

# **Vaarallisten kemikaalien käsittely ja varastointi**

## Sisällys

Oppaassa käytetyt lyhenteet ja termit .....	4
1. Johdanto .....	5
1.1 Tukesin hyväksymät standardit .....	5
2. Kemikaalien käsittely- ja varastointipaikka laitosalueella .....	6
2.1. Tuotantotilat ja varastorakennukset .....	6
2.2 Kemikaalien yhteensopivuus .....	7
2.3 Ilmanvaihto .....	8
3. Tuotantotilat .....	10
3.1 Prosessin ohjaus ja hallinta .....	10
3.2 Reaktorit ja sekoitusastiat .....	10
3.3 Venttiilit .....	11
3.4 Pumput .....	12
4. Täyttö- ja tyhjennyspaikat .....	13
4.1 Toiminnot kemikaalien täyttö- ja tyhjennyspaikalla .....	14
4.2 Liikennöinti täyttö- ja tyhjennyspaikoille .....	14
5. Säiliöiden sijoitus .....	16
5.1 Säiliön perustus .....	18
5.2 Putkisilta .....	19
6. Säiliöiden hankinta .....	20
6.1 Säiliön suunnittelu .....	20
6.1.1 Rakennemateriaali .....	21
6.1.2 Mitoitus .....	21
6.1.3 Säiliöiden liitokset .....	22
6.1.4 Säiliöiden turva- ja varolaitteet .....	22
6.1.5 Vanhat säiliöt .....	24
6.2. Säiliön ja sen perustuksen rakentamisen valvonta ja tarkastukset .....	24
6.2.1 Säiliön testaukset ja tarkastukset .....	25
6.2.2 Tarkastuslaitoksen tekemä tarkastus .....	25
6.2.3 Säiliön dokumentaatio .....	26
6.3 Korroosiosuojaus, pinnoitteet ja eristeet .....	26
6.4 Säiliön palosuojaus .....	26
7. Kemikaalien varastointi astioissa .....	27
7.1. Astiavarasto sisällä .....	28

7.2. Astiavarasto ulkona .....	28
7.3 Säiliökontti käyttö- ja varastosäiliönä .....	29
7.4. Vaaralliset kemikaalit laboratoriossa .....	29
8. Merkinnät .....	30
9. Turvallisuusjärjestelyt.....	31
10. Kunnossapito .....	33
10.1 Säiliöiden kunnossapito.....	34
10.1.1 Säiliöiden tarkastussuunnitelma .....	34
10.1.2 Säiliöiden korjaussuunnitelma .....	35
10.2 Muiden järjestelmien kunnossapito.....	35
10.2.1 Ilmanvaihto.....	35
10.2.2 Turva-, mittaus- ja säätölaitteet .....	36
10.2.3 Sammutus- ja palohälytysjärjestelmät .....	36
Liite 1. Säiliökirjan sisältö .....	37
Liite 2. Kemikaalien reaktio-ominaisuuksia (lähde: OVA-ohjeet).....	38
Liite 3. Kemikaalien yhteensopivuustaulukko .....	41

## Oppaassa käytetyt lyhenteet ja termit

<b>CLP-asetus</b>	Aineiden ja seosten luokituksesta, merkinnöistä ja pakkaamisesta annettu asetus (EY) N:o 1272/2008
<b>IBC-pakkaus</b>	Kuljetettava pakkaus (Intermediate Bulk Container), joka on tilavuudeltaan enintään 3 m <sup>3</sup>
<b>Astia</b>	Tilavuudeltaan alle 3 m <sup>3</sup> siirrettävä tai kuljetettava vaarallisen kemikaalin pullo, tynnyri, kanisteri, siirrettävä säiliö tai säiliökontti (esim. IBC-pakkaus)
<b>Käsittelypaikka</b>	Paikka, jossa harjoitetaan kemikaalien valmistusta, tuotantoa, käyttöä, näytteenottoa, säiliöiden täyttöä ja tyhjennystä, siirtoa putkistossa jne.
<b>Säiliökontti</b>	Kuljetettava säiliö, jonka tilavuus on enemmän kuin 450 litraa ja jossa tyypillisesti säiliön ympärillä on metallinen kehikko
<b>Teollinen käsittely</b>	Vaarallisten kemikaalien valmistus, käyttö ja muu vastaava käsittely
<b>Vaarallinen kemikaali</b>	Kemikaalit luokitellaan ja merkitään CLP-asetuksen mukaisesti. Näitä ovat terveys- ja ympäristövaaraa aiheuttavat sekä fysikaalista vaaraa aiheuttavat (palo- ja räjähdysvaaralliset) kemikaalit. Lisäksi vaarallisiin kemikaaleihin katsotaan kuuluvaksi muut palavat nesteet (lp 60 -100° C) kansallisen lainsäädännön perusteella.
<b>Prosessiturvallisuus</b>	Prosessiturvallisuudella tarkoitetaan tekniikkaan ja organisaation toimintaan liittyviä menettelyitä, joilla estetään kemikaalien tai energian purkautuminen tavoilla, jotka voivat aiheuttaa vahinkoa, ja rajoitetaan tällaisten tapahtumien seurauksia.

