

Työpaikkaonnettomuuksien tutkinta (TOT)



TUTKIEN
TURVALLISUUTTA
VUODESTA 1985

16/95

Metalliteollisuus

Asentajan kuolemaan johtanut työtapaturma
plasmaleikkausaltaan räjähdyksessä

TOT 16/95

1. TAPAHTUMAN KUVAUS

Teräs- ja alumiinilevyjen tukkukauppaa harjoittavan yrityksen konepajassa oli 1.8.1995 menossa muutto uusiin tiloihin. Vuonna 1989 asennetun teräksisen plasmaleikkausaltan siirtämiseksi allas oli tyhjennetty vedestä kuusi päivää aikaisemmin. Plasmaleikkausaltan koko on 3,5 x 14,4 m ja syvyys 0,8 m. Altaassa oli kaksi erillistä veden korkeutta säätelävää kiinteärakenteista ilmakelloallasta eli nosteallasta. Nostealtan koko on 3,2 x 6,3 m ja syvyys 0,45 m. Nostealtaat ovat varsinaisen leikkausaltan sisällä ja ovat "nurinpäin" olevia altaita. Leikkausaltan kokonaistilavuus oli 21.168 litraa ja yhden nostealtan tilavuus 9.496 litraa. Altaan tekninen rakenne on esitetty piirroksessa 1.

Allasta autonosturilla siirtolavalle nostettaessa sen todettiin olevan nostoon liian painavan (yli 10.000 kg), joten altaaseen vuosien mittaan kertyneet metallien leikkausjätteet päätettiin poistaa ennen seuraavaa nostoyritystä. Leikkausjätteiden poistamista varten nostealaiden kansiin päätettiin polttoleikata imuroimista varten puhdistusaukot. Yrityksen polttoleikkaaja ja vieraan asennusliikkeen palveluksessa ollut asentaja L.L alkoivat polttoleikkaamaan käsikäyttöisillä happi-asetyleeni-laitteilla paikallisesti toista nostealtan kantta noin 5-10 sekunnin ajan. Tällöin muuttotyön valvoja, rakennusinsinööri M.M totesi leikkausaltan toisessa päässä olevan enemmän jätettä ja kehotti miehiä lopettamaan aloittamansa työn ja tekemään aukon altaan toisessa päässä olevan toisen nostealtan kanteen.

Miehet siirsivät polttoleikkaukslaitteensa altaan toiseen päähän toisen nostealtan kohdalle ja aloittivat puhdistusaukon tekemisen valvoja M.M:n osoittamaan paikkaan. N.N ja L.L nousivat nostealtan päälle ja alkoivat lämmittää altaan teräksistä kantta. Altaan vierellä työtä olivat seuraamassa valvoja M.M:n lisäksi kaksi muutakin työntekijää. Noin klo 14.05 5-10 sekunnin kuluttua lämmittämisen aloittamisesta altaan sisällä tapahtui räjähdys seurauksella, että asentajat lensivät paineen voimasta korkealle ilmaan. Asentaja N.N putosi nostealtan ja leikkausaltan reunojen väliin ja asentaja L.L lattialle noin kahden metrin päähän altaasta. Räjähdyksessä nosteallas nousi ilmaan ja altaan kansi pullistui (kuvat 1-4). Onnettomuuden vaiheet on esitetty piirroksessa 2.

Paikalle hälytettiin välittömästi ambulanssi, lääkäri ja poliisi. Elvytystoimenpiteistä huolimatta vaikeimmin loukkaantunut henkilö N.N menehtyi. Asentaja L.L:lle annettiin paikalla ensiapua ja sen jälkeen hänet siirrettiin

pahoin loukkaantuneena sairaalaan. Sairaalassa hänet todettiin ns. monivammapotilaaksi (mm. kallovamma ja ruhjeita eri puolilla kehoa). Altaan vierellä seisonut työntekijä sai räjähdyksessä haavoja käsiinsä ja selkäänsä, joiden vuoksi hänetkin vietiin sairaalaan tarkastukseen.

2. TYÖTAPATURMAAN JOHTANEITA TEKIJÖITÄ

Plasmaleikkaustapahtuma

Plasmaleikkauksessa kuuma plasmakaari (yli 20.000°C) sulattaa leikattavan materiaalin ja suurella nopeudella etenevä plasmakaasu eli leikkauskaasu puhalttaa sulan pois leikkaurailosta. Jähmettyvä sula muodostaa kuonan, joka keräytyy leikkausaltan pohjalte. Plasmaleikkaus soveltuu hyvin esim. seostamattomien (rakenneteräkset) ja seostettujen (ruostumattomat) terästen, alumiinin ja kuparin leikkaamiseen. Plasmakaasuna käytetään yleisesti argonia, tyypeä, vetyä, happea ja paineilmaa sekä niiden seoksia. Onnettomuusaltaassa oli leikattu sekä teräksiä että alumiinia. Leikkauskaasuna oli käytetty tyypeä ja happea.

