



Aleksanteri Hanska

Prosessiyksikön suuronnettomuuksien kuvaaminen bowtie-kaaviolla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

29.8.2023

Tiivistelmä

Tekijä:	Aleksanteri Hanska
Otsikko:	Prosessiyksikön suuronnettomuuksien kuvaaminen bowtie-kaaviolla
Sivumäärä:	50 sivua + 8 liitettä
Aika:	29.8.2023
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine:	Kemian prosessitekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Timo Seuranen Prosessiturvallisuusasiantuntija Jesse Nurmela

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli käydä läpi ja tutkia Neste Oyj:n alkylointiprosessiyksikön riskianalyysiraportteja ja esittää kyseisen yksikön vakavimmat suuronnettomuusskenaariot ja niiden hallinta bowtie-kaavioina. Tämän lisäksi tavoitteena oli selkeyttää prosessia, jonka avulla bowtie-kaavioita rakennetaan käyttämällä Synergi Life NCR bowtie -moduulia. Neste Oyj on harkinnut bowtie-kaavioita osana yksiköiden riskianalyysinä, koska ne tuovat helpon ja visuaalisen ilmeen prosessiyksiköiden suojausten esittämiselle.

Opinnäytetyö oli kaksivaiheinen. Ensimmäisessä vaiheessa tutustuttiin yleisellä tasolla öljynjalostamoiden prosessiturvallisuuteen ja prosessiturvallisuuden historiaan. Prosessiturvallisuus sisältää suuren määrän erilaisia käsitteitä, joiden suomentaminen on ollut olennaisessa osassa opinnäytetyötä. Käsitteiden suomentaminen on tärkeää, jotta toisessa eli soveltavassa osuudessa bowtie-kaavioiden laatimisprosessin selkeyttäminen on mahdollisimman helposti seurattavaa. Bowtie-kaavioiden olennaisena osana on myös esteiden ja muutosten hallinta.

Opinnäytetyön tuloksissa ilmeni, että bowtie-kaaviot eivät ole välttämätön osa jalostamoiden prosessiturvallisuutta. Bowtie-kaavioiden rakentaminen vie huomattavan määrän aikaa ja resursseja yhtiöltä, eivätkä ne välttämättä tuo toivottua arvoa itse prosessiturvallisuudelle tämänhetkisen työkalun muodossa. Tästä huolimatta esteiden ja muutoksen hallintaan täytyy kiinnittää huomiota, jotta prosessiyksiköiden ja niiden laitteiden suojaukset toimivat ja pysyvät toimintakuntoisina. Prosessien turvallisuustarkasteluja tehdään nykyisin HAZOP- ja LOPA-menetelmien avulla.

Avainsanat: prosessiturvallisuus, bowtie-kaavio, päätapahtuma, este

Abstract

Author: Aleksanteri Hanska
Title: Depicting a Process Unit Major Accidents with a Bowtie Diagram
Number of Pages: 50 pages + 8 appendices
Date: 29 August 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Bio- and chemical engineering
Professional Major: Chemical process technology
Supervisors: Timo Seuranen, Senior Lecturer
Jesse Nurminen, Process Safety Manager

The aim of this thesis was to review and study the risk analysis reports of Neste Oyj's alkylation process unit, and to present the most serious major accident scenarios of that unit and their management as bowtie diagrams. In addition, the goal was to clarify the process how bowtie diagrams are built using the Synergi Life NCR barrier management module. Neste Oyj has considered bowtie charts as part of the risk analyzes of the units, because they provide an easy and visual means of depicting the operation of the barriers in the process units.

The thesis has been in two phases. In the first phase, the process safety of oil refineries and the history of process safety were introduced at a general level. Process safety includes many different concepts, the translation of which has been an essential part of the thesis. Translating the concepts into Finnish is important so that the clarification of the process of building bowtie diagrams in the second or applied part is as easy to follow as possible. Barriers and management of change are also an integral part of bowtie charts.

The results of the thesis show that bowtie diagrams are not a necessary part of process safety in refineries. Building bowtie diagrams takes a significant amount of time and resources from the company, and they may not bring the desired amount of value to process safety itself. Despite this, attention must be paid to the management of barriers and change so that the protections of the process units and their equipment work and remain operational. Safety inspections of processes are currently carried out using the HAZOP and LOPA methods.

Keywords: process safety, bowtie-diagram, top event, barrier

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tavoite ja tarkoitus	2
1.2	Kohdeyritys	3
2	Prosessiturvallisuus yleisesti	4
3	Riskienhallinta	6
3.1	Prosessiyksikön riskianalyysit	6
3.1.1	HAZOP	6
3.1.2	LOPA	7
3.1.3	Toimintavirheanalyysi	7
3.1.4	Palovaara-analyysi	8
3.2	Bowtie-kaavio	9
3.3	Bowtie-kaavion käsitteiden merkitykset	10
3.3.1	Onnettomuus (Incident)	10
3.3.2	Vaara tai uhka (Hazard)	10
3.3.3	Päätapahtuma (Top Event)	11
3.3.4	Neste tai kaasuvuoto ulos proessista (LOC – Loss Of Containment)	11
3.3.5	Uhka (Threath)	11
3.3.6	Este (Barrier)	11
3.3.7	Seuraus (Consequence)	12
3.3.8	Seurauksen lievennyseste (Mitigating barrier)	12
3.3.9	Uhan lievennyseste (Preventative barrier)	12
3.3.10	Esteen heikennysmekanismi (Decradation Mechanism)	12
3.3.11	Hajoamiskontrolli (Decradation Control)	13
3.3.12	Inhimillinen tekijä (Human Factor)	13
3.4	Synergi Life [NCR] -työkalu	13
4	Alkylointiyksikkö	19

4.1	Alkylointiyksikön toiminta ja tarkoitus	19
4.2	Riskit	20
5	Synergi bowtie -moduuli	21
5.1	Aloittaminen	21
5.2	PHA PRO -työkalu ja käsitteitä	22
5.3	PHA PRO tiedoston muuntaminen Google Sheetsiin	24
6	Alkyloinnin bowtie-kaavioiden rakentaminen	26
6.1	Päätapahtuman luominen bowtie-kaavioon	27
6.2	Bowtie-kaavion vasemman puolen rakentaminen ja siihen liittyvät tapaukset	31
6.3	Bowtie-kaavion oikean puolen rakentaminen ja siihen liittyvät tapaukset	42
7	Yhteenveto	49
	Lähteet	52

Liitteet

Liite 1: Osa 1/3 Bowtie-kaavio; Olefiini- ja isobutaanivuoto GA-98XX+S

Liite 1: Osa 2/3 Bowtie-kaavio; Olefiini- ja isobutaanivuoto GA-98XX+S

Liite 1: Osa 3/3 Bowtie-kaavio; Olefiini- ja isobutaanivuoto GA-98XX+S

Liite 2: Bowtie-kaavio; Hiilivety- ja fluorivetyhappovuoto FA-98XXA/B:llä

Liite 3: Bowtie-kaavio; Isobutaanivuoto FA-98XXA/B:llä

Liite 4: Bowtie-kaavio; Nestekaasua FA-98XX vesityslinjassa viemäriin

Liite 5: Bowtie-kaavio; Nestekaasua vesilinjassa 3”P9843

Liite 6: Osa 1/3 Bowtie-kaavio; Nestekaasu- ja fluorivetyhappovuoto FA-98XX

Liite 6: Osa 2/3 Bowtie-kaavio; Nestekaasu- ja fluorivetyhappovuoto FA-98XX

Liite 6: Osa 3/3 Bowtie-kaavio; Nestekaasu- ja fluorivetyhappovuoto FA-98XX

Liite 7: Osa 1/3 Bowtie-kaavio; Nestekaasua soihtulinjassa

Liite 7: Osa 2/3 Bowtie-kaavio; Nestekaasua soihtulinjassa

Liite 7: Osa 3/3 Bowtie-kaavio; Nestekaasua soihtulinjassa

Liite 8: Osa 1/5 Bowtie-kaavio; Nestekaasu- ja fluorivetyhappovuoto GA-98XX+S

Liite 8: Osa 2/5 Bowtie-kaavio; Nestekaasu- ja fluorivetyhappovuoto GA-98XX+S

Liite 8: Osa 3/5 Bowtie-kaavio; Nestekaasu- ja fluorivetyhappovuoto GA-98X+S

Liite 8: Osa 4/5 Bowtie-kaavio; Nestekaasu- ja fluorivetyhappovuoto GA-98XX+S

Liite 8: Osa 5/5 Bowtie-kaavio; Nestekaasu- ja fluorivetyhappovuoto GA-98XX+S

Lyhenteet

AEA	Action Error Analysis - Toimintavirheanalyysi
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion - Höyryräjähdys
HAZOP	Hazard and Operability Study - Poikkeamatarkastelu
LOC	Loss of Containment – Neste- tai kaasuvuoto ulos prosessista
LOPA	Layer of Protection Analysis – Suojatasojen analyysi
MOC	Management of Change – Muutoksen hallinta
PHA	Process Hazard Analysis – Prosessivaarojen analysointi
RRF	Risk Reduction Factor – Vaaran vähennystekijä
SCE	Safety Critical Equipment – Turvallisuuskriittiset laitteet

1 Johdanto

Prosessiturvallisuus on olennainen osa Nesteen liiketoimintaa. Toiminnassa keskeistä on tiedostaa kaikki laitoksen suuronnettomuusriskit sekä menettelytavat, miten niitä hallitaan. Yleensä nämä tiedot ovat kätkeytyneet useisiin eri riskianalyysiraportteihin, mikä vaikeuttaa näiden riskien ja hallitsemistapojen tiedostamista [1]. Tämän haasteen ratkaisemiseksi bowtie-kaavioiden käyttö on yleistynyt toimialalla. Kaavioilla saadaan selkeällä ja havainnollistavalla tavalla esitettyä suuronnettomuusriskit ja niiden hallinta. Bowtie-kaavioiden käyttäjiä ovat käytännössä jalostamon kaikkien ammattialojen edustajat. Esimerkiksi prosessiyksikön operaattorit voivat käyttää kaavioita erilaisissa koulutustilanteissa tai häiriötilanteiden sattuessa. Kaavioiden avulla pystytään myös toteuttamaan muutoksenhallinta hallitusti prosessissa ja tunnistamaan esimerkiksi prosessiyksikön turvalaitteiden kalibroinnin tarpeita. [2, s. 4.]

Kun suuronnettomuusriskit ja niiden hallintatavat tiedostetaan, osataan reagoida oikealla tavalla riskeihin. Tällaisia voivat olla esimerkiksi suojausten ohitukset tai tiettyjen turvallisuuskriittisten laitteiden operointi vaaratilanteessa. Prosessiturvallisuuden parantuessa jalostamalla vältytään onnettomuuksilta, mikä näkyy myös liiketoimintahyötyinä.

Prosessiyksiköiden riskien hallitsemiseksi käytetään PHA-menetelmää (Process Hazard Analysis), joka pitää sisällään muun muassa HAZOP-tarkastelun. HAZOP on suunniteltu niin, että sen avulla pystytään tunnistamaan mahdollisia vaaroja prosessissa. Bowtie-kaavioiden avulla tästä prosessista pystytään tekemään visuaalinen esitys, joka helpottaa ja nopeuttaa käyttäjää tunnistamaan mahdolliset vaarat prosessissa nopeammin. Bowtie-kaavio on visuaalinen esitys prosessin suojauksista ja esteistä (barrierit), ja sen avulla käsitellään onnettomuusskenaario ja sen hallinta yhdellä, helposti ymmärrettävällä kuvalla. (liite 1) [3, s. 8.]

Neste on kehittänyt palovaara-analyysimenetelmän vakavimpien paloriskien tunnistamiseksi. Analyysin tavoitteena on varmistaa, että palovaarat tunnistetaan, niiden seuraukset ymmärretään ja varautuminen on riittävää. Analyysin tavoitteena on kehittää korjaavia toimenpiteitä riskien hallitsemiseksi. [4.]

1.1 Työn tavoite ja tarkoitus

Opinnäytetyön tavoitteena on käydä läpi Porvoon jalostamolla sijaitsevan alkylointiprosessiyksikön riskianalyysiraportteja ja esittää kyseisen yksikön suuronnettomuusskenaariot ja niiden hallinta bowtie-kaavioina. Tässä hyödynnetään prosessiyksikön riskianalyysiraportteja. Kuvioita täydennetään tarvittaessa istunnoilla asiantuntijoiden kesken ja hyödyntämällä muita tietolähteitä, kuten ulkopuolista konsulttia.

Raporttien läpikäynnin yhteydessä tehdään havaintoja ja luodaan pohjaa mallille, miten jokaisesta prosessiyksiköstä saataisiin tehokkaasti laadittua bowtie-kaaviot suuronnettomuusriskien ja niiden hallintamenettelyiden havainnollistamiseksi.

Opinnäytetyö jakautuu kahteen osa-alueeseen, kirjallisuusosaan ja soveltavaan osaan. Kirjallisuusosan tehtävänä on kertoa öljynjalostamoilla käytössä olevista riskinhallintamenetelmistä ja niiden käytöstä prosessiyksiköiden riskienhallinnassa. Tämän lisäksi kirjallisuusosauudessa käsitellään myös teoriaa liittyen bowtie-kaavioihin ja suojausten hallintaan. Tähän on käytössä runsaasti materiaalia kirjallisuudesta muun muassa ICHemE, CCPS:n ja Forgeworxin materiaalia. Forgeworx on Nesteen käyttämä konsulttiyritys, jolla on vuosikymmenien kokemus turvallisuudesta eri ammattialoilla ja bowtie-kaavioiden käytöstä.

Opinnäytetyön soveltavan osan tehtävänä käydä läpi yksikön riskitarkasteluraportteja, joita ovat HAZOP, LOPA, toimintovirheanalyysi ja palovaara-analyysi. Näissä raporteissa ja analyyyseissä esille nousevat

prosessiyksikön suurimmat onnettomuusskenaariot ovat bowtie-kaavion päätapahtuma. Raporteissa nousee myös esille hallintakeinot, joita ovat barrierit eli esteet sekä uhat ja seuraukset. Nämä tullaan kokoamaan yhteen Synergin bowtie -moduulilla, jota hyödynnettiin myös Nesteen aikaisemmassa selvitystyössä. (liite 2) [1.]

1.2 Kohdeyritys

Opinnäytetyö on toteutettu Neste Oyj:n Porvoon jalostamolle ja kohdennettu alkylointiprosessiyksikköön tuotantolinja 1–2:lla. Neste on maailman suurin uusiutuvan lentopolttoaineen, uusiutuvan dieselin sekä polymeeri- ja kemikaaliteollisuuden uusiutuvien raaka-aineratkaisujen tuottaja. Vuonna 2022 Nesteen liikevaihto oli 25,7 miljardia euroa ja vertailukelpoinen käyttökate oli 3 537 miljardia euroa. Neste työllisti vuonna 2022 n. 5 200 henkilöä. [5.]

Neste Oyj on perustettu vuonna 1948 turvaamaan Suomen huoltovarmuutta polttoaineiden osalta. Nesteen ensimmäinen jalostamo rakennettiin Naantaliin vuonna 1957 ja toinen Porvooseen vuonna 1965. Vuonna 2021 Naantalin jalostamon toiminta kuitenkin päätettiin lopettaa fossiilisten öljytuotteiden vähäisen kysynnän seurauksena. Porvoon jalostamo sijaitsee Kilpilahden teollisuusalueella, jossa valmistetaan sekä fossiilisia että uusiutuvia tuotteita. Porvoon jalostamolla on neljä tuotantolinjaa ja yli 40 tuotantoyksikköä, joista kaksi NEXBTL-yksikköä, jotka tuottavat uusiutuvaa Neste MY -dieseliä. Porvoon jalostamolla raakaöljyn jalostuskapasiteetti on n. 10 miljoonaa tonnia vuodessa, joka vastaa n. 73 miljoonaa barreliä vuodessa. [6.]

Lisäksi Nesteellä on jalostustoimintaa Suomen ulkopuolella Alankomaissa ja Singaporessa. Rotterdamin jalostamolla valmistetaan uusiutuvia tuotteita, ja sen toiminta alkoi vuonna 2011. Rotterdamin jalostamon kapasiteetti on tällä hetkellä n. 1,9 miljoonaa tonnia, mutta meneillä olevan laajennusinvestoinnin jälkeen uusiutuvien tuotteiden jalostuskapasiteetti kasvaa 1,3 miljoonalla

tonnilla ja nostaa uusiutuvien tuotteiden vuosikapasiteetin 2,7 miljoonaan tonniin [7]. Singaporen jalostamon toiminta aloitettiin vuonna 2010, ja se tuottaa uusiutuvia polttonesteitä 1,3 miljoonaa tonnia vuodessa. [8.]

Tällä hetkellä öljytuotteiden organisaatiossa on käynnissä ”Yhdessä nollaan” -hanke, jonka yhtenä osana on edistää alkylointiyksikön turvallisuutta suuronnettomuuksien varalta. Yhdessä nollaan on öljytuotteiden turvallisuusohjelma, joka aloitettiin kesällä 2022. Ohjelma kestää kolme vuotta. Ohjelman tavoitteena on parantaa turvallisuustasoa. Tavoitteena on varmistaa se, että jokainen Nesteläinen ja Nesteen yhteistyökumppanien työntekijä pääsee kotiin jokaisen vuoron jälkeen terveenä. [9.]

2 Prosessiturvallisuus yleisesti

Prosessiturvallisuutta voidaan kuvailla seuraavalla tavalla:

”Prosessiturvallisuus saavutetaan, kun kurinalaisesti hallitaan vaarallisia aineita käsittelevien käyttöjärjestelmien ja prosessien eheyttä soveltamalla hyvää suunnittelua vaaratilanteiden ehkäisyyn ja hallintaan. Prosessiturvallisuudella ehkäistään ja hallitaan tapahtumia, joissa on mahdollisuus suuren energiamäärän tai aineen (neste tai kaasu) vapautumiselle. Tällaiset vaaratilanteet voivat synnyttää myrkyllisiä kaasupilviä, räjähdyksiä tai tulipaloja, jotka voi johtaa vakaviin vammoihin, omaisuusvahinkoihin, tuotannon menetyksiin ja ympäristövaikutuksiin.” [10.]

Jalostamoilla ympäri maailmaa sattuvia suuronnettomuuksia tapahtuu vuosittain useita. Suuronnettomuuksien määrä on historian saatossa laskenut tasaisesti uusien turvallisuusstandardien myötä ja automaatiotekniikan kehittyessä. Suuronnettomuuksien aiheuttamat aineelliset ja rahalliset menetykset ovat merkittäviä, ja niiden välttäminen on niin yhtiön, johdon kuin työntekijän etu. Suuronnettomuuden vaarana on aina työtapaturma tai jopa ihmishengen menettäminen. Suuronnettomuuksien sattuessa saatetaan joutua huoltamaan laitoksia useitakin kuukausia, minkä seurauksena menetetään tuotantokapasiteettia. Huoltokorjauksien seurauksena voittomarginaali pienenee, tai pahimmassa tapauksessa jalostamo tekee tappiota. Tämän lisäksi

suuronnettomuuksien sattuessa on suuri riski myös ympäristövahingoille. Ympäristövahinkojen siivoaminen voi maksaa suuria summia pääomaa, eikä ympäristöä pystytä välttämättä ennallistamaan kokonaan. [11.]

Suuronnettomuus voi tarkoittaa jalostamoilla isoa neste- tai kaasuvuotoa, joka on terveydelle vaarallista ja voi syttyessään aiheuttaa suuren räjähdysen, jonka paineaallon ja tulipallon vaikutus voi tuhota pahimmillaan kokonaisia rakennuksia sekä aiheuttaa kuolemantapauksia. Tämän takia prosessiturvallisuuden hallinta ja riskien minimointi on erittäin tärkeää korkean riskin laitoksilla, sillä sen avulla pystytään säästämään huomattavia määriä rahallista ja aineellista omaisuutta sekä välttämään henkilövahinkoja. [1, s. 17.]

Prosessivaara-analyysi (PHA)

Prosessivaara-analyysi (PHA) on järjestelmällinen lähestymistapa prosessiteollisuuteen liittyvien riskien tunnistamiseksi, arvioimiseksi ja hallitsemiseksi sekä se auttaa minimoimaan seurausten ja tapahtumien todennäköisyyttä [12]. PHA on perusteellinen, vaiheittainen katsaus kemikaalien ja tuotantolaitosten toimintamenetelmiin. Tavoitteena on tunnistaa mahdolliset syyt ja arvioida vaarallisten kemikaalien, vaaratilanteiden sekä vuotojen seurauksia. PHA on suunnattu analysoimaan mahdollisia syitä ja seurauksia tulipaloista, räjähdyksistä, myrkyllisten tai syttyvien kemikaalien päästöistä ja roiskeista. PHA:ssa keskitytään prosessin laitteisiin, instrumentteihin, ihmisten toimiin ja ulkoisiin tekijöihin, jotka voivat vaikuttaa prosessiin. Yksi tehokkaimmista riskianalyysitekniikoista on Hazard and Operability Study (HAZOP), joka on kehitetty pohjimmiltaan tarjoamaan säännöllisiä menetelmiä tunnistamaan vaaroja prosessista [18]. HAZOP-riskianalyysitekniikasta on kirjoitettu enemmän luvussa 3.1.1. PHA:n käyttäminen on yrityksille tärkeä työkalu työntekijöiden, omaisuuden ja ympäristön turvallisuuden varmistamisessa. [1, s. 19.]

3 Riskienhallinta

3.1 Prosessiyksikön riskianalyysit

Prosessiriskianalyysit ovat tärkeä osa prosessiriskien hallintaa. Vaarat on tunnistettava, jotta riskejä voidaan hallita. Kun vaarat tunnistetaan, riskit voidaan arvioida ja määrittää, ovatko ne siedettäviä. Prosessin riskianalyysin ensisijaisena tavoitteena on estää prosessivutojen tapahtumista ja minimoida vaikutukset henkilöstöön, ympäristöön, omaisuuteen ja liiketoimintaan.

Prosessivaara-analyysi (PHA) on perusteellinen ja järjestelmällinen tapa tunnistaa ja arvioida vaaroja ja/tai riskejä, joita saattaa ilmetä prosessien, laitteiden tai menettelyjen vioista. Prosessivaara-analyysi tunnistaa tapahtumaketjun laukaisevat syyt, arvioi seurausten vakavuuden ja kirjaa tapahtuman varalta tehdyt varotoimet. Tapahtuman todennäköisyys ja riskitaso sekä toimenpiteet riskin vähentämiseksi (jos sellaisia on) määritetään tarvittaessa. [12.]

Prosessivaara-analyysi vaaditaan projekteissa ja kaikissa olemassa olevan prosessin prosessiteknisissä muutoksissa. Prosessivaara-analyysijä tulee soveltaa myös toimipaikan pysyvien ja tilapäisten muutosten hallinnassa (MOC). [12.]

3.1.1 HAZOP

HAZOP (Hazard and Operability Study) eli poikkeamatarkastelu on vaarojen tunnistamisen perusmenetelmä, joka arvioi systemaattisesti prosessin kunkin osan sekä tutkii, miten poikkeamat suunnittelutavoitteista voivat sattua ja voivatko ne aiheuttaa ongelmia. Se on tehokas menetelmä prosessijärjestelmien riskien tarkempaan tunnistamiseen. HAZOP perustuu ohjaviin kysymyksiin, miksi käyttötarkoitusta tai toimintaehtoja ei saavuteta suunnittelun, prosessin, menetelmän tai järjestelmän jokaisessa vaiheessa. [3, s. 131.]

HAZOP-prosessi voi käsitellä kaiken muotoisia poikkeamia suunnitellusta tarkoituksesta. Poikkeamat voivat johtua puutteellisesta suunnittelusta, yhdestä tai useammasta komponentista, suunnitelluista menetelmistä tai ihmisten toiminnoista. Asiantuntijan vetämä poikkeamatarkastelu ohjaa työryhmää arviointiprosessin aikana ja ohjaa tarkastelun kulkua sekä dokumentoi arvioinnin tulokset. Laadukkaasti johdettu arviointiprosessi on edellytys hyvälle ja kattavalle HAZOPille. [3, s. 132.]

HAZOPia täydennetään usein SIL-arviolla (Safety Integrity Level) ja LOPA-analyysillä (Layers Of Protection Analysis), jotka varmistavat riittävän suojaustason HAZOPissa tunnistettuja riskejä vastaan. LOPAn avulla lasketaan hyväksyttävä jäännösriski valituille tapahtumille, ottaen huomioon suojausten mahdollinen vioittuminen.

3.1.2 LOPA

LOPA (Layer of Protection Analysis) on riskienarviointityökalu, jota käytetään pääasiassa prosessiteollisuudessa arvioimaan teollisuusprosessiin liittyvän riskin astetta. Se on yksinkertainen ja kvantitatiivinen menetelmä riskien analysoimiseksi ja arvioimiseksi. Yritykset luottavat LOPAn analysoidakseen riippumattomia tapahtumaskenaarioita ja vertaamaan skenaarioiden riskiarviot sen riskikriteereihin. LOPA auttaa yrityksiä määrittämään, kuinka monta riippumatonta suojakerrosta tarvitaan hyväksyttävän riskitason varmistamiseksi. LOPA on yleisesti käytössä monilla eri teollisuudenaloilla, kuten öljy-, kaasu- ja kemianteollisuudessa. [3, s. 133.]

3.1.3 Toimintavirheanalyysi

Toimintavirheanalyysi on kvalitatiivinen prosessin vaara-analyysimenetelmä inhimillisten virheiden arvioimiseksi selkeästi määritellyissä turvallisuuskriittisissä toimintatavoissa. Toimintavirheanalyysin päätavoitteena on tunnistaa mahdolliset inhimilliset virheet ja niiden seuraukset erikseen eri tehtävissä turvallisuuskriittisissä toimintamenettelyissä. Toinen keskeinen

tavoite on tunnistaa prosessiyksikön hätäpysäytyksen kannalta kriittiset laitteet, eli turvallisuuskriittiset laitteet (SCE). [13.]

Turvallisuuskriittiset toimintatavat ovat toimenpiteitä, joissa epäonnistumisen seuraus voi olla katastrofaalinen tai erittäin vakava (seurausluokka 3 ja 4 prosessiriskiluokituksen määritelmän mukaisesti). Turvallisuuskriittiset toimintamenetelmät, jotka on analysoitava toimintavirheanalyysin mukaisesti, ovat

- prosessiyksikön hätäpysäytys
- prosessiyksikön uunin ja kompressorin käynnistys
- prosessiyksikön uunin ja kompressorin pysäytys
- prosessiyksikön reaktorin katalyytin purku ja lastaus
- prosessiyksikön saattaminen turvalliseen tilaan häiriötilanteessa.

Yllä mainitut toimintamenetelmät ovat osa prosessiyksikön pakollista prosessiriskien analyysiä, jonka tulee olla olemassa ja aina ajan tasalla. [13.]

3.1.4 Palovaara-analyysi

Neste on kehittänyt palovaara-analyysimenetelmän vakavimpien paloriskien tunnistamiseksi. Analyysin tavoitteena on varmistaa, että palovaarat tunnistetaan, niiden seuraukset ymmärretään ja varautuminen on riittävää. Ymmärtämällä riskien seuraukset voidaan saavuttaa riittävä varautuminen. Analyysin tavoitteena on kehittää korjaavia toimenpiteitä riskien hallitsemiseksi.

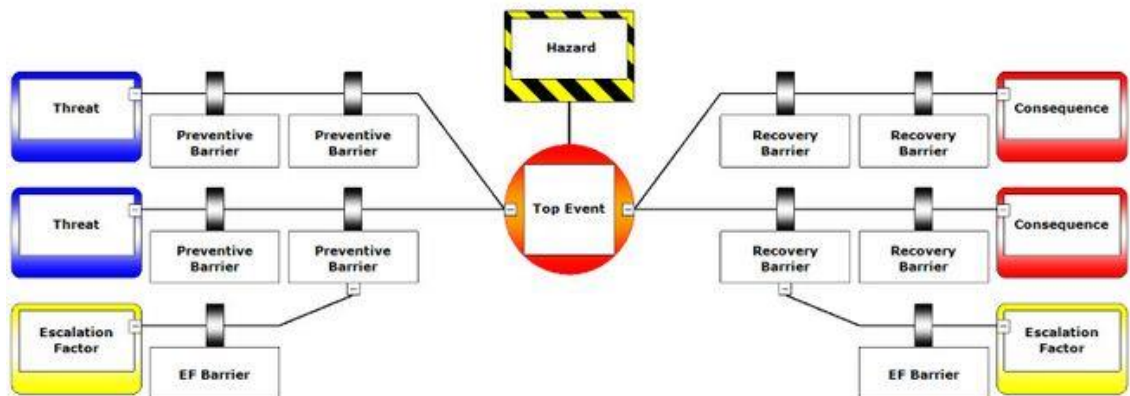
Palovaara-analyysi on pakollinen, kun uusi laitos rakennetaan tai olemassa olevaan prosessiin tehdään merkittäviä muutoksia. Toteutusvaiheessa palopotentialisten laitteiden luokitus tehdään prosessiin sopivuuden

arvioimiseksi. Lopullinen riskinarviointi suoritetaan, kun PI-kaaviot ja prosessin layout ovat kommentointivaiheessa (definition -vaihe). [14.]

3.2 Bowtie-kaavio

Bowtie-kaavio on visuaalinen esitys prosessin suojuuksista ja esteistä (barrierit), jonka avulla käsitellään onnettomuuskenaario ja sen hallinta yhdellä, helposti ymmärrettävällä kuvalla. Kaavio tekee selvän eron ennakoivan ja reaktiivisen riskienhallinnan välillä. Bowtie-kaaviolla on monia etuja. Se näyttää kaikki alkuvaiheen tapahtumat (uhat), välissä olevat suojoimet (esteet) ja tavan, jolla nämä yhdistyvät ja toteutuvat, jos suojoimet pettävät. [3, s. 7.]

Kuvassa 1 esitetään hyvin selkeästi, miltä bowtie-kaavio visuaalisesti näyttää. Kyseinen bowtie-kaavio on luoto BowtieXP -ohjelmistolla, mutta ei eroa toiminnaltaan mitenkään Synergi Life NCR -ohjelmalla luodusta bowtie-kaaviosta (liite 3).



Kuva 1 Havainnollistava kuva bowtie-kaaviosta. [21.]

Bowtie-kaavioiden rakentaminen on kaikista hyödyllisintä, kun suoritetaan prosessivaarojen analysointia (PHA). Prosessivaarojen analysoinnissa tunnistetaan prosessin turvallisuuspuutteita ja tämän avulla pystytään välttämään mahdolliset tapaturmat prosessissa. Bowtie-kaavioita hyödyntämällä pystytään ennaltaehkäisemään vaaratilanteita ja pitämään prosessi hallinnassa

(Liite 4). Niiden tarkoitus ei ole vain osoittaa sitä, missä epäonnistuttiin, vaan niiden avulla pystytään ennaltaehkäisemään vaaratilanteita ja pitämään prosessi hallinnassa. [3, s. 8.]

3.3 Bowtie-kaavion käsitteiden merkitykset

Prosessiturvallisuuden riskienhallinnassa käytetään useita eri käsitteitä ja yleisesti öljy- ja kaasuteollisuudessa on käytössä englannin kieli. Käsitteiden ymmärtäminen ja kääntäminen suomen kielelle saattaa olla haastavaa. Tässä opinnäytetyössä on parhaalla mahdollisella tavalla pyritty suomentamaan ja avaamaan tärkeimpien käsitteiden tarkoitusta ja niiden merkitystä. Joissain tapauksissa useat käsitteet saattavat tarkoittaa samaa asiaa. Tämä johtuu siitä, että eri aloilla ja eri laitoksilla saattaa olla hieman erilaiset tavat ilmaista asioita.

3.3.1 Onnettomuus (Incident)

Incident eli onnettomuus on tapahtuma tai tapahtumien sarja, joka johtaa yhteen tai useampaan ei-toivottuun seuraukseen, kuten onnettomuuksiin, joissa loukkaantuu ihmisiä, aiheutuu vahinkoja ympäristölle tai omaisuudelle.

Onnettomuus voi myös aiheuttaa liiketoiminnan menetyksiä. Onnettomuuksiksi lasketaan esimerkiksi tulipalot, räjähdykset, myrkyllisten aineiden päästöt tai muutoin haitallisten aineiden päätyminen ympäristöön ja luontoon. Öljy- ja kaasuteollisuudessa onnettomuuksien mahdollisuuksia on käytännössä rajaton määrä, jolloin kaikkien skenaarioiden kuvaaminen saattaa olla mahdotonta. [15, s. 17.]

3.3.2 Vaara tai uhka (Hazard)

Hazard, eli *vaara tai uhka* tarkoittaa öljy- ja kaasuteollisuudessa tilannetta operoinnissa, laitetta tai materiaalia, jolla on mahdollisuus aiheuttaa harmia ihmisille, omaisuudelle, ympäristölle tai tuotannolle. Tällaisia tilanteita saattavat olla onnettomuudet liikennevälineillä liikkuessa prosessissa, putoavat esineet, korkeapainelinjojen repeämiset, syttyvät kaasut ja nesteet sekä erilaiset vuodot

säiliöstä tai kolonneista. Vaara- ja uhkatilanteet saattavat pahimmillaan aiheuttaa tulipalon tai räjähdysten, jonka seuraukset saattavat olla mittavat. [15, s.17.]

3.3.3 Päätapahtuma (Top Event)

Top Event eli *päätapahtuma* tarkoittaa bowtie diagrammin keskikohtaa, joka jakaa erilleen uhan (threat) ja seurauksen (consequence). Päätapahtuma tarkoittaa hetkeä, jolloin uhan aiheuttama vaara realisoituu ja aiheuttaa vaaratilanteen muun muassa neste- tai kaasuvuotona. (liite 5) [15, s. 21.]

3.3.4 Neste tai kaasuvuoto ulos prosessista (LOC – Loss Of Containment)

LOC eli Loss Of Containment tarkoittaa nesteitä tai kaasuja, jotka vuotavat ulos prosessista. LOC tarkoittaa tilannetta, jossa kontrolli prosessista on menetetty. Loss Of Containmentin voi suomentaa esimerkiksi prosessivuodoksi tai menetetyksi tuotteeksi. (liite 6) [1, s. 31.]

3.3.5 Uhka (Threat)

Threat eli *uhka* tarkoittaa tapahtumaa, joka realisoituessaan voi johtaa onnettomuuteen. Uhkina voidaan pitää esimerkiksi käsiventtiileitä, jotka ovat väärässä asennossa tai mittauksia prosessissa, jotka näyttävät väärää lukemaa ohjaamoon tai kentälle. [15, s.21.]

3.3.6 Este (Barrier)

Barrier eli *este* tarkoittaa ohjaustoimenpidettä tai ohjauselementtiä, joka voi itsessään estää uhan etenemistä päätapahtumaan tai vähentää päätapahtuman seurauksien vakavuutta. Suojan täytyy olla tehokas, itsenäinen ja se täytyy olla tarkastettavissa. Suoja voi esimerkiksi olla varoventtiili tai pinnanmittauksen lukitus, joka lauetessaan lopettaa esimerkiksi syötön yksikön syöttösäiliöön. [15, s. 15.]

3.3.7 Seuraus (Consequence)

Consequence eli *seuraus* tarkoittaa ei-toivottua lopputulemaa, kun Top Event eli päätapahduma on tapahtunut. Seuraukset mitataan yleensä terveys- ja turvallisuusvaikutuksina, ympäristövaikutuksina, omaisuuden menetyksinä tai tuotannon keskeytyksistä seurautuvilla kuluilla. Päätapahduman seurauksia voivat olla esimerkiksi kaasupilven räjähdys tai BLEVE (boiling liquid expanding vapour explosion). [15, s. 16.]

3.3.8 Seurauksen lievennykseste (Mitigating barrier)

Mitigating barrier eli seurauksen lievennykseste tai lievennystekijä tarkoittaa laitetta, toimenpidettä tai toimintatapaa, jolla pyritään estämään kokonaan tai lieventämään seurausta. Tällaisia lievennystekijöitä voivat olla esimerkiksi hiilivetyhaistajien hälytykset, jotka ohjautuvat keskusvalvomoon, tai yksikön automaattiset hätäpysäytykset. [15, s. 18.]

3.3.9 Uhan lievennykseste (Preventative barrier)

Preventative barrier eli uhan lievennykseste sijoittuu bowtie-kaavion vasemmalle puolelle päätapahduman ja uhan väliin. Uhan lievennyksesteellä on mahdollisuus määrittää uhan taajuus. [15, s. 19.]

3.3.10 Esteen heikennysmekanismi (Decradation Mechanism)

Decradation Mechanism eli esteen heikennysmekanismi tarkoittaa asiaa, joka heikentää tai estää kokonaan esteen toiminnan. Jos esteen heikennysmekanismi on estänyt suojan toiminnan täysin, niin suojan riskienvähennyskerroin (RRF) ei ole enää ennallaan, eikä suoja voida lukea mukaan suojauksiin. [15, s. 16.]

3.3.11 Hajoamiskontrolli (Decradation Control)

Decradation Control eli hajoamiskontrolli tarkoittaa toimintatapaa tai menetelmää, jonka avulla pystytään hidastamaan tai estämään heikennysmekanismi vioittamasta esteen toimintaa prosessissa. Tällaisia toimintatapoja tai menetelmiä voi olla esimerkiksi mittalaitteiden säännölliset kalibroinnit tai pumppujen värinöiden seurannat. [15, s. 16.]

3.3.12 Inhimillinen tekijä (Human Factor)

Human Factor eli *inhimillinen tekijä* tarkoittaa ihmisten toimintaan liittyviä riskejä ja tekijöitä. Inhimillisillä tekijöillä on kriittinen rooli öljy- ja kaasuteollisuudessa. Ihmiset huolehtivat turvallisen ja tehokkaan toiminnan mahdollistamisesta optimoimalla suorituskkyä päivittäisessä toiminnassa ja onnettomuustilanteissa. Ihmisten rooli öljy- ja kaasuteollisuudessa ovat työkalujen, laitteiden ja käyttöliittymien suunnittelu, teknologian integrointi ja käyttö, riskinarvioinnit ja hätävalmiussuunnitelmat, organisaation luotettavuus, ihmisten käyttäytyminen, päätöksenteko ja ryhmätyötaidot stressaavissa tai kriittisissä tilanteissa. [15, s. 17.]

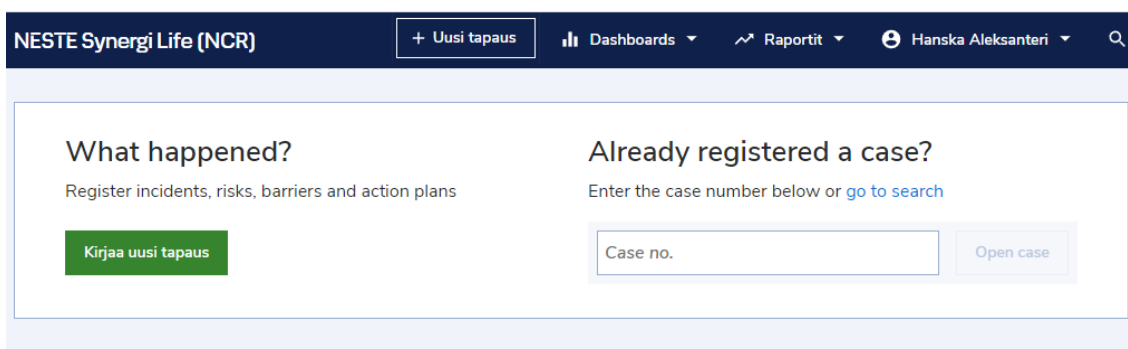
Inhimilliset tekijät ovat olennainen osa myös bowtie-kaavioita, sillä kaavioissa saatetaan antaa riskin vähennystekijöitä suojuuksille ihmisen toiminnan mukaan häiriö- tai vaaratilanteessa.

3.4 Synergi Life [NCR] -työkalu

Synergi Life on riskien, tapausten ja auditointien hallintaohjelmisto, jonka Norjan laatu- ja riskienhallintavirasto DNV on kehittänyt. Synergi on pilvipalvelupohjainen ohjelmisto, joka koostuu monista eri riskien-, omaisuuden- ja muutoksenhallintamoduuleista. Pilvipalvelupohjainen ohjelmisto tarjoaa loppukäyttäjälle helpon pääsyn ohjelmistoon selaimen kautta [16]. Nesteen organisaatiossa käytetään koko organisaation laajuisesti Synergiä. Yleisimmät tapaukset, joita Nesteellä kirjataan Synergiin, ovat huomiot, läheltä piti -tilanteet

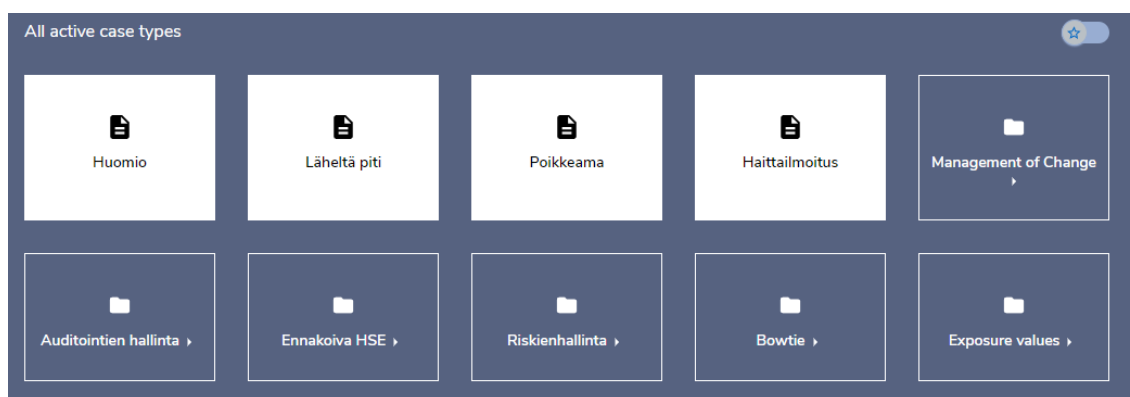
ja poikkeamat. Synergissä on myös mahdollisuus tulostaa muun muassa raportteja, joista voidaan seurata esimerkiksi organisaation tai tietyn tuotantolinjan turvallisuuden kehittymistä.

Synergissä luodaan tapauksia, joilla kaikilla on tapausnumero ja jokaisella tapauksella on osoitettu vastuuhenkilö, jonka tulee ratkaista kirjattu tapaus. Tapauksia on erilaisia, kuten huomio, läheltä piti -tilanteet, poikkeama tai haittailmoitus. Kuvassa 2 esitetty Synrgi Life -työkalun etusivu.



Kuva 2, Synergi Life (NCR) -päänäkymä eli etusivu.

Etusivulla voi luoda uuden tapauksen yläreunan painikkeesta (+ Uusi tapaus) tai vasemmalta alhaalta vihreästä napista (Kirjaa uusi tapaus). Päänäkymässä pystyy myös hakemaan jo olemassa olevaa tapausta tapausnumeron perusteella oikeasta reunasta. Yläreunan painikkeesta (Dashboards) pääsee näkymään, jossa on aluekohtaisesti kerätty tapauksia. Raportit -painikkeesta pääsee näkemään esimerkiksi koko konsernitason havainnointikierrosraportit, jotka on kirjattu Synergi Life -palveluun. Kuvassa 3 työkalun ikkuna, jossa näkyy kaikki tapaustyyppit, joita on mahdollista kirjata palveluun.



Kuva 3, Synergi Life -ohjelmasta löytyvät tapaukset, joita on mahdollista kirjata palveluun.

Synergi Life -palvelussa olevat tapaukset, joita on mahdollista kirjata palveluun. Neljä ensimmäistä laatikkoa vasemmalta pitävät sisällään jalostamon ilmoituksen läheltä piti -tilanteet, huomio- tai vaaratilanteista. Management of change pitää sisällään kaikki yhtiön muutoksen hallintaan liittyvät työkalut, jotka ovat yksi tärkeimmistä turvallisuustekijöistä yhtiössä. Muutoksen hallinta on tärkeä osa turvallisuutta, sillä jalostamolla saatetaan tehdä kriittisiin laitteisiin tai putkistoihin muutoksia, joista tulee tiedottaa jokaista käyttäjää. Tämän lisäksi muutoksen hallinta pitää sisällään riskienhallinnan muutoksen, joka pakottaa muutoksen tekijän keskustelemaan eri ammattialojen kanssa muutoksen vaikutuksesta kohteeseen ja sen aiheuttamista mahdollisista riskeistä.