# 1. Johdanto

Tässä oppaassa kerrotaan kemikaalien varastointi- ja käsittelypaikkojen sijoittamisesta laitoksessa, laitteiden ja säiliöiden rakenteesta, kunnossapidosta sekä turvallisuusjärjestelyistä. Oppaassa esitetään ratkaisuesimerkkejä, joilla voidaan saavuttaa kemikaaliturvallisuuslainsäädännössä vaadittu taso. Lisäksi tarvitaan riskienarviointia ja tapauskohtaista harkintaa.

Opas on tarkoitettu yleiseksi ohjeistukseksi vaarallisia kemikaaleja käsitteleville ja varastoiville teollisuuslaitoksille ja muille toimijoille. Opas ei koske yksityistalouksia ja jakeluasemia. Oppaassa ei ole käsitelty eri toimialojen erityiskysymyksiä tai -vaatimuksia.

Vaarallisten kemikaalien laajamittaista teollista käsittelyä ja varastointia valvoo Tukes ja vähäistä pelastusviranomaisen. Toiminnan laajuuden määrittämisestä löytyy lisätietoa verkko-osoitteesta [Tukes: Toiminnan laajuuden määrittäminen](#)

Vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista sekä niihin liittyvistä lupa- ja ilmoitusmenettelyistä on säädetty kemikaaliturvallisuuslainsäädännössä:

[Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden turvallisesta käsittelystä \(390/2005\)](#)

[VNa kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta \(685/2015\)](#)

[VNa vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista \(856/2012\)](#)

Kemikaalilaitoksille on laadittu seuraava opassarja, jonka osat keskittyvät eri aiheisiin täydentäen toisiaan:

[Vaaralliset kemikaalit teollisuudessa](#)

[Tuotantolaitosten sijoittaminen](#)

[Kemikaalivuotojen ja sammutusjätevesien hallinta](#)

[Räjähdyksivaarallisten tilojen turvallisuus](#)

[Kemikaaliputkistojen turvallisuusvaatimukset](#)

Sähkölaitteistoista ja painelaitteista lisätietoa löytyy näiltä verkkosivuilta:

[Sähkölaitteistot](#)

[Painelaitteet](#)

## 1.1 Tukesin hyväksymät standardit

Tukesin verkkosivuilla ylläpidetään luetteloa [standardit](#), joita noudattamalla Tukes katsoo täytettävän lainsäädännön vaatimukset.

Palavia nesteitä käsitteleville ja varastoiville laitoksille on omia vaatimuksia standardeissa, jotka ovat ostettavissa Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:ltä:

- SFS 3350: Palavien nestemäisten kemikaalien varastopaikka ja siellä olevat kemikaalien käsittelypaikat
- SFS 3353: Palavien kemikaalien tuotantolaitos
- SFS 3357: Palavien nestemäisten kemikaalien varaston sammutus- ja palontorjuntakalusto
- SFS 3355: Palavien nestemäisten kemikaalien käsittely satama-alueella
- SFS 3352: Palavien nesteiden jakeluasema

## 2. Kemikaalien käsittely- ja varastointipaikka laitosalueella

Käsittely- ja varastointipaikat laitosalueella valitaan siten, että onnettomuuksien leviäminen voidaan estää ja että onnettomuuksien vaikutukset voidaan rajata mahdollisimman pienelle alueelle. Edellä mainitut paikat sijoitetaan erilleen tiloista tai alueista, joissa ihmisiä työskentelee muissa kuin suoraan tähän toimintaan liittyvissä tehtävissä.

Kemikaalilaitosalueella suunniteltaessa otetaan huomioon seuraavia asioita:

- a) *Kemikaalien laatu ja määrä*
  - kemikaalien ominaisuudet, kuten syttyvyys, palavuus, hapettavuus, myrkyllisyys ja syövyttävyys sekä muut ominaisuudet, kuten haihtuvuus, reaktiivisuus, vesiliukoisuus ja varastoitavat kokonaismäärät
  - tuotannossa syntyvät vaaralliset jätteet
- b) *Toimintojen sijoitus*
  - sijoitus tontilla, säiliöalueiden, astiavarastojen ja käsittelypaikkojen keskinäiset etäisyydet
  - paikalliset ympäristöolosuhteet (tulva-alue, vesistöt, korkeuserot, maaperä jne.)
  - viemäröinti
  - putkisillat
  - henkilö- ja kemikaalikuljetusten reitit
  - kemikaalivarastojen, tuotantotilojen ja muiden toimintojen keskinäinen sijoittelu
  - onnettomuuden mahdollinen leviäminen
- c) *Varastointitapa, kuten astiat, säiliöt ja laitteistot sekä putkistot*
  - koko ja lukumäärä
  - rakenne ja varustelu
- d) *Turvallisuusjärjestelyt*
  - työntekijöille ja ympäristölle aiheutuvien vaarojen ehkäisy: esim. valvonta- ja varolaitteet, vallitilat, keräilyaltaat, ilmanvaihto, näytteenottoaikat, ilmaputkien johtaminen turvalliseen paikkaan
  - suoja- ja vaaraetäisyydet
  - kulunvalvonta
- e) *Onnettomuustilanteisiin varautuminen*
  - kulkuväylien ja pelastusteiden sijainti ja kulkurajoitukset
  - torjunta- ja pelastuskaluston laatu, määrä ja sijainti
  - henkilökohtaiset suojavarusteet
  - laitoksen alasajomahdollisuus
  - torjuntalaitteiden ja hälytysjärjestelmien käytettävyyden kaikkina tilanteissa
- f) *Kunnossapito*
  - kunnossapitotoimien edellytykset
  - laitteiden, laitteistojen ja säiliöiden erottaminen prosessista (kemikaali, sähkö, paineilma jne.)