Plasmaleikkauksessa huomioitavia erityisiä työturvallisuuseikkoja ovat

- * leikkauksen korkea melutaso (75-120 dB)
- * plasmakaaresta ympäristöön kohdistuva säteily (uv-säteily)
- * metallipölyn, savun ja erilaisten kaasujen muodostuminen (metallihuurut, otsoni, typpioksidi ja -dioksidi, häkäkaasu)
- * sulan metallin roiskuminen

Kaikkia em. työturvallisuustekijöitä voidaan parantaa käyttämällä vedenalaista plasmaleikkaustekniikkaa. Tällöin leikattava kappale ja plasmapolttimen pää ovat kokonaan veden alla, jolloin vesi sitoo syntyvää melua, säteilyä, pölyä, savua, kaasuja ja roiskeita. Vedenalainen plasmaleikkaus on käytetyin tekniikka silloin, kun leikattava materiaalmäärä on suuri ja samassa työtilassa on leikkauksen ohella myös muuta toimintaa. Onnettomuusaltaassa käytettiin vedenalaista plasmaleikkaustekniikkaa.

Altaan rakenne ja toimintaperiaate

Allas oli rakenteeltaan kahdella kiinteällä ilmakello- eli nostealtaalla varustettu leikkausalas. Leikkausaltaan vedenpinnan korkeuden nosto ja lasku tapahtuivat paineilman avulla säätämällä nostealtaan ilmakellon ilmatilavuutta. Lisäämällä paineilmaa nostealtaaseen vedenpinta leikkausaltaassa nousee ja päinvastoin.

Normaalikäytössä vedenpintaa nostettaessa ja laskettaessa nostealtaan ilmakello "tuulettuu" tehokkaasti eikä räjähtäviä kaasuja normaalissa leikkaustyössä kerry nostealtaan sisälle. Vaaratilanteet syntyvät, kun allas on pitemmän aikaa pois käytöstä ja erityisesti silloin, kun se on tyhjennetty vedestä esim. huolto- ja korjaustöiden takia. Käytännössä altaan jo muutaman tunnin kuivana seisottaminen saattaa aiheuttaa räjähtävien kaasujen rikastumisen ilmatilaan.

Onnettomuusallas oli ns. vanhanmallinen plasmaleikkausalas, jossa on kiinteät nostealtaat. Tällöin esim. puhdistustyö on hyvin hankala suorittaa. Tämän tyyppiä altaita on toimitettu suomalaisen teollisuuden aina 1990-luvun alkuvuosille saakka. Kaikkiaan tällaisia altaita on Suomessa käytössä vielä noin 60-70 kappaletta. Myöhemmin rakennetuissa altaissa on yleensä joko irrotettavat nostealtaat tai hydraulisesti toimiva leikkauskorkeuden (-pöydän) säätö.

Räjähtävät kaasut

Plasmaleikkauksessa käytettävät kaasut ovat palavia ja räjähtäviä kaasuja, jotka saattavat eri käyttötilanteissa aiheuttaa vaaratilanteita. Tällaisia tilanteita ovat mm. leikkaustapahtuman keskeytyminen ja kaasujen epätäydellinen palaminen. Leikkaustapahtuman keskeytyessä esim. vedyn ollessa leikkauskaasuna vetykaasu purkautuu edelleen suuttimesta ja on olemassa vaara vedyn räjähdysnomaiselle palamiselle. Samoin voi tapahtua myös muiden räjähdysalttiiden kaasujen kanssa toimittaessa.

Ko. onnettomuustapauksessa ei ollut kysymys leikkaustapahtuman keskeytymisestä tai kaasujen epätäydellisestä palamisesta, vaan suoritettujen tutkimusten mukaan nostealtaan ilmakelloon oli muodostunut leikkausjätteestä liuenneena räjähtävä kaasuseos, jonka merkittävin syttyvä osakomponentti oli vety.

Nostealtaan sisään oli altaan käyttövuosien aikana muodostunut veden virtauksista johtuen 20-30 cm:n paksuinen kerros leikkausjätettä, josta suuri osa oli alumiinijätettä. Tiedetään, että alumiini liukenee mm.

emäksisissä liuksissa muodostaen tällöin vetyä. Onnettomuusaltaassa oleva vesi ja leikkausjäte olivat lievästi emäksisiä (pH 8-9), jolloin leikkausjätteen voidaan olettaa reagoineen suuren pinta-alansa vuoksi hyvin helposti muodostaen vetyä. Nostealtaan kiinteän ja suljetun rakenteen vuoksi muodostunut vety ja muut räjähtävät kaasut kerääntyivät nostealtaan yläosaan muodostaen ilman kanssa räjähtävän kaasuseoksen. Vetykaasun tiheys on noin neljästoista osa ilman tiheydestä.

