

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Konetekniikan koulutus

Kalle Oinonen

SCE JA HRE TURVA-AUTOMAATIOLAITTEIDEN
MÄÄRITTÄMINEN

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2019



OPINNÄYTETYÖ
Maaliskuu 2019
Konetekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Kalle Oinonen

Nimeke
SCE ja HRE turva-automaatiolaitteiden määrittäminen
Toimeksiantaja
Neste Oyj

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Neste Oyj:lle ja työn tarkoituksena oli määrittää turvallisuuskriittiset turva-automaatiolaitteet. Työ on rajattu koskemaan vain kiinteitä kaasunilmaisimia.

Teoriaosuudessa käydään läpi riskin pienentämistä, oikeiden suojaustasojen valintaa, sekä kaasunilmaisinjärjestelmän perusteita. Tekstissä myös selvennetään lukijalle kriittisyysluokittelua, sekä turvallisuuskriittisten laitteiden tunnistamista.

Työssä luodaan määritelmä turvallisuuskriittiselle kaasunilmaisimelle käyttämällä hyödyksi olemassa olevaa turvallisuuskriittisen laitteen määritelmää ja tämän luodun määritelmän perusteella kootaan luokittelutaulukko kaasunilmaisimille.

Opinnäytetyössä luotu turvallisuuskriittisen kaasunilmaisimen määritelmä, sekä luokittelutaulukko tullaan päivittämään Nesteen ohjeistuksiin, jolloin ohjeissa on selkeästi linjattu millä perusteilla ilmaisimia luokitellaan ja mihin luokat perustuvat.

Kieli
suomi

Sivuja 27

Asiasanat
SCE, HRE, turva-automaatio, kaasunilmaisimet



THESIS
March 2019
Degree Programme in Mechanical Engineering

Tikkariinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+358 13 260 600

Author
Kalle Oinonen

Title
Defining the SCE and HRE safety automation equipment

Commissioned By
Neste Corp.

Abstract

This thesis was commissioned by Neste corporation and its point is to define safety critical safety automation equipment, it is lined down to impact only gas detectors.

Theory part goes through risk assessment, designing a right safety level and basic theory about gas detectors. Text also clarifies the classification by equipment criticality and how to recognize safety critical equipment to the reader.

This thesis creates a definition to safety critical gas detector by using definition of safety critical equipment. A classification table for gas detectors is created with the help of the definition.

Definition of safety critical gas detector and the classification table in this thesis will be updated in Neste instructions so that it is clearly lined on what grounds detectors are classified and how the classes are formed.

Language

Finnish

Pages 27

Keywords

SCE, HRE, safety automation, gas detectors

Sisältö

Lyhenteet	5
1 Johdanto	6
2 Turva-automaatio prosessiteollisuudessa	7
2.1 Riskin vähennys.....	7
2.2 Turva-automaatio.....	10
3 Kriittisyysluokittelu.....	11
4 Turvallisuuskriittinen ja korkeanriskin laite	12
5 Kiinteät kaasunilmaisimet	14
5.1 Merkitys prosessiturvallisuudessa	16
5.2 Kriittisyysluokitus	16
5.3 Luokituksen merkitys	20
5.4 Ilmaisimien jakautuminen luokittelussa	20
6 Laitteiden luokittelu	21
7 Dokumentointi	23
8 Päätelmä.....	26
Lähteet.....	27

Lyhenteet

FMECA	Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi
HRE	High Risk Equipment, Korkeanriskin laite
M+	IFS sovellus, kunnossapidon toiminnanohjaus ohjelma
NEXBTL	Tuotantolinja, joka tuottaa uusiutuvaa dieseliä
NLI	Naantalin jalostamo
PVO	Porvoon jalostamo
SCE	Safety Critical Equipment, Turvallisuuskriittinen Laite
TAJ	Turva-automaatiojärjestelmä
TL	Tuotantolinja
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
VVA	Vika-, Vaikutusanalyysi

1 Johdanto

Prosessiteollisuuden historiassa on sattunut monia suuria onnettomuuksia, jotka ovat olleet seurausta hyvin pienestä alkutapahtumasta. Esimerkiksi vuonna 1984 Intian Bhopalissa tapahtuneessa kaasuvuodossa tapahtumien epäillään alkaneen veden pääsystä metyyli-isosyanaattia sisältävään säiliöön kunnossapidon laiminlyönnin takia. Onnettomuuden seurauksena ympäröivistä kylistä kuoli vähintäänkin noin 4000 henkilöä [10]. Tällainen onnettomuus olisi voitu estää turvallisuuteen vaikuttavien laitteiden tunnistamisella ja niiden oikeilla huoltotoimenpiteillä.

Tämä opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Neste Oyj:lle ja sen tarkoitus on selvittää turvallisuuskriittisten laitteiden ja korkeanriskin laitteiden tunnistamista ja määrittämistä. Nesteellä on Suomessa yksi jalostamo, joka koostuu viidestä tuotanto-linjasta TL 1-4 Porvoossa ja TL 5 Naantalissa, sekä jalostamot Singaporessa ja Rotterdamissa. Nesteen Suomen jalostamon laitekanta kattaa noin 450 000 laitetta ja pelkästään automaatiolaitteita on noin 150 000. Näitä kaikkia ei kuitenkaan voi luokitella turvallisuuskriittisiksi, koska se ei olisi omaisuudenhallinnan kannalta ajateltuna kannattavaa.

Turvallisuuskriittisten laitteiden luokittelun tarkoituksena on rajata turvallisuuteen vaikuttavista laitteista kaikkein tärkeimmät, jolloin näiden laitteiden lukumäärä pysyy järkevänä ja niiden ennakko- ja huollot on mahdollista toteuttaa ajallaan.

Suuren laitemäärän takia opinnäytetyö on rajattu koskemaan kiinteitä kaasunilmaisimia. Tässä työssä käsitellään teoriaa turva-automaatiosta ja kiinteistä kaasunilmaisimista, sekä selvennetään kuinka ja millä perusteilla näitä laitteita luokitellaan. Työssä luodaan määritelmä turvallisuuskriittiselle kaasunilmaisimelle ja tämän määritelmän pohjalta kootaan luokittelutaulukko, joka tullaan päivittämään nesteen ohjeistuksiin.

2 Turva-automaatio prosessiteollisuudessa

Prosessiteollisuudessa käytetään paljon automaatiojärjestelmiä, jotka varoittavat operaattoreita muutoksista prosessissa, kuten lämpötilojen noususta tai virtauksien muutoksista. Tällaiset laitteet ovat osa käyttöautomaatiojärjestelmää, joka säätelee prosessia sen normaalin tuotannon rajoissa. Tällaisissa järjestelmissä on mahdollisuus inhimilliselle virheelle, joka voi käynnistää ketjureaktion.

Vuonna 1931 H.W. Heinrich kehitti dominoteorian, joka kuvastaa kuinka suuri onnettomuus on monen pienen tapahtuman seurausta. Jokaista pientä tapahtumaa kuvaa oma dominonappula. Kun ensimmäisen kaataa, kaatuvat kaikki muutkin ja onnettomuus tapahtuu, mutta jos yksi nappula ei kaadu, ei kaadu myöskään viimeinen nappula ja tällöin onnettomuus on estetty [5]. Tätä nappulaa voidaan prosessiturvallisuuden kannalta ajatella turva-automaationa.