### 2.1. Tuotantotilat ja varastorakennukset

Tuotanto- ja varastointitilat rakennetaan omiksi palo-osastoikseen, joissa on riittävä rakenteellinen palosuojaus (vähintään EI60). Rakennusten rakenteellisessa paloturvallisuudessa noudatetaan asetuksen 848/2017 (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta) määräyksiä, jotka voivat edellyttää pidempääkin palonkestoaikaa paloluokan P1-rakennuksissa tilan palokuormaryhmän perusteella. Palo-osastoiville rakennusosille asetetaan pidemmät palonkestävyysvaatimukset, mikäli ympäröivien tilojen palokuormat tai viereisten tilojen suojelutarve sitä edellyttävät (esim. kattilalaitos, toimistotilat). Tavoitteena on estää tulipalon ja lämpösäteilyn leviäminen tilasta toiseen.

Paloluokan P2- ja P3- rakennuksissa rakennusosien palonkestävyysvaatimus voi olla EI 30, jos tila on suojattu automaattisella sammutuslaitteistolla. Palo-osastoivien rakenteiden sisäpinnat tehdään vähintään A2-s1, d0 -luokan rakennustarvikkeista. Läpiviennit eivät saa heikentää palo-osastoivan rakennusosan palonkestävyyttä. Palo-osastoivassa rakenteessa olevat huolto- ja tarkastusluukut pidetään suljettuina.

Tilojen rakenteet suunnitellaan siten, että rakennuksessa sattuvan mahdollisen räjähdysten (syttyvien nesteiden varastointi), tulipalon tai kemikaalipäästön vaikutukset jäävät mahdollisimman vähäisiksi. Rakenteissa on lisäksi

otettava huomioon ulkopuolelta aiheutuva vaara (esim. tulipalo). Pintakerros tehdään tasaiseksi ja tiiviiksi sekä sellaiseksi, ettei kemikaaleja pääse siihen imeytymään tai kertymään.

Tilaan rakennetaan vähintään yksi kevennetty seinä ja huolehditaan muiden rakenteiden riittävästä paineenkestosta, jos onnettomuuden seurauksena paine sisätiloissa voi nousta (esim. kemikaalien reagointi, räjähdys, paineen purkautuminen laitteesta). Tällä ehkäistään koko rakennuksen sortuminen. Paineen purkautuminen ohjataan turvalliseen suuntaan.

Säiliön ja konttivaraston sijoittaminen katokseen tai rakennuksen sisään vähentää säärasitusta ja estää vallitilaa täyttymästä hulevesillä. Myös säiliön täyttö- tai tyhjennyspaikka voidaan sijoittaa katoksen alle tai rakennukseen, jolloin esim. liukkaus ei aiheuta vaaraa. Jos katoksessa varastoidaan palavia nesteitä, on katoksen rakennusmateriaalin oltava palamatonta ja rakenteen on mahdollistettava tehokas sammutus.

## 2.2 Kemikaalien yhteensopivuus

Yhteensopimattomat kemikaalit varastoidaan toisistaan erillään siten, etteivät ne onnettomuus- tai vahinkotapauksissa pääse aiheuttamaan lisävaaraa. Yhteensopimattomia kemikaaleja ovat kemikaalit, jotka reagoivat keskenään ja synnyttävät lämpöä tai myrkyllisiä kaasuja (liite 3).

Kemikaalien erillään pitämisessä noudatetaan seuraavia periaatteita:

### Palavat nesteet ja kaasupullot

- Palavat nesteet varastoidaan erikseen muista kemikaaleista. Palavat nesteet ja kaasupullot varastoidaan niille varatuilla paikoilla, mielellään ulkona katoksessa.
- Pieniä määriä palavia nesteitä voidaan säilyttää erillisessä paloturvakaapissa.
- Palavat nesteet pidetään erillään syttymislähteistä, esim. kipinöivistä laitteista.
- Samassa palo-osastossa palavien nesteiden kanssa ei varastoida väkeviä happoja, peroksiedeja, hapettavia kemikaaleja eikä muita sellaisia kemikaaleja, jotka voivat itsesyttymisen tai tulipalon sattuessa aiheuttaa erityistä vaaraa.
- Säiliöt, pullot tai muut pakkaukset, jotka aiheuttavat räjähdysvaaraa tulipalon sattuessa (esim. kaasupullot, aerosolit), pidetään erillään muista palavista kemikaaleista.

### Muut palavat materiaalit

- Jauheet, joista aiheutuu pölyräjähdysten vaara, varastoidaan alahyllyille. Tulipalossa säkit voivat revetä ja aiheuttavat räjähtävän pölypilven.
- Palavaa materiaalia, kuten paperia, tekstiilejä, puuta, lastuvillaa, tyhjiä kartonkirasioita tai palavia pakkaustäyteaineita, ei varastoida samassa varastossa kemikaalien kanssa.
- Tyhjät kuormalavat varastoidaan ulkona erillään vaarallisista kemikaaleista.