Tampereen Aluetyöterveyslaitos suoritti onnettomuuspaikalla kaasumittauksia 4.8. ja 10.8.95. Kaasunäytteet otettiin räjähtäneen altaan vieressä olleesta ehyenä säilyneestä nostealtaasta, joka oli tyhjennetty samanaikaisesti kuin räjähtänyt allas. Räjähtänyt allas vaurioitui niin, että altaan toinen pää nousi altaan pohjalla olleen veden ja leikkausjätteen yläpuolelle päästäen altaan sisään halli-ilmaa. Mitatut räjähdyskaasupitoisuudet on esitetty taulukossa 1. Tulokset osoittavat vedyn muodostumisen jatkuneen edelleen, vaikka leikkausalas ei ollut käytössä useaan vuorokauteen.

Taulukko 1.

Tampereen Aluetyöterveyslaitoksen mitaamat räjähdyskaasupitoisuudet leikkausaltaan ehyen nostealtaan sisällä. Lausunto 21.8.1995. Onnettomuuden tapahtuma-aika 1.8.1995 klo 14.05. LEL (Lower Explosion Limit) = alempi räjähdysraja.

	Räjähtäviä kaasuja nostealtaan ilmatilassa (ilmakellossa)
Mittaus 4.8.1995	28-29% LEL, josta vetyä 0,85 tilavuusprosenttia (yli 20% LEL:stä) ja hiilivetyä 0,025 tilavuusprosenttia
Mittaus 10.8.1995	42% LEL, josta vetyä 1,3 tilavuusprosenttia eli 1,5 kertaisesti verrattuna 4.8.1995 mittaukseen, hiilivetyjen osuus oli noussut vähemmän

Vedyn itsesyttymislämpötila on noin 400°C ja alempi syttymis- eli räjähdysraja 4,0 tilavuus-% ja ylempi raja 75 tilavuus-%. Kaasun itsesyttymislämpötila on se alin

lämpötila, johon kuumennuttuaan kaasu syttyy itsestään palamaan ja jatkaa palamista ilman ulkopuolista lämmönlähdettä. Vedyn yhteydessä itsesyttymislämpötila riippuu merkittävästi vedyn ja ilman seossuhteesta, kuumennuksen nopeudesta ja kestoajasta jne. Palavien kaasujen alempi ja ylempi räjähdysraja on se pitoisuus, jonka ala- tai vastaavasti yläpuolella ko. kaasuseos ei enää syty. Nämä rajat ilmoitetaan palavan aineen määränä ilmassa tilavuusprosentteina normaalipaineen alaisena ja 20°C:n lämpötilassa. Paineen tai lämpötilan nousu vaikuttavat siten, että alempi raja laskee ja ylempi raja nousee.

Käyttö- ja huolto-ohjeisto

Altaan käytön ja huollon yhteydessä esiintyvistä vaaroista ei ollut ohjeita laitetoimittajan taholta, koska olivat täysin tietämättömiä vaaratekijän mahdollisuudesta.

Vaaratekijän tunnistaminen

Onnettomuudessa menehtynyt polttoleikkaaja oli työskennellyt ko. leikkauslaitteella sen käyttöönotosta alkaen vuodesta 1989. Koneella työskennelleet henkilöt eivät tienneet altaan huollon ja korjauksen yhteyteen liittyvistä vaaratekijöistä. Erityisesti altaan suljetun rakenteen käyttäytymistä yhdessä räjähtävien kaasujen ja tulitöiden kanssa ei tiedetty.

Valvonta

Asentajat työskentelivät altaan siirtotyön valvojan M.M:n alaisuudessa ja valvonnassa. Valvojallakaan ei ollut tietoa, että altaan sisään on voinut muodostua räjähtävä kaasuseos ja että tuolloin puhdistusaukkojen polttoleikkaus olisi hengenvaarallista.

3. VASTAAVIEN TAPATURMIEN ESTÄMINEN

3.1 Altaan puhdistaminen

Onnettomuuden syntyyn on selkeästi todettavissa nostealtaan ilmatilaan muodostuneen vedyn ratkaiseva osuus. Vety ja pienissä määrin myös muita räjähtäviä

kaasuja on muodostunut leikkausjätteen reagoiessa veden kanssa. Erityisen alttiita liukenemiselle ovat kevytmetallit, mm. alumiini, sinkki ja magnesium. Myös teräksen leikkauksessa esiintyy vastaavia ilmiöitä. Mikäli allas on ollut useita vuosia puhdistamatta, leikkausjätettä voi olla kertynyt kymmeniä senttimetrejä altaan pohjalle, jolloin kuonan reagoiva pinta-ala on suuri ja kaasujen muodostuminen hyvin todennäköistä. Tässä onnettomuustapauksessa jätekerroksen paksuus oli 20-30 cm.