Synergi Life Barrier Management -moduuli

Synergi Life on sisällyttänyt sovellukseensa Bowtie-moduulin, jonka avulla pystytään luomaan bowtie-kaaviota (rusetrikaavio). DNV:n verkkosivuilla kerrotaan suojausten hallinnasta ja bowtie-kaaviosta seuraavasti:

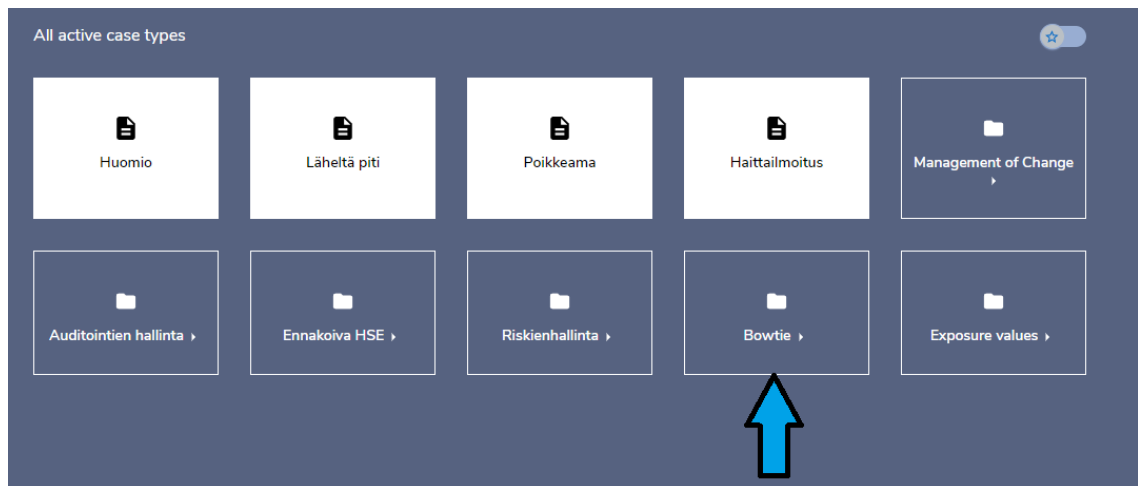
”Bowtie-analyysi varmistaa, että erityyppisten esteiden hallinta on johdonmukaista ja läpinäkyvää ja riskienhallintaratkaisu on sekä tehokas, että toimiva. Bowtie-kaavio auttaa parantamaan esteiden tiedostamista ja ymmärtämistä tarjoamalla yksinkertaisen viestintämuodon henkilöstölle, urakoitsijoille, viranomaisille ja muille sidos ryhmille. Bowtie-kaaviot auttavat arvioimaan esteiden

tehokkuutta ja tarjoavat hyödyllisen tavan priorisoida ja ylläpitää esteiden eheyttä” (liite 7), [17.]

Synergi Life Barrier Management -moduuli auttaa vastaamaan mm. seuraaviin kysymyksiin:

- Mitkä ovat suurimmat riskit, jotka voivat johtaa mahdollisiin onnettomuuksiin?
- Mitkä ovat kriittiset esteet, joihin luotetaan näiden riskien hallitsemiseksi?
- Millaisen suorituskyvyn vähimmäistason kriittisten esteiden on saavutettava?
- Mikä on kriittisten esteiden toiminnan tila sen eri elinkaaren vaiheissa?
- Kuinka varmistetaan, että kriittiset esteet ovat saatavilla ja toimivat tehokkaasti koko laitteen elinkaaren ajan?

Kuvassa 4 näytetään sinisellä nuolella, miten bowtie-moduulin löytää Synergi Life -ohjelmasta. Kuvassa 4 näkyvät ikkunat, jotka löytyvät, kun on painanut ”bowtie” nappia aikaisemmalta sivulta. Kuvan 4 tapauksien kuvaukset ja tarkoitukset on avattu aiemmin luvussa 3.3.



Kuva 4, Barrier Management -moduuli (Bowtie) Synergissä.

Bowtie-kaavion rakentaminen aloitetaan painamalla "Top event" -nappia, josta päästään sivulle, joka on esitetty kuvassa 5. Kuvassa 5 on otettu kuvankaappaus Synergis Top event näkymästä.



Kuva 5, Barrier Management moduuliin kirjattavat tapaukset.

Kuvassa 6 esitetään barrier management -moduulin Top Event -tapauksen sivua, josta lähdetään liikkeelle, kun halutaan tehdä bowtie-kaavio palvelussa.

BOWTIE - TOP EVENT
Loss of containment

Peruuta **Tallenna** ...

Tapauksen kuvaus

Hazard

Search...

* Top event

Loss of containment

* Tapahtumapaikka

Suomi - Porvoo - Jalostamo - TL 1 & 2

* Organisaatio vastuussa alueesta ?

Neste - Oil Products - Production - Refine and Blend - TL 1 & 2

Tapaukseen liittyvä laitteisto

Search...

+ Lisää referenssi

Add new

Threat Seuraukset

Kuva 6, Barrier management -moduulin Top Event -näkyminen Synergi Lifessä.

Synergi Life bowtie -moduuli on vielä kehitysvaiheessa eikä siitä löydy vielä välttämättä kaikkia haluttuja ominaisuuksia. Sivulla pystyy kirjoittamaan tapauksen kuvauksen sanallisesti. Top event -pudotusikkunassa pystyy valitsemaan joko "Loss of containment" tai "Falling from height". Top event pudotusikkunaan pystyy tarvittaessa lisäämään muita vaihtoehtoja, mutta tällä hetkellä työkalua on käytetty kuvamaan vain tilanteita, joissa päätapahtuma on neste- tai kaasuvuoto ulos prosessista. Tapahtumapaikan pudotusikkunasta pystyy valitsemaan minkä vain yrityksen käytössä olevan toimintapaikan. Tässä tilanteessa toimintapaikaksi on valittu Suomessa sijaitseva Porvoon Jalostamon Tuotantolaitos 1 & 2. Hazard-pudotusikkunasta pystyy valitsemaan tapahtumaa parhaiten kuvaavan vaaran. Työkalu on kehitysvaiheessa, joten jos hazard-pudotusikkunasta ei löydy sopivaa vaihtoehtoa, niin työkalun kehittäjälle laittamalla viestiä pystytään lisäämään sopiva vaihtoehto. Tapaus vaatii myös vastualueen, johon on myös valittu Tuotantolaitos 1 & 2. Ikkuna myös mahdollistaa suoraan uhan (Threat) ja seurauksen (Consequence) lisäämisen, jolloin aukeaa uusi ikkuna, johon nämä pystytään kuvaamaan.

4 Alkylointiyksikkö

4.1 Alkylointiyksikön toiminta ja tarkoitus

Alkylointiprosessissa kevyet hiilivedyt kuten propeeni ja buteeni yhdistetään isobutaanin kanssa. Osa tarvittavasta isobutaanista on olefiinisyötön mukana ja loppuosa saadaan isobutaani tisleenä isobutaani erotuskolonista. Olefiini- ja isobutaanimolekyylit reagoivat keskenään HF-hapon toimiessa katalyyttinä. HF-happo osallistuu reaktioon, mutta vapautuu reaktion loputtua. Syntyneitä alkylaattia käytetään korkeaoktaanisten bensiinien komponenttina. [19.]

HF-alkylointireaktio:

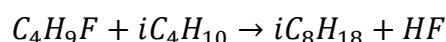
Vaihe 1:

buteeni + fluorivetyhappo -> butaanifluoridi (1)



Vaihe 2:

butaanifluoridi + isobutaani -> alkylaatti + fluorivetyhappo (2)



Alkylointireaktio on lämpöä vapauttava eksotermisen reaktio. Alkylaatti, propaani, butaani, happo ja isobutaani pysyvät sekoittuneena virratessaan ylös reaktoriputkessa. Tiheysero lämpimän reaktoriputken happo/hiilivedyn ja viileämmän hapon kesken aikaansaavat termosifooni-virtauksen ja pakottavat hapon selkeyttimien. Näiden seos pysyy sekoittuneessa muodossa johtuen virtausnopeudesta reaktoriputkessa. Yksikön tarkoituksena on valmistaa

buteeneista ja isobutaanista HF-hapon katalysoimana korkeaoktaanista bensiinikomponenttia, alkylaattia. [19.]

4.2 Riskit

Alkylointiyksikössä käytetään katalysaattorina fluorivetyhappoa (HF), joka on voimakkaasti syövyttävä ja erittäin myrkyllinen happo. Fluorivety (HF) on vedyn ja fluorin muodostama yhdiste. [20.]

Vedetön fluorivety on alkylointiyksikön katalyytti, ja sitä esiintyy happoalueen laitteissa sekä nesteinä että kaasuna. Fluorivety on sekä nesteinä että kaasuna terveydelle erittäin vaarallista. Fluorivety tuodaan yksikköön väkevänä fluorivetyhappona. Fluorivetyhappo ($\text{HF} \cdot \text{H}_2\text{O}$) on vetyfluoridin vesiliuos. Se on heikko happo, joka on kuitenkin myrkyllistä ja voimakkaasti syövyttävää [20].

Vedetön puhdas fluorivety on väritön, erittäin helposti haihtuva neste (kiehumispiste $19,5\text{ }^\circ\text{C}$), mutta prosessin hiilivedyt värjäävät sen kellanruskeaksi. HF liukenee täysin veteen vapauttaen runsaasti lämpöä. Fluorivetyhöyryt imevät ilman kosteutta ja aiheuttavat vuototilanteissa näkyvää sumua. Höyryillä on erittäin pistävä ja ärsyttävä haju. Hajuraja on alhainen, noin 0,1 ppm. Fluorivety on siten havaittavissa hajun perusteella jo huomattavasti alle työhygieenisen raja-arvon. Pelkästään hajuun ei kuitenkaan voi luottaa, sillä äkillisissä vuotoissa pitoisuudet voivat hetkessä nousta vaarallisen korkeiksi. Samoin vuotokohdassa esiintyvä näkyvä sumu auttaa paikallistamaan vuotokohtaa. [20]

Fluorivedyn haihtuminen vuotojen ja roiskeiden yhteydessä riippuu suuresti siitä, esiintyykö se vesiliukoisena: vesiliuoksista, joiden väkevyys on alle 50 %, on fluorivedyn haihtuminen huomattavan vähäistä verrattuna haihtumiseen väkevämmistä liuoksista. [20]

Fluorivety ei itse ole palava aine, mutta koska se reagoi monien metallien kanssa, voi reaktiossa syntyvä vety aiheuttaa palo- ja räjähdysvaaran suljetuissa ja huonosti tuulettuvissa paikoissa.

Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus on asetuksellaan haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista (268/2014) vahvistanut seuraavaa:

Fluorivedyn ja fluorivetyhapon työhygieeninen raja-arvo, HTP on 1.8 ppm 8 tunnin altistuksella ja 3.0 ppm 15 minuutin altistuksella.

- 0,1 mg/m³ Fluorivedylle ominainen erittäin pistävä ja ärsyttävä haju on tunnettavissa.
- alle 5 mg/m³ Pistelevää tunnetta iholla sekä ärsytystä silmissä ja limakalvoilla, mahdollisesti punoitusta iholla usean tunnin altistumisessa.
- yli 100 mg/m³ Silmien ja hengityselinten voimakas ärsytys, voimakasta kirvelyä iholla. Yli minuutin oleskelu alueella ei ole mahdollista.

Fluorivety ja sen vesiliuokset ovat nopeasti vaikuttavia, syövyttäviä ja myrkyllisiä. Sitä ja sen höyryjä vastaan on suojattava hengityselimet, silmät ja iho huolellisesti. Kaikki kosketus nestemäiseen fluorivetyyn on ehkäistävä tehokkaasti. [20.]

5 Synergi bowtie -moduuli

5.1 Aloittaminen

Tässä opinnäytetyössä käsitellään alkylointiyksikön HAZOPin noodi 11:n avulla bowtie-kaavion muodostaminen ja pyritään selkeyttämään bowtie-kaavion rakentamisprosessia alusta loppuun. Noodi tarkoittaa yhtä prosessin osaa, joka käsitellään HAZOP -istunnoissa. HAZOPit on jaettu eri noodeihin eli eri prosessin osiin, jotta pystytään käydä selkeästi pienempiä kokonaisuuksia läpi kerrallaan. Tässä opinnäytetyössä käsitellään noodi 11:tä sen takia, että se sisältää terveyden, turvallisuuden ja ympäristön kannalta vaarallisimpia kemikaaleja (fluorivetyhappo). Bowtie-kaavioissa ei tulla käyttämään mitään

prosessiyksikön tageja vaan tagit on muokattu niin, että kaavioista ei pysty suoraan tunnistamaan prosessin osia jalostamalla.

Bowtie-kaavion muodostaminen alkaa käymällä HAZOPia ja muita PHA PRO -raportteja läpi. PHA PRO -raportti on käytännössä lista eikä se käy sellaisenaan bowtie-kaavioiden muodostamiseen, vaan raportti vaatii hieman käsityötä, jotta sieltä pystyy suodattamaan helposti kaikki bowtie-kaavion päätapahtumat.

Päätapahtumien suodattamiseen selvitetään PHA-raportista tapahtumapaikka ja vuotava kemikaali. Esimerkkinä voidaan käyttää olefiini- ja isobutaanivuoto GA-101:llä. Noodi 11 sisältää kokonaisuudessaan kymmenen kappaletta päätapahtumia, ja nämä päätapahtumat sisältävät kuutta eri mahdollista kemikaalia, jotka voivat vuotaa ulos prosessista. Kemikaalit voivat olla joko puhtaina, tai ne voivat olla seoksina prosessissa. Vuotavat kemikaalit ovat isobutaani, olefiini ja isobutaani, nestekaasu, nestekaasu ja fluorivetyhappo, fluorivetyhappo ja hiilivety, nestekaasu ja vesi. Noodin 11:n päätapahtumat ovat kaikki Loss Of Containment tarkoittaen, että kemikaalit, joita bowtie-kaavioissa käsitellään, voivat vuotaa ulos prosessista vaarantaen terveyden, turvallisuuden ja ympäristön.

5.2 PHA PRO -työkalu ja käsitteitä

PHA PRO on Excelin tapainen työkalu, mutta se on erillinen sovellus, joka on suunniteltu HAZOP-istuntoja varten. PHA PRO on paljon joustavampi ja kevyempi työkalu, joka nopeuttaa HAZOP istuntoja. PHA PRO:ssa on valmiiksi luotuja pohjia, joita yritykset voivat käyttää, jolloin yrityksen ei tarvitse itse käyttää arvokasta työaikaa sovelluspohjien luomiseen. PHA PRO:n käyttäjältä vaaditaan erillinen lisenssi, jolloin ongelmaksi saattaa syntyä se, että kaikki HAZOPin osallistuvat henkilöt eivät pääse tiedostoon käsiksi. PHA PRO tiedosto on mahdollista muuntaa Excel -tiedostoksi tai Google Sheetsiin, jolloin tiedostoihin pääsee käsiksi kuka tahansa ja mahdollistaa useamman ihmisen samanaikaisen muokkaamisen. Kuvassa 7 esitetään PHA PRO -tiedoston visuaalista näkymää.

mahdollinen vaara liittyy oksy-prosessiyksikköön. Vaarana on, että syötön pysähdyttyä oksy-yksikössä tai olefiiniketjussa tapahtuu prosessihäiriö.

Viidennellä sarakkeella "Description of Severity of Consequence" käydään läpi vuodon nopeus ja suuruus. Sarakkeella saattaa myös olla maininta mahdollisista taloudellisista tappioista, jos tapaukseen liittyy mahdollisia muita prosessiyksiköitä tai tuoteketjuja (monta prosessiyksikköä). Tässä tapauksessa vuodon kesto on 10 minuuttia ja vuodon suuruus on 1 700 kg olefiinia ja isobutaania ulkoilmaan.

PHA PRO -tiedoston muilla sarakkeilla on myös paljon erilaista tietoa, kuten sarakkeella kuusi "C" kerrotaan prosessihäiriön aiheuttaman ongelman seuraus, joka voi esimerkiksi olla LOC (Loss of Containment). Sarakkeella kaksitoista "RRF" (Risk Reduction Factor):n kuvaa suojalle annettua tehokkuutta. Neste on sitoutunut käyttämään RRF:ä 10 välein, jotta suojan tehokkuutta on helppo seurata (1, 10, 100...). Tässä tapauksessa RRF 10 tarkoittaa sitä, että yksi kerta kymmenestä suoja ei toimi ja päätapahtuma pääsee tapahtumaan, jos sille ei ole annettu muita suojia estämään tapahtuman tapahtumista.

5.3 PHA PRO tiedoston muuntaminen Google Sheetsiin

Bowtie-kaavioiden muodostaminen vaatii sen, että PHA PRO -tiedosto valmiista HAZOPista muunnetaan Google Sheetsiin ja lisätään yksi sarake, jonka avulla päätapahtumat pystytään suodattamaan yksinkertaisesti. Kuvassa 8 on muodostettu esimerkki, miltä Google Sheets näyttää, kun PHA PRO -tiedosto on muutettu. Varsinaista tiedostoa ei tietosuojasyistä voida esittää opinnäytetyössä.

ID	Deviation, Guide or Key Word	Initiating Events	Cause	Hazardous scenario	Description of Severity of Consequence	Hazard	ID	Description of safe state	RRF
1	1. Ei / Pieni virtaus	154. Virtausmittaus näyttää liikaa (säädin normaalisti manuaalilla ja täysin auki, virtausmäärä säädetään yksikön ulkopuolella)	1. Virtausmittaus ohjaa venttiilin kiinni -> ei olefiinisyttöä ALKYyn Cause: 11.2.2	1. olefiinisyötesäiliön pinta laskee -> pumppu GA-101+S käy kuivana -> pumppurikko -> vuoto ulos (olefiinia, isobutaania)	1. vuoto ulos, olefiinia + isobutaania 10 min 1700 kg (10000 kg/h) Eristetään venttiilillä	GA-101+S Olefin and Isobutane	XXXIX. GA-101+S kaksoismekaaninen tiiviste (RRF=10)	XXXIX. GA-101+S kaksoismekaaninen tiiviste	10
2	1. Ei / Pieni virtaus	165. vikaantuu kiinni	1. Virtausmittaus ohjaa venttiilin kiinni -> ei olefiinisyttöä ALKYyn Cause: 11.2.3	1. olefiinisyötesäiliön pinta laskee -> pumppu GA-101+S käy kuivana -> pumppurikko -> vuoto ulos (olefiinia, isobutaania)	1. vuoto ulos, olefiinia + isobutaania 10 min 1700 kg (10000 kg/h) Eristetään venttiilillä	GA-101+S Olefin and Isobutane	XL. Pinnanmittaus LL (RRF=10)	XL. Pinnanmittaus LL sammuttaa pumpun GA-101+S	10

Kuva 8 PHA PRO tiedosto, joka on muutettu Google Sheetsin ja lisätty "Hazard"-sarake, jossa noodin päätapahtumat.

PHA PRO -tiedostosta siirretään tarvittavat tiedot Excelliin tai Google Sheetsin, jotta tietojen käsittely helpottuu. Tämän lisäksi pystytään lisäämään sarake "HAZARD", josta saadaan lajiteltua hyvin yksinkertaisesti tapaukset päätapahtumien mukaan. Tietojen siirtäminen tapahtuu täysin manuaalisesti, sillä tällä hetkellä ei ole vielä järkevää tapaa siirtää suuria määriä tietoja. Tietojen siirtämisen yhteydessä täytyy olla hyvin tarkka, että kaikki tiedot siirtyvät ja ne ovat oikeita. Bulkkietodonsiirtomahdollisuutta ollaan selvittämässä, mutta sen työstäminen on haasteellista aikaa ja resursseja vievää.

Kuvan 9 avulla helppo hahmottaa, miten suodattaminen toimii Google Sheets -työkalussa.

Node 11 PHA .XLSX Confidential

File Edit View Insert Format Data Tools Help

Classification label was applied to this file and set to Confidential automatically

ID	Deviation, Guide or Key Word	Initiating Events	Cause	Hazardous scenario	Description of Hazard	ID	Description of safe state	RRF	Recommendations
1	1. Ei / Pieni virtaus	154. Virtausmittaus näyttää liikaa (saadin normaalisti manuaalilla ja täysin auki virtausmäärä säädetään yksikön ulkopuolella)	1. Virtausmittaus ohjaa venttiilin kiinni -> ei olefinisyyttöä ALKYyn Cause: 11.2.2	1. olefinisyytesäiliön pinta laskee -> pump GA-101+S käy kuiva -> pumppurikko -> virtaus (olefinia, isobutaania)		XXXIX GA-101+S	XXXIX GA-101+S kaksosmekaaninen tiiviste	10	
2	1. Ei / Pieni virtaus	165. vikaantuu kiinni	1. Virtausmittaus ohjaa venttiilin kiinni -> ei olefinisyyttöä ALKYyn Cause: 11.2.3	1. olefinisyytesäiliön pinta laskee -> pump GA-101+S käy kuiva -> pumppurikko -> virtaus (olefinia, isobutaania)		XL Pinnanmittaus LL (RRF=10)	XL Pinnanmittaus LL sammuttaa pumpon GA-101+S	10	
3	1. Ei / Pieni virtaus	168. ALKYn olefinisyyttö Virtausmittaus manuaalilla ja OKSYsta liian pieni syöttömäärä	1. Virtausmittaus ohjaa venttiilin kiinni -> ei olefinisyyttöä ALKYyn Cause: 11.2.5	3. pumppu GA-101+S hajoaa ja vuotaa ulos -> ei paineentottoa pumpulla GA-101+S virtaus ALKYn syöttö pienenee (vain isobutaanisyyttö) -> pumpon sammuminen asettaa reaktoriputkisuuttimien säätöventtiilille -> Saatove alhainen virtaus ohjaa kiertoisobutaanin säätöventtiilin kiinni -> paine nousee kiertoisobutaaniliinjassa		XXXIX GA-101+S	XXXIX GA-101+S kaksosmekaaninen tiiviste (RRF=10)	10	
4									
5									

Kuva 9 Lajittelumenetelmän toiminta google sheets työkalussa.

Kuvassa 9 avataan nuolen osoittamasta paikasta HAZARD-sarakkeesta pudotusikkuna auki. Tämän jälkeen pystytään valitsemaan yksi tai useampi päätapahtuma, jotka Google Sheets tuo esille aakkosjärjestyksessä. Bowtie-kaavioita rakentaessa kannattaa tuoda esille yksikerrallaan päätapahtumia, jotta kaavioiden rakentaminen olisi mahdollisimman yksinkertaista. Pitämällä kaavioiden rakentamisen mahdollisimman yksinkertaisena vältetään mahdollisilta huolimattomuusvirheilä.

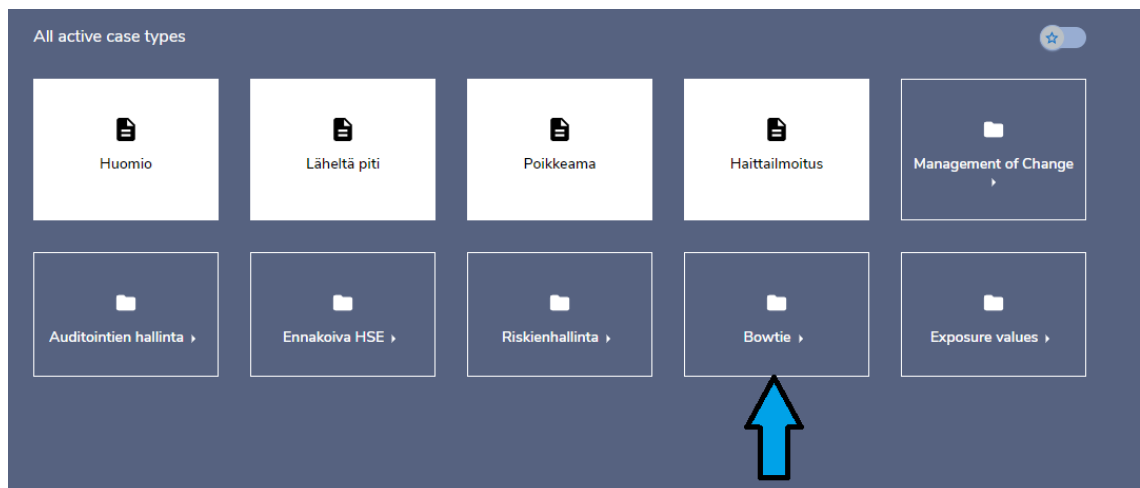
6 Alkyloinnin bowtie-kaavioiden rakentaminen

Bowtie-kaavion rakentaminen alkaa avaamalla Synergi Life NCR -työkalu, josta päästään avaamaan uusi tapaus. Tämän jälkeen päästään seuraavien vaiheiden kautta rakentamaan bowtie-kaavioita. Kaikki jalostamon prosessiyksikössä olevat laitetagit ja vastuuhenkilöiden nimet on muokattu niin, että niitä ei pysty tunnistamaan. Laitteiden tagien ja henkilöiden nimien

piilottaminen ei vaikuta lopullisen prosessin kuvaamiseen negatiivisesti, koska Nesteen organisaation jäsenillä on oikeudet lopullisiin sensuroimattomiin kaavioihin. Opinnäytetyön käyttäminen tulevaisuudessa kaavioiden rakentamisen tukena on myös täysin mahdollista, sillä prosessi on kuvattu hyvin huolellisesti apukuvia käyttäen. Kuvassa 10 esitetään nuolen avulla, miten uuden tapauksen pystyy luomaan barrier management -moduulista.

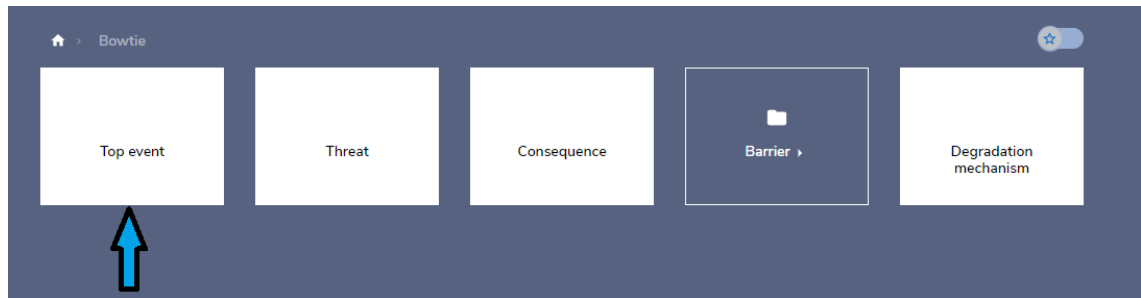
6.1 Päätapauksen luominen bowtie-kaavioon

Alla olevassa kuvassa (kuva 10) on esitetty Synergi Life NCR:n näkymä eri tapaustyypeistä.



Kuva 10 Valitaan Bowtie -moduuli Synergi Life NCR -työkalun uusista tapauksista.

Kuvassa 11 sininen nuoli näyttää kohdan, josta täytyy painaa, jotta saadaan luotua päätapauksen kaavio. Tämä ikkuna on avautunut kuvan 10 jälkeen.



Kuva 11 Bowtie -moduulista valitaan Top event (päätapautuma).

Kuvassa 12 pyritään näyttämään, miten moduulin päätapautuma kirjataan palveluun.

NESTE Synergi Life (NCR) + Uusi tapaus Dashboards Raportit Hanska Aleksanteri

#397885 BOWTIE - TOP EVENT
ALKY - Olefiini ja isobutaanivuoto GA-98 +S, Loss of containment

Peruuta Tallenna

Tapauksen kuvaus
Olefiini ja isobutaani vuoto pumpulla GA-98 +S

Hazard
Olefiini ja isobutaanivuoto GA-98 +S

* Top event
Loss of containment

* Tapahtumapaikka
Suomi - Porvoo - Jalostamo - TL 1 & 2

* Organisaatio vastuussa alueesta
Neste - Oil Products - Production - Refine and Blend - TL 1 & 2

Tapaukseen liittyvä laitteisto
Search...

+ Lisää referenssi

Add new
Threat Seuraukset

Kuva 12 Kirjoitetaan päätapautuman kuvaus ja valitaan tyypiksi Loss of containment.

Kirjoitetaan päätapautuman kuvaus kenttään "Tapauksen kuvaus", jonka jälkeen Top Event -kohtaan valitaan pudotusikkunasta Loss of containment. *Tapahtumapaikka ja organisaatio vastuussa alueesta* täyttyy tässä tapauksessa automaattisesti järjestelmään luodun profiilin mukaisesti, mutta niitä pystyy pudotusikkunan kautta muokkaamaan Nesteen organisaation ja paikkojen mukaisiksi.

Kuvan 13 tarkoituksena on selkeyttää päätapahtuman luomista. Jos päätapahtumalle ei valitse Hazard -sarakkeesta otsikkoa, niin kaavion visuaalisessa näkymässä ei näy muuta kuin ”Loss of containment”.

The screenshot shows the NESTE Synergi Life (NCR) interface. At the top, there's a navigation bar with 'Uusi tapaus', 'Dashboards', 'Raportit', and user information 'Hanska Aleksanteri'. The main content area is titled '#397885 BOWTIE - TOP EVENT' and 'ALKY - Olefiini ja isobutaanivuoto GA-9803+S, Loss of containment'. There are buttons for 'Peruuta' and 'Tallenna'. Below, there are input fields for 'Tapauksen kuvaus' (containing 'Olefiini ja isobutaani vuoto pumpulla GA-9803 + S') and 'Hazard' (containing 'Olefiini ja isobutaanivuoto GA-9803+S'). A dropdown menu is open, showing a list of hazards under the heading 'ALKY'. The selected hazard is 'Olefiini ja isobutaanivuoto GA-9803+S', indicated by a blue arrow. Other hazards in the list include 'Acid hydrocarbon in FA-9807', 'Acid-hydrocarbon in DA-9802 and FA-9810', 'HF in FA-9807 sampling line to sewer', 'Hiilivety ja fluorivetyhappo vuoto DA-9802 ja FA-9810', 'Hiilivety ja fluorivetyhappo vuoto FA-9819A and B', 'Hydrocarbon with 2-4% HF in FA-9819A/B', 'Isobutaani vuoto FA-9803A and B', 'LPG and HF in FA-9807', 'LPG and HF in GA-9805+S', 'LPG in alky flare line', 'LPG in FA-9802', 'LPG liquid in FA-9816', 'Nestekaasu ja fluorivetyhappo vuoto FA-9802', 'Nestekaasu ja fluorivetyhappo vuoto GA-9805+S', 'Nestekaasu FA-9802', 'Nestekaasua FA-9802 Vesityslinjassa viemäriin', 'Nestekaasua soitulinjassa', 'Nestekaasua vesilinjassa Line 3 P9843', and 'Propane and HF in FA-9813A/B'. There are also buttons for 'Add new', 'Threat', and 'Seuraukset'. At the bottom, there are sections for 'LIITTEET' and 'Tiedostot'.

Kuva 13 Hazard:n lisääminen tapaukseen.

Bowtien päätapahtuma vaatii, että Hazard-sarakkeen alta valitaan tapahtuman kuvaus, jotta se näkyy otsikkona tapaukselle. Hazard-pudotusikkuna vaatii tällä hetkellä Synergi Life -pääkäyttäjää lisäämään tapauksen kuvauksen, jotta sen pystyy valitsemaan. Kehitysideana tässä olisi hyvä olla vain laatikko, johon otsikon voisi kirjoittaa, jotta ei kuormitettaisi järjestelmän pääkäyttäjiä. Hazard-laatikon alle voi myös luoda alaotsikoita kuten ”ALKY” tässä tapauksessa, jonka alta löytyvät alkylointiyksikköön liittyvien tapauksien kuvaukset.

Synergi Life -järjestelmään ei kirjata henkilöiden nimiä muuten, kuin tapauksen käsittelevälle vastuuhenkilölle niin kuin kuvassa 14 on tehty.

Kuva 14 Merkitään tapaukselle käsittelyorganisaatio ja vastuhenkilö sekä tapauksen tila.

Synergi Life NCR -työkalu vaatii jokaiselle kirjatulle tapaukselle käsittelyorganisaation sekä vastuhenkilön. Vaaditut kohdat työkalussa näkyvät punaisina tähtinä laatikoiden vasemmassa yläreunassa Tässä tapauksessa vastuuhenkilöksi merkitään tuotantolinja 2:n tekninen päällikkö. Tapauksen tila on rekisteröity, sillä sitä ei ole kukaan vielä käsitellyt.

Palvelussa täytyy muistaa painaa "tallenna" -nappia, jotta tapaus tallentuu järjestelmään niin kuin kuvassa 15 on esitetty. Jos tapauksia ei tallenneta, niin kukaan muu ei näe tapauksia järjestelmässä ja ne jäävät "draft" -tilaan.

Kuva 15 Tallennetaan luotu tapaus.

Järjestelmä luo jokaiselle tapaukselle oman tapaustunnuksen kuvan 16 mukaisesti.

NESTE Synergi Life (NCR) + Uusi tapaus Dashboards Raportit Hanska Aleksanteri

#397885 BOWTIE - TOP EVENT REKISTERÖITY
ALKY - Olefiini ja isobutaanivuoto GA-98 +S, Loss of containment Edit case

ALKY - Olefiini ja isobutaanivuoto GA-98 +S, Loss of containment

Suomi - Porvoo - Jalostamo - TL 1 & 2 | Assigned to Neste - Oil Products - Production - Refine and Blend - TL 1 & 2, P Jukka | [View processing log](#)

Olefiini ja isobutaani vuoto pumpulla GA-98 + S

Hazard Olefiini ja isobutaanivuoto GA-98 +S	Top event Loss of containment	Organisaatio vastuussa alueesta Neste - Oil Products - Production - Refine and Blend - TL 1 & 2
--	----------------------------------	--

Referenssejä ei ole lisätty

Kuva 16 Tallennettu päätapahtuma järjestelmässä ja tapaustunnus.

Tallennuksen jälkeen oikeaan yläreunaan tulee näkyviin tapauksen tunnus (#397885), jonka avulla tapaus löytyy tulevaisuudessa järjestelmästä. Tapausta pystyy muokkaamaan myös jälkikäteen "Edit case" -painikkeesta.

Järjestelmästä pääsee myös näkemään alkuperäisen muokkaushistorian ja aikaisemmat vastuuhenkilöt ja vastuuorganisaatiot. Kuvassa näkyy otsikkona "ALKY – Olefiini ja isobutaanivuoto GA-98XX+S, Loss of containment", jotka tulevat aikaisemmin mainituista "Hazard" ja "Top event" -laatikoiden pudotusikkunoista.

6.2 Bowtie-kaavion vasemman puolen rakentaminen ja siihen liittyvät tapaukset

Bowtie-kaavion vasen puoli on sinänsä tärkeämpi, kuin oikea puoli, jossa päätapahtuma on jo tapahtunut. Kaavion vasemmalla puolella käsitellään uhat ja niiden esteet. Tärkeintä, että kaikki esteet on tunnistettu oikein ja niille on annettu oikea määrä RRF:iä. Esteiden heikennysmekanismien tunnistaminen ja

heikkensmekanismien välttäminen muun muassa kunnossapitotoimin on erityisen tärkeää, jotta esteet toimivat niille määritetyin tavoin [3 s. 27].

Järjestelmässä pystyy joko luomaan tapauksen erillisenä, jolloin sen pystyy jälkikäteen linkittämään toiseen tapaukseen tai järjestelmässä voi linkittää suoraan tapauksen toiseen, niin kuin kuvassa 17 on esitetty.

The screenshot shows the NESTE Synergi Life (NCR) interface for a specific incident. The header includes the system name, a '+ Uusi tapaus' button, and navigation options like 'Dashboards', 'Raportit', and user information 'Hanska Aleksanteri'. The main content area is titled '#397885 BOWTIE - TOP EVENT' and describes an incident: 'OLEFIINI - Olefiini ja isobutaani vuoto GA-98 +S, Loss of containment'. Below this, there are several dropdown menus for 'Tapauksen kuvaus', 'Hazard', 'Top event', 'Tapahtumapaikka', and 'Organisaatio vastuussa alueesta'. A search bar for 'Tapaukseen liittyvä laitteisto' is also present. At the bottom, there is a '+ Lisää referenssi' button and an 'Add new' section with two buttons: 'Threat' (circled in red) and 'Seuraukset'.

Kuva 17 Uhan luominen ja linkittäminen päätapahtumalle.

Uhan eli tässä tapauksessa "Threat" luominen päätapahtumalle onnistuu, kun muokataan päätapahtuman tapausta, josta löytyy sivun alareunasta "add new" -> "Threat". Tällä tavalla uhka linkittyy suoraan päätapahtuman tapaukseen, eikä sitä tarvitse enää jälkikäteen linkittää päätapahtuman tapausnumeron avulla. Tämäkin on tosin mahdollista, mutta ei suositeltavaa, sillä se vain lisää prosessin monimutkaisuutta.

Kuvassa 18 esitetty, miltä uhan lisääminen näyttää ja mitä tietoja tapaus vaatii, jotta järjestelmä hyväksyy sen.

You are creating a new connected case ×

BOWTIE - THREAT

FCA98 näyttää liikaa - FCA98 ohjaa venttiiliin FV98 kiinni -> ei olefinisyöttöä ALKY:n Peruuta **Tallenna** ...

* Otsikko

FCA98 näyttää liikaa - FCA98 ohjaa venttiiliin FV98 kiinni -> ei olefinisyöttöä ALKY:n

Tapauksen kuvaus

* Tapahtumapaikka

Suomi - Porvoo - Jalostamo - TL 1 & 2

* Organisaatio vastuussa alueesta ?

Neste - Oil Products - Production - Refine and Blend - TL 1 & 2

Tapaukseen liittyvä laitteisto

PVO; FV98 x

Search...

Kuva 18 Uhan lisääminen päätapahtumaan.

Uhan lisättyä otsikkokenttään kirjoitetaan mistä uhka johtuu (tämä löytyy Google Sheetsistä otsikon "*Initiating Events*" alta) ja tämän lisäksi otsikkokenttään kirjoitetaan mitä prosessiyksikössä tapahtuu sen jälkeen (tämä löytyy Google Sheetistä otsikon "*Cause*" alta). Tässä tapauksessa otsikon voisi lukea: "Virtausmittaus FCA98XX näyttää liikaa -> Virtausmittaus ohjaa venttiiliin FV98XX kiinni -> jolloin olefinisyöttö alkylointiyksikköön katkeaa". Järjestelmään luotu uhka on myös uusi tapaus, joten se saa myös oman tapausnumeron, kun tapaus on tallennettu. Tapaukselle on myös mahdollista lisätä tapaukseen liittyvä laite tai laitteisto. Tässä tapauksessa kohtaan on lisätty venttiili FV98XX. Tallennus edellyttää myös uhissa vastuuhenkilön tai vastuu organisaation lisäämisen tapaukselle.

Kuvassa 19 esitetään, kuinka este saadaan linkitettyä suoraan uhan tapaukseen.

NESTE Synergi Life (NCR) + Uusi tapaus Dashboards Raportit Hanska Aleksanteri

#398115 **BOWTIE - THREAT** Peruuta Tallenna

FCA98 näyttää liikaa -> FCA98 ohjaa venttiilin FV98 kiinni -> ei olefinisyöttöä alkylointiin

* Otsikko

FCA98 näyttää liikaa -> FCA98 ohjaa venttiilin FV98 kiinni -> ei olefinisyöttöä alkylointiin

Tapauksen kuvaus

* Tapahtumapaikka

Suomi - Porvoo - Jalostamo - TL 1 & 2

* Organisaatio vastuussa alueesta

Neste - Oil Products - Production - Refine and Blend - TL 1 & 2

Tapaukseen liittyvä laitteisto

PVO: FV98

Search...

+ Lisää referenssi

Add new

Preventive barrier

Kuva 19 Esteen linkittäminen suoraan uhan tapaukseen.

Bowtie-kaaviossa esteiden tarkoituksena on esittää visuaalisesti uhalle asetettujen esteiden määrä ja tehokkuus. Tästä on kerrottu enemmän luvussa 3.3.6. Esteiden linkittäminen tapauksen uhalle onnistuu, kun avataan järjestelmästä halutun uhan tapaus ja painetaan "edit". Uhan tapaus aukeaa, ja vasemmassa alareunassa löytyy linkki "Add new" -> "Preventative barrier". Tämä linkittää esteen suoraan sille määritetylle uhalle. Esteen pystyy myös luomaan erikseen, minkä jälkeen tapauksen voi linkittää tapausnumeron avulla, mutta se on hyvin epäselvä ja voi sekoittaa. Tapauksien linkittäminen suoraan toiseen tapaukseen on suotavaa, sillä muuten täytyisi pitää kirjaa jokaisesta tapausnumerosta, jolloin mekaanista työtä tulee huomattava määrä. Tämä voi johtaa siihen, että kaavioiden luomisessa tulee turhia huolimattomuusvirheitä.

Kuvassa 20 esitetään, miltä esteen luominen näyttää ja mitä tietoja se vaatii, jotta järjestelmä hyväksyy sen.

You are creating a new connected case ×

BOWTIE - BARRIER - PREVENTIVE Peruuta **Tallenna** ...

GA-98 +S kaksoismekaaninen tiiviste

* Otsikko

GA-98 +S kaksoismekaaninen tiiviste

Description

RRF = 10

Barrier function description

Kaksoismekaanisen tiivisteiden tarkoituksena estää hiilivetyvuodot pumpulta

Barrier function

Prevent hydrocarbon leak

* Barrier system description

Dual seal

* Barrier system

0. Process design

Barrier category

Passive hardware

Tapahtumapaikka

Suomi - Porvoo - Jalostamo - TL 1 & 2

Organisaatio vastuussa alueesta

Neste - Oil Products - Production - Refine and Blend - TL 1 & 2

Tapaukseen liittyvä laitteisto

PVO; GA-98

Search...

Kuva 20 Esteen luominen uhalle.

Esteen otsikkokenttään lisätään Google Sheets -taulukosta sarakkeelta "ID" esteen otsikko. Tämän lisäksi description -kohtaan lisätään Google Sheets -taulukosta RRF (RRF= Risk Reduction Factor) sarakkeelta "ID". RRF tarkoittaa esteen tehokkuutta uhan torjumisessa. Nesteellä on käytössä kymmenjärjestelmä RRF:n määrittämisessä (1, 10, 100...), jonka avulla tehokkuutta on selkeää seurata. Muissa öljy- ja energiayhtiöissä saattaa olla käytössä muita menetelmiä, jolloin RRF saattaa olla esimerkiksi 50, mutta se tuo epäselvyyttä, kun lasketaan uhalle määriteltyjen esteiden kokonais -RRF.

Barrier function description -otsikon alle kirjoitetaan esteen funktio. Barrier system description -kohtaan merkitään esteen mekaaninen kuvaus. Barrier function -pudotusikkunasta valitaan parhaiten sopiva kuvaus tapaukselle. Barrier system on merkitty pakolliseksi punaisella tähdellä pudotusikkunan vasempaan yläreunaan. Pudotusikkunasta kuitenkin puuttuu huomattava määrä

eri systeemejä, joten tätä tapausta varten on valittu vain 0. Process design, sillä se on paras kuvaus tälle tapaukselle.

Kuvassa 21 esitetään miten esteen tapaukseen saadaan linkitettyä suoraan heikennysmekanismi.

The screenshot shows a user interface for linking a degradation mechanism to a case. It features three dropdown menus at the top: 'Barrier category' (set to 'Passive hardware'), 'Tapahtumapaikka' (set to 'Suomi - Porvoo - Jalostamo - TL 1 & 2'), and 'Organisaatio vastuussa alueesta' (set to 'Neste - Oil Products - Production - Refine and Blend - TL 1 & 2'). Below these is a section for 'Tapaukseen liittyvä laitteisto' (Equipment related to the case) with a tag 'PVO; GA-98' and a search field. At the bottom, a button labeled 'Degradation mechanism' is circled in red, indicating the next step in the process.

Kuva 21 Esteen heikennysmekanismin linkittäminen suoraan tapaukseen.

Esteelle on mahdollista linkittää heikennysmekanismi, joka tarkoittaa käytännössä esteen tehokkuuden heikentymistä ajan saatossa. Tästä on kerrottu enemmän luvussa 3.3.9. Nesteen ”yhdessä nollaan” -hankkeessa pidettiin työpaja Forgeworks -yrityksen kanssa, ja saatiin konsultointiapua muun muassa tunnistamaan esteiden heikennysmekanismeja. Työpajassa käytiin kolme eri noodia läpi ja listattiin ylös kaikki noodeista ylösnousseet esteet ja pyrittiin tunnistamaan mahdollisimman monta eri heikennysmekanismia, jotka jokaiselle esteelle heikentävät tai lopettavat esteen toiminnan.

Nesteellä suoritettiin työpaja, jossa käytiin alkylointiprosessiyksikön noodien kontrollityypit ja niiden heikennysmekanismit läpi. Tämän lisäksi kontrollit heikennysmekanismeille selvitettiin, muiden ammattialojen kanssa yhteistyössä. Kuvassa 22 kuvankaappaus Google Sheets -tiedostosta, joka luotiin työpajan yhteydessä.

	A	B	C
1	Control type	Degradation mechanism	Degradation control barrier
2	Dual seal	Excessive vibration causes seal failure	CA: conduct vibration monitoring and replace seals as required
3	Control loop	Fouling or malfunction	CC: verify control loop reading against alternative instrument and/or local gauge (raise maintenance request to address any discrepancies)
4	Hydrocarbon gas alarm	Fouling/malfunction	Calibrate and test hydrocarbon point gas detectors
5	HOLD: Closed drain system	Blockage in drain	CA: Conduct regular cleaning of drain

Kuva 22 Kuvankaappaus Forgeworaksin kanssa suoritetusta työpajasta ja tunnistetuista kontrollien heikennysmekanismeista

Yllä olevassa kuvassa muutamia työpajassa esiin nousseita heikennysmekanismeja. A-sarakkeella on merkitty esteen kontrollityyppi, joita tunnistettiin noodeista kokonaisuudessaan 11 kappaletta. B-sarakkeessa on merkitty kontrollityypille sen heikennysmekanismi tai tekijä, joka heikentää tai estää esteen toimintaa. Heikennystekijöitä tunnistettiin työpajassa peräti 24 kappaletta yhdelletoista kontrollityypille. C-sarakkeelle on merkitty toimenpiteitä, joiden avulla pyritään pitämään esteen toiminta kunnossa niin, että sarakkeen B heikennysmekanismi ei pääsisi vaikuttamaan esteen toimintaan. Tällaisia toimenpiteitä on muun muassa mittalaitteiden säännölliset kalibroinnit tai viemärijärjestelmien säännölliset tarkastukset ja puhdistamiset.

Kuvassa 23 esitetään, miltä heikennysmekanismin kirjaaminen näyttää ja mitä tietoja järjestelmä vaatii.

NESTE Synergi Life (NCR) + Uusi tapaus Dashboards Raportit Hanska Aleksanteri

#398181 BOWTIE - DEGRADATION MECHANISM Peruuta Tallenna

Liiallinen värinä aiheuttaa tiivisteiden pettämisen

* Otsikko

Liiallinen värinä aiheuttaa tiivisteiden pettämisen

Tapauksen kuvaus

* Tapahtumapaikka

Suomi - Porvoo - Jalostamo - TL 1 & 2

* Organisaatio vastuussa alueesta

Neste - Oil Products - Production - Refine and Blend - TL 1 & 2

Tapaukseen liittyvä laitteisto

Search...

+ Lisää referenssi

Add new

Degradation control

Kuva 23 Heikennysmekanismin kirjaaminen bowtie-kaavioon.

Heikennysmekanismiin kirjataan otsikkokenttään sen toiminta. Tämän lisäksi heikennysmekanismiin päästään linkittämään suoraan hajoamiskontrolli, jolla pyritään estämään tai viivästyttämään heikennysmekanismin kulumaa. Heikennysmekanismit löytyvät eri kontrollityypeille työpajassa tehdystä Google Sheets -taulukosta. Taulukkoa ei voi vielä käyttää koko jalostamon laajuisesti, sillä siinä on käsitelty vasta yhden yksikön muutamasta noodista tunnistetut mekanismit ja niille kriittiset aktiviteetit.

Kuvassa 24 esitetty, miltä heikennysmekanismin kirjaaminen järjestelmässä näyttää ja mitä tietoja vaaditaan.

You are creating a new connected case ×

BOWTIE - BARRIER - DEGRADATION CONTROL Peruuta **Tallenna** ...

Kriittinen aktiviteetti: Seuraa säännöllisesti pumpun värinöitä ja vaihda tiivisteet tarvittaessa

* Otsikko

Kriittinen aktiviteetti: Seuraa säännöllisesti pumpun värinöitä ja vaihda tiivisteet tarvittaessa

Description

Barrier function description

Barrier function

Search...

* Barrier system description

Kriittinen aktiviteetti

* Barrier system

0. Process design

Barrier category

Search...

Tapahtumapaikka

Suomi - Porvoo - Jalostamo - TL 1 & 2

Organisaatio vastuussa alueesta

Neste - Oil Products - Production - Refine and Blend - TL 1 & 2

Tapaukseen liittyvä laitteisto

Search...

Kuva 24 Hajoamiskontrollin linkittäminen heikennysmekanismiin.

Hajoamiskontrolli vaatii otsikkokenttään toimenpiteen, jolla heikennysmekanismi pidetään ns. kurissa, jotta heikennysmekanismi ei pääse vaikuttamaan ajan tai olosuhteiden vaikuttaessa esteen toimintaan ja sen suorituskykyyn. Barrier system description -laatikkoon kirjataan aktiviteetin kriittisyys. Barrier system -laatikko on merkitty pakolliseksi tiedoksi punaisella tähdellä. Tällä hetkellä pudotusikkunassa ei ole riittävästi vaihtoehtoja, jotka kattaisivat kaikki tapaukset, joten valitaan "0. Process design" ja lähetetään ehdotus Synergi Life NCR pääkäyttäjille, jotka pystyvät tekemään muutoksia pudotusikkunoiden sisältöihin.

Synergi Life jä-rjestelmässä ei ole kovin yksinkertaista avata bowtie-kaaviota. Jotta bowtie-kaavion saa auki, täytyy mennä päätapahtumaan ja avata bowtie-kaavio kuvan 25 mukaisesti.

NESTE Synergi Life (NCR) + Uusi tapaus Dashboards Raportit Hanska Aleksanteri

#397885 BOWTIE - TOP EVENT REKISTERÖITY
ALKY - Olefiini ja isobutaanivuoto GA-98 +S, Loss of containment

ALKY - Olefiini ja isobutaanivuoto GA-98 +S, Loss of containment

Suomi - Porvoo - Jalostamo - TL 1 & 2 | Assigned to Neste - Oil Products - Production - Refine and Blend - TL 1 & 2, P | Jukka | [View processing log](#)

Olefiini ja isobutaani vuoto pumpulla GA-98 + S

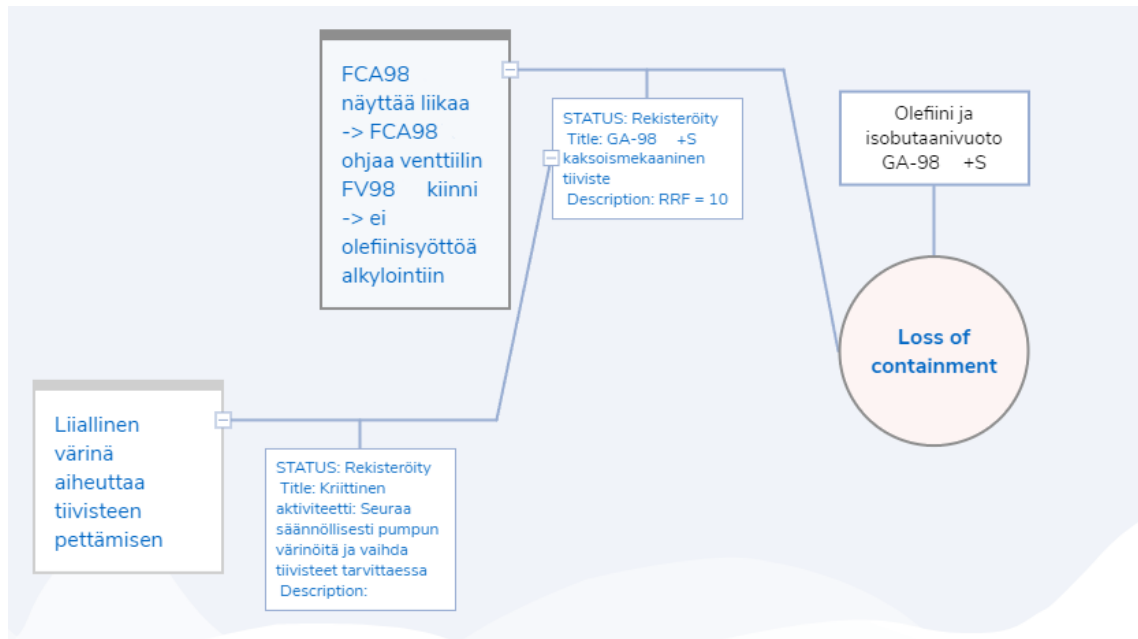
Hazard	Top event	Organisaatio vastuussa alueesta
Olefiini ja isobutaanivuoto GA-98 +S	Loss of containment	Neste - Oil Products - Production - Refine and Blend - TL 1 & 2

Referenssejä ei ole lisätty

Kuva 25 Bowtie-kaavion visuaalinen näkymä Synergi Life NCR -järjestelmässä.

Bowtie-kaavion visuaalisen näkymän esille tuominen Synergi -järjestelmässä ei ole kovin yksinkertaista. Jotta kaavioon pääsee käsiksi, pitää kaikki päätapahtumaan linkitetyt tapaukset olla tallennettu järjestelmään, jotta ne eivät olisi draft -versiossa. Tämän jälkeen kaavion saa auki avaamalla päätapahtuman näkymän ja painamalla oikeassa yläreunassa olevaa kolmea pistettä. Kolmesta pisteestä aukeaa pudotusikkuna, josta on punaisella ympyröity "Open bowtie". Tästä painikkeesta pääsee näkemään sen hetkisen visuaalisen esityksen bowtie-kaavion, joka päätapahtumalle on luotu.

Bowtie-kaaviot saattavat olla todella isoja, joten kuvaan 26 on otettu kuvankaappaus keskeneräisestä kaaviosta havainnollistamaan kaavion muotoa. Opinnäytetyön liitteissä (liite 1–8) on kaaviot kokonaisuudessaan.



Kuva 26 Bowtie-kaavion vasen puoli esitetty selkeästi.

Yllä olevassa kuvassa on bowtien-kaavion vasen puoli, josta löytyvät päätapahatuma (Loss of containment), uhka (FCA98XX näyttää liikaa), este (GA-98XX+S kaksoismekaaninen tiiviste, RRF = 10), esteen heikennysmekanismi (Liiallinen värinä aiheuttaa tiivisteiden pettämisen) ja hajoamiskontrolli (Seuraa säännöllisesti pumpun värinöitä ja vaihda tiivisteet tarvittaessa). Tämä kaavio ei ole vielä valmis, mutta yhdellä esteellä kuvattu bowtie-kaavion vasen puoli on hyvin selkeä ymmärtää ja esittää.

Tämän opinnäytetyön liitteistä (liite 1–8) löytyvät kokonaisuudessaan kaikki alkyloinnin noodin 11 bowtie-kaaviot. Synergi Life NCR -järjestelmällä bowtie-kaavion visuaalinen esitystapa ei ole yhtä miellyttävä kuin esimerkiksi kilpailevalla BowtieXP:llä. Synergissä bowtie on hyvin yksinkertaisen näköinen, eikä kaaviossa ole juuri mitään värejä nähtävillä.

6.3 Bowtie-kaavion oikean puolen rakentaminen ja siihen liittyvät tapaukset

Bowtie-kaavion oikealla puolella käsitellään tilannetta, jossa päätapahtuma on jo päässyt tapahtumaan. Kun päätapahtuma on määritelty, seuraava vaihe on seurausten (consequences) määrittäminen. Bowtie-kaavion oikea puoli voi ottaa huomioon turvallisuuden, ympäristön, omaisuusvahingot ja maineen menetyksen, mutta tämä on yrityskohtaista ja riippuu siitä, mitä kaaviossa halutaan tuoda esille ja mikä on relevanttia. Usein yhdessä tapauksella voi olla useita seurauksia. Tästä on hyvänä esimerkkinä syttyminen, joka voi johtaa tulipaloon, allaspaloon tai höyrypilven räjähdykseen. Näiden eri tapauksien käsittelemiseen vaaditaan useita eri esteitä, jotta aiheutunut vahinko pystytään estämään tai minimoimaan. Kaavion oikean puolen tehtävänä on kuvata tapoja ja toimenpiteitä, joiden avulla pyritään lopettamaan tai minimoimaan päätapahtuman aiheuttamia haittoja. Riskimatriisissa voidaan myös käsitellä seurauksien aiheuttamat mahdolliset menetykset, vahingot, syyt ja todennäköisyydet. Yleensä nämä tiedot ovat saatavilla HAZO:sta tai PHA - tiedostoista.

Bowtie-kaavion oikeanpuolen rakentamisessa on tärkeää, että käytetään jo olemassa olevaa materiaalia, kuten paloriskianalyysiä ja prosessiyksikön suojausten toimenkuvausta. Suojauksien toimenkuvaukset löytyvät pdf-tiedostona yrityksen NMS-järjestelmästä yksikön kansion alta. NMS on Nesteen käyttämä tietokanta, johon luodaan kaikki yrityksen viralliset ohjeet. Ohjeet voivat olla prosessiyksiköiden operointiohjeita tai ne voivat olla HR-työskentelyyn liittyviä ohjeistuksia [3 s. 24].

Opinnäytetyössä on rakennettu bowtie-kaaviot niin, että ensin on tehty kaavion vasen puoli loppuun. Tämän jälkeen päästään luomaan kaavion oikeaa puolta kuvan 27 mukaisesti.

NESTE Synergi Life (NCR) + Uusi tapaus Dashboards Raportit Hanska Aleksanteri

#397885 BOWTIE - TOP EVENT Peruuta Tallenna

ALKY - Olefiini ja isobutaanivuoto GA-98 +S, Loss of containment

Tapauksen kuvaus: Olefiini ja isobutaani vuoto pumpulla GA-98 + S

Hazard: Olefiini ja isobutaanivuoto GA-98 +S

* Top event: Loss of containment

* Tapahtumapaikka: Suomi - Porvoo - Jalostamo - TL 1 & 2

* Organisaatio vastuussa alueesta: Neste - Oil Products - Production - Refine and Blend - TL 1 & 2

Tapaukseen liittyvä laitteisto: Search...

+ Lisää referenssi

Add new

Threat **Seuraukset**

Kuva 27 Seurauksen linkittäminen bowtie-kaavion päätapahtumaan.

Päätapahtumaa pääsee Synergi bowtie -moduulissa muokkaamaan sen tapausnumeron avulla (#397885). Seurauksen linkittäminen suoraan päätapahtumaan onnistuu helposti niin, että valitaan päätapahtuman tapaus ja painetaan "edit" -nappia. Tämän jälkeen aukeaa yllä olevan kuvan tyylinen ikkuna, jonka alareunasta löytyy punaisella värillä ympyröity "add new" -> "Seuraukset". Painetaan "Seurakset" -nappia, jolloin työkalu luo uuden tapauksen, joka on valmiiksi linkitetty suoraan päätapahtumaan. Seurauksien luominen onnistuu myös itsenäisesti Synergin bowtie -moduulin aloitussivulta, minkä jälkeen seurauksen voi halutessaan linkittää päätapahtumaan sen tapausnumeron avulla.

Kuvassa 28 esitetään, miten seuraus saadaan kirjattua järjestelmään. Kuvassa myös ympyröity punaisella työn seuraava vaihe eli seurauksen lievennys esteen linkittäminen tapaukselle.

NESTE Synergi Life (NCR) + Uusi tapaus Dashboards Raportit Hanska Aleksanteri

#398351 **BOWTIE - CONSEQUENCE** Peruuta Tallenna

Tulipalo ja/tai räjähdys

* Otsikko
Tulipalo ja/tai räjähdys

Tapauksen kuvaus

* Tapahtumapaikka
Suomi - Porvoo - Jalostamo - TL 1 & 2

* Organisaatio vastuussa alueesta
Neste - Oil Products - Production - Refine and Blend - TL 1 & 2

+ Lisää referenssi

Add new
[Mitigating barrier](#)

Kuva 28 Seurauksen kirjaaminen bowtie-kaavioon ja seurauksen lievennyksesten linkittäminen seuraukseen.

Seurauksen kirjaaminen järjestelmään on hyvin yksinkertaista. Otsikkokenttään kirjataan mahdollinen seuraus, joka voi syntyä tapauksesta riippuen. Tämän tapauksen päätapahduma on olefiini- ja isobutaanivuoto pumpulla, joten mahdollinen seuraus voi olla tulipalo ja/tai räjähdys.

Seuraukselle pystyy myös linkittämään suoraan lievennyksesten tapauksen vasemmasta alareunasta "add new" -> "Mitigating barrier". Lievennyksesteistä on kerrottu enemmän luvussa 3.3.8.

Kuvassa 29 esitetään, mitä tietoja lievennyksesten kirjaaminen vaatii järjestelmässä.

NESTE Synergi Life (NCR) + Uusi tapaus Dashboards Raportit Hanska Aleksanteri

#398388 BOWTIE - BARRIER - MITIGATING Peruuta Tallenna

AI98 hiilivety hälytys

* Otsikko
AI98 hiilivety hälytys

Description

Barrier function description

Barrier function
Search...

* Barrier system description
Kriittinen aktiviteetti

* Barrier system
2. Critical alarms and operator intervention

Barrier category
Search...

Tapahtumapaikka
Suomi - Porvoo - Jalostamo - TL 1 & 2

Organisaatio vastuussa alueesta
Neste - Oil Products - Production - Refine and Blend - TL 1 & 2

Tapaukseen liittyvä laitteisto
Search...

+ Lisää referenssi

Degradation mechanism

Kuva 29 Lievennysesteen luominen ja heikennysmekanismin linkittäminen tapaukselle.

Lievennyseste vaatii Synergi -järjestelmässä otsikon, esteen systeemin selityksen ja esteen systeemin valitsemisen pudotusikkunasta. Otsikkona tässä tapauksessa on AI98XX hiilivetyhälytys. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että vuodon tapahtuessa hiilivetyhaistaja hälyttää hälytysrajan yli menevän hiilivetypitoisuuden ohjaamoon, jossa operaattori huomaa ääntä pitävän ja värikoodilla merkityn hälytyksen. Esteen systeemi on kriittinen hälytys, ja sen selitys on kriittinen aktiviteetti.

Lievennysesteelle voi myös linkittää suoraan heikennysmekanismin alareunasta punaisella värillä ympyröidystä napista "Degradation mechanism".

Heikennysmekanismin kirjaaminen kuvassa 30.

NESTE Synergi Life (NCR) + Uusi tapaus Dashboards Raportit Hanska Aleksanteri

#398387 **BOWTIE - DEGRADATION MECHANISM** Peruuta Tallenna

Toimintahäiriö tai laitteen epäkunto

* Otsikko

Tapauksen kuvaus

* Tapahtumapaikka

* Organisaatio vastuussa alueesta ?

Tapaukseen liittyvä laitteisto

+ Lisää referenssi

Add new

Kuva 30 Heikennysmekanismin kirjaaminen esteelle ja hajoamiskontrollin linkittäminen tapaukselle.

Heikennysmekanismi kaasuhaistelijalle on tässä tapauksessa laitteen toimintahäiriö tai epäkunto, jolloin laite toimii väärin tai ei ollenkaan. Tämä on kriittistä, sillä vuototilanteen sattuessa on todella tärkeää saada tietää kohteen hiilivetytitoisuudet. Kuvan alareunaan on punaisella värillä ympyröity ”Degradation control”, josta linkitetään heikennysmekanismille kontrolli, jonka avulla este pidetään toimintakunnossa. Hajoamiskontrollin kirjaaminen esitetty kuvassa 31.

BOWTIE - BARRIER - DEGRADATION CONTROL
Kalibroij ja testaa hiilivetyhaistajien toiminta

Peruuta Tallenna ...

* Otsikko

Kalibroij ja testaa hiilivetyhaistajien toiminta

Description

Barrier function description

Barrier function

Search...

* Barrier system description

Kriittinen aktiviteetti

* Barrier system

2. Critical alarms and operator intervention

Barrier category

Search...

Tapahtumapaikka

Suomi - Porvoo - Jalostamo - TL 1 & 2

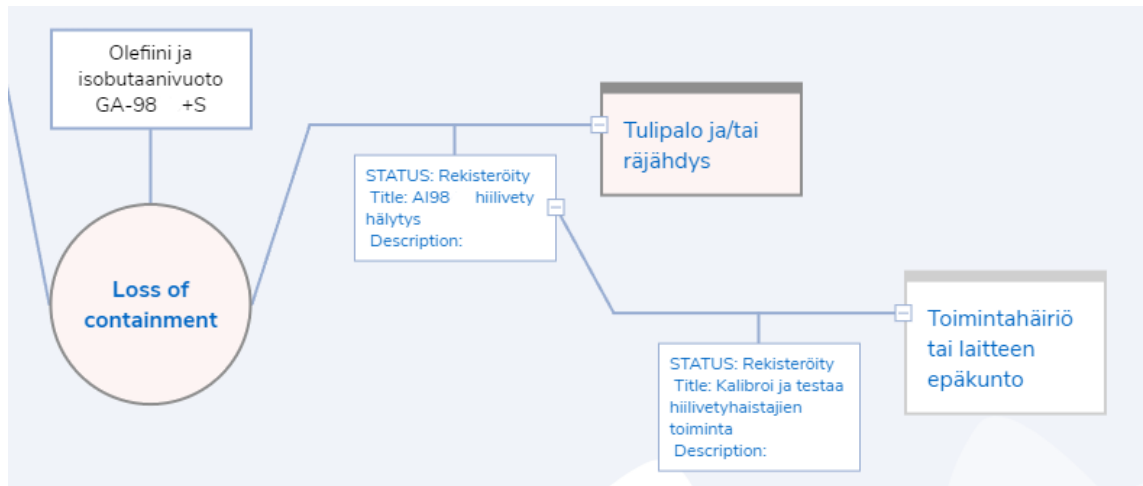
Organisaatio vastuussa alueesta

Neste - Oil Products - Production - Refine and Blend - TL 1 & 2

Kuva 31 Hajoamiskontrollin luominen.

Hiilivetyhaistajan toiminta kunnon varmistaminen vaatii, että se on kalibroitu ja haistajan toiminta on varmistettu testaamalla. Hajoamiskontrolli vaatii järjestelmässä otsikon, esteen systeemin selityksen sekä esteen systeemin pudotusikkunasta valittuna. Muut vaadittavat tiedot on täytetty automaattisesti profiilin mukaisesti.

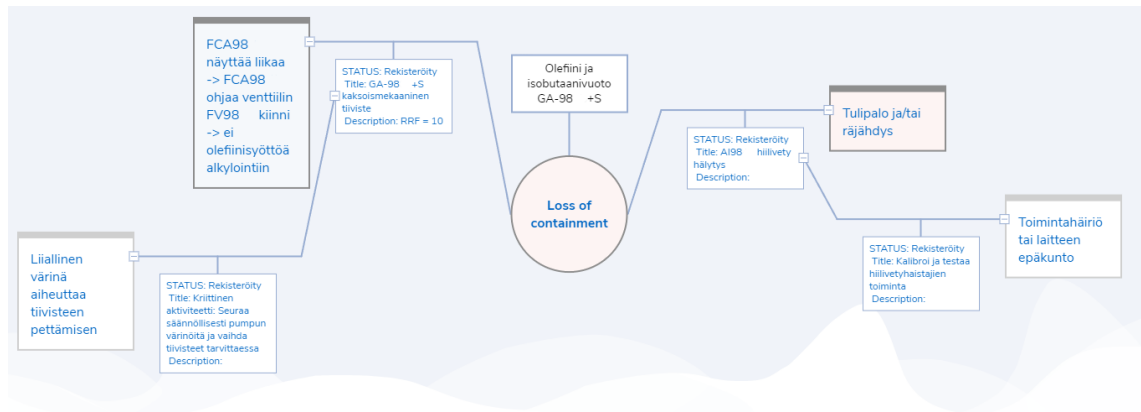
Kuvassa 32 esitetään yksinkertainen malli, miltä bowtie-kaavion oikea puoli (seuraukset) voi näyttää.



Kuva 32 Bowtie-kaavion oikea puoli.

Bowtie-kaavion oikean puolen rakenne näkyy selkeästi keskeneräisessä kaaviossa selkeästi. Tämä kaavio ei ole vielä valmis, mutta sitä on hyvä käyttää esimerkkinä, sillä se ei ole liian suuri eikä siinä ole liikaa tekstiä. Kuvan vasemmassa reunassa on päätapahtuma (Olefiini- ja isobutaanivuoto GA-98XX+S, Loc), oikeassa reunassa seuraus (Tulipalo ja/tai räjähdys), seurauksen este (AI98XX hiilivety hälytys), heikennysmekanismi (Toimintahäiriö tai laitteen epäkunto) ja hajoamiskontrolli (Kalibroi ja testaa hiilivetyhaistajien toiminta).

Kuvassa 33 esitetään yksinkertaistettu malli siitä, miltä bowtie-kaavio kokonaisuudessaan voisi näyttää.



Kuva 33 Bowtie-kaavio kokonaisuudessaan.

Kuvassa näkyvä bowtie-kaavio on vielä keskeneräinen ja se tullaan liittämään kokonaisuudessaan opinnäytetyön liitteisiin (liite 8), mutta kuvassa kaavion rakenne näkyy hyvin selkeästi. Keskellä kaaviota on päätapahtuma, vasemmalla uhka ja siihen liittyvät tapaukset, jotka on käsitelty ylempänä sekä oikealla puolella kaaviota seuraus ja siihen liittyvät tapaukset, jotka on käsitelty ylempänä. Kaavio on visuaalisesti hyvin pelkistetyn näköinen, mutta se auttaa hahmottamaan uhkien ja esteiden toiminnan sekä niiden vaikutukset ja mahdolliset heikkoudet.

7 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää bowtie-kaavion rakentamisen prosessia, jota yritys voi jatkossa käyttää riskien, tapausten ja auditointien hallintaohjelmisto Synergi Life NCR:ssä. Kaavioiden rakentamisprosessin selkeyttämisen lisäksi opinnäytetyön tavoitteena oli kuvata alkylointiprosessiyksikön vaarallimmat suuronnettomuusskenaariot bowtie-kaavioiden avulla.

Bowtie-kaavioiden rakentaminen on hyvin manuaalinen prosessi, sillä Synergiin ei ole tällä hetkellä vielä saatavilla toimivaa massadatan siirtoa PHA PRO:sta. Tiedonsiirrossa manuaalisesti saattaa tapahtua huomattavasti virheitä, jolloin jokin turvallisuuskriittinen asia jää mahdollisesti huomaamatta kokonaan.

Toinen hyvin kriittinen asia, joka myös ilmenee tiedonsiirrossa, on PHA PROhon ja Synergiin välinen tiedonsiirto. Tällä hetkellä ainoastaan PHA PROsta pystyy siirtämään dataa Synergiin, mutta Synergistä ei ole mahdollista siirtää automaattisesti dataa PHA PROhon. Tämä johtaa siihen, että on käytössä kaksi eri järjestelmää, jolloin tilanteessa, jossa tietoa täytyy päivittää toiseen järjestelmään, ei tieto päivity automaattisesti toiseen. Tämä taas johtaa siihen, että päivitetty data täytyy manuaalisesti kirjata molempiin järjestelmiin, jolloin syntyy taas riski sille, että tieto ei ole siirtynyt molempiin järjestelmiin samanlaisena.

Bowtie-kaavioiden rakentaminen on myös hyvin hidasta ja se vie huomattavan määrän työtunteja varsinkin uudelta käyttäjältä. Synergi Life NCR järjestelmänä on hyvin tuttu laajasti koko Nesteen organisaatiolle, sillä se on osana kaikkien organisaatioiden päivittäistä työskentelyä, mutta järjestelmän bowtie-moduulin käyttäminen saattaa tuntua aluksi hyvinkin sekavalta. Bowtie-kaavioiden rakentamisessa täytyy olla tarkkana, että tapaukset on linkitetty toisiinsa oikein. Jos näin ei ole, kaavio saattaa olla täysin rikki tai se ei esitä prosessia ja sen turvallisuutta oikein.

Prosessiturvallisuuden näkökulmasta bowtie-kaavioiden käyttäminen prosessiyksiköiden suojauksien ja riskein kuvaamisessa ei ole pakollista. Tämänhetkiset tavat, kuten HAZOP, on toimiva prosessi, joka on ollut käytössä Nesteen organisaatiolla jo kymmenien vuosien ajan. Bowtie-kaavioiden etuna on niiden visuaalinen rakenne, josta kokematonkin henkilö pystyy ymmärtämään riskit, suojaukset ja seuraukset vaara- tai onnettomuustilanteelle. Tämän lisäksi kokeneemmillekin henkilöille voitaisiin esittää monitasivuisia riskianalyysiraportteja selkeämmin.

Aihetta on tutkittu jonkun verran ja bowtie-kaavioita on käytössä Nesteellä Singaporen jalostamolla, sillä Singaporen laki velvoittaa jalostamoita rakentamaan bowtie-kaaviot prosessiyksiköistä. Työtä varten soveltuva kirjallisuutta haettiin lähinnä erilaisista tutkimuksista, artikkeleista sekä työssä käytettiin Nesteen sisäisiä asiakirjoja.

Vaikka bowtie-kaaviot eivät ole välttämättömiä ja niiden rakentaminen on todella työlästä, opinnäytetyössä tehty kaavioiden rakentamisen prosessin selkeyttäminen luo Nesteen organisaatiolla selvän prosessin, jonka avulla kaavioita pystyy tehokkaasti rakentamaan järjestelmässä. Bowtie-kaavioiden avulla pystytään visualisoimaan prosessissa ilmenevät uhat, niiden seuraukset sekä suojaukset, joiden avulla vältetään uhkia realisoitumasta. Bowtie-kaaviot ovat varsinkin kokemattomalle henkilölle jalostamon ympäristössä hyödyllinen työkalu, jonka avulla prosessiyksikön suojauksien toiminnot ilmenevät helposti.

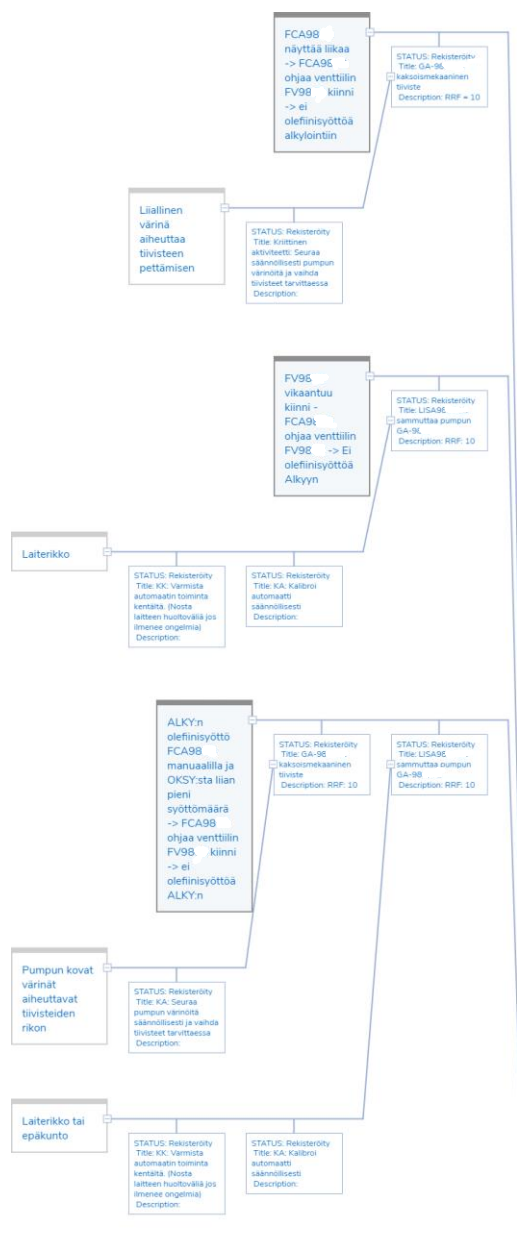
Bowtie-kaavioiden rakentamista koko alkyloinnin prosessiyksiköstä ja muista jalostamon prosessiyksiköistä tulee arvioida, jos PHA PRO:n massadatan siirto saadaan toimimaan sekä tiedonsiirto PHA PRO:n ja Synergi Life NCR:n välillä mutkattomaksi. Tämän lisäksi muita painoa tuovia tekijöitä saattavat olla jotkin harjoitusmateriaalit uusille henkilöille jalostamolla sekä muuttuva lainsäädäntö.

Lähteet

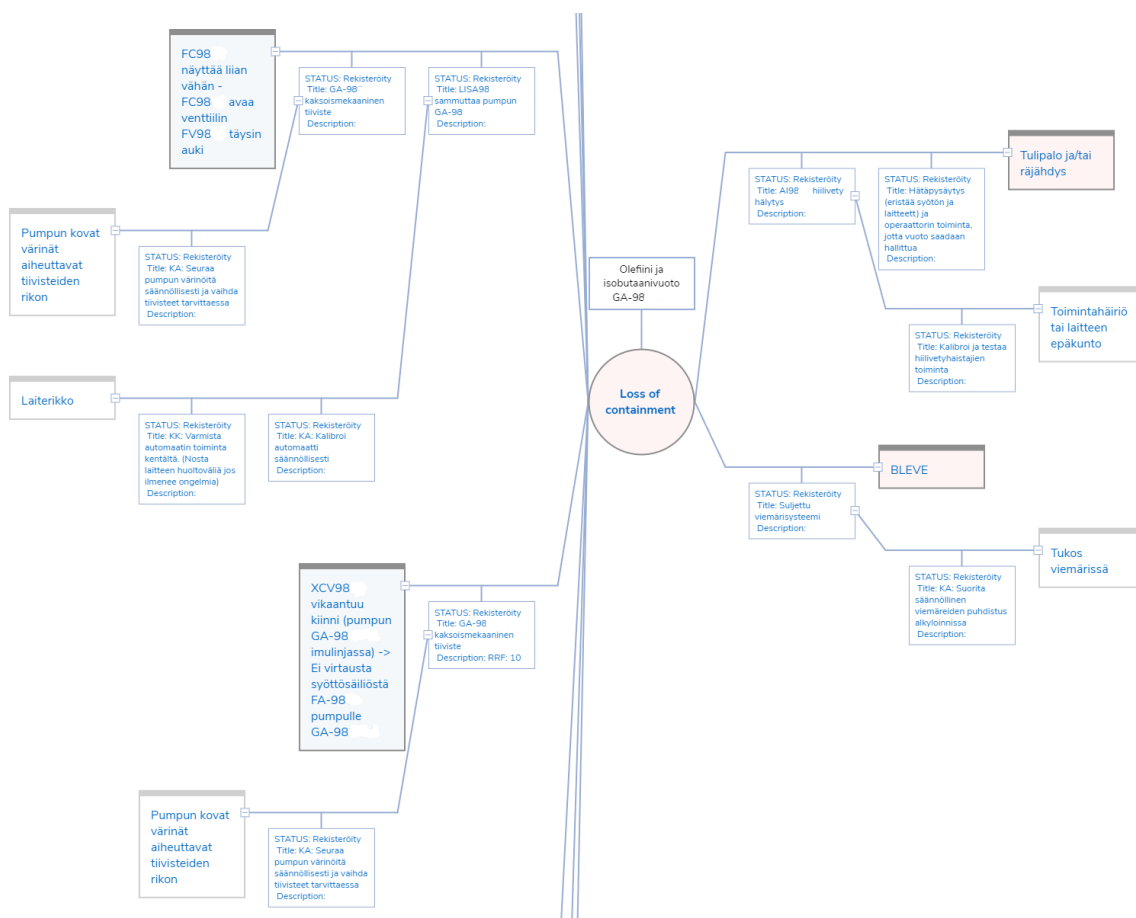
- 1 Amanda, Ilkko. 2022. Enhancing barrier management for safe and predictable operations in chemical process industry – Implementing bow tie analysis as a part of risk management. Aalto-yliopisto, insinöörityötekniikan korkeakoulu. Aaltodox-tietokanta. Luettu 7.5.2023.
- 2 Turvallisuus. 2023. Verkkoaineisto. Neste Oyj. <<https://www.neste.fi/konserni/vastuullisuus/turvallisuus>>. Luettu 3.5.2023.
- 3 CCPS; Energy Institute. 2018. Bow Ties In Risk Management – A Concept Book for Process Safety. John Wiley Sons, Inc.
- 4 Fire Hazard Analysis (Work Procedure). 2022. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Oyj.
- 5 Tietoa Nesteestä. 2023. Verkkoaineisto. Neste Oyj. <<https://www.neste.fi/konserni/tietoa-meista>>. Luettu 8.5.2023.
- 6 Porvoo. 2023. Verkkoaineisto. Neste Oyj. <<https://www.neste.fi/konserni/tietoa-meista/tuotanto/porvoo>>. Luettu 8.5.2023
- 7 Rotterdam. 2023. Verkkoaineisto. Neste Oyj. <<https://www.neste.fi/konserni/tietoa-meista/tuotanto/rotterdam>>. Luettu 8.5.2023
- 8 Singapore. 2023. Verkkoaineisto. Neste Oyj. <<https://www.neste.fi/konserni/tietoa-meista/tuotanto/singapore>>. Luettu 8.5.2023
- 9 Yhdessä nollaan hankkeet. 2022. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Oyj.
- 10 Center for Chemical Process Safety. 2007. Guidelines for Risk Based Process Safety. Luettu 10.6.2023
- 11 Process Safety and Occupational Safety – a brief history. 2012. Verkkoaineisto. Process improvement institute. <<https://www.process-improvement-institute.com/process-safety-and-occupational-safety-a-brief-history/>>. Luettu 10.6.2023.
- 12 Process Hazard Analysis (Standard). 2022. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Oyj.

- 13 Action Error Analysis (AEA) (Work Procedure). 2022. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Oyj.
- 14 Fire Hazard Analysis (Work Procedure). 2022. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Oyj.
- 15 CCPS; Energy Institute. 2018. Bow Ties In Risk Management – A Concept Book for Process Safety – CCPS Glossary of Terms for Process Safety. John Wiley Sons, Inc.
- 16 QHSE and enterprise risk management software – Synergi Life. 2023. Verkkoaineisto. DNV. <https://www.dnv.com/services/qhse-and-enterprise-risk-management-software-synergi-life-1240?&utm_campaign=qhse_synergi_life&utm_source=google&utm_medium=cpc&gad=1&gclid=Cj0KCQjwwvilBhCFARIsADvYi7K3k8BJDt-TOE8pC6D8Pv81q4ss2aoCe4OGxBbqOy-HVWNGcHvsxx6bgaAkUnEALw_wcB&gclidsrc=aw.ds>. Luettu 20.5.2023.
- 17 Barrier management – Minimizing risks and preventing incidents. 2023. Verkkoaineisto. DNV. <<https://www.dnv.com/oilgas/services/barrier-management-minimizing-risks.html>>. Luettu 20.5.2023.
- 18 What Is Process Hazard Analysis (PHA)?. 2021. Verkkoaineisto. Sphera. <<https://sphera.com/glossary/what-is-process-hazard-analysis-pha/>>. Luettu 20.6.2023
- 19 ALKY yleisohje (Work Procedure). 2022. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Oyj.
- 20 ALKY turvallisuusohje (critical). 2022. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Oyj.
- 21 The bowtie method. 2023. Verkkoaineisto. Wolters Kluwer. <<https://www.wolterskluwer.com/en/solutions/enablon/bowtie/expert-insights/barrier-based-risk-management-knowledge-base/the-bowtie-method>>. Luettu 14.6.2023.

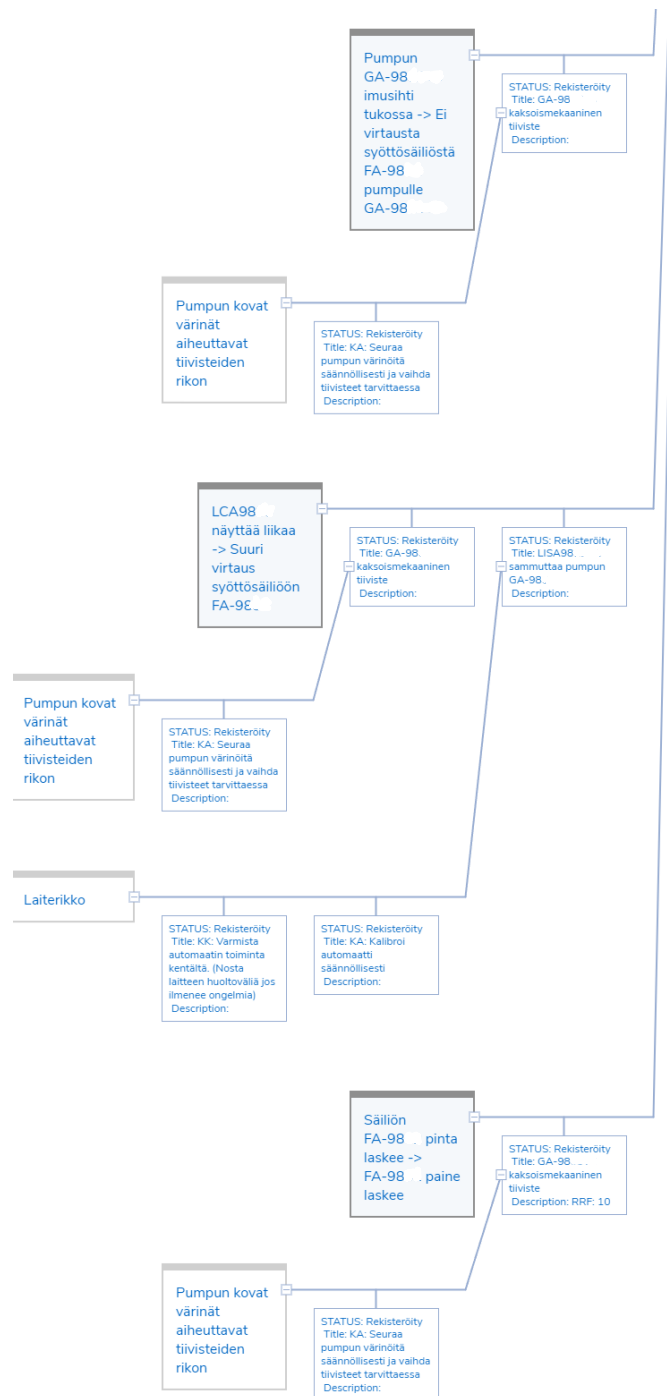
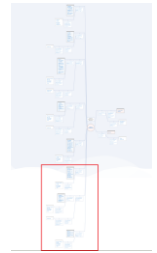
Liite 1 Osa 1/3 Bowtie-kaavio; Olefiini- ja isobutaanivuoto GA-98XX+S



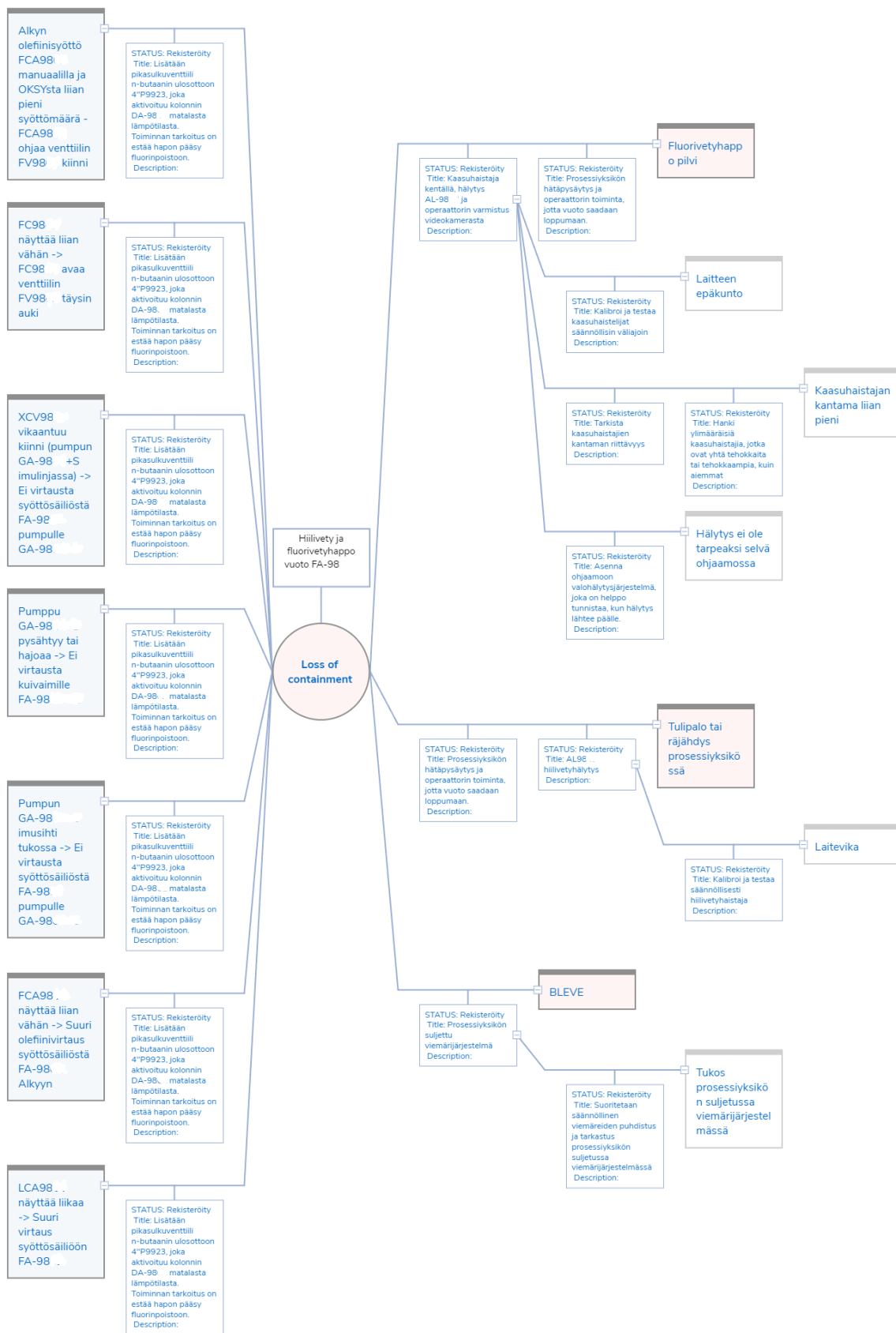
Liite 1 Osa 2/3 Bowtie-kaavio; Olefiini- ja isobutaanivuoto GA-98XX+S



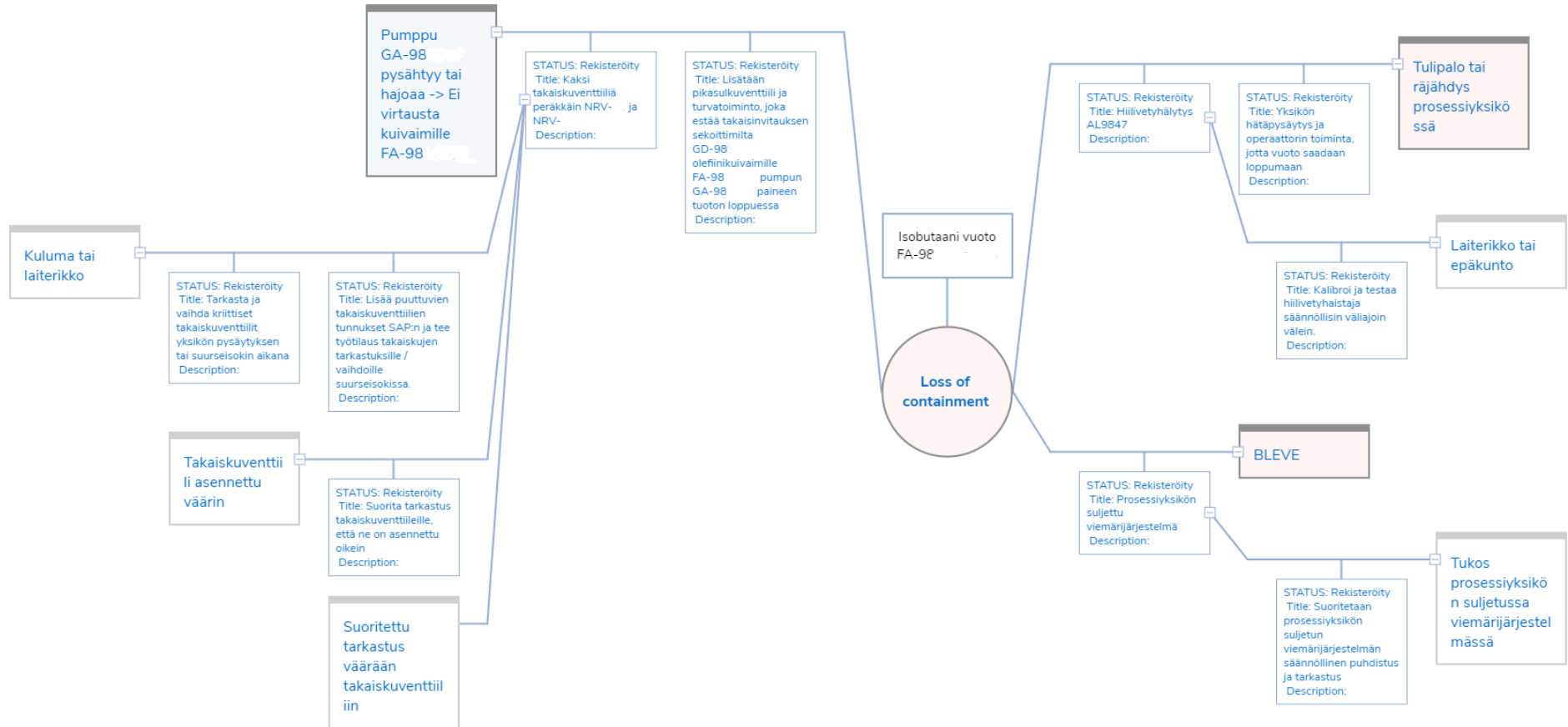
Liite 1 Osa 3/3 Bowtie-kaavio; Olefiini- ja isobutaanivuoto GA-98XX+S

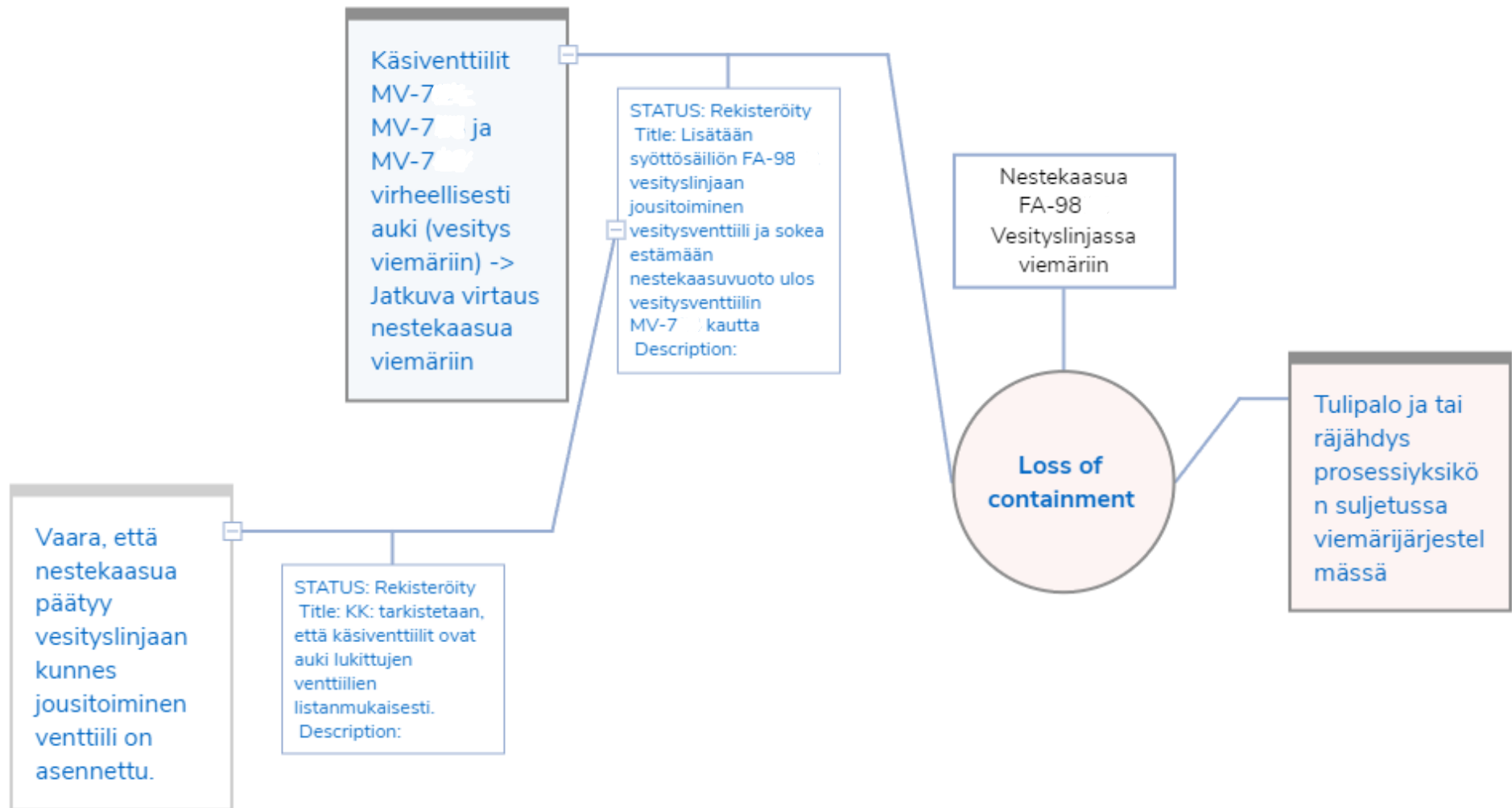


Liite 2 Bowtie-kaavio; Hiilivety- ja fluorivetyhappovuoto FA-98XXA/B:llä

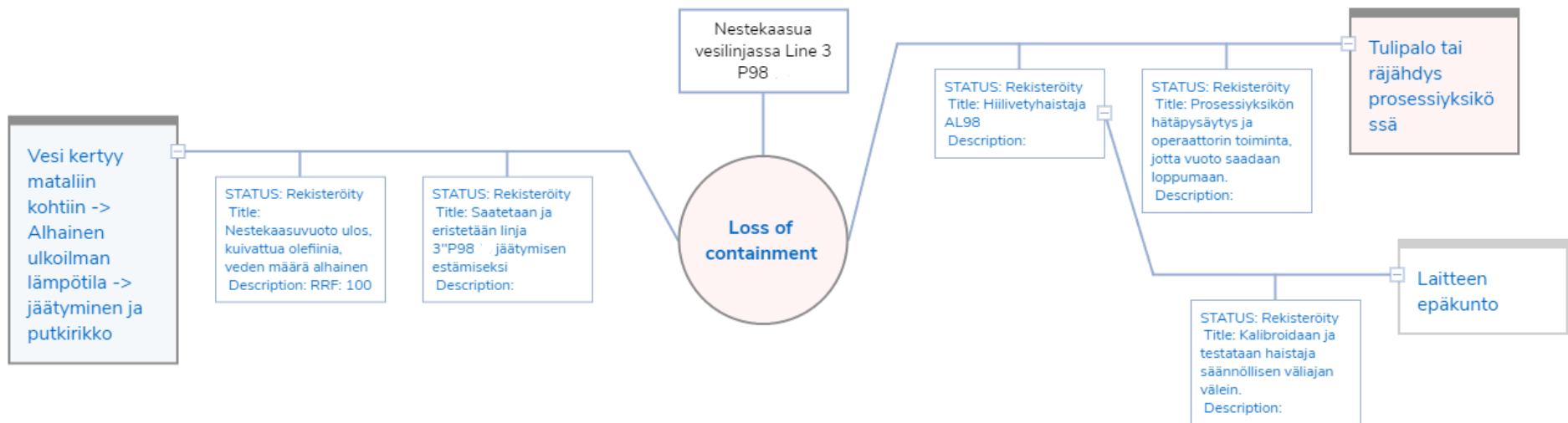


Liite 3 Bowtie-kaavio; Isobutaanivuoto FA-98XXA/B:llä

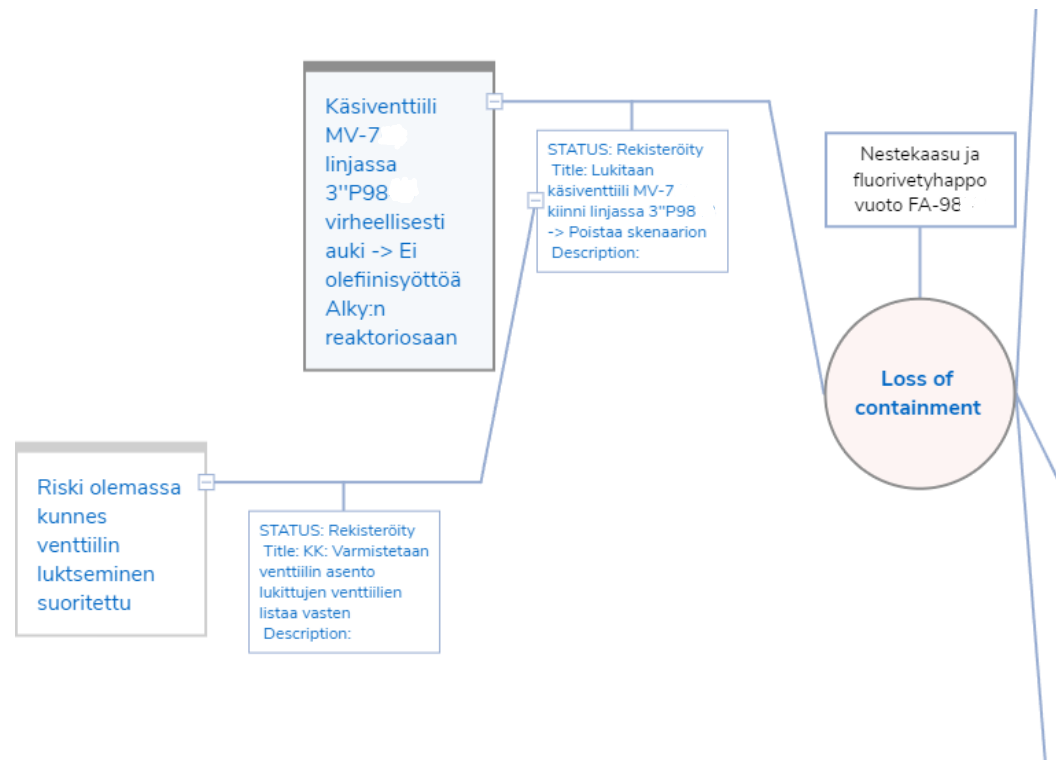
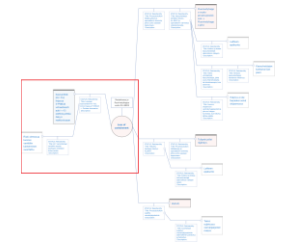


Liite 4 Bowtie-kaavio; Nestekaasua FA-98XX vesityslinjassa viemäriin

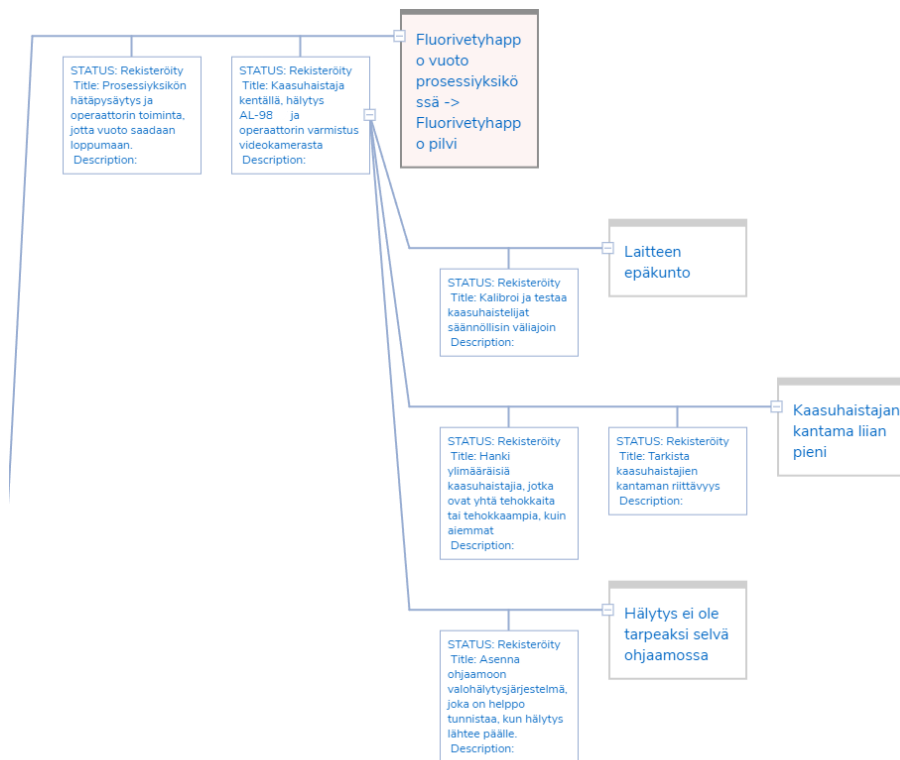
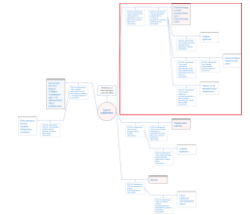
Liite 5 Bowtie-kaavio; Nestekaasua vesilinjassa 3”P9843



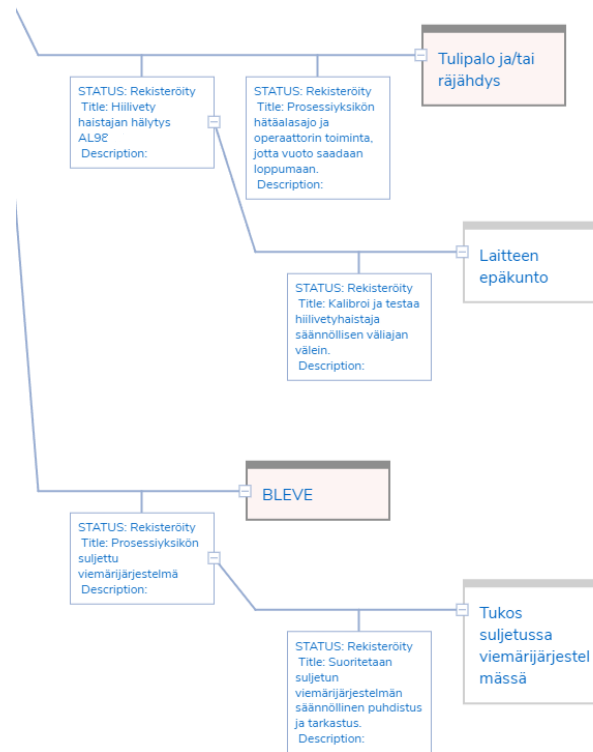
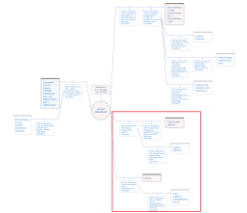
Liite 6 Osa 1/3 Bowtie-kaavio; Nestekaasu- ja fluorivetyhappovuoto FA-98XX



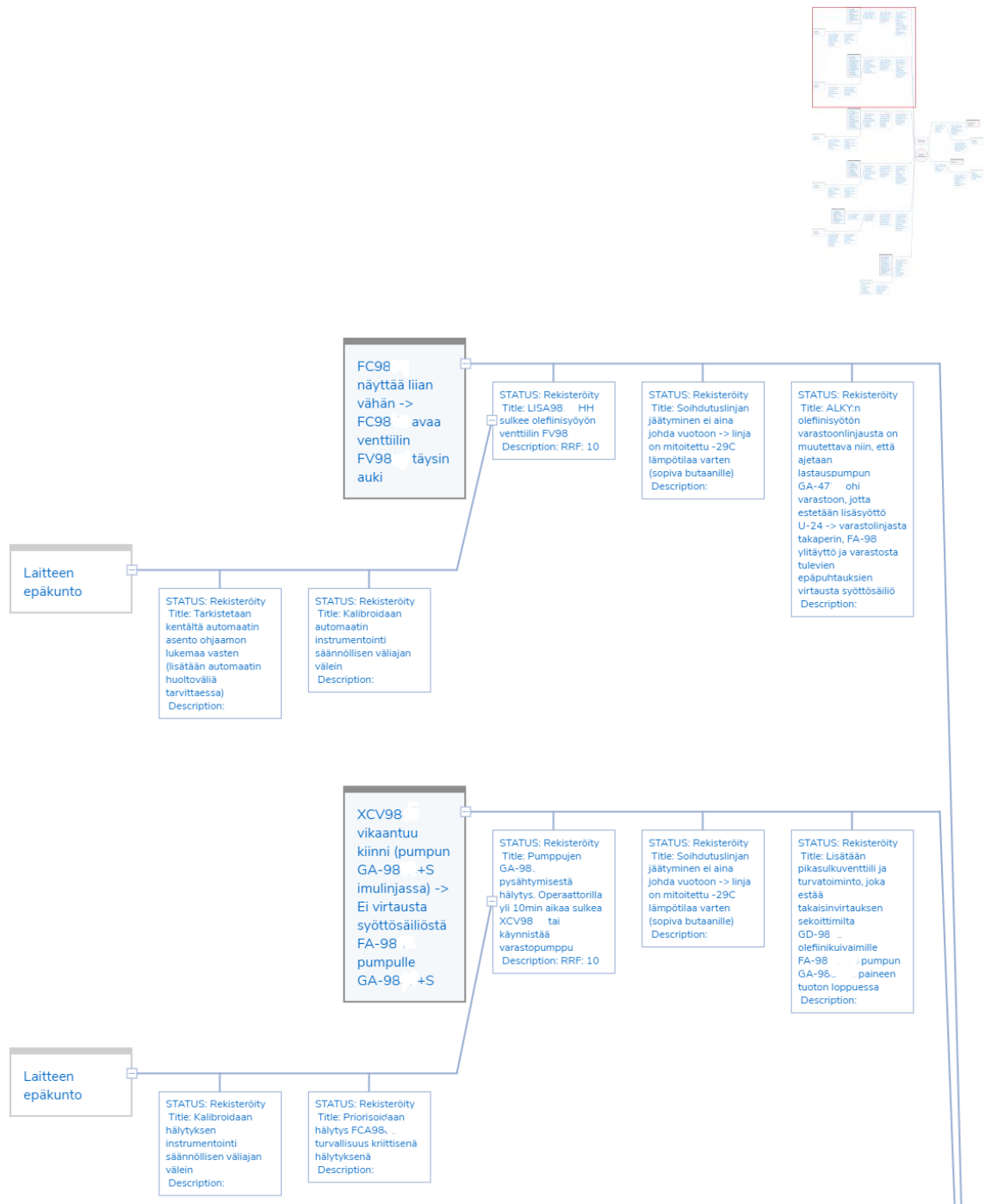
Liite 6 Osa 2/3 Bowtie-kaavio; Nestekaasu- ja fluorivetyhappovuoto FA-98XX



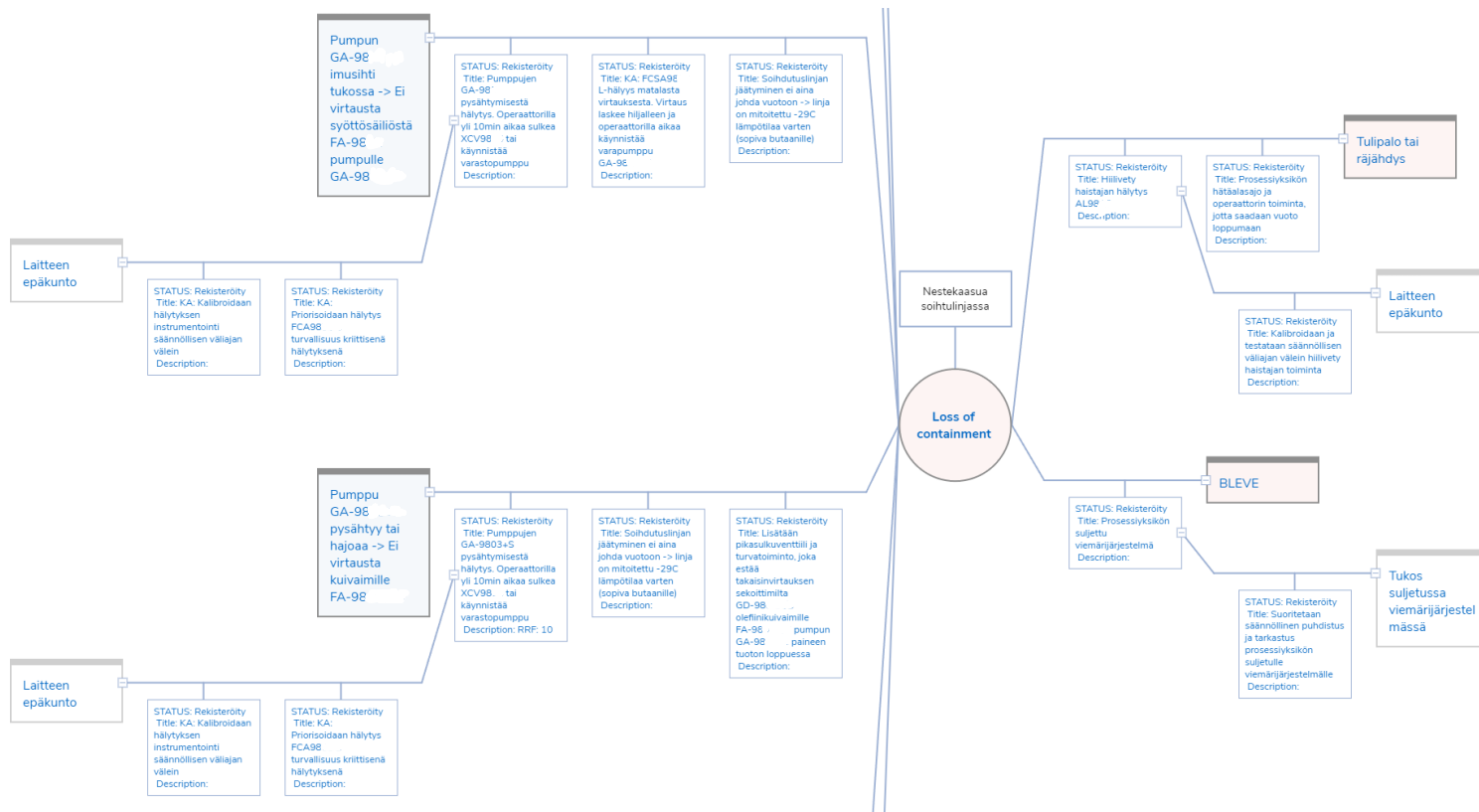
Liite 6 Osa 3/3 Bowtie-kaavio; Nestekaasu- ja fluorivetyhappovuoto FA-98XX



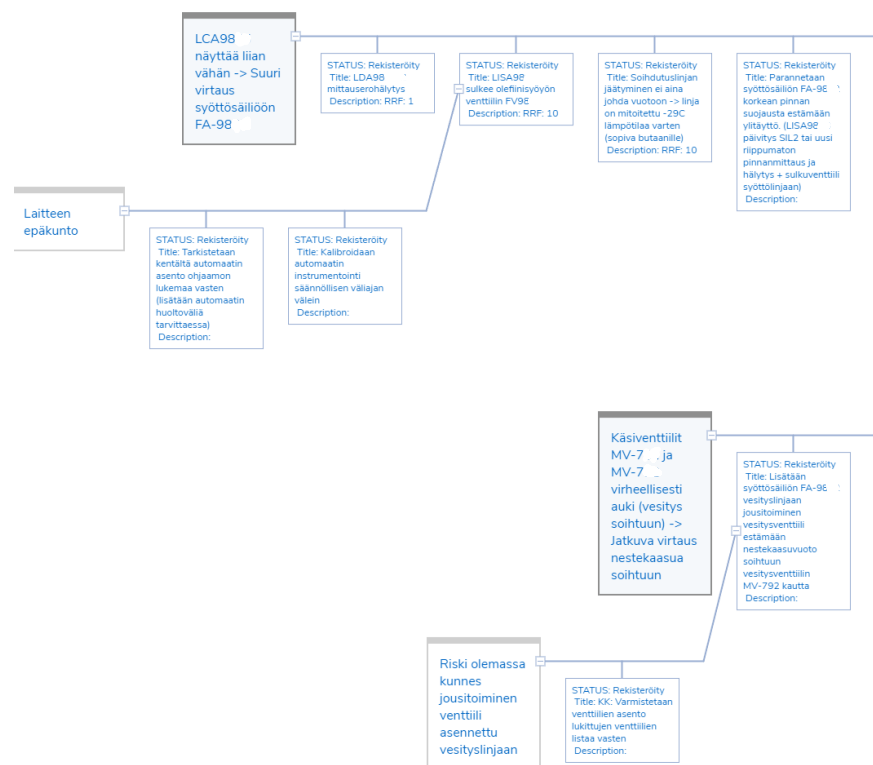
Liite 7 Osa 1/3 Bowtie-kaavio; Nestekaasua soihdulinjassa



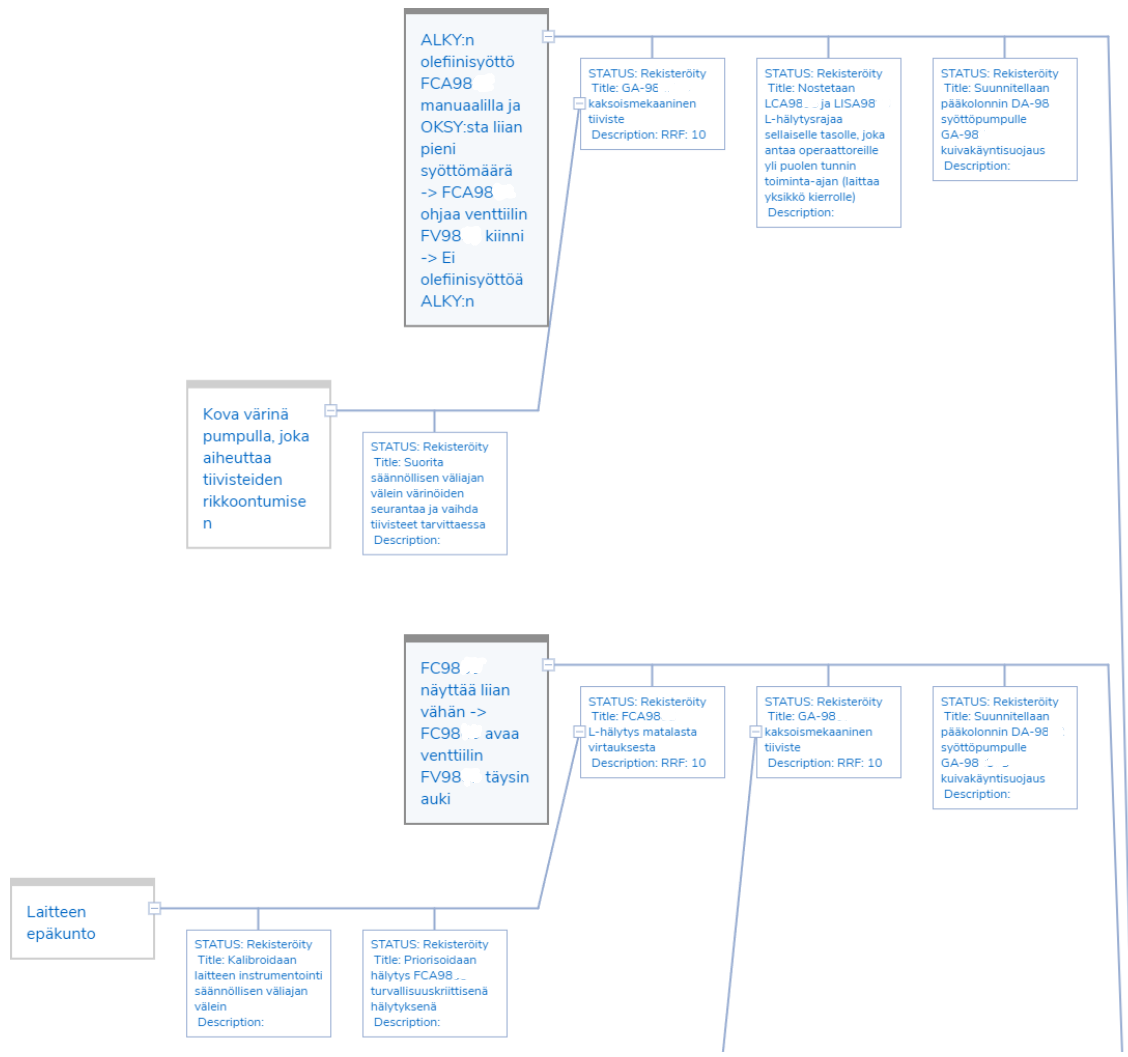
Liite 7 Osa 2/3 Bowtie-kaavio; Nestekaasua soihdulinjassa



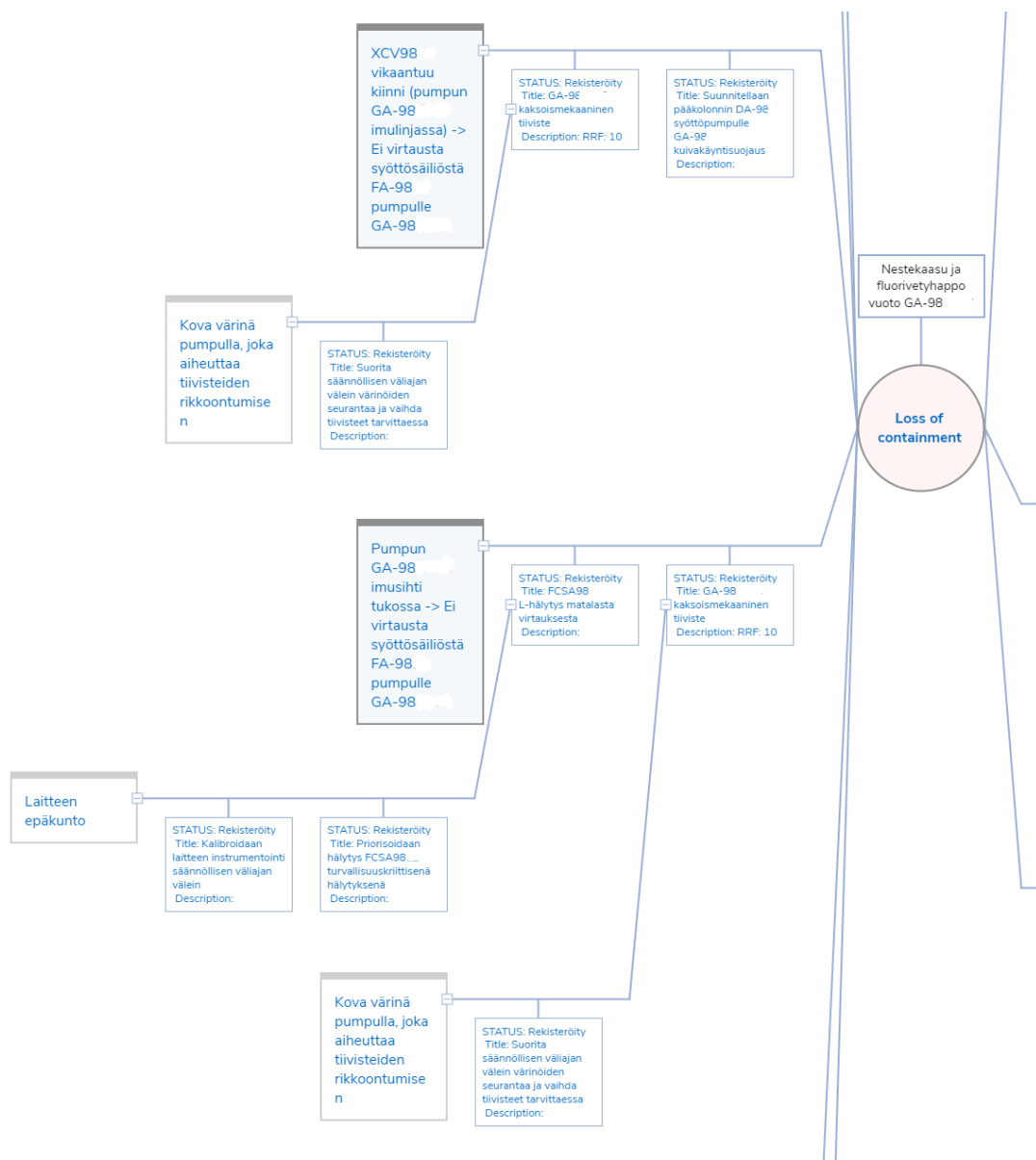
Liite 7 Osa 3/3 Bowtie-kaavio; Nestekaasua soihtulinjassa



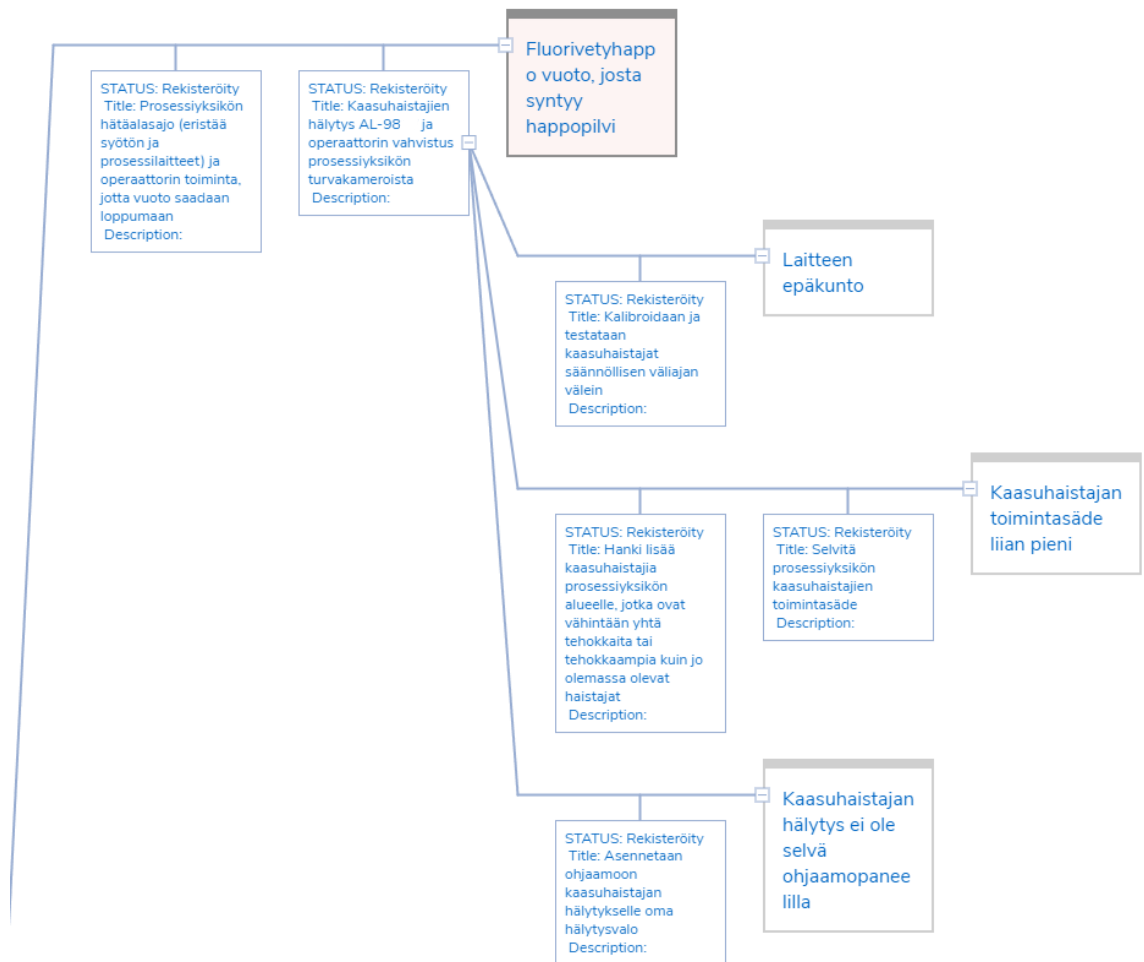
Liite 8 Osa 1/5 Bowtie-kaavio; Nestekaasu -ja fluorivetyhappovuoto GA-98XX+S



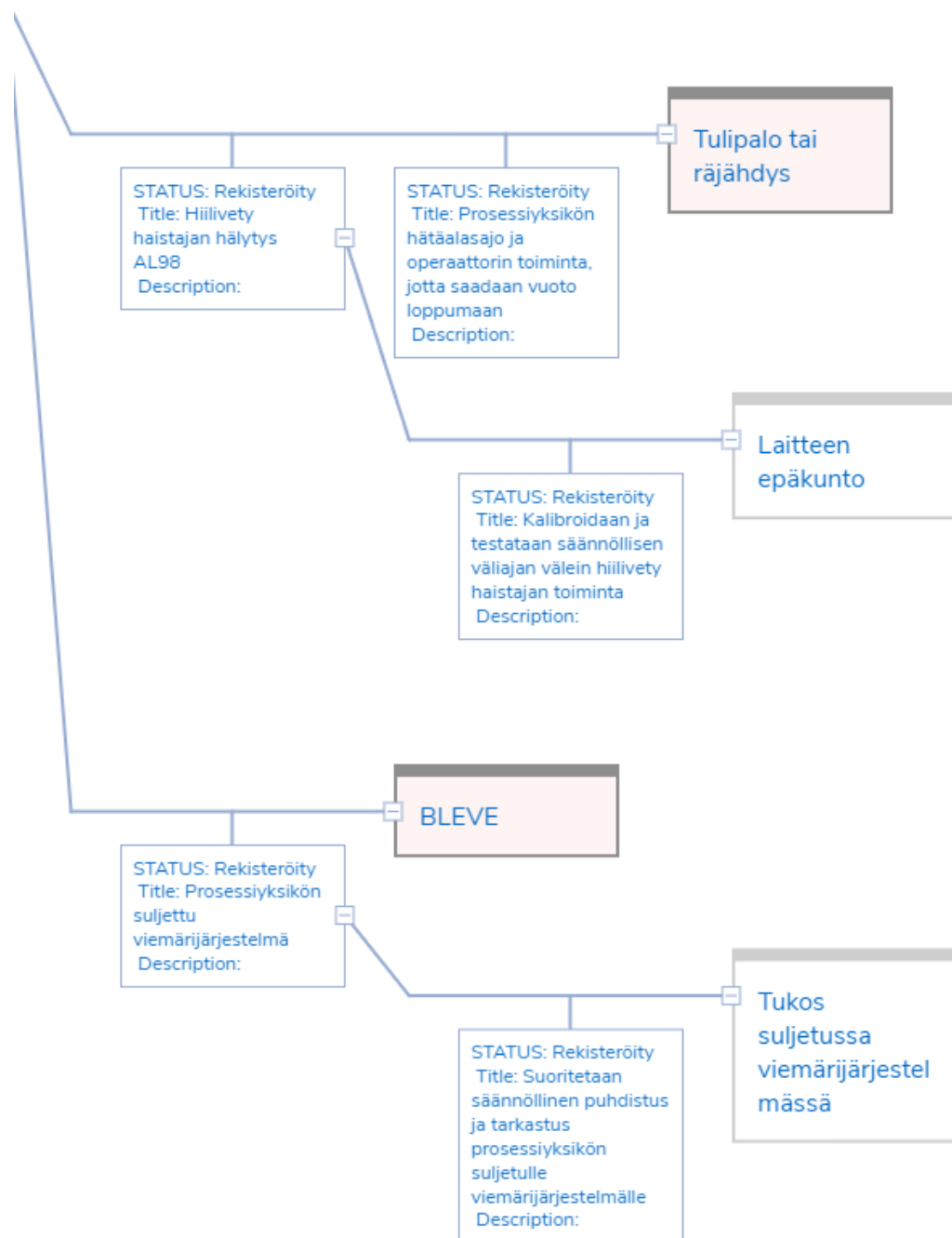
Liite 8 Osa 2/5 Bowtie-kaavio; Nestekaasu- ja fluorivetyhappovuoto GA-98XX+S



Liite 8 Osa 3/5 Bowtie-kaavio; Nestekaasu- ja fluorivetyhappovuoto GA-98XX+S



Liite 8 Osa 4/5 Bowtie-kaavio; Nestekaasu- ja fluorivetyhappovuoto GA-98XX+S



Liite 8 Osa 5/5 Bowtie-kaavio; Nestekaasu- ja fluorivetyhappovuoto GA-98XX+S

