

Puupelletin 40 % seospolton poikkeukselliset tilanteet ja niihin varautuminen Hanasaaren voimalaitoksella

Puupelletin 40 % seospoltosta on tehty vaaranarviointi ja suuronnettomuuden vaikutusten arviointi. Suuronnettomuuden vaikutusten arvioinnissa mallinnettiin tilannetta, jossa yksi siilo palaa ilman sammutustoimenpiteitä. Tilanne on kuitenkin erittäin epätodennäköinen, sillä käytössä tulee olemaan automaattisia kytojen tunnistimia ja sammutusjärjestelmiä. Tarkastelussa onnettomuustilanteessa vaikutukset rajoittuivat voimalaitosalueelle.

Suojautuminen tulipaloilta ja pölyräjähdyksiltä

Puupölyllä on todettu riski pölyräjähdysten syntymiseen. Lisäksi hieno puupöly on helposti syttyvää materiaalia. Puupelletillä on myös havaittu itselämpenemisilmiöitä, tosin lähinnä tilanteissa, joissa pelletit pääsevät kastumaan. Näiden riskien hallinta on ensisijaisessa asemassa pellettilaitteiston suunnittelussa.

Tulipalojen ja räjähdysten syntyminen estetään ensisijaisesti suunnittelemalla pellettijärjestelmä mahdollisimman turvalliseksi. Tulipalon sammutusjärjestelmien suunnittelussa tullaan tekemään yhteistyötä muun muassa Helsingin kaupungin pelastuslaitoksen kanssa.

Pellettisiilot varustetaan palokaasujen- ja lämpötilamittauksilla, jotta pelletin itsesytyminen tai muu palaminen voidaan havaita välittömästi. Siilopalon sammutukseen rakennetaan inerttikaasujärjestelmä sekä vesisammutusjärjestelmä. Palonsammutusjärjestelmien lisäksi siilojen suunnittelussa varaudutaan pölyräjähdysten mahdollisuuteen sijoittamalla riittävä määrä räjähdysluukkuja. Siilojen sekä siilojen sammutusjärjestelmien suunnittelussa käytetään hyväksi tietoja maailmalla tapahtuneista siilo-onnettomuuksista. Siilot ovat myös tyhjennettävissä voimalaitoksen pihalle tulipalon sattuessa hätäpurkauslaitteita käyttäen, jolloin palava pelletti voidaan sammuttaa tehokkaasti ja nopeasti.

Kuljettimet ja tilat, joissa esiintyy räjähtäviä/syttyviä seoksia, varustetaan sprinklausjärjestelmillä aina kuin mahdollista. Sammutusvesien viemärointi huomioidaan suunnittelussa. Pellettilaitteistoon sijoitetaan sopiviin paikkoihin sammutusjärjestelmät, joihin palokunta voi liittyä omalla kalustollaan.

Laitteistojen läheisyyteen sijoitetaan käsisammuttimia ja sammutusletkuja, joilla voidaan suorittaa ensisammutus voimalaitoksen pelastusryhmän ja henkilökunnan toimesta. Muualle sammuttimia sijoitetaan huomioiden kohteiden paloriskit.

Palokunnan liittimet ja putkistot suunnitellaan ja mitoitetaan pelastuslaitoksen kalustolle sopiviksi.

Pellettilaitteiston suunnittelussa huomioidaan myös:

- rakenteiden palokestävyys
- palo-osastointi

- palohälytysjärjestelmät
- hätäpoistumistiet ja niiden merkintä
- savunpoisto ja räjähdysluukut
- muut sammutusjärjestelmät

Henkilöturvallisuus

Laitteiden suunnittelussa kiinnitetään erityistä huomiota henkilöturvallisuuteen sekä käytönaikaisessa toiminnassa että huoltotöissä.

Tämä on huomioitu kulkusiltojen ja muiden kulkuväylien suunnittelussa. Myös pääperiaatteet autoliikenteen turvallisuuden osalta on suunniteltu ennakolta ja huomioitu liikenneturvallisuus voimalaitosalueella liikkumisessa.

Kuljettimet suunnitellaan sellaisiksi että kuljettimen väliin joutuminen ei ole mahdollista.

Siiloissa työskentelyä varten laaditaan erilliset ohjeistukset sekä normaalia että huoltotöitä varten.

Siilojen ilmanvaihto suunnitellaan pellettien säilyttämiseen sopivaksi sekä riittäväksi ihmisille vaarallisten kaasumaisten yhdisteiden poistamiseen siilossa työskentelyn ajaksi (mm. haihtuvat orgaaniset yhdisteet, häkä, mikrobit).

Vaaranarviointi

Pellettisiilossa merkittävä riski on pelletin hapettuminen, siitä aiheutuvat kaasut ja mahdollinen itsesytyminen. Tehokas keino pienentää tätä riskiä on pitää pelletin läpimenoaika pienenä ja varmistaa, ettei pellettiä jää seisomaan siiloon tai muualle prosessiin. Lisäksi eri pellettilaadut tulee pitää erillään ja estää pellettien kostuminen. Muilla varautumisilla pystytään pienentämään vaaroja ja seurauksia, mikäli hapettumista pääsee kuitenkin tapahtumaan. Näitä ovat muun muassa:

- Pidetään pelletin läpimenoaika pienenä, jotta hapettumista ei pääse tapahtumaan
- Siilon jatkuva ja säädettävä koneellinen ilmanvaihto, joka toteutetaan niin, että ilma vaihtuu tehokkaasti pellettikasan pinnassa. Ilmanvaihdossa otetaan huomioon myös ilman kosteus.
- Holvausriskin minimointi esim. kallistuskulma
- Holvaus pitää voida purkaa siilon ulkopuolelta
- Siilossa olevan pelletin määrän online -mittaus esim. vaaka
- Siilon huolto- ja räjähdysluukku
- Siilon varoitusmerkinnät

- Jatkuvatoimiset lämpötilamittaukset useasta pisteestä ja lämpötilan säätely
- Jatkuvatoimiset häkä- ja happimittaukset
- Mittauksista tarvittavat hälytykset ja lukitukset
- Pellettien hätäpurkumahdollisuus esim. lavalle

Vaaranarvioinnissa vaaroja tunnistettiin potentiaalisten ongelmien analyysillä (POA). Vaarat jaettiin kolmeen kategoriaan: pelletin varastointi ja käsittely, huolto ja kunnossapito sekä muut. Vaaran tai ongelman tunnistamisen jälkeen pyrittiin löytämään vaaran syyt ja seuraukset, nykyinen varautuminen sekä toimenpide-ehdotukset tulevaan varautumiseen.

Vaaratilanteille tehtiin karkea riskinarviointi. Vaaratilanteille arvioitiin todennäköisyys (epätodennäköinen, mahdollinen tai todennäköinen) ja seurausten haitallisuus (vähäiset, haitalliset tai vakavat seuraukset). Todennäköisyyden ja seurausten haitallisuuden perusteella voitiin karkeasti arvioida vaaratilanteen riskin merkittävyys.

Vaaranarvioinnissa ei löydetty sietämättömiä riskejä. Merkittäviä riskejä kirjattiin 5 kpl. Nämä olivat riittämätön ilmanvaihto, kuljettimien tai elevaattorin laakerivaurioita tai hankaamista, riittämätön pölynpoisto, kytöpalo pölynpoistosuodattimessa, jossa on huollon aikana mahdollisuus hapensaantiin ja ulkopuolinen kipinälähde. Nämä kaikki voivat aiheuttaa palo- ja räjähdysvaaran. Näihin varaudutaan huolellisella suunnittelulla ja yllä mainituilla palontorjuntajärjestelmillä.

Suuronnettomuuden vaikutuksen arviointi

Elomatic Consulting Oy on mallintanut Hanasaaren voimalaitokselle suunniteltavien uusien pellettisiilojen suuronnettomuusvaaratilannetta, jossa pellettisiilossa tapahtuu räjähdys ja tulipalo. Onnettomuuden seurauksista selvitettiin savukaasujen ja hiukkasten leviäminen sekä räjähdyspaine ja lämpösäteily.

Savukaasujen leviämistä tutkittiin CFD-mallilla. Kevennysaukosta tuleva savukaasu lähtee ilmavirtojen mukana koilliseen. Savukaasu viilenee nopeasti sekoittuessaan ympäröivään ilmavirtaukseen, ja lämpötila laskee nopeasti lähelle vallitsevaa lämpötilaa.

Pelletin palotapahtumassa syntyy hiukkaspäästöjä, jotka kulkeutuvat koilliseen kuten savukaasutkin. Tässä mallissa niitä oletettiin syntyvän 1.7 % palavasta massavirrasta. Hiukkaspäästöpilvi, jonka hiukkaset ovat pienempiä kuin 10 µm (eli halkaisija noin kahdeksasosa hiuksen paksuudesta), nousee voimalaitoksen yli.

Palamisen ja epätäydellisen palamisen seurauksena syntyy palossa kaasumaisia päästöjä, joilla voi olla terveysvaikutuksia. Virtauslaskennan tuloksena saatiin kaasumaisille päästökomponenteille päästöarvot ja niitä verrattiin PAC-raja-arvoihin. PAC-raja-arvot kuvaavat kaasujen

terveysvaikutuksia eri pitoisuuksilla. Kaikilla päästökomponenteilla pilvi kulkeutui nosteen ajamana ylöspäin, jolloin suurimmat päästöpitoisuudet olivat aina päästölähteen yläpuolella. Kaasumaisista päästöistä PAC2 (palautumattomat tai vakavat terveysvaikutukset) ja PAC3-tasot (hengenvaarallinen) ylittivät eniten hiilimonoksidin osalta. CO-päästöillä PAC2-taso ylittyi noin 250 metrin päässä kevennysluukusta. PAC3-taso ylittyi 100 metrin päässä, ja tämän päästöpilven sisällä on hengenvaarallista oleskella. CO:n PAC2-päästötaso ulottuu voimalaitoksen ulkopuolelle. Kuitenkin tätä etäisyyttä arvioitaessa on huomattava, että kuumilla savukaasuilla päästöt nousevat lähtöpisteestä ylöspäin, eivätkä päästöpilvet välttämättä voi kulkeutua tälle etäisyydelle kyseisellä pitoisuudella maan tasossa kevennysluukulta mitattuna.

Pellettipalosta syntyvä lämpösäteily laskettiin numeerisella menetelmällä. Tässä menetelmässä huomioitiin tuulen voimakkuus. Säteilyteho 3 kW/m^2 ylittyi 15 m/s tuulella 146 metrin päässä liekistä. 3 kW/m^2 lämpösäteilytaso ei yllä laitosalueen ulkopuolelle.

Pellettisiilolle tehtiin räjähdystarkastelu. Räjähdystarkastelussa tutkittiin tilannetta, jossa yksi pellettisiilo sisältää $10\,000 \text{ m}^3$ syttyvää puupölyä, joka räjähtää. Siilon kestävyys turvaamiseksi räjähdys kevennetään käyttäen paineenkevennystä. Pellettisiilolle tehtiin kevennetty räjähdyspaineenpainetarkastelu, jolloin arvioitiin mahdollisen ulkoisen räjähdyspainevaikutusta. Ulkoisen räjähdyspaineenpainetarkastelu tehtiin analyttisesti käyttäen apuna korrelaation antamaa arviota painepiikistä. Räjähdyksessä pölytilavuudeksi oletettiin $10\,000 \text{ m}^3$, jolloin $0,3 \text{ bar}$ räjähdysvoimakkuus jäi saavuttamatta. Räjähdyskeskipisteestä 46 metrin etäisyydellä voi rakennuksille aiheutua vaurioita, ja ikkunoita voi rikkoontua 102 metrin päässä, mutta ei laitosalueen ulkopuolella.

Yhteenvedona voisi todeta, että tämän hypoteettisen onnettomuusskenaarion vaikutukset jäävät voimalaitosalueelle.