### Myrkylliset kemikaalit

- Myrkylliset kemikaalit ja kemikaalit, joista tulipalossa voi muodostua erityisen myrkyllisiä kaasuja, varastoidaan erillään seuraavista:
  - palavat nesteet
  - itsestään syttyvät kemikaalit
  - happi ja muut voimakkaasti hapettavat kemikaalit
  - orgaaniset peroksidit
  - itsereaktiiviset aineet ja seokset
  - pyroforiset nesteet ja kiinteät aineet
  - kemikaalit, jotka veden kanssa kosketuksiin joutuessaan kehittävät syttyviä kaasuja
  - puristetut kaasut
  - nesteytetyt kaasut
  - ammoniumnitraattipitoiset lannoitteet

## Muut kemikaalit

- Hapettavia kemikaaleja ei varastoida palavasta materiaalista tehdyissä pakkauksissa.
- Hapettavien kemikaalien (esim. peroksidit ja kloraatit) varastoinnissa vältetään puisia kuormalavoja syttymisvaaran vuoksi
- Veden kanssa vaarallisesti reagoivat kemikaalit varastoidaan erillään muista kemikaaleista ja merkitään kiellolla veden käyttämisestä sammutuksessa.
- Syövyttävät kemikaalit pidetään erillään muista kemikaaleista, sillä ne saattavat vuotaessaan heikentää muita pakkauksia tai toimia syttymislähteenä.

## Vaaralliset reaktiot

Esimerkkejä yhteen sopimattomien kemikaalien aiheuttamista vaaroista:

- Hapot ja emäkset reagoivat keskenään usein eksotermisesti.
- Metallit (esim. rauta, alumiini ja sinkki) reagoivat useiden happojen kanssa kehittäen vetyä.
- Syanidit muodostavat happojen kanssa myrkyllistä syaanivetykaasua.
- Natriumkloraatit muodostaa orgaanisten ja hapettuvien aineiden kanssa palavia tai räjähtäviä seoksia.
- Eräät nitridit, sulfidit ja karbidit kehittävät happojen kanssa myrkyllisiä ja palavia vety-yhdisteitä, kuten ammoniakkia, rikkivetyä, asetyleeniä ja hiilivetyjä.
- Aniliini ja typpihappo muodostavat pyroforisen seoksen.
- Väkevä rikkihappo ja typpihappo voivat aiheuttaa hienojakoisen palavan aineen syttymisen.
- Väkevät alkalihydroksidit (esim. natriumhydroksidi) saattavat muodostaa alumiinin, sinkin ja galvanoidun metallin kanssa vetyä ja trikloorietyleenin kanssa räjähtävää diklooriasetyleenikaasua.
- Natriumkloratit reagoivissa väkevän hapon kanssa vapautuu klooridioksidia.
- Hypokloriitti hajoaa happojen vaikutuksesta huoneenlämmössä ja vapauttavat klooria, kloorimonoksidia ja happea.
- Orgaaniset peroksidit saattavat syttyä joutuessaan kosketuksiin väkevien happojen ja emästen kanssa.

Kemikaalien yhteensopivuudesta on laadittu taulukko (liite 3). Taulukko on suuntaa antava. Yksittäistapauksissa käyttöturvallisuustiedotteesta tai kemikaalin valmistajalta varmistetaan varastoitavan kemikaalin yhteensopivuus muiden kemikaalien kanssa.

### Kemikaalien sekoittuminen aiheutti eksotermisen reaktion

Typpihapposäiliöön tyhjennettiin emäksistä kemikaalia. Uusi työntekijä ei ymmärtänyt väkevien happojen ja emästen sekoittumiseen liittyviä vaaroja, eikä hän varmistanut rahtikirjasta saapuvaa kemikaalia. Työntekijällä ja säiliöajoneuvon kuljettajalla ei myöskään ollut yhteistä kieltä.

Kemikaalien sekoittuminen aiheutti voimakkaan eksotermisen reaktion. Säiliön jäähdytys käynnistettiin nopeasti, joten säiliö kesti kemiallisen reaktion. Jos säiliö olisi repeytynyt, osa kemikaaleista olisi höyrystynyt ja höyrypilvessä olisi ollut vaarallisia typen oksideja.

## 2.3 Ilmanvaihto

Sisätilassa olevaan käsittely- ja varastointitilaan järjestetään riittävän tehokas ilmanvaihto siten, ettei tilassa esiinny vaarallisia tai tukahduttavia kemikaalipitoisuuksia. Yleisilmanvaihto voidaan toteuttaa joko painovoimaisena tai koneellisena. Koneellista ilmanvaihtoa edellytetään, kun normaalitoiminnassa vapautuu vaarallisia hönkiä. Tätä tapahtuu erityisesti kemikaalien avoimessa käsittelyssä. Hönkien leviäminen rajoitetaan mahdollisimman pienelle alueelle esim. kohdepoistoin. Niillä voidaan myös korvata yleisilmanvaihto.

Ilmanvaihdon suunnittelussa huomioidaan prosessissa tahattomasti syntyvät vaaralliset kaasut, joista useat ovat ilmaa raskaampia (esim. rikkivety). Terveysvaaraa aiheuttavien kemikaalien käsittely- ja varastointitiloissa ilmanvaihdon määrä mitoitetaan työhygieenisten raja-arvojen ([HTP-arvot](#)) perusteella.