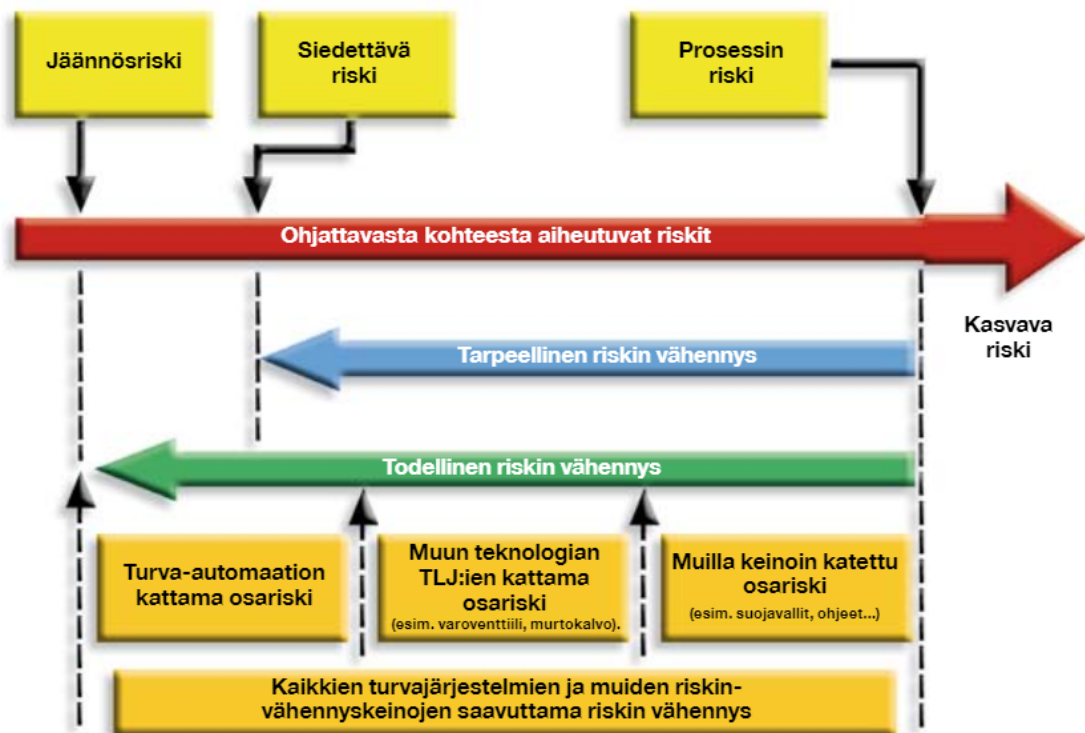
2.1 Riskin vähennys

Riski on määritelty mittaamaan henkilövahinkoja, taloudellisia menetyksiä tai ympäristövahinkoja todennäköisyyden tai seurausten vakavuuden perusteella [8, 111]. Täytyy muistaa, että riski on vain arvio, eikä sitä voi tarkasti mitata tai laskea.

Riskin pienentämiseen kuuluu erilaisia suojaustasoja, joilla kullakin on oma tehtävänsä riskin pienentämisessä. Ensimmäiset toimenpiteet kasvavan riskin pienentämiseen tekevät käyttöautomaatiojärjestelmä sekä operaattori. Tässä on mahdollisuus inhimilliselle virheelle, joten joistakin suojaustasoista tehdään

sellaisia, että ne toimivat täysin itsenäisesti käyttäjästä riippumattomasti. Tällaisia ovat esimerkiksi turva-automaatiojärjestelmät ja varoventtiilit.

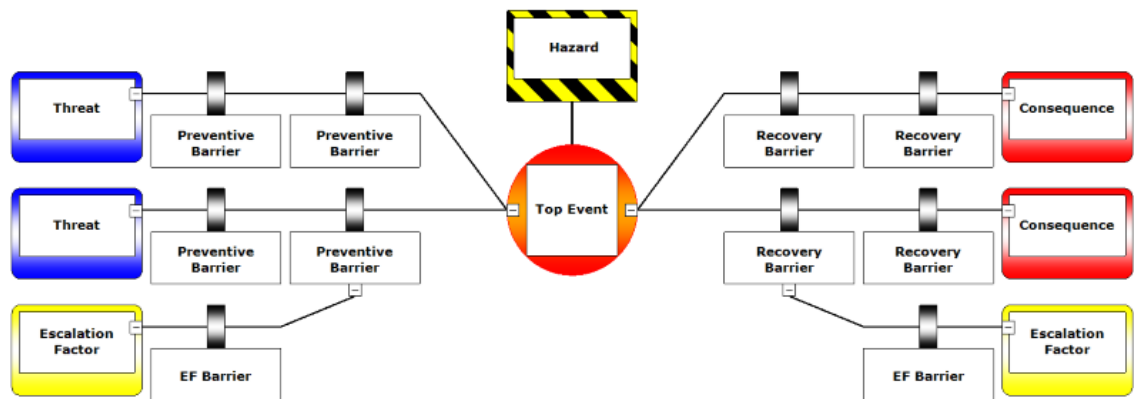
Riskin vähentämisen epäonnistuttua, eli onnettomuuden tapahtuessa, viimeinen suojaustaso on onnettomuuden seurauksien minimoiminen turva-altailla tai sammutusvesijärjestelmillä. Tällaiset järjestelmät voidaan joissain tapauksissa myös luokitella riskin vähennykseksi. Siedettävän riskin taso (kuvio 1) määritellään joko valtion tai yrityksen kriteerien perusteella riippuen siitä kumman kriteeri on tiukempi. Esimerkiksi Nesteellä useat rajat ovat määritelty paljon tiukemmiksi kuin mitä valtiollisella tasolla vaadittaisiin. [6] mukaan "siedettävä riski on määritelty riskinä, joka hyväksytään tietyssä yhteydessä yhteiskunnan sen hetkisten arvojen mukaan." Esimerkiksi tällä hetkellä yhtiötä, joka saastuttaa ympäristöä ei katsota kovinkaan hyvällä, joten kaikki ilmastoon vaikuttavat tapaturmat tulee poistaa.



Kuvio 1. Riskin vähennyksen yleiset periaatteet [6]

Toinen esimerkki riskin vähennyksestä on bowtie-metodi, jossa keskellä on päätapahatuma, vasemmalle jää uhka sekä ehkäisevät toimenpiteet eli itse riskin

vähennys, ja oikealla on suojaus- ja seuraukset. Tätä menetystä käyttämällä voidaan määrittää tarvittavat suojaustasot riskien hallintaan sekä onnettomuuden seurausten pienentämiseen. Kuviossa 2 on esitettyä esimerkki tästä metodista.



Kuvio 2. Bowtie-metodi [9]

Suojaustasoja suunniteltaessa on mietittävä, millä seuraavista tasoista riskin vähennyksen halutaan toimivan. Tähän päätökseen vaikuttaa suojaustason taloudellinen kannattavuus, josta kerron lisää myöhemmin.

- Riskin poisto

Riski voidaan poistaa tai minimoida alkuperäistä turvallisemmalla kohteen mallilla, jolloin suunnittelu-, investointi- ja kunnossapitokustannukset saattavat nousta.

- Ehkäiseminen

Riskin todennäköisyyttä voidaan pienentää ennaltaehkäisevin järjestelmin, hyvällä kunnossapitokäytännön noudattamisella tai jo suunnittelun avulla.

- Havaitseminen ja kontrollointi

Riskin vakavuuden rajoittamista aikaiseen tunnistukseen, esimerkiksi palo- ja kaasuhälyttimillä, sekä työntekijöiden jatkuvalla kouluttamisella vaaratilanteisiin.

- Seurausten lieventäminen

Ihmisten ja fyysisen omaisuuden suojaaminen jäljelle jäävän vaaran vaikutuksilta esimerkiksi suoja-altailla tai sammutusjärjestelmien avulla.

- Häätätila

Ihmisten suojaaminen laajenevalta ja katastrofaaliselta onnettomuudelta.

Onko suojaustason ehkäisevä onnettomuus taloudellisesti kannattavaa ehkäistä? Tässä tulee tarkastella suojaustason investointikustannuksia sekä vuotuisia kunnossapitokustannuksia ja verrata niitä onnettomuuden aiheuttamiin aineellisiin vahinkoihin, todennäköiseen osakkeen arvon laskuun, sekä kohoaviin vakuutusmaksuihin.

2.2 Turva-automaatio

TAJ koostuu sensorista, logiikkapiiristä ja ohjattavasta toiminnosta. Näitä kolmea elementtiä voi järjestelmässä olla useita, riippuen mitä sen on tarkoitettu tekevän. Yksi järjestelmän tehtävistä on palauttaa prosessi turvallisesti hallittavalle tasolle silloin, kun mitkään muut riskin vähentämisen keinot eivät auta.

Hyvä esimerkki turva-automaation toiminnasta on tuuletuksen ohjaus. Kaasunilmaisimien avulla ilmastointikanavassa kaasua ja tämän johdosta ilmastointi sammuu estäen kaasun pääsemisen sisätiloihin.

TAJ:n voi toteuttaa kahdella eri tyylillä, joko logiikkapohjaisella ohjelmoinnilla tai releisiin perustuvalla järjestelmällä. Logiikkaan perustuvassa järjestelmässä on ohjelmoitava logiikkapiiri, joka ohjaa suojaustoimintoja sensorin tietojen perusteella. Tällainen järjestelmä on hieman nykyaikaisempi kuin releillä

toteutettu järjestelmä ja itse logiikkapiiri vie vähemmän tilaa kuin releitä täynnä oleva kaappi.

3 Kriittisyysluokittelu

Ensimmäisiä laitteiden kriittisyysluokitteluita on tehty 1940-luvulla USA:n armeijassa, jolloin kehitettiin myös FMECA analyysi. Tuolloin arvioitiin toiminnallisen ja laitteiston vikaantumisen vaikutuksia tehtävän onnistumiseen, sekä turvallisuuteen. Myöhemmin samaa analyysia on soveltanut NASA 1960-luvulla ennen oman järjestelmän julkaisua [4, 86]. Lähiaikoina yritykset etenkin öljy- ja kemian alalla ovat ottaneet kriittisyysluokittelun käyttöön prosessiturvallisuuden näkökulmasta, jolloin luokitteluun on tullut mukaan luokka turvallisuuskriittinen [5, 1]. Näin tuotantolaitoksella voidaan tunnistaa laitteet, joiden kunnossapitotyöt menevät muiden edelle, koska kyseisen tyyppin laitteen on toimittava prosessin ja ihmisten turvaamiseksi.

Kriittisyysluokittelulla tarkoitetaan laitteen tai prosessin tärkeyden määrittämistä. Aiemmin kriittisyysluokittelua on käytetty tuottavuutta ajatellen esimerkiksi laadun ja laitoksen käytettävyyden parantamisessa, sekä laitteiston kunnossapidon suunnittelun pohjana.

Laitteiden kriittisyysluokittelun tarkoitus on tunnistaa laitejoukosta kriittiset, tärkeät ja normaalitason laitteet, jotta voidaan kohdistaa ennakoivat toimenpiteet ja resurssit kohteisiin, joilla on suurin vaikutus laitoksen käytettävyyteen.[1.]

Laitteiden luokitukseen on vaikuttanut niiden sijainti ja laitteen tekemä mittaus. Esimerkiksi pumpun värinäanturi on luokiteltu kriittiseksi, koska värinöiden ylittyessä anturi antaa ilmoituksen, jolloin pumppu sammutetaan ennen kuin se vikaantuu. Tärkeässä prosessissa tällaisen pumpun yllättävä vikaantuminen

saattaa aiheuttaa suuret tuotannonmenetykset. Jotta tällaiselta tapahtumalta vältytään, on anturi merkitty kriittiseksi, jolloin kunnossapidon resursseja osataan ohjata paremmin laitteen toiminnan takaamiseksi.

Aikaisemmin mainitsemaani dominoteoriaa voidaan käyttää apuna turvallisuus-kriittisten laitteiden määrittämisessä. Tällä tavalla määrittely perustuu "entä jos"-ajatteluun. Tämä on omalla tavallaan myös hyödyllinen tapa luokitella laitteita, sillä silloin SCE-laitteiksi luokitellaan myös sellaiset laitteet, jotka ilmoittavat käyttäjälle jo alkavasta tapahtumasta. Nesteelle tällainen määrittelytapa ei kuitenkaan sovi suuren laitemäärän takia, joten Nesteellä on valittu luokitteluperusteeksi riskipohjainen määrittely, Tällöin SCE laitteiksi jää dominoketjun loppupäässä olevat laitteet, eli sellaiset laitteet, jotka toimivat täysin itsenäisesti.

Tällaisten laitteiden toiminnan takaamiseksi laitteet tulee olla määritelty ja niille tulee olla luotu ennakkohuoltosuunnitelmat jo ennen laitteen käyttöönottoa. Näin ehkäistään turvallisuuskriittisen laitteen vikaantuessa sen joutuminen tehtävien töiden listalla viimeiseksi.

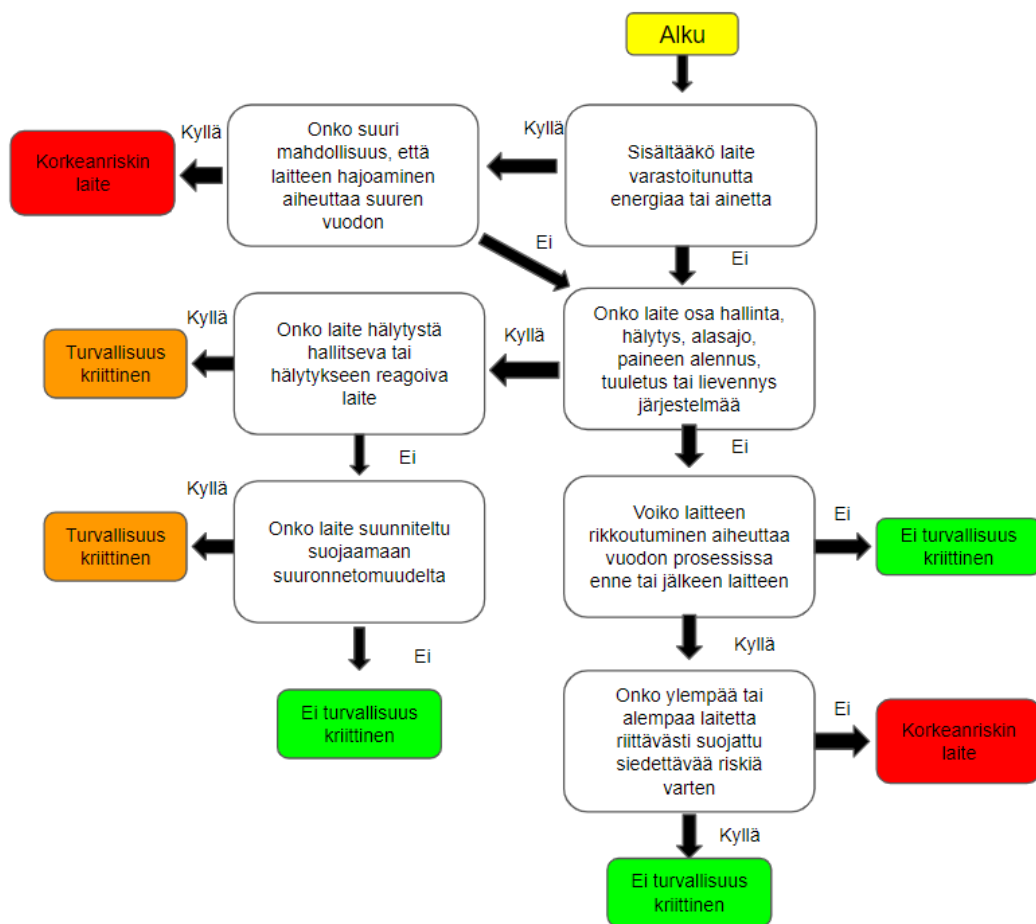
4 Turvallisuuskriittinen ja korkeanriskin laite

Näiden laitteiden tunnistaminen on turvallisuuden kannalta erittäin tärkeää. Toinen näistä ryhmistä vaarantaa turvallisuuden ja toinen estää tällaista tapahtumaa syntymästä tai lieventää sen seurauksia. Kummankin laitteen vikaantuminen on yhtä vakava asia.

Turvallisuuskriittiset laitteet on suunniteltu lieventämään tai estämään onnettomuuksia, tai niillä on suora vaikutus hätätilanteesta ilmoittamiseen. Tällaisen laitteen lähettyvillä mikään toinen laite ei tee samaa työtä. Esimerkiksi jos

samassa tilassa on kaksi palohälytintä, ei kumpikaan näistä ole turvallisuuskriittinen, vaikka se vaikuttaisi suoraan ihmishenkien pelastumiseen.

Korkeanriskin laitteella tarkoitetaan sellaista laitetta, jonka sisään voi varastoitua energiaa tai myrkyllistä ainetta, ja jonka rikkoutuessa se vapauttaa tämän energian tai aineen. Tällaista laitetta ei ole suojattu rikkoutumiselta tai vikaantumislta tai prosessissa tämän laitteen ylempää tai alempaa laitetta ei ole suojattu sellaista vikaantumista vastaan. [1] Laite, jonka olosuhteet ovat vaaralliset tai laitteessa esiintyy suuria voimia, voidaan luokittelussa pitää normaalina laitteena. Tämä on totta niin kauan, kun laite toimii valmistajan ilmoittamissa rajoissa eikä se ole rikkoutunut epänormaalilla tavalla. Kun laitteessa ilmenee ikääntymistä tai se on rikkoutunut epänormaalilla tavalla, voidaan se alla olevan kuvion mukaan myös luokitella korkeanriskin laitteeksi.



Kuvio 3. Logiikkapuu [1].

Kuviota 3 voi käyttää apuna laitteita tunnistettaessa ja laitteiden määrittelyssä. Kuten kuviostakin selviää, niin yleisimmin turvallisuuskriittisiksi laitteiksi on määritelty paloilmalaisimet, sammutusvesijärjestelmät ja varoventtiilit [5].

Laitteiden tunnistamisessa voidaan myös käyttää apuna luvussa 2.1 esittelemääni bowtie-metodia. Turvallisuuskriittiset laitteet voivat sijoittua mihin tahansa kohtaan uhan ja seurausten väliin (Kuvio 2), sillä ne ovat ainoita tai viimeisiä laitteita, jotka estävät onnettomuutta tapahtumasta. Korkeanriskin laitteet taas sijoittuvat vasempaan reunaan kohtaan uhka, eikä sellaisen laitteen ja tapahtuman väliin tule ehkäiseviä toimenpiteitä.

5 Kiinteät kaasunilmaisimet

Yleisin kaasunilmaisim, joka on kaikille tuttu, on tavallinen palohälytyn. Prosessi-alueella olevat ilmaisimet eroavat ulkopuolisesti näistä huomattavasti, mutta toimintaperiaate niissä on sama. Järjestelmään kuuluu ilmaisim, joka tunnistaa kaasupitoisuuden, sekä itse vaarasta ilmoittava vilkkuvalo tai äänisireeni.

Kuten jo sana kiinteä kertoo, nämä ilmaisimet eivät ole liikuteltavia, sillä niille on määrätty tietty sijainti laitoksella. Ilmaisimet mittaavat myös vain yhtä kaasua, toisin kuin operaattoreiden takkiin kiinnitettävät monikaasuhaistajat, jotka mittaavat prosessialueella yleisimmin esiintyviä kaasuja.

Alueellisen kaasunilmaisinjärjestelmän tavoitteena on tunnistaa vuotava kaasu ennen kuin siitä muodostuu kaasupilvi, joka syttyessään aiheuttaa huomattavan vahingon palon tai räjähdysen seurauksena. Sensorin tunnistamaan kaasun määrään vaikuttaa ympäröivän tilan ominaisuudet, kuten lähellä olevat rakennukset, laitteet ja onko tila tuuletettu. [8, 193.]

Taulukkoon 1 on koottu Nesteellä yleisimmin käytetyt kiinteät ilmaisintyytit ja niiden mittaamat kaasut.

Kaasu	Kenno	Kalibrointikaasu
Hiilivedyt HC	Katalyyttinen	Propaani/butaani
Rikkivety H ₂ S	Elektrokemiallinen	H ₂ S
Vety H ₂	Katalyyttinen	H ₂
Happi O ₂	Elektrokemiallinen	N ₂
Hiilidioksidi CO ₂	Elektrokemiallinen	CO ₂
Häkä CO	Elektrokemiallinen	CO
Fluorivety HF	Elektrokemiallinen	HCl

Taulukko 1. Yleisimmät kiinteät kaasunilmaisimet [3].

- Katalyyttinen kenno

Katalyyttinen kenno koostuu kahdesta alumiinioksidihelmestä, joita ympäröi platinajohdin, joka toimii noin 450°C asteessa. Toinen helmistä on passiivinen, eikä reagoi palavan kaasun kanssa, ja toinen helmistä on katalysoitu, jotta se reagoisi paremmin mitattavan kaasun kanssa. Kun katalysoitu helmi reagoi kaasun kanssa, nousee sen lämpötila. Tämän johdosta resistanssi nousee, mikä taas nostaa piirin tehoa. [8, 194.]

- Elektrokemiallinen kenno

Kennon rakenne on samanlainen kuin polttoainekennon. Se sisältää anodin, katodin ja elektrolyytin. Kennon komponentit valikoidaan siten, että kohdekaasun hajotessa kennossa, aiheuttaa se kemiallisen reaktion, jonka johdosta syntyy varaus. [8, 194.]

5.1 Merkitys prosessiturvallisuudessa

Porvoon jalostamolla käsitellään monia aineita, jotka ovat eri tavoin ihmiselle vaarallisia, kuten myrkyllisiä, erittäin helposti syttyviä tai hapen syrjäyttäviä. Kaasunilmaisimia on tämän takia sijoitettu tiloihin, jotka eivät pääse vapaasti tuulettumaan tai tiloihin, jotka ovat miehitettyjä kellon ympäri. Joidenkin ilmaisimien mittausten perusteella tehdään ohjaustoimintoja turva-automaatiojärjestelmän kautta, kuten tuuletuksen ohjausta. Tällaiset ilmaisimet ovat nimetty AIZ-alkuisiksi.

On kahdenlaisia tapoja altistua myrkylliselle aineelle, akuutti tai krooninen altistuminen. Akuutissa altistumisessa kosketus aineeseen on hyvin lyhyt, mutta aineen määrä tai sisältö voi olla tappavaa. Näin käy usein suurissa kaasuvuodoissa. Kroonisessa altistumisessa altistuminen on pitkäaikaista eikä välitöntä kuolemanvaaraa ole. Esimerkiksi pitkäaikainen altistuminen karsinogeenille nostaa riskiä pahanlaatuisten kasvainten syntymiselle. [8, 191.]

Työntekijän turvallisuuden takaamiseksi prosessialueella työskentelevällä tulee olla oma monikaasuilmaisin mukana ilmoittamassa kaasupitoisuuden noususta. Nämä ilmaisimet mittaavat hiilivetyjä, rikkivetyä, happea ja hiilimonoksidia eli häkää. Näillä laitteilla ei kuitenkaan voi korvata kiinteitä kaasunilmaisimia, sillä nämä ilmoittavat kaasusta vasta silloin, kun altistuminen kaasulle on jo tapahtunut.

5.2 Kriittisyysluokitus

Nesteellä on jo aikaisemmin luokiteltu kaasunilmaisimia laitteen kriittisyyden mukaan, mutta aikaisemmin laitteen kriittisyys on tarkoittanut vain yhtä kirjainta kunnossapidon järjestelmissä. Ilmaisimille on haluttu eroavaisuuksia ja niitä on

luokiteltu taulukon 2 mukaisesti. Taulukosta puuttui kuitenkin luokka turvallisuuskriittinen, sillä taulukko oli tehty ennen laitteiden luokitteluprojektia.

Ennen taulukon päivittämistä uuden luokan määritelmä täytyi luoda. Uuteen luokkaan on valittu AIZ-tunnuksen omaavat ilmaisimet ja välittömän kuoleman vaaran aiheuttavien kaasujen ilmaisimet. Vaikka hiilivedyt eivät aiheuta välitöntä kuolemanvaaraa, on ne nostettu turvallisuuskriittisiksi, koska hiilivedyt aiheuttavat syttymis- tai räjähdysvaaran ja näiden ilmaisimien ansiosta vuodon lähde voidaan tunnistaa.

Hiilivetyilmaisimista ne ilmaisimet, joilla on sellainen sijainti, että sen läheisyydessä on mahdollisuus suureen kaasuvuotoon, olisi hyvä merkitä turvallisuuskriittisiksi. Esimerkiksi kompressorihalleissa olevat ilmaisimet. Jos kaikki hiilivetyilmaisimet merkittäisiin turvallisuuskriittisiksi niin Suomen jalostamon noin 1100:sta kiinteästä kaasunilmaisimesta puolet saisi turvallisuuskriittisen luokituksen.

Uusi luokitus on muodostettu aikaisemmista kriittisistä siten, että uusi luokitus ei kokonaan poista luokkaa kriittinen. Luokka *turvallisuuskriittinen* on koostettu siten, että alemmistakin luokista kuin kriittinen voidaan nostaa laitteita ylimpään luokkaan. Uuden luokittelutavan luominen turvallisuuden kannalta on haastavaa, sillä alueella olevat kaasunilmaisimet ovat siellä työntekijöiden turvaksi. Tällä ajattelulla kaikki kaasunilmaisimet voitaisiin merkitä turvallisuuskriittisiksi. Täytyy kuitenkin muistaa, että ei ole käytännöllistä merkitä kaikkia ilmaisimia SCE merkinnällä, joten tämän ryhmän on jotenkin erotettava muista.

SCE-luokituksen olisi voinut antaa kaikille sellaisille ilmaisimille, joilla on AIZ-tunnus. Tällaisen tunnuksen alla ovat ilmaisimet, joiden mittauksen perusteella ohjataan suojaustoimintoja turva-automaation kautta. Osa näistä ilmaisimista on kuitenkin sijoitettu tiloihin, joissa ei ole tavallista kulkua, kuten muuntamot.

Taulukot 2 ja 3 ovat luokittelutaulukoita. Nämä taulukot ovat vain suuntaavia, sillä lopullinen kriittisyysluokitus määräytyy laitteen sijainnin, sekä sen mittausten perusteella tehtävien toimintojen mukaan. Esimerkiksi suljettujen tilojen kohdalla kriittisyydeksi tulisi tavallisesti tärkeä, mutta useimmilla tällaisilla ilmaisimilla on tunnus AIZ, joten ne saavat laskentataulukossa makron kautta luokituksen kriittinen. Tämän takia juuri muuntamot ja analysaattorisuojat on jätetty pois uuden taulukon ylimmästä luokasta, vaikka ne ovatkin sisätiloja molemmat, mutta niissä ei ole tavallista kulkua.

Kaasunilmaisimen sijainti	Kriittisyys
Hissikuilussa tai vastaavissa tiloissa olevat ilmaisimet -esimerkiksi kaivannot, maanalaiset tilat	KRIITTINEN
Ympäri vuorokauden miehitettyjen tilojen ilmastoinnin kaasunilmaisimet	KRIITTINEN
Fluorivetyilmaisimet	KRIITTINEN
Suljetuissa tiloissa olevat ilmaisimet -Esimerkiksi analysaattoritilat tai muuntamossa olevat ilmaisimet	TÄRKEÄ
Rikkivetyilmaisimet	TÄRKEÄ
Muut kaasunilmaisimet	NORMAALI

Taulukko 2. Vanha luokittelutaulukko [2].

Kaasunilmaisimen sijainti	Kriittisyys
AIZ-tunnuksella varustetut, poissulkien muuntamot ja analysaattorisuojat	TURVALLISUUSKRIITTINEN
Fluorivety	TURVALLISUUSKRIITTINEN
Rikkivety	TURVALLISUUSKRIITTINEN
Hiilivedyt -Sijainti, jonka lähettyvillä on mahdollisuus suureen vuotoon esim. kompressorihallit	TURVALLISUUSKRIITTINEN
Hissikuilussa tai vastaavissa tiloissa olevat ilmaisimet -Esimerkiksi kaivannot, maanalaiset tila	KRIITTINEN
Suljetuissa tiloissa olevat ilmaisimet -Esimerkiksi analysaattoritilat tai muuntamossa olevat ilmaisimet	TÄRKEÄ
Muut kaasunilmaisimet	NORMAALI

Taulukko 3. Uusi luokittelutaulukko.

Kuten jo aiemmin mainitsin, kaikki kaasunilmaisimet voisivat olla turvallisuuskriittisiä ja tässäkin tilanteessa niin olisi voinut tehdä, jos luokittelun olisi halunnut tehdä helpommin. Tässä tapauksessa lähtökohtana on kuitenkin saada laitteille eroavaisuuksia omaisuudenhallinnan näkökulmasta, jolloin saadaan luotua ennakkohuoltosuunnitelmat.

Nesteen jalostamolla Rotterdamissa on luokiteltu kaikki kaasunilmaisimet turvallisuuskriittisiksi, eikä se ole väärin, mutta Rotterdamissa on pelkästään yksi NEXBTL-tuotantolinja, kun Porvoossa pelkästään NEXBTL-linjoja on kaksi ja muita tuotantolinjoja neljä.

5.3 Luokituksen merkitys

Nesteellä kaikki kiinteät kaasunilmaisimet kalibroidaan kolmen kuukauden välein, vaikka tätä ei missään vaadita, mutta se on todettu hyväksi käytännöksi. Tätä väliä kuitenkin halutaan kasvattaa ja samalla luoda eroja eri kriittisyyksien kalibrointivälille. Tarkoituksena on vähentää niin sanotut turhat tarkastuskierrokset pois. Ilmaisimien kalibrointiväliä voidaan kasvattaa asteittain pidemmäksi siihen pisteeseen asti, kunnes vikaantumisprosentti kasvaa. Suurimmillaan väli saa olla valmistajan ilmoittamaan kalibrointiväliin.

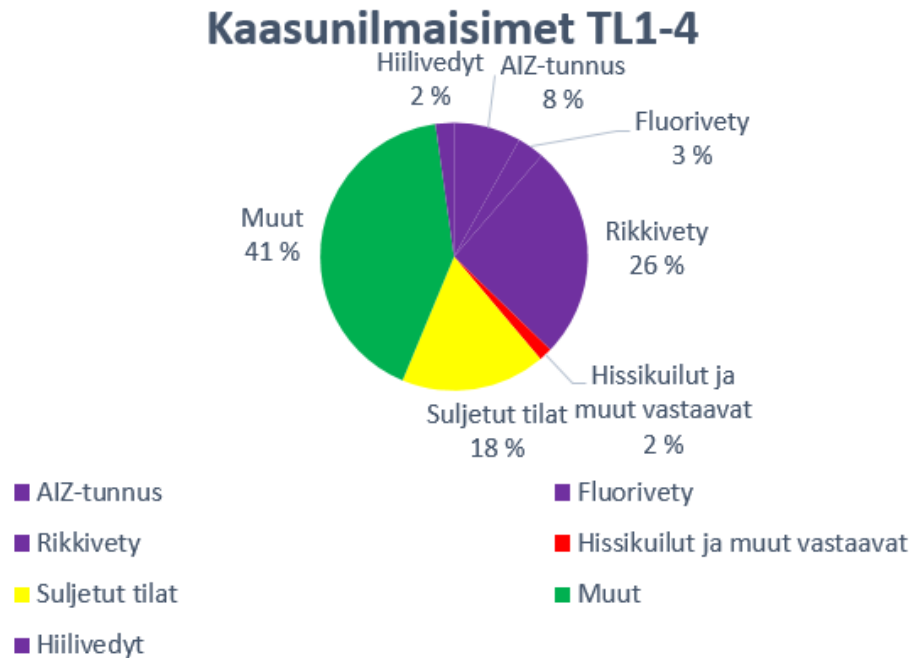
Tällä hetkellä, kun kaasunilmaisimille tehdään kalibrointikierrokset, raportoidaan kierroksen jälkeen M+järjestelmään ilmaisimet kalibroiduiksi alueittain, eli kaikkien sen alueen ilmaisimien kalibrointi on yhden työn alla, mutta kun uusi luokittelu otetaan käyttöön, tulee turvallisuuskriittisen laitteen tilaa sekä vika-historiaa pystyä seuraamaan erikseen, eli laitteiden kalibroinnin jälkeen merkitään M+:saan jokainen laite erikseen kalibroiduksi .

Koska turvallisuuskriittisen laitteen tulee toimia jokaisessa tilanteessa sille määritellyllä tavalla, on näiden laitteiden varaosat oltava aina saatavilla. Tämä merkitsee sitä, että kaikilla näillä laitteilla tulee olla varastossa varaosat tai korvaava laite toiminnan takaamiseksi. Näiden laitteiden kunnossapitotyöt menevät myös muiden töiden ohi ja työt tulee myös suorittaa tarpeen vaatiessa ylitöinä.

5.4 Ilmaisimien jakautuminen luokittelussa

Kun kaasunilmaisimet luokitellaan taulukon 3 luokkien mukaan, ne jakautuvat kaavion 1 esittämällä tavalla. Tuotantolinjoilla 1-4 kaasunilmaisimia on M+järjestelmän mukaan yhteensä noin 500 ja kaavion osuudet perustuvat siihen. Hiilivetyjen osalta tähän kaavioon on käytetty esimerkkiä kompressorihalleissa

olevista ilmaisimista, jolloin ilmaisimien lukumääräksi tuli 11. Hiilivetyilmaisimien lukumäärä voi vaihdella luokittelussa, koska jos todetaan, että tietyn ilmaisimen läheisyydessä on mahdollisuus suureen vuotoon, voidaan se ilmaisimien merkittä turvallisuuksiksi.



Kaavio 1. Kaasunilmaisimien jakautuminen ryhmittäin.

6 Laitteiden luokittelu

Luokittelu tapahtuu erillisessä luokittelutilaisuudessa, johon osallistuu vähintäänkin edustaja tuotannon puolelta, sekä laitteiden asiantuntija, joka on useimmin kunnossapidosta. Näin tilaisuudessa varmistetaan, että laitteen tärkeys tulee ilmi ja laitteen todellinen kriittisyys voidaan arvioida.

Luokittelu toteutetaan alla olevalla taulukolla 4, joka laskee siihen syötettyjen kertoimien perusteella laitteen kriittisyyden. Luokittelutilaisuudessa tarkastellaan laitteen vikaantumishistoriaa ja taulukkoon kirjataan yleisin vikaantumistapa. Tuotannon edustaja osaa kertoa laitteen merkityksen prosessissa, jolloin voidaan

laskuriin täyttää vikaantumisen aiheuttamat vaikutukset itse tuotantoon, sekä ympäristölle. Omaisuudenhallinnan tietojen perusteella voidaan määrittää korjauskustannukset, sekä huollon kesto, joka voi vaikuttaa myös tuotannonmenetyksiin, jos on kyse tärkeästä laitteesta.

Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö 0...16	Tuotannonmenetykset (0...8)	Laatukustannus (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriittisyysindeksi	Vikaantumisen seurausindeksi (ilman todennäköisyyttä)	
Painoarvot W ->	25	25	100	50	50	K		
8	0	0	0	0	2	800	100	K
8	0	0	0	0	2	800	100	K
2	0	0	0	2	2	400	200	T
2	0	0	0	2	2	400	200	T
2	0	0	0	2	2	400	200	T
2	0	0	0	2	2	400	200	T
2	0	0	0	2	2	400	200	T
2	0	0	0	2	2	400	200	T
4	0	0	0	0	1	200	50	N
1	2	0	0	0	2	150	150	N
2	0	0	0	0	3	300	150	T
2	0	0	0	0	3	300	150	T
2	0	0	0	0	3	300	150	T
2	0	0	0	2	1	300	150	T
2	0	0	0	0	2	200	100	N
8	0	0	0	0	2	800	100	K

Taulukko 4. Luokittelulaskuri.

Tämä taulukko ei kuitenkaan käy kaasunilmaisimien luokitteluun, sillä lopullinen luokitus määräytyy luvussa 5.2 esitetyn luokittelutaulukon mukaan ja lopullinen kriittisyys merkitään käsin samaan Excel tiedostoon, mutta instrumentointi välilehdelle, josta esimerkki taulukossa 5.

AIA2207	AIA	HÄLYTYSVILKKU TT2 PUMP.KÄYTÄVÄ	X	N
AL2207	AL	HÄLYTYSVILKKU TT2 PUMP.KÄYTÄVÄ	X	T
AIA2208	AIA	HC-PIT PILARI J-22	X	N
AISA2204	AISA	M28 LAAJENNUSOSA	X	T
BIZ2201	BIZ	BA-2201 PÄÄPOLTINRYHMÄ 1 ETELÄ	K	K
BIZ2202	BIZ	BA-2201 PÄÄPOLTINRYHMÄ 2 ETELÄ	K	K
BIZ2203	BIZ	BA-2201 PÄÄPOLTINRYHMÄ 3 POHJ.	K	K
BIZ2204	BIZ	BA-2201 PÄÄPOLTINRYHMÄ 4 POHJ.	K	K

Taulukko 5. Kaasunilmaisimien luokittelu.

7 Dokumentointi

Laitteiden luokittelun jälkeen automaatiolaitteiden kriittisyystiedot toimitetaan insinöörille vietäväksi suunnittelujärjestelmä ALMA:an. Jo luokitteluvaiheessa Excel taulukossa olevaa ALMA-välilehteä (taulukko 6) käytetään tässä hyödyksi, sillä se on suunniteltu tätä siirtoa varten.

13	Pääpositio	Pääpositio kriit	Laittepositio	Välilehti	Kriittisyysluokka	Kriittisyysindeksi	Ei löydy	Laitelaji (ALMA)	Laitelaji kuvaus (ALMA)	Laiteryhmä (ALMA)
14	ACA2201		AT2201	Analyssaattorit	N/A	0		A001	INS	A
15	AIZ206		AT2206	Analyssaattorit	N/A	0		A003	ANALYSAATTORI	A
16	AIZ206		AT2206	Analyssaattorit	N/A	0		A003	ANALYSAATTORI	A
17	AIA2202		AT2202	Analyssaattorit	N/A	0		A001	INS	A
18	AIA2202		AT2202	Analyssaattorit	N/A	0		A001	INS	A
19	AIA2203		AT2203	Analyssaattorit	N/A	0		A001	INS	A
20	AIA2203		AT2203	Analyssaattorit	N/A	0		A001	INS	A
21	AIA2207	N	AL2207	Instrumentointi	N			X205	Merkkivalo	X
22	AIA2207	N	AT2207	Instrumentointi	N			A002	Kaasunilmaisin	A
23	AIA2208	N	AT2208	Instrumentointi	N			A002	Kaasunilmaisin	A
24	AIA2208	N	AT2208	Instrumentointi	N			A002	Kaasunilmaisin	A
25	AISA2204	T	AT2204	Instrumentointi	T			A002	Kaasunilmaisin	A
26	AISA2204	T	AT2204	Instrumentointi	T			A002	Kaasunilmaisin	A
27	BIZ2201	K	BL2201_LL	Lisä Instrumentointi	N			X205	Merkkivalo	X
28	BIZ2201	K	BT22201	Instrumentointi	K			B201	Liekinvalvoja	B
29	BIZ2202	K	BL2202_LL	Lisä Instrumentointi	N			X205	Merkkivalo	X
30	BIZ2202	K	BT22202	Instrumentointi	K			B201	Liekinvalvoja	B
31	BIZ2203	K	BL2203_LL	Lisä Instrumentointi	N			X205	Merkkivalo	X
32	BIZ2203	K	BT22203	Instrumentointi	K			B201	Liekinvalvoja	B
33	BIZ2204	K	BL2204_LL	Lisä Instrumentointi	N			X205	Merkkivalo	X
34	BIZ2204	K	BT22204	Instrumentointi	K			B201	Liekinvalvoja	B
35	BIZ2205	T	BL2205_LL	Lisä Instrumentointi	N			X205	Merkkivalo	X
36	BIZ2205	T	BY2205	Instrumentointi	T			B201	Liekinvalvoja	B
37	BIZ2205	T	BZ2205_LL	Instrumentointi	T			B201	Liekinvalvoja	B
38	BIZ2206	T	BL2206_LL	Lisä Instrumentointi	N			X205	Merkkivalo	X
39	BIZ2206	T	BY2206	Instrumentointi	T			B201	Liekinvalvoja	B
40	BIZ2206	T	BZ2206_LL	Instrumentointi	T			B201	Liekinvalvoja	B
41	BIZ2207	T	BL2207_LL	Lisä Instrumentointi	N			X205	Merkkivalo	X
42	BIZ2207	T	BY2207	Instrumentointi	T			B201	Liekinvalvoja	B
43	BIZ2207	T	BY2207	Instrumentointi	T			B201	Liekinvalvoja	B
44	BIZ2207	T	BY2207	Instrumentointi	T			B201	Liekinvalvoja	B
45	BIZ2207	T	BY2207	Instrumentointi	T			B201	Liekinvalvoja	B
46	BIZ2207	T	BY2207	Instrumentointi	T			B201	Liekinvalvoja	B
47	BIZ2207	T	BY2207	Instrumentointi	T			B201	Liekinvalvoja	B
48	BIZ2207	T	BY2207	Instrumentointi	T			B201	Liekinvalvoja	B
49	BIZ2207	T	BY2207	Instrumentointi	T			B201	Liekinvalvoja	B
50	BIZ2207	T	BY2207	Instrumentointi	T			B201	Liekinvalvoja	B
51	BIZ2207	T	BY2207	Instrumentointi	T			B201	Liekinvalvoja	B

Taulukko 6. ALMA välilehti.

Välilehti toimii yhteistyössä suunnittelujärjestelmän sekä luokitusten määrittelyvälilehtien välillä. Tätä välilehteä ei saa muuttaa, sillä sen tiedot tulevat suunnittelujärjestelmästä ja tällä välilehdellä ne viedään takaisin järjestelmään.

Sivulle on koottu tiedot laitteista kuten laitteen positio, kriittisyys ja kuvaus laitteesta. Luokittelulaskuri pidetään tuotantolinjan kansiossa Google Drivessa, jossa se on luettavissa. Samaan tiedostoon on koottu analysaattoreiden sekä automaattiventtiilien luokittelu.

Kaasunilmaisimien kohdalla M+-järjestelmässä täytyy luoda uudet ennakkohuolto-ohjelmat ennen uusia turvallisuuskriittisten laitteiden kalibrointi-

kierroksia, sillä kuten jo kappaleessa 5.3 on mainittu, jokaisen laitteen työhistoriaa täytyy pystyä seuraamaan.

Muiden kuin automaatiolaitteiden osalta kriittisyysluokituksen määrittämisen jälkeen täytyy laitteen tunnus muuttua laiterekisteriin. Tämä on mahdollista tehdä suoraan M+-järjestelmässä, mutta jos laitteiden määrän ollessa huomattava, työ suositellaan tehtäväksi siirtämällä laitteiden tiedot M+:sasta Excelliin, josta muutetut luokkatunnukset ajetaan massana takaisin M+:saan (taulukko 7). Tämä toimenpide onnistuu muutamalla klikkauksella, sillä M+ on yhteensopiva Excelin kanssa ja laitelistan pystyy lataamaan suoraan Excelliin Siirtokanava-välilehden kautta. Jotta kriittisyysluokituksen saa muutettua järjestelmään, tarvitaan laitteista seuraavat tiedot uuteen Excel taulukkoon.

- Laitos
- Laitekoodi
- Kriittisyys

Ver 1				
Responsible / Vastuu	Neste	Neste	Neste	Neste
Comments	Site	Tag No	Criticality	CriticalityIndex
Kommentit	Laitos	Laitekoodi	Kriittisyys	Kriittisyysindeksi
Max Length / Pituus	3		1	
Example / Esimerkki	PVO	BA-9801	N	200
	PVO	DA-9803	T	600
	PVO	DA-9805	K	800
Fill in all data below this line				
	PVO	SV-9803B	S	
	PVO	SV-9804A	S	
	PVO	SV-9804B	S	
	PVO	SV-9805A	S	
	PVO	SV-9805B	S	
	PVO	SV-9806A	S	
	PVO	SV-9806B	S	
	PVO	SV-9807A	S	
	PVO	SV-9807B	S	
	PVO	SV-9808A	S	
	PVO	SV-9808B	S	
	PVO	SV-9809A	S	
	PVO	SV-9809B	S	
	PVO	SV-9810A	S	
	PVO	SV-9810B	S	
	PVO	SV-9811A	S	
	PVO	SV-9811B	S	
	PVO	SV-9812A1	S	
	PVO	SV-9812A2	S	
	PVO	SV-9812B1	S	
	PVO	SV-9812B2	S	

Taulukko 7. Excel taulukko kriittisyyden muutokseen.

Taulukossa 7 on esimerkki taulukosta, jolla tiedot ajetaan takaisin M+ järjestelmää. Vasemmalla taulukossa on paikkakunta, joka on tässä tapauksessa PVO, mutta se voi myös olla NLI, keskellä on laitteen tunnus ja oikealla kriittisyyden tunnus. S on lyhennetty SCE:stä.

Laitteen lopullinen kriittisyys näkyy M+ järjestelmässä kuvan 1 esittämällä tavalla.

Kriittisyys:	<input type="text" value="T"/>	Tärkeä
--------------	--------------------------------	--------

Kuva 1. Laitteen kriittisyys.

Järjestelmässä näkyvä laitteen kriittisyys määrittää laitteelle tehtävän työn tärkeyden ja toteutustavan. Esimerkiksi turvallisuuskriittisten laitteiden työt tulee suorittaa tarpeen vaatiessa heti ylitöinä, kun taas normaalin kriittisyysluokan laitteiden työt suoritetaan niille erikseen suunniteltuna ajankohtana.

8 Päätelmä

Aiheena työ oli todella mielenkiintoinen ja siinä pääsi syventämään omaa tietämystään turvallisuuteen ja automaatioon liittyen. Haasteelliseksi projektin teki valmiin tiedon vähyys turvallisuuskriittisyyden määrittämisestä, eikä tieto ollut kovinkaan helposti löydettävissä, sillä aiheeseen liittyvää teoriaa oli vain muutama kappale olemassa olevissa teoksissa.

Työ opetti myös paljon itsenäistä työskentelyä, sekä yhteistyötaitoja, sillä työ tuli pitkälti toteutettua yksin, mutta kommentteja sekä mielipiteitä täytyi kysyä asiantuntijoilta usein.

Aikaa vievin osuus projektista oli uuden luokittelutaulukon ja luokan turvallisuuskriittinen luominen. Suurin osa prosessialueella olevista kaasunilmaisimista on siellä työntekijöiden turvallisuuden takia, joten eron luominen laitteiden välille oli haastavaa.

Mielestäni onnistuin luomaan selkeästi ymmärrettävän määritelmän turvallisuuskriittiselle kaasunilmaisimelle, sekä avaamaan käsitettä turvallisuuskriittinen. Onnistuin myös luomaan selkeän, sekä käytännöllisen luokittelutaulukon kaasunilmaisimille.

Työhön olisi voinut sisällyttää enemmän automaatiolaitteita kuin vain kaasunilmaisimet, sekä avata paljon enemmän käsitteitä turva-automaatio ja automaatio, mutta kolmen kuukauden aikaraja olisi tehnyt työstä hyvin haastavan.

Lähteet

1. Neste Oyj. 2017. Asset Integrity Management Principle
Nesteen intranet.10.10.2018
2. Neste Oyj. 2016. Automaation luotettavuuskeskeinen toiminta
Nesteen intranet. 18.10.2018
3. Neste Oyj. 2013. Kiinteiden kaasunilmaisimien toimintakuvaus
Nesteen intranet. 29.10.2018
4. Center for Chemical Process Safety. 2017. Guidelines for Asset Integrity Management
5. Broadribb, M. 2018. Do you feel lucky or do you want to identify and manage safety critical equipment. 31.10.2018
6. TUKES, Turva-automaatio prosessiteollisuudessa 2007
<https://tukes.fi/documents/5470659/6409383/Turva-automaatio+prosessiturvallisuuudessa/e159a62f-a1c2-4de9-a063-7050349d5081?version=1.0> 5.10.2018
7. Wincek, J. 2008 Is all safety-critical equipment critical to safety?
https://www.icheme.org/~media/Documents/Subject%20Groups/Safety_Loss_Prevention/Hazards%20Archive/XXIV/XXIV-Poster-11.pdf
2.11.2018
8. Center for Chemical Process Safety. 2003. Guidelines for Fire Protection in Chemical, Petrochemical and Hydrocarbon Processing Facilities
9. https://www.cgerisk.com/knowledgebase/The_bowtie_method
16.11.2018
10. https://en.wikipedia.org/wiki/Bhopal_disaster 19.11.2018