

TUKES-julkaisu 4/2000

**OPAS KATTILALAITOKSEN VAARAN ARVIOINNIN
LAATIMISEKSI**

Tutkimushankkeen loppuraportti

**Janne Sarsama
Minna Nissilä
Pasi Lehtinen**

VTT Automaatio
Riskienhallinta

Helsinki 2000

Sisällysluettelo

Alkusanat	1
1 Oppaan tavoite ja rakenne	3
2 Kattilalaitoksia koskeva vaaran arviointi -vaatimus	4
2.1 Taustaa	4
2.2 Vaaran arviointi -vaatimuksen sisältö	5
2.2.1 Minkälaisia kattilalaitoksia vaatimus koskee?	5
2.2.2 Mihin mennessä vaaran arviointi on tehtävä?	5
2.2.3 Mitä vaaran arvioinnista on käytävä ilmi?	6
2.2.4 Vaaran arvioinnin tarkastaminen ja päivittäminen	6
3 Keskeisiä käsitteitä	8
4 Vaaran arviointi -selvityksen sisältö	11
4.1 Yleistä	11
4.2 Vaaran arviointi -selvityksessä käsiteltävät asiat	11
5 Vaaran arviointi -prosessin vaiheet	14
5.1 Yleistä	14
5.2 Tarkastelun kohteen ja rajausten määrittely	15
5.3 Vaarojen tunnistaminen, nykyinen varautuminen ja toimenpide-ehdotukset	17
5.4 Vaarojen merkittävyyden arviointi	19
5.5 Vaarojen hyväksyttävyydestä ja parannustoimenpiteistä päättäminen	19
5.6 Vaaran arviointi -selvityksen kokoaminen	20
5.7 Seuranta ja päivitys	21
6 Vaaran arvioinnin toteutuksessa ja dokumentoinnissa huomioon otettavia seikkoja	22
7 Vaaratilanteiden tunnistamismenetelmiä	24
7.1 Turvallisuusanalyysin menetelmät	24
7.1.1 Potentiaalisten ongelmien analyysi	24
7.1.2 Poikkeamatarkastelu	25
7.1.3 Toimintovirheanalyysi	26
7.1.4 Vika- ja vaikutusanalyysi	26
7.2 Tarkistuslistat	27
8 Hyvän vaaran arviointi -selvityksen ja sen laadintaprosessin tunnusmerkkejä	29
Lähdeluettelo	31
Muuta kirjallisuutta	32
LIITTEET	
1 Esimerkkejä tarkastelun kohteen määrittelystä	
2 Suojausjärjestelmien tarkastelu	
3 Tunnistettujen vaaratilanteiden dokumentointi - lomake-esimerkki	
4 Vaarojen merkittävyyden arviointi - esimerkkejä arviointitavoista	
5 Yleistä kattilalaitoksen käyttöön liittyvistä vaaratilanteista	
6 Tarkistuslista – öljyn poltto	
7 Tarkistuslista – kaasun poltto	
8 Tarkistuslista – karkean polttoaineen poltto	
9 Tarkistuslista – pölymäisen polttoaineen käyttö	

10 Tarkistuslista – turvallisuuteen liittyvä automaatio

Alkusanat

Tämä raportti on syntynyt turvatekniikan keskuksen (TUKES) VTT Automaatiolta tilaaman Kattilalaitoksen vaaran arviointi -tutkimushankkeen puitteissa¹.

Tutkimuksen tavoitteena oli:

- Täsmentää kattiloiden vaaran arvioinnin sisältövaatimuksia.
- Kehittää työkaluja (menetelmiä, tarkistuslistoja ja työskentelytapoja) eri kokoisille ja eri tyyppisille kattilalaitoksille laitosten vaaran arvioinnin laatimista varten.
- Laatia kattilalaitosten käyttöön suosituksia ja ohjeita vaaran arvioinnin sisällöstä ja sen tekemisestä.

Tutkimushankkeen käytännön toteutuksesta vastasi VTT Automaation Riskienhallinnan tutkimusalue Tampereelta. Hanke toteutettiin lokakuun 1998 ja elokuun 1999 välisenä aikana ja sen laajuus oli noin kuusi henkilötyökuukautta. VTT:n projektiryhmän muodostivat tutkijat Janne Sarsama, Minna Nissilä ja Pasi Lehtinen. Hankkeen projektipäällikkönä toimi Janne Sarsama.

TUKESin edustajana hankkeessa oli ylitarkastaja Urho Aarnivuo. Hankkeella oli johtoryhmä, johon Aarnivuon lisäksi kuuluivat toimialajohtaja Erkki Ahola TUKESista, neuvotteleva virkamies Pentti Tarnanen kauppa- ja teollisuusministeriöstä sekä tutkimusprofessori Veikko Rouhiainen VTT Automaatiosta. Myös turvallisuusinsinööri Erkki Topp TUKESista osallistui asiantuntijana hankkeeseen.

Tutkimushankkeeseen osallistui asiantuntijoita myös kolmelta eri kattilalaitokselta. Mukana olleet kattilalaitokset yhteyshenkilöineen olivat:

- Forssan Energia Oy, Kiimassuon voimalaitos; yhteyshenkilönä Hannu Hietikko
- UPM-Kymmene Oyj, Kaukaan tehtaiden kuorikattila 2; yhteyshenkilönä Hannu Kytö
- Stromsdal Oy, Juankosken kartonkitehtaiden öljykattilalaitos; yhteyshenkilönä Veijo Kempainen.

Tämä raportti on tutkimushankkeen loppuraportti. Raportti on tarkoitettu turvatekniikan keskuksen vaaran arviointia koskevan ohjeistuksen pohjaksi.

Projektiryhmä kiittää kaikkia raportin syntymiseen myötävaikuttaneita henkilöitä.

Tampere, elokuussa 1999

Tekijät

¹ Tutkimushanke toteutettiin ennen kuin painelaitelainsäädännön uudistus oli saatu kokonaisuudessaan toteutettua. Tästä syystä tutkimushankkeessa jouduttiin tukeutumaan ehdotusvaiheessa oleviin säädösteksteihin. TUKES on päivittänyt raportin nämä kohdat vastaamaan 18.10.1999 jälkeistä tilannetta, jolloin painelaitelainsäädännön uudistus saatiin toteutettua. Päivitykset ovat tapahtuneet kirjoittajien ja VTT:n luvalla.

1 Oppaan tavoite ja rakenne

Vuoden 1999 marraskuussa voimaan tulleeseen kauppaja- ja teollisuusministeriön päätökseen (KTMp painelaiteturvallisuudesta, 953/1999) sisältyy vaatimus vaaran arvioinnin laatimisesta kattilalaitoksessa, kun kattilan teho on tiettyä rajaa suurempi tai jos kyseessä on maan alle sijoitettava kattilalaitos. Vaatimus koskee niin höyry- kuin kuumavesikattiloitakin. Vaatimuksen mukaan kattilalaitoksessa on laadittava, joko omana työnään tai ulkopuolisen asiantuntijan avulla, erityinen vaaran arviointi -selvitys kattilalaitoksen käyttöön liittyvistä vaaroista.

Tämän oppaan tavoitteena on vastata seuraaviin vaaran arviointiin liittyviin kysymyksiin:

1. Mitä vaaran arviointi -selvityksen tulisi sisältää?
2. Miten vaaran arviointi voidaan käytännössä toteuttaa? Mitä vaaran arviointi -prosessiin sisältyy? Minkälaisia menetelmiä ja menettelytapoja on olemassa?

Vastaamalla edellä oleviin kysymyksiin opas pyrkii auttamaan kattilalaitosten käytöstä vastaavia henkilöitä (käytön valvojia) vaaran arviointi -prosessin käynnistämisessä ja läpiviemisessä sekä vaaran arviointi -selvityksen laatimisessa. Opas on tarkoitettu ennen kaikkea käytössä oleville pienehköille kattilalaitoksille. Sitä voidaan kuitenkin soveltaa myös suunnittelu- tai käyttöönottoaiheissa olevan laitoksen vaaran arvioinnin laadinnassa.

Oppaan rakenne on seuraavanlainen:

- Luvussa 2 selvitetään kattilalaitoksia koskevan vaaran arviointi -vaatimuksen lainsäädännöllistä taustaa ja sisältöä.
- Luvussa 3 esitellään joitakin vaaran arviointiin liittyviä keskeisiä käsitteitä.
- Luvussa 4 kuvataan vaaran arviointi -selvityksen sisältöä eli niitä asioita, joita vaaran arvioinnin tulisi kattaa.
- Luvussa 5 kuvataan yleisesti vaaran arviointi -prosessia ja sen eri vaiheita.
- Luvussa 6 esitetään vaaran arvioinnin toteutuksessa huomioon otettavia seikkoja.
- Luvussa 7 esitellään erilaisia vaaratilanteiden tunnistamismenetelmiä.
- Luvussa 8 kuvataan lyhyesti hyvän vaaran arviointi -selvityksen ja sen laadintaprosessin tunnusmerkkejä.

Oppaaseen liittyy myös joukko liitteitä, yhteensä 10 kpl. Liitteinä on mm. tarkistuslistoja, joita voidaan käyttää apuna vaaratilanteiden tunnistamisessa.

Vaaran arvioinnissa on kysymys turvallisuusanalyysin tekemisestä. Aihealue on hyvin laaja, eikä opas voi olla tyhjentävä esitys vaaran arviointi -prosessista ja sen lopputuloksen eli vaaran arviointi -selvityksen laatimisesta. Oppaassa pyritään antamaan vastaukset edellä esitettyihin peruskysymyksiin. Yksityiskohtaiset tiedot esimerkiksi jonkin turvallisuusanalyysimenetelmän käytännön soveltamisesta löytyvät muista lähteistä. Näitä on lueteltu oppaan lopussa olevassa kirjallisuusluettelossa.

2 Kattilalaitoksia koskeva vaaran arviointi -vaatimus

Tämän luvun tavoitteena on

- 1) antaa lukijalle tietoa kattilalaitoksia koskevan vaaran arviointi -vaatimuksen lainsäädännöllisestä taustasta;*
- 2) selvittää kauppaja- ja teollisuusministeriön painelaiteturvallisuutta koskevaa päätöstä vaaran arviointi -vaatimuksen sisällön osalta.*

2.1 Taustaa

Suomen paineastialainsäädäntö uudistui vuoden 1999 marraskuussa. Lainsäädännön muutostarpeet liittyivät painelaitteista annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin (97/23/EY) saattamiseen osaksi suomalaista lainsäädäntöä ja lainsäädännön muuhun ajanmuokauttamiseen.

Uudistuksen toteuttamiseksi vuoden 1973 paineastialaki ja sen nojalla annetut säädökset kumottiin. Tilalle tuli uusi kolmiportainen lainsäädäntö. Se muodostuu painelaitelaista, kahdesta asetuksesta ja kolmesta niitä täydentävästä kauppaja- ja teollisuusministeriön (KTM) päätöksestä.

Painelaiteturvallisuutta koskevaan KTM:n päätökseen sisältyy vaatimus kattilalaitoksen vaaran arvioinnin laatimisesta, kun kattilan teho on tiettyä rajaa suurempi tai jos kyseessä on maan alle sijoitettava kattilalaitos. Vaatimus koskee niin höyry- kuin kuumavesikattiloitakin.

Vaatimuksen mukaan kattilalaitoksen täytyy laatia joko omana työnään tai ulkopuolisen asiantuntijan avulla erityinen kirjallinen dokumentti, ns. vaaran arviointi -selvitys. Toiminnanharjoittaja osoittaa vaaran arviointi -selvityksen avulla

- tunnistaneensa ja arvioineensa laitoksen toimintaan liittyvät onnettomuusmahdollisuudet sekä niiden syyt ja seuraukset
- ryhtyneensä sekä teknisiin että muihin järjestelyihin onnettomuuksien estämiseksi ja seurausten rajoittamiseksi.

Vaatimuksen taustalla on uuden lainsäädännön yleinen henki, joka korostaa niin painelaitteen markkinoille saattajan kuin painelaitteen omistajan ja haltijan vastuuta laitteen turvallisuudesta. Painelaitteiden valmistajien ja käyttäjien omaksuma turvallisuuskulttuuri, toimintatavat ja asenteet ovat ensisijaisia onnettomuuksien ehkäisemiseen vaikuttavia tekijöitä.

Vaaran arviointi menettelynä on lähtöisin kemikaaleja ja räjähdysvaarallisia aineita, kuten esimerkiksi maakaasua koskevista säännöksistä. Kemikaalilainsäädännön perusteella vaaran arviointeja on tehty Suomessa vaarallisia aineita käsitteleville ja varastoiville laitoksille 90-luvun puolivälistä lähtien. Velvoite vaaran arvioinnin tekemisestä on maakaasusetuksen perusteella saattanut koskea jo myös joitain kattilalaitoksia.

Vaaran arviointi -vaatimus vahvistaa usein jo vallinnutta käytäntöä. Erilaiset vaaratilanteet on monissa laitoksissa tähänkin asti käyty tarkkaan lävitse esimerkiksi ennen laitoksen käyttöö-

ottoa tai laitoksen jonkin osan uudistuksen yhteydessä. On havaittu, että standardien ja ohjeiden soveltaminen sekä käynnin aikaiset kunnossapito- ja tarkastustoimenpiteet eivät yksin riitä takaamaan riittävää turvallisuutta. Vaikka laitosta olisi käytetty ilman vakavia häiriöitä kenties vuosien ajan, se ei ole tae siitä, että kaikki vaarat olisi tunnistettu ja riskit järjestelmän kaikissa osissa olisivat hyväksyttäviä.

Kehitys on myös toisaalta johtanut siihen, että kattilalaitokset ja voimalaitokset ovat muuttuneet entistä monimutkaisemmiksi kokonaisuuksiksi, esimerkkinä erilaiset kombi- ja kaasutusvoimalaitokset. Tällöin laitoksiin saattaa liittyä kokonaan uudentyyppisiä vaaratilanteita.

Turvatekniikan keskuksen tietoon tuli vuosina 1986-1996 202 paineastiaonnettomuutta, joissa kuoli yhteensä 10 henkilöä ja loukkaantui 38 henkilöä. Suurin osa onnettomuuksista tapahtui voimalaitoksissa ja lämpökeskuksissa. Sattuneista onnettomuuksista 87 oli räjähdyksiä, 46 tulipaloja ja 51 erilaisia vaurioita. Tekninen syy, useimmiten varusteluvirhe, todettiin 122 onnettomuuden syyksi ja 85 tapauksessa yleisimpänä syynä olivat puutteet huollossa ja kunnossapidossa. Inhimillinen virhe oli aiheuttajana 24 räjähdyksessä, tulipalossa tai vauriossa. (Muje ym. 1998).

2.2 Vaaran arviointi -vaatimuksen sisältö

Painelaiteturvallisuutta koskevaan KTM:n päätökseen sisältyy vaatimus kattilalaitoksen vaaran arvioinnin laatimisesta. Vaaran arvioinnille asetettuihin vaatimuksiin, vaaran arvioinnin laatimisaikatauluun, sen tarkastamiseen ja päivittämiseen liittyviä asioita käsitellään ainakin kyseisen päätöksen seuraavissa pykälissä:

- 11 § Ensimmäinen määräaikaistarkastus
- 13 § Käyttötarkastus
- 16 § Muutostarkastus
- 20 § Vaaran arviointi ja hallinta
- 22 § Omistajan ja haltijan tehtävät
- 43 § Vaaran arvioinnin siirtymäsäännös

2.2.1 Minkälaisia kattilalaitoksia vaatimus koskee?

Painelaiteturvallisuutta koskevan päätöksen 20 § (Vaaran arviointi ja hallinta) mukaan:

- Painelaitelain 10 §:ssä tarkoitettu vaaran arviointi on tehtävä kattilalaitoksessa:*
- 1) jossa on rekisteröitävä höyrykattila, jonka teho on yli 6 MW, tai rekisteröitävä kuumavesikattila, jonka teho on yli 15 MW; tai*
 - 2) joka sijoitetaan maan alle.*

Vaatimus koskee sekä uusia että ennen päätöksen voimaantuloa käyttöönotettuja kattilalaitoksia.

2.2.2 Mihin mennessä vaaran arviointi on tehtävä?

Painelaiteturvallisuutta koskevan päätöksen 43 § (Vaaran arvioinnin siirtymäsäännös) mukaan:

Tämän päätöksen 20 §:ssä tarkoitettu vaaran arviointi on esitettävä tarkastuslaitoksen tarkastettavaksi 11 ja 13 §:ssä säädetyllä tavalla viimeistään ensimmäisessä vuoden 2001 jälkeen tehtävässä määräaikaistarkastuksessa.

2.2.3 Mitä vaaran arvioinnista on käytävä ilmi?

Painelaiteturvallisuutta koskevan päätöksen 20 § (Vaaran arviointi ja hallinta) mukaan:

Vaaran arvioinnista on käytävä ilmi:

- 1) kattilalaitoksen käyttöön liittyvät vaaratilanteet ja olosuhteet, joissa onnettomuus on mahdollinen;*
- 2) kattilalaitoksen käyttötekniikasta, esimerkiksi erilaisista käyttötavoista, aiheutuvat vaaratilanteet;*
- 3) kuvaus tyypillisistä ja suurimmista mahdollisista vaaratilanteista sekä niihin johtavista käyttövirheistä, virhetoiminnoista, laitteiden vikaantumisista ja vaurioista ja muista syistä.*

Vaaran arvioinnissa tunnistettuihin vaaratilanteisiin on varauduttava ja selvitettävä niistä vaaran arvioinnissa 1 momentissa säädetyn lisäksi vähintään:

- 1) miten vaaratilanteiden ehkäisemiseen on varauduttu kattilalaitoksen normaalikäytön ja korjaus- ja huoltotöiden sekä erilaisten häiriötilanteiden yhteydessä;*
- 2) millaisiin toimenpiteisiin tehtyjen selvitysten johdosta on ryhdytty;*
- 3) millaisia suojausjärjestelmiä tunnistettujen vaarojen estämiseksi tai niiden seuraamusten pienentämiseksi on tarkoitus käyttää, mitä järjestelmien toiminoilta ja luotettavuudelta vaaditaan ja miten näiden vaatimusten täyttyminen on varmistettu.*

2.2.4 Vaaran arvioinnin tarkastaminen ja päivittäminen

Vaaran arvioinnin asianmukaisuus tarkastetaan tarkastuslaitoksen toimesta kattilalaitoksen määräaikaistarkastuksissa ja mahdollisissa muutostarkastuksissa. Vaaran arviointi tarkastetaan ensimmäisen kerran joko kattilalaitoksen ensimmäisen määräaikaistarkastuksen tai käyttötarkastuksen yhteydessä. Sen jälkeen vaaran arvioinnin ajan tasalla olo tarkastetaan käyttötarkastusten ja mahdollisten muutostarkastusten yhteydessä.

Painelaiteturvallisuutta koskevan päätöksen 13 § (Käyttötarkastus) 1 momentin 5 kohta kuuluu:

Painelaitteen käyttötarkastuksessa on tarkastettava, että:

...

5) kattilalaitoksen osalta 20 §:ssä säädetyn mukaisesti tehtävä vaaran arviointi on ajan tasalla ja jaksottaiselle käytön valvonnalle 28 §:ssä säädetty vaatimukset täyttyvät.

Vaaran arviointi -selvitys ja sen pohjana olevat turvallisuusanalyysit ja muut tarkastelut ovat osa kattilalaitoksen turvallisuuden varmistamista ja riskienhallintaa. Vaaran arviointi on hyvä tarkistaa määräajoin ja saattaa ajan tasalle vastaamaan kattilalaitoksen sen hetkistä tilannetta. Kemikaalilaitosten osalta vaaran arvioinnit on suositeltu päivitettäväksi 5 vuoden välein.

Määräajoin tapahtuvan päivityksen lisäksi vaaran arviointi pitää saattaa ajan tasalle, jos laitoksen toiminnassa, tekniikassa tai ympäristössä tapahtuu muutoksia, joilla voi olla vaikutusta kattilalaitoksen turvallisuuteen.

3 Keskeisiä käsitteitä

Tämän luvun tavoitteena on antaa lukijalle käsitys muutamista vaaran arviointiin liittyvistä keskeisistä käsitteistä.

Kattilalaitoksen vaaran arvioinnissa on käytännössä kysymys turvallisuusanalyysin tekemisestä. Käsitteellä **turvallisuusanalyysi** tarkoitetaan systemaattiseen työskentelyyn perustuvaa analyysiprosessia, joka tähtää tarkasteltavaan kohteeseen sisältyvien vaarojen tunnistamiseen, näiden merkittävyyden arvioimiseen ja hyväksyttävyydestä päättämiseen. Myös parannustoimenpiteiden kehittäminen ja niistä päättäminen ymmärretään yleensä osaksi turvallisuusanalyysiä.²

Turvallisuusanalyysin käsitteet, joista osa on aivan tavallisia yleiskielen termejä kuten esimerkiksi ”vaara”, ”vahinko”, ”onnettomuus” ja ”riski”, eivät ole kaikilta osin vakiintuneita. Ei ole lainkaan harvinaista, että esimerkiksi jopa alan oppikirjoissa samoille termeille annetaan enemmän tai vähemmän toisistaan poikkeavia määritelmiä ja luonnehdintoja.

Vaaran arviointi –selvityksen selkeyden ja luettavuuden kannalta olisi tärkeää, että turvallisuusanalyysin käsitteitä käytettäisiin siinä **mahdollisimman systemaattisesti**. Tämän esityksen tavoitteena on kuvata joitakin keskeisiä turvallisuusanalyysin käsitteitä, pohjautuen lähinnä lähteessä (Rouhiainen 1988) esitettyihin määritelmiin. Lisää tietoa teknisten järjestelmien riskienhallinnan perusteista ja turvallisuusanalyysin keskeisistä käsitteistä löytyy mm. seuraavista julkaisuista:

- *Turvallisuusanalyysi. Teollisuusvakuutuksen työsuojelujulkaisu n:o 3. 55 s.*
- *Riskienhallinta kemianteollisuudessa. 1991. Helsinki: Kemian keskusliitto. 97 s. ISBN 952-9597-06-1*

Järjestelmä

Tarkasteltava kokonaisuus, esimerkiksi kattilalaitos, johon kuuluvat koneet ja laitteet, materiaalit, ihmiset sekä käyttö-, kunnossapito- ja johtamistoiminnot.

Onnettomuus (Riskienhallinta kemianteollisuudessa 1991)

Ei-toivottu äkillinen tapahtuma, jonka tapahtuma-ajankohtaa ei voida ennustaa ja joka aiheuttaa vahinkoa ihmiselle, luonnolle, omaisuudelle tai tuotantotoiminnalle. Käsitteitä onnettomuus ja vahinko(tapahtuma) käytetään usein synonyymeinä. Kattilalaitoksiin liittyviä onnettomuuksia ovat esimerkiksi tulipalo, tulipesäräjähdykset, kuiviinkiehunat jne.

Onnettomuuteen johtava tapahtumaketju (Riskienhallinta kemianteollisuudessa 1991)

² Käsitettä **riskianalyysi** käytetään yleisessä kielenkäytössä melko usein turvallisuusanalyysin synonyymina. Tässä esityksessä pitäydytään kuitenkin käsitteessä turvallisuusanalyysi. Riskianalyysi ymmärretään sen alkupe räisen sisällön mukaisesti analyysiprosessiksi, johon sisältyy riskin numeerinen (kvantitatiivinen) arviointi. Numeerisesti arvioitu riski voidaan kuvata esimerkiksi ilmaisemalla todennäköisyys yksilön kuolemalle tarkastelu-ajanjaksona. Riskianalyysissa on siis kysymys huomattavasti tarkemmasta tarkastelusta, joka edellyttää yleensä erilaisten mallintamis- ja laskentamenetelmien käyttöä.

Toisistaan riippuvien tapahtumien sarja, joka alkaa alkutapahtumasta ja päättyy onnettomuuteen.

Onnettomuustekijä (myötävaikuttava tekijä)

Vaaran esiintymiseen tai onnettomuuden seurauksiin vaikuttava tekijä. Onnettomuustekijät voivat olla pysyviä tai satunnaisia. Pysyviä tekijöitä kutsutaan puutteiksi ja satunnaisia poikkeamiksi.

Poikkeama

Vaihteleva onnettomuustekijä. Järjestelmän suunnitellun toiminnan kanssa ristiriidassa oleva tapahtuma tai tilanne. Poikkeama muuttuu ajan kuluessa ja esiintyy esimerkiksi yllätyksellisesti ja vain hetkellisesti.

Puute

Stabiili onnettomuustekijä. Puutteet vaihtelevat vain vähän ajan kuluessa ja ne ovat syntyneet pääosin silloin, kun järjestelmä on toteutettu.

Riski

Riski kuvaa vaaran suuruutta. Sen arvioinnissa käytetään hyväksi onnettomuuden arvioitua esiintymistaajuutta tai todennäköisyyttä sekä seurausten vakavuutta.

Termiä riski käytetään yleisessä kielenkäytössä usein kuvaamaan kaikkia yrityksen toimintaan kohdistuvia menetyksen mahdollisuuksia mukaan lukien mm. liikeriskit, avainhenkilöriskit ja tahallinen vahingonteko. Tässä oppaassa tarkastellaan onnettomuusriskejä, jotka kohdistuvat lähinnä ihmisiin tai omaisuuteen.

Riskianalyysi

Onnettomuuksien todennäköisyyksien ja seurausten vakavuuden systemaattinen analyysi, jonka tavoitteena on määrittää järjestelmään tai toimintaan liittyvä riski. Esimerkiksi kemiallisten onnettomuuksien yhteydessä tämä tarkoittaa yleensä mm. kaasun leviämismallien, myrkyllisyystiedon ja väestötiedon hyväksikäyttöä.

Seuraus, seuraukset

Onnettomuuden vaikutukset kvalitatiivisesti (laadullisesti) ilmaistuna. Usein seuraukset ilmaistaan vahinkojen laadun mukaan eli vahinkotyypeittäin (henkilö-, omaisuus-, ympäristö- ja keskeytysvahingot).

Seuraukset voidaan jakaa niiden ilmenemistavan mukaan välittömiin ja välillisiin/viivästyneisiin seurauksiin. Välittömät seuraukset ilmenevät heti onnettomuuden tapahtumahetkellä. Välilliset/viivästyneet seuraukset ilmenevät onnettomuuden jälkeen.

Seurausten vakavuus (suuruus)

Onnettomuuden vaikutukset kvantitatiivisesti (määrällisesti) ilmaistuna. Absoluuttisten arvojen määrittämisen vaikeudesta johtuen seurausten vakavuudet ilmaistaan usein vakavuusluokkien avulla. Henkilövahinkojen osalta voidaan käyttää esimerkiksi seuraavanlaisia vakavuusluokkia:

- Ei henkilövahinkoja
- Alle yhden kuukauden työkyvyttömyys
- Vakava tapaturma (1-6 kk työkyvyttömyys)
- Vakava loukkaantuminen, pysyvä invaliditeetti
- Yhden henkilön kuolema
- Usean henkilön vakava loukkaantuminen tai kuolema

Vaara, vaaratilanne

Onnettomuuden mahdollisuus. Käsitteitä vaara ja vahinkomahdollisuus käytetään usein synonyymeinä.

Vaaran arviointi

Painelaitelainsäädännössä esiintyvä termi. Lainsäädännön mukaan kattilalaitoksen haltijan tai omistajan tulee tietäen edellytyksin laatia kattilalaitosta koskeva vaaran arviointi. Käsitteellä voidaan yhtäältä viitata varsinaiseen **dokumenttiin** (vaaran arviointi -selvitys) tai kyseisen dokumentin laadintaprosessiin.

4 Vaaran arviointi -selvityksen sisältö

Tämän luvun tavoitteena on kuvata vaaran arviointi -selvityksen sisältöä. Sisältö kuvataan antamalla esimerkki vaaran arviointi -selvityksen sisällysluettelosta. Jokaisen pääotsikon osalta on lueteltu siinä käsiteltäviä asioita.

4.1 Yleistä

Vaaran arviointi -selvityksessä on esitettävä kattilalaitoksen toimintaan liittyvät vaaratilanteet ja niiden syyt, sekä arvioitava mahdollisten onnettomuuksien seurausten vakavuutta ja nykyisen varautumisen riittävyttä. Tämän lisäksi vaaran arviointi -selvityksestä on oltava riittävät tiedot kattilalaitoksesta, sen toiminnasta ja ympäristöstä, tarkastelun aikana tehdyistä oletuksista ja rajouksista sekä vaarojen tunnistamisen ja arvioinnin toteutuksesta, käytetyistä menetelmistä ja siihen osallistuneista henkilöistä.

4.2 Vaaran arviointi -selvityksessä käsiteltävät asiat

Oheinen esimerkki vaaran arviointi -selvityksen sisällöstä on laadittu niin, että se toimii muistilistana ja antaa lähtökohdan selvityksen laatimiseksi mahdollisimman monenlaisille kattilalaitoksille. Kattilalaitosten ominaisuuksista, erityispiirteistä ja paikallisista olosuhteista johtuen vaaran arviointi -selvityksen yksityiskohdat ja laajuus voivat vaihdella eri kattilalaitoksilla.

Jos samalla laitoksella on useampia vaaran arviointi -vaatimuksen piiriin kuuluvia kattiloita, voidaan näille laatia yksi yhteinen vaaran arviointi -selvitys. Kaikista kattiloista on annettava riittävät tiedot ja selvityksen rakenteen selkeyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Eri kattiloita koskevat osuudet on voitava erottaa selkeästi.

1) Vaaran arvioinnin tavoitteet

Luvussa on tarkoituksenmukaista esittää

- Tarkasteltavan kattilalaitoksen nimi, sijainti ja muut yleiset tunnistetiedot esim. omistaja, haltija, käytönvalvoja, kattilan rekisterinumero.
- Perusteet, miksi vaaran arviointi tarkastelu tehdään, viitataan painelaitesäädösten asianomaisiin kohtiin.
- Tarkastelun tavoite ja mihin sillä pyritään. Tavoitteena on tunnistaa kattilalaitoksen toimintaan liittyvät vaarat ja onnettomuusmahdollisuudet sekä arvioida niiden mahdolliset seuraukset ja varautumisen riittävyys.

2) Kattilalaitoksen ja sen ympäristön kuvaus

Luvussa on tarkoituksenmukaista esittää

- Yleiskuvaus tarkasteltavasta kattilalaitoksesta ja sen toiminnasta, esimerkiksi kattilalaitoksen tyyppi, teho, polttoaine, varapolttoaine, yleiset tekniset tiedot, käyttötapa, miehitys, valvonta, ohjausmahdollisuudet, huollon ja kunnossapidon järjestelyt jne.
- Kuvaus kattilalaitoksen ympäristöstä, esimerkiksi maantieteellinen sijainti, kartta alueesta ja ympäristöstä, etäisyys asutuksesta ja muista henkilökeskitymistä jne.
- Kattilalaitoksen liitynnät prosesseihin ja käyttökohteisiin.
- Kuvaus kattilalaitoksella sattuneista onnettomuuksista ja merkittävistä työtataturmista sekä niihin johtaneista syistä ja onnettomuuksien seurauksista. Samassa yhteydessä kuvataan myös minkälaisia muutoksia onnettomuuksien johdosta on toteutettu esimerkiksi laitoksen laitetekniikkaan, suojauksiin, käyttö- tai kunnossapito-ohjeisiin tms. liittyen.
- Kuvaus siitä, miten onnettomuuksien ja läheltä-piti -tilanteiden tutkiminen sekä niistä saatujen kokemusten huomioonottaminen on laitoksella järjestetty.
- Jos vaaran arviointi tehdään uudesta kattilasta, josta ei ole olemassa onnettomuus- tai tapaturmatilastoja, annetaan yleinen selvitys ko. kattilatyyppiin liittyvistä tyypillisistä ja suurimmista vaaratilanteista (esimerkiksi kattilatoimitajan antamien tietojen pohjalta).
- Lopuksi selvitetään, mistä ja keneltä löytyvät yksityiskohtaiset tekniset dokumentit ja piirustukset kattilalaitoksesta ja sen laitteistoista ja laitteista.

3) Tehdyt oletukset ja rajaukset

Luvussa on tarkoituksenmukaista esittää

- Tarkasteltavaan kattilalaitokseen ja sen toimintaan liittyvät oletukset. Esimerkiksi oletetaan että laitos on rakenteeltaan tiettyjen piirustusten mukainen tai että tarkastellaan mahdollisen varapolttoaineen käyttöä jne.
- Mitkä kattilalaitoksen osat ja toiminnot ovat tarkastelussa mukana.
- Tarkastelun laajuuteen tms. liittyvät mahdolliset rajaukset. Esimerkiksi rajataan tarkastelusta pois tahallisesta ilkeivallasta aiheutuvat onnettomuusmahdollisuudet tai rajataan pois tilanteet, joista aiheutuu ainoastaan käyttökeskeytyksiä.

4) Vaarojen arvioinnin toteuttaminen ja käytetyt menetelmät

Luvussa on tarkoituksenmukaista esittää

- Koska tai millä aikavälillä vaarojen arviointi ja sen perustana olevat turvallisuusanalyysit on tehty.
- Ketkä henkilöt vaarojen arviointia ovat olleet tekemässä ja mikä on heidän erityisosaamisensa, esimerkiksi käyttö, kunnossapito, automaatio jne.
- Käytetyt piirustukset ja muut asiakirjat (esimerkiksi ohjeet, käyttöturvallisuustiedotteet jne.), joita tarkastelussa on käytetty.
- Millaisia menettelytapoja ja menetelmiä käyttäen vaarat on tunnistettu ja seuraukset arvioitu.

5) Tulokset ja niiden arviointi

Luvussa on tarkoituksenmukaista esittää

- Tarkasteltavaan kattilalaitokseen liittyvät tunnistetut vaaratilanteet ja niihin johtavat syyt. Vaaratilanteet voivat aiheutua esimerkiksi teknisistä laitteista, niiden vikaantumisista ja vaurioista tai käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön virheellisestä toiminnasta.
- Kuvaus ja arvio kattilalaitokselle tyypillisten ja toisaalta suurimpien mahdollisten vaaratilanteiden seurausvaikutuksista.
- Millaisia suojausjärjestelmiä (suojausjärjestelmiä, lukituksia) tunnistettujen vaarojen estämiseksi ja niiden seurausten pienentämiseksi laitoksella on käytössä, mitä vaatimuksia järjestelmille ja niiden luotettavuudelle on asetettu ja miten vaatimusten täyttyminen on varmistettu.
- Miten vaaratilanteiden ehkäisemiseen on laitoksen normaalikäytön, huolto- ja kunnossapitotilanteiden ja häiriötilanteiden yhteydessä varauduttu. Esimerkiksi noudatettavat käytännöt, työluvat, ohjeistus, koulutus, varojärjestelmät jne.
- Mahdolliset esille tulleet parannusehdotukset, joiden avulla vaaratilanteita voidaan estää tai seurauksia rajoittaa.
- Suunnitelma parannusehdotusten toteuttamiseksi, vastuuhenkilö, aikataulu, toteutuksen seuranta.

Selvityksen liitteet

Liitteinä voivat olla esimerkiksi:

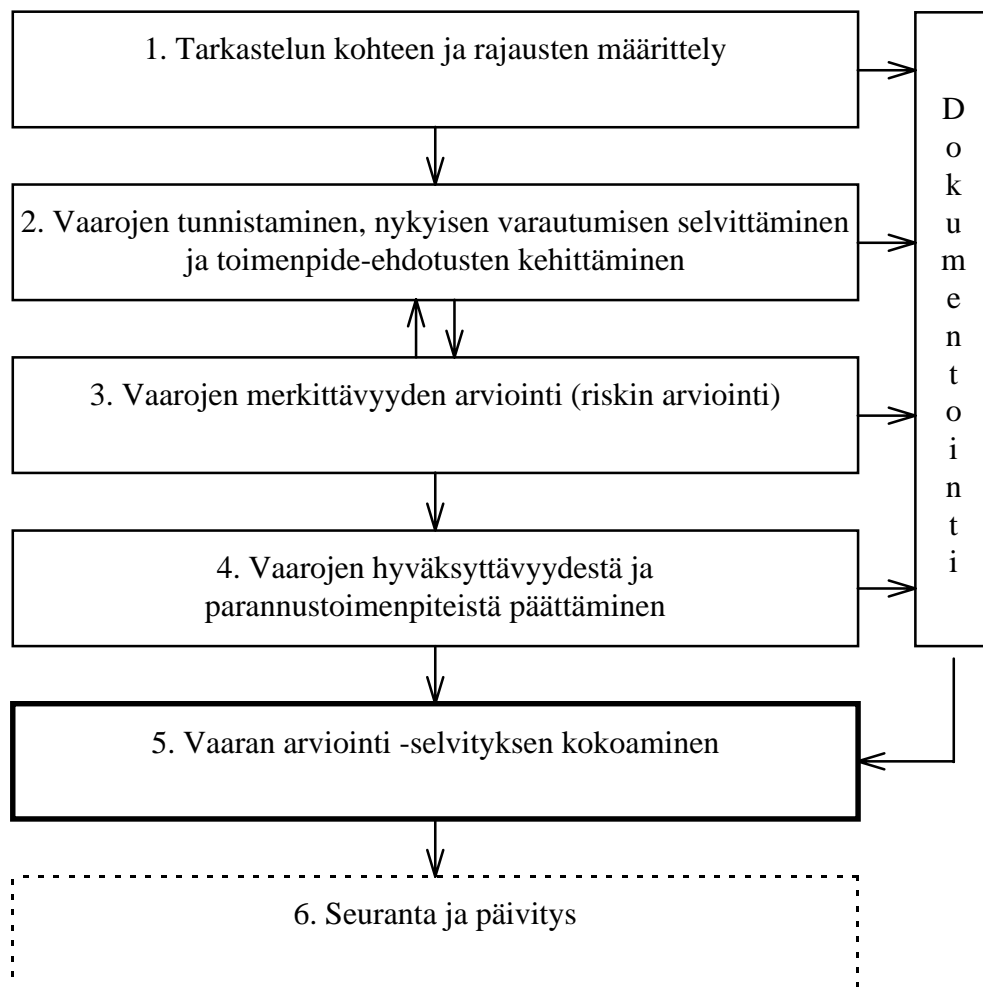
- Kohteen ja sen toiminnan ymmärtämisen kannalta tärkeät piirustukset ja muut dokumentit.
- Laitoksen sijoituspiirustus.
- Vaarojen tunnistukseen ja arviointiin liittyvät analyysilomakkeet.

5 Vaaran arviointi -prosessin vaiheet

Tämän luvun tavoitteena on antaa lukijalle käsitys kattilalaitoksen vaaran arviointi -prosessista ja sen eri vaiheista.

5.1 Yleistä

Vaaran arviointi -prosessin vaiheet voidaan esittää kuvan 1 kaaviolla.



Kuva 1. Vaaran arviointi -prosessin vaiheet.

Vaarojen tunnistaminen ja niiden merkittävyyden arviointi voi tapahtua vaiheittaisesti. Ensimmäisessä vaiheessa tarkastelu voi tapahtua karkealla tasolla käyttäen esimerkiksi koko laitoksen tarkasteluun soveltuvia menetelmiä. Merkittävimmiksi arvioitujen vaaratilanteiden osalta tarkastelua voidaan jatkaa yksityiskohtaisemmalla tasolla. **Dokumentointi** on tärkeä osa vaaran arvioinnin jokaista vaihetta. Lähtötiedot vaaran arviointi -selvityksen kokoamista

varten saadaan edellisissä vaiheissa laadituista dokumenteista (analyysilomakkeista, muistioista jne.).

Seuraavassa tarkastellaan yksityiskohtaisemmin kuvan 1 eri vaiheita.

5.2 Tarkastelun kohteen ja rajausten määrittely

Tarkastelun kohteen ja rajausten määrittelyllä saadaan vastaukset seuraaviin kysymyksiin:

- Mihin asetetaan tarkastelun kohteen (kattilalaitoksen) fyysiset rajat?
- Minkälaisiin vaaratilanteisiin tarkastelu ulotetaan aiheutuvien vahinkojen laadun (vahinkotyyppien) ja seurausten vakavuuden suhteen?
- Minkälaisten tekijöiden aiheuttamat vaaratilanteet jätetään tarkastelun ulkopuolelle?

Täsmällisesti tehty tarkastelun kohteen ja rajausten määrittely tehostaa vaarojen tunnistamista, koska analyysissa osataan keskittyä tarkastelun tavoitteiden kannalta oikeanlaisiin vaaratilanteisiin. Kohteen ja rajausten määrittelyt on syytä tehdä kirjallisesti, etteivät ne analyysin kuluessa pääse muuttumaan.

Tarkastelun kohteen määrittely

Ennen vaarojen tunnistamisen aloittamista on päätettävä, miten tarkastelun kohteena oleva kattilalaitos rajataan. Vaaran arviointi –vaatimusta koskevassa lainsäädännössä ei ole, eikä voikaan olla yksiselitteistä ja tarkkaa, kaikkiin tilanteisiin sopivaa vastausta siitä, miten tämä tulisi tehdä.

Painelaiteturvallisuutta koskevassa KTM:n päätöksessä olevan kattilalaitoksen määritelmän nojalla vaaran arviointi koskee painelaitelainsäädännön alaisten osien eli kattilan, siihen liittyvien putkistojen ja painesäiliöiden lisäksi myös laitteita ja kokonaisuuksia, jotka eivät ole painelaitteita. Esimerkkejä tällaisista ovat polttoaineen syöttöjärjestelmä, kattilalaitoksen rakennukset sekä käyttöturvallisuuteen vaikuttavat laitteet ja laitejärjestelmät.

Peruseriaatteena tarkastelukohdetta määriteltäessä voidaan pitää:

Tarkastelu tulee ulottaa kattilalaitoksen niihin osiin ja toimintoihin, joissa tapahtuvista häiriöistä, toimintovirheistä, poikkeamista, vikaantumisista jne. voi aiheutua vahinkoa kattilalaitoksessa tai sen ympäristössä oleville henkilöille tai omaisuudelle.

Liitteessä 1 on esimerkkejä siitä, miten tarkastelun kohteen määrittely voidaan polttoainejärjestelmän osalta tehdä eri polttoainetta käyttävillä laitoksilla. Yleisesti voidaan todeta, että tarkastelun kohde on hyvä määritellä mieluummin laajemmaksi kuin liian suppeaksi.

Rajaus vaaratilanteista aiheutuvien vahinkojen laadun (vahinkotyyppien) mukaan

Painelaitelain 3 §:n mukaan:

Painelaite on rakennettava ja sijoitettava ja sitä hoidettava, käytettävä ja tarkastettava niin, ettei se vaaranna kenenkään terveyttä, turvallisuutta tai omaisuutta.

Lainsäädännön perusteella vaaran arvioinnissa on otettava huomioon siis **henkilöille** tai **omaisuudelle** vaaraa aiheuttavat tilanteet. Henkilöiden osalta on otettava huomioon niin laitoksella työskentelevät kuin laitoksen ulkopuolisetkin henkilöt. Myös omaisuusvahinkoja tulee tarkastella laitoksen lisäksi sen ympäristön osalta.

Keskeytys- ja ympäristövahingot eivät lainsäädännön mukaan kuulu vaaran arvioinnin tarkastelupiiriin. Näiden huomioonottaminen on kuitenkin mahdollista vaaran arviointi-prosessissa vaikka pääpaino onkin henkilö- ja omaisuusvahingoissa.

Päätös siitä, kohdistuuko tarkastelu yksinomaan henkilö- ja omaisuusvahinkoihin, vai otetaanko myös ympäristö- tai keskeytysvahingot mukaan, on laitoksen käytöstä, kunnossapidosta ja turvallisuudesta vastaavien tahojen sekä laitoksen johdon asia. Näiden tarkastelu voi olla hyvinkin perusteltua, jos näitä ei ole aikaisemmin käyty systemaattisesti läpi.

Erityisesti keskeytysvahinkojen huomioiminen voi monissa tapauksissa olla varsin järkevää. Onnettomuuden seurauksena syntyvät keskeytysvahingot voivat usein olla huomattavasti merkittävämpiä kuin varsinaiset omaisuusvahingot. Tämä pätee erityisesti silloin, kun kyseessä on kattilalaitos, joka liittyy johonkin jatkuvasti käynnissä olevaan teollisuusprosessiin (esim. kartonkitehdas).

Vaaran arviointi -prosessissa on muistettava tarkastella myös vahinkojen **välillisiä seurauksia**. Vaikka keskeytysvahingot eivät lähtökohtaisesti kuuluisikaan tarkastelun piiriin, niin toiminnan keskeytymisestä mahdollisesti aiheutuvien henkilö- tai omaisuusvahinkojen mahdollisuus on kuitenkin otettava huomioon. Tällaisia välillisiä vahinkoja voisi syntyä esimerkiksi kaukolämmityslaitoksen toiminnan keskeytymisestä.

Rajaus vaaratilanteista aiheutuvien seurausten vakavuuden mukaan

Ennen vaarojen tunnistamisen aloittamista on päätettävä myös siitä, miten tarkastelu rajataan seurausten vakavuuden suhteen. Lainsäädännön lähtökohta on vakavien vaaratilanteiden välttämässä. Se ei kuitenkaan anna selvää vastausta siihen, millaiset vaaratilanteet voidaan jättää tarkastelun ulkopuolelle. Rajaus jää jokaisen kattilalaitoksen itse päätettäväksi.

Käytännössä rajaus seurausten vakavuuden suhteen voi henkilövahinkojen osalta olla esimerkiksi seuraavanlainen: Tarkastelussa otetaan huomioon vain ne vaaratilanteet, joista voi olla seurauksena vähintään yhden henkilön vakava loukkaantuminen (viikkojen sairausloma, sormen menetys, vakavat palovammat jne.). Tavanomaiset, lievät henkilövahingot esim. pienet palovammat ja haavat, nyrjähtämiset jne. jätetään näin ollen tarkastelun ulkopuolelle.

Jos keskeytysvahingot ovat tarkastelussa mukana, rajaus voi olla esimerkiksi teollisuusprosessiin liittyvän kattilalaitoksen kohdalla, että alle kahden tunnin pituisen keskeytyksen aiheuttavia vahinkomahdollisuuksia ei tarkastella.

Seurausten vakavuuden suhteen tehtävän rajauksen tarkoituksena on, että voimavaroja ei tuhata turvallisuuden kannalta merkitykseltään vähäisiin tilanteisiin. Tällöin voidaan paremmin keskittyä tapauksiin, jotka saattavat aiheuttaa vakavia seurauksia.

Rajaus vaaratilanteen aiheuttajan mukaan

Myös sen suhteen pitää tehdä rajaus, minkälaisien tekijöiden aiheuttamat vaaratilanteet jätetään tarkastelun ulkopuolelle. Vaaran arviointi -vaatimusta koskeva lainsäädäntö ei anna tähän kysymykseen vastausta, mutta yleisenä periaatteena voidaan pitää:

Tarkastelun ulkopuolelle rajataan sellaiset vaaratilanteet, joihin kattilalaitos ei omilla toimillaan voi mitenkään vaikuttaa.

Tarkastelun ulkopuolelle voidaan siis jättää esimerkiksi Suomen oloissa **poikkeuksellisista luonnonilmiöistä** (maanjäristys, maanvyörymä jne.) aiheutuvat vaaratilanteet. Oloissamme normaaleista luonnonilmiöistä (ukkonen, rankkasateet) sekä vuodenaikojen ja säätilojen vaihteluista aiheutuvat vaaratilanteet on otettava huomioon.

Tahallisesta vahingonteosta aiheutuvien vaaratilanteiden ottaminen mukaan tarkasteluun tai niiden jättäminen tarkastelun ulkopuolelle on laitoksen käytöstä ja turvallisuudesta vastaavien tahojen sekä laitoksen johdon asia. Tahallista vahingontekoa on perusteltua tarkastella, jos laitoksella on ilmennyt siihen liittyviä ongelmia tai jos laitoksen varautuminen tällaista toimintaa vastaan (aidat laitosalueen ympärillä, vartiointi, valvontakamerat, valaistus jne.) koetaan puutteelliseksi.

5.3 Vaarojen tunnistaminen, nykyinen varautuminen ja toimenpide-ehdotukset

Vaarojen tunnistaminen ja nykyisen varautumisen selvittäminen sekä toimenpide-ehdotusten kehittäminen muodostavat vaaran arviointi -prosessin tärkeimmän vaiheen. Vaarojen tunnistamisella tarkoitetaan erilaisista toimintovirheistä, häiriöistä, poikkeamista, laitteiden vikaantumisista jne. aiheutuvien, ihmisille tai omaisuudelle vahinkoa aiheuttavien tapahtumien ja tapahtumaketjujen tunnistamista sekä näiden aiheuttamien seurausten kuvaamista. Sattuneiden onnettomuuksien ja läheltä-piti -tilanteiden kuvaukset sekä aikaisemmat turvallisuusanalyysit voivat antaa käyttökelpoista tietoa vaarojen tunnistamisen tueksi.

Vaarojen tunnistaminen voi jakautua useaan vaiheeseen ja siinä voidaan kohteesta ja analyysille asetetuista tavoitteista riippuen käyttää useita erilaisia menetelmiä. Ensimmäisessä vaiheessa tarkastelu voi tapahtua karkealla tasolla käyttäen esimerkiksi koko laitoksen tarkasteluun soveltuvia menetelmiä. Merkittävimmiksi arvioitujen vaaratilanteiden osalta tarkastelua voidaan jatkaa yksityiskohtaisemmalla tasolla. Käytettävistä menetelmistä riippumatta on tärkeää, että vaarojen tunnistamisessa kiinnitetään huomiota myös ihmisen ja organisaation toimintaan ja toimintaedellytyksiin. Tarkastelu ei saa rajoittua yksinomaan teknisiin näkökohtiin. Erilaisia vaaratilanteiden tunnistamismenetelmiä on kuvattu lyhyesti luvussa 7.

Vaarojen tunnistamista varten kattilalaitos on yleensä hyvä jakaa pienempiin tarkastelukokonaisuuksiin. Näin saadaan kerrallaan käsiteltävä kokonaisuus pysymään helposti hahmotettavana ja hallittavana. Höyrykattilalaitos voidaan jakaa esimerkiksi seuraaviin (toiminnallisiin) kokonaisuuksiin:

- Polttoaineen vastaanotto ja käsittely
- Polttoaineen ja palamisilman syöttö
- Poltto ja höyryntuotanto
- (Höyryn käyttö)
- Lauhteiden palautus, syöttöveden varastointi ja syöttö kattilaan
- Lisäveden valmistus
- Savukaasujen käsittely
- Tuhkan ja kuonan käsittely

Se, minkälaisiksi kokonaisuuksiksi kattilalaitos jaetaan, riippuu ennen kaikkea käytettävästä analyysimenetelmästä (analyysimenetelmän yksityiskohtaisuuden taso, ks. luku 7) ja siitä miten tarkastelun kohde on määritelty (ks. luku 5.2).

Samalla kun analyysissa tunnistetaan vaaratilanne ja mietitään siihen liittyviä seurauksia, selvitetään myös, miten vaaratilanteeseen on laitoksella nykyisin varauduttu. Varautumisella tarkoitetaan **kaikkia niitä keinoja**, joiden tarkoituksena on joko

- estää vaaratilanteen syntyminen tai
- rajoittaa syntyvän onnettomuuden seurauksia.

Varautumiskeinot voivat liittyä käytön tai kunnossapidon toimintatapoihin, ohjeistukseen, automaatio- tai suojausjärjestelmiin, varolaitteisiin jne.

Kaikilla varautumiskeinoilla on oma tärkeä merkityksensä, mutta suojausjärjestelmien (suojaukset, lukitukset) rooli on aivan erityinen. Jos tavanomaiset varautumiskeinot pettävät ja vaaratilanteeseen johtava tapahtumaketju pääsee etenemään riittävän pitkälle, suojausjärjestelmät ovat ”viimeinen lenkki”, joka voi estää onnettomuuden syntymisen.

Vaaran arviointi -vaatimuksessa edellytetäänkin, että kattilalaitokset selvittävät

- suojausjärjestelmiensä luotettavuuden ja
- miten suojausjärjestelmille asetettujen vaatimusten täytyminen on varmistettu.

Suojausjärjestelmien tarkastelua käsitellään enemmän liitteessä 2.

Vaaratilanteiden tunnistamisen ja niihin liittyvän varautumisen selvittämisen yhteydessä tulee esille myös asioita, joilla nykyistä varautumista voitaisiin parantaa. Nämä toimenpideehdotukset kannattaa kirjata ylös sitä mukaa kuin niitä tulee esiin. Toimenpideehdotusten toteuttamismahdollisuuksien tarkempi selvittäminen ja päätökset niiden toteuttamisesta tehdään vaaran arviointi -prosessin neljännessä vaiheessa (ks. kuva 1).

Tunnistetut vaaratilanteet, niiden syntyyn vaikuttavat tekijät, vaaratilanteiden seuraukset, nykyinen varautuminen ja toimenpideehdotukset sekä muut analyysi-istunnoissa käsitellyt asiat kirjataan yleensä lomakemuotoiselle dokumentille. Tätä käytäntöä sovelletaan useimpien turvallisuusanalyysimenetelmien kohdalla. Käytettävästä analyysimenetelmästä riippuen lomakkeiden välillä saattaa olla eroja esimerkiksi sarakkeiden nimeämisen suhteen, mutta perusperi-

aate on sama: Kaikki analyysin aikana esiin tullut vaaratilanteisiin, niiden syntyyn, seurauksiin jne. liittyvä tieto pyritään esittämään jäsennellyssä muodossa samassa dokumentissa.

Liitteessä 3 on esimerkki lomakkeesta, jota voidaan käyttää vaaratilanteisiin liittyvän tiedon dokumentoinnissa. Liitteessä esitetään myös joitakin näkökohtia, jotka tulisi ottaa huomioon asioiden kirjaamisessa sekä annetaan esimerkki ”hyvästä” kirjaamiskäytännöstä.

5.4 Vaarojen merkittävyyden arviointi

Turvallisuusanalyysiin ei yleensä kuulu riskin kvantitatiivinen (numeerinen) arviointi. Usein turvallisuusanalyysiin liitetään kuitenkin jonkinlainen vaarojen merkittävyyden arviointi. Tämän tavoitteena on asettaa tunnistetut vaaratilanteet ”tärkeysjärjestykseen”, jolloin jatkotoimenpiteet voidaan suunnitella kokonaisuuden kannalta mahdollisimman järkevästi. Jatkotoimenpiteet voivat tarkoittaa esimerkiksi vaaratilanteiden tarkempaa analysointia tai tärkeimmiksi arvioitujen toimenpide-ehdotusten toteuttamista.

Vaarojen merkittävyyden arvioimiseksi on olemassa useita menettelytapoja. Useissa menetelmissä arviointi perustuu työryhmän näkemyksiin vaaratilanteiden toteutumisen todennäköisyydestä ja mahdollisten seurausten vakavuudesta.

Mitään yleispätevää, kaikkiin tapauksiin ja kohteisiin soveltuvaa menettelytapaa vaarojen merkittävyyden arvioimiseksi ei ole olemassa. Arviointi on yleensä sitä helpompi tehdä, mitä yksityiskohtaisemmin vaaratilanteen syyt, seuraukset ja nykyinen varautuminen on selvitetty. Esimerkkejä vaarojen merkittävyyden arviointiin soveltuvista luokittelutavoista on liitteessä 4.

Vaarojen merkittävyyden arviointi voidaan tehdä kunkin yksittäisen vaaratilanteen, sen seurausten ja nykyisen varautumisen tunnistamisen yhteydessä tai vasta sitten, kun ko. vaiheet on viety koko kohteen osalta läpi. Jälkimmäinen tapa on suositeltavampi, koska eri tyyppisten vaarojen keskinäinen vertaaminen on helpompaa, kun kaikki tunnistetut vaarat luokitellaan kerralla. Vaarojen merkittävyyttä arvioitaessa on muistettava, että arviointi sinällään ei vähennä tai lisää riskiä - se vain auttaa suuntaamaan oikein riskienhallintatoimenpiteitä.

5.5 Vaarojen hyväksyttävyydestä ja parannustoimenpiteistä päättäminen

Vaarojen hyväksyttävyydestä ja parannustoimenpiteistä päättäminen tarkoittaa tarkasteluun osallistuneiden henkilöiden ja ennen kaikkea laitoksen johdon arviota siitä, ovatko tunnistetut vaaratilanteet ja niihin sisältyvät riskit hyväksyttäviä, vai onko niihin puuttuttava jollakin tapaa.

Vaarojen hyväksyttävyydestä päättäminen on pitkälti vaaratilanteen merkittävyyden ja sen pienentämiseksi tähtäävien toimenpiteiden aiheuttamien panostusten (kustannusten) keskinäistä vertailua. Parannustoimenpiteet on syytä aloittaa merkittävimmiksi arvioituista vaaroista. Usein parannustoimenpiteet kannattaa toteuttaa siinä järjestyksessä, missä tietyllä panostuksella voidaan saavuttaa suurin riskin pienennys. Merkitykseltään pieniksi arvioituja vaaratilanteitakaan ei tulisi unohtaa, koska ne voidaan usein hoitaa varsin pienin panostuksin.

Parannustoimenpiteet voivat koskea esimerkiksi toimintatapojen, koulutuksen tai ohjeistuksen parantamista, laitteisiin ja järjestelmiin liittyviä parannuksia tai ongelman perusteellisempaa selvittämistä. Toteutettaviksi päätetyille toimenpiteille kannattaa sopia vastuuhenkilö, joka asiaa hoitaa ja myös aikataulu, minkä puitteissa toimitaan. Vastuuhenkilöstä ja toteutusaikataulusta kannattaa tehdä merkintä vaaratilanteiden dokumentoinnissa käytettyyn lomakkeeseen (ks. liite 3). Toimenpiteiden toteutumisen seurannalla on vaaran arviointi -prosessista saatavan hyödyn kannalta varsin keskeinen rooli (ks. luku 5.7).

Ennen kuin parannustoimenpiteistä voidaan kaikilta osin päättää, on mahdollista, että jo edellisissä vaiheissa tunnistettuja toimenpide-ehdotuksia joudutaan tarkentamaan tai niiden lisäksi joudutaan kehittämään kokonaan uusia ehdotuksia.

5.6 Vaaran arviointi -selvityksen kokoaminen

Kun edellä kuvattu prosessi, alkaen tarkastelun kohteen ja rajausten määrittelystä (luku 5.2) ja päättyen vaarojen hyväksyttävyydestä ja parannustoimenpiteistä päättämiseen (luku 5.5), on toteutettu, on varsinaisen vaaran arviointi -prosessin viimeisenä vaiheena vaaran arviointi -selvityksen kokoaminen ja kirjoittaminen. Selvityksen kokoaminen pohjautuu ennen kaikkea edellisissä vaiheissa tehtyyn ja dokumentoituun työhön, mutta osittain myös muuhun olemassa olevaan laitosdokumentaatioon.

Esimerkki vaaran arviointi -selvityksen sisällöstä annettiin luvussa 4. Sen mukaan vaaran arviointi -selvityksen tulisi kattaa:

- selvitys perusteista, miksi vaaran arviointi on toteutettu
- kuvaus tarkasteltavasta kattilalaitoksesta ja sen ympäristöstä
- selvitys tehdyistä oletuksista ja rajauksista
- kuvaus vaaran arvioinnin toteuttamisesta ja käytetyistä menetelmistä
- sekä selvitys vaaran arvioinnin tuloksista ja arvio niiden merkityksestä.

Kaikkien tunnistettujen vaaratilanteiden kuvaaminen varsinaisessa vaaran arviointi -selvityksessä sellaisenaan eli siinä muodossa kuin ne on lomakkeille kirjattu, ei ole mielekäs-tä. Vaaratilanteet kannattaa sen sijaan tuoda esiin jollakin tavoin ryhmitellen. Mahdollisia ryhmittelytapoja ovat:

- Ryhmittely vaarallisen ilmiön mukaan: tulipalot, räjähdykset, vesi- ja höyrypurkaukset, kattilan kuiviinkiehuminen jne.
- Ryhmittely vaaratilanteen ilmenemispaikan mukaan: polttoaineen syöttöjärjestelmään, palamisilmajärjestelmään, kattilaan, savukaasujärjestelmään, vesi-höyrypiiriin liittyvät vaaratilanteet jne.
- Ryhmittely vaaratilanteen esiintymisajankohdan tai -tilanteen mukaan: käynnistykseen/ylösajoon, tehonmuutoksiin, alasajoon, huolto- ja kunnossapitotilanteisiin tms. liittyvät vaaratilanteet jne.

Myös muita ryhmittelytapoja on olemassa. Vaaratilanteita kuvattaessa voidaan hyvin käyttää useampiakin ryhmittelyperiaatteita. Oleellisinta on, että kokonaisuus muodostaa yhtenäisen ja loogisen sekä mahdollisimman helppolukuisen esityksen. Erityistä huomiota on kiinnitettävä vaaratilanteiden kuvaamisessa käytettyjen termien johdonmukaiseen käyttöön.

Vaaran arviointi -selvityksen kokoamiseen tulee varata riittävästi aikaa ja sen kirjoittaminen kannattaa aloittaa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Osia siitä voidaan kirjoittaa jo heti vaara arviointi -prosessin käynnistymisen jälkeen.

Vaaran arviointi -selvityksen tulee muodostaa itsenäinen dokumentti. Sen ymmärtäminen sellaisenaan, ilman muita tarkasteltavaan kattilalaitokseen liittyviä dokumentteja, tulisi olla mahdollista sellaiselle henkilölle, joka tuntee yleisellä tasolla kattilalaitosten toimintaa, mutta ei ole asiantuntija juuri tarkasteltavan kattilalaitoksen osalta. Tällainen henkilö voi olla esimerkiksi tarkastuslaitoksen tarkastaja tai viranomaisen edustaja.

Vastuu vaaran arvioinnin tekemisestä, sen sisällöstä ja kattavuudesta on kattilalaitoksen omistajalla tai haltijalla. Hyvä tapa on, että kattilalaitoksen käytönvalvoja ja laitoksen ylin johto varmentavat valmiin vaaran arviointi -selvityksen allekirjoituksillaan.

5.7 Seuranta ja päivitys

Vaaran arviointi on parhaimmillaan jatkuvaa työskentelyä kattilalaitoksen käyttöön liittyvien vaarojen minimoimiseksi.

On suositeltavaa, että vaaran arvioinnissa toteutettaviksi päätettyjen toimenpiteiden etenemistä ja toteutumista seurataan määräajoin pidettävillä seurantakokouksilla. Sopiva taajuus seurantakokouksien pitämiseksi voi olla esimerkiksi kahdesti vuodessa.

Toimenpiteiden toteutumisen seurannan lisäksi koko vaaran arviointi -selvitys ja sen pohjana olevat turvallisuusanalyysit on hyvä tarkistaa määräajoin ja saattaa ajan tasalle vastaamaan kattilalaitoksen sen hetkistä tilannetta. Kemikaalilaitosten vaaran arvioinnit on suositeltu päivitettäväksi 5 vuoden välein. Kattilalaitosten osalta päivitys voisi tapahtua käyttötarkastusten mukaan.

Määräajoin tapahtuvan päivityksen lisäksi vaaran arviointi pitää saattaa ajan tasalle, jos laitoksen toiminnassa, tekniikassa tai ympäristössä tapahtuu muutoksia, joilla voi olla vaikutusta kattilalaitoksen turvallisuuteen. Tällöin vaaran arvioinnin asianmukaisuus tarkastetaan muutostarkastuksen yhteydessä.

6 Vaaran arvioinnin toteutuksessa ja dokumentoinnissa huomioon otettavia seikkoja

Tämän luvun tavoitteena on lyhyesti kuvata joitakin käytännön seikkoja, joihin tutustuminen ja joiden ottaminen huomioon ennen varsinaisen vaaran arviointi –prosessin käynnistämistä on hyödyllistä pyrittäessä mahdollisimman hyvään lopputulokseen.

Ryhmätyötä, nimetty vastuuhenkilö

Vaarojen ja niiden seurausten tunnistaminen sekä nykyisen varautumisen selvittäminen ja vaarojen merkittävyyden arviointi on tehokkainta, kun se tehdään työryhmässä, jossa on riittävä asiantuntemus kattilalaitoksen käyttöön, kunnossapitoon, automaatioon jne. liittyen. Työryhmän sujuva yhteistoiminta vaatii suunnittelua ja työn organisointia.

Hyvä käytäntö on, että vaaran arviointi -hankkeelle valitaan vastuuhenkilö. Hänen tehtäviinsä kuuluu mm.:

- vaarojen tunnistamisen ja arvioinnin suorittavan työryhmän (tai työryhmien) kokoaminen
- tarvittavan aineiston hankkiminen ja sen päivittäminen vastaamaan kattilalaitoksen nykyistä tilannetta
- analyysikokousten järjestäminen
- kokousten vetäminen ja tulosten kirjaamisesta huolehtiminen
- vaaran arviointi -selvityksen laatiminen.

Vastuuhenkilönä voi olla esimerkiksi kattilalaitoksen käytön valvoja, koska hänen tehtäviinsä kuuluu yleinen kattilalaitoksen kunnosta ja turvallisuudesta vastaaminen. Pienillä kattilalaitoksilla vaaran arviointi -selvityksen tekeminen voi jäädä yhden henkilön vastuulle.

Vaatimusten selvittäminen, aineiston päivittäminen

Ennen kattilalaitoksen vaarojen tunnistamistyöhön ryhtymistä on vastuuhenkilön perehdyttävä kattilalaitosten vaaran arviointia koskeviin säädöksiin ja niihin vaatimuksiin, mitä vaaran arviointi -selvitykselle on asetettu. Ennen analyysityön aloittamista vastuuhenkilön pitää selvittää myös kaikille työryhmän jäsenille vaaran arvioinnille asetetut tavoitteet ja vaatimukset.

Vaarojen tunnistamista ja arviointia varten tarvitaan analyysikokouksissa tietoa laitoksesta ja sen toiminnasta. Lähdeaineistona käytettävien toimintakuvausten, lay -out -piirustusten ja PI-kaavioiden on oltava ajan tasalla. Jos aineisto ei vastaa kattilalaitoksen nykyistä tilannetta, on dokumentit päivitettävä ajan tasalle.

Analyysikokousten järjestäminen

Tarkasteltavan kattilalaitoksen vaarojen tunnistaminen perustuu analyysiryhmän asiantuntemukseen, kokemuksiin tarkasteltavasta laitoksesta ja mahdollisesti myös muista vastaavanlaisista laitoksista käytettävissä oleviin tietoihin. Analyysiryhmän koko ja tarkasteluun vaadittavien kokousten lukumäärä riippuvat tarkasteltavan kattilalaitoksen koosta, tekniikasta jne.

Jotta analyysikokous sujuisi tehokkaasti ja vaaratilanteet tulisivat järjestelmällisesti tunnistettua ja arvioitua, on kokouksella oltava vetäjä. Analyysikokouksen vetäjän pitää tuntea tarkas-

teltava kattilalaitos ja sen toiminta niin hyvin, että hän ymmärtää työryhmän edustajien näkemykset vaaroista ja pystyy ohjaamaan analyysin kulkua.

Tulosten kirjaaminen

Vastuu analyysin kirjausten tekemisestä kannattaa antaa henkilölle, joka tuntee tarkasteltavan kohteen, ymmärtää työryhmän käyttämät termit ja erityissanaston sekä pystyy tekemään ajoittain nopeasti etenevästä keskustelusta riittävän täsmälliset muistiinpanot. Kokenut analyysikokouksen vetäjä voi tarvittaessa toimia myös kokouksen sihteerinä. Erillisen sihteerin käyttö yleensä kuitenkin tehostaa analyysikokouksen sujumista. Esimerkki analyysikokouksen kirjauksista on liitteessä 3.

Ulkopuolisen asiantuntijan käyttäminen

Kattilalaitos voi käyttää vaaran arvioinnin tekemisessä apuna myös ulkopuolista asiantuntijaa. Vaikka mukana olisikin ulkopuolinen asiantuntija, on laitoksen omalla henkilökunnalla paras asiantuntemus laitoksen toiminnasta ja siihen liittyvistä vaaroista. Vaaran arviointi- ja selvityksen laatiminen vaatii aina laitoksen henkilökunnan osallistumista vaarojen tunnistamiseen ja niiden merkittävyyden arvioimiseen.

7 Vaaratilanteiden tunnistamismenetelmiä

Tämän luvun tavoitteena on lyhyesti kuvata erilaisia yleisesti tunnettuja vaaratilanteiden tunnistamismenetelmiä; varsinaisia turvallisuusanalyysin menetelmiä sekä tarkistuslistoja. Esiteltävien turvallisuusanalyysin menetelmien kuvaukset on pidetty tarkoituksella suppeina, koska riittävän yksityiskohtaisten kuvausten sisällyttäminen tähän oppaaseen ei olisi mahdollista. Kunkin menetelmän kohdalla luetellaan kirjallisuutta, josta löytyy lisää tietoa menetelmästä ja sen käytöstä. Oppaan liitteessä 5 on luonnehdittu yleisesti erilaisia kattilalaitoksen käyttöön liittyviä vaaratilanteita ja liitteissä 6-10 on tarkistuslistoja, joita voidaan käyttää apuna vaaratilanteiden tunnistamisessa.

7.1 Turvallisuusanalyysin menetelmät

Vaarojen ja vaaratilanteiden tunnistamisessa voidaan tarkasteltavasta kohteesta ja tarkastelulle asetetuista tavoitteista riippuen käyttää erilaisia analyysimenetelmiä.

Analyyssimenetelmät voivat soveltua:

- kokonaisten laitosten ja prosessien tarkasteluun (potentiaalisten ongelmien analyysi, poikkeamatarkastelu)
- rajattujen toimintosarjojen ja työtehtävien tarkasteluun (toimintovirheanalyysi, työn turvallisuusanalyysi)
- rajattujen teknisten järjestelmien tarkasteluun (vika- ja vaikutusanalyysi)
- vakavien onnettomuusmahdollisuuksien yksityiskohtaiseen tutkimiseen (vikapuuanalyysi).

Paitsi tarkastelukohteensa osalta, menetelmät eroavat toisistaan myös vaatimansa työmäärän ja tarvittavan aineiston suhteen. Eroja on myös menetelmien soveltuvuudessa laitoksen elinkaaren (suunnittelu, rakentaminen, käyttöönotto, käyttö, käytöstä poistaminen) eri vaiheisiin. Jokaisella analyyssimenetelmällä on omat etunsa ja rajoituksensa. Mikään menetelmä ei ole kaikkiin tilanteisiin ja kaikkiin kohteisiin sopiva.

Seuraavassa kuvataan lyhyesti muutamia kattilalaitosten vaaran arviointiin soveltuvia analyysimenetelmiä. Kunkin menetelmän kohdalla on selvitetty, mistä löytyy lisätietoja menetelmästä ja sen käytöstä. Oppaan liitteessä 5 on yleisesti luonnehdittu erilaisia kattilalaitoksen käyttöön liittyviä vaaratilanteita (tulipalot, pölyräjähdykset, kaasuräjähdykset, kuiviinkiehuminen, vesi- ja höyryvuodot, kattila- ja paineastiaräjähdykset jne.).

7.1.1 Potentiaalisten ongelmien analyysi

Potentiaalisten ongelmien analyysin (POA) avulla saadaan yleiskuva laitokseen ja sen toimintaan liittyvistä vaaroista ja niihin vaikuttavista tekijöistä. Se soveltuu laitoksen keskeisten ongelma-alueiden etsimiseen. Potentiaalisten ongelmien analyysin avulla voidaan tunnistaa hyvin erilaisia ja eri tasoisia vaaroja ihmisen virhetoiminnoista ja laitevioista ympäristön laitokselle aiheuttamiin vaaroihin asti.

Potentiaalisten ongelmien analyysi voidaan jakaa ongelmien tunnistamisvaiheeseen, ongelmien arviointivaiheeseen ja parannustoimenpiteiden suunnitteluvaiheeseen. Ongelmien tunnis-

tamisvaiheessa pyritään työryhmässä toteutetulla ideoinnilla ja keskustelulla löytämään mahdollisimman kattavasti tarkasteltavaan kohteeseen liittyvät ongelmat. Ongelmien arviointivaiheessa valitaan jatkokäsittelyä vaativat ongelmat ja kohteet, joita on tarkasteltava yksityiskohtaisemmillä analyysimenetelmillä. Parannustoimenpiteiden suunnitteluvaiheessa etsitään mahdollisuuksia tunnistettujen ongelmien poistamiseksi tai niistä aiheutuvien haittavaikutusten vähentämiseksi.

Potentiaalisten ongelmien analyysin etuna on sen soveltuminen hyvin eri tyyppisten kohteiden tarkasteluun. Se on myös suhteellisen nopea menetelmä. Toisaalta tarkastelun laaja-alaisuus rajoittaa menetelmällä saatavien tulosten yksityiskohtaisuutta ja tarkkuutta. Potentiaalisten ongelmien analyysiä ei kannata käyttää kohteisiin, joiden keskeiset ongelma-alueet ovat jo hyvin tiedossa ja myös dokumentoitu.

Lisää tietoa potentiaalisten ongelmien analyysistä ja sen käytöstä löytyy mm. seuraavista julkaisuista:

- *Reunanen, M. & Rouhiainen, V. 1987. Kotimaisten polttoaineiden turvallinen tuotanto ja käyttö. Osa 6. Turvelaitosten turvallisuusanalyysit. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 46 s. + 7 liitt. s. (VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 780.) ISBN 951-38-2967-7*
- *Turvallisuusanalyysi. Teollisuusvakuutuksen työsuojelujulkaisu n:o 3. 55 s.*

7.1.2 Poikkeamatarkastelu

Poikkeamatarkastelu (Hazop = Hazard and Operability Study) on kehitetty lähinnä kemian prosessilaitosten turvallisuuden arvioimiseen, mutta se soveltuu myös kattilalaitosten tutkimiseen. Poikkeamatarkastelussa lähdetään oletuksesta, että järjestelmässä esiintyy ongelmia vasta jonkin toimintaparametrin muuttuessa tavanomaisesta arvostaan.

Poikkeamatarkastelussa käydään läpi kohdejärjestelmän toimintasuureiden muutokset erityisten avainsanojen avulla. Prosessijärjestelmien tyypillisiä toimintasuureita ovat esimerkiksi virtaus, lämpötila, paine, kemiallinen koostumus. Käytettäviä avainsanoja ovat

- ei
- enemmän (korkeampi)
- vähemmän (matalampi)
- osaksi (esim. virheellinen pitoisuus)
- muuta lisäksi (esim. epäpuhtaudet)
- muuta.

Tarkastelun pohjana käytetään virtaus- tai putkistokaavioita. Kohde jaetaan yleensä poikkeamatarkastelun toteuttamista varten sopiviin osiin. Tyypillisiä osia ovat esimerkiksi putkilinjat, säiliöt, kuljettimet jne.

Yhdistämällä avainsana ja toimintasuure saadaan poikkeama, jonka vaikutusta tarkasteltavaan prosessin osaan ja sen turvallisuuteen arvioidaan. Poikkeamat on tarkoituksenmukaista käsitellä prosessisuure tai aputoiminto kerrallaan. Esimerkiksi virtauksen osalta käsitellään poikkeamat ei virtausta, liikaa virtausta, liian vähän virtausta ja päinvastainen virtaus, jonka jälkeen jatketaan esimerkiksi lämpötilaan liittyvien poikkeamien tarkastelulla.

Vaikka poikkeamatarkastelu on alunperin kehitetty kemianteollisuuden vaarojen tunnistamiseen, sen periaatteita voidaan käyttää hyvin laajasti teknisissä järjestelmissä, joissa häiriöt johtuvat toimintasuureiden poikkeamista.

Lisää tietoa poikkeamatarkastelusta ja sen käytöstä löytyy mm. seuraavista julkaisuista:

- *Reunanen, M. & Rouhiainen, V. 1987. Kotimaisten polttoaineiden turvallinen tuotanto ja käyttö. Osa 6. Turvelaitosten turvallisuusanalyysit. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 46 s. + 7 liitt. s. (VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 780.) ISBN 951-38-2967-7*
- *Turvallisuusanalyysi. Teollisuusvakuutuksen työsuojelujulkaisu n:o 3. 55 s.*
- *Riskienhallinta kemianteollisuudessa. 1991. Helsinki: Kemian keskusliitto. 97 s. ISBN 952-9597-06-1*

7.1.3 Toimintovirheanalyysi

Toimintovirheanalyysi on kehitetty ihmisen virhetoimintojen arviointiin selvästi määritellyissä toimintosarjoissa. Nämä voivat liittyä esimerkiksi prosessien tai laitteistojen käyttö-, ohjaus- ja valvontatehtäviin. Toimintovirheanalyysin avulla tarkastellaan yksittäisten toimintojen suorittamisessa mahdollisesti esiintyviä virheitä ja näiden vaikutuksia prosessin tai laitteiston toimintaan ja sen turvallisuuteen. Tyypillisiä virheitä ovat:

- toiminnon unohtaminen
- ylimääräisen haitallisen toiminnon tekeminen
- väärän toiminnon tekeminen
- toiminnon väärä ajoitus
- toiminnon tekeminen virheellisesti (tai väärällä tavalla).

Toimintovirheanalyysissä selvitetään havaittujen virhemahdollisuuksien välittömät vaikutukset prosessiin, laitteistoon ja työn suorittamiseen. Tämän lisäksi tarkastellaan mahdollisten virheiden välillisiä vaikutuksia, jotka voivat ilmetä prosessin tai laitteiston muissa osissa ja niiden toiminnassa ja aiheuttaa niissä vaaraa.

Lisää tietoa toimintovirheanalyysistä ja sen käytöstä löytyy mm. seuraavista julkaisuista:

- *Reunanen, M. & Rouhiainen, V. 1987. Kotimaisten polttoaineiden turvallinen tuotanto ja käyttö. Osa 6. Turvelaitosten turvallisuusanalyysit. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 46 s. + 7 liitt. s. (VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 780.) ISBN 951-38-2967-7*
- *Turvallisuusanalyysi. Teollisuusvakuutuksen työsuojelujulkaisu n:o 3. 55 s.*

7.1.4 Vika- ja vaikutusanalyysi

Vika- ja vaikutusanalyysin avulla tunnistetaan systemaattisesti järjestelmän laitevikoja, niiden syitä ja vaikutuksia järjestelmän toimintavarmuuteen ja turvallisuuteen. Järjestelmän komponenttien kaikki ajateltavissa olevat vioittumistavat käydään läpi valitulla tarkastelutasolla. Tarkastelutason mukaisesti pienin tarkasteltava yksikkö eli komponentti voi olla järjestelmän osa, kone tai koneen osa.

Tyypillisiä vioittumistapoja ovat

- toimii tarpeettomasti
- ei toimi tarvittaessa
- ei lopeta toimintaa tarvittaessa
- lakkaa toimimasta.

Muunlaisista vioittumistavoista tärkeimpiä ovat erilaiset vuodot, jotka useimmiten voidaan luokitella ulkoisiksi tai sisäisiksi.

Menetelmä tunnistaa riippumattomia virhetoimintoja, jotka joko johtavat suoraan vahinkota- pautumiin tai jotka edesauttavat niiden kehittymistä. Vika- ja vaikutusanalyysi soveltuu ensi- sijaisesti materiaali- ja laitevikojen tarkasteluun. Sitä voidaan soveltaa erilaisista tekniikoista (sähkö-, kone-, hydraulitekniikka ym.) ja niiden yhdistelmästä koostuviin järjestelmiin.

Lisää tietoa vika- ja vaikutusanalyysistä ja sen käytöstä löytyy mm. seuraavista julkaisuista:

- *Turvallisuusanalyysi. Teollisuusvakuutuksen työsuojelujulkaisu n:o 3. 55 s.*
- *Riskienhallinta kemianteollisuudessa. 1991. Helsinki: Kemian keskusliitto. 97 s. ISBN 952-9597-06-1*
- *SFS 5438. 1988. Järjestelmän luotettavuuden analysointimenetelmät – Vika- ja vaikutusa- nalyysi (VVA). Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 12 s.*

7.2 Tarkistuslistat

Tarkistuslistat on toinen yleisesti käytetty vaaratilanteiden tunnistamismenetelmä varsinaisten turvallisuusanalyysin menetelmien lisäksi. Ne perustuvat aiempiin kokemuksiin tarkastelun kohteesta ja siihen liittyvistä ongelmista. Tarkistuslistojen käytön tavoitteena on käydä läpi tunnetut vaaratyypit ja tarkistaa kohteen yhdenmukaisuus esimerkiksi standardimenettelyjen kanssa. Tarkistuslistat soveltuvat käytettäväksi laitoksen elinkaaren kaikissa vaiheissa.

Tarkistuslistat voivat muodostua avainsanan luonteisista otsikoista, joiden tarkoituksena on herättää ajatuksia ja virittää asiaan liittyvä keskustelu. Tarkistuslistat voivat olla myös hyvin yksityiskohtaisia ja sisältää esimerkiksi viittauksia standardeihin ja normeihin.

Tarkistuslista on yksinkertainen käyttää ja sen avulla saadaan nopeasti tuloksia. Yleisesti arvi- oiden tarkistuslista on ajankäytön ja kustannusten kannalta tehokkaimpia turvallisuuden tar- kastelumenetelmiä. Tarkistuslistat soveltuvat käytettäväksi koetellun tekniikan yhteydessä, jolloin hyvän käytännön arvioidaan takaavan riittävän turvallisuuden.

Liitteissä 6 – 10 on joitakin kattilalaitoksille laadittuja tarkistuslistoja. Niissä on esitetty erilai- sia **vaaratilanteiden syntyyn tai niiden seurausten vakavuuteen vaikuttavia tekijöitä**.

Tarkistuslistat on laadittu pääasiassa polttoainekohtaisesti (öljyn poltto, kaasun poltto, karke- an polttoaineen poltto jne.). Polttoainekohtainen jako vastaa melko pitkälti myös eri kattila- tyyppien mukaista jakoa. Suurvesitilaisiin kattiloihin (esim. tulitorvi-tuliputkikattilat) liittyvät asiat esiintyvät lähinnä öljyn ja maakaasun tarkistuslistoissa (liitteet 6 ja 7), arinakattiloihin liittyvät asiat lähinnä karkean polttoaineen tarkistuslistassa (liite 8) ja leijukattiloihin liittyvät asiat lähinnä pölymäisen polttoaineen tarkistuslistassa (liite 9). Viimeisessä tarkistuslistassa (liite 10) keskitytään suojausjärjestelmiin liittyviin näkökohtiin. Tarkistuslistojen keskeisinä

lähteinä on käytetty Kattilalaitosten turvallisuuskomitean (KLTK) laatimia kattilalaitosten turvallisuusohjeita (ks. kirjallisuusluettelo).

Tarkistuslistojen tarkoituksena on tukea vaaratilanteiden tunnistamista herättämällä ajatuksia mahdollisista vaaratilanteiden syntyyn tai niistä aiheutuvien seurausten vakavuuteen vaikuttavista tekijöistä. Kunkin tarkistuslistassa esitetyn asiakokonaisuuden kohdalla tulisi siis miettiä onko kuvattu tilanne mahdollinen tarkasteltavalla kattilalaitoksella tai esiintyykö laitoksella kuvattun tyyppinen tekninen ratkaisu, kytkentä, puute tms.

Tarkistuslistoille tyypillisen piirteen mukaisesti liitteenä olevat tarkistuslistat, niin kuin tarkistuslistat yleensäkin eivät ole kattavia luonteeltaan. Tarkistuslistoja suositellaan käytettäväksi vasta siinä vaiheessa, kun vaaratilanteiden tunnistaminen on ensin tehty jollakin systemaattisella turvallisuusanalyysin menetelmällä.

8 Hyvän vaaran arviointi -selvityksen ja sen laadintaprosessin tunnusmerkkejä

Tämän luvun tavoitteena on yhteenvetomaisesti esittää erilaisia vaaran arviointi -selvitykseen ja sen laadintaprosessiin liittyviä näkökohtia, jotka huomioimalla voidaan varmistaa, että prosessin varsinainen lopputulos eli vaaran arviointi -selvitys sekä itse vaaran arviointi -prosessi täyttäisivät niille asetetut vaatimukset. Luetteloa voidaan käyttää tarkistuslistana vaaran arviointi -prosessin eri vaiheissa.

- Hankkeelle on nimetty laitokselta vastuuhenkilö riittävin resurssein ja valtuuksin.
- Prosessin läpivientiin varataan riittävästi aikaa.
- Hankitaan ulkopuolista asiantuntemusta jos katsotaan, että oma osaaminen ei riitä.
- Vaarojen ja niiden seurausten tunnistaminen, nykyisen varautumisen selvittäminen jne. tehdään ryhmätyönä mikäli mahdollista.
- Työryhmissä on edustettuna eri alojen (käyttö, kunnossapito, automaatio jne.) asiantuntemusta.
- Analyysityöskentelyyn osallistuville henkilöille selvitetään ennen analyysityön aloittamista vaaran arvioinnin taustaa sekä työskentelylle asetettuja tavoitteita ja vaatimuksia. Samoin selvitetään sitä miten työskentely tapahtuu (käytettävän analyysimenetelmän kuvaus).
- Analyysi-istunnoissa käytettävä taustamateriaali (toimintakuvaukset, lay-out -piirustukset, PI-kaaviot jne.) on päivitetty vastaamaan tarkasteluajankohdan mukaista tilannetta.
- Tarkastelun kohteen ja rajausten määrittely on tehty laitoksen ominaispiirteet huomioiden ja se on laadittu kirjalliseen muotoon.
- Analyysityöskentelyssä pidetään kiinni tarkastelun kohteen ja rajausten määrittelyistä. Niitä käytetään ohjaamaan analyysi-istunnoissa käytävää keskustelua.
- Analyysi-istuntojen puheenjohtaja pitää huolen siitä, että kaikki analyysiryhmän jäsenet pääsevät tuomaan julki omat näkemyksensä vaaratilanteisiin, niiden seurauksiin, nykyiseen varautumiseen jne. liittyvistä asioista.
- Analyysi-istunnoissa käytetään laitoksen hyvin tuntevaa ja työryhmän käyttämät termit ymmärtävää sihteeriä mikäli mahdollista.
- Analyysi-istunnot pidetään kohtuullisen mittaisina. Maksimi yhtämittäinen kesto n. 2,5-3 tuntia. Päivää kohden analyysi-istuntojen maksimimäärä noin 5 tuntia.
- Analyysikokousten aikana käydyt keskustelut kirjoitetaan puhtaaksi mahdollisimman pian analyysi-istuntojen jälkeen.
- Analyysiryhmä kommentoi lomakkeet niiden puhtaaksikirjoituksen jälkeen. Kommentoijina voi toimia myös henkilöitä, jotka eivät osallistuneet varsinaisiin analyysi-istuntoihin. Vaikka vaaran arviointi -prosessia ei voitaisikaan toteuttaa ryhmätyöskentelynä (työvuorojärjestelyiden tms. vuoksi), niin vaaratilanteiden tunnistamisen tulokset eli analyysilomakkeet olisi silti hyvä antaa muiden työntekijöiden kommentoitavaksi ja täydennettäväksi.
- Varsinaisen vaaran arviointi -selvityksen kirjoittamiseen varataan riittävästi aikaa.
- Vaaran arviointi -selvitys muodostaa itsenäisen dokumentin. Sen ymmärtäminen sellaisenaan, ilman muita dokumentteja, tulisi olla mahdollista sellaiselle henkilölle, joka tuntee yleisellä tasolla kattilalaitoksen toimintaa, mutta ei ole asiantuntija juuri tarkasteltavan kattilalaitoksen osalta.
- Kattilalaitoksen käytönvalvoja ja laitoksen ylin johto varmentavat valmiin vaaran arviointi -selvityksen allekirjoituksillaan.

- Vaaran arviointi -selvityksen valmistumisen jälkeen pidetään tehdystä työstä ja sen tuloksista yleinen tiedotustilaisuus koko laitoksen henkilöstölle.
- Sovitaan esiin tulleiden toimenpide-ehdotusten jälkiseurannasta sekä vaaran arviointi –selvityksen päivitysmenettelystä ja aikataulusta.

Lähdeluettelo

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaiteturvallisuudesta (953/1999), annettu 18.10.1999

Muje, I., Salminen, A., Salonen, H., Kurttila, H. Turvatekniikan keskuksen toimialalla 1986-1996 sattuneet onnettomuudet. Helsinki: Turvatekniikan keskus. 74 s. + 16 liitt. s. (TUKES-julkaisu 4/1998.) ISBN 952-5095-17-7

Painelaitelaki (869/1999), annettu 27.8.1999

Riskienhallinta kemianteollisuudessa. 1991. Helsinki: Kemian keskusliitto. 97 s. ISBN 952-9597-06-1

Rouhiainen, V. 1988. Turvallisuus- ja riskianalyysin laadun arviointi. Espoo: Valtion teknillisen tutkimuskeskus. 86 s. (VTT Tutkimuksia 517.) ISBN 951-38-3066-7

Muuta kirjallisuutta

Heikkilä, J. 1997. TOMHID - Tuotantolaitoksen turvallisuuden kartoitusmenetelmä. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 45 s. + liitt. 31 s. (VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1880.) ISBN 951-38-5179-6

IEC 300-3-9. 1995. Dependability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems. Geneve: International Electrotechnical Commission. 67 p.

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1983. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Rakenneohje. Helsinki: Teollisuusvakuutus. 5 s. (Suojeluohje G9)

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1985. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Automaatio ja instrumentointi. Helsinki: Teollisuusvakuutus. 18 s. (Suojeluohje G10)

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1985. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Höyrykattilan vesi-höyryjärjestelmä. Helsinki: Teollisuusvakuutus. 4 s. (Suojeluohje G11)

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1985. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Karkean polttoaineen poltto. Helsinki: Teollisuusvakuutus. 4 s. (Suojeluohje G8)

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1985. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Puupölynpoltto. Helsinki: Teollisuusvakuutus. 5 s. (Suojeluohje G6)

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1991. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Kattilalaitoksen suunnittelu. Helsinki: Teollisuusvakuutus. 18 s. (Suojeluohje G13)

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1993. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Kaasunpoltto. Helsinki: Teollisuusvakuutus. 7 s. (Suojeluohje G3)

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1994. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Turpeen käsittely ja turvepölynpoltto. Helsinki: Teollisuusvakuutus. 12 s. (Suojeluohje G5)

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1997. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Helsinki: Teollisuusvakuutus. 1 s. (Suojeluohje G1)

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1997. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Henkilöturvallisuus. Helsinki: Teollisuusvakuutus. 8 s. (Suojeluohje G19)

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1997. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Leijupoltto. Helsinki: Teollisuusvakuutus. 6 s. (Suojeluohje G15)

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1997. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Öljynpoltto. Helsinki: Teollisuusvakuutus. 10 s. (Suojeluohje G2)

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1999. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Kattilalaitosten turvallisuuteen liittyvä automaatio. 35 s. (Luonnos 2.2.1999)

Nissilä, M. & Rouhiainen, V. 1994. Keskeytysriskianalyysi laitoksen haavoittuvuuden tarkasteluun. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 27 s. + liitt. 25 s. (VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1575.) ISBN 951-38-1851-9

Ohjelmoitavien turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien arviointiohjeet. 1994. Helsinki: Teknillinen tarkastuskeskus. 102 s. (TTK-suositus 1-1994.) ISBN 952-9588-48-8

Rautalin, A. 1987. Kotimaisten polttoaineiden turvallinen tuotanto ja käyttö. Osa 8. Käsitteilytekniikka ja laitosten suunnittelu. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 137 s. + 7 liitt. s. (VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 770.) ISBN 951-38-2966-9

Reunanen, M. 1983. Soodakattilalaitoksen riskianalyysi. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 49 s. + liitt. 15 s. (VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 250.) ISBN 951-38-1851-9

Reunanen, M. & Rouhiainen, V. 1987. Kotimaisten polttoaineiden turvallinen tuotanto ja käyttö. Osa 6. Turvelaitosten turvallisuusanalyysit. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 46 s. + 7 liitt. s. (VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 780.) ISBN 951-38-2967-7

Rouhiainen, V. & Suokas, J. 1989. Turvallisuusanalyysin laadun ohjaus. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 70 s. + liitt. 28 s. (VTT Tutkimuksia 643.) ISBN 951-38-3526-X

SFS 5438. 1988. Järjestelmän luotettavuuden analysointimenetelmät – Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA). Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 12 s.

Toola, A. Kattilalaitosten riskianalyysit - yhteenvetoraportti. Helsinki: Turvatekniikan keskus. 23 s. (TUKES-julkaisu 2/1998.) ISBN 952-5095-15-0

Turvallisuusanalyysi. Teollisuusvakuutuksen työsuojelujulkaisu n:o 3. 55 s.

Vaaran arviointi – maakaasun käyttö ja käsittely. 1994. Helsinki: Teknillinen tarkastuskeskus. 6 s. + 8 liitt. s. (TTK-ohje G1-94.)

Vuori, M., Suominen, A. & Lepistö, J. 1998. Riskienhallinnan perusteet pk-yrityksille ja työntekijöille. Pk-yritysten riskienhallinta –välinesarja. Pk-yritysten riskienhallinta-hankekonsortio. 17 s.

Esimerkkejä tarkastelun kohteen määrittelystä

Vaarojen arviointia varten on päätettävä, miten tarkastelun kohteena oleva kattilalaitos rajataan.

Kohteen rajauksia mietittäessä on muistettava, että tarkastelu tulee ulottaa kattilalaitoksen niihin osiin ja toimintoihin, joissa tapahtuvista häiriöistä, toimintovirheistä, poikkeamista, vikaantumisista jne. voi aiheutua vahinkoa kattilalaitoksessa tai sen ympäristössä oleville henkilöille tai omaisuudelle. Seuraavassa on esimerkkejä kohteen rajauksesta polttoainejärjestelmän osalta.

Maakaasua käyttävälle kattilalaitokselle tarkastelun luonnollinen raja alkupään osalta on paineenvähennyslaitteistoa edeltävä pääsulkuventtiili (ks. SFS 5487). Paineenvähennysasemaan tai paineenvähennysaseman ja kattilalaitoksen väliseen siirtoputkistoon liittyvät vahinkomahdollisuudet, kuten esimerkiksi siirtoputkiston vuotaminen jätettäisiin näin ollen tarkastelun ulkopuolelle.

Öljyä käyttävällä kattilalaitoksella rajausta voidaan polttoainejärjestelmän osalta tehdä niin, että tarkastelukohteeseen kuuluu kattilalaitoksen sisälle sijoitettu päiväsäiliö, mutta ei polttoöljyn varsinainen varastosäiliö, eikä tämän säiliön ja päiväsäiliön välinen polttoöljyputkisto. Varastosäiliön vuotamiseen, tulipaloon jne. liittyvät vaaratilanteet jätettäisiin näin ollen tarkastelun ulkopuolelle.

Kiinteätä polttoainetta (haketta, turvetta, kivihiiltä jne.) käyttävällä kattilalaitoksella luonnollinen raja polttoainejärjestelmän osalta on kattilalaitoksen sisäpuolella sijaitseva polttoaineen syöttösiilo. Tämä olisi mukana tarkastelussa, mutta tätä edeltävät polttoainejärjestelmän osat (polttoaineen vastaanotto, varastointi, murskaamo, seulomo jne.) jätettäisiin tarkastelun ulkopuolelle.

Yksittäisellä kattilalaitoksella tarkastelun kohde voidaan polttoainejärjestelmän osalta varsin hyvin määrittellä edellä kuvattuja rajauksia laajemmaksikin. Näin on syytä tehdä erityisesti niissä tapauksissa, joissa polttoainejärjestelmän alkupäähän katsotaan liittyvän erityisiä vaaratilanteiden mahdollisuuksia.

Suojausjärjestelmien tarkastelu

Vaaran arviointi -vaatimuksessa (KTMp painelaiteturvallisuudesta, 20 §) on suojausjärjestelmiin liittyvä erityinen vaatimus. Sen mukaan vaaran arvioinnissa on selvitettävä vähintään:

millaisia suojausjärjestelmiä tunnistettujen vaarojen estämiseksi tai niiden seuraamusten pienentämiseksi on tarkoitus käyttää, mitä järjestelmien toiminnoilta ja luotettavuudelta vaaditaan ja miten näiden vaatimusten täytyminen on varmistettu.

Suojausjärjestelmien tehtävänä on estää tiettyjen vakavien prosessi- tai muista häiriöistä johtuvien vaaratilanteiden kehittyminen onnettomuuksiksi ohjaamalla kattilalaitos hallitusti turvalliseen tilaan normaalin ohjausjärjestelmän (perusautomaatio/käyttöautomaatio) toiminnasta tai toimimattomuudesta riippumatta. Yleensä suojausjärjestelmien yhteydessä käytetään käsitettä turvallisuuteen liittyvä järjestelmä (TLJ).

Suojausjärjestelmien luotettavuusvaatimusten määrittämiseen ja näiden vaatimusten täyttymiseen liittyvät kysymykset muodostavat hyvin laajan asiakokonaisuuden. Aihetta on käsitelty mm. seuraavissa suomenkielisissä julkaisuissa:

- *Ohjelmoitavien turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien arviointiohjeet. 1994. Helsinki: Teknillinen tarkastuskeskus. 102 s. (TTK-suositus 1-1994.) ISBN 952-9588-48-8*
- *Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1999. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Kattilalaitosten turvallisuuteen liittyvä automaatio. 35 s. (Luonnos 2.2.1999)*

Lähteiden tarkastelunäkökulma on lähinnä uuden suojausjärjestelmän suunnitteluun ja sen elinkaaren aikaiseen luotettavuuden varmistamiseen liittyvä, mutta niissä esitettyjä menettelytapoja voidaan soveltaa myös olemassa olevan suojausjärjestelmän luotettavuuden osoittamisessa.

Edellä mainittu TTK:n suositus kohdistuu lähinnä ohjelmoitavalla elektronisella tekniikalla toteutettuihin suojaus- ja lukitusjärjestelmiin, mutta suositukset ovat sovellettavissa myös muilla tekniikoilla toteutettuihin järjestelmiin.

Seuraavassa käydään lyhyesti läpi niitä asioita, joita edellä esitetyn vaatimuksen pohjalta vaaran arviointi –selvityksessä tulisi suojausjärjestelmien osalta käsitellä. Asialuettelo ei ole kattava, vaan se antaa vain lähtökohdan. Lisää tietoa tarkemmista menettelytavoista yms. löytyy edellä mainituista lähteistä.

Vaaran arviointi –selvitykseen tulisi suojausjärjestelmien osalta sisällyttää:

1. Selvitys siitä, mitä suojaus- ja lukituslaitoksen suojausjärjestelmään kuuluu.
2. Selvitys suojausten ja lukitusten toiminnallisiin ominaisuuksiin (esim. toimintanopeuteen) liittyvistä vaatimuksista sekä siitä, miten nämä vaatimukset on määritetty.
3. Selvitys siitä, miten suojausten ja lukitusten toiminnallisiin ominaisuuksiin liittyvät vaatimukset suojausjärjestelmässä käytännössä toteutuvat.
4. Selvitys suojausten ja lukitusten luotettavuuteen liittyvistä vaatimuksista sekä siitä, miten nämä vaatimukset on määritetty.
5. Selvitys siitä, miten suojausten ja lukitusten luotettavuuteen liittyvät vaatimukset suojausjärjestelmässä käytännössä toteutuvat (= luotettavuuden osoittaminen).

6. Arvio suojausjärjestelmän luotettavuuden riittävydestä perustuen edellä tehtyihin selvityksiin sekä selvitys mahdollisista suojausjärjestelmään (esim. laitetekniikkaan, tarkastuskäytäntöihin tms.) liittyvistä parannustoimenpiteistä.

Suojausten ja lukitusten luotettavuusvaatimusten tulisi perustua turvallisuus- / riskianalyysin menetelmien käyttöön, niin että luotettavuusvaatimusta määritettäessä otetaan huomioon vaarallisen tapahtuman riski eli tapahtuman ilmenemistäajuus / todennäköisyys ja sen seurausten vakavuus. Suojaukselta edellytettävä luotettavuustaso tulisi olla sitä korkeampi, mitä suurempi on vaarallisen tapahtumaan liittyvä riski. Luotettavuusvaatimusten määrittämisessä voidaan käyttää esimerkiksi edellä mainitussa TTK:n suosituksessa esitettyä turvallisuuden eheystasoihin perustuvaa menettelytapaa (ns. riskidiagrammi).

Suojausjärjestelmän luotettavuuden osoittamisessa täytyy kattaa koko järjestelmä; eli laitteisto ja mahdollinen ohjelmistopuoli. Laitteiston tarkastelussa on huomioitava kaikki laitteet ja asennukset (esim. logiikka, kaapelointi ja kenttälaitteet).

Tunnistettujen vaaratilanteiden dokumentointi - lomake-esimerkki

Vaarojen tunnistaminen voi tapahtua useassa vaiheessa ja siinä voidaan kohteesta ja analyysille asetetuista tavoitteista riippuen käyttää useita erilaisia menetelmiä. Ensimmäisessä vaiheessa tarkastelu voi tapahtua karkealla tasolla käyttäen esimerkiksi koko laitoksen tarkasteluun soveltuvia menetelmiä. Merkittävimmiksi arvioitujen vaaratilanteiden osalta tarkastelua voidaan jatkaa yksityiskohtaisemmalla tasolla.

Analyysi-istunnoissa käsitellyt asiat esitetään yleensä lomakemuotoisella dokumentilla. Tätä käytäntöä sovelletaan useimpien turvallisuusanalyysimenetelmien kohdalla. Eri analyysimenetelmien lomakkeet eroavat toisistaan esimerkiksi sarakkeiden nimeämisen suhteen, mutta peruseriaate on sama: Kaikki analyysin aikana esiin tullut vaaratilanteisiin, niiden syntyyn, seurauksiin jne. liittyvä tieto pyritään esittämään jäsentyneessä muodossa samassa dokumentissa.

Seuraavalla sivulla on **esimerkki** lomakkeesta, jota voidaan käyttää tunnistettuihin vaaratilanteisiin liittyvän tiedon kokoamisessa. Lomakkeen jälkeen esitetään joitakin näkökohtia, jotka tulisi ottaa huomioon kirjauksissa.

VAAROJEN TUNNISTAMINEN JA ARVIOINTI

Kohde: Firma X:n höyrykattilalaitos (tulitorvi-tuliputkikattila, polttoaineena raskas polttoöljy, 15 MW)

Tarkasteltava kokonaisuus: Poltto ja höyryn tuotanto

Osallistujat: Veikko Vetäjä (puheenjohtaja), Anja Apunen (sihteeri), Taito Tietäväinen, Tuomo Tuumivainen, Pekka Pohtivainen

Analyysin pvm: 15., 18. ja 22.6.2000

Sivu: 3(7)

Vaaraa aiheuttava tilanne	Seuraukset	Nykyinen varautuminen	Luokitus				Toimenpide- ehdotukset ja kommentit	Seuranta
			T	H	O	R		
<p><u>3. Tulipesätussahdus polttimen sytyttämisen yhteydessä johtuen siitä, että öljyn virtausmäärä on liian suuri.</u></p> <p>Polttimen yhdyssäädin ei ole minimi- liekkiasennossa, esim. rajakatkaisija- tai asennusviasta johtuen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Henkilövahinkojen todennäköisyys hyvin pieni. Jos henkilövahinkoja syntyy ne ovat lieviä. Rakenteellisten vaurioiden mahdollisuus (lähinnä polttimelle). Polttimen kiinnityksen heikentyminen. Polttimen irtoaminen hyvin epätodennäköistä. 	<ul style="list-style-type: none"> Polttimen kunnossapito, yhdyssäätimen kunto tarkastetaan vuosihuolloissa. Käynnistys tehdään yleensä automaatiojärjestelmän kautta. 	2	1	1-2	4-6	<ul style="list-style-type: none"> Maalataan lattiaan polttimen etupuolelle merkintä vaarallisesta alueesta. Vastuuhenkilö T. Tuumivainen, aikataulu 07/2000. Selvitetään voidaanko logiikkaan rakentaa suojaus sytytysöljyvirtauksen rajoittamiseksi. T. Tietäväinen, aikataulu 12/2000. 	
<p><u>4. Ulospuhallusputken tai ulospuhallusventtiilin vuoto ulospuhalluksen yhteydessä.</u></p> <p>Vastaavan tyyppinen vaaratilanne esiintyy kattilavesi-näytteenoton yhteydessä.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Yksi henkilö vaarassa saada palovammoja (lähinnä käsiin). Palovammat todennäköisesti lieviä, mutta myös vakavat palovammat mahdollisia. Ei omaisuusvahinkoja. 	<ul style="list-style-type: none"> Ulospuhallusputkiston ja -venttiilin kunnon tarkkailu kuukausihuoltojen yhteydessä. Ulospuhalluksen suoritus-tapa (voimakkaiden lämpöshokkien välttäminen). 	2	1	-	2	<ul style="list-style-type: none"> Selvitetään onko ulospuhallukseen liittyvä ohjeistus asianmukainen. Maalataan ulospuhallusputken läheisyyteen varoitus vaaratilanteesta. Vastuuhenkilö T. Tuumivainen, aikataulu 07/2000. 	
<p><u>5. Höyryn purkautuminen kattilaan kattilan vesitilan huollon/tarkastuksen yhteydessä (toinen kattila höyryn tuotannossa).</u></p> <p>Sulkuventtiilit eivät pidä tai ne avataan vahingossa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Kaksi, maksimissaan kolme henkilöä vaarassa saada hyvin vakava palovammoja. Vammat voivat johtaa kuolemaan. Ei omaisuusvahinkoja. 	<ul style="list-style-type: none"> Toimitaan yleisten säästöjen ja ohjeiden mukaisesti, huollon/tarkastuksen kohteena olevan kattilan erottaminen höyrylinjasta kahdella sulkuventtiilillä. 	1	4	-	4	<ul style="list-style-type: none"> Otetaan ”Miehiä työssä” - kyltti käyttöön ko. tilanteissa. Asian ohjeistaminen, kouluttaminen ja kylttien hommaaminen / vastuuhenkilö P. Pohtivainen, aikataulu 08/2000. 	

T = tapahtuman todennäköisyys (1-5), H = henkilövahinkojen vakavuus (1-5), O = omaisuusvahinkojen vakavuus (1-5), R = vaaratilanteen merkittävyys ('riski')

Vaaraa aiheuttava tilanne -sarakkeessa kuvataan tunnistettu vaaraa aiheuttava ilmiö (esimerkiksi tulipalo, räjähdys) ja sen syyt, sekä esimerkiksi paikka (syöttömonttu, hihnakuljetin) ja käyttötilanne (esimerkiksi käynnin aikana, seisokin aikana), missä vaara voi ilmetä. Tähän sarakkeeseen kirjataan myös vaaratilanteen syntyyn myötävaikuttavia tekijöitä ja tapahtumaketjuja. Sitä ei saa tehdä liian yleisellä tasolla. Kirjaus ”Tulipalo kuljetinjärjestelmässä” on esimerkki tällaisesta. Siitä puuttuvat mm. vaaratilanteen syyt ja käyttötilanne.

Seuraukset -sarakkeeseen kirjataan vaaratilanteesta aiheutuvat seuraukset henkilö- ja omaisuusvahinkojen osalta. Seuraukset on kuvattava mahdollisimman yksityiskohtaisesti, jotta vaaratilanteiden vakavuuden vertaaminen ja niiden luokittelu olisi mahdollista. Kirjaus ”Henkilövahinkojen mahdollisuus” on liian yleisellä tasolla, se ei kuvaa mitenkään seurausten luonnetta eikä niiden vakavuutta.

Nykyinen varautuminen -sarakkeessa kuvataan laitoksella käytössä olevia keinoja ja järjestelyjä, joiden avulla tunnistettu vaaratilanne pyritään estämään tai sen seurauksia rajoittamaan. Keinot voivat liittyä käytön ja kunnossapidon toimintatapoihin, ohjeistukseen, automaatio- tai suojausjärjestelmiin, varolaitteisiin jne. Varautumiskeinot tulee pyrkiä kuvaamaan systemaattisessa järjestyksessä, lähtien liikkeelle esimerkiksi organisatorisista ja toimintatapoihin liittyvistä asioista ja päätyen esimerkiksi vaaratilanteen estämiseksi tarkoitettuihin suojauksiin. Jälleen kerran on syytä huomioida, että asioita ei tule kirjata liian yleisellä tasolla. Lähes kaikkiin vaaratilanteisiin sopivat varautumiskeinot kuten esimerkiksi ”Koulutus” ja ”Osaava henkilöstö” olisi yritettävä ilmaista tarkemmin ja aina kulloinkin vaaratilanne huomioiden. Olisi siis vastattava kysymyksiin mikä/millainen koulutus, koska/kuinka usein, kenelle jne.

Luokitus -sarakkeeseen kirjataan analyysiryhmän arvio tarkasteltavan vaaratilanteen merkittävyydestä. Vaaratilanteiden merkittävyyden arvioiminen perustuu yleensä arvioon tapahtuman todennäköisyydestä ja mahdollisten seurausten vakavuudesta. Vaaratilanteen merkittävyyden arviointi on sitä helpompi suorittaa, mitä yksityiskohtaisemmin tunnistetun vaaratilanteen syyt, seuraukset ja nykyinen varautuminen on selvitetty. Liitteessä 4 kuvataan erilaisia luokittelumahdollisuuksia.

Toimenpide-ehdotukset -sarakkeeseen kootaan analyysin kuluessa esille tulleet ehdotukset, joilla nykyistä varautumista voitaisiin parantaa. Toimenpide-ehdotukset voivat koskea ongelman perusteellisempaa selvittämistä, toimintatapojen parantamista, laitteisiin ja järjestelmiin liittyviä parannuksia jne. Toteutettaviksi päätetyille toimenpiteille kannattaa sopia vastuuhenkilö, joka asiaa hoitaa ja myös aikataulu, minkä puitteissa toimitaan. Toimenpiteiden toteutumisen seurannalla on vaaran arviointi -prosessista saatavan hyödyn kannalta varsin keskeinen rooli. Sopivin välein, esimerkiksi kahdesti vuodessa kokoonnutaan tarkastelemaan toimenpiteiden toteutumista. Toteutetuista toimenpiteistä ja niiden toteutusajankohdista tehdään merkintä **Seuranta** -sarakkeeseen.

Yleisesti ottaen lomakkeiden käyttöön pohjautuva dokumentointitapa ohjaa tunnistettujen vaaratilanteiden jäseneltyyn käsittelemiseen. Oleellista lopputuloksen kannalta on se, että kirjaukset tehdään täsmällisesti ja riittävän yksityiskohtaisesti. Myös sellaisten henkilöiden, jotka eivät ole olleet analyysiryhmässä, pitää kirjausten perusteella ymmärtää tarkasteltu vaaratilanne, sen seuraukset ja varautuminen. Erityistä huomiota kirjausten selkeyteen ja riittävään yksityiskohtaisuuteen tulee kiinnittää niiden analyysilomakkeiden kohdalla, jotka liitetään mukaan varsinaiseen vaaran arviointi -selvitykseen.

On tyypillistä, että asioita ei saada kirjattua lomakkeille lopullisessa muodossaan analyysi-istuntojen aikana. Oikeiden ilmaisujen löytäminen vie oman aikansa. On suositeltavaa, että lomakkeiden puhtaaksi kirjoittaminen tapahtuu mahdollisimman pian analyysi-istuntojen jälkeen. Tällöin analyysi-istuntojen aikana käydyt keskustelut ovat vielä hyvin puhtaaksikirjoituksesta vastaavan henkilön muistissa. Sen jälkeen kun analyysilomakkeiden ensimmäinen versio on saatu kirjoitettua, kannattaa lomakkeet antaa mahdollisimman pian analyysiryhmän luettavaksi ja kommentoitavaksi. Lukijoina ja kommentoijina voi olla myös henkilöitä, jotka eivät ole osallistuneet varsinaisiin analyysi-istuntoihin. Kommentit tulee ottaa huomioon ennen kuin vaaratilanteiden merkittävyksiä lähdetään arvioimaan.

Vaarojen merkittävyyden arviointi - esimerkkejä arviointitavoista

Vaaratilanteita järjestelmällisesti tunnistettaessa niitä löydetään tavallisesti niin runsaasti, että kaikkien asioiden kuntoon saattaminen ei ole mahdollista. Jatkon kannalta on siis tärkeää tunnistaa kiireisimmoin toimenpiteitä vaativat ongelmat. Yksinkertaisimmillaan vaaratilanteiden merkittävyyden arviointi voi tarkoittaa tunnistettujen vaaratilanteiden luokittelua esim. kahteen luokkaan; **riski merkittävä - vaatii jatkokäsittelyä** ja **riski ei merkittävä - ei vaadi jatkokäsittelyä**.

Vaaratilanteiden merkittävyyttä voidaan arvioida myös esimerkiksi seuraavaa taulukkoa hyväksi käyttäen³. Jokaisen tunnistetun vaaratilanteen osalta arvioidaan sen todennäköisyys ja siitä aiheutuvien seurausten vakavuus. Nämä tekijät yhdessä määräävät tapahtumaan liittyvän riskin suuruuden.

Tapahtuman todennäköisyys	Tapahtuman seuraukset		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
Mahdollinen	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
Todennäköinen	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Vaaratilanteiden merkittävyyttä voidaan arvioida myös antamalla tapahtuman todennäköisyyttä sekä henkilö- ja omaisuusvahinkojen vakavuutta kuvaavat tunnusluvut ja määrittämällä näiden avulla vaaratilanteeseen liittyvä numeerinen arvo - riski - esimerkiksi seuraavan kaavan mukaan:

$$R = T \times (H + O)$$

missä T = tapahtuman todennäköisyyttä kuvaava tunnusluku
 H = henkilövahinkojen vakavuutta kuvaava tunnusluku
 O = omaisuusvahinkojen vakavuutta kuvaava tunnusluku

Tapahtuman todennäköisyyden ja henkilö- sekä omaisuusvahinkojen asteikot sekä näiden eri arvoja kuvaavat luonnehdinnat täytyy määrittää kussakin tapauksessa tarkasteltavan laitoksen ominaispiirteistä lähtien. Lähtökohtana pidetään yleensä, että tunnuslukujen asteikot valitaan samankokoisiksi, esimerkiksi luvut ykkösestä viiteen (1-5). Eräällä kattilalaitoksella vaaratilanteiden merkittävyyttä arvioitiin seuraavia luokitteluja noudattaen:

³ Taulukko esitetty kirjasssa: Vuori, M., Suominen, A. & Lepistö, J. 1998. Riskienhallinnan perusteet pk-yrityksille ja työntekijöille. Pk-yritysten riskienhallinta –väliesarja. Pk-yritysten riskienhallinta -hankekonsortio. 17 s.

Todennäköisyys (T):

1 = Hyvin epätodennäköinen; ”tuskin sattuu laitoksen eliniän aikana”	($< 1 / 30 \text{ v}$) ⁴
2 = Epätodennäköinen; ”on mahdollista, että sattuu laitoksen eliniän aikana”	($\approx 1 / 30 \text{ v}$)
3 = Lievästi todennäköinen; ”sattuu muutamia kertoja laitoksen eliniän aikana”	($\approx 1 / 10 \text{ v}$)
4 = Melko todennäköinen	($\approx 1 / 5 \text{ v}$)
5 = Hyvin todennäköinen	($\approx 1 / 2 \text{ v}$)

Henkilövahinkojen vakavuus (H):

- 1 = Yhden henkilön vakava vammautuminen
- 2 = Useamman henkilön vakava vammautuminen
- 3 = Yhden henkilön kuolema
- 4 = Yhden henkilön kuolema, useita vaarassa
- 5 = Usean henkilön kuolema.

Omaisuuksivahinkojen vakavuus (O):

1 = Vahingot	0 - 200 000 mk
2 = Vahingot	200 000 - 1 000 000 mk
3 = Vahingot	1 000 000 - 5 000 000 mk
4 = Vahingot	5 000 000 - 25 000 000 mk
5 = Vahingot	yli 25 000 000 mk

Todennäköisyyksille annetut kvantitatiivisluonteiset luonnehdinnat on annettu luokittelun helpottamiseksi. Merkinnällä $< 1/30 \text{ v}$ tarkoitetaan tapahtumaa, joka ilmenee harvemmin kuin kerran kolmessakymmenessä vuodessa. Todennäköisyysluokittelun lähtökohdaksi valittiin laitoksen suunniteltu elinikä eli 30 vuotta. Laitoksen suunniteltu tai pikemminkin jäljellä oleva elinikä antaa yleensä hyvän lähtökohdan vaaratilanteen todennäköisyyttä kuvaavan asteikon laatimiseksi. Edellä esitetyssä tapauksessa oli kyseessä suhteellisen uusi laitos.

Omaisuuksivahinkojen vakavuuteen liittyvän asteikon laatimisessa oli seuraava lähtökohta. Vakavimmaksi, eli tunnusluvun 5 saavaksi tapaukseksi määriteltiin sellainen onnettomuus, jonka omaisuusvahingot vastaisivat laitoksen puolittaista tuhoutumista (uuden laitoksen arvoksi arvioitiin noin 50 Mmk). Omaisuusvahinkojen suuruutta kuvaavan asteikon rajat saatiin pitämällä ylä- ja alarajan suhdetta kussakin luokassa vakiona. Suhdeluvun arvo oli 5 ($5 \times 200\,000 \text{ mk} = 1\,000\,000 \text{ mk}$, $5 \times 1\,000\,000 \text{ mk} = 5\,000\,000 \text{ mk}$ jne.).

Keskeinen ongelma edellä esitetyn luokittelutavan suhteen liittyy siihen, että vaaratilanteen merkittävyyttä eli ”riskiä” määritettäessä lasketaan yhteen asioita, jotka eivät ole yhteismitallisia. Esitetyssä kaavassa vahinkojen ”kokonaisvakavuus” muodostuu omaisuusvahinkojen markkamääräisestä suuruudesta ja onnettomuuden uhrien lukumäärästä. Tämä seikka on otettava huomioon asteikkojen määrittämisessä sekä analyysin tuloksia tarkasteltaessa. Eri vahinkotyyppien vakavuutta kuvaavat asteikot olisi pyrittävä määrittämään siten, että saman tunnusluvun saavat vahingot olisivat jonkinlaisessa järkevässä suhteessa toisiinsa.

⁴ Merkinnällä ($< 1 / 30 \text{ v}$) tarkoitetaan tapahtumaa, joka ilmenee harvemmin kuin kerran kolmessakymmenessä vuodessa.

Joissakin tapauksissa voi olla järkevää että ”kokonaisriskiä” kuvaava tunnusluku jätetään laskematta, ja sen sijaan lasketaan tunnusluvut erikseen vaaratilanteeseen liittyville henkilö- ja omaisuusvahingoille.

Yleisesti voidaan todeta, että vaaratilanteiden merkittävyyden arvioimiseksi ei ole olemassa mitään yleispätevää, kaikkiin tapauksiin ja kohteisiin soveltuvaa menettelytapaa. Arviointi on yleensä sitä helpompi tehdä, mitä yksityiskohtaisemmin vaaratilanteen syyt, seuraukset ja nykyinen varautuminen on selvitetty. Luokittelu on tehtävä jokaisen laitoksen omista lähtökohdista käsin ja siinä on otettava huomioon tarkasteltavan kohteen erityispiirteet (elinikä, uushankintahinta, sijaintipaikka jne.). Tällä tavalla saadut arviot kuvaavat ainoastaan ko. laitoksella tunnistettujen vaaratilanteiden keskinäistä merkittävyyttä. Arvioita voidaan käyttää jatkotoimenpiteiden priorisoinnin apuna niin, että toimenpiteet osataan kohdistaa vaaratilanteisiin, joihin liittyvä riski on arvioitu suureksi. Eri laitoksille tehtyjä riskinarvioita ei pidä verrata keskenään.

Vaarojen merkittävyyttä arvioitaessa on myös muistettava, että arviointi sinällään ei vähennä tai lisää riskiä - se vain auttaa suuntaamaan oikein riskienhallintatoimenpiteitä.

Lisää tietoa erilaisista tavoista vaaratilanteiden merkittävyyden arvioimiseksi löytyy turvallisuusanalyysin menetelmiä käsittelevästä kirjallisuudesta.

Yleistä kattilalaitoksen käyttöön liittyvistä vaaratilanteista

Tulipalot

- Tulipalo mahdollinen kaiken tyyppisillä polttoaineilla (kiinteät polttoaineet, kaasu, öljy).
- Riski suurin palokuormaa muodostavilla polttoaineilla (pölyävät kiinteät polttoaineet).
- Kaasun ja öljyn kohdalla vaaratilanne käytännössä seurausta putkiston tai siihen liittyvien laitteiden, esim. poltinenttiilien vuodosta. Öljyn kohdalla vaaratilanne voi esiintyä myös säiliön vuodon yhteydessä.
- Sytytyslähteinä voivat toimia esimerkiksi:
 - ◆ polttoaineen joukossa olevien vieraiden esineiden, sähkölaitteiden tai kunnossapitotöiden aiheuttamat kipinät;
 - ◆ kuumat pinnat;
 - ◆ tupakointi;
 - ◆ laakereiden ym. pyörievien koneenosien kuumeneminen (kitkalämpö);
 - ◆ polttoaineen joukossa olevat kytypalot jne.
- Käytöllä ja kunnossapidolla on keskeinen rooli vaaratilanteen välttämässä:
 - ◆ laitoksen puhtaanapito;
 - ◆ sytytyslähteiden minimointi;
 - ◆ koneiden ja laitteiden kunnossapito, tarkastukset;
 - ◆ ohjeiden noudattaminen (tupakointikiellot, tulityökäytännöt jne.).
- Myös teknisillä varautumiskeinoilla (savu- ja paloilmaisimet, automaattiset palohälyttimet, sprinkleri- ja inertointijärjestelmät jne.) on huomattava merkitys vaaratilanteen havaitsemisessa ja sen seurausten rajoittamisessa.
- Tulipalon seuraukset voivat vaihdella huomattavastikin. Omaisuusvahinkojen kannalta seurauksena voi pahimmillaan olla laitoksen täydellinen tuhoutuminen.
- Omaisuusvahinkojen kannalta miehittämättömät laitokset ovat huonommassa asemassa tulipalon havaitsemisviiveestä johtuen.
- Henkilövahinkojen kannalta on tilanne vakavin, jos vaaratilanne syntyy esimerkiksi kunnossapitotöiden yhteydessä ja työntekijät jäävät loukkuun kuljetintunneliin tai johonkin vastaavaan kattilalaitoksen osaan. Tulipalon alkuvaiheen sammutukseen liittyy myös mahdollisuus merkittäviin henkilövahinkoihin (ei tunnisteta tilanteen vakavuutta).
- Esiintymiskohteet:
 - ◆ polttoainevarastot, polttoaineen vastaanottoasema;
 - ◆ polttoainesiiot, -säiliöt;
 - ◆ polttoainekuljettimet, seulat, murskaimet, myllyt, kuivaimet;
 - ◆ pölyputkistot;
 - ◆ sähkösuodatin, lento- ja petituhkanpoistojärjestelmien laitteet;
 - ◆ kattilahalli, kaapeliasennukset, ristikytkentätilat jne.

Pölyräjähdykset

- Vaaratilanne on käytännössä mahdollinen ainoastaan kiinteillä polttoaineilla.
- Vaaratilanteen syntymisen edellytyksenä on sopivan pöly-ilmaseoksen muodostuminen ja sytytyslähteen olemassaolo. Kuivat, pölymäiset polttoaineet (puupöly, turvepöly) muodostavat suurimman riskin.
- Vaaratilanne voi syntyä myös märkiä, ei-pölymäisiä polttoaineita, kuten esimerkiksi kuorta tai palaturvetta käytettäessä. Polttoaineen käsittelyn yhteydessä muodostuu hienojakoista pölyä, joka pinnoille laskeutuessaan kuivuu räjähdyskelpoiseksi.
- Räjähdyskelpoinen pöly-ilmaseos voi muodostua esimerkiksi kuljetinjärjestelmän käynnistyksen yhteydessä.
- Vaaratilanteen seuraukset ovat sitä vakavampia, mitä hienojakoisempaa ja kuivempaa pöly on.
- Pölyräjähdystilanteessa ilmenee usein useampia perättäisiä räjähdyksiä. Jälkiräjähdykset ovat yleensä huomattavasti voimakkaampia kuin edeltävät räjähdykset.
- Yleensä pölyräjähdystilanteessa syntyy myös tulipalo.
- Sytytyslähteinä voivat toimia esimerkiksi:
 - ◆ sähkölaitteiden, kunnossapitotöiden tai polttoaineen joukossa olevien vieraiden esineiden aiheuttamat kipinät;
 - ◆ kuumat pinnat;
 - ◆ tupakointi;
 - ◆ laitteiden kuumeneminen (kitkalämpö);
 - ◆ polttoaineen joukossa olevat kytypalot;
 - ◆ takatuli kattilasta jne.
- Käytöllä ja kunnossapidolla on keskeinen rooli vaaratilanteen välttämiseksi:
 - ◆ laitoksen puhtaanapito;
 - ◆ sytytyslähteiden minimointi;
 - ◆ koneiden ja laitteiden kunnossapito, tarkastukset;
 - ◆ ohjeiden noudattaminen (tupakointikiellot, tulityökäytännöt jne.).
- Myös teknisillä varautumiskeinoilla (myllyjen, pölyputkistojen tms. inertointijärjestelmät, paineenpurkausluukut jne.) on huomattava merkitys vaaratilanteen välttämiseksi tai sen seurausten rajoittamisessa.
- Pölyräjähdysten seurauksena syntyy käytännössä aina omaisuusvahinkoja, jotka voivat olla hyvinkin huomattavia. Jos henkilövahinkoja syntyy, ne ovat yleensä hyvin vakavia.
- Esiintymiskohteet:
 - ◆ polttoainevarastot, polttoaineen vastaanottoasema;
 - ◆ polttoainesiihot, -säiliöt;
 - ◆ polttoainekuljettimet, seulat, murskaimet, myllyt, kuivaimet;
 - ◆ pölyputkistot;
 - ◆ kattila, tulipesä (tulipesäräjähdys), savukaasukanava;
 - ◆ sähkösuodatin, tuhkanpoistojärjestelmät;
 - ◆ kattilahalli jne.

Kaasuräjähdykset

- Vaaratilanne voi esiintyä käytännössä lähinnä kaasun tai polttoöljyn kohdalla.
- Tyypillinen tilanne on kattilaan päässeen kaasun räjähtäminen käynnistyksen tai palamishäiriön yhteydessä. Myös kattilaan vuotanut ja höyrystynyt öljy voi räjähtää vastaavassa tilanteessa.
- Yleisimmät tilanteet, joissa vaaraa esiintyy ovat seuraavat:
 - ◆ Polttoaineen syöttö keskeytyy lyhyeksi aikaa ja liekki sammuu. Liekin syttyessä uudestaan kaasutilaan kerääntynyt polttoaineseos syttyy.
 - ◆ Polttoaineseosta kerääntyy tulipesään yhden tai useamman polttimen liekin sammussa. Kerääntynyt polttoaineseos syttyy kipinästä, muusta sytytyslähteestä tai polttimien sytytysyrityksestä johtuen.
 - ◆ Polttoainetta vuotaa pesään, kun polttimia ei ole käytössä (myös huoltojen aikana).
 - ◆ Ilman syöttö keskeytyy kokonaan tai osittain, jolloin syntyy ilman vähyyden vuoksi sammuva seos.
- Kaasuräjähdyks voi syntyä kattilassa myös kiinteätä polttoainetta käytettäessä. Polttoaine voi kaasuuntua palamishäiriön tms. seurauksena tai kattilaan voi muodostua räjähdyskelpoinen kaasu-ilmaseos esimerkiksi ns. vesi-kaasureaktion seurauksena. Tilanne on seurausta veden pääsystä kattilaan.
- Vaaratilanteen syntymisen edellytyksenä on sopivan kaasu-ilmaseoksen muodostuminen ja sytytyslähteen olemassaolo, tai riittävän korkea kaasu-ilmaseoksen lämpötila (itsesytyminen).
- Kaasuräjähdyks voi esiintyä myös kattilan ulkopuolella laitteisto- tai putkistovuodon seurauksena. Kattilan ulkopuoliseen kaasuräjähdykseen liittyy yleensä myös tulipalo.
- Sytytyslähteinä voivat toimia esimerkiksi:
 - ◆ kuumat pinnat,
 - ◆ takatuli kattilasta,
 - ◆ sähkölaitteiden tai kunnossapitotöiden aiheuttamat kipinät,
 - ◆ tupakointi jne.
- Käytöllä ja kunnossapidolla on keskeinen rooli vaaratilanteen välttämässä:
 - ◆ kaasu- ja öljyputkistojen sekä niihin liittyvien laitteiden kunnossapito, tarkastukset,
 - ◆ sytytyslähteiden minimointi,
 - ◆ oikeat työtavat liittyen esimerkiksi kaasuputkiston tyhjentämiseen kunnossapitoa varten,
 - ◆ ohjeiden noudattaminen (tupakointikiellot, tulityökäytännöt jne.).
- Myös teknisillä varautumiskeinoilla; liekinvalvonta, kaasuilmaisimet, kattilan paineenpurkausluukut tms. ja suojauksilla (kattilan tuuletus käynnistyksen yhteydessä) on huomattava merkitys vaaratilanteen välttämässä tai sen seurausten rajoittamisessa.
- Kaasuräjähdyksen seurauksena syntyy käytännössä aina omaisuusvahinkoja, jotka voivat olla hyvinkin huomattavia. Jos henkilövahinkoja syntyy, ne ovat yleensä hyvin vakavia.
- Esiintymiskohteet:
 - ◆ kaasuputkistot,
 - ◆ kattila, tulipesä (tulipesäräjähdyks), savukaasukanaava, sähkösuodatin, pesuri,
 - ◆ kattilahalli jne.

Kuiviinkiehuminen

- Vaaratilanne mahdollinen kaiken tyyppisillä kattiloilla.
- Vaaratilanne seurausta kattilan riittämättömästä vedensaannista ja kuivakiehuntasuojan toimimattomuudesta (tai puuttumisesta).
- Kuiviinkiehuminen voi joissakin tapauksissa olla mahdollista myös kuivakiehuntasuojan toimimisesta huolimatta. Esimerkiksi arinakattiloilla lämmöntuotanto (palaminen) voi jatkua tulipesässä melko pitkäänkin polttoainesyötön katkaisemisen jälkeen. Samoin leijukattiloilla pedin korkea lämpösisältö voi olla vaikuttamassa kuiviinkiehumiseen.
- Kattilan vedenpuutteen voi aiheuttaa:
 - ◆ Kattilan vedenpinnan korkeuden säätimen vikaantuminen (juuttuminen yläasentoon), jolloin kattilaan tulee riittämättömästi vettä.
 - ◆ Syöttövesipumpun, varapumpun tai niihin liittyvien laitteiden toimintahäiriö.
 - ◆ Syöttövesisäiliön ja kattilan (lieriön) välisen putkilinjan vuoto.
 - ◆ Raju vesivuoto kattilaputkistossa tai kattilan vaipassa. Vesivuotoihin liittyy usein voimakkaiden painevaikutusten mahdollisuus. Putkivuodon syitä:
 - kiertohäiriö,
 - putkien syöpyminen tai kuluminen,
 - kerrostumat putkissa,
 - hitsausvirheet,
 - materiaali- ja lämpökäsittelyvirheet,
 - nuohouksen kuluttava vaikutus,
 - mekaaniset vauriot.
- Kuivakiehuntasuojan toimimattomuuden voi aiheuttaa:
 - ◆ kattilakivi tms. epäpuhtaudet,
 - ◆ kattilaveden kuohuminen,
 - ◆ kuivakiehuntasuojan anturin väärä sijoituspaikka,
 - ◆ kuivakiehuntasuojaan liittyvien laitteiden ominaisuuksia on muutettu.
- Kuivakiehuntasuojan toimintakykyisyydellä ja sen toimintakykyisyyden varmistamisella (toimintatestit, tarkastukset, kunnossapito) on keskeinen rooli vaaratilanteen ehkäisemisessä.
- Myös toimenpiteillä, joiden tarkoituksena on varmistaa kattilan vedensaanti kaikissa tilanteissa on ratkaiseva merkitys vaaratilanteen välttämiseksi; syöttövesipumpun ja sen varapumpun kunnosta huolehtiminen, sähkönsyötön varmistaminen, putkistojen esim. syöttövesisäiliön ja lieriön välisen putkilinjan kunnosta huolehtiminen jne.
- Kuiviinkiehumisen seuraukset voivat vaihdella huomattavasti. Omaisuusvahinkojen kannalta seurauksena voi pahimmillaan olla koko laitoksen täydellinen tuhoutuminen, esim. kuiviinkiehumista seuranneen tulipalon johdosta. Kattilalaitoksen täydellinen tuhoutuminen todennäköisempää miehittämättömillä laitoksilla (tulipalon havaitsemisviiveen takia).
- Vaikka kuiviinkiehumisen seuraukset rajoittuisivat vain kattilaan, niin kyseessä on yleensä vakava vaurio; kattilaputkien palaminen, kattilan sisäosien voimakkaat muodonmuutokset. Usein kattila tuhoutuu korjauskelvottomaksi.
- Henkilövahinkojen mahdollisuus kuiviinkiehumiseen yhteydessä liittyy lähinnä kuiviinkiehumista seuraavaan tulipaloon tai kattilaräjähdykseen, jos kuivaksi päässeeseen kattilaan ruvetaan liian aikaisin syöttämään vettä.

Vesi- ja höyryvuodot, kattila- ja paineastiaräjähdykset

- Onnettomuus voi olla seurausta esimerkiksi syöttövesisäiliön, lieriön, kattilan vaipan, keittoputkiston, tulistinelementtien tai kattilaan liittyvien höyryputkistojen vaurioitumisesta.
- Vesiputkikatiloilla keittoputkiston ja tulistinelementtien vuodot ovat yleisempiä, lieriön vuodot harvinaisempia.
- Suurvesitilakattiloilla tulitorven ja tuliputkien vuodot ovat yleisempiä, vaipan vuodot harvinaisia.
- Keittoputkiston vuoto voi olla seurausta esimerkiksi kierto- tai virtaushäiriöstä (kerrostumat putkissa, hitsausjätteet), tulistinelementin vuoto voi olla seurausta esimerkiksi nuohoimen väärästä sijainnista.
- Tulitorven repeäminen tyypillisesti seurausta tulitorven paikallisesta ylikuumenemisestä. Tämä voi olla seurausta liekin ”kääntymisestä” tulitorvessa esimerkiksi tulitorveen pudonneista muurauksista johtuen tai polttoaineen epäpuhtaasta palamisesta (tulitorveen kertyynokea).
- Tuliputken repeäminen on seurausta esimerkiksi putken pinnalle kertyneestä kattilakivestä (aiheuttaa paikallisen ylikuumenemisen). Ongelma seurausta puutteellisesta vesienkäsitelystä.
- Höyryputken puutteellisesta vesityksestä johtuen putkeen jäänyt vesi voi höyrystyessään aiheuttaa merkittävää tuhoa höyrylinjalle (käynnistyksen yhteydessä). Vastaavanlainen onnettomuus voi syntyä veden hallitsemattomasta pääsystä tulistimeen (lieriön höyrynkui-vauslaitteiden vaurioituminen, säätö- tai lukituslaitteiden vikaantuminen jne.).
- Vakavimmat seuraukset aiheutuvat silloin, kun vuodon seurauksena kattilahalliin tai kattilan sisään vapautuu lyhyessä ajassa suuri määrä vettä tai höyryä, jolloin vuodon aiheuttamat painevaikutukset voivat olla hyvin voimakkaat.
- Vesi- ja höyryvuotojen seuraukset voivat vaihdella huomattavasti. Omaisuusvahinkojen kannalta seurauksena voi pahimmillaan olla koko laitoksen täydellinen tuhoutuminen (painevaikutukset).
- Jos henkilövahinkoja syntyy, ne ovat yleensä vakavia tai hyvin vakavia. Myös silloin, kun varsinaisia painevaikutuksia ei synny tai silloin kun ne ovat lieviä syntyvät henkilövahingot ovat yleensä vakavia. Korkeapaineisten höyryputkien vuodot ovat vaarallisia henkilöturvallisuuden kannalta, koska kuuma höyry syrjäyttää ilman hapen sisätiloissa nopeasti ja aiheuttaa samalla palovamman vaaran. Pienemmissä vuototilanteissa henkilövahinkojen vaara liittyy lähinnä siihen, kun vuotoa yritetään tukkia jollakin tavoin, ilman että kattilaa ajetaan alas (palovammojen mahdollisuus).
- Keskeisellä sijalla vesi- ja höyryvuotojen välttämässä on kattilaputkiston paikallisten ylikuumenemisten välttäminen, kattilaveden laadusta huolehtiminen (kerrostumien välttäminen), putkiston kunnosta huolehtiminen (tarkastukset), oikeat käytötavat (vesitykset) jne.

Muita vaaratilanteita**Kiinteiden polttoaineiden käsittelyyn ja käyttöön liittyviä**

- Kytypalosta aiheutuvien savukaasujen aiheuttama tukehtumisvaara (esim. varastosiiloissa).
- Varastosiiloissa ja kuljettimissa käytettyjen inertisointikaasujen aiheuttama tukehtumisvaara esimerkiksi kunnossapitotöihin tai tarkastuksiin liittyen.
- Holvaantuneen polttoaineen purkamiseen liittyvät vaarat (alle jääminen).
- Puristumis- ja putoamisvaarat mm. kuljettimissa ja polttoainesäiliöissä.
- Kuljettimien yms. vahinkokäynnistymisten aiheuttamat vaarat.
- Tuhkan (pohja- ja lentotuhka) käsittelyyn liittyvät vaaratilanteet, kuuman tuhkan aiheuttamat palovammat ja tulipalot.
- Kuumien pintojen aiheuttamat palovamman vaarat.
- Arinan tuhoutuminen laitteiden kuten esimerkiksi arinasynterierien toimintahäiriöiden seurauksena.
- Leijukattilan petin sintrautuminen palamishäiriöiden seurauksena.

Kaasumaisten ja nestemäisten polttoaineiden käsittelyyn ja käyttöön liittyviä

- Kaasuvuodosta tai polttoaineen höyrystymisestä aiheutuva tukehtumisvaara (esim. polttoainesäiliössä).
- Kuumen polttoöljyn aiheuttamat palovammat liittyen putkiston vuotoihin tai esimerkiksi kunnossapitotöihin (suodattimen vaihto).
- Polttoaineen ihokosketukseen liittyvä (kemiallinen) ärsytysvaara.

Tarkastuksiin, kunnossapitoon yms. liittyviä

- Useampia kattiloita käsittävällä kattilalaitoksella syöttövettä, höyryä tai savukaasua pääsee kunnossapidon tai tarkastuksen kohteena olevaan kattilaan toisesta, käynnissä olevasta kattilasta.
- Kattilan polttimen/polttimien käynnistyminen kattilan huollon yhteydessä, kun työntekijöitä on kattilan sisällä.
- Vaarallisten kemikaalien (esim. peittäuskemikaali) käsittelyssä sattuu vahinko.

Tarkistuslista - öljyn poltto⁵

Polttoöljyn vastaanotto, varastointi ja siirtoputkisto

- Öljyn purkupaikka liikenteellisesti hankalassa paikassa (ajoväylän liukkaus, muu liikenne jne.).
- Keskenään sekoituskelvottomille polttoöljyalaaduille käytetään samoja säiliöitä ja putkistoja.
- Öljyn purkuun käytetään heikkokuntoisia letkuja.
- Täyttöaukon kansi, tyhjennysputkien sulkulaitteet jne. eivät ole lukittuja (ilkiivalta).
- Räjähdyksellisen seoksen muodostuminen säiliöön; säiliöön lisätään palamista edistävää lisäainetta, säiliöön joutuu vahingossa toista öljyalaatua (palautuskierto).
- Öljysäiliön ylitäytön estin tai hälytintä ei toimi tai puuttuu kokonaan.
- Öljysäiliön valuma-allas vuotaa, viemärikaivon käsiventtiili jäänyt auki.
- Valuma-altaan vuotovalvonta puuttuu tai vikaantunut.
- Säiliön ilmaputki tukkeutunut (putkeen päässeen veden jäätyminen, vieras esine tms.).
- Maanrakennustyöt, maankaivuu, paalutus, pohjatutkimus.
- Putkea ympäröivän maan liike, sopimaton maa-aines, painumat, routa.
- Putken ulkopuolinen korroosio; vieraat aineet, eristyksen vaurioituminen, puutteellinen suojamaalaus.
- Maanalaisessa putkistossa ei ole vuotovalvontaa.
- Materiaali- tai asennusvirheet, erityisesti käytössä olevaan putkeen tehtävät lisäykset.
- Hallitsemattomat lämpöliikkeet ja jännitykset, kannakkeiden painuma tai kiinni tarttuminen.
- Putkisto vaurioituu aurasajoneuvon, trukin tms. törmäyksestä johtuen.
- Kattilahuoneen yhteydessä mahdollisesti oleva ns. päivä säiliö liian lähellä tulipesää tai muita kuumia pintoja.
- Päiväsäiliön alla kuumia putkia tai kanavia, ei suojausta mahdolliselta vuotavan öljyn kosketukselta.

Polttoöljyn esilämmitys

- Öljyn lämpötila liian korkea; lämpötilan mittausta puuttuu tai on epäkunnossa, ylärajan ylityksestä ei saada hälytystä, ei automaattista ylälämpökatkaisua; esilämmityslämpötila asetettu öljyn laatuun nähden liian korkeaksi (polttoöljyalaadun vaihto, raskas polttoöljy → kevyt polttoöljy); sähkökäyttöisen esilämmittimen kärjet ”palaa” kiinni jne.
- Polttoöljyn lämpötila öljyn paineeseen verrattuna liian korkea; polttoöljyn joukossa olevan veden, alhaisessa lämpötilassa kiehuvien hiilivetyjen tms. höyrystyminen, palamishäiriöt.
- (Sähköisen) esilämmittimen pintalämpötila on liian korkea, esilämmitin ei ole kokonaan polttoöljypinnan alapuolella.
- Esilämmittimen varoventtiilien purkausputkia ei ole suunnattu turvalliseen paikkaan.
- Lauhteen joukkoon pääsee öljyä.

⁵ Keskeinen lähde: Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1997. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Öljynpoltto. Helsinki: Teollisuusvakuutus. 10 s. (Suojeluohje G2)

Polttoöljyputkisto ja siihen liittyvät laitteet (suodattimet, pumput)

- Putkien, tiivisteiden ja muiden putkiston osien kestävyys painetta, lämpötilaa, aineiden kemiallista vaikutusta, korroosiota jne. vastaan on puutteellinen.
- Putkien tuenta puutteellista (värähtely).
- Polttoöljyä ei suodateta riittävästi, suodatinelementtien vaihto tehdään liian harvoin.
- Kierrätysputkista tai polttimilta palaava öljy johdetaan liian lähelle pumpun imupuolelle, pumpulle tulevan öljyn lämpötila liian korkea.
- Polttoöljypumpulla ei riittävää hätäpysäytysmahdollisuutta.
- Polttoöljyputkiston ylipaineen estävät varolaitteet puuttuvat, ovat vääränlaiset tai riittämättömät.
- Polttoöljyjärjestelmässä ”väliaikaisratkaisuja”; letkuja käytetään kohteissa, joissa niiden käyttö on kielletty tms.
- Letkuasennuksissa liian pieniä kaarevuussäteitä.
- Letkujen ylikuumentuminen (puutteellinen suojaus).
- Letkujen kunnonvalvontaan ei riittäviä edellytyksiä (letkut ei näkyvissä).
- Huoltotyö (suodattimen vaihto, pumpun korjaus) tehdään vahingossa väärälle kohteelle; puutteelliset merkinnät tms.

Polttoöljyn ja palamisilman sulkulaitteet, öljypoltinlaitteisto

- Sulkulaitteet eivät sulkeudu tai sulkeutuvat puutteellisesti poltinhäiriön tms. tilanteen yhteydessä.
- Sulkulaitteet avautuvat, vaikka prosessin tila edellyttäisi sulkulaitteiden kiinni pysymistä (öljyn lämpötila liian korkea tms.).
- Polttoöljyn ja palamisilman suhde väärä, polttimilla ei poltinkohtaista ilman paineen tai määrän mittausta.
- Palaminen epätäydellistä johtuen esim. polttimien vikaantumisesta (polttimen akselin vaurioituminen tms.).
- Liekki koskettaa tulipesän seinää, polttimen väärä mitoitus, asento, säätö tms.
- Liekinvalvontajärjestelmä ei turvallisesti vikaantuva.
- Tuuletus puutteellinen, tulipesään pääsee kerääntymään polttoöljyä perättäisten sytytysyritysten yhteydessä.

Muita

- Polttoöljyä säilytetään irtoastioissa kattilahuoneessa.
- Polttoöljyjärjestelmän asiantuntevan muutostyö, puutteelliset tarkastukset.

Teknillisen tarkastuskeskuksen (nyk. TUKES) laatimassa ohjeessa

Vaaran arviointi – maakaasun käyttö ja käsittely. 1994. Helsinki: Teknillinen tarkastuskeskus. 6 s. + 8 liitt. s. (TTK-ohje G1-94.)

on lueteltu erilaisia maakaasun käyttöön ja käsittelyyn liittyviä vaaralähteitä sisältäen mm. erilaisia kaasuputkiston vioittumistapoja ja -mahdollisuuksia. Tarkistuslistaa voidaan soveltuvin osin käyttää apuna myös öljyputkiston vaaratilanteiden tunnistamisessa.

Tarkistuslista - kaasun poltto⁶

Tarkistuslista on laadittu lähinnä maakaasua käyttöä ajatellen. Muiden kattilalaitoksessa mahdollisesti poltettavien kaasujen osalta vaaratilanteiden tunnistamisessa on otettava huomioon kaasun ominaisuuksiin liittyvät erityispiirteet (kaasun fysikaaliset ominaisuudet, esim. tiheys eri lämpötiloissa; myrkyllisyys jne.)

Teknillisen tarkastuskeskuksen (nyk. TUKES) laatimassa ohjeessa

Vaaran arviointi – maakaasun käyttö ja käsittely. 1994. Helsinki: Teknillinen tarkastuskeskus. 6 s. + 8 liitt. s. (TTK-ohje G1-94.)

on lueteltu erilaisia maakaasun käyttöön ja käsittelyyn liittyviä vaaralähteitä sisältäen mm. erilaisia kaasuputkiston vioittumistapoja ja -mahdollisuuksia. Tarkistuslista soveltuu hyvin käytettäväksi apuna maakaasun käyttöön liittyvien vaaratilanteiden tunnistamisessa.

Putkisto (rakenne, sijoittelu)

- Putkisto tai sen tukirakenteet vaurioituvat mekaanisesti kaivamisesta, rakennustöistä, rou-timisesta tms. johtuen (maalainen putkisto).
- Putkisto vaurioituu ajoneuvon törmäyksestä, iskusta tms. johtuen.
- Putkisto syöpyy tai pääsee ylikuumenemaan.
- Putkisto vaurioituu tai vuotaa materiaali- tai asennusvirheiden tai vääränlaisten liitosten takia.
- Putkiliitosten toteutustapa väärä, käytetty kierrelitoksia tai laippoja vaikka putken nimel-liskoko tai putkiston paine edellyttäisivät hitsausliitoksia.
- Liitännöissä varusteisiin ja laitteisiin väärä toteutustapa, käytetty kierrelitoksia vaikka putken nimelliskoko tai putkiston paine edellyttäisivät laippaliitoksia.
- Putkisto joutuu alttiiksi liian suurille jännityksille, tärinälle, lämpöliikkeille, paineiskuille tms.
- Putkisto tukkeutuu tai pääsee jäätymään.
- Kaasuputkistossa ”väliaikaisratkaisuja” (letkuja käytetään kohteissa, joissa niiden käyttö on kielletty, letkut liian pitkiä tms.).
- Letkuasennuksissa liian pieniä kaarevuussäteitä (tauttuminen, murtuminen).
- Huolto- tai muutostöitä tehdään kaasuputkelle, jota ei ole tyhjennetty ja huuhdeltu kun-nolla; putkistoa ei ole suunniteltu huuhdeltavaksi, ohjeistus on puutteellista.
- Huolto- tai muutostöitä tehdään väärälle putkiston osalle tai laitteistolle puutteellisista merkinnöistä johtuen.
- Huuhtelu- ja paineenpoistoputkien kautta pääsee purkautumaan kaasua muualle kuin ul-kotilaan.
- Huuhtelu- ja paineenpoistoputket mitoitettu liian pienelle ylipaineelle.
- Esimerkiksi sytytyskaasuna käytettävän nestekaasun pullojen sijoitus ei ole asianmukai-nen, pullot on sijoitettu esim. kattilarakennuksen sisäpuolelle tai liian lähelle sytytysläh-teitä tai kuiluja tai kanavia (polttoaineen kertyminen mahdollista).

⁶ Keskeinen lähde: Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1993. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Kaasunpoltto. Helsinki: Teollisuusvakuutus. 7 s. (Suojeluohje G3)

- Ilmaa kevyempää kaasua käytettäessä kattilalaitoksen välitasojen tai katon alapuolisissa tiloissa ei ole ulos johdettua tuuletusputkea, riittävää tuuletusta tai hälyttäviä kaasuilmaisimia.
- Kaasun vuotoilmaisimien sijoittelussa ei ole riittävästi otettu huomioon kaasun leviämiskeinot ja keräytymisalueita tai vuotoilmaisimien huoltoa ja koestusta.
- Ilmaa raskaampaa kaasua käytettäessä kattila sijoitettu maanpinnan alapuolelle, kattilan läheisyydessä on syvennyksiä, kanavia ja kuiluja tai tuuletus on riittämätön.
- Putkiston tiiveyttä ei muisteta tarkistaa painekokeella esim. korjauksen jälkeen.
- Tiivyskokeessa käytetään liian suurta painetta.

Varusteet (kaasun sulkulaitteistot, paineen- ja virtauksen säätöventtiilit, suodattimet, kaasun lämmitys)

- Varusteiden merkinnät ovat puutteellisia (tunnus, virtaussuunta, käyttötarkoitusta osoittavat kilvet).
- Kaasun tulojohdossa olevan sulkuventtiilin (paloventtiili) sulkeminen ei onnistu (apuenergia puuttuu, käsin sulkeminen ei onnistu).
- Polttimien (poltinryhmien) pikasulkuventtiilit eivät saa automaatiojärjestelmältä sulkeutumiskäskyä (esim. tilanteessa, jossa kaasun paine tai virtaus ei ole haluttujen arvojen välillä).
- Polttimien (poltinryhmien) pikasulkuventtiilit eivät sulkeudu, sulkeutuvat puutteellisesti tai sulkeutuvat liian hitaasti, lähinnä poltinta olevan pikasulkuventtiilin sulkeutumisaika > 1 sekunti.
- Pikasulkuventtiilit eivät ole toisistaan riippumattomia.
- Pikasulkuventtiilien välissä oleva paineenpoistovenkki on mitoitukseltaan liian pieni.
- Polttimella ei ole vähintään yhtä käsin suljettavaa venttiiliä. Itsesulkeutuva pikasulkuventtiili voidaan katsoa käsikäyttöiseksi, jos apuenergian syöttö voidaan keskeyttää käsin polttimen luota.
- Käsin suljettavan venttiilin sulkemiseksi venttiiliä täytyy kiertää enemmän kuin kaksi kierrosta.
- Putkistossa ei ole paineensäätöventtiilin jälkeistä varolaitetta (silloin kun paineensäätöventtiilin jälkeinen putkiosuus on mitoitettu alemmalle painetasolle kuin tätä edeltävä putkiosuus).
- Kaasun suodatus on puutteellista tai puuttuu kokonaan.
- Kaasun esilämmitys tai putkiston saattolämmitys on puutteellista, putkiston eristys on puutteellinen.

Polttimet ja liekinvalvonta, erilaiset käyttötilanteet

- Sytytyspolttoaineen venttiili ei sulkeudu tai sulkeutuu huonosti, vaikka sytytyspoltin ei syty varmuusaikansa kuluessa.
- Sytytyspolttimella vain yksi automaattinen pikasulkuventtiili, vaikka sytytyspolttimen teho edellyttäisi kahta venttiiliä.
- Polttimen pääkaasuventtiili avautuu, vaikka sytytyspolttimen liekki ei pala.
- Sytytysenergia on liian pieni.
- Polttimen kaasuventtiili (tai sytytyspolttoaineen venttiili) ei sulkeudu tai sulkeutuu huonosti, vaikka pääliekki ei syty varmuusaikansa kuluessa.
- Polttimen varmuusaika on liian pitkä.
- Kaasun ja palamisilman suhde on väärä; valvonnan vikaantuminen, valvonta ei riippumaton säädöstä.

- Ilmamäärä on liian pieni, mutta ei kuitenkaan niin pieni, että se aiheuttaisi liekin sammumisen ja sitä kautta liekinvalvojan toimimisen; kaasua palamattomana tulipesään.
- Useamman polttimen järjestelmässä, jossa palamisilma säädetään yhteisesti, polttimia ei ole varustettu poltinkohtaisilla ilman sulkulaitteilla.
- Sytytyspolttimella ja pääpolttimella yhteinen liekinvartija, vaikka tälle ei olisi edellytyksiä.
- Liekinvalvontajärjestelmä ei turvallisesti vikaantuva (liekinvalvontajärjestelmään tulleesta viasta huolimatta järjestelmä ei pysäytä kaasun polttoa).
- Liekinvalvonta ohitettu esimerkiksi liekinvalvontalaitteeseen tulleen vian vuoksi.
- (Käsi käyttöisten) venttiilien, peltien, luukkujen tms. asentoa ei tarkasteta ennen käynnistystä.
- Tulipesä tuuletetaan puutteellisesti epäonnistuneiden sytytysyritysten jälkeen; liian lyhyt tuuletusaika, liian pieni ilmavirta.

Tarkistuslista - karkean polttoaineen poltto⁷

Syöttölaitteet

- Kattilaan syötettävässä polttoaineessa on suuria laatuvaihteluita (pölymäisen polttoaineen määrä ajoittain suuri) tai polttoaineen sekaan pääsee kuivaa, pölymäistä polttoainetta; siivousjätteet pannaan kuljettimien vietäväksi tms.
- Polttoaineen syöttö- ja polttolaitteet aiheuttavat hienojakoisen polttoaineen muodostumista tai polttoaineen runsasta pölyämistä.
- Kuljetinlaitteissa on käytetty palavia rakenneaineita.
- Polttoaineen valuminen arinalle tai pakkosyöttölaitteille on katkonaista tai epäjatkuvaa; syöttötorvien huono rakenne (riittämätön päästö) tms.
- Syötön ollessa keskeytyneenä pesään avautuvat syöttölaitteet ovat eristämättä tulipesästä tiiviillä sulkulaitteilla.
- Pesään avautuvien syöttölaitteiden sulkulaite sijaitsee niin, että sen ulkopuolella oleva polttoaine pääsee kuumenemaan ja syttymään.
- Kuumien savukaasujen tai kipinöiden pääsyä (tyhjiin) syöttötorviin ei ole estetty riittävästi; esimerkiksi torveen sijoitetulla yhdellä, mieluummin kahdella peräkkäisellä vastapainopelillä tai sulkusyöttimellä. Savukaasupuhaltimen pysähtyminen ajon aikana, veto väärään suuntaan.
- Syöttölaitetta (esim. syöttösuppiloa) ei ole pesty riittävän puhtaaksi pölymäisestä polttoaineesta laitteelle tehtävän hitsaus- tai muun kipinöitä aiheuttavan korjaustyön ajaksi, ei riittävää sammutusvalmiutta tai palovartiointia.
- Polttoainetorvia ei ole varustettu täytöksen ilmaisevilla näkölaseilla tai mittaus-/hälytyslaitteilla.
- Savukaasukuivatuksessa savukaasun happipitoisuus on liian korkea (esimerkiksi seisokkitilanteessa), polttoaineessa esiintyy kyttemistä tai palopesäkkeitä.

Polttolaitteet (kiinteät ja liikkuvat arinat)

- Palamislämpötila ei ole riittävä jatkuvan liekin varmistamiseksi, polttolaitteen ja/tai tulipesän huono rakenne tms.
- Tulipesä on liian pieni täydellisen palamisen aikaansaamiseksi tai palamiskaasujen jäädyttämiseksi (lentotuhka voi päästä sulassa muodossa jälkitulipinnoille).
- Polttolaitteessa poltetaan liian matalalämpöarvoista polttoainetta ja/tai palamisilma tuodaan virheellisesti; palamiskelpoisten kaasujen syntyminen mahdollista, räjähdysvaara.
- Polttolaitteessa poltetaan liian korkealämpöarvoista polttoainetta, arinan vahingoittuminen.
- Arinan kaltevuus polttoaineelle sopimaton, vyöryminen.
- Tulipesän tarkastusluukkujen määrä on liian pieni tai ne on sijoitettu väärin; polttoaineen kulkua ja palamista ei mahdollista seurata.
- Toisioilmaa käytetään liian vähän tai se ei sekoitu riittävän hyvin polttokaasuihin, sekoittuminen tapahtuu liian kaukana palavasta polttoainekerroksesta; häiriöitä kaasuuntuneen polttoaineen palamisessa, kaasuräjähdyksen mahdollisuus.
- Palamisilman virtausvastus arinassa polttoainekerroksessa syntyvään virtausvastukseen verrattuna on liian pieni; polttoaineen pölyäminen, kraaterinmuodostus.
- Tukipolttoaineen syötössä / palamisessa esiintyy katkoja.

⁷ Keskeinen lähde: Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1985. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Karkean polttoaineen poltto. Helsinki: Teollisuusvakuutus. 4 s. (Suojeluohje G8)

- Huonosti palavaa karkeaa polttoainetta yritetään polttaa yksin, vaikka poltto edellyttäisi tukipolttoaineen käyttöä.
- Arinalaitteet jätetty suojaamatta, kun kattilaa käytetään muilla polttoaineilla ilman arinaa.

Erilaiset käyttötilanteet

- Tulipesä tuuletetaan puutteellisesti; liian lyhyt tuuletusaika, liian pieni ilmavirta.
- Polttoainetta yritetään sytyttää ilman tukiliekkiä, vaikka polttoaineen laatu edellyttäisi sitä.
- Polttoainetta on kostutettu palavilla nesteillä syttymisen varmistamiseksi.
- Tulipesään syötetään käynnistyksen yhteydessä karkean polttoaineen mukana pölyävää polttoainetta ennen kuin normaali ajotilanne on saavutettu ja inerttikaasuja on kehittynyt riittävästi.
- Tukiliekki sytytetään, kun palaminen arinalla on huonoa/epätäydellistä, tulipesässä mahdollisesti räjähdyskelpoinen kaasuseos.
- Palamisilmamäärää säädetään äkillisesti.
- Polttoaineen syöttö- ja polttolaitteiden toimintaa ei tarkkailla riittävästi.
- Toisioilmaa pienennetään liian nopeasti ensiöilman pienentämisen jälkeen; syntyvien palamiskelpoisten kaasujen palaminen epävarmaa.
- Arinapoltto haittaa puuttuvan tai liian vähäisen toisioilman vuoksi toisen samanaikaisesti poltettavan polttoaineen palamista riistämällä polttimien palamisilmasta hapetta.
- Tuhkasuppilot täyttyvät tuhkasta, tyhjentäminen unohdettu; arinan vaurioituminen.
- Kuonan sammuttimiin kerääntyvää palamiskelpoista polttoainetta ei poisteta riittävän usein.
- Tuhkasuppiloissa oleva palamiskelpoinen polttoaine pääsee yhteyteen palamisilman kanssa.
- Arina kolataan tai tuhkasuppilot tyhjennetään käynnin aikana (tuhkan poisto käsin) ja työtä suoritettaessa ei käytetä kipinöintiä ja kuumuutta kestäväää suojavaatetusta.
- Arinalle ja/tai polttoaineen syöttölaitteille jää polttoainetta pysäytyksen yhteydessä.
- Vettä ruiskutetaan palavaan tai hehkuvaan polttoainekerrokseen sen sammuttamiseksi tai jäähdyttämisen jouduttamiseksi, vesikaasun muodostuminen mahdollista.
- Arinanalusilmapeltejä, savusolia tai tuhkasuppiloiden luukkuja avataan pysäytyksen jälkeen ennen kuin kattila on riittävästi jäähtynyt; uudelleen syttyminen, nokipalovaara.

Lisää tietoa erilaisten karkeiden polttoaineiden (kuori, palaturve) turvalliseen käyttöön liittyvistä näkökohdista löytyy esimerkiksi julkaisusta:

Rautalin, A. 1987. Kotimaisten polttoaineiden turvallinen tuotanto ja käyttö. Osa 8. Käsitte-lytekniikka ja laitosten suunnittelu. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 137 s. + 7 liitt. s. (VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 770.) ISBN 951-38-2966-9

Tarkistuslista – pölymäisen polttoaineen käyttö⁸

Tämä tarkistuslista on laadittu ensisijaisesti pölymäisten polttoaineiden käyttöön liittyen, silloin kun näitä polttoaineita käytetään pienehköissä kattilalaitoksissa. Pölymäisillä polttoaineilla tarkoitetaan tässä tarkistuslistassa ennen kaikkea polttoturvetta (jyrsinturve) ja puupölyä. Tarkistuslista soveltuu käytettäväksi myös muiden näihin verrattavien pölymäisten polttoaineiden kanssa ja soveltuvin osin myös sellaisten, ei suoranaisesti pölymäisten, mutta kuitenkin pölyä muodostavien polttoaineiden kuten esimerkiksi palaturpeen kanssa. Polttoaineen vastaanoton, varastoinnin ja siirtojen osalta jyrsinturpeen ja palaturpeen käsittelyssä ei ole suuriakaan eroja.

Pienehköissä kattilalaitoksissa polttoturve (jyrsinturve) poltetaan yleensä joko suorapuhallus-, leiju- tai arinapolttona, joko yksin tai yhdessä muiden polttoaineiden kanssa. Varsinaista turvepölyn pölypolttoa ei pienissä laitoksissa juurikaan käytetä. Tästä syystä tässä tarkistuslistasakaan ei käsitellä varsinaisiin turvepölyn valmistusjärjestelmiin eli myllyihin ja kuivureihin liittyviä asioita. Pääpaino tarkistuslistassa on polttoaineen vastaanoton, varastoinnin, käsittelyn ja siirron osalla, eikä niinkään poltossa pölymäisten polttoaineiden useista erilaisista polttotavoista johtuen.

Lisää tietoa erilaisten pölymäisten polttoaineiden (turvepöly, puupöly) turvalliseen käyttöön liittyvistä näkökohdista löytyy esimerkiksi julkaisusta:

Rautalin, A. 1987. Kotimaisten polttoaineiden turvallinen tuotanto ja käyttö. Osa 8. Käsitteilytekniikka ja laitosten suunnittelu. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 137 s. + 7 liitt. s. (VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 770.) ISBN 951-38-2966-9

Polttoaineen vastaanotto (esitetyt asiat lähinnä turpeen käyttöön liittyviä)

- Ajoneuvojen jarrujen kuumeneminen, kuumat pakokaasut, kipinäinti (puuttuvat tai vialliset kipinäsuojat) jne.
- Toimitettavan polttoaineen seassa on kytypaloja, turve on liian kuivaa. Polttoaineen laadunvalvonta vastaanoton yhteydessä on puutteellista.
- Tupakointi vastaanottoasemalla; laitoksen oma henkilökunta, polttoainerekkojen autonkuljettajat, ulkopuoliset korjausmiehet jne.
- Polttoturvetta vastaanotettaessa turvepölyä leviää runsaasti vastaanottoaseman ympäristöön, pudotuskorkeus on liian suuri. Purkausasema, seulomo, murskaamo jne. ovat riittävästi katettuja.
- Pysyvästi miehitettyjä valvomo- ja sosiaalituloja ei ole erotettu vastaanottoaseman tiloista riittävän lujarakenteisilla seinärakenteilla.
- Turpeen vastaanottoaseman rakennuksissa on käytetty palavia materiaaleja.

⁸ Keskeiset lähteet:

- Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1994. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Turpeen käsittely ja turvepölynpolttu. Helsinki: Teollisuusvakuutus. 12 s. (Suojeluohje G5)
- Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1985. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Puupölynpolttu. Helsinki: Teollisuusvakuutus. 5 s. (Suojeluohje G6)

- Vastaanottoaseman seinät ja muut rakenteet keräävät pölyä; seinät eivät ole riittävän sileitä, rakenteiden ulkonemat eivät ole riittävän kaltevia jne.
- Vastaanottoaseman tilat ja laitteet ovat vaikeasti puhdistettavia, ei vesipesumahdollisuutta jne.
- Kaapelihyllyjä tai esimerkiksi öljyputkia on sijoitettu vastaanottorakennusten sisäpuolelle.
- Vastaanottoaseman ajotasot ja kulkutiet ovat liukkaita.
- Seulalle jäävien kappaleiden poistaminen on vaikeaa, poistamiseen ei ole varauduttu.
- Vastaanoton ja varastosiilon välisiä kuljetintunneleita ei ole erotettu muista tiloista paloväliseinillä.
- Pitkiä, suljettuja kuljetintunneleita ei ole osastoitu ja varustettu savunpoistomahdollisuudella.
- Turvepölyä leviää runsaasti ympäristöön vastaanottoaseman linjoja käynnistettäessä.

Käyttövarastot (turpeen varasto- ja syöttösiilot, puupölyn puskuri- ja välisäiliöt)

- Puupölyä varastoidaan yhdessä muiden polttoaineiden esimerkiksi hiilen, turpeen tai karkearakeisemman puujätteen kanssa.
- Siilon sijoitus rakennuksen sisäpuolelle tai muiden rakennusten läheisyyteen ei täytä asetettuja vaatimuksia, siilon sisäinen sammutusjärjestelmä, inertisointi, sprinklaus, paineenkevennys, palo-osastointi jne.
- Siilojen rakennemateriaaleina on käytetty helposti syttyviä tai palokuormaa lisääviä materiaaleja.
- Polttoainesiiloihin on sijoitettu ylimääräisiä, muita kuin siilon käytön, valvonnan ja hoidon kannalta välttämättömiä laitteita.
- Polttoainepöly pääsee holvaantumiaan säiliöihin, ulkonemat sisäseinissä, puutteellinen lämpöeristys tms.
- Holvaantumisen estolaitteet aiheuttavat vaarallista pölyämistä, holvaantumisen purkamiseen käytetään paineilmapuhalluksia.
- Säiliöihin liittyvien kuljettimien ja putkistojen liittymäkohdat ovat puutteellisesti tiivistettyjä.
- Pölyä pääsee kerääntymään siilojen eristeisiin.
- Siiloihin liittyviä kuljettimia tai putkistoja ei ole varustettu sprinkleri- tai muilla vastaavilla laitteilla.
- Pölysiilon paineenpurkausaukot ovat väärin mitoitettuja tai räjähdyspaineen purkautuminen tapahtuu vaarallisen suuntaan. Räjähdyspaine suuntautuu kohti kulku- tai pelastusteitä tai purkautumisalueelle on sijoitettu joitakin toimintoja (esim. työpisteitä), vaikka vain väliaikaisestikin, purkauskohtaa ja -suuntaa ei ole merkitty selkeästi siiloon ja sen ympäristöön.

Pölynerotuslaitteet (pölynerotuslaitteita käytetään lähinnä puupölyn yhteydessä)

- Puupöly puhalletaan suoraan puupölysäiliöön ilman tarkoitukseen soveltuvaa, oikein mitoitettua erotinta.
- Erottimen ja säiliön välissä ei ole sulkusyötintä.
- Erotin on sijoitettu liian lähelle kulku- ja pelastusteitä tai palavia rakenteita.
- Erottimen ilmanpoistoaukko on liian lähellä savupiippua.
- Lämmityslaitteet aiheuttavat erotuslaitteiden liiallista lämpenemistä.

Puupölyn kuljetinlaitteet (syöttöruuvit, kolakuljettimet, kuljetusputkistot, syöttö- ja mahdolliset paineennostopuhaltimet)

- Puupölyn varsinaiseen siirtokuljetukseen käytetään jotakin muuta kuljetustapaa kuin pneumaattista kuljetusta.
- Ruuvikuljettimen ruuvi hankaa kaukalon seinämään.
- Ruuvin laakerointia ei ole toteutettu kaukalon päiden ulkopuolella.
- Laakereihin pääsee kerääntymään pölyä.
- Kolakuljettimet eivät ole rakenteeltaan teräslevykoteloituja.
- Kuljettimissa esiintyy osien välisestä hankauksesta johtuen vaarallista lämpenemistä.
- Putkistossa olevat käyrät ovat liian jyrkkiä ja tehty kulutusta heikosti kestävästä materiaalista, kuljetusputkistossa on käytetty paljon laippaliitoksia.
- Kuljetusputkiston etäisyys palaviin rakenneosiin on liian pieni.
- Kuljetusputkiston yhteyteen on vedetty sähkökaapeleita.
- Kuljetusputkistossa ei ole takaiskuläppää ja/tai räjähdysaukkoa, takaiskuläppä ja/tai räjähdysaukko on asennettu liian kauaksi tulipesästä.
- Takaiskuläppä ei sulkeudu puhaltimen pysähtyessä.
- Takaiskuläppän asennosta ei ole helposti näkyvää osoitusta laitoksen käyttäjälle.
- Kaasut purkautuvat takaiskuläppän yhteydessä olevasta räjähdysaukosta vaaralliseen suuntaan.
- Kuljetusputkeen ei ole sijoitettu läpivalaistua tarkastusikkunaa polttoaineen tulon tarkkailua varten, tarkastusikkuna on sijoitettu käytön kannalta hankalaan paikkaan.
- Puupölyn purkaus säiliöstä on epätasaista.
- Puupölyn annostelu tapahtuu syöttöpuhaltimen imupuolelle.
- Purkauslaitteen ja ejektorin välissä ei ole asianmukaista sulkusyötintä.
- Pöly pääsee lämpenemään paineennostopuhaltimessa tai puhaltimessa syntyy kipinöitä.
- Syöttöpuhaltimen imuputken pää on suunnattu pölyräjähdysten kannalta vaaralliseen suuntaan.
- Pöly-ilmaseoksen nopeus putkistossa on liian alhainen.

Polttoturpeen siirto- ja käsittelylaitteet (kola-, hihna- ja ruuvikuljettimet, sulkusyöttimet, seulat, murskat jne.)

- Pneumaattista kuljetusta käytetään jyrsinpolttoturpeen siirtoon myös muissa kohteissa kuin pölynvalmistus- ja polttolaitteissa.
- Kuljetusjärjestelmän komponentit on valmistettu palavista materiaaleista. Hihnakuljettimilla käytetään tavallisia hihnalaatuja, ei palamista ylläpitämättömiä ns. anti-flame -tyyppisiä hihnalaatuja jne.
- Kuljettimilta, seuloilta, murskilta ja muilta laitteilta leviää ympäristöön runsaasti pölyä. Kuljettimet, seulat jne. ovat riittämättömästi koteloituja ja puutteellisesti tiivistettyjä; hihnakuljettimien hihnanopeus tai niiden kuormausaste on liian suuri; hihnakuljettimia ei ole varustettu asianmukaisilla kaavareilla ja hihnaharjoilla sekä riittävän tilavilla syöttö- ja purkusuppiloilla.
- Pölyn poisto ja poiskuljettaminen on hankalaa; kuljettimien runkorakenteet keräävät pölyä, valaistus ja työvälineet ovat puutteellisia, ei ole olemassa vesipesumahdollisuutta, vesipesu ei mahdollista talvella jne.
- Kuljettimilta, seuloilta, murskilta ja muilta laitteilta joudutaan usein poistamaan tukoksia; tukosten poisto tehdään huolimattomasti, poistettu polttoaine jätetään kasoille laitteiden ympäristöön.

- Seulalla esiintyy hankausslämmön muodostumista.
- Kiilahihnavälityksiä käytetään kohteissa, joissa esiintyy runsasta pölyämistä.
- Laakereiden ylikuumentuminen johtuen esim. puutteellisesta voitelusta. Koteloituja laitteita, kolakuljettimia, sulkusyöttimiä jne. ei ole varustettu ulkopuolisella laakeroinnilla.
- Ruuvi pääsee hankaamaan ruuvikourun seinämään.
- Sulkusyöttintä käytetään huonosti seulotulle polttoaineelle. Polttoaineen mukana tulevat vieraat esineet (kivet, kannot tms.) aiheuttavat kipinöintiä.
- Murskaimessa esiintyy kipinöintiä tai ylikuumentumista. Ennen murskainta ei ole raudane-rotinta tai murskaimessa ei ole suunnanvaihtoautomaattia, joka toimisi kappaleiden kii-lautuessa telaan.
- Polttoturve pääsee virtaamaan ruuvikuljettimessa tai lokerosyöttimessä väärään suuntaan; kahden sulkulaitteen yhdistelmässä molemmat sulkulaitteet (venttiilit) ovat samanaikaisesti auki.
- Kuljettimien inertointi- tai sammutusjärjestelmä on puutteellinen tai puuttuu kokonaan.
- Seulaa ei ole varustettu CO-ilmaisimella kuumentumisen ja mahdollisen syttymisen varalta.
- Seulaa ja siihen liittyvää murskainta ei ole varustettu kipinäilmaisulla.
- Sulkulaitetta, jossa sulkulaitteen toisella puolella voi olla korkea lämpötila, ei ole varus-tettu jäähdytyksellä tai vesisumutusmahdollisuudella.
- Kuljetusjärjestelmän pysäytyksessä kuljettimiin, suppiloihin jne. jää polttoturvetta.
- Kuljetusjärjestelmässä ei ole varatyhjennysmahdollisuutta.
- Seulonnan tai murskauksen ruuhkia puretaan laitteen käydessä.
- Syöttötorvet on eristetty puutteellisesti (palovamman vaara).
- Turvepölyä pääsee esim. vesipesun yhteydessä syöttötorven eristyksiin (puutteellinen pin-talevytyksen tiiviys).

Polttolaitteet, tulipesä, savukaasukanavat

- Pölyn syttymistä ja palamista ei ole varmistettu.
- Poltin on sijoitettu tulipesän seinälle sellaiseen kohtaan, missä tulipesän lämpötila on (ajoittain) riittämätön pölysuihkun välittömälle syttymiselle.
- Poltin sijoitettu väärin, kuuma pölyliekki pääsee vahingoittamaan muurauksia tai arinaa.
- Pöly ei ehdi palamaan täydellisesti ennen ensimmäisiä konvektiopintoja, savukaasujen lämpötila tulipesän loppuosassa ylittää tuhkan pehmenemispisteen.
- Tulipesää ei ole varustettu tarkoituksenmukaisesti sijoitetuilla ja suunnatuilla tarkkailuluu-kuilla.
- Palamisilman määrä on liian pieni tai palamisilma ja pöly eivät sekoitu riittävän tehok-kaasti.
- Pölyilmaseoksen nopeus polttimella on liian pieni, takatuli.
- Pölyn syöttö polttimille ei lakkaa, vaikka tukiliekki/pölyliekki sammuu.
-
-

Tarkistuslista - turvallisuuteen liittyvä automaatio⁹

- Kattilalaitoksen turvallisuuteen liittyvä automaatiojärjestelmä (TLJ) siihen kuuluvine laitteineen ja asennuksineen ei täytä voimassa olevia lakeja, asetuksia tai viranomaisten vaatimuksia, esim. sähköturvallisuusmääräyksiä.
- Automaatiojärjestelmässä on käyttötarkoitukseen tai olosuhteisiin sopimattomia, epäluotettavia, vaikeasti huollettavia tms. laitteita ja järjestelmiä.
- Turvallisuuteen liittyvässä automaatiojärjestelmässä käytetään muita kuin turvallisuuskäyttöön tyyppihyväksytyjä laitteita, vaikka näitä olisikin saatavissa.
- Turvallisuuteen liittyvää automaatiojärjestelmää ei ole turvatoimintojen riittävän luotettavuuden takaamiseksi erotettu riittävästi tavanomaisesta prosessiautomaatiojärjestelmästä.
- Turvallisuuteen liittyvien toimintojen, laitteiden, järjestelmien ja piirien merkinnät dokumenteissa (PI-kaaviot, logiikkakaaviot, toimintaselostukset jne.), laitteistoissa ja asennuksissa ovat puutteellisia; helppo erotettavuus, yksiselitteiset tunnuksot ja merkinnät jne.
- TLJ:n turvatoimintojen toimintanopeudet eivät täytä niille asetettuja vaatimuksia.
- TLJ:n logiikkaosilla ei ole asianmukaista, ao. turvallisuuden eheystasoa vastaavaan vaatimustasoon liittyvää tyyppihyväksyntää tai turvallisuusviranomaisen antamaa erillistä hyväksyntää.
- TLJ:n logiikkaosa ei täytä vaadittua turvallisuuden eheystasoa, määräaikaoskoestusväliä tai asetettuja käytettävyyksivaatimuksia.
- Relejärjestelmissä käytetään muita kuin turvallisuuskäyttöön tarkoitettuja releitä.
- Elektronisessa langoitettavassa logiikkajärjestelmässä ei ole sovellettu vikaturvallista tekniikkaa perustuen esimerkiksi vaihtovirta- tai pulssitekniikkaan.
- TLJ:n I/O-liityntöjä ei ole erotettu galvaanisesti logiikkaosasta / keskusyksiköstä.
- TLJ:n logiikkaosissa ei ole piirien valvontaa ja poikkeamista ei tule hälytystä.
- Turvallisuuskriittisiä viestejä välitetään siihen soveltumattomien väyläyhteyksien kautta.
- Turvallisuuteen liittyvien kriteerien voimassaoloa ei voida todeta valvomon näytöillä.
- TLJ:n analogiamittausten arvoja ja binäärisiä tilatietoja ei ole nähtävissä valvomon näytöillä.
- Valvomoon ei saada hälytystä turvatoiminnon lauetessa.
- Turvatoiminnon laukeamiseen liittyvät hälytykset eivät taltioidu järjestelmään.
- Turvallisuuteen liittyvien järjestelmien sähkönsyöttöä ei ole varmennettu katkojen tai esimerkiksi yli- tai alijännitteiden suhteen riittävästi. Sähkönsyötön varmistaminen on erityisen tärkeää, jos turvatoimintoja on toteutettu työvirtaperiaatteella.
- Syötön vaihtuminen varasyötölle ei tapahdu ilman käyttökeskeytystä.
- Käyttäjä ei saa hälytystä syöttöjännitteen häiriöistä.
- TLJ:n piirissä olevat laitteet tarvitsevat paljon erilaisia syöttöjännitteitä.
- TLJ:n kenttälaitteiden sähkönsyöttö ei tapahdu TLJ:n logiikkaosan kautta.
- TLJ ei reagoi TLJ:ssä tarvittavan tai muun apuenergian, esimerkiksi paineilman häviämiseen.
- Käyttäjä ei saa yksilöityä hälytystä apuenergian häviämisestä tai sen tason muutoksesta (jännite, paine).

⁹ Keskeinen lähde. Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1999. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Kattilalaitosten turvallisuuteen liittyvä automaatio. 35 s. (Luonnos 2.2.1999)

- TLJ:n laittilan sijoitus ja varustus on sellainen, että kosteus, pöly, painevaikutukset, syövyttävät aineet ja muut ympäristön rasiustekijät pääsevät vaikuttamaan siihen.
- TLJ:n laittilan palosuojaus on puutteellinen; paloilmaisimet puuttuvat kokonaan tai ne eivät ole riittävän herkkiä, tilassa ei ole automaattista sammutusjärjestelmää.
- Turvallisuuteen liittyvien kriteerien (suojauskriteerien) mittausmenetelmät ovat monimutkaisia ja suojauskriteerien muodostamiseen käytetään muuta kuin mahdollisimman primäärisesti mitattuja viestejä.
- Turvallisuuteen liittyvillä mittauksilla ei ole omia yhteitä, juuriventtiileitä, antureita, mittauslaitteita tms.
- Mittausten yhdistämistä TLJ:hin ei ole toteutettu mahdollisimman suoraan, välissä on esimerkiksi ylimääräisiä ristikytkentöjä tai liitäntäpisteitä.
- Turvallisuuteen liittyvien mittauslaitteiden juuriventtiileistä ei ole otettu kahvoja tai käsi-pyöriä pois, juuriventtiilin sulkeminen vahingossa mahdollista.
- Turvallisuuteen liittyvää viestiä, jota käytetään myös muuhun kuin suojaustarkoituksiin, ei tuoda ensiksi TLJ:hin.
- Turvallisuuteen liittyvien mittausten mittauskohdat on valittu väärin. Mittauksissa esiintyy häiritseviä tekijöitä.
- TLJ:hin liittyvien laitteiden materiaalien valinnassa ja mitoituksessa ei ole riittävästi otettu huomioon ympäristö- ja prosessiolosuhteiden vaikutuksia; lämpötila, paine, kosteus, tärinä, kavitaatio, korrosio, tukkivat aineet, ilman epäpuhtaudet, peittauskemikaalit, sähkömagneettiset häiriöt jne.
- Mittausantureita ja -laitteita ei ole mitoitettu kestämaan kattilan koepaineita.
- Kenttälaitteet eivät täytä niille asetettuja kotelointiluokkavaatimuksia.
- Sähköiset ja elektroniset laitteet ja järjestelmät eivät täytä niille asettuja vaatimuksia sähkömagneettisten häiriöiden päästöjen ja siedon suhteen.
- Turvallisuuteen liittyvissä analogiamittauksissa käytetään jotain muuta kuin standardoitua mA-viestiä ja elävää nollaa käyttäviä 2-johdinlähettimiä.
- Ohjelmoitavissa lähettimissä ei ole vahingossa ohjelmoinnin estoa tai se ei ole kytkettynä päälle.
- Mittausalueet eivät peitä turvallisuuskriittisen prosessisuureen normaalia käyttöaluetta, eivätkä ulotu turvallisuuteen liittyvien suojusrajojen ohi.
- Redundantissa mittauksissa käytetään erilaisia mittausalueita.
- Mittauslaitteen vikaantuminen ei aiheuta TLJ:ssä muutosta turvalliseen suuntaan.
- Binäärimittausten toimintapisteet eivät ole työkaluilla tai erillisellä laitteilla aseteltavia tai lukittavia.
- Kosketinanturien koskettimet eivät anna varmaa kosketusta.
- Mittauslaitteessa, jossa on useampia kuin yksi raja, rajojen viritykset vaikuttavat toisiinsa.
- Turvallisuuteen liittyvien mittauslaitteiden suorituskyky (mittaustarkkuus, mittausnopeus) ei ole riittävä vaaratilanteen ilmaisemiseksi.
- Turvallisuuteen liittyvissä mittauksissa käytetään ylimääräisiä olotilakompensointeja; vaativat lisämittauksia ja mutkistavat rakenteita.
- Turvallisuuteen liittyvien mittausten olotilakompensointeja ei ole laskettu TLJ:hin kuuluviksi.
- Turvallisuuteen liittyvien analogisten mittaustietien raja-arvojen muodostaminen on toteutettu erillisten raja-arvon vartijoiden avulla eikä TLJ:n logiikkaosassa; erilliset raja-arvon vartijat monimutkaistavat suojausjärjestelmän laitekokonaisuutta.

- Mittauslaitteet on asennettu puutteellisesti erilaisten ulkoisten olosuhteiden (pöly, roiskevesi, värinä, korkea lämpötila jne.) ja laitteiden huollettavuuden ja kunnossapidettävyyden kannalta.
- Mittausviestien kaapelit ovat olosuhteisiin ja TLJ:n häiriönsietokykyyn nähden puutteellisia.
- TLJ:n redundanttien mittauksen kaapelit kulkevat TLJ:n logiikkaosaan samaa reittiä.
- Lieriökattilan kuiviinkiehunnan valvonta on toteutettu jollakin muulla periaatteella kuin lieriön pintamittauksen avulla.
- Pinnanmittausyhteinä on käytetty liian pieniä mittausyhteitä.
- Pintamittauksen primääriset venttiilit on asennettu niin, että ne voivat aiheuttaa vesilukon muodostumisen.
- Primäärisiä sulkuventtiileitä ei voida lukita käyttöasentoonsa.
- Tiheyskompensointi perustuu johonkin muuhun kuin lieriöstä mitattuun paineeseen.
- Läpivirtauskattiloiden kuiviinkiehumisen valvonta perustuu liian pieneen mittauspisteiden määrään; mittauspisteet eivät ole asianmukaisissa paikoissa.
- Höyrystimien vesikierron valvonta on puutteellista pakkokierto-kattilassa.
- Kaasu- tai öljypolttimissa käytetään liekinvalvojaa, joka antaa sytytys- ja pääliekille yhteisen ”liekki on” -signaalin, vaikka sytytyspolttimen palaminen ei aina takaisikaan pääpolttimen palamista.
- Öljypolttimen hajoitushöyryn paine tai tulistusaste on liian alhainen. Hajoitushöyryn painetta ei voida valvoa riittävän tarkasti.
- Polttimet eivät pysähdy hajoitushöyryn paineen laskiessa riittävän alas.
- Liekinvalvojan sijoituksessa on puutteita. Liekinvalvoja ”näkee” toisten polttimien liekkiä.
- Tulipesän paineen valvonnan mittausyhteet tai impulssiputket on asennettu puutteellisesti (asento ei riittävän vino, väljyys puutteellinen, yhteet tukkeutuvat helposti, yhteiden auki rassaaminen on hankalaa).
- Savukaasujen poiston valvonta kattaa vain puhaltimen käynnissäolon valvonnan tai savukaasukanavien peltien aukiolon valvonnan, mutta ei molempia.
- Kaasun tai öljyn paineenvalvonnan mittauskohta sijaitsee ennen säätöventtiiliä.
- Kaasun minimi- ja maksimipaineen valvonta on toteutettu yhdellä mittauslaitteella, vaikka olisi perusteltua käyttää erillisiä mittauslaitteita (mittausalue laaja).
- Hätä-seis –painikkeita riittämätön määrä, painikkeet ovat vääryntyyppisiä, sijoitettu vaikeasti luokse päästävään tai vaikeasti havaittavaan paikkaan.
- Keskeisten laitteiden (esimerkiksi savukaasupuhaltimen) käynnin valvontaa ei ole toteutettu riittävän primäärisesti, moottorin käynnin valvonta vs. moottorin ottaman virran valvonta.
- TLJ:hin liitettyjen venttiilien, peltien yms. asentorajakytkimet eivät ole erillisiä ohjaukseen käytetyistä rajoista.
- TLJ:lle ei tehdä riittäviä määräaikaistestejä.
- Määräaikaistestien tekemiseksi ei ole olemassa riittäviä koestusohjeita, koestuksista ei pidetä pöytäkirjaa, määräaikaistestien tekijöiden pätevyys ei ole riittävä.
- Määräaikaistestejä ei tehdä kokonaisuutta huomioon ottaen; mittaukset, logiikka, ohjattavat laitteet jne.
- Tarkistus- ja testausjärjestelyt heikentävät laitoksen turvallisuutta, esim. heikentämällä turvallisuuteen liittyvän mittauksen luotettavuutta.
- Tarkistus- ja koestusjärjestelyitä ei ole otettu riittävästi huomioon TLJ:n suunnittelussa.

- Turvallisuuteen liittyvien mittauslaitteiden toiminnassa oloa ja mittausviestien oikeellisuutta ei ole mahdollista tarkistaa käynnin aikana.
- Mittausviestejä ei voida mitata sähköisesti suojausjärjestelmän sisäänmenoissa.
- Suojaustoimintojen koestuksia ei voida suorittaa ilman asennusten purkamista; laitteiden, impulssiputkien, johtojen irrottaminen jne.
- Paine- ja paine-eromittauksia ei ole varustettu venttiilein ja tarkistus-mittausliitännöin niin, että niiden avulla voidaan tarkistaa esimerkiksi laitteen 0-piste, viritys ja raja-arvojen asetelu.
- TLJ:n käyttöä, ylläpitoa ja muutosten tekoa varten ei ole olemassa menettelyohjetta, ohjeet eivät ole asianmukaisia. Henkilöitä, jotka saavat tehdä muutoksia tai jotka hyväksyvät muutokset ei ole määritetty.
- TLJ:n laukaisujen, häiriöiden sekä muutosten dokumentointi on puutteellista.