Palavan nesteen höyryn tai räjähdysvaarallisen pölyn määrä ilmassa ei saa normaalitoiminnassa olla yli 25 % alemmasta syttymisrajasta. Lähtökohtana mitoituksessa voi käsittelytiloissa olla ilman vaihtuminen kuusi kertaa tunnissa. Suljettujen laitteistojen tiloissa ja varastotiloissa riittää ilman vaihtuminen kerran tunnissa. Räjähdysvaarallisten tilojen (ATEX) ilmanvaihdosta kerrotaan tarkemmin standardissa SFS 60079-10-1 ja SFS-käsikirjassa 59.

Kemikaalien käsittely- ja varastointitilat varustetaan erillisillä ilmanvaihdolla. Tavoitteena on, etteivät vaarallisista kemikaaleista vapautuvat kaasut, höyryt, pölyt ym. pääse leviämään tilasta toiseen tai niiden ulkopuolelle, kuten henkilötiloihin. Erityisesti palavan nesteen tiloissa eri palo-osastojen ilmanvaihdot erotetaan toisistaan esim. palopellillä palon leviämisen estämiseksi.

Käsittely- ja varastointitiloissa tulee olla alipaine ympäröiviin tiloihin nähden. Tuloilma johdetaan ulkoa tai muusta turvallisesta tilasta. Poistoilmaputki palavan nesteen käsittelytilasta johdetaan suoraan ulos niin, ettei se kulje muiden tilojen kautta.

Tulo- ja poistoilman aukot sijoitetaan niin, että saavutetaan tasainen ilmanvaihto läpivirtausperiaatteella. Tämä toteutetaan sijoittamalla riittävän suuret tulo- ja poistoaukot tilan vastakkaisille seinille. Ilmanpoisto järjestetään alhaalta ja tulo ylhäältä, jos kyseessä on ilmaa raskaampi kaasu (esim. syttyvät nesteet, happojen höyryt).

Koneellista ilmanvaihtoa valvotaan esim. virtausvahdeilla.

## 3. Tuotantotilat

Ulkona sijaitsevien tuotantotilojen suunnittelussa varmistetaan turvalliset kulku- ja poistumisreitit sekä pelastustiet. Ulkona olosuhteet (sää, tulvariski ym.) asettavat lisävaatimuksia laitteistoille ja rakenteille.

Laitteistojen sijoittelussa jätetään liikkumavaraa lämpölaajenemiselle ja tarvittaessa suojataan laitteistot putoavalta lumi- tai jääkuormalta. Sijoittelussa huomioidaan myös hulevesijärjestelmät. Ulkona olevat laitteistot joudutaan usein lämpösaattamaan ja eristämään, mikä tuo haasteita kunnonvalvontaan.

Ulos sijoitettu laitteisto muodostaa usein putkistojen ja laitteistojen tiheän verkoston, mikä edesauttaa esim. kaasuvuodon sekoittumista ilmaan ja siten lisää mahdollisen räjähdyksen painetta. Riskiä voidaan pienentää jättämällä tyhjiä suoja-alueita prosessialueiden väliin.

Prosessialueen pinnanmuodot suunnitellaan siten, että mahdollinen vuoto ohjautuu turvalliseen paikkaan (esim. kaasuvuoto voi haihtua turvallisesti). Esimerkiksi palavan nesteen vuodot ohjataan prosessilaitteiden alta kaadoin ja kanaalien avulla paikkaan, jossa mahdollisesta syttymästä aiheutuu vähemmän vaaraa. Kemikaalin vuodon haihtumispinta-alaa rajoitetaan ja vuodot ohjataan paikkaan, josta ne voivat haihtua ja laimentua turvallisesti.

Sisätiloissa koko tuotantorakennus saattaa muodostaa allastuksen, jolloin vuotaneen kemikaalin vaikutusalueelle voi jäädä huomattava määrä laitteita. Tällöin voi olla tarpeen jakaa allastus pienempiin osiin vuodon leviämisen rajoittamiseksi.

Laitteiden tukirakenteet voi olla syytä suojata esim. syövyttäviltä tai palavilta kemikaalivuodoilta. Pumput, letkut ja sähköjohdot sijoitetaan riittävän korkealle lattian pinnasta, jolloin ne eivät ole alttiina kemikaalivuodoille.

Tuotantotiloissa säilytetään vaarallisia kemikaaleja ainoastaan sellainen määrä, joka tarvitaan yhden työvuoron tai yhden vuorokauden aikana.

### 3.1 Prosessin ohjaus ja hallinta

Kemiallinen prosessi voi olla panosprosessi, jatkuvatoiminen tai näiden välimuoto. Prosessin ohjaus tai hallinta voi olla manuaalista tai automaattista. Toimilaitteita voidaan käyttää paikallisesti tai ohjaamosta prosessinohjausjärjestelmän avulla. Prosessin riskienarvioinnin perusteella valitaan turvallisin ajotapa ja tarvittavat mittaukset (lämpötila, paine, virtaus jne.). Automaattiotasosta riippumatta laitoksella on oltava hätäpysäytysjärjestelmä, joka mahdollistaa prosessin alasajon tai toimintojen turvallisen keskeyttämisen manuaalisesti.

Monimutkaisissa prosesseissa on syytä käyttää automaatiota, joka seuraa ja säätää erilaisia prosessiparametrejä sekä hälyttää, mikäli asetetuista raja-arvoista poiketaan. Automaattiohjatussa prosessissa hälytyksiä tulee asettaa harkiten. Hälytysten turvallisuuskriittisyys tulee määritellä ja varmistaa niiden erottuminen muista hälytyksistä. Myös turva-automaation tarve on arvioitava, jos prosessin hallinnan menettämisen seuraukset ovat vakavia.

