä juoksussa laskuun, kun radioaktiivinen puoliintuminen toimisi konsentroitumisen vastavoimana.

Koska Fukushiman ydinvoimalaitosonnettomuuden seurauksena radioaktiivisia aineita levisi laaja-alaisesti ympäristöön, joka oli pääosin maatalouskäytössä, on orgaanisten säteilyonnettomuusjätteiden kompostoinnista saatu käytännön kokemuksia erityisesti Japanista. Täällä on tutkittu myös aktiivisuuspitoisuuden muuttumista kompostoinnin aikana, kun vähäaktiivisia jätteitä on kompostoitu muiden biojätteiden seassa. Lisäksi tuotteena muodostunutta humusta on käytetty viljelykasvien lannoitteena, minkä jälkeen aktiivisuuspitoisuus on määritetty talteen korjatuista kasveista. Tutkimusten perusteella kompostoinnin lopputuotteena saatavaa lannoitetta voidaan turvallisesti käyttää maataloudessa viljelykasvien lannoitukseen, mikäli aktiivisuuspitoisuus kompostoitavassa onnettomuusjätteessä ei ole liian suuri ja sekoitussuhde veteen ja ennen kaikkea puhtaaseen kompostimultaan on sopiva. Tällöin lannoitteen aktiivisuuspitoisuus pysyy niin pienenä, että lannoitteesta kasviin siirtyy radioaktiivisia aineita vain vähäisissä määrin ja viljelytuotteiden aktiivisuuspitoisuus pysyy niille asetettujen raja-arvojen puitteissa. [32]



Pohdi: miten radioaktiivisten aineiden päätyminen biologisen prosessin lopputuotteessa voi vaikuttaa sen käytettävyyteen?

9.4 Nestemäisten jätteiden käsittely

Nestemäisten radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittelyn tavoitteena on lähtökohtaisesti joko muuntaa nestemäinen jäte kiinteään olomuotoon, mikä mahdollistaa jätteen loppusijoituksen, tai vaihtoehtoisesti prosessoida jätettä niin, että valtaosa siitä voidaan vapauttaa radioaktiivisia aineita koskevasta valvonnasta. [21] Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden kohdalla dekontaminoinnissa syntyneitä puhdistusvesiä voitaisiin todennäköisesti suurilta osin laskea viemäriin muiden vesien mukana.

Koska kiinteytystä voidaan hyödyntää nestemäisten jätteiden lisäksi myös kiinteille jätteille, ja se liittyy keskeisesti jätteiden pakkaamiseen pysyvällä tavalla, asiaa käsitellään tarkemmin jätteiden pakkaamisen yhteydessä (kappale 9.6).

Nestemäisten jätteiden valvonnasta vapauttamiseksi jätteiden joukossa olevat radioaktiiviset kiintoainepartikkelit pyritään erottamaan nestefaasista erilleen. Vaikka yleisesti ottaen radioaktiiviset aineet voivat myös itsessään olla nestemäisessä olomuodossa, on säteilyonnettomuuden aiheuttamien radioaktiivisia aineita sisältävien nestemäisten jätteiden kohdalla lähtökohtaisesti kyse aina kiinteässä olomuodossa olevista radioaktiivisista hiukkasista, jotka ovat jäteveden tai muun nestemäisen aineen seassa. Vesipohjaisten jätteiden käsittelemiseksi voidaan siinä olevista radioaktiivisista aineista riippuen hyödyntää esimerkiksi seuraavia menetelmiä [21]:

- suodatus/ultrasuodatus/käänteisosmoosi,
- ioninvaihto,
- haihdutus,
- saostaminen.

Orgaanisia nestemäisiä jätteitä voidaan mahdollisesti käsitellä myös polttamalla. [21]

Yhdeksi merkittäväksi nestemäiseksi jätejakeeksi säteilyonnettomuuden seurauksena voi muodostua kontaminoitunut maito erityisesti silloin, kun onnettomuuden seurauksena radioaktiivisia aineita leviää alueille, jotka ovat laajalti maidontuotantokäytössä. Jätettä voi aiheutua suuria määriä, kun onnettomuuden tapahduttua

maidossa olevien radioaktiivisten aineiden mittausjärjestelyjä ei saada käyntiin nopealla aikataululla, ja maito menee lyhyen ajan kuluessa pilalle. Maitojätteen käsittelyvaihtoehtoja ovat esimerkiksi [25]:

- Maidon ja lietelannan levittäminen maahan (ei sovellu esimerkiksi pohjavesialueille).
- Maitotuotteiden valmistus ja varastointi hävittämistä varten (esim. kuivatus).
- Mädätys.

9.5 Valvonnasta vapautus

Kun jätteen on määritetty sisältävän radioaktiivisia aineita, se kuuluu radioaktiivisuuden osalta viranomaisvalvonnan piiriin siihen asti, kunnes jäte on loppukäsitelty pysyvällä tavalla eli loppusijoitettu. Loppusijoituksen jälkeen valvonta voi vielä jatkua loppusijoitustilan valvontana.

Vaihtoehtona loppusijoitukselle jäte voidaan vapauttaa radioaktiivisuutta koskevasta viranomaisvalvonnasta sillä perusteella, että siinä olevien radioaktiivisten aineiden määrät ovat vapauttamisrajoja pienemmät. Vapauttamisrajat on asetettu Säteilyturvakeskuksen määräyksessä STUK SY/1/2018 [8]. Rajat alittavia vapautettuja jätteitä saa uudelleen käyttää, kierrättää, hyödyntää ja loppukäsitellä noudattaen jätelakia jätteessä mahdollisesti olevasta hyvin vähäisestä radioaktiivisten aineiden määrästä riippumatta.

Valvovan viranomaisen eli Säteilyturvakeskuksen erillisellä hyväksynnällä myös vapauttamisrajat ylittäviä jätteitä voidaan vapauttaa valvonnasta. Tällöin edellytyksenä on, että valvonnasta vapautettavien jätteiden jatkokäsittelytapa määritetään ennalta, ja arvioinnin perusteella todetaan, että jatkokäsittelytapaa hyödyntäen jätteissä olevista radioaktiivisista aineista ei aiheudu vähäistä suurempaa säteilyaltistusta työntekijöille tai väestölle missään tilanteessa.

Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyssä yhtenä tavoitteena tulisi olla, että mahdollisimman suuri määrä jätteistä voidaan vapauttaa valvonnasta joko rajoituksetta tai siten, että jatkokäsittelytapa on määritetty etukäteen. Vapauttamisrajan ylittäviä valvonnasta vapautettavia jätteitä voitaisiin esimerkiksi hyödyntää maarakentamisessa tai sijoittaa kaatopaikoille muiden jätteiden mukana.

Jätteiden valvonnasta vapauttamista varten prosessi on suunniteltava, määritettävä ja kuvattava etukäteen, jotta viranomainen voi arvioida menettelytapojen soveltuvuuden ja antaa niille hyväksynnän. Hyväksynnän jälkeen valvonnasta vapauttaminen tapahtuu käytännössä suorittamalla jätteelle radioaktiivisuuden mittaukset, joiden perusteella voidaan luotettavasti todeta jätteiden sisältämien radioaktiivisten aineiden määrä. Mittausten jälkeen on keskeistä varmistaa, että jätteisiin ei enää pääse sekoittumaan radioaktiivisia aineita esimerkiksi kontaminoituneiden käsittelytyökalujen kautta. Kaikista valvonnasta vapautettavista jätteistä ja niihin liittyvistä mittauksista on ylläpidettävä kirjanpitoa.

Varsinaisen vapautuksen myöntämiselle voi olla viranomaiselta etukäteen saatu jatkuva hyväksyntä koskien tietynlaisten jätteiden vapauttamista määritellyn prosessin mukaisesti. Vaihtoehtoisesti viranomainen voi hyväksyä vapautuksen jäte-eräkohtaisesti vapautuksesta laaditun kirjanpidon perusteella. Käytännössä siis jätehuoltotoimija suunnittelee, ottaa käyttöön ja toteuttaa valvonnasta vapautuksen, ja viranomainen tarkastaa, hyväksyy ja valvoo toimintaa sekä sen perusteella tehtyä jätekirjanpitoa. Vastuu hyväksyttyjen menettelyiden mukaisesta toiminnasta on aina toiminnanharjoittajalla. Valvonnasta vapauttaminen on yksi vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyyn liittyvä aihealue, jonka suunnittelussa ja toteutuksessa on kannattavaa hyödyntää aihealueen asiantuntijaa.

Valvonnasta vapautettujen jätteiden jatkokäytön osalta on huomattava, että jotkin toimijat voivat omassa toiminnassaan soveltaa jätteelle viranomaisen asettamia rajoja tiukempia kriteerejä. Esimerkiksi metallinkierrätyksessä kierrätykseen vastaan otettavien materiaalien kohdalla sovelletaan radioaktiivisuuden osalta usein käytännössä nollarajaa.

9.6 Pakkaaminen

Vähäaktiivisia onnettomuusjätteitä voidaan joutua pakkaamaan tilapäisesti joitakin kertoja käsittelyprosessin aikana, kun jätteitä kuljetetaan eri alueiden, toimijoiden tai varastointipaikkojen välillä ja siirretään jätteenkäsit-

telyprosessin vaiheesta toiseen. Jätteiden pysyvämpi pakkaaminen tehdään tyypillisesti siinä vaiheessa, kun niiden varsinainen käsittely on valmistunut, ja jätteet on tarkoitus joko siirtää pitkäaikaiseen varastoon tai loppusijoittaa.