Altaat on puhdistettava leikkausjätteestä määräajoin, vähintään 3 kk:n välein. Tällöin estetään kertyneen leikkausjätteen liukeneminen ja pääosin myös räjähtävien kaasujen muodostuminen ilmatilaan. Vanhantyyppisissä kiinteissä altaissa säännöllinen puhdistustyö on hankalaa, mutta se on työturvallisuuden kannalta välttämätön toimenpide. Puhdistuksen yhteydessä on kuitenkin noudatettava ehdotonta varovaisuutta tulitöiden yms. suhteen.

3.2 Tulitöiden välttäminen

Leikkausaltaan ollessa kuivana esim. huolto- ja korjaustöiden yhteydessä on vältettävä kipinöiviä (esim. hionta ja laikkaleikkaus) ja ilmakelloa kuumentavia (esim. polttoleikkaus ja hitsaus) tulitöitä. Työturvallisuuden kannalta vaarallisimpia tulitöitä ovat puhdistusluukkujen polttoleikkaaminen altaaseen ja altaan rakenteiden korjaaminen hitsaamalla.

Kun tulitöitä on tarve kuitenkin jossakin vaiheessa käyttää, niitä ei saa missään tapauksessa aloittaa ennen kuin ilmakellon kaasutila on "huuhdeltu" puhtaalla paineilmalla tai muulla räjähtämättömällä kaasulla ja lisäksi ilmatilasta on suoritettu kaasumittaukset.

3.3 Ilmakellon kaasutilan "tuulettaminen"

Ilmakellon kaasutilan "tuulettaminen" on erityisen tärkeää ennen huolto- ja korjaustöitä, mutta myös normaalin työn ohessa määräajoin suoritettu ilmatilan "tuuletus" parantaa merkittävästi työturvallisuutta. Tämän voi suorittaa tyhjentämättä allasta vedestä kokonaan ja liittämällä toimenpide muihin altaan huoltotoimenpiteisiin.

3.4 Leikkausjätteiden kulkeutumisen estäminen

Leikkausjätteen kulkeutuminen leikkausaltaan pohjalle on estettävä tehokkaalla tavalla. Mikäli jäte on päässyt leikkausaltaan pohjalle, se nostetaan ilmatilavuuden muutosten yhteydessä veden virtausten mukana vähitellen siirtyä nostealtaan alapuolelle.

Jätteen kulkeutuminen altaan pohjalle voidaan estää rakentamalla leikkaustason ja nostealtaan pinnan väliin jätteenkeräyskaukalot, jotka on helppo puhdistaa. Yksin tämäkään toimenpide ei poista kokonaan vaaratilannetta, sillä osittain hyvin hienojakoisen leikkausjätteen kulkeutumista veden mukana kaukalon reunojen yli ei voida täysin estää. Merkittävä osa leikkausjätteestä voidaan kuitenkin tällä tavoin kerätä talteen.

3.5 Riittävä veden virtaus leikattavien levyjen alla

Lisäämällä veden virtausta leikattavien levyjen alla saadaan ehkäistyä plasmaleikkauksessa usein esiintyviä pieniä räjähdyksiä levyn alla. Näitä räjähdyksiä esiintyy erityisesti käytettäessä vetyä leikkauskaasuna.

Veden virtauksella ei ole oleellista vaikutusta ilmakellon kaasupitoisuuteen, mutta leikkaustapahtumassa mahdollisesti palamatta jääneiden kaasujen poistumiseen vedestä sillä on parantava vaikutus. Toisaalta voimakas veden virtaus levyjen alla saattaa kuljettaa hienojakoista leikkausjätettä esim. altaan pohjalle.

3.6 Uudentyyppisten altaiden hankinta ja käyttö

Uusien leikkausaltaiden hankintaa suunniteltaessa kannattaa valinta kohdistaa ns. avonaisiin altaisiin, joissa ei ole kiinteää, suljettua ilmakellolla varustettua nosteallasta, vaan joko avonainen, helposti irrotettava nosteallas tai hydraulisesti toimiva leikkauskorkeuden säätö.

Avonaisessa rakenteessa veden nostossa käytettävä paineilma on aina tilassa, josta on vapaa pääsy ilmatilaan vedennousuputkia pitkin. Nostesäiliön ”tyhjentäminen” mahdollisista vieraista kaasuista tapahtuu joko antamalla veden täyttää nostesäiliö kokonaan tai ”huuh-

telemalla” säiliö kokonaan paineilmalla. Hydraulisesti toimivassa leikkauskorkeuden säädössä hydraulisylintereillä nostetaan ja lasketaan levymäistä leikkaustasoa, jolloin veden korkeuden säätöön tarvittavaa suljettua kaasutilaa ei tarvita.

Hankittaessa uusia laitteita tulee työpaikalla ottaa huomioon, että laitteiston lakisäätteisten turvallisuusvaatimusten toteutuminen osoitetaan CE-merkinnällä, joka koskee laitekokonaisuutta eli polttoleikkauksilaitteistoa ja allasta kokonaisuudessaan. Jos laitteistolla on useita toimittajia on syytä sopia siitä, kuka huolehtii valmistajan velvollisuuksista koko laitteiston osalta.