### 3.2 Reaktorit ja sekoitusastiat

Reaktoreiden ja sekoitusastioiden suunnittelussa on hyödynnettävä parasta ajanmukaista ja riskien kannalta perusteltua tekniikkaa. Varsinaista suunnittelustandardia reaktoreille ei ole olemassa, mutta laitevalmistajilla on omia reaktorimalleja erilaisille teollisuuden prosesseille. Usein reaktio ja reaktori mallinnetaan ensin pilot-laitteistolla. Pilotmittakaavaisen reaktorin tai sekoittimen luotettava ja turvallinen toiminta ei aina kuitenkaan takaa laitteiston suunnitelman mukaista toimintaa tehdasmittakaavassa.

Hyvä käytäntö on, että ns. kolmas osapuoli (esim. tarkastuslaitos) tarkastaa reaktorin valmistussuunnitelman ja toteutuksen asianmukaisuuden.

Reaktorin ja sekoitusastian rakennetta suunniteltaessa on otettava huomioon mm. seuraavat prosessin tai reaktion

ominaisuudet:

- panos- vai jatkuvatoiminen prosessi
- eksoterminen vai endoterminen reaktio
- reaktionopeus
- prosessilämpötila ja -paine
- reaktorin sisällä tai ympärillä oleva räjähdysvaarallinen tila
- tuotannon laatu- ja määrävaatimukset
- prosessin automaatioaste
- reaktorin vaatima varustelu ja hätätoiminnot
- käytettävissä olevat käyttöhyödykkeet ja tila (kiinteä vai liikuteltava reaktori)
- syöttöaineiden tai reaktiotuotteiden eroosiovaikutukset
- sähköistyksen tai pneumaatiikan tarve
- lämmitys- tai jäähdytystarve sekä sekoituksen tehokkuus

Kemikaaliturvallisuuden kannalta oleellista on reaktorin tai sekoitusastian materiaalivalinta. Materiaalia ei valita vain normaalin prosessitilanteen perusteella. Materiaalivalinnassa huomioidaan myös laitoksen ja prosessin poikkeamatilanteet. Tällöin esim. panoksen pH ja lämpötila voivat poiketa paljonkin normaalista käyttötilanteesta.

Kemikaalien lisäämisjärjestys, -paikka tai -tapa sekä kemikaalin olomuoto voivat vaikuttaa astian materiaalin syöpmiseen tai eroosioon ennakoitua enemmän (esim. kemikaali valutetaan seinämää pitkin reaktoriin tai se kiteytyy seinämille).

Eksotermisissä reaktioissa on varauduttava reaktorin nopeaan tyhjentämiseen tai reaktion pikaiseen keskeyttämiseen. Pikatyhjennys voidaan toteuttaa esim. toimilaitteellisilla hätäpaineenalennus- ja hätätyhjennysventtiileillä. Ylipaineeseen reaktorissa varaudutaan varoventtiilillä tai murtokalvolla.

### 3.3 Venttiilit

Putkistossa on oltava tarpeelliset sulk- ja tyhjennyslaitteet haarautuvien putkien tai putkistossa olevien laitteiden käyttöä, huoltoa, tyhjentämistä ja erottamista varten. Sulkuventtiileihin merkitään venttiilin auki/kiinni -asento tai sulkemissuunta, ellei venttiilin asento muutoin ole selvästi todettavissa.

Sulkuventtiilit sijoitetaan helposti luokse päästäviin paikkoihin. Kemikaalilinja on pystyttävä sulkemaan kaikissa tilanteissa niin, että kemikaalia vuotaa mahdollisimman vähän. Tämä saavutetaan asentamalla juuriventtiili (säiliötä lähinnä oleva venttiili) mahdollisimman lähelle säiliötä, jolloin mahdolliset vuodot jäävät vallitilaan. Putkisto varustetaan takaiskuventtiilillä esim. silloin, kun takaisinvirtaus on mahdollista. Tarvittaessa putkisto varustetaan myös liikkavirtausventtiilillä.

Käyttökohteen sulkuventtiili sijoitetaan käyttökohteen välittömään läheisyyteen. Lisäksi kemikaalilinjaan asennetaan sulkuventtiilejä siten, että linjan voi sulkea myös kauempaa käyttökohteesta. Kemikaalilinjan sulkemisen turvallisuutta onnettomuustilanteessa voidaan lisätä käyttämällä toimilaitteellisia venttiileitä, jotka apuenergian hävitessä sulkeutuvat esim. jousikuormitteisesti. Venttiileissä voidaan lisäksi tarvita varmuuslukitusjärjestelmä, joka estää venttiilin asennon muuttamisen vahingossa. Sulkuventtiilit asennetaan palo-osastoivan seinän molemmille puolille.

Yleinen vikaantumistapa kaikilla venttiilityypeillä on epätäydellinen tiivistyminen. Tämän voi aiheuttaa esim. vieras esine tai materiaali pintojen välissä, venttiilin osien (venttiililautanen, istukka, pallo) kuluminen tai venttiilin karan jumiutuminen. Muita venttiilien vikaantumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. seuraavat:

- osien tai komponenttien valmistusvirheet
- asennusvirheet
- käyttövirheet
- materiaalivalinnat
- laitteiston tärinä.

### 3.4 Pumput

Pumppujen materiaalin ja varusteiden pitää kestää pumpattavan aineen kemialliset vaikutukset. Nesteiden siirtoon on suositeltavaa käyttää pumppua painovoimaisen siirron sijaan. Tällöin käsittely on hallitumpaa ja virtaus voidaan haluttaessa pysäyttää varmemmin.

Pumpun sijoitusta suunniteltaessa arvioidaan, onko pumpun käyttö tarpeellista myös onnettomuustilanteessa. Pumppujen toimintavalmius varmistetaan kemikaalin vuototapauksissa sijoittamalla ne erilliseen suoja-altaaseen, korotetulle alustalle tai muuten suojaamalla siten, etteivät mahdolliset vuodot vaikeuta pumppujen toimintaa.

Yleisimpiä vikatilanteita pumpuissa ovat:

- akselitiivistevauriot (esim. kuluminen, asennusvirheet, kuivakäynti)
- laakerivauriot (materiaalin väsyminen, asennusvirheet, voitelu, epäpuhtaudet)
- asennus- ja linjausvirheet (epäkeskeisyys, epätasapaino, pyörimissuunta)
- tukkeuma (vieraat esineet, virtaavan aineen ominaisuudet)
- kuluminen (väärä pumppukoko tai materiaalivalinta)
- ilmaongelmat (ilmakuplat putkistossa, kavitaatio)
- sähkömoottoriviat (suunniteltu vs. käyttölämpötila)
- kytkinviat

## 4. Täyttö- ja tyhjennyspaikat

Säiliöautojen ja junien täyttö- ja tyhjennyspaikkojen sijoituksessa on huomioitava riittävät vaara- ja suojaetäisyydet vaarallisten kemikaalien säiliöistä, astiavarastoista, konttori- ja sosiaalityloista sekä ympäristöllisesti herkistä kohteista. Etäisyyden maanpäällisestä säiliöstä, rakennuksesta, naapurin rajasta tai yleisestä liikenneväylästä on oltava vähintään 5 m. Etäisyys lasketaan vaakasuoraan täyttö- ja tyhjennyspaikan reunasta yleisen tien, naapurin, rautatiealueen tai rakennuksen rajaan tai säiliön seinään. Rakennukseksi ei katsota pumppujen suojakatoksia eikä muitakaan kevytrakenteisia katoksia.

Täyttö- ja tyhjennyspaikat sijoitetaan välttämällä pitkiä putkilinjoja. Putkiston toimilaitteiden hallinta ja vuotojen havaitseminen voi olla vaikeaa, jos putkilinja on pitkä. Putkilinja sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan niin, että se nähdään koko kemikaalin siirtotapahtuman ajan. Putkisto tyhjenetään, ellei esim. putkiston korroosio-ongelman vuoksi putkistoa ole tarpeen pitää koko ajan täynnä kemikaalia.

Täyttö- ja tyhjennyspaikka sijoitetaan tasaiselle maaperälle huomioiden vuodonhallinnan kannalta tarvittavat kallistukset. Ajoneuvon paikallaan pysyminen varmistetaan ennen putkien tai letkujen kytkemistä asettamalla esim. kiilat pyörien eteen sekä käyttämällä aina seisontajarrua. Lisäksi ajoneuvon liukumista estetään huolehtimalla täyttö- ja tyhjennyspaikan talvikunnossapidosta sekä asentamalla laatalle tarvittaessa lämmityskaapelit. Piha-alueen yleisvalaistuksen lisäksi täyttö- ja tyhjennyspaikoilla tulee olla riittävä kohdevalaistus.

Täyttö- ja tyhjennyspaikan laatan materiaalin on kestävä siirrettävien kemikaalien vaikutuksia.



Kuva 1. Säiliöauton täyttö- ja tyhjennyspaikka

### **Puuttuva merkintä täyttöyhteessä aiheutti kemikaalipäästön**

Kemikaalisäiliön täyttöpaikalla oli kaksi yhdettä, joihin oli kumpaankin erillinen avain. Kuljettajalle annettiin ohjeeksi käyttää vasemmanpuoleista yhdettä. Täyttöyhteiden lukot olivat kuitenkin sekoittuneet ja avain ei sopinut vasemmanpuoleisen täyttöyhteen lukkoon. Molemmissa yhteissä oli sama teksti ”Natriumvetysulfiitti”, eikä toisessa ollut mainintaa, että säiliö on poistettu käytöstä.

Kuljettaja kokeili avainta viereisen yhteen lukkoon, johon avain sopi ja hän aloitti säiliön täytön. Tämän säiliön ja turva-altaan tyhjennysventtiilit olivat auki, jolloin natriumvetysulfiittia valui säiliöstä kanaaliin aiheuttaen vaarallisen kemikaalihuuhon.

#### 4.1 Toiminnot kemikaalien täyttö- ja tyhjennyspaikalla

Täyttö- ja tyhjennyspaikan toimintojen suunnittelussa huomioidaan kemikaalien siirron tekninen toteutus, ajoneuvokalusto, prosessin vaatimukset, täyttötaajuus jne. Siirto oikeaan säiliöön voidaan varmistaa mm. tyhjennysyhteen lukituksella, korttilupajärjestelmällä tai kemikaalikohtaisilla liittimillä.