Pakkaaminen toteutetaan sitä seuraavan käsittelyvaiheen asettamilla ehdoilla ja vaatimuksilla. Kaikissa tapauksissa pakkaamisen tavoitteena on, että pakattuja jätteitä voidaan käsitellä ja varastoida sujuvasti sekä turvallisesti ilman, että radioaktiivisia aineita pääsee leviämään jätepakkauksen ulkopuolelle. Muita pakkausvaiheen tavoitteita voivat olla esimerkiksi [21]:

- Jätteiden pakkaaminen standardimuotoiseen jäteastiaan, jotta kaikkia pakattuja jätteitä voidaan käsitellä vakiomenetelmin myöhemmissä prosessivaiheissa.
- Jätteiden pakkaaminen kuljetuksia koskevien vaatimusten mukaisesti, mikäli jätteitä tullaan vielä kuljettamaan. Pakkaamisen osalta on erityisesti huomioitava vaarallisten aineiden kuljetusten kuljetuspakkauksia koskeva vaatimustenmukaisuus ja sen osoittaminen.
- Jätteiden pakkaaminen useamman kerran/useamman jäteastian sisään, jos tämä on tarpeen esimerkiksi jätteiden pitkäaikaisen varastoinnin vuoksi. Esimerkkinä jätteet voidaan pakata metallisiin tynnyreihin, jotka puolestaan pakataan konttien sisään.
- Jätteiden kiinteytys, mikäli jätteet on tarkoitus loppusijoittaa.

9.6.1 Pakkaustyypit

Jätteelle soveltuva pakkaustyyppi valitaan jätteen ominaisuuksien, käyttötarkoituksen, ympäristöolosuhteiden sekä edellytetyn käyttöiän mukaan. Keskeistä on varmistaa, että pakkaus pysyy ehjänä siltä odotetun käyttöiän ajan ja mahdollistaa jätteiden jatkokäsittelyn valitulla tavalla ilman radioaktiivisten aineiden leviämistä. [21]

Esimerkiksi kiinteiden jätteiden lyhytaikainen varastointi sisätiloissa ja nestemäisten jätteiden pitkäaikainen ulkovarastointi asettavat jäteastialle hyvin eritasoisia vaatimuksia. Jäteastian materiaalivalinnassa on otettava huomioon sekä jätteestä että ympäristöstä astiaan kohdistuvat vaikutukset, kuten esimerkiksi korroosion muodostuminen. Käyttöiän kannalta on huomioitava, että korroosion kaltaiset ilmiöt nousevat yleensä merkittäväksi tekijäksi vasta pidempien ajanjaksojen myötä, mutta toisaalta onnettomuusjätteiden varastointi on kokemusten valossa usein kestänyt kauemmin kuin ennalta on oletettu.

Jätteiden seuraavasta käsittelyvaiheesta riippuen edellytyksenä voi olla lisäksi jätteiden sujuva siirtäminen jäteastiasta käsittelyyn, tai esimerkiksi loppusijoitettavalta jätepakkaukselta vaadittu pitkäikäisyys. [21] Kiinteiden vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden pakkaamisessa käytettyjä jäteastiatyyppejä on esitetty alla (Taulukko 9 ja Kuva 16).

Taulukko 9. Kiinteiden vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden pakkaustyyppejä. Muokattu lähteestä [21].

Jäteastian tyyppi	Esimerkkijäte	Huomiot
Suuri metallikontti (esimerkiksi ISO-kontti)	Raskas jäte, metallijäte, korkeamman aktiivisuus-pitoisuuden jäte	Suurikokoisten ja raskaiden jätteiden varastointi. Soveltuu ulkovarastointiin.
Kuormalavalaatikko	Metallijäte, betonijäte, maaperä	Suurehkojen ja raskaiden jätteiden varastointi.
Tynnyri	Metallijäte, betonijäte, maaperä, tuhka	Pienikokoisten ja raskaiden jätteiden varastointi.
Suursäkki tai vastaava	Betoni, maaperä, kasvillisuus	Kevyille jätteille, jotka eivät vahingoita/puhkaise jäteastiaa.
Säteilysuojattu astia (betonista tai lyijystä)	Korkeamman aktiivisuuspitoisuuden/ säteilytason jäte	Voidaan käyttää pienille määrille jätettä, jonka aiheuttama säteilytaso edellyttää säteilysuojausta.
Bulkkijäte (ilman jäteastiaa)	Betoni, maaperä, kasvillisuus	Pienen säteilyriskin jätteiden tilapäinen varastointi kasoissa.

Kuva 16. Kiinteiden vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden pakkausvaihtoehtoja. Kuvat lähteistä [33]-[37].



Nestemäisten jätteiden varastointi tehdään tavallisesti erilaisten säiliöiden tai tynnyreiden avulla. Astian valinnassa on kiinnitettävä erityistä huomiota jatkokäsittelyn tarpeisiin, sillä nestemäiset radioaktiivisia aineita sisältävät jätteet on lähtökohtaisesti aina käsiteltävä siten, että radioaktiiviset aineet sidotaan tai erotetaan kiinteään olomuotoon niiden leviämisen estämiseksi.

Pohdi: onnettomuustilanteessa pakkauksien saatavuutta tulee haastamaan nopea kysynnän kasvu, voiko nykyiset kumppanuudet tai sopimukset auttaa organisaatiota tilanteessa?

9.6.2 Kiinteytys

Jätteiden kiinteytyksellä tarkoitetaan prosessia, jossa jätteet muunnetaan sellaiseen olomuotoon, jossa jätteissä olevien radioaktiivisten aineiden leviäminen on estetty tehokkaasti ja pitkäaikaisesti. Kiinteytystä tehdään sekä kiinteille että nestemäisille jätteille, ja kiinteytyksellä jäte valmistellaan joko pitkäaikaista varastointia tai loppusijoitusta varten.

Kiinteytys on yleisesti ottaen hidas matalan käsittelykapasiteetin prosessi, jossa jätteen joukkoon lisättävät sidosaineet kasvattavat lopullisen kiinteytetyn jätetuotteen tilavuutta huomattavasti alkuperäiseen jätemäärään nähden. Näin ollen kiinteytys ei ole tarkoituksenmukainen käsittelyratkaisu kaikille radioaktiivisia aineita sisältäville jätteille. Se on kuitenkin tarpeellinen käsittelytapa tilanteissa, joissa jätteissä oleva radioaktiivisuus voi levitä helposti, tai kun jätteet sisältävät korkean määrän radioaktiivisia aineita sekä pitkäikäisiä radionuklideja. [21] Toisaalta kääntöpuolena on, että kiinteytetyn lopputuotteen aktiivisuuspitoisuus on pienempi kuin alkuperäisessä jätteessä, ja kiinteytyksen sidosaine toimii yleensä säteilyä vaimentavana materiaalina pienentäen jätteestä aiheutuvaa säteilytasoa.

Radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittelyssä selvästi yleisin kiinteytysmenetelmä sekä kiinteille että nestemäisille jätteille on sementtikiinteytys, jossa jätteistä muodostetaan yhdessä sementin, veden ja lisäaineiden kanssa betoninen lopputuote soveltuvaan jäteastiaan, kuten metallitynnyriin. Kiinteytys voidaan tehdä joko sekoittamalla jätteistä ja sementistä tasakoosteinen seos (katso Kuva 17), tai tekemällä betoninen ympärivalu ja sulkemalla jätteet sementin sisään. Sementtikiinteytykselle vaihtoehtoisia kiinteytysmenetelmiä ovat esimerkiksi lasitus (vitrifikaatio), metallien sulattaminen ja polymeerikiinteytys. [21]

Kuva 17. Metallitynnyriin muodostettu jäte-sementtiseos (vasemmalla) ja sementtikiinteytyksen tynnyrisekoitusyksikkö (oikealla). Kuvat lähteestä [38].





Kiinteytysmenetelmät edellyttävät yleensä tarkkaa kiinteytettävien aineiden kemian hallintaa ja soveltuvat tietyn tyyppisille jätteille. Tämän vuoksi kiinteytyksen toteutus onnettomuusjätteiden käsittelyssä voi olla käytännössä haastavaa, mikäli jätteet ovat kemiallisilta koostumuksiltaan vaihtelevia, ja niiden seassa on aineita, jotka eivät sovellu hyvin kiinteytettäviksi (esimerkiksi orgaaniset materiaalit, raskasmetallit, hyvin pienen hiukkaskoon materiaalit, kloridit, sulfaatit, reaktiiviset metallit kuten alumiini ja magnesium jne.). [21]

Pitkäaikaisessa varastoinnissa radioaktiivisten aineiden leviämisen estäminen voi kiinteytyksen sijasta perustua myös erityisvahvojen jäteastioiden (englanniksi High Integrity Container = HIC) käyttämiseen. [21]

9.7 Loppusijoitus

Loppusijoittamisella tarkoitetaan erityisesti radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden pysyvää sijoittamista tätä tarkoitusta varten rakennettuun loppusijoitustilaan. Loppusijoitustila on maanpinnan päälle tai maan alle rakennettava tila, jonka on lopullisen sulkemisensa jälkeen tarkoitus eristää tilaan sijoitetut jätteet muusta ympäristöstä niin pitkäksi aikaa, että jätteistä ei enää aiheudu väestölle terveyshaittaa radioaktiivisten aineiden vuoksi. Myös jätteen muut ominaisuudet otetaan huomioon loppusijoitusta suunnitellessa.

Radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden loppusijoitustoiminta on Säteilyturvakeskuksen valvomaa. Loppusijoitukseen ohjataan sellaiset radioaktiivisia aineita sisältävät jätteet:

- joissa radioaktiivisten aineiden määrä on niin korkea, että jätteitä ei voida vapauttaa valvonnasta,
- joista radioaktiivisia aineita ei saada käytännöllisin käsittelymenetelmin erotettua, ja
- joissa radioaktiiviset aineet ovat niin pitkäikäisiä, että niistä ei päästä eroon kohtuullisessa ajassa toteutettavalla välivarastoinnilla.

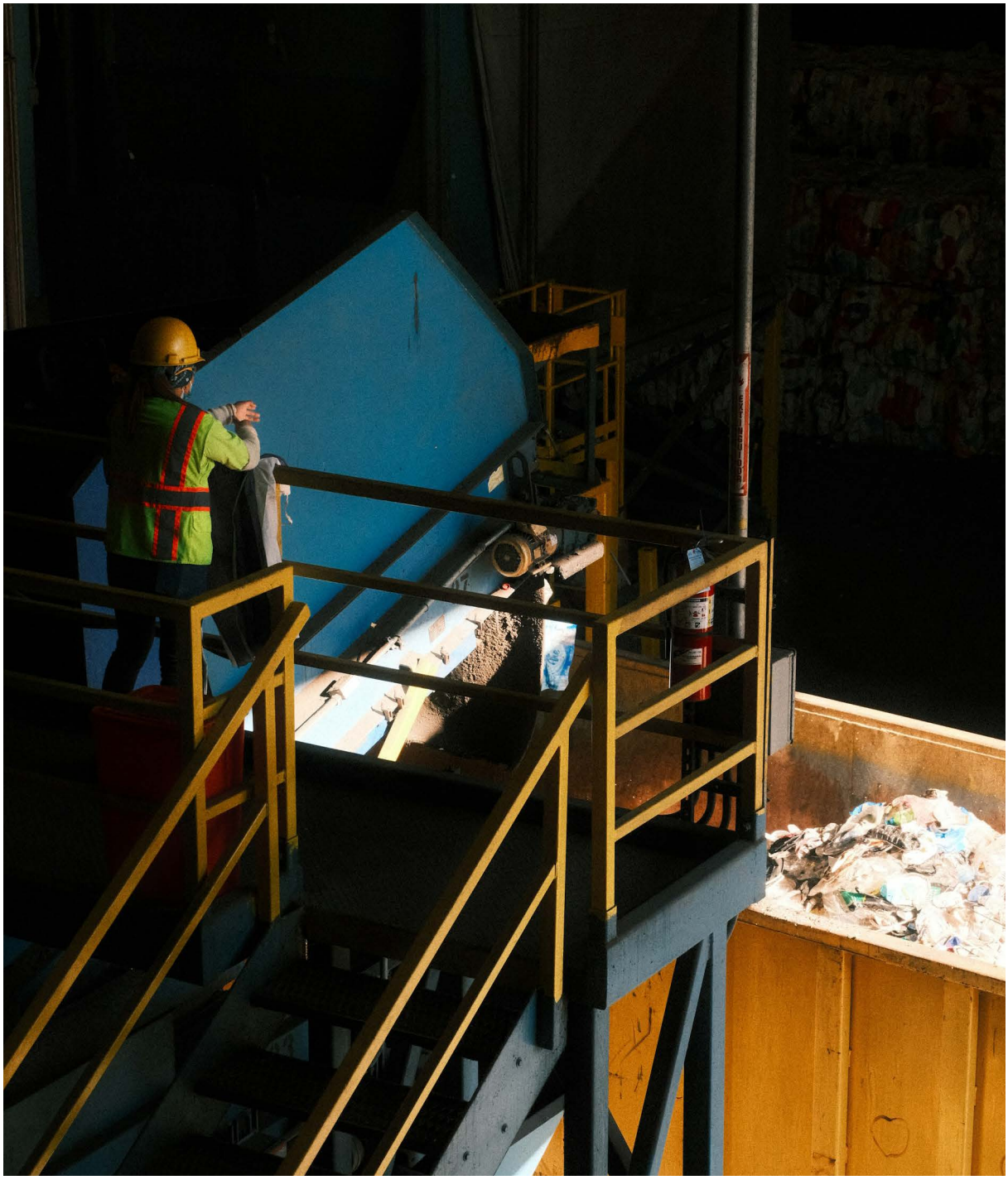
Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden kohdalla loppusijoitus on usein tarkoituksenmukaisin loppukäsittelytapa sellaisille radioaktiivisia aineita sisältäville jätteille, jotka on jätteenkäsittelyn aikana saatu erotettua tai konsentroitua erilleen muista jätteistä.

9.8 Jätekirjanpito

Vähäaktiivisista onnettomuusjätteistä ja niiden keskeisistä ominaisuuksista on pidettävä kirjaa jätelain edellyttämällä tavalla samaan tapaan kuin muistakin jätteistä. Tavanomaisista jätteistä poiketen oleellisia lisätietoja ovat jätteiden radioaktiivisuuteen liittyvät mittaustiedot. Jotta tiedot ovat hyödyntämiskelpoisia ja jäljennettä-

vissä myös jälkikäteen, varsinaisten mittaustulosten ohella tarpeellisia tallennettavia tietoja ovat esimerkiksi mittausajankohdat, mittausten tekoon käytetyt mittalaitteet sekä mittausten suorittajat. Kun mittaustuloksia kirjataan ylös, on tärkeää kiinnittää huomiota oikeiden yksiköiden ja niiden edessä olevien kerrannaisyksiköiden käyttämiseen. Väärällä kerrannaisyksiköllä mittaustulos vääristyy kirjanpitoon parhaassa tapauksessa tuhatkertaisesti, huonommassa tapauksessa tätä vielä enemmän.

Radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden kirjanpidolta edellytetään myös poikkeuksellista pitkäkestoisuutta erityisesti loppusijoitettavien jätteiden osalta, sillä tietoja voi olla tarpeen säilyttää pitkiäkin ajanjaksoja jätteissä olevien radioaktiivisten aineiden pitkäikäisyydestä riippuen. Tietojen tallentamista ja säilyttämistä varten olisikin käytännöllistä olla alusta lähtien yhteiskäyttöinen digitaalinen tietojärjestelmä, jota voitaisiin hyödyntää koko käsittelyketjun aikana.



10 Jätehuollon varautuminen säteilyonnettomuuksien varalle

Yleisesti ottaen varautumisella luodaan edellytykset nopeammalle, tehokkaammalle ja turvallisemmalle toiminnalle normaalista poikkeavan tapahtuman sattuessa. Tämä pitää paikkansa myös jätehuoltotoimijan varautumisessa säteilyonnettomuuden seurauksena muodostuvien vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyyn ja kuljettamiseen. Varautuminen hyödyttää tässä tapauksessa toimintaa muun muassa seuraavilla tavoilla:

- Jätteen vastaanotto voidaan aloittaa ja käsittely toteuttaa nopeammin onnettomuuden tapahduttua, mikä edesauttaa yhteiskunnan palautumista onnettomuudesta kohti normaaleja elinolosuhteita ja vähentää riskiä radioaktiivisten aineiden leviämisestä laajemmalle ympäristöön.
- Jätteiden käsittely on turvallisempaa ja tehokkaampaa, kun prosesseja ja niiden edellyttämiä resursseja on valmisteltu etukäteen.
- Jätteiden uudelleenkäsittelytarve ja syntyvien jätteiden kokonaismäärä pysyy mahdollisimman pienenä, kun oikeanlaisia toimintatapoja ja jätteenkäsittelyn vaatimuksia sovelletaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa onnettomuutta ja jätteenkäsittelyketjua.
- Onnettomuusjätteiden käsittelemiseksi tarvittavat uudet tilat ja alueet ovat nopeammin käyttöönotettavissa, kun niitä on kartoitettu ja varattu etukäteen, ja niille on haettu ympäristölupaa ennakkoon.

Asioita, joita jätehuoltotoimija voi tarkastella parantaakseen omaa valmiustasoaan vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelemiseksi ja kuljettamiseksi, on esitetty alla (Kuva 18) ja käsitelty lyhyesti seuraavissa alakappaleissa.

Kuva 18. Osa-alueita, joiden kautta jätehuoltotoimija voi arvioida valmiuksiaan osallistua säteilyonnettomuudesta seuranneiden jätteiden käsittelyyn. Muokattu lähteestä [20].



10.1 Jätteenkäsittelyn kapasiteetti

Varautumissuunnittelu on hyvä aloittaa oman toiminnan ja sen kyvykkyyksien sekä rajojen tunnistamisesta. Säteilyonnettomuustilanteissa jätteitä syntyy lyhyessä ajassa potentiaalisesti erittäin suuri määrä, minkä vuoksi jätehuoltotoimijan on kannattavaa määrittää seuraavat tekijät omien prosessiensa kannalta ennakkoon:

- Mikä on jätteenkäsittelykapasiteetti, eli kuinka paljon jätteitä voidaan ottaa vastaan ja käsitellä esimerkiksi päivä-, viikko tai kuukausitasolla?
- Millaisia jätteitä voidaan ottaa vastaan?
- Millaisia ehdottomia ja suositeltavia vaatimuksia vastaan otettaviin jätteisiin ja niiden ominaisuuksiin liittyy?

Toiminnan nykyisten kapasiteettien ja rajojen tunnistamisen lisäksi on hyvä arvioida myös sitä, kuinka helposti toiminta on skaalattavissa tai muokattavissa. Arvioinnissa voidaan ottaa kantaa esimerkiksi siihen, missä määrin käsittelykapasiteettia voidaan kasvattaa lyhyellä aikajänteellä helpoin menettelyin, ja vastaavasti kuinka paljon kapasiteettia voidaan lisätä pidemmällä aikavälillä. Lisäksi toiminnan osalta on keskeistä arvioida, kuinka hyvin se nykyisellään soveltuisi radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittelyyn, ja miltä osin toimintaa olisi radioaktiivisuuden näkökulmasta muokattava, jotta käsittely voidaan toteuttaa turvallisesti.

Jätteiden vastaanottokriteerien määrittämisellä etukäteen voidaan vaikuttaa siihen, että jätteiden uudelleenkäsittelytarve pysyy mahdollisimman pienenä ja jätteenkäsittelyketju kokonaisuudessaan toimii tehokkaasti. Jätteenkäsittelyketjun alkuosa muodostuu säteilyonnettomuuden vaikutusalueella toteutetuista käsittelytoimenpiteistä, jotka ovat usein keskeisiä jatkokäsittelyn kannalta. Kokemusten valossa jätteenkäsittelyn tehokkuus paranee huomattavasti, mikäli jo jätteenkäsittelyn alkuvaiheissa ymmärretään riittävän selkeästi, millaisia jätteenkäsittelytoimenpiteitä ja -ratkaisuja alkuvaiheen käsittelyssä tulee tehdä ja millaisia välttää [20].

10.2 Kalusto, välineet ja tarvikkeet

Varsinaisen jätteiden käsittelykapasiteetin lisäksi on keskeistä arvioida sitä, kuinka paljon onnettomuusjätteiden kuljetuksiin on käytettävissä olevaa kuljetuskapasiteettia, ja kuinka paljon on saatavilla muuta kalustoa, jota voitaisiin käyttää jätteiden sisäisissä siirroissa jätehuoltotoimijan oman alueen sisällä. Nopean toiminnan käynnistämiseksi olisi hyvä määrittää, millaisille jätteille käytettävissä olevat ajoneuvot ja esimerkiksi kuljetusastiat soveltuisivat radioaktiivisuuden sekä muiden ominaisuuksien puolesta.

Jätehuoltotoimijan varautumisen tasoa parantaisi ennestään, mikäli varastoituna olisi pieni määrä sellaista välineistöä ja tarvikkeita, joita radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittely saattaisi edellyttää. Käytännössä tämä tarkoittaisi toimintaan soveltuvia säteilymittareita sekä pientä määrää tarvittavia suojavarusteita. On todennäköistä, että suuremman mittaluokan onnettomuudessa tällaisten välineiden ja tarvikkeiden kysyntä lisääntyisi lyhytaikaisesti niin paljon, että niiden saatavuudessa olisi hetkellisesti suuria puutteita.

10.3 Tilat ja alueet

Osana jätteenkäsittelyn toimintakyvyn arviointia on oleellista tunnistaa näihin tarkoituksiin käytettävissä olevia tiloja ja alueita sekä niiden laajentamismahdollisuuksia. Erityisesti varastointikapasiteettia tarvitaan tyypillisesti suuria määriä onnettomuustilanteen alkuvaiheen hoidossa, jotta jätteet saadaan siirrettyä viipymättä ympäristöstä hallittuun tilaan.

Jätetyypistä ja jätteen ominaisuuksista, kuten radioaktiivisuudesta, riippuen varastointi voi olla tarpeen toteuttaa katettuna tai suojattuna ulkovarastointina tai vaihtoehtoisesti sisävarastointina. Eri alueiden tai tilojen varastointisoveltuvuutta arvioitaessa on huomattava, että varastoitavan jätemäärän kasvaessa säteilytasot varaston läheisyydessä voivat kasvaa siinä määrin, että alue tai tila on määritettävä yksinomaan varastointikäyttöön, eikä esimerkiksi käsittelytoimenpiteitä voida toteuttaa varaston välittömässä läheisyydessä.

Alueiden ja tilojen muuttuneeseen käyttötarpeeseen sekä niiden laajentamiseen liittyy aina myös maankäytöllisiä ja lupakysymyksiä, kuten kaavoitus ja ympäristölupamenettely. Kansallisena tavoitetilana on, että suurissa säteilyonnettomuuksissa lupamääräyksistä voitaisiin tilapäisesti poiketa ja esimerkiksi tilapäisten jätteiden varastointipaikkojen perustaminen olisi mahdollista [39]. Poikkeamismahdollisuudesta riippumatta olisi hyödyl-

listä arvioida tarkoitukseen soveltuvia uusia alueita etukäteen, ja tehdä näiden osalta mahdollisesti myös aluevarauksia tai esiluvittamista.

10.4 Tietotaito ja osaaminen

Tietotaidon ja osaamisen kartuttaminen sekä ylläpito ovat keskeisimpiä varautumisen kulmakiviä, sillä näitä asioita ei voida hankkia hetkessä, vaan ne ovat tulos pitkäjänteisestä ja suunnitelmallisesta toiminnasta henkilöstön ja organisaation kehittämiseksi. Kokemukset ovat osoittaneet, että suuren mittaluokan säteilyonnettomuustilanteissa kansallisen tason erikoisosaamisen määrä liittyen esimerkiksi radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittelyyn ja kuljetuksiin nousee nopeasti rajoittavaksi tekijäksi tilanteenhoidon kannalta [20].

Tämän vuoksi olisi oleellista, että myös jätehuoltotoimijoilla olisi omasta takaa riittävästi tietämystä liittyen radioaktiivisiin aineisiin sekä niitä sisältävien jätteiden käsittelyyn, kuljettamiseen ja mittaamiseen. Tämä on asetettu yhdeksi tavoitteeksi myös säteilyvaaratilanteita varten laaditussa kansallisessa säteilymittausstrategiassa [39]. Jätehuoltotoimijan henkilöstössä voisi esimerkiksi olla radioaktiivisia aineita sisältäviin jätteisiin erikoistuneita työntekijöitä, joiden osaamista ylläpidetään säännöllisin koulutuksin ja aiheeseen liittyvän sidosryhmäyhteistyön avulla.

10.5 Lainsäädäntö ja muut vaatimukset

Vaikka suuren mittaluokan säteilyonnettomuudesta aiheutuneet seurausvaikutukset voivat vaikuttaa laajasti yhteiskuntaan, sen toimintoihin ja kansalaisiin, tilanteen hoitamisen ja siitä toipumisen lähtökohtana on aina lainmukainen toiminta. Varautumissuunnittelun on siis perustuttava voimassa olevaan lainsäädäntöön ja muihin säädöksiin niin pitkälti kuin mahdollista sen sijaan, että tehtäisiin pitkälle meneviä oletuksia poikkeamamahdollisuuksista. Tämän vuoksi jätehuoltotoimijan on osana varautumissuunnittelua hyvä tunnistaa, mistä säteilyonnettomuustilanteita koskeva lainsäädäntö kokonaisuudessaan muodostuu oman toiminnan näkökulmasta. Tämä auttaa osaltaan ymmärtämään, millaisia jätteenkäsittelytoimenpiteitä vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelemiseksi voidaan ottaa käyttöön, ja millaiset menetelmät eivät ole lainsäädännön näkökulmasta hyväksyttyjä. Jätehuollon roolia säteilyvaaratilanteessa on käsitelty esimerkiksi sisäministeriön säteilytilanneohjeessa [40].

Lainmukaisuuteen liittyvästä huomiosta riippumatta on kuitenkin mahdollista, että itse tilanteen aikana joudutaan lainsäädäntöä muuttamaan tai täydentämään tilanteen olosuhteet huomioiden. Säädöksiä kehitetään jatkuvasti eteenpäin esimerkiksi kansainvälisten kokemusten perusteella, mutta osa toimintaa ohjaamista vaatimuksista on aina mahdollista asettaa tai päättää vasta tilanteenhoidon aikana.

Todellisuudessa onnettomuustilanteen aikaista toimintaa ohjaavat myös muiden sidosryhmien vaatimukset. Tällaisia voivat olla esimerkiksi väestön suhtautuminen ja mielipiteet alueiden siivoamiseen ja maankäyttöön liittyvissä kysymyksissä.

10.6 Valmiusharjoittelu

Hallinnollisen varautumisen lisäksi onnettomuustilanteen aikaista toimintakykyä pystytään vahvistamaan erilaisten, ennen kaikkea käytännön tason valmiusharjoitusten avulla. Harjoitukset pyrkivät jäljittelemään todenmukaisia onnettomuustilanteita ja niiden olosuhteita, ja niissä voidaan koeponnistaa ennalta määritettyjen toiminta- ja menettelytapojen toimivuutta käytännössä. Valmiusharjoitukset ovat otollisia tilaisuuksia myös yhteistoiminnan harjoitteluun, ja niiden toteutuksen aikana nousee usein esille sellaisia kehitystarpeita, jotka muuten saattaisivat jäädä huomaamatta.

Osana valmiusharjoitusta tai siitä erillisenä kokonaisuutena olisi oleellista arvioida ja määrittää, minkälaisia vähäaktiivisia onnettomuusjätteitä jätehuoltotoimijan toimintaympäristössä saattaisi tositilanteessa muodostua. Esimerkiksi kaupunki- ja maaseutuympäristössä tai rannikolla ja sisämaassa tapahtuneissa säteilyonnettomuuksissa voi olla keskenään hyvin erilaisia prioriteetteja ja muuttujia esimerkiksi alueiden puhdistamisen suhteen, ja niiden seurauksena voi syntyä myös hyvin erilaisia jätteitä.

Pohdi ja kirjaa:

Mikä on organisaationne nykyinen varautumisen taso säteilyonnettomuustilanteita ajatellen?

Miten organisaatio voisi aloittaa varautumisen tai kehittää nykyistä varautumistaan?

Miten organisaatio pystyisi järjestämään normaalin toiminnan mukaisen jätehuollon, jos osa kapasiteetista täytyisi ohjata vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyyn?

Millaisia työkaluja organisaatio tarvitsisi varautumisen suunnitteluun ja harjoitteluun?

Keitä mahdollisia kumppaneita tai neuvonantajia organisaatio voisi hyödyntää varautumisessa?

10.7 Säteilyturvallisuusasiantuntijat

Säteilyturvallisuusasiantuntijat ovat säteilylain nojalla pätevöitettyjä asiantuntijoita, joiden tehtävänä on toiminnanharjoittajan tukena suunnitella, toteuttaa ja seurata työntekijöiden ja väestön säteilysuojelua. Laki edellyttää säteilyturvallisuusasiantuntijan käyttöä kaikessa turvallisuusluvan alaisessa toiminnassa, jos siitä voi aiheutua säteilyaltistusta, mutta luvanvaraisuuden ulkopuolisessakin toiminnassa asiantuntijan käyttöä voidaan säteilyturvallisuuden varmistamiseksi suositella aina silloin, kun radioaktiivisia aineita tai säteilyä koskevaan toimintaan liittyy kysymyksiä tai epävarmuutta.

Säteilyturvallisuusasiantuntijoista sekä säteilyturvallisuuden asiantuntijapalveluita tarjoavista yrityksistä ylläpidetään listaa Säteilyturvakeskuksen verkkosivuilla [41]. Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyn ja kuljetusten osalta asiantuntija-avusta voi olla jätehuoltotoimijalle hyötyä erityisesti seuraavissa tapauksissa:

- Säteilylainsäädännön ja vaatimusten tulkinta.
- Radioaktiivisiin aineisiin ja säteilyyn sekä niiden kanssa toimimiseen liittyvä kouluttaminen (mukaan lukien säteilyn mittaaminen).
- Radioaktiivisiin aineisiin ja säteilyyn liittyvän toiminnan suunnittelu ja arviointi (mukaan lukien jätteenkäsittelyprosessi eri vaiheineen).
- Työturvallisuuden suunnittelu säteilyaltistuksen näkökulmasta ja säteilylle altistumiseen liittyvät arvioinnit.
- Asiantuntijatuki radioaktiivisiin aineisiin ja säteilyyn liittyvän toiminnan varautumisen suunnitteluun ja kehittämiseen.

Lisäksi säteilyturvallisuusasiantuntijaa voidaan hyödyntää vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden kuljetusten suunnittelussa huomioiden, että vaarallisten aineiden kuljetusten osalta toiminnanharjoittaja on velvoitettu käyttämään VAK-laissa määritettyä turvallisuusneuvonantajaa.

11 Yhteenveto

Suuren mittaluokan säteilyonnettomuus on epätodennäköinen, mutta tapahtuessaan laajasti yhteiskuntaan ja ympäristöön vaikuttava tapahtuma, jonka hoitamiseen tarvitaan useiden eri viranomaisten ja toimijoiden yhteistoimintaa ja työpanosta. Kun onnettomuus on saatu hallintaan ja välittömät säteilystä aiheutuvat terveysvaikutukset on rajoitettu ja estetty, siirrytään puhdistamaan ympäristöä radioaktiivisista aineista. Ympäristön puhdistamisella tähdätään väestön säteilyaltistuksen rajoittamiseen pitkällä aikavälillä, ja jätehuoltotoimijoilla on sen toteuttamisessa keskeinen rooli.

Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittely ja kuljettaminen on jätehuoltotoimijoille pääosin normaalin jätehuollon kaltaista toimintaa, johon yhdistetään muutamia lisämenettelyitä ja -toimenpiteitä, jotta radioaktiivisista aineista ja säteilystä aiheutuvaa terveysriskiä voidaan hallita. Toisaalta onnettomuuden jälkihoito muodostaa jätehuoltotehtävän, joka kuormittaa poikkeuksellisella tavalla jätehuoltojärjestelmää. Kuormitustilannetta ei voi tarkasti ennalta mitoittaa, minkä johdosta tarvitaan erityisesti kykyä mukautua erilaisiin tilanteisiin. Kun jätteenkäsittelyprosessi ja käsittelymenetelmät on suunniteltu säteilynäkökohdat huomioiden, on radioaktiivisista aineista aiheutuva niin sanottu ylimääräinen riski terveydelle erittäin pieni. Näiden näkökohtien ja niihin liittyvien vaatimusten sisällyttäminen osaksi jätehuoltotoimintaa edellyttää esimerkiksi suunnittelua, tietotaidon hankkimista ja henkilöstön kouluttamista. Tämän vuoksi jätehuoltotoimijoita kannustetaan varautumiseen, jolla voidaan huomattavasti edistää toimintavalmiuksia säteilyonnettomuuden jätehuoltoon osallistumiseksi.

Säteilyonnettomuuden seurauksena muodostuvien vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden määrä ja ominaisuudet ovat riippuvaisia lukuisista eri tekijöistä, minkä vuoksi tarkasti ennalta määriteltyyn onnettomuuteen varautuminen on jätehuollon näkökulmasta haastavaa. Toisaalta radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittely perustuu viime kädessä samoihin perusperiaatteisiin ja viranomaisvaatimuksiin tapauksesta riippumatta, minkä ansiosta oman valmiuden kehittäminen varautumisen keinoin on merkityksellistä. Loppujen lopuksi vähäaktiiviset onnettomuusjätteet ovat yhdentyyppisiä jätteitä siinä missä vaaralliset ja vaarattomatkin jätteet, joten jätehuoltotoimijoilla on hyvät lähtökohdat käsittelyn ja kuljetusten suunnittelemiseksi ja toteuttamiseksi.

Radioaktiivisuus ei tee jätehuollon tehtävästä hallitsematonta, vaan se edellyttää uuden ominaisuuden tuomista osaksi normaalia osaamista sekä ulkopuolisen asiantuntija-avun hyödyntämistä. Radioaktiivisia aineita ja säteilyä koskevat vaatimukset sekä toimintatavat voivat olla vaikeita hahmottaa kokonaisuutena, sillä aihepiiri on laaja ja radioaktiivisiin aineisiin liittyy paljon ominaisuuksia ja suureita, jotka vaihtelevat erilaisten radioaktiivisten aineiden välillä huomattavasti. Tämän vuoksi vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyyn ja kuljetuksiin varautumisessa sekä toiminnan suunnittelussa ja toteutuksessa suositellaan käytettävän apuna alan asiantuntijoita tarpeen mukaan.

Radioaktiivisia aineita ja säteilyä koskevissa osaamistarpeissa voidaan kääntyä esimerkiksi säteilyturvallisuusasiantuntijoiden (STA) puoleen.

Lähteet

[1] **Säteilyturvakeskus, 2024.** *Suojelutoimet säteilyvaaratilanteessa.* Ohje VAL 1 / 9.4.2024. Saatavilla: https:/www.stuklex.fi/fi/ohje/VAL1

[2] **Jätelaki 646/2011.** Saatavilla: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2011/646

[3] **Valtioneuvoston asetus jätteistä 978/2021.** Saatavilla: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2021/978

[4] **Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2012.** Saatavilla: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2013/331

[5] **Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013.** Saatavilla: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2013/151

[6] **Säteilylaki 859/2018.** Saatavilla: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saadoskokoelma/2018/859

[7] **Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä 1034/2018.** Saatavilla: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saadoskokoelma/2018/1034

[8] **Säteilyturvakeskus, 2018.** *Säteilyturvakeskuksen määräys vapaarajoista ja vapauttamisrajoista.* STUK SY/1/2018. Saatavilla: https://www.stuklex.fi/fi/maarays/stuk-sy-1-2018

[9] **Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoivasta säteilystä 1044/2018.** Saatavilla: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saadoskokoelma/2018/1044

[10] **Ympäristönsuojelulaki 527/2014.** Saatavilla: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2014/527

[11] **Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, 2025.** *Vaarallisten aineiden kuljetusta koskevia säädöksiä ja määräyksiä.* Verkkosivu, viitattu 6.2.2026. Saatavilla: https://www.traficom.fi/fi/liikenne/liikennejarjestelma/vak/vaarallisten-aineiden-kuljetusta-koskevia-saadoksia-ja-maarayksia?toggle=Vaarallisten%20aineiden%20kuljetus%20tiellä%C3%A4%20%28VAK%202025%29

[12] **Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta 541/2023.** Saatavilla: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saadoskokoelma/2023/541

[13] **Valtioneuvoston asetus vaarallisten aineiden kuljetuksesta 925/2023.** Saatavilla: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saadoskokoelma/2023/925

[14] **Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, 2025.** *Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä.* Määräys. Annettu 7.5.2025. Saatavilla: https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/maarayskokoelmat/traficom-tieliikenne/2025/51212

[15] **IAEA, 2025.** *Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material.* No. SSR-6 (Rev.2), 2025 Edition. Saatavilla: https://www.iaea.org/publications/15912/regulations-for-the-safe-transport-of-radioactive-material

[16] **Säteilyturvakeskus, 2025.** *Ihmisessä on aina radioaktiivisia aineita.* Verkkosivu, viitattu 21.11.2025. Saatavilla: https://stuk.fi/ihmisen-radioaktiivisuus

[17] **Protecton, 2025.** *Hengityssuojaimet.* Verkkosivu, viitattu 29.1.2026. Saatavilla: https://www.protecton.fi/fi/suojaimet/hengityssuojaimet/c/202/

[18] **Doseco, 2026.** *Palvelut – Henkilöannosmittaukset – Henkilödosimetri.* Verkkosivu, viitattu 13.2.2026. Saatavilla: https://www.doseco.fi/palvelut/

[19] **Arrow-Tech, 2026.** *DMC 3000 Electronic Personal Dosimeter, X-ray & Gamma.* Verkkosivu, viitattu 13.2.2026. Saatavilla: https://www.dosimeter.com/electronic-dosimeters-readers/dmc-3000-electronic-personal-dosimeter-x-ray-gamma/

[20] **IAEA, 2017.** *Management of Large Volumes of Waste Arising in a Nuclear or Radiological Emergency.* IAEA-TE-CDOC-1826. Saatavilla: https://www.iaea.org/publications/12253/management-of-large-volumes-of-waste-arising-in-a-nuclear-or-radiological-emergency

[21] **IAEA, 2022.** *Experience in the Management of Radioactive Waste after Nuclear Accidents: A Basis for Preplanning.* IAEA Nuclear Energy Series, No NW-T-1.31. Saatavilla: https://www.iaea.org/publications/14920/experience-in-the-management-of-radioactive-waste-after-nuclear-accidents-a-basis-for-preplanning

[22] **IAEA, 2001.** *Handling and Processing of Radioactive Waste from Nuclear Applications.* Technical Reports Series No. 402. Saatavilla: https://www.iaea.org/publications/6006/handling-and-processing-of-radioactive-waste-from-nuclear-applications

[23] **IAEA, 2004.** *Predisposal Management of Organic Radioactive Waste.* Technical Reports Seris No. 427. Saatavilla: https://www.iaea.org/publications/7004/predisposal-management-of-organic-radioactive-waste

[24] **Health Protection Agency, 2010.** *Generic handbook for assisting in the management of contaminated inhabited areas in Europe following a radiological emergency.* Version 2. Saatavilla: https://www.eu-neris.net/library/handbooks.html

[25] **Health Protection Agency, 2009.** *Generic handbook for assisting in the management of contaminated food production systems in Europe following a radiological emergency.* Version 2. Saatavilla: https://www.eu-neris.net/library/handbooks.html

[26] **IAEA, 2015.** *The Fukushima Daiichi Accident.* Technical Volume 5 – Post-accident Recovery. Saatavilla: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/AdditionalVolumes/P1710/Pub1710-TV5-Web.pdf

[27] **Anis Trend d.o.o, 2024.** *What does a Baler Do? Discover Its Mechanism & Benefits.* Verkkosivu, viitattu 31.3.2026. Saatavilla: https://www.anis-trend.com/what-does-a-baler-do/

[28] **Lindemann Germany GmbH, 2025.** *LINDEMANN EtaPress Scrap Metal Baler.* Verkkosivu, viitattu 31.3.2026. Saatavilla: https://lindemann-metalrecycling.com/en/machinery/metal-balers/lindemann-etapress-scrap-metal-baler#data

[29] **IAEA, 1999.** *Technologies for remediation of radioactively contaminated sites.* IAEA-TECDOC-1086. Saatavilla: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1086_prn.pdf

[30] **IAEA, 2004.** *Predisposal Management of Organic Radioactive Waste.* Technical Reports Series No. 427. Saatavilla: https://www.iaea.org/publications/7004/predisposal-management-of-organic-radioactive-waste

[31] **Nordahl Sarah L. et al., 2023.** *Greenhouse Gas and Air Pollutant Emissions from Composting.* Environmental Science & Technology 2023, 57, 2235-2247. Saatavilla: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9933540/pdf/es2c05846.pdf

[32] **Nakanishi Tomoko M. et al., 2019.** *Agricultural Implications of the Fukushima Nuclear Accident (III). After 7 Years.* ISBN 978-981-13-3218-0. Saatavilla: https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-13-3218-0

[33] **Fincumet Container Oy, 2026.** *20' merikontti.* Verkkosivu, viitattu 10.3.2026. Saatavilla: https://fincumetcontainer.fi/tuote/20-merikontti/

[34] **Zymotec Oy, 2026.** *Kuormalavalaatikko 1200x800x740.* Verkkosivu, viitattu 10.3.2026. Saatavilla: https://www.zymotec.fi/1/product/kuormalavalaatikko-1200x800x740/

[35] **Denios Oy, 2026.** *Kannellinen terästynnyri, 212 litraa, sisältä käsittelemätön, ulkoa maalattu, UN-hyväksytty.* Verkkosivu, viitattu 10.3.2026. Saatavilla: https://www.denios.fi/kannellinen-terastynnyri-212-litraa-sisalta-kasitt-elematon-ulkoa-maalattu-un-hyvaksytty-10300300451150/174026?gad_source=1&gad_campaignid=17335879389&gclid=EAIaIQobChMInNX47fWUkwMVr1ORBR1I4TUjEAQYAiABEgJCA_D_BwE

[36] **Big Bag Suomi Oy, 2026.** *Suursäkki hupulla 810 litraa.* Verkkosivu, viitattu 10.3.2026. Saatavilla: https://www.suursakki.net/produkt/suursakit/suursakki-1m3-kauluksella/?gad_source=1&gad_campaignid=23120843507&gclid=EAIaIQobChMIr-7E6faUkwMV0CqiAx1WFDUxEAQYBCABEgJzMvD_BwE

[37] **Paloma Engineering, 2026.** *Radioactive Waste Container.* Verkkosivu, viitattu 10.3.2026. Saatavilla: https://www.paloma.com.tr/en/products/nuclear-medicine-lead-lined-laboratory-furniture/radioactive-waste-container-2/

[38] **Westinghouse Electric Company LLC, 2026.** *Cementation.* Verkkosivu, viitattu 10.3.2026. Saatavilla: https://westinghousenuclear.com/data-sheet-library/cementation/

[39] **Sisäministeriö, 2022.** *Kansallinen säteilymittausstrategia säteilyvaaratilanteita varten.* Sisäinen turvallisuus | Sisäministeriön julkaisuja 2022:31. Saatavilla: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/items/3e206ce4-ac5c-4e72-b080-1a5fa26c0747

[40] **Sisäministeriö, 2016.** *Säteilytilanneohje.* Sisäministeriön julkaisu 10/2016. Saatavilla: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/items/9460ec9c-295e-4f0b-90e2-5cf146bff51d

[41] **Säteilyturvakeskus, 2026.** *Säteilysuojelukoulutus ja kelpoisuudet.* Verkkosivu, viitattu 4.5.2026. Saatavilla: https://stuk.fi/sateilysuojelukoulutus-ja-kelpoisuudet#STA-toimiminen-hakeminen

Liite 1: Lisätietoja radioaktiivisista aineista ja säteilystä

Säteilylajit

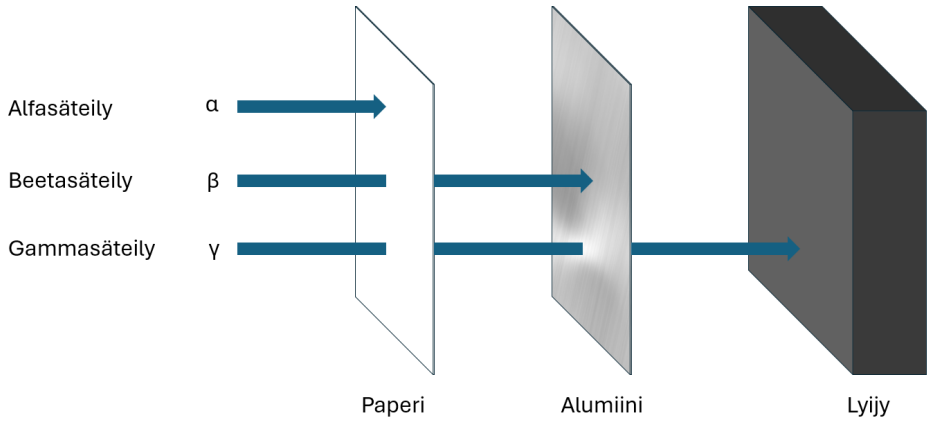
Radioaktiiviset aineet eli radionuklidit voivat yksinkertaistetusti säteillä kolmella eri tavalla eli säteilylajilla (katso myös Liitekuva I):

1. **Alfasäteily.** Alfasäteily on terveydelle erittäin haitallista, mutta se pysähtyy hyvin ohkaiseen esteeseen (esimerkiksi paperiin tai ihon pintakerroksiin) tai muutamiin senttimetreihin ilmaa. Alfasäteily on siis ulkoisesti (ihmiskehon ulkopuolella) käytännössä harmitonta, mutta se voi aiheuttaa huomattavan säteilyaltistuksen päästessään kehon sisälle.

2. **Beetasäteily.** Beetasäteily ei ole sisäisesti (kehon sisällä) aivan yhtä haitallista kuin alfasäteily, mutta se on läpitunkevampaa. Beetasäteilyn pysäyttämiseksi riittää tyypillisesti esimerkiksi ohut kerros muovia, alumiinia tai vaatetusta. Beetasäteily on siis haitallista sekä kehon sisällä että joutuessaan paljaalle iholle.

3. **Gammasäteily.** Gammasäteilyllä on erittäin tehokas kyky läpäistä materiaalia. Tämän vuoksi se on haitallista sekä kehon sisäpuolella että iholla, ja myös silloin, kun oleskellaan radioaktiivisten aineiden läheisyydessä. Gammasäteilyn vaimentuminen on riippuvainen säteilyn energiasta, mutta nyrkkisääntönä säteilyn tehokas pysäyttäminen vaatii paksun kerroksen tiheää materiaalia. Esimerkkejä voivat olla useamman milli- tai senttimetrin kerros lyijyä tai terästä, tai kymmenien senttimetrien tai metrien kerros betonia.

Liitekuva I. Säteilylajit ja esimerkit niiden pysäyttämiseen vaadituista materiaaleista.



Säteilylajeilla ja niiden ominaispiirteiden ymmärtämisellä on merkitystä, kun suunnitellaan jätteille sopivia käsittelymenetelmiä sekä turvallisia työskentelytapoja. Myös radioaktiivisuuteen ja säteilyyn liittyvien mittausten kannalta on olennaista tietää, mitä radionuklideja mitataan ja millaista säteilyä ne säteilevät.

Säteilyenergia

Eri radionuklidien aktiivisuudet eivät ole keskenään välttämättä vertailukelpoisia, sillä säteilyn haitallisuuteen vaikuttaa aktiivisuuden lisäksi keskeisesti myös se, kuinka korkea- tai matalaenergistä radionuklidin lähettämä säteily on. Tätä ominaisuutta kuvataan radioaktiivisuuden yhteydessä käsitteillä voimakas tai heikko säteilijä. Voimakas säteilijä on korkeaenergistä ja läpitunkevaa säteilyä lähettävä radionuklidi, jolla on haitallisempi vaikutus terveyteen kuin heikolla säteilijällä, joka lähettää puolestaan matalaenergistä säteilyä. Säteilyenergia on radionuklidikohtainen suure, joka on tärkeä huomioitava asia myös radioaktiivisuuden ja säteilyn mittaamisen kannalta.

Suomalaisen keskimääräinen säteilyannos vuodessa

Jokaisen suomalaisen saama keskimääräinen säteilyannos vuositasolla on noin 5,9 mSv (= 5 900 µSv) (Viite I). Tästä noin kaksi kolmasosaa (4 mSv) on peräisin sisäilman radonista. Noin 1,1 mSv aiheutuu muusta kuin sisäilman radonista peräisin olevasta luonnon taustasäteilystä, kuten avaruudesta peräisin olevasta kosmisesta säteilystä ja maaperästä tulevasta ulkoisesta säteilystä. Alle 1 mSv on peräisin säteilyn lääketieteellisestä käytöstä. Ympäristössä olevien keinotekoisten radioaktiivisten aineiden osuus vuosittaisesta säteilyannoksesta on hyvin pieni.

Radioaktiivisuuden vaikutus jätteenkäsittelyyn

Kun käsitellään säteilyonnettomuuden seurauksena muodostuneita jätteitä, jätteiden seassa on tyypillisesti useita erityyppisiä radioaktiivisia aineita eli radionuklideja.

Radioaktiivisuus on radioaktiivisen aineen ominaisuus, jota ei pystytä käsittelymenetelmillä poistamaan tai pienentämään radioaktiivisesta aineesta. Radioaktiivisuus kuitenkin vähenee itsestään ajan kuluessa radioaktiivisen hajoamisen kautta. Pienenemisnopeus riippuu radioaktiivisen aineen puoliintumisajasta.

Lyhytikäisten radionuklidien hallitsemiseksi voidaan soveltaa pitkäaikaista välivarastointia, jonka aikana säteilyn määrä laskee merkityksettömän pienelle tasolle. Tämä on käyttökelpoinen menetelmä, kun jätteen seassa olevien radioaktiivisten aineiden puoliintumisaika on korkeintaan noin 10 vuotta. Pitkäikäiset radionuklidit (puoliintumisaika kymmenistä vuosista jopa miljardeihin vuosiin) on eristettävä ympäristöstä ja ihmiskunnasta erilleen pysyvästi.

Lisää perustietoja säteilystä on löydettävissä Säteilyturvakeskuksen verkkosivuilta (Viite II).

Liitteen 1 viiteluettelo

Viite I: **Säteilyturvakeskus, 2026.** *Suomalaisen saama keskimääräinen säteilyannos.* Verkkosivu, viitattu 31.3.2026. Saatavilla: https://stuk.fi/suomalaisten-keskimaarainen-sateilyannos

Viite II: **Säteilyturvakeskus, 2026.** *Mitä säteily on?* Verkkosivu, viitattu 31.3.2026. Saatavilla: https://stuk.fi/mita-sateily-on

Liite 2: Radioaktiivisuuden ja säteilyn mittalaitteita

Yleistä

Seuraavissa alakappaleissa esitetään lyhyesti sellaiset säteilyn mittalaitteet, joita voi olla todennäköisimmin jätehuoltotoimijan käytössä. Näitä ovat erilaiset käsimittarit, kevyet analyysilaitteet sekä monitorit. Huomionarvoista on, että esitetyt mittausmenetelmät soveltuvat lähtökohtaisesti vain kiinteiden materiaalien mittaamiseen. Nesteiden seassa olevan radioaktiivisuuden määritys tehdään yleensä aina näytteenoton avulla hyödyntäen tapauskohtaisesti soveltuvaa mittalaitetta näytteen analysointiin. Kaasumaisten radioaktiivisten aineiden mittaaminen ei ole jätteenkäsittelyn osalta tarpeen, sillä jätteet eivät lähtökohtaisesti sisällä tai vapauta kaasumaisessa olomuodossa olevia radionuklideja.

Pintakontaminaatiomittarit ja pyyhintänäytteet

Pintakontaminaatiomittarit on tarkoitettu kappaleiden tai materiaalien pinnalla olevan radioaktiivisen kontaminaation havaitsemiseen ja mittaamiseen. Pintakontaminaatiomittarit koostuvat mittapäästä eli detektorista ja näyttöpäätelaitteesta, josta mittaustulos luetaan. Päätelaite voi olla analoginen tai digitaalinen, ja se voi olla detektorista erillinen yksikkö, tai vaihtoehtoisesti integroitu detektorin kanssa yhdeksi mittalaitekokonaisuudeksi. Esimerkkejä pintakontaminaatiomittareista on esitetty alla (Liitekuva II).

Liitekuva II. Esimerkkejä pintakontaminaatiomittareista. Kuvat lähteistä Viite III-Viite VI.



Pintakontaminaatiomittareilla voidaan havaita hyvinkin pienet radioaktiivisten aineiden määrät edellyttäen, että mitattava pinta on mittarilla luokse päästävissä. Toisin sanoen, detektorin on pystyttävä ”näkemään” mitattava kohde muutaman senttimetrin etäisyydeltä, jotta pinnan kontaminaatiotason mittaaminen on mahdollista. Esimerkiksi kiinteiden kappaleiden sisäpintoja ei voida mitata kappaleen ulkopuolelta käsin, sillä sisäpuolisesta kontaminaatiosta peräisin oleva säteily voi vaimentua täysin välissä olevaan materiaalikerrokseen.

Kääntöpuolena pintakontaminaatiomittarin hyvälle radioaktiivisuuden havaitsemiskyvylle on herkkyys taustasäteilystä aiheutuville häiriöille. Mittausta ei siis voida toteuttaa sijainnissa, jossa on kohonnut taustasäteilyn taso (esimerkiksi varastoitujen jätteiden vuoksi), sillä mittari ei välttämättä pysty erottamaan sitä, mikä osa säteilystä on taustan aiheuttamaa ja mikä on lähtöisin mitattavasta kappaleesta. Vastaavalla tavalla pintakontaminaatiomittauksen perusteella ei voida suoraan päätellä, onko havaittava säteily peräisin kappaleen pinnalta vai syvemmältä aineen tai materiaalin sisältä, sillä sisäpuolelta peräisin oleva säteily voi olla niin läpitunkevaa, että se kyetään havaitsemaan myös ulkopuolisella mittauksella.

Pintakontaminaatiomittareiden ohella täydentävänä kontaminaation mittausmenetelmänä käytetään usein pyyhintänäytteitä. Pyyhintänäytteiden ottaminen on epäsuora mittausmenetelmä, jossa kappaleen pintaa pyyhitään yleensä kuivalla tai kostutetulla kankaisella näytepalalla, ja näytteeseen jääneiden radioaktiivisten aineiden määrä mitataan näytteestä erillisen mittarin tai analysaattorin avulla (katso Liitekuva III). (Viite VII) Koska pyyhintänäytteen mittaussijainti ei ole riippuvainen näytteenottopaikasta, on analyysilaite helppo sijoittaa paikkaan, jossa taustasäteily ei aiheuta mittaukseen häiriöitä.

Liitekuva III. Pyyhintänäyte ja näyteanalysaattori. Kuvat lähteistä Viite VIII & Viite IX.



On huomattava, että pyyhintänäytteillä voidaan määrittää ainoastaan kappaleen pinnalta näytteeseen irtoavien radioaktiivisten aineiden määrä. Vaikka pyyhintänäyte siis olisikin mittauksen perusteella ”puhdas”, voi mitatun kappaleen pinta kuitenkin olla kontaminoitunut lujasti kiinnittyneillä radioaktiivisilla aineilla. Pyyhintänäytteitä käytetäänkin usein silloin, kun halutaan varmistua, että kappaleen pinnalla oleva kontaminaatio ei ole irtoavaa eikä aiheuta erityistä riskiä radioaktiivisten aineiden leviämiselle.

Annosnopeusmittarit

Annosnopeusmittarilla mitataan säteilyn annosnopeutta, joka aiheutuu jätteiden (tai yleisemmin minkä tahansa materiaalin) joukossa olevista radioaktiivisista aineista. Annosnopeusmittareita on olemassa useita erilaisia ja eri tarkoituksiin kehitettyjä, mutta vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden käsittelyssä tarkoituksenmukaisia mittareita ovat lähtökohtaisesti kompaktikokoiset kannettavat käsimittarit (katso Liitekuva IV).

Liitekuva IV. Säteilyn annosnopeusmittareita. Kuvat lähteistä Viite X - Viite XII.



Mittarin avulla määritetään vallitseva säteilyn annosnopeuden taso mittarin kohdalla. Yleensä annosnopeusmittari kykenee havaitsemaan säteilyn joka puolelta ympäriltään, mutta yksittäisen säteilylähteen kannalta paras mittaustulos saavutetaan, kun mittari suunnataan säteilylähdettä kohti. (Viite XIII) Annosnopeusmittareita voidaan käyttää esimerkiksi työskentelyolosuhteiden seurantaan tai kuljetukseen pakatun kuorman säteilytasojen määrittämiseen.

On huomattava, että annosnopeusmittarilla ja pintakontaminaatiomittarilla mitataan eri suureita ja niillä on toisistaan hieman poikkeavat käyttötarkoitukset, vaikka niitä voidaankin käyttää samanlaisessa toiminnassa, kuten radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden käsittelyssä. Siinä missä pintakontaminaatiomittarilla pyritään havaitsemaan hyvin pienten radioaktiivisten aineiden määrien esiintyminen jätteiden pinnalla tai niiden seassa, annosnopeusmittarilla tehtyjen mittausten tarkoituksena on arvioida säteilystä aiheutuvaa terveysriskiä määrittämällä radioaktiivisista aineista aiheutuvan suoran säteilyaltistuksen suuruus.

Toisin sanoen, jätteiden seassa oleva vähäinen mutta mittauksin havaittava radioaktiivisuus ei välttämättä aiheuta suoraa haittaa terveydelle, mikäli radioaktiivisuus ei vaikuta annosnopeuteen työntekijän kohdalla. Vastaavasti annosnopeusmittarilla ei pystytä havaitsemaan radioaktiivisia aineita, mikäli niiden määrä on niin vähäinen tai ominaisuudet sellaisia, ettei niillä ole vaikutusta annosnopeuteen. Periaatteessa jäte voi myös sisältää suuren määrän aktiivisuutta, jota annosnopeusmittari ei havaitse, mikäli aktiivisuudesta aiheutuva säteily on hyvin heikkoa tai sen kantama on lyhyt (lisätietoa Liite 1:ssä). Kuitenkin käytännössä useimmissa tapauksissa merkittävän suuruinen aktiivisuus on havaittavissa aina myös annosnopeusmittarilla, mutta aktiivisuus- tai annosnopeusmittauksen perusteella ei voida tehdä suoria johtopäätöksiä toisen suureen suuruudesta ilman, että tunnetaan aktiivisuuden aiheuttamat radionuklidit riittävällä tarkkuudella.

Porttimonitorit ja kokokehomonitorit

Porttimonitorit ovat tavallisesti ajoneuvojen karkeaan mittaamiseen tarkoitettuja kiinteästi paikalle asennettuja mittalaitteita, joiden tarkoituksena on pääasiassa todentaa, onko ajoneuvossa tai sen kyydissä radioaktiivisia aineita vai ei. Tavanomaisessa jätehuoltotoiminnassa, erityisesti romupihoilla, ajoneuvoporttimonitoreja käytetään usein lähetyksiä vastaanotettaessa, kun halutaan nimenomaisesti varmistua siitä, että jätekuorman sekaan ei syystä tai toisesta ole päätynyt tarkoituksettomasti esimerkiksi säteilylähdettä. Mittaus on nopea suorittaa ja useimmiten riittää, että ajoneuvo ajaa hitaalla nopeudella porttimonitorin detektorien välistä. Esimerkkejä ajoneuvojen mittaamiseen tarkoitetuista porttimonitoreista on esitetty alla (Liitekuva V).

Liitekuva V. Ajoneuvojen mittaamiseen tarkoitettuja porttimonitoreja tai ”säteilyportteja”. Kuvat lähteestä Viite XIV.





Vähäaktiivisten onnettomuusjätteiden tapauksessa porttimonitoreja ei olisi tarpeen käyttää tulevien kuormien mittaamiseen, sillä jätteiden tiedetään jo valmiiksi sisältävän radioaktiivisia aineita. Sen sijaan porteilla voitaisiin mitata, ovatko uusia kuormia noutamaan lähtevät (tai muuten puhtaiksi oletetut) ajoneuvot todellisuudessa puhtaita radioaktiivisesta kontaminaatiosta, vai onko ajoneuvoja kuormien purkamisen jälkeen dekontaminoitava ennen kuljetusten jatkamista.

Porttimonitoreja on kehitetty myös ihmisten nopeaan mittaamiseen samoilla periaatteilla kuin ajoneuvojenkin kohdalla. Henkilöporttimonitori voikin olla kätevä tapa toteuttaa työntekijöiden kontaminoitumisen seurantaa erityisesti toiminnassa, jossa ollaan tekemisissä radioaktiivisten aineiden kanssa, mutta kontaminoitumisriski ei ole merkittävä. Mikäli kontaminaatio- ja altistumisriskit puolestaan ovat merkittäviä (esimerkiksi kontaminaation mahdollisuuden sisältävä toiminta, joka on luokiteltu säteilytyöksi), ihmisten mittaamiseen käytetään usein kokokehomonitoreja, jotka ovat käytännössä koko kehoa mittaavia, mittauskaapin muotoon rakennettuja pintakontaminaatiomittareita. Esimerkit henkilöporttimonitorista ja kokokehomonitorista on esitetty alla (Liitekuva VI).

Liitekuva VI. Henkilöporttimonitori (vasemmalla) ja kokokehomonitori (oikealla). Kuvat lähteistä Viite XV & Viite XVI.



Koska porttimonitoreilla on tarkoitus todentaa pienenkin radioaktiivisten aineiden määrän olemassaolo, ja henkilömonitoreilla on kyettävä mittaamaan hyvin matalia aktiivisuuskatteita, ovat monitorit herkkiä pienillekin muutoksille taustasäteilyn tasossa. Monitorit onkin sijoitettava riittävän etäälle kaikista radioaktiivista aineista ja/tai erillisen säteilyä vaimentavan suojan sisään, jotta mittaukset pystytään suorittamaan riittävällä luotettavuudella. Tämä on otettava huomioon kuljetus- ja käsittelyprosesseihin liittyvien mittausten käytännön toteutuksessa.

Liitteen 2 viiteluettelo

Viite III: **Ashtead Technology, 2026.** *Thermo Scientific Mini 900E Radiation Monitor.* Verkkosivu, viitattu 4.3.2026. Saatavilla: https://www.enviro.ashtead-technology.com/product/thermo-scientific-mini-900e-radiation-monitor/

Viite IV: **Thermo Fisher Scientific, 2026.** *RadEye AB100 Alpha-Beta Contamination Monitor.* Verkkosivu, viitattu 4.3.2026. Saatavilla: https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/4250683

Viite V: **Bertin VF Nuclear, 2026.** *PAM-100 Portable Activity Meter.* Verkkosivu, viitattu 4.3.2026. Saatavilla: https://www.vfnuclear.com/products/55/portable-activity-meter

Viite VI: **Bertin VF Nuclear, 2026.** *RadCount-3 + SFP-100 Portable Surface Contamination Monitor.* Verkkosivu, viitattu 4.3.2026. Saatavilla: https://www.vfnuclear.com/products/142/portable-surface-contamination-monitor

Viite VIII: **AEA, 2019.** *Surface Contamination Measurement.* ORPNET Training Material – Workplace Monitoring. Saatavilla: https://nucleus.iaea.org/sites/orpnet/training/workplacemonitoring/SitePages/Home.aspx

Viite VIII: **Research Products International, 2026.** *Wipe Test Smears with Record Folders, 1 ¾ Inch Diameter, Cotton, 500 per case.* Verkkosivu, viitattu 4.3.2026. Saatavilla: https://www.rpicorp.com/products/laboratory-equipment/radiation-safety/contamination-control/wipe-test-smears-w-record-folders-cotton-500-cs.html?srsltid=AfmBOooNO0FWhcL_Jzi52_kWAQwG6YGc9MU1uPYdsjLklUmLyS3FMmyB

Viite IX: **Nutronic, 2026.** *Smear Test Instruments – NT200.* Verkkosivu, viitattu 4.3.2026. Saatavilla: https://www.nutronic.se/nt200

Viite X: **Automation und Messtechnik GmbH, 2026.** *Dose Rate Meter 6150AD Automess.* Verkkosivu, viitattu 5.3.2026. Saatavilla: https://www.automess.de/en/products/productfamily-6150ad/dose-rate-meter-6150ad

Viite XI: **Thermo Fisher Scientific, 2026.** *RadEye G Series Personal Dose Rate Meters.* Verkkosivu, viitattu 5.3.2026. Saatavilla: https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/4250676

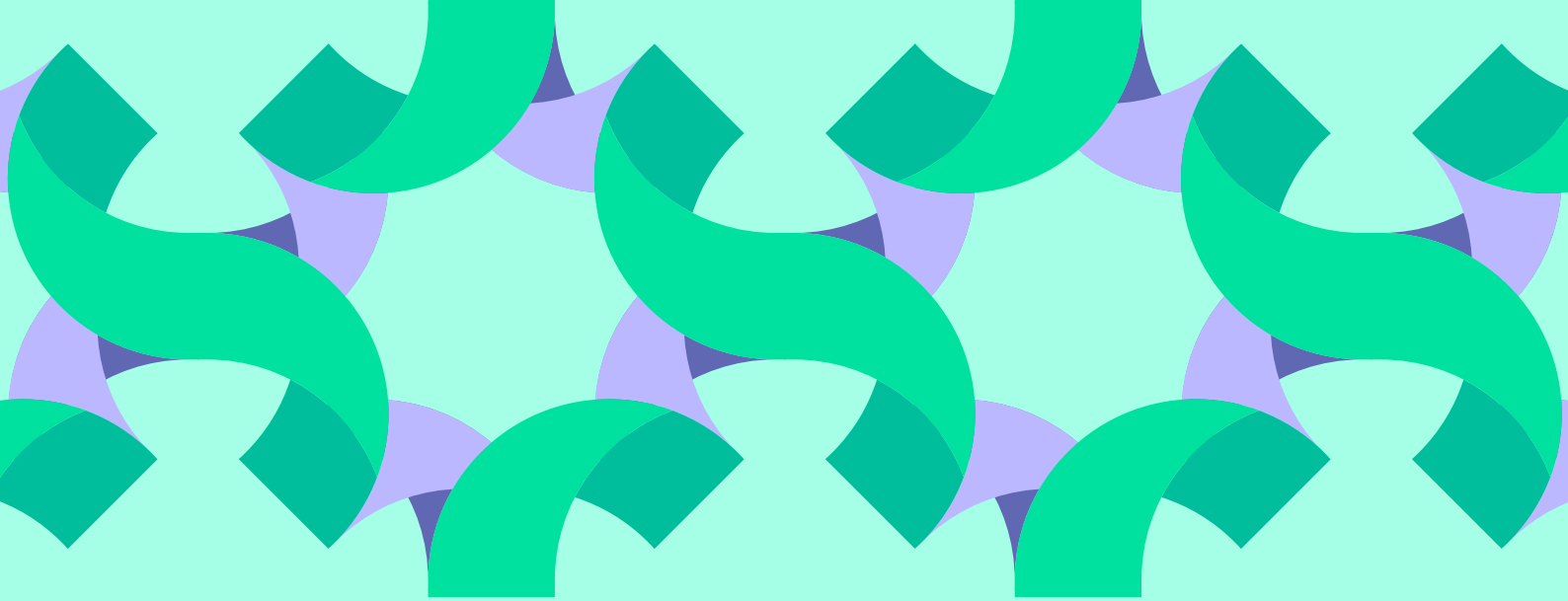
Viite XII: **Gamma-Scout, 2026.** *Gamma-Scout Standard.* Verkkosivu, viitattu 5.3.2026. Saatavilla: https://www.gamma-scout.com/en/shop/gamma-scout/standard/

Viite XIII: **IAEA, 2022.** *X and Gamma Radiation Monitoring.* ORPNET Training Material – Workplace Monitoring. Saatavilla: https://nucleus.iaea.org/sites/orpnet/training/workplacemonitoring/SitePages/Home.aspx

Viite XIV: **Thermo Fisher Scientific, 2026.** *ASM IV Series Automatic Scrap Monitoring System.* Verkkosivu, viitattu 25.2.2026. Saatavilla: https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/ASMIV9KEO?SID=srch-srp-ASMIV9KEO

Viite XV: **Else Nuclear, 2026.** *PPM - Pedestrian Radiation Portal Monitor.* Verkkosivu, viitattu 25.2.2026. Saatavilla: https://www.elsenuclear.com/portfolio/ppm/

Viite XVI: **Thermo Fisher Scientific, 2026.** *IPM96 Whole Body Contamination Monitor.* Verkkosivu, viitattu 25.2.2026. Saatavilla: https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/IPM96-25G?SID=srch-srp-IPM96-25G



Huoltovarmuusorganisaatio
Jätehuoltopooli