3.7 Kaasumittaukset

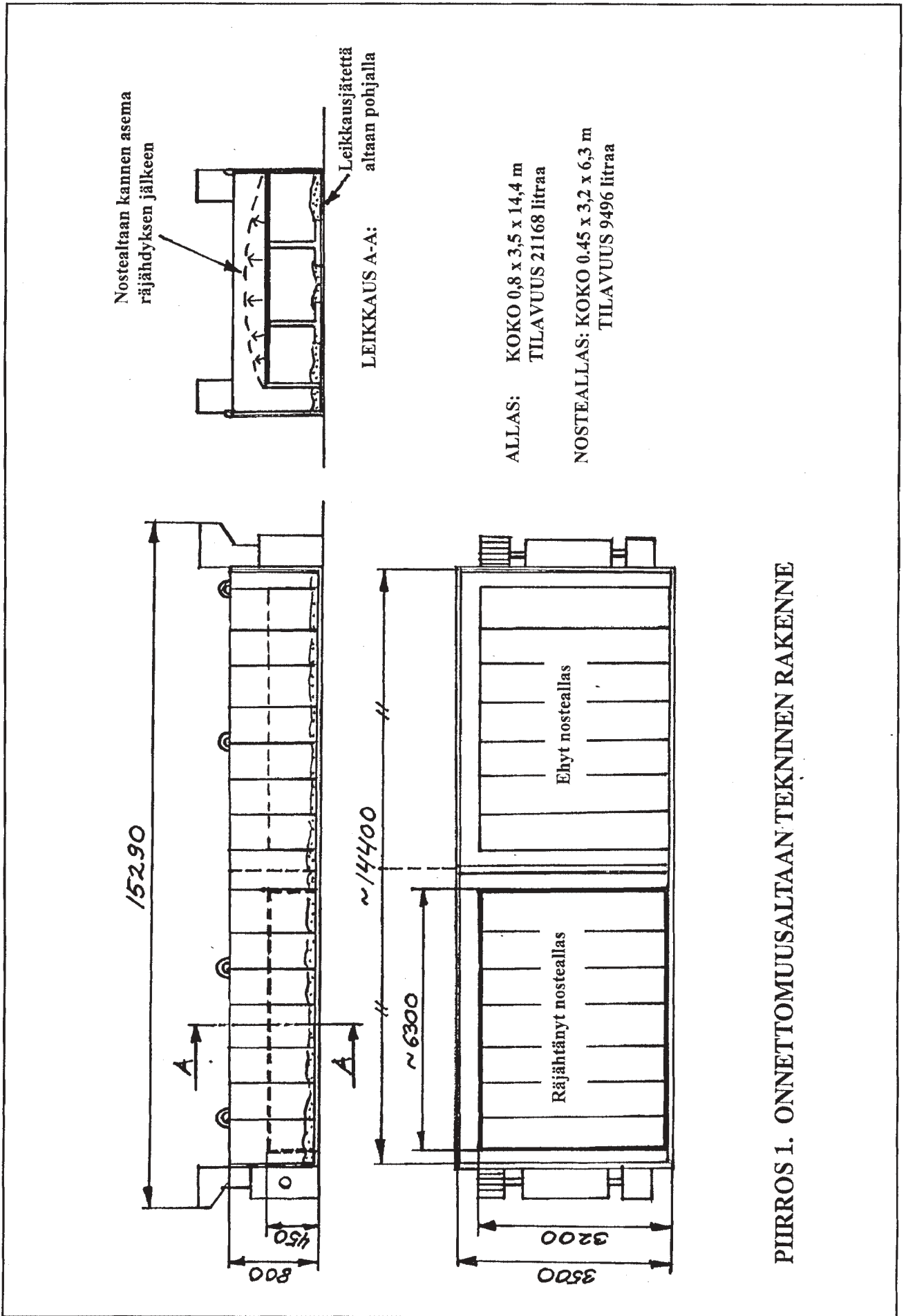
Valvotaan ilmakellon kaasutilan kaasupitoisuuksia suorittamalla säännöllisiä räjähdyskaasumittauksia. Paikallisilta palo- ja pelastusviranomaisilta saa useissa tapauksissa mittaus- ja neuvontapalveluita.

3.8 Kirjallisten käyttö- ja huolto-ohjeiden laatiminen ja noudattaminen

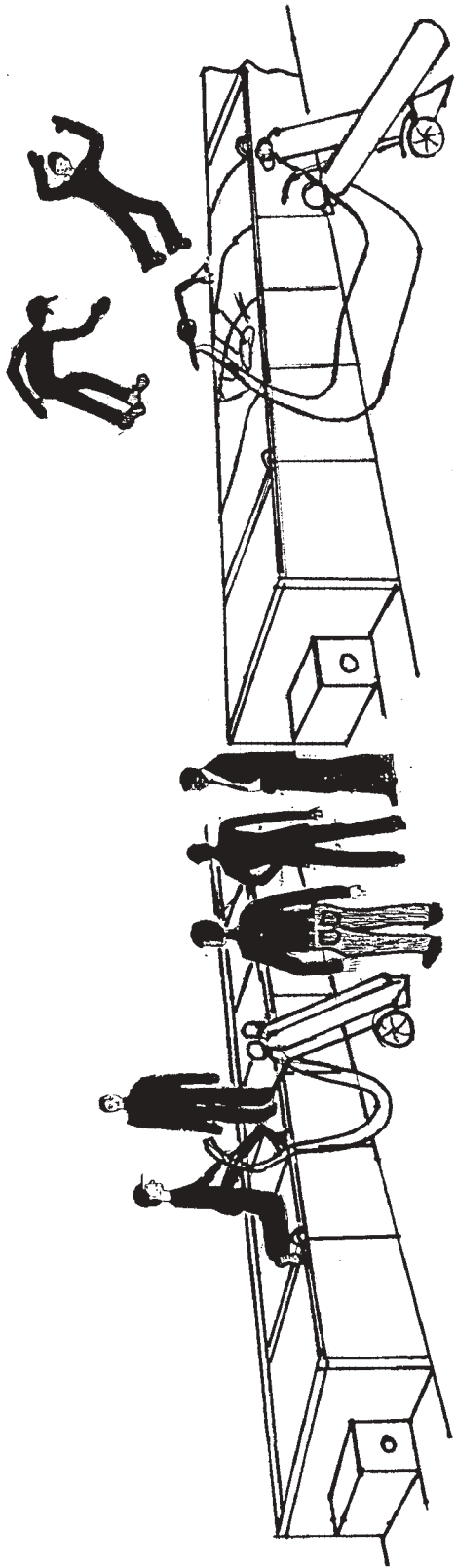
Plasmaleikkauksilaitteiden ja yleensä leikkauksilaitteiden käytöstä, puhdistuksesta, ”tuuletuksesta”, mittauksista ym. vastaavista toimenpiteistä tulee laatia kirjalliset käyttö- ja huolto-ohjeet. Laitetoimittajilta on edellytettävä toimituksen yhteydessä koulutusta vaaratekijöistä ja niiden välttämisestä.

LIITTEET

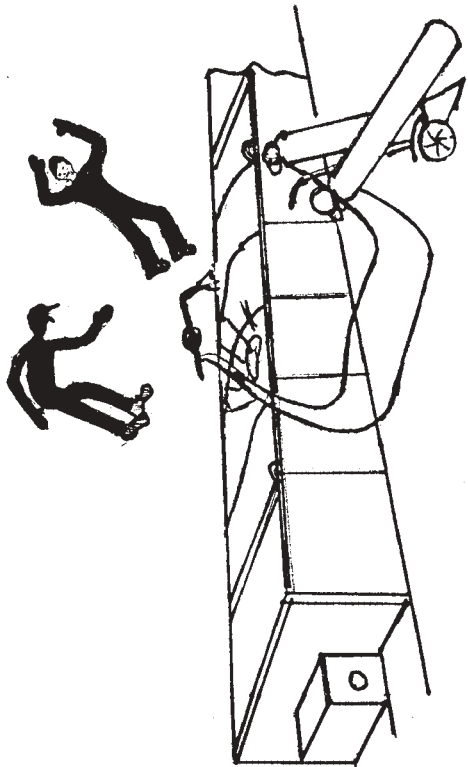
- Kaavio tapahtumista ja niissä vaikuttaneista tekijöistä
- Piirroksia
- Valokuvia



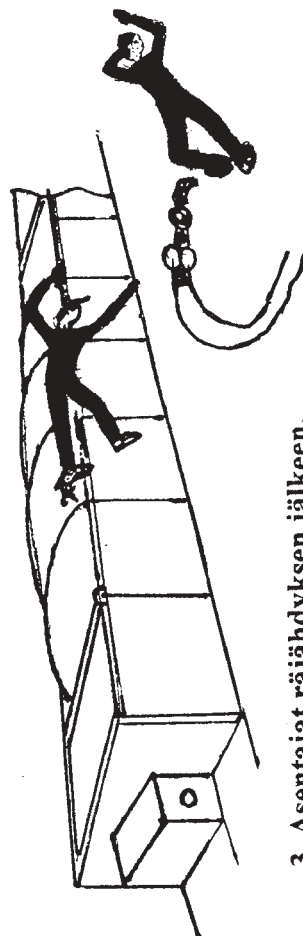
PIirros 1. ONNETTOMUUSALTAAN TEKNINEN RAKENNE



1. Asentajat aloittamassa puhdistusaukon polttoleikkaamisen

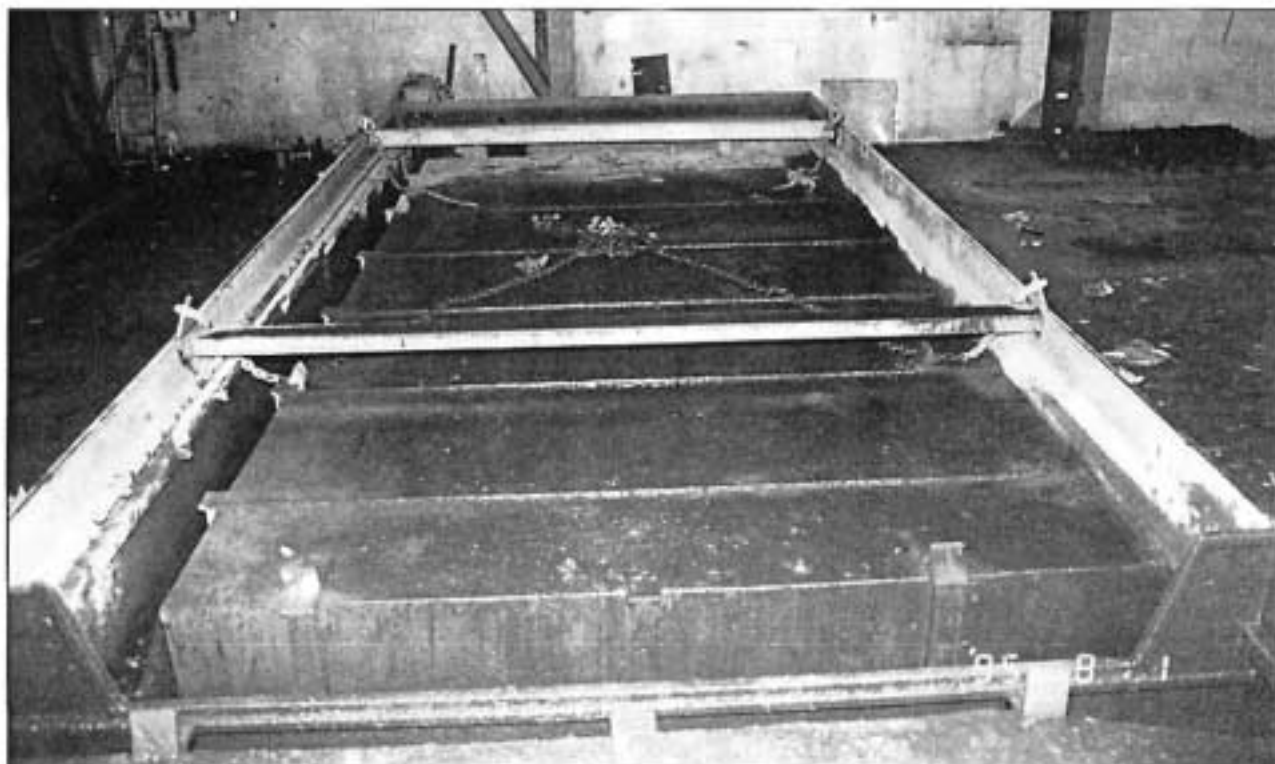


2. Räjähdys on tapahtunut



3. Asentajat räjähdysen jälkeen. Altaan kansi pullistunut.

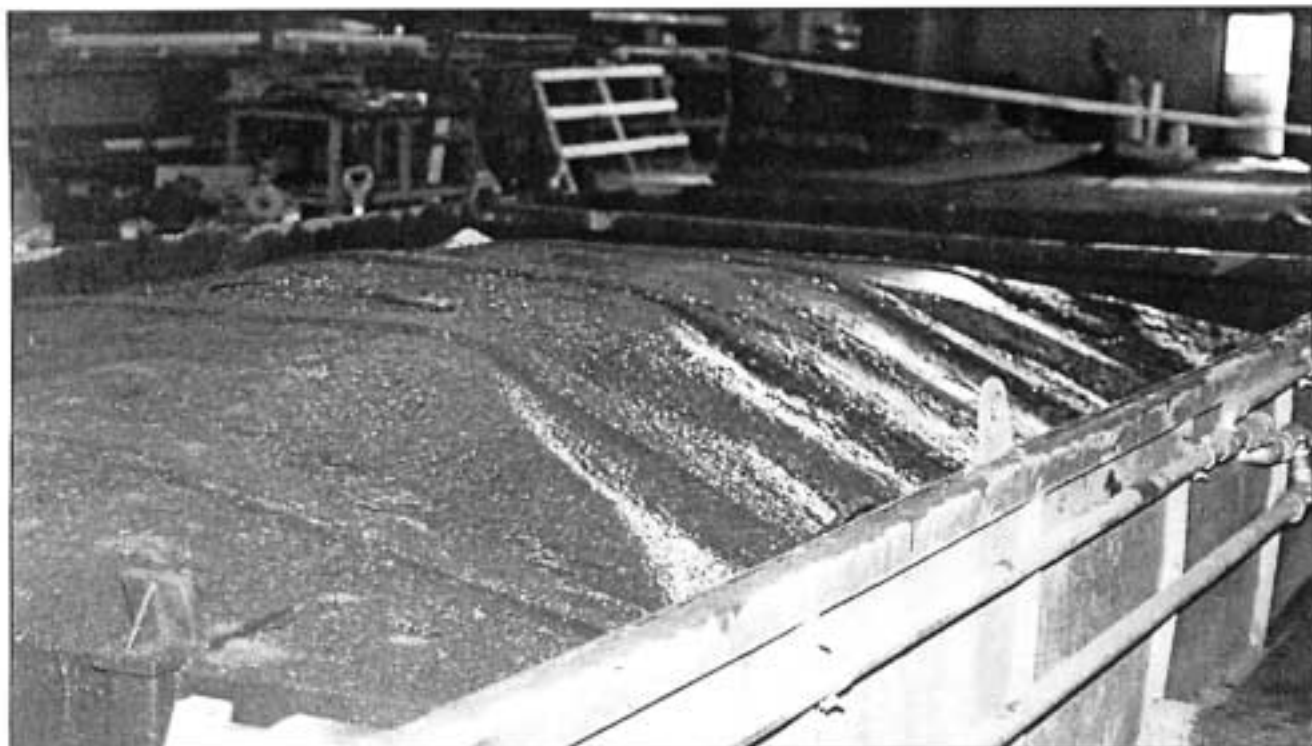
PIirros 2. ONNETTOMUUDEN VAIHEET



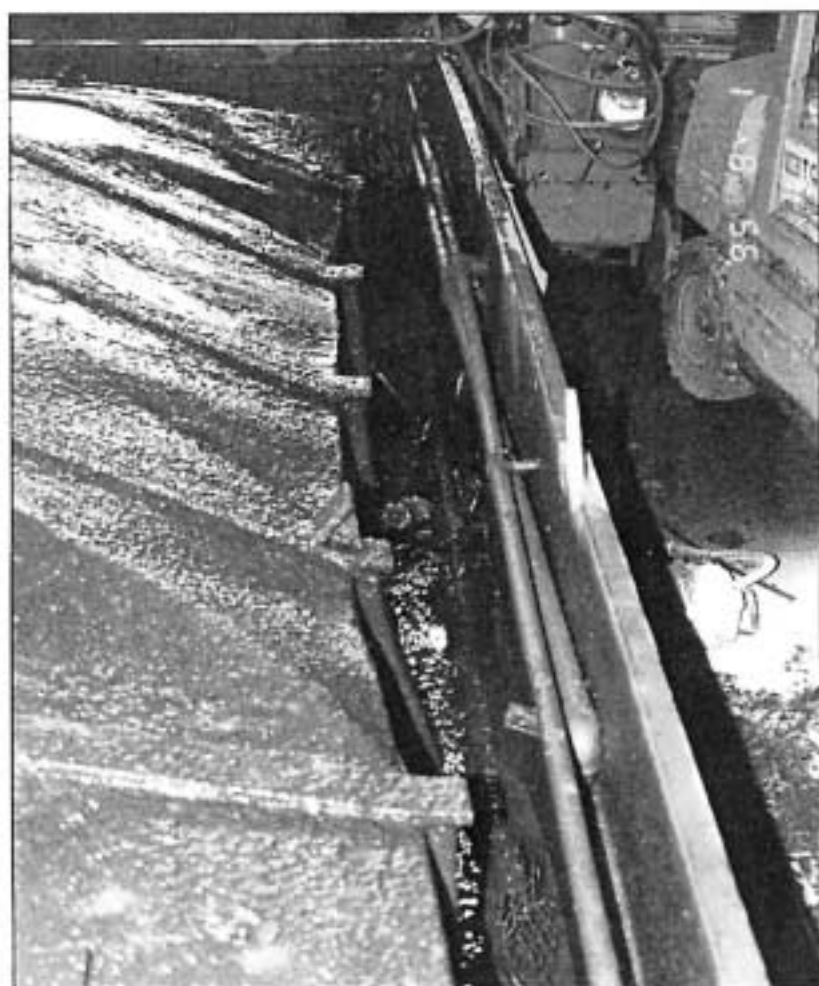
Kuva 1. Vedestä tyhjennetty "ehyt" leikkausallas. Nostealtaan kansi on tasainen.



Kuva 2. Kokonaiskuva onnettomuusaltaasta. Etualalla näkyy räjähdyksestä pullistunut nostealtaan kansi. Takana on ehyenä säilynyt altaan osa.



Kuva 3. Lähikuva pullistuneesta nostealtaan kannesta.



Kuva 4. Lähikuva leikkausaltaan ja pullistuneen nostealtaan välisestä raosta, johon menehtynyt asentaja putosi.