Syttyvien nesteiden ja kaasujen siirtoon ei saa käyttää paineilmaa syttymisvaaran lisääntymisen vuoksi. Siirtoon käytetään maadoitettua tyhjennys- ja täyttöletkua. Muidenkaan kemikaalien osalta paineilmalla tapahtuvaa siirtoa ei suositella, ellei koko järjestelmää ole suunniteltu kyseiselle paineelle. Joissain tapauksissa paineilmalla tapahtuva siirto voidaan hyväksyä, jos riskien arvioinnin perusteella todetaan, että menettely on turvallinen, koska siinä käytetään esim. paineenalenninta ja sen asetuspaine arvioidaan huolellisesti.

Täytön ja tyhjennyksen suorittaa usein ulkopuolinen kemikaalikuljettaja, joten saatavilla on oltava käyttöohjeet sekä toimintaohjeet vaaratilanteita varten. Ohjeissa on hyvä olla laitoksen vastuuhenkilöiden yhteystiedot ja kohteen tarkat sijaintitiedot.

Täyttö- tai tyhjennystapahtumaa voidaan valvoa eri tavoilla, esim.

- laitoksen oma työntekijä on mukana täyttö- tai tyhjennystapahtumassa
- kameran avulla laitoksen valvomosta
- siirtopumpun käytön aktivointi kemikaalikuljettajan ilmoittautumisen perusteella

Joissakin tapauksissa kemikaali analysoidaan ennen tyhjennystä, jolloin tyhjennysluvan saa vasta analysoinnin jälkeen.

Täytettäessä ajoneuvoa alakautta täyttöjärjestelmä varustetaan automatiikalla, joka hyväksyy kerrallaan täytettäväksi enintään kuljetussäiliöön tai säiliöosastoon mahtuvan määrän. Ylätäytössä täyttöventtiili on käsin auki pidettävä ja itsestään sulkeutuva, ellei täyttöjärjestelmää ole varustettu ylitäytönestoautomatiikalla.

#### 4.2 Liikennöinti täyttö- ja tyhjennyspaikoille

Täyttö- ja tyhjennyspaikkojen liikennejärjestelyjä suunniteltaessa on kiinnitettävä huomiota:

- muuhun liikenteeseen laitoksella
- ajosuuntiin
- opastukseen tehdasalueella
- törmäysten estämiseen

Alue pidetään vapaana muusta liikenteestä. Sisäinen liikenne ohjataan alueen ohi ja kemikaaliautojen reittiä risteävää liikennettä vältetään.

Ajoreitit suunnitellaan siten, että säiliöautoa ajetaan peruuttamatta laitosalueella. Esimerkiksi reitti kulkee alueen läpi toisesta portista sisään ja toisesta ulos. Yksisuuntainen liikenne ja nopeusrajoitukset lisäävät turvallisuutta.

Portille järjestetään opastus kemikaalin vastaanotosta ja ajoreitistä. Tehdasalueen karttaan ja ajoväylille merkitään ajoreitit täyttö- ja tyhjennyspaikoille. Täyttö- ja tyhjennyspaikka merkitään selvästi.

Ajoreitin varrella sijaitsevat laitteistot suojataan törmäyसेstein. Kappaletavara-autojen täyttö- ja tyhjennyspaikka suunnitellaan siten, että trukilla on riittävästi tilaa kuorman käsittelyyn.

## 5. Säiliöiden sijoitus

Turvallisuuden kannalta on yleensä parasta sijoittaa vaarallisten kemikaalien säiliöt ulos.

### **Seuraavia asioita otetaan huomioon arvioitaessa, sijoitetaanko säiliöt sisälle vai ulos:**

#### *Kemikaalin ominaisuudet*

- Jäätymispiste ja viskositeetti voivat vaikuttaa säiliön sijoitukseen. Sisällön lämmitys ja säiliön eristäminen ulkona on mahdollista, mutta eristäminen vaikeuttaa säiliön ulkopuolista kunnonseurainta.
- Sisällön alhainen höyrystymislämpötila ja siitä johtuva räjähdysvaara edellyttävät sisätiloissa rakenteiden (seinän) paineenkevennystä.
- Ulkona olevan säiliön sammuttaminen tai jäädyttäminen on helpompaa, kun savukaasut eivät estä näkyvyyttä. Ulkona sammuttaminen on yleensä mahdollista useammalta suunnalta ja kauempaa kuin sisätiloissa. Tällöin lämpösäteilyn vaikutus sammuttamiseen on vähäisempää. Sisällä olevat palavan nesteen säiliöt lisäävät rakennuksen paloriskiä.
- Ulkona esim. öljysäiliöön voi muodostua räjähdysvaarallinen ilma-kaasuseos auringon lämmittäessä säiliössä olevaa kemikaalia.

#### *Lämpötilan vaihtelun aiheuttama veden kondensoituminen*

- Kondensoitunut vesi saattaa vaikuttaa kemikaalin ominaisuuksiin, aiheuttaa kylmissä tiloissa jäätymistä putkistoissa tai jopa ilmaputken tai venttiilin tukkeutumisen.
- Sisällä lämpötila on pääsääntöisesti tasainen. Ulkona tilanne voidaan hallita säiliötä lämmittämällä ja eristämällä.

#### *Kemikaalivuