

Ville Lindblom

Radiometrinen mittalaitteiden elinkaarisuunnitelma

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

2015

Radiometrinen mittalaitteiden elinkaarisuunnitelma

Lindblom, Ville
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Tammikuu 2015
Ohjaaja: Asmala, Hannu
Sivumäärä: 35
Liitteitä: 0

Asiasanat: Elinkaari, Analyysi, Turvallisuus

Tässä työssä tutkittiin Boliden Harjavallan radiometrinen mittalaitteiden elinkaarta. Työssä käydään lävitse radiometrinen mittalaitteiden eri sovelluksia, joita Boliden Harjavallan alueella on. Työn tarkoituksena oli parantaa radiometrinen mittalaitteiden elinkaarta tekemällä elinkaariselvitys kaikista radiometrisistä mittalaitteista. Selvitysten jälkeen rakennettiin elinkaaren hallintatyökalu. Työkalu tehtiin Microsoft Office Excel-2010 ohjelmalla suuren tietomäärän takia. Excel 2010-ohjelmalla pystyy hyvin suodattamaan ja hakemaan juuri niitä tietoja, joita käyttäjä haluaa esille nopeasti ja helposti. Työkalulla pystytään hyvin havainnoimaan, koska mikäkin mittalaite on tullut elinkaarensa päähän ja mitä laitteelle on tehtävä, että mittalaitteen elinkaari jatkuisi mahdollisimman pitkälle tulevaisuuteen.

Teoriaosuudessa selvitetään, mitä eri osia radiometrinen mittaus vaatii toimiakseen ja minkä tyyppisiä sovelluksia Boliden Harjavallassa käytetään. Työssä esitetään myös erilaisia ilmaisin tyyppisiä, joilla pystytään havaitsemaan säteilyä. Teoriaosuudessa käydään myös läpi säteilyturvallisuuden periaatteita ja umpilähteiden säteilyturvallisuussäännöksiä. Työssä tärkeimmät lähteet olivat säteilyturvallisuuskeskuksen kustantamat teokset, joissa kerrottiin radiometrinen mittalaitteiden rakenteesta, turvallisuudesta ja säännöksistä.

Työllä saatiin selville yksityiskohtaisesti kaikkien mittalaitteiden elinkaari ja varaosien saatavuus. Laitetoimittajilta saatujen tietojen mukaan jokaiselle mittalaitteelle on analysoitu revisiovuosi, jolloin mittalaite on tullut elinkaarensa päähän. Elinkaari-analyysiin vaikuttivat säteilylähteen aktiivisuuden heikentyminen, ilmaisimen vastaanottokyky ja mittauselektroniikan varaosien saanti ja mahdollisen uuden ilmaisimen ja vanhan elektroniikan yhteensopivuus.

Radiometric measuring equipment life cycle plan

Lindblom, Ville

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in automation

January 2015

Supervisor: Asmala, Hannu

Number of pages: 35

Appendices: 0

Keywords: Life cycle, Analysis, Safety

In this study were studied Boliden Harjavalta radiometric measuring equipment life cycle. The work will take place through the radiometric measuring devices for different applications by Boliden Harjavalta region. The aim was to improve the radiometric measuring equipment life cycle by making the life-cycle study of all the radiometric measurement devices. After investigation, it was built in the life cycle management tool. The tool was made in Microsoft Office Excel 2010 program, due to the large amount of data. Excel 2010 program is very capable to filter and retrieve exactly the information that the user wants to quickly and easily. The tool can be well to observe, as does each instrument has become the end of their life, and what device is the role that the measuring device life cycle would continue as far as possible in the future.

The theoretical part explains what the different parts of the radiometric measurement requires to function and what types of applications Boliden Harjavalta is used. The thesis also presents a variety of sensor types, which can detect the radiation. The theoretical part will also take place through the radiation safety principles and sealed sources of radiation safety regulations. Work were the main sources of radiation safety center works published by telling radiometric measuring equipment structure, safety and regulations.

The work was to find out in detail all the life cycle of the measuring equipment and spare parts availability. Equipment suppliers according to information from each of the measuring device has been analyzed investment year, when the measuring device has become the end of their life. Life cycle analysis was affected by the weakening of the radiation source activity, the absorption capacity of the detector and measurement electronics, supply of spare parts and a possible new detector and the old electronics compatibility.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	BOLIDEN HARJAVALLAN ESITTELY	7
3	NYKYTILANNE RADIOMETRISTEN MITTALAITTEIDEN HALLINNASSA... 8	
4	ELINKAAREN HALLINTA	9
5	SÄTEILY YMPÄRILLÄMME	9
5.1	Ionisoiva säteily	9
5.2	Ionisoimaton säteily	10
6	SÄTEILYTURVALLISUUS	11
6.1	Säteilysuojelun periaatteita	12
6.1.1	Annosrajat säteilytyössä	12
6.1.2	Väestön annosrajat.....	12
6.1.3	Ulkoinen säteilynvalvonta.....	13
7	UMPILÄHTEIDEN SÄTEILYTURVALLISUUS	14
8	RADIOMETRISET MITTALAITTEET	16
8.1	Umpilähteet.....	17
8.1.1	Gammasäteilylähteitä	19
8.2	Ilmaisimet radiometrisissä mittalaitteissa.....	19
8.2.1	Kaasutäytteiset ilmaisimet.....	20
8.2.2	Geigerilmaisimien.....	21
8.2.3	Tuikeilmaisimien.....	22
9	RADIOMETRISTEN MITTALAITTEIDEN SOVELLUKSIA	23
9.1	Kuljetinvaaka	24
9.2	Tiheysmittaus	25
9.3	Pinnanmittaus.....	26
9.4	Pintakytin	28
10	ELINKAARISELVITYKSEN ALOITUS	29
11	ELINKAAREN HALLINTATYÖKALU.....	30
12	YHTEENVETO	33
	LÄHTEET.....	35
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Radiometrisiä mittalaitteita käytetään teollisuudessa, jossa sähköisiin, optisiin tai mekaanisiin ilmiöihin perustavien mittalaitteiden käyttö on epäluotettavaa. Tässä opinnäytetyössä pyritään parantamaan Boliden Harjavallan radiometristen mittalaitteiden elinkaarta ja huoltovalmiutta selvittämällä mittauskohtaisesti kaikkien mittalaitteiden elinkaaren pituus. Radiometrisiä mittalaitteita Boliden Harjavallassa on 82 kappaletta tällä hetkellä.

Tällä opinnäytetyöllä pyritään parantamaan prosessimittausten luotettavuutta ja helpottaa uusien laitteiden hankintaa Boliden Harjavallalle, jotta pystyttäisiin vuosia eteenpäin näkemään, koska mittalaite on uusittava. Elinkaaren hallintatyökalu toteutetaan Microsoft Officen Excel 2010 -työkalulla josta pystytään hallitusti näkemään yksilöllisesti mittalaitteen tilan. Elinkaarihallintatyökalussani keskityn määrittelemään jokaiselle mittalaitteelle säteilylähteen, mittauselektroniikan ja ilmaisimen kunnon. Työssä etsitään myös mittalaitteille mahdollinen korvaavuus, jos mittalaite on tullut elinkaarensa päähän. Työssä otetaan kantaa, milloin mittalaitteet on uusittava ja kerrotaan ehdotukset mittalaitteen elinkaaren parantamiseksi.

Elinkaaren selvitystä varten tarvitsee olla yhteydessä eri laitetoimittajien kanssa ja neuvotella heidän laitteiden valmistuksesta ja varaosien saatavuudesta vuosiksi eteenpäin. Laitetoimittajilta saatujen tietojen perusteella ja tietojen analysoinnin jälkeen saadaan hallitusti tehtyä mahdolliset investointi- ja korvaavuussuunnitelmat vuosiksi eteenpäin.

Työssä keskitytään radiometristen mittalaitteiden säteilyturvallisuuteen. Teoreettisella tasolla paneudutaan radiometristen mittalaitteiden eri sovellusten käyttötarkoituksiin ja eri sovellusten toimintatapoihin.

2 BOLIDEN HARJAVALLAN ESITTELY

Boliden Harjavalta sulattaa nikkeli- ja kuparirikasteita ja jalostaa kuparia. Päätuotteita ovat kuparikatodi, kulta ja hopea. Sivutuotteena prosessista yhtiö valmistaa rikkihappoa. Boliden Harjavallan toimipisteet sijaitsevat Porissa ja Harjavallassa. Harjavallassa sijaitsevat sulatto ja rikkihappotehtaat. Porissa sijaitsee Elektrolyysi, jossa jalostetaan Harjavallasta tulleet kuparianodit kuparikatodeiksi. Boliden Harjavallan henkilöstömäärä vuonna 2013 oli 391 henkilöä ja liikevoitto oli 40 M€.

Harjavallan sulatolla on erittäin pitkä historia. Se perustettiin Imatralla vuonna 1936 ja siirrettiin vuonna 1944 henkilöstöineen pois sodan jaloista. Harjavallassa kehitettiin myös uusi ja energiatehokkuudeltaan mullistava kuparirikasteiden liekkisulatusmenetelmä. Liekkisulatusmenetelmä otettiin käyttöön vuonna 1949. Sulatusmenetelmää kehitetään jatkuvasti. Se on maailman yleisin kuparirikasteiden sulattamistapa. (Boliden Harjavallan [www-sivut](#).)

Boliden Harjavalta kuuluu Boliden Groupiin. Boliden Group, joka toimii kaivosalalla, sulattaa eri rikasteita ja myy tuotteita eteenpäin. Sinkki-, kupari-, lyijy-, kulta- ja hopea-malmit louhitaan Bolidenin neljältä eri kaivosalueelta. Malmi jalostetaan metallirikasteeksi, josta suurin osa toimitetaan sulatoille konsernin sisällä.

3 NYKYTILANNE RADIOMETRISTEN MITTALAITTEIDEN HALLINNASSA

Radiometrisille mittalaitteille ei ole ollut Boliden Harjavallan alueella lainkaan systemaattista elinkaarenhallintatyökalua. Radiometrisiä mittalaitteita on uusittu vikatilanteissa ja vuosittain kierrettyjen ennakkohuoltokierrosten perusteella. Ennakkohuoltokierroksilla on selvitetty säteilylähteen suojakuoren kunto mittaamalla mahdollinen säteily 1 metrin ja 5 cm:n etäisyydeltä. Ennakkohuoltokierroksella on tarkastettu säteilylähteen säteilyvaaran merkit, tunnistettu säteilylähteen tyyppikilpi, säteilylähteen suojuksen kunto, säteilylähteen sulkijan ja kuoren kunto, sulkijan oikeasuuntainen toiminta ja varmistettu sulkijan kunto säteilymittarilla mitaten. Tiedot on merkitty Excel-taulukkoon ja sen jälkeen tehty työpyynnöt kunnossapitojärjestelmään ja suoritettu korjaavat toimenpiteet. Mittausten uusiminen vikatilanteiden aikana ei ole toivottu asia, koska mittalaitteita tarvitaan prosessin ohjaamiseen ja prosessin valvontaan. Yleensä mittalaitteiden huolto ja uusiminen tapahtuu vuosihuollon aikana jolloin prosessi on pysähdyksissä ja huollot eivät aiheuta prosessille häiriötä.

Monissa vikatapauksissa ei ole otettu huomioon säteilylähteen heikkenevää aktiivisuutta. Pääosin säteilylähteet ovat hankittu vuosien 1980–1995 välillä. Tähänkin ongelmaan haetaan ratkaisua elinkaariselvityksen avulla.

4 ELINKAAREN HALLINTA

Elinkaariselvitys on aiheellinen aina, kun ei tiedetä tarkalleen, mitä laitteita on käytössä tai mikä on laitteiden elinikä ja varaosien saatavuus. Varaosien saatavuudella on suuri merkitys laitteiden kunnossapitamisessä, jos esimerkiksi laite on hankittu vuonna 1988 ja laitteen varaosatuki on päättynyt vuonna 2000. Tarkoittaa se, että laitetta häiriötilanteessa ei ole enää mahdollista korjata, koska laitetuki on päättynyt. Tällöin joudutaan mahdollisesti kiireessä etsiä uutta vastaavaa laitetta, jos ei omassa varastossakaan ole tarvittavia varaosia. Elinkaaren hallinnalla ja listamaalla laitteiden arvioitu elinikä, laitteen varaosien saatavuus, kriittisten ja kuluvien osien varastointi jo laitetta hankittaessa helpottaa uusien laitteiden elinkaaren suunnittelemista tulevaisuudessa, kun laitteiden elinikä tiedetään jo sitä hankittaessa. Elinkaarta pystytään hallitsemaan elinkaarenhallintatyökalulla, jossa ilmenee laitteen valmistuspäivä, varaosien valmistuksen loppuminen ja mahdollisesti jo uuden korvaavan laitteen malli. Näillä tiedoilla pystytään jo varautumaan tulevaisuudessa mahdollisiin laitteiden modernisointeihin ja varaamaan pääomaa uusien laitteiden hankintaa varten.

5 SÄTEILY YMPÄRILLÄMME

Säteilyllä fysiikassa tarkoitetaan energiaa, joka etenee tyhjiössä tai väliaineissa hiukkasina, joilla on liike-energiaa tai sähkömagneettista aaltoliikettä. Säteilyä on kahden tyyppistä: ionisoivaa ja ionisoimatonta säteilyä. Säteily voi olla sähkömagneettista aaltoliikettä tai hiukkassäteilyä. Säteilyä esiintyy luonnossa: esimerkiksi radon, taikka keinotekoisena, jota tuotetaan ydinvoimalaitoksissa. Kuvassa 1 nähdään eri säteilytyypit.

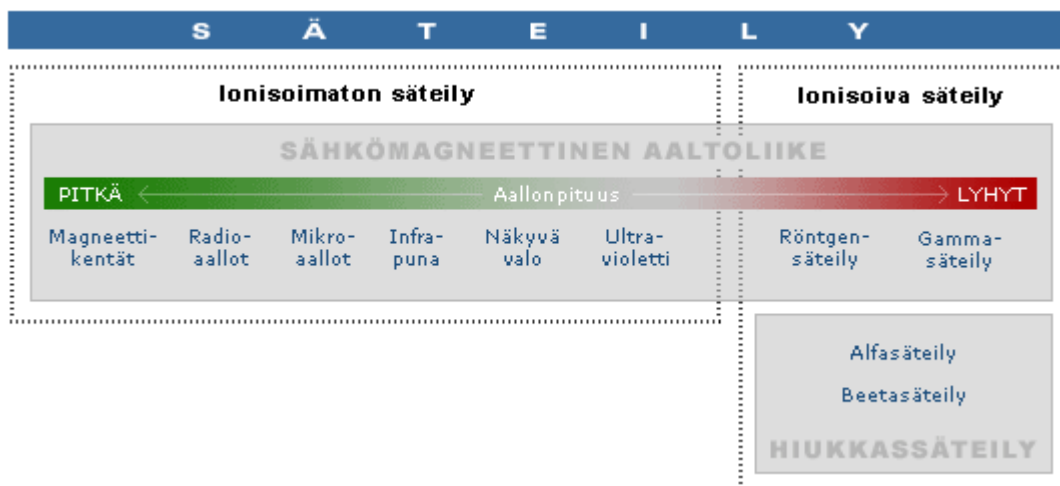
5.1 Ionisoiva säteily

Atomi koostuu positiivisesti varautuneesta ytimestä ja sen ympärillä olevista elektroneista, jotka ovat negatiivisesti varautuneita. Normaalissa tilassa oleva atomi on säh-

köisesti neutraali eli atomin elektroniverhon elektroneja on sama määrä, kun atomin ytimen protonien määrä, jota kutsutaan atomin ja sen ytimen järjestys-, varaus- taikka protoniluvuksi. Järjestysluku kertoo atomin kemialliset ominaisuudet. Kaikki virittyneessä tilassa olevat aineet ovat radioaktiivisia. Virittynyt tila atomin ytimessä purkautuu ennemmin tai myöhemmin itsestään. Tällöin aine alkaa säteilemään ympäristöön. Ionisoiva säteily vahingoittaa soluja ja voi aiheuttaa syöpää ja samalla vahingoittaa dna-molekyylejä. Kaikki radioaktiiviset lähteet lähettävät ionisoivaa säteilyä. Ionisoivaa säteilyä koskevat lait ovat Säteilylaki (592/91 ja sen muutokset 1334/1994 ja 1142/1998) Säteilyasetus (1512/91 ja sen muutos 1143/1998). (Säteilyturvallisuuskeskuksen www-sivut 2014a.)

5.2 Ionisoimaton säteily

Kun säteilyn lähde ei kykene irrottamaan elektroneja väliaineesta, puhutaan silloin ionisoimattomasta säteilystä. Ionisoimaton säteily jaetaan kahteen eri ryhmään eri aallonpituuksien mukaan. Ensimmäinen ryhmä on sähkömagneettinen säteily ja toinen optinen säteily. Sähkömagneettiseen säteilyyn sisältyvät sähkö- ja magneettikentät. Optiseen säteilyn piiriin lasketaan infrapunasäteily, valo ja ultraviolettisäteily. Ionisoimaton säteily voi aiheuttaa myös haittavaikutuksia ihmisille. Esimerkiksi ultraviolettisäde voi aiheuttaa suurena pitoisuutena ihmisen iholla fotokemiallisia reaktioita. Sähkömagneettiset kentät suurella voimakkuudellaan voivat aiheuttaa ihmisen kudoksissa lämmön nousua ja haitallisia sähkövirtoja. Kansanterveydellisesti katsoen suurin yksittäinen haitta ionisoimattomassa säteilyssä on aurinko, joka aiheuttaa ihosyöpää ihmisille. (Säteilyturvallisuuskeskus www-sivut 2014a.)



Kuva 1. Erilaiset säteilytyypit. (Säteilyturvakeskuksen [www-sivut](http://www.sateilyturvakeskus.fi) 2014a.)

6 SÄTEILYTURVALLISUUS

Säteilyturvallisuuskeskus on Suomessa valvova viranomainen, jonka velvollisuutena on huolehtia ja tarkkailla, että säteilysuojalakeja, kansainvälisiä sopimuksia ja standardeja noudatetaan Suomessa. Säteilyturvallisuuskeskuksen yhtenä osana on harjoittaa tieteellistä tutkimusta säteilyn- ja ydinturvallisuuteen. Säteilyturvallisuuskeskus on sosiaali- ja terveysministeriön hallinnoima säteily- ja ydinvoimaturvallisuusvalvonnasta vastaava viranomainen. Säteilyturvakeskus järjestää myös kattavasti koulutuksia ydin- ja säteilyturvallisuuteen liittyvissä asioissa.

Säteilyturvallisuuskeskuksen toimialaan kuuluvat ionisoimaton ja ionisoiva säteily. Ionisoimattomaan säteilyyn kuuluvat esimerkiksi UV- ja laservalo sekä radioaallot. Ionisoivaan säteilyyn kuuluvat esimerkiksi radon, radioaktiivisuuden ja röntgenlaitteiden aiheuttama säteily eli kaikki gammasäteilyt. Säteilyturvallisuuskeskus valvoo myös kaikkia Suomessa toimivia ydinvoimalaitoksia. Se valvoo myös, että kansainvälisiä sopimuksia noudatetaan Suomessa. (Ojanen, Ollikkala, Reiman, Ruokola & Tiippana, 386-396.)

6.1 Säteilysuojelun periaatteita

Säteilysuojelun perusperiaatteita ovat oikeutusperiaate, optimointiperiaate ja yksilönsuojaperiaate. Nämä kolme periaatetta perustuvat säteilytutkimuksen ja lääketieteellisen fysiikan asiantuntijoiden maailmanlaajuiselle yhteisön sovittuihin asioihin. (Säteilyturvakeskuksen www-sivut 2014b.)

Oikeutusperiaate: *”Toiminnalla saavutettava hyöty on suurempi kuin toiminnasta aiheutuva haitta”*

Optimointiperiaate: *”Toiminta on siten järjestetty, että siitä aiheutuva terveydelle haitallinen säteilyaltistus pidetään niin alhaisena kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista”*

Yksilönsuojaperiaate: *”Yksilön säteilyaltistus ei ylitä asetuksella vahvistettavia enimmäisarvoja”*

6.1.1 Annosrajat säteilytyössä

Säteilytyöstä työntekijälle aiheutuva efektiivinen annos ei saa ylittää keskiarvoa 20 millisievertiä (mSv) vuodessa viiden vuoden aikana eikä minkään vuoden aikana arvoa 50 mSv. Silmän mykiön ekvivalenttiannos ei saa ylittää arvoa 150 mSv vuodessa eikä käsien, jalkojen tai ihon minkään kohdan ekvivalenttiannos arvoa 500 mSv vuodessa. (Finlex. Asetus säteilyasetuksen muuttamisesta 1143/1998 3 §.)

6.1.2 Väestön annosrajat

Säteilyn käyttö tulee suunnitella ja järjestää siten, että siitä muulle kuin säteilytyössä olevalle henkilölle aiheutuva efektiivinen annos ei vuoden aikana ylitä arvoa 1 mSv. Silmän mykiön ekvivalenttiannos ei saa vuoden aikana ylittää arvoa 15 mSv eikä ihon minkään kohdan ekvivalenttiannos arvoa 50 mSv (Finlex. Asetus säteilyasetuksen muuttamisesta 1143/1998 3 §.)

6.1.3 Ulkoinen säteilyvalvonta

Ulkoisella säteilyllä tarkoitetaan kehoon sen ulkopuolelta tulevaa, esimerkiksi maaperässä ja ilmassa olevien radioaktiivisten aineiden lähettämää säteilyä. Suomessa on automaattinen ulkoista säteilyä mittaava valvontaverkko, jossa on noin 255 asemaa. Verkko kattaa koko maan. Mittausaseman hälytysrajana on seitsemän edeltävän vuorokauden mitattujen tulosten keskiarvo, johon lisätään 0,1 mikrosievertiä tunnissa ($\mu\text{Sv/h}$). Kullakin asemalla on siis asemakohtainen, olosuhteisiin mukautuva hälytysraja. Kuvassa 2 nähdään esimerkkejä eri säteilyannoksista. (Säteilyturvakeskus 2014c.)

Esimerkkejä säteilyannoksista

Annoksen suuruus	Mitä annos aiheuttaa
6000 mSv	Annos, joka äkillisesti saatuna saattaa johtaa henkilön kuolemaan
1000 mSv	Annos, joka alle vuorokaudessa saatuna aiheuttaa säteily sairauden oireita (esim. väsymystä ja pahoinvointia)
100 mSv	Säteilyöntekijöille suurin sallittu annos viiden vuoden aikana
4 mSv	Suomalaiselle säteilystä (sisäilman radon, röntgentutkimukset jne.) aiheutuva keskimääräinen annos vuodessa
2 mSv	Annos, jonka lentokoneessa työskentelevä saa kosmisesta säteilystä vuodessa
0,1 mSv	Keuhkojen röntgenkuvauksesta potilaalle aiheutuva annos
0,01 mSv	Hammasröntgenkuvauksesta potilaalle aiheutuva annos

Kuva 2. Esimerkkejä säteilyannoksista. (Säteilyturvallisuuskeskuksen www-sivut 2014d)

7 UMPILÄHTEIDEN SÄTEILYTURVALLISUUS

Umpilähteitä koskee Stuklexin säännöstö umpilähteiden ja niitä sisältävien laitteiden säteilyturvallisuudesta 7.11.2013 ST 5.1. Tässä kappaleessa käydään tiivistetysti tärkeimmät asiat lävitse.

Umpilähteitä käytetään teollisuudessa ja terveydenhuollon eri sovelluksissa. Eri sovelluksia teollisuudessa ovat esimerkiksi tiheys- ja pinnanmittaukset. Terveydenhuollon sovelluksia on sädehoidon- ja säteilytyslaitteissa. Umpilähde on säteilynlähde, jossa on radioaktiivinen kapseli tai kaasu säteilynsuojan sisällä. Umpilähteitä sisältävissä laitteissa on erittäin tärkeää, että umpilähteet pysyvät tiiviinä ja säteilynsuojat on mitoitettu oikein. Umpilähteistä pitää löytyä asiaankuuluvat varoitusmerkinnät, joiden täytyy olla hyvin näkyvillä ja puhtaita. Umpilähteitä käyttävien henkilöiden pitää olla asianmukaisesti koulutettuja, jotta he voivat turvallisesti käyttää radiometrisiä laitteita.

Radioaktiivisen aineen pitää olla siten suojattu, ettei sitä pääse käsin koskettelemaan tai se ei leviä ympäristöön niissä olosuhteissa, joihin säteilylähde on suunniteltu. Säteilylähteiden käyttöä ja hallussapitoa varten tarvitsee olla turvallisuuslupa, ellei käyttöä ole säteilylain nojalla vapautettu turvallisuusluvasta. Turvallisuusluvan hankkii toiminnan harjoittaja eli se, joka käyttää tai pitää hallussaan säteilylähteitä. Turvallisuusluvan haltija on velvollinen huolehtimaan siitä, että hänellä on käytettävissä tarpeellinen asiantuntemus toiminnan turvallisuutta koskevissa asioissa. Säteilyn käytön turvallisuudesta vastaavan henkilön pitää olla pääsääntöisesti turvallisuusluvan haltijan palveluksessa. Turvallisuusluvan hakemisesta on erikseen määritelty säteilyasetus (1512/1991) 14§. Teollisuuden säteilyn käytössä riittää, että nimetään säteilyn käytön turvallisuudesta vastaava johtaja. Vastaavan johtajan itse estyessä valvomaan aktiivisesti säteilyn turvallisuutta on nimitettävä avuksi muita henkilöitä.

Toiminnan harjoittajalla pitää olla ajan tasalla oleva kirjanpito vastuulla olevistaan säteilylähteistä. On tärkeää, että kaikki vastaanotot ja luovutukset tehdään vastaavan johtajan valvonnassa, jotta kirjanpito pysyisi ajan tasalla.

Säteilylähteitä korjaavien ja käsittelevien henkilöiden tulee olla koulutettu asianmukaisesti työhönsä. Heidän on tunnettava omaan työhönsä liittyvät säteilysojelumääräykset ja työpaikkakohtaiset ohjeet. Varotoimenpiteet pitää olla kirjattu työpaikka-kohtaisiin ohjeisiin, miten toimitaan radiometrinen mittalaitteiden ympärillä, kun tehdään korjaus- tai huoltotöitä.

Keskeiset rakennemääräykset umpilähteille ovat (Stuklex www-sivut 2014)

- Säteilylaitteen rakenteen on oltava sellainen, että laitteen käytöstä ja huollosta aiheutuva säteilyannos jää niin pieneksi kuin mahdollista.
- Laite on valmistettava sellaisista materiaaleista, jotka kestävät ympäristöolosuhteiden ja säteilyn vaikutuksen.
- Laite on suunniteltava siten, että säteilylähde pysyy myös tulipalossa säteily-suojuksessa. Suojuksen suojauskyky ei saa tulipalossa vähentyä olennaisesti.
- Umpilähteen kiinnitys laitteeseen on varmistettava sinetillä tai lukolla.
- Laitteen säteily suojaus on valittava siten, että säteilykeilan koko on rajoitettu mahdollisimman pieneksi.
- Laitteen säteilynilmaisin on valittava siten, että voidaan käyttää aktiivisuudeltaan mahdollisimman pientä säteilylähdettä.
- Laite on suunniteltava siten, että sitä voidaan siirtää turvallisesti.

Annosnopeudet umpilähteen ympärillä eivät saa olla enempään kuin $500 \mu\text{Sv/h}$ 5 cm:n etäisyydellä laitteen pinnasta ja $7,5 \mu\text{Sv/h}$ 1 metrin etäisyydellä laitteesta. Säteilykeilaa ei lasketa mukaan tähän, koska keilassa annosnopeudet ylittävät edeltävät arvot. Säteilylähteessä pitää olla myös suljin, jolla säteilykeila saadaan katkaistua mahdollisen huoltotyön ajaksi esimerkiksi säiliössä. Sulkimen pitää olla rakenteeltaan kestävä ja luotettava ja on toimittava aina luotettavasti kaikissa käyttöolosuhteissa. Ilman suljinta varustetut laitteet voidaan erityistapauksissa hyväksyä käyttöön, jos niiden rakenne ja käyttö estävät pääsemästä missään tapauksessa säteilykeilaan tai jos laitteen käyttötavan perusteella saadaan aikaiseksi sama turvallisuustaso kuin sulkimella varustetulla laitteella. Säteilynsuojuksessa on oltava lukko, jolla voidaan lukita suljin kiinni-asentoon. Suljin on myös suunniteltava siten, että se ei missään tilanteessa avaudu itsellään, eikä sen sulkemiseen ei tarvitse käyttää työkaluja. (Finlexin www-sivut 2014)

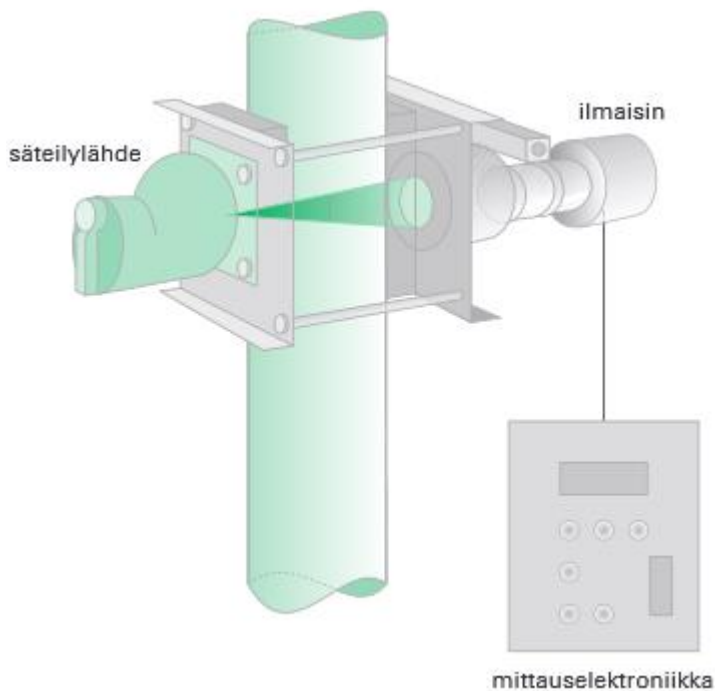
Sähköisesti tai pneumaattisesti toimivat sulkimet tarvitsevat olla luotettavia ja niiden täytyy sulkeutua silloin, kun sähköt tai paineilman syöttö katkeaa. Kauko-ohjattavassa sulkimessa pitää olla sulkimen asentoa indikoivat merkkivalot. (Finlexin www-sivut 2014)

Radiometrisissä mittalaitteen säteilynlähdeosassa on oltava varoitusmerkit, joissa kerrotaan laitteen valmistaja, tyyppi, valmistusnumero, aktiivisuus ja aktiivisuuden toteamisajankohta. Säteilylähteessä tarvitsee olla myös merkki, joka kertoo, että säteilylähteessä säteilee ionisoivaa säteilyä. (Finlexin www-sivut 2014)

8 RADIOMETRISET MITTALAITTEET

Säteilyn käyttöön perustuvia mittalaitteita käytetään yleensä sellaisissa paikoissa, mihin ei saada asennettua muunlaista mittalaitetta vaikeiden olosuhteiden takia. Esimerkkinä metallurgisen teollisuuden tiheysmittaukset, jossa olosuhteet ovat yleensä erittäin haastavia. Erilaisia radiometrisiä mittalaitteita ovat pintakytkimet, hihnavaa'at, tiheys- ja pinnamittaukset. Radioaktiivisia mittalaitteita käytetään esimerkiksi voimalaitoksissa, paperitehtaissa ja elintarviketeollisuudessa.

Mittalaite koostuu säteilysuojukseen sijoitetusta umpilähteestä, säteilyn ilmaisimesta ja mittauselektroniikasta. Kuvassa 3 on esitetty esimerkki radiometrisestä mittalaitteesta. Säteilysuojuksella on tarkoitus vaimentaa ulkoisen säteilyn annosnopeus radiometrisen mittalaitteen ympärillä lain mukaiselle tasolle. Säteilylähde valitaan mitattavan suureen- ja mittaustarkoituksen perusteella. Ilmaisimittalaitteelle valitaan laitteen käyttötarkoituksen mukaan. Erilaisia ilmaisintyypppejä on esimerkiksi geigerilmaisim, ionisaatiokammioilmaisim ja tuikeilmaisim. Mittauselektroniikka valitaan kohteen vaativuuden mukaan. (Väisälä, Korpela & Kaituri, 263.)



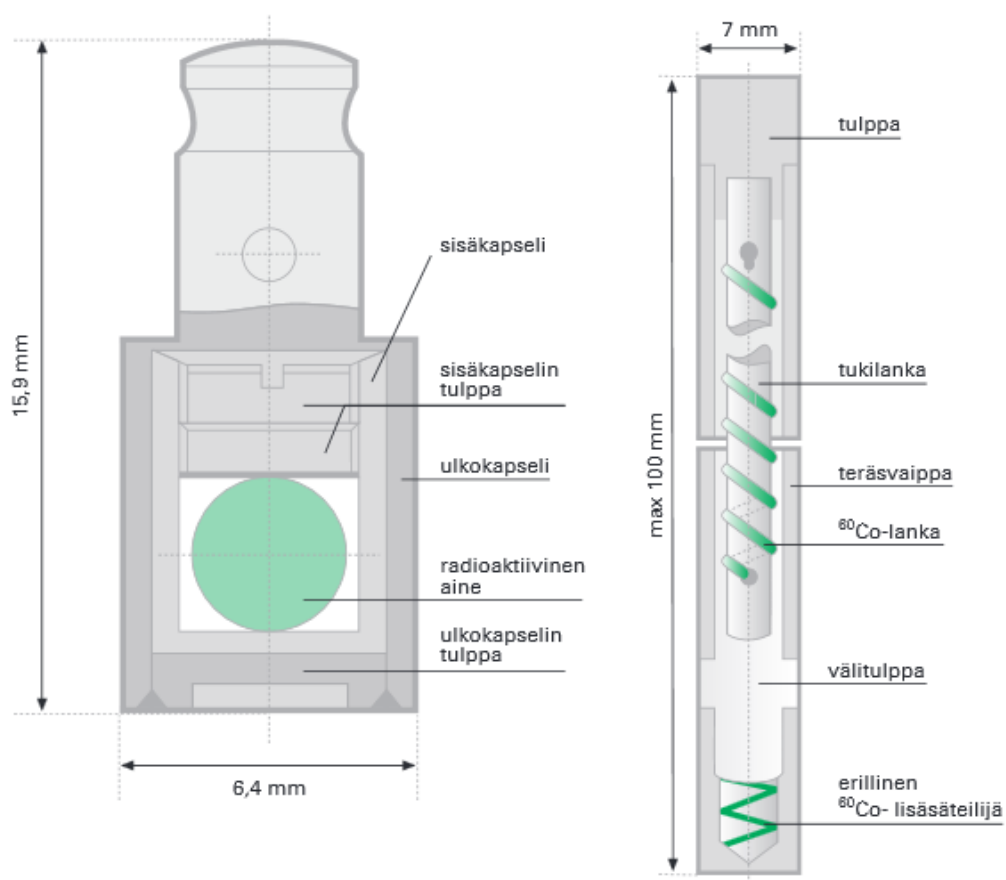
Kuva 3. Esimerkki radiometrisestä mittalaitteesta. (Väisälä ym. 2004, 273)

8.1 Umpilähteet

Umpilähteellä tarkoitetaan säteilylähdettä, joka on kapseloitu säteilysuojakotelon sisälle, ettei säteilylähdettä pääsisi käsin koskettelemaan eikä radioaktiivinen aine pääsisi leviämään suojasta niissä olosuhteissa, johon säteilylähde on suunniteltu. Kuvas-
sa 4 on esitetty esimerkki eri umpilähde malleista. Kapselimateriaali valitaan suunnitellun paikan olosuhteita mahdollisimman hyvin kestäväksi, että radioaktiivinen pysyisi kapselissa eikä pääsisi leviämään ympäristöön aiheuttamaan säteilyaltistuksia.

Kansainvälisten sopimusten mukaan umpilähteet pitää valmistaa ja testata standardien (ISO 2919, Radiation protection – Sealed radioactive sources – General requirements and classification ja ISO 9978, Radiation protection – Sealed radioactive sources – Leakage test methods). Standardeissa vaaditaan, että umpilähde on tiivis ja pinnaltaan riittävän puhdas. Toiseksi varmistetaan, ettei säteilykapselin pinnalla ole irtoavaa radioaktiivista kontaminaatiota, jolla radiometrisen mittalaitteen valmistaja voisi lähdettä käsitellessään kontaminoida työpaikkansa.

Uuden umpilähteen ostajalle tulee lähteen mukana aina sertifikaatti, jossa ilmenevät säteilylähteen olennaiset tiedot (nuklidi, aktiivisuus, valmistuspäivä ja numero). Lähteen mukana tulee myös vakuutus tiiveydestä ja ilmoitus, miten tiiviys on hoidettu. (Väisälä ym. 2004, 263-264.)



Kuva 4. Pistemäinen ja sauvamainen säteilylähde. (Väisälä ym. 2004, 265)

8.1.1 Gammasäteilylähteitä

Yleisimmät gammasäteilylähteiden nuklidit ovat Cs-137 ja Co-60. Co-60 (koboltilähde) aktiivisuus on yleensä 37 MBq – 3,7 GBq. Koboltilähdettä käytetään useimmissa radiometrinen mittalaitteiden säteilylähteenä. Koboltilähteen puoliintumisaika on 5,27 vuotta. Säteilylähteen aktiivisuus puolittuu aina 5,27 vuoden jälkeen puoleen. Nopean puoliintumisajan vuoksi säteilylähteen heikentyminen voi vaikuttaa ilmaisimen vastaanottokykyyn, eli mittalaite voi lopettaa toimintansa heikentyneen aktiivisuuden vuoksi. (Väisälä ym. 2004, 265-266.)

Co-60 on korkeaenergisempi kuin Cesium-137 lähde. Tämä on selvä etu esimerkiksi suurien säiliöiden pintakytkimissä, jossa on suuremmat välimatkat ja mahdollisesti täynnä sellaista ainetta, johon säteily vaimenee huomattavasti. Haittapuolena korkean energisyytensä vuoksi on se, että Co-60 lähde vaatii enemmän lyijy vuorausta säteilysuojuksen sisään, joka nostaa säteilylähteen painoa tämä voi tulla ongelmaksi tietyissä sovelluksissa. (Väisälä ym. 2004, 265-266.)

Cesiumlähde Cs-137 gammasäteilylähteen yleinen aktiivisuus on 37 MBq-37 GBq. Cesium-137 -säteilylähdettä käytetään yleisesti kaikissa radiometrinen mittalaitteiden sovelluksissa. Puoliintumisaika Cesium-137 on 30 vuotta. Pitkän puoliintumisajan vuoksi säteilylähdettä ei normaalisti tarvitse vaihtaa radiometrisen mittalaitteen elinkaaren aikana. (Väisälä ym. 2004, 265-266)

8.2 Ilmaisimet radiometrisissä mittalaitteissa.

Säteilyn ilmaiseminen koostuu aina säteilyn ja aineen keskeisestä vuorovaikutuksesta. Tapahtumassa säteily menettää energiaansa ionisoimalla ja virittämällä väliaineen atomeja sekä muodostamalla lämpöä. Väliaineena voidaan käyttää nestettä, kaasua tai kiinteää ainetta. Muutoksien syntyminen on oleellista säteilyn ilmaisemisen kannalta. Aineessa pitää syntyä muutoksia, jotka pystytään havaitsemaan. Niitä havaitaan signaalienkäsittelyjärjestelmällä, joka muuttaa muutokset muotoon, jotta muutokset pystytään laskemaan tai keräämään tietojenkäsittelyjärjestelmään.

Säteily synnyttää erilaisia varauksenkuljettajia, joita ovat ionit, elektronit ja aukot. Varauksenkuljettajat saavat aikaan virran ilmaisimen ja elektrodien välille. Ilmaisimet, jotka ovat kaasutäytteisiä tai kiinteää ainetta, perustuvat tähän ilmiöön. Säteilystä johtuvan viritystilan aiheuttama purkautuminen voi mahdollisesti synnyttää valoa. Valo rekisteröidään valolle herkille ilmaisimille. Valomonistusputket ovat erittäin herkkiä valolle. Valomonistinputki muuttaa valon sähkövirraksi. Tuikeilmaisimet ja Tsherenkov-ilmaisimet perustuvat tähän ilmiöön. (Klemola 2002, 116.)

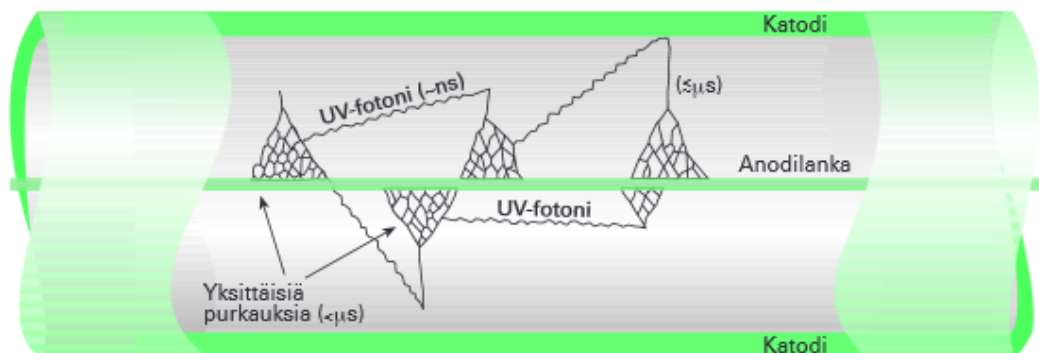
8.2.1 Kaasutäytteiset ilmaisimet

Kaasutäytteisiä ilmaisimia on ionisaatiokammio, geiger-muller ilmaisimien ja verrannollisuuslaskuri. Kaasutäytteisissä ilmaisimissa on aina ilma- tai kaasutäyteinen kammiot. Ionisoiva säteilyn kulkiessa kammion lävitse synnyttää se ionipareja. Ioniparit kerätään keräysjännitteellä mittalaitteen elektrodeille. Toiminta on sama kaikissa kaasutäytteisissä ilmaisimissa, ainoastaan keräysjännite vaihtelee. Mittalaitteilla on tietyt toimintarajat. Mitä suurempi on säteilyn annosnopeus, sitä suurempi keräysjännite vaaditaan.

Ionisaatiokammiota käytetään röntgensäteilyn mittaamiseen, verrannollisuuslaskuria käytetään yleisesti alfa- ja beta säteilyn mittaamiseen ja geiger-muller ilmaisimia tavallisesti säteilysuojelun mittareina. (Klemola 2002, 116-118)

8.2.2 Geigerilmaisimien

Yksi vanhimmista ilmaisimista on geigerputki, joka on edelleen aktiivisessa käytössä. Geigerputkea käytetään yleisesti aktiivisuusmittauksissa ja säteilymittauslaitteissa. Se on yleensä sylinterin muotoinen ja putken ulkokuorella on katodi, joka on yleensä ruostumatonta terästä. Putken keskellä on ohut anodilanka. Kuvassa 5 nähdään geigerputken poikkileikkaus. Geigerputkeen osuva alfa-, beta- tai gammasäteily ionisoi atomeja. Sähkökentän vaikutuksesta elektronit menevät anodilankaa kohti ja ionit menevät katodia kohti. Liikkuvat varaukset ionisoivat lisää atomeja, tällöin syntyy ionisaatiovyöry, joka saa aikaiseksi mitattavan virtapulssin. (Klemola 2002, 120-122.)



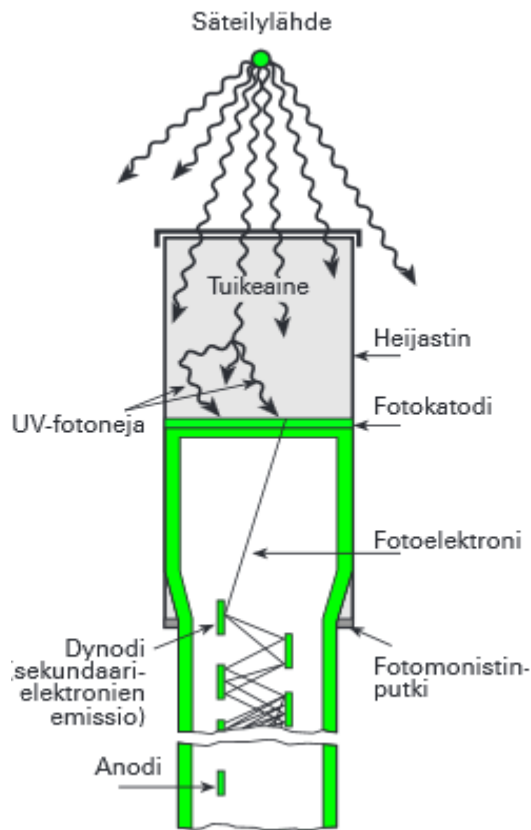
Kuva 5. Esimerkki geigerilmaisimesta. (Klemola 2002, 120)

8.2.3 Tuikeilmaisimien

Tuikeilmaisimen tärkeimmät osat ovat tuikeaine, valomonistinputki ja laskurielektroniikka. Kuvassa 6 nähdään tuikeilmaisimen rakenne. Tuikeaineena voi olla orgaanisia aineita, joita ovat kiinteä aine, neste tai kaasu. Epäorgaanista tuikeaineena voi olla tietyt jalokaasut ja kiteet. Jos halutaan mitata alfa-, beta- tai gammasäteilyä samanaikaisesti, voidaan tuikeaine yhdistää kerroksittain samaan ilmaisimeen. (Klemola 2002, 122-123.)

Tuikeaineeseen saapuva säteilyhiukkanen virittää atomeita tuikeaineessa. Samalla elektronit nousevat ylemmille energiatiloille. Elektronin laskeutuessa takaisin alemmalle energiatilalle atomista emittoituu fotoni, jonka taajuus on sama kuin näkyvän valon tai ultraviolettisäteilyn taajuus. Valomonistusputken fotokatodille osuu tuikeaineesta saapunut fotoni aiheuttaen valosähköisen ilmiön ja samalla irrottaa tästä elektronin. Fotonit ohjataan heijastavilla pinnoilla ilmaisimen sisässä fotokatodille. Elektronit jatkavat matkaa dynodilta (elektrodi) dynodille ja elektronimäärä kasvaa. Elektronien aiheuttama pulssi saapuu mittauselektroniikalle ja aiheuttaa mitattavan jännitepulssin. (Klemola 2002, 122-123.)

Tuikeilmaisimen vahvuuksia muihin ilmaisimiin verrattuna on nopea aikatarkkuus. Tuikeilmaisimen signaalipulssi on verrannollinen alkuperäisen säteilyhiukkasen energialle. (Klemola 2002, 122-123)



Kuva 6. Tuikeilmaisimen rakenne. (Klemola 2002, 123)

9 RADIOMETRISTEN MITTALAITTEIDEN SOVELLUKSIA

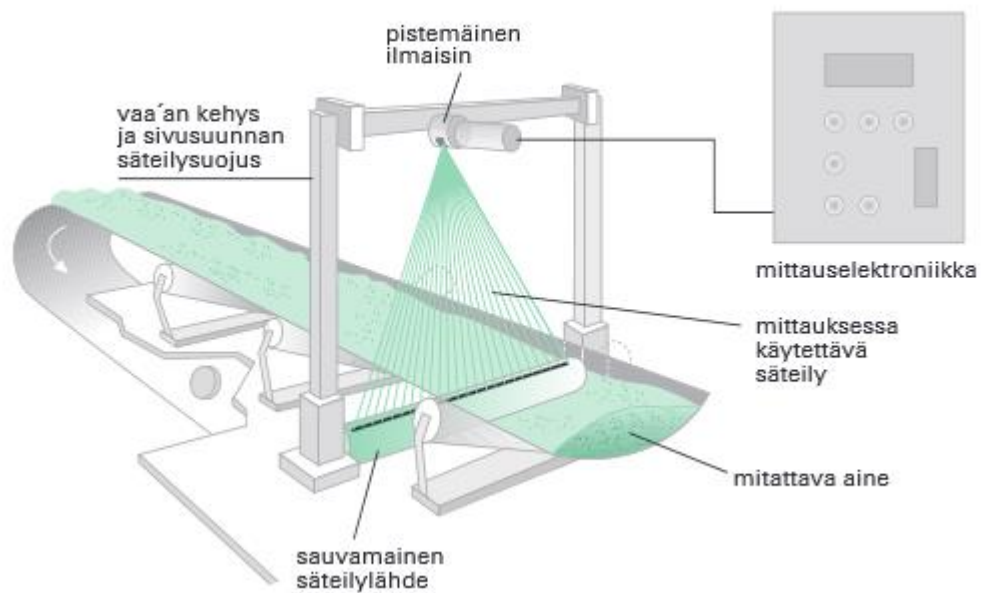
Radiometriset mittalaitteet perustuvat tutkittavan aineen ja säteilyn aiheuttaman väliin vuorovaikutuksiin. Joita ovat sironta, absorptio, ydinreaktiot ja virittyminen. Radiometrinen mittalaite ei tarvitse kosketusta tutkittavaan tai mitattavaan aineeseen. Tämä on suuri etu verrattuna muihin mittalaitteisiin. Radiometriset mittalaitteet soveltuvat erittäin hankaliin olosuhteisiin ja soveltuvat erittäin hyvin nopeisiin tuotantolinjoihin. Säteily itsessään ei muuta mitattavan aineen rakennetta. Suurienergiset säteilylähteet mahdollistavat mittaukset vahvojen putkien lävitse ja mahdollisten muiden esteiden lävitse. Säteilystä perustuva mittalaite on erittäin luotettava valinta eri prosessimittauksiin, koska mittalaite ei ole kosketuksissa prosessiliuoksen kanssa. Mekaanista kulumaa ei pääse käymään. Radiometrinen mittalaite voidaan asentaa tai huoltaa yleensä prosessin käydessä. Tässä kappaleessa käyn lävitse radiometrinen

mittalaitteiden sovelluksia, joita käytetään Boliden Harjavallan alueella. (Väisälä ym. 2004, 270.)

9.1 Kuljetinvaaka

Radiometrisellä kuljetinvaakalla mitataan ainemäärä, joka kulkee hihna- tai ruuvikuljettimella. Hihnan- tai ruuvikuljettimen alapuolella sijaitsevasta säteilylähteestä lähtee kuljettimen levyinen säteilykeila ilmaisimelle, joka sijaitsee hihnan- tai ruuvikuljettimen yläpuolella. Kuljettimen alapuolella sijaitsee aina sauvamainen säteilylähde ja yläpuolella pistemäinen ilmaisim. Yleisiä säteilylähteitä kuljetinvaakalle ovat Cs-137 ja Co-60. Kuvassa 7 nähdään kuljetinvaaka sovelluksen toimintaperiaate. (Väisälä ym. 2004, 274)

Säteily vaimenee ilmaisimen ja säteilylähteen välisen ainemäärän vaihdellessa hihnan- tai kuljettimen ollessa käynnissä. Vaimeneminen on siis suoraan riippuvainen mitatun aineen tiheydestä, ainekerroksen määrästä ja leveydestä hihna- tai ruuvikuljettimella. Tunnettaessa aineen massa kg/m ja aineen kulkunopeus hihna- tai ruuvikuljettimella saadaan tieto, kuinka paljon on hihna- tai ruuvikuljettimen kuljettava ainemäärä. (Väisälä ym. 2004, 274.)

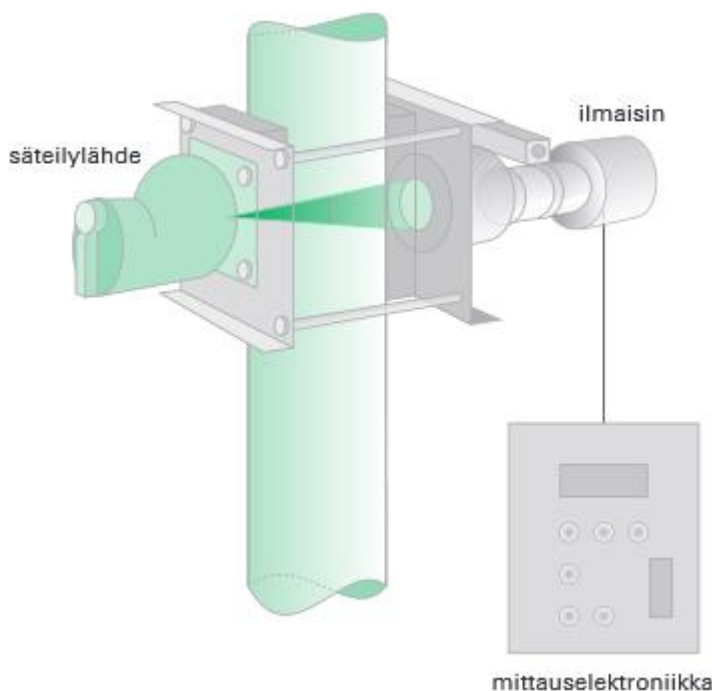


Kuva 7. Kuljetinvaaka sovellus (Väisälä ym. 2004, 274)

9.2 Tiheysmittaus

Radiometrisellä mittauksella mitataan putkessa kulkevan aineen tiheyttä. Säteilylähde sijoitetaan putken toiselle puolelle ja ilmaisain vastakkaiselle puolelle. Säteilyn ilmaisimena käytetään ionisaatiokammio- tai tuikeilmaisinta. Säteilylähteenä tiheysmittauksissa käytetään Cs-137-lähdettä, koska säteilyn lähteen heikkenemisestä johtuvat mittaustulosten muutokset ovat vähäisiä cesiumlähteen pitkän puoliintumisajan vuoksi. Tiheysmittarin tarkkuudesta riippuu, kuinka pieniä säteily määrän muutoksia ilmaisain pystyy havaitsemaan luotettavasti. (Väisälä ym. 2004, 273.)

Säteily vaimenee kulkiessaan putken seinämien ja mitattavan aineen lävitse. Vaimeneminen vaihtelee eri mitattavien aineiden tiheydestä. Kuvassa 8 nähdään esimerkki tiheysmittaus sovelluksesta. Kalibroidulla mittalaitteella saadaan selville aineen tiheys havaitsemalla putken päästä läpi päässeän säteilyn intensiteetistä. (Väisälä ym. 2004, 273.)



Kuva 8. Tiheysmittaus sovellus. (Väisälä ym. 2004, 273)

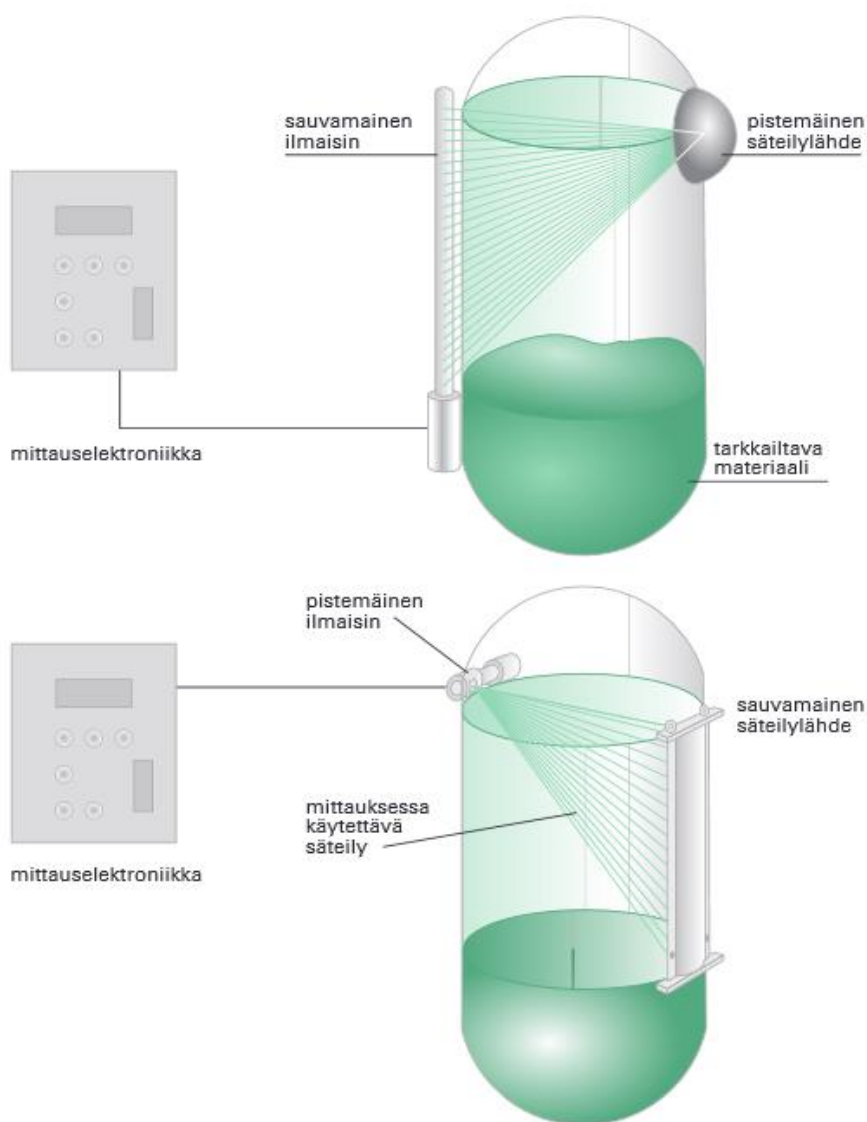
9.3 Pinnanmittaus

Prosessin vaatiessa jatkuvaa tarkkaa tietoa säiliön tai siilon pinnankorkeudesta käytetään pinnankorkeudenmittaria. Pinnankorkeudenmittarin säteilylähteestä lähtee säiliön tai siilon korkeussuunnassa leveä ja sivusuunnassa kapea säteilykeila. Säteilykeila muodostuu säiliön toiselle puolella olevalle säteilyn ilmaisimelle, joka on pituudeltaan halutun mittausalueen pituinen. Pinnan korkeuden nousu vähentää säteilyn tulemistä ilmaisimelle, josta pystytään päättelemään pinnankorkeus säiliössä tai siilossa. Kuvassa 9 on esitettyinä pinnanmittaus sovellukset. (Väisälä ym. 2004, 272-273.)

Säteilynilmaisim on yleensä ionisaatiokammio tai tuikeilmaisim. Pinnanmittaussovelluksissa on myös joskus sijoitettuna pinnanmittausmittarin yläpuolelle pintakytkin

varotoimenpiteeksi, jos säiliöpinta jostain syystä nouseekin liikaa. Tällöin pintakyt-
kin keskeyttää säiliöntäytön. (Väisälä ym. 2004, 272-273)

Pinnanmittaussovelluksissa voidaan käyttää pistemäistä säteilylähdettä ja sauvamais-
ta ilmaisinta tai sauvamaista säteilylähdettä ja pistemäistä ilmaisinta. Tyypillisesti
käytetään säteilylähteenä Cs-137- tai Co-60 säteilylähteitä. (Väisälä ym. 2004, 272-
273.)



Kuva 9. Pinnanmittaus sovellukset. (Väisälä ym. 2004, 272)

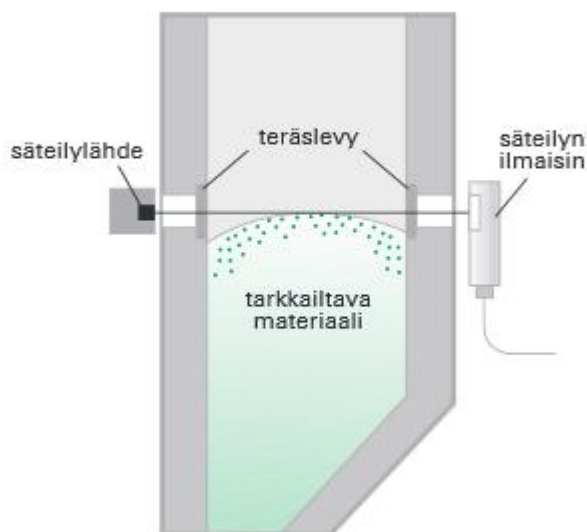
9.4 Pintakytkin

Pintakytkimellä hallitaan säiliöiden tai suppiloiden ylä- tai alarajaa eli pystytään havaitsemaan, onko säiliössä tai suppilossa oleva aine asetettujen rajojen ylä- tai alapuolella. Yleensä asennetaan aina ylä- ja alaraja pintakytkin, mutta eri sovelluksissa voi olla vain toinen pintakytkintieto. Kuvassa 10 on esitettyä pintakytkin sovellus ylärajana säiliölle. (Väisälä ym. 2004, 270-271.)

Pintakytkimissä käytetään Cs-137- tai Co-60 säteilylähteitä. Säteilylähteen aktiivisuus määritellään säiliön pinnan paksuudesta, mitattavasta aineesta ja ilmaisimen ja säteilylähteen etäisyydestä. Säteilylähde lähettää kapean keilan toisella puolella olevalle ilmaisimelle. (Väisälä ym. 2004, 270-271.)

Yläraja säiliölle asetetaan niin, että säteilylähde asetetaan säiliön tai suppilon halutulle kohdalle, johon suunnittelijat ovat määritelleet ylärajan, jonka ylemmäksi ei haluta aineen nousevan. Toisella puolella säiliötä tai suppiloa on ilmaisimena. Säiliössä tai suppilossa olevan nesteen noustessa ylärajalleen alkaa säteily vaimeta ilmaisimelle, josta lähtee elektroniikalta tieto, että säteily on vaimentunut ja säiliö on tullut ylärajalleen. Tämä viesti kertoo kuljettimelle tai pumpulle, että materiaalia on tarpeeksi ja kuljetintaikka pumpu pysähtyy, ettei säiliö tulisi ylitäyteen. (Väisälä ym. 2004, 270–271.)

Alaraja asetetaan säiliön tai suppilon halutulle alimmaistasolle, johon suunnittelijat ovat määritelleet halutun vähimmäismäärän. Aineen vähentyessä säteilylähteen ja ilmaisimen välistä alkaa säteilyn määrä kasvamaan ilmaisimella ja tämä indikoi elektroniikkaan, että säiliön pinta on laskenut alle alarajan. Tämä viesti mahdollisesti laittaa päälle pumpun tai kuljettimen aineen lisäämiseksi säiliöön. (Väisälä ym. 2004, 270–271.)



Kuva 10. Pintakytin ylärajana säiliölle. (Väisälä ym. 2004, 271)

10 ELINKAARISELVITYKSEN ALOITUS

Elinkaariselvitys aloitettiin, koska ei ollut tarkkaa tietoa, missä vaiheessa radiometristen mittalaitteiden elinkaari loppuu. Alueella on useita uusittuja radiometrisiä mittauksia, mutta suurimmaksi osaksi mittalaitteet ovat tulleet vuosina 1980 - 1995 välillä ja ovat vielä prosessissa käytössä. Useat mittaukset ovat erittäin kriittisiä prosessin kannalta, ja täten halusimme lähteä selvittämään niiden elinkaarta, jotta saisimme vaihdettua mittauksia hallitusti tulevaisuudessa.

Elinkaariselvityksen rajaus ja mittalaitteet tehtiin yhteistyössä Boliden Harjavallan automaatiopäällikön ja Insta Automation Oy:n kehitysinsinöörin kanssa. Suunnitelmassa käytiin lävitse, mitä tietoja halutaan liittää elinkaariselvitykseen. Siihen haluttiin saada säteilylähteen nykyinen aktiivisuus valmistuspäivämäärästä, ilmaisimien kunto ja korvaavuus sekä mittauselektronikan nykytila ja mahdollisen korvaavuuden määrittäminen vastaavaan mittaukseen sekä yksittäisen mittauksen arvioitu hinta. Radiometrisiä mittalaitteita Boliden Harjavallan alueella on 82 kappaletta.

Työn rajauksen jälkeen lähdin kentälle selvittämään säteilylähteiden suojakuorten kuntoa mittaamalla 1 metrin ja 5 centimetrin päästä säteilylähteen suojakuoren kuntoa. Samalla kuvasin jokaisen säteilylähteen, joten pystyn vielä jälkepäin analysoimaan suojakuoren kuntoa. Alueella on radiometrisiä mittalaitteita seitsemällä osastolla, joissa prosessiolot vaihtelevat erittäin paljon. Tämän vuoksi suojakuorien kartoitus oli yksi tärkeä osa koko työtä, jotta radiometrinen mittalaitteiden säteilyturvallisuus toteutuu Boliden Harjavallan alueella.

Työhön kuuluu olennaisena osana myös ilmaisimien ja mittauselektroniikan tyyppien varmistaminen. Mittalaitteiden dokumenttien paikkansa pitäminen ja niiden varmistaminen kentältä ja kirjaaminen radiometrisen mittalaitteiden luomaani Excel-taulukkoon, jossa tulee ilmi säteilylähteen position mukaan, missä säteilylähte sijaitsee fyysisesti ja mikä sen tehtävä prosessissa on. Excel listauksesta selviää myös positioittain, minkä tyyppinen ilmaisim on käytössä ja minkälaista mittauselektroniikkaa käytetään.

Boliden Harjavallan alueella on neljältä eri toimittajalta radiometrisiä mittalaitteita. Mittalaitteiden valmistajat ovat Berthold, Vega, Ohmart ja Endress hauser. Lähdin selvittämään toimittajilta, mitä korvaavuuksia heillä on nykyisiin laitteisiin ja valmistetaanko enää nykyisiä ilmaisimia tai mittauselektroniikkaa. Valmistajien kanssa käytyjen keskustelujen ja tietojen mukaan lähdin luomaan työkalua, josta tulevat ilmi ohjausryhmän kanssa sovitut asiat.

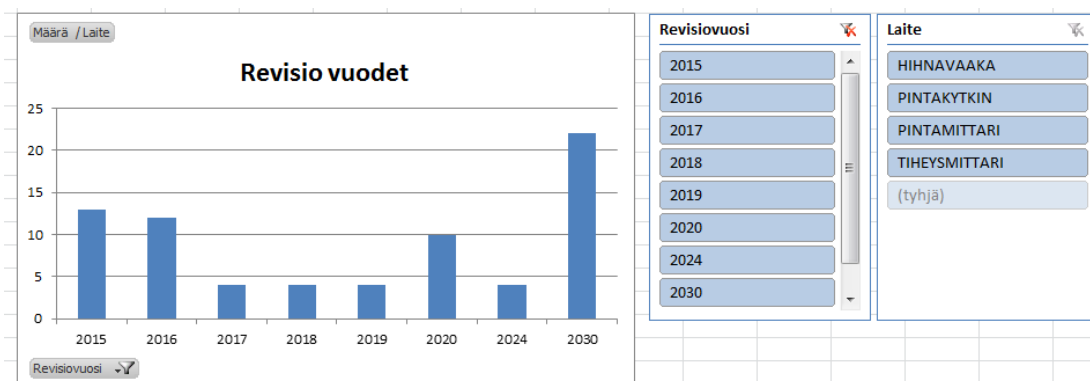
11 ELINKAAREN HALLINTATYÖKALU

Lähdin muokkaamaan ja suunnittelemaan Exceliin työkalua, jolla saataisiin ohjausryhmän halutut tiedot selkeästi ja hyvin näkyviin mittauskohtaisesti. Käytyjen palaverien perusteella työkaluun haluttiin saada seuraavat tiedot esille: säteilylähteen nykyinen aktiivisuus valmistuspäivämäärästä, ilmaisimien kunto ja korvaavuus sekä mittauselektroniikan nykytila ja mahdollisen korvaavuuden määrittely vastavaan mittaukseen sekä yksittäisen mittauksen arvioitu hinta. Tietomäärältään Excel-listauksesta tuli erittäin suuri, koska radiometrisiä mittalaitteita on 82 kappaletta Bo-

liden Harjavallan alueella. Pohdin, millä tavalla saisin kaikista parhaiten tuotua graafisesti esille mittalaitteiden nykytilan ja mahdollisen revisiovuoden ajankohdan, koska normaalissa taulukkomuodossa listaus olisi ollut todella epäselvää luettavaa. Lähtökohtana oli, että listaus olisi mahdollisimman helposti käytettävä ja selkeä. Päädyin työssäni käyttämään Excelin pivot-työkalua. Pivot-työkalulla saadaan suuri määrä tietoa suodatetuksi erittäin nopeasti ja helposti. Käyttäjä saa itse valita annetuista otsikoista, mitä hän haluaa mahdollisesti nähdä mittauskohtaisesti tai mahdollisesti, mitkä laitteet ovat uusittava esimerkiksi vuonna 2020. Kuvassa 11 nähdään revisio aikataulu tehtynä Excel-pivot työkalulla.

Vein uuteen luomaani pivot-taulukkooni seuraavat otsikot ja tiedot otsikoiden alta Excel-listauksesta.

- Laite: eli minkä tyyppinen sovellus on käytössä esimerkiksi pintakytkin.
- Kohteen nimi: Eli missä prosessin osassa mittaus sijaitsee esimerkiksi ”Ventilaatio suodattimen pinta 1A”. Nykyisten (mittalaitteiden) käyttöikäarvio esimerkiksi 0...5 vuotta.
- Status / huoltotilanne / revisiomalli: esimerkiksi ”Vanha kytkin, ei enää huollettavissa. Korvaaminen: LB471-1 -kortti, kotelo+poweri ja tuikeilmaisim”.
- Revisiovuosi: jonka olen analysoinut saamieni tietojen perusteella esimerkiksi 2016.
- Toimenpiteet mittauselektroniikalle: esimerkiksi ”Koko elektroniikan vaihto mittaukselle”.
- Toimenpiteet säteilylähteelle: esimerkiksi ”säteilylähde kunnossa”. Laitetunnus: esimerkiksi Ls-0602.
- Arvioitu alustava budjetti hinta niille laitteille, jotka ovat uusittava viiden vuoden kuluessa.



Kuva 11. Mittausten revisio taulukko.

Määrä/laite kohtaa painamalla kaksoisklikkauksella avautuu 12 laitteen tiedot, jotka suositellaan uusittavaksi vuonna 2015.

Laite	Tehtävä	Nykyisten käyttöikä	Status / huoltotilanne / revisiomalli	Revisiovuosi	Toimenpiteet mittaus elektroniikalle	Toimenpiteet säteilylähteelle
PINTAKYTKIN	AU KAASUJEN LÄMMÖNVAIHTIMEN PINTA	Toiminta tarkistettava	Läh Co-60 -lähde puoliintunut niin paljon, ettei revisio pelkällä ilmaisir	2015	Mittauselektronikan päivittäminen. Kat	Uusi säteilylähde hankittava.
HIHNAVAAKA	KONV. LISÄAINEMÄÄRÄ, SYÖTTÖTASKUT	0...3 v	Mittauksen revisiointi: lähetin LB442 (+ kotelo) + pitkä ilmaisir LB44	2015	Koko mittauksen revisiointi. Katso revisi	Uusi säteilylähde hankittava.
HIHNAVAAKA	HIHNAKULJETTIMEN 6001030460 VAAKA	Toiminta tarkistettava	Läh Mittauksen revisiointi: lähetin LB442 (+ kotelo) + pitkä ilmaisir LB44	2015	Koko mittauksen revisiointi. Katso revisi	Uusi säteilylähde hankittava.
HIHNAVAAKA	PATAHIHNAKULJETIN (YLÖSAJO)	Toiminta tarkistettava	Läh Mittauksen revisiointi: lähetin LB442 (+ kotelo) + ilmaisir LB5421-02	2015	Mittauselektronikan uusinta + säteilyläh	Uusi säteilylähde hankittava.
PINTAKYTKIN	PM2 SYÖTTÖSUPPILO	Toiminta tarkistettava	Läh Vanha kytkin, ei enää huollettavissa. Korvaaminen: LB471-1 -kortti,	2015	Mittauselektronikan uusinta + säteilyläh	Uusi säteilylähde hankittava.
PINTAKYTKIN	PM1 SYÖTTÖSUPPILO	Toiminta tarkistettava	Läh Vanha kytkin, ei enää huollettavissa. Korvaaminen: LB471-1 -kortti,	2015	Mittauselektronikan uusinta + säteilyläh	Uusi säteilylähde hankittava.
HIHNAVAAKA	LM1 JA LM2 MURSKEN SYÖTÖ	Toiminta tarkistettava	Läh Mittauksen revisiointi: lähetin LB442 (+ kotelo) + ilmaisir LB5421-02	2015	Mittauselektronikan uusinta Katso revi	Uusi säteilylähde hankittava.
PINTAMITTARI	NI-KUIVAAMO SÄHKÖSUODIN LETKUVENTTIILI	Toiminta tarkistettava	Läh Mittauksen lähde niin puoliintunut, että toiminta epävarmaa. Sovel	2015	Säteilylähde heikko, säteilylähde uusitt	Säteilylähde heikko.
PINTAKYTKIN	Cu-LSU VINOJETJUKULJETIN TUKOSVAHTI	Toiminta tarkistettava	Läh Co-60 -lähde puoliintunut niin paljon, ettei revisio pelkällä ilmaisir	2015	Mittauselektronikan uusinta. Katso revi	Uusi säteilylähde hankittava.
PINTAKYTKIN	Cu-LSU SS POHJASUPPILON PINTA	Toiminta tarkistettava	Läh Co-60 -lähde puoliintunut niin paljon, ettei revisio pelkällä ilmaisir	2015	Mittauselektronikan uusinta. Katso revi	Uusi säteilylähde hankittava.
PINTAKYTKIN	Cu-LSU SS POHJASUPPILON PINTA 1	Toiminta tarkistettava	Läh Co-60 -lähde puoliintunut niin paljon, ettei revisio pelkällä ilmaisir	2015	Mittauselektronikan uusinta. Katso revi	Uusi säteilylähde hankittava.
PINTAKYTKIN	Cu-LSU MURSKAN YLÄSILON PINTA	Toiminta tarkistettava	Läh Co-60 -lähde puoliintunut niin paljon, ettei revisio pelkällä ilmaisir	2015	Mittauselektronikan uusinta. Katso revi	Uusi säteilylähde hankittava.

Kuva 12. Toimenpiteet laitteille vuonna 2015.

12 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tehdä Boliden Harjavallalle elinkaariselvitys Radiometrisistä mittalaitteista. Tavoitteina oli saada tarkat tiedot, missä kohtaa radiometrinen mittalaitteiden elinkaari on. Työn lopputuloksena syntyi Excel-taulukko, johon on kerätty tiedot jokaisesta radiometrisestä mittalaitteesta. Excel-taulukon pohjalta pystytään seuraamaan Boliden Harjavallan nykyisten mittalaitteiden elinkaarta ja tekemään investointisuunnitelmia sen pohjalta. Excel-dokumentin ylläpitäjä tarvitsee päivittää aina taulukkoa, kun muutoksia tulee laitekantaan. Tällä tavoin elinkaaren hallintatyökalu pysyy päivitettyinä ja siitä pystytään seuraamaan, missä tilassa laitteiden elinkaari on.

Työn suurimmaksi haasteeksi tuli käydä läpi kaikkien radiometrinen mittalaitteiden tiedot ja listata ne Excel-taulukkoon ja sitä kautta lähteä analysoimaan laitteiden elinkaarta. Mittalaitteiden tietoja joutui hakemaan eri järjestelmistä ja vielä käydä fyysisesti radiometrisen mittalaitteen luona tarkistamassa tiedot ja analysoida säteily-suojuksen kunto.

Työssä pyrittiin ottamaan huomioon se, että syntynyt työkalu on helppokäyttöinen ja siitä nähdään tämän hetkisten radiometrinen mittalaitteiden elinkaaren tilan. Excel-taulukkoon tuotiin juuri ne asiat mitä tilaajan kanssa oli sovittu aloituspalaverissa.

Ennen opinnäytetyön aloittamista säteilyn mittaamiseen tarkoitettujen laitteiden sovellukset eivät olleet entuudestaan tuttuja. Samkin tekniikan yksikön fysiikan kursseilla olemme käyneet perusasioita läpi säteilyn fysiikasta ja sen käytöstä. Työn aikana pääsin tutustumaan eri sovelluksiin teorian ja myös käytännön kautta Boliden Harjavallan alueella. Mittalaitteet ovat erittäin kriittisiä prosessin kannalta Boliden Harjavallan tehtailla. Oli erittäin opettavaista päästä tutustumaan laitteisiin prosessiolosuhteissa.

Opinnäytetyön tekeminen opetti paljon säteilyturvallisuuteen liittyvästä lainsäädännöstä. Säteilyturvallisuuskeskuksen ohjeet ja tiedotteet tulivat erittäin tutuiksi työn aikana. Opinnäytetyötä tehdessä huomasi, kuinka tärkeää on yritykselle, että heillä on tarkat tiedot laitteista ja niiden elinkaarenhallinnasta. Yritykselle selvitys työt tuo-

vat lisäarvoa vikatilanteissa ja tulevaisuuden laitehankintoja tehdessä, kun yritys pystyy näkemään jo vuosia eteenpäin, koska heidän tarvitsee revisioida uusi laite, ettei tulisi mahdollisia laiterikkoja tai prosessi häiriöitä.

Syntynyttä Excel-sovellusta tullaan käyttämään tulevaisuudessa ohjaavana työkaluna uusien radiometrinen mittalaitteiden hankinnoissa Boliden Harjavallassa. Työkalu luovutetaan Boliden Harjavallan ja kunnossapidon käyttöön vuoden 2015 alussa. Työkalua on helppo käyttäjän kehittää jos tietoja tulee lisää uusien laitteiden hankintojen yhteydessä. Tällä hetkellä työkalusta löytyy kaikki tarpeelliset tiedot elinkaaren hallintaa varten.

Työn lopputuloksena kehitettyä Excel-sovellusta olisi hyvä käyttää kunnossapidon käyttämässä kunnossapito järjestelmässä. Tämä toisi kunnossapitoon lisäarvoa, koska syntyneestä dokumentista pystytään näkemään radiometrinen mittalaitteiden tyypit ja säteilylähteiden aktiivisuudet. Mahdollisissa vikatilanteissa tämä helpottaisi uusien varaosien tilaamista ja varaosien hankintaa varastoon tehdasalueelle.

LÄHTEET

- Työterveyslaitos www-sivut. 2014. Viitattu 1.11.2014.
http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sateily/ionisoiva_sateily/sivut/default.aspx
- Säteilyturvallisuuskeskuksen www-sivut. 2014a. Viitattu 2.11.2014.
http://www.stuk.fi/ihminen-ja-sateily/mitaonsateily/fi_FI/ionisoiva/
- Säteilyturvallisuuskeskuksen www-sivut. 2014b. Viitattu 5.11.2014
http://www.stuk.fi/proinfo/vaatimukset_kaytolle/fi_FI/sateilysuojelun_periaatteet/
- Säteilyturvallisuuskeskuksen www-sivut. 2014c. Viitattu 8.11.2014
http://www.stuk.fi/sateily-ymparistossa/fi_FI/ulkoinen-sateily/
- Säteilyturvallisuuskeskuksen www-sivut. 2014d. Viitattu 10.11.2014
http://www.stuk.fi/sateilyvaara/fi_FI/esim_annos/
- Finlexin www-sivut. Säteilyasetus ja sen muutokset. 2014. Viitattu 8.11.2014.
http://www.finlex.fi/data/normit/2563-5_1.pdf
- Stuklexin www-sivut. 2014g. Viitattu 28.10.2014.
<http://plus.edilex.fi/stuklex/fi/lainsaadanto/saannosto/ST5-1>
- Boliden Harjavallan www-sivut. 2014. Viitattu 20.11.2014.
<http://www.boliden.fi/fi/Toimipaikat/Sulatot/Boliden-Harjavalta/>
- Boliden Groupin www-sivut. 2014i. Viitattu 24.11.2014.
<http://www.boliden.com/fi/About/>
- Kaituri, Mauri – Korpela, Helinä – Väisälä, Seppo 2004. Säteilyn käyttöteollisuudessa tutkimuksessa. Teoksessa Pukkila, Olavi (toim.). Säteilynkäyttö. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus.
- Klemola, Seppo 2002. Säteilyn ilmaisimet. Teoksessa Ikäheimonen, Tarja K. (toim.). Säteily ja sen havaitseminen. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus.
- Ojanen, Matti – Ollikkala, Hannu – Reiman, Lasse – Ruokola, Esko – Tiippana, Peteri 2004. Säteilyturvallisuuskeskus ydinturvallisuuden valvojana. Teoksessa Sandberg Jorma (toim.). Ydinturvallisuus. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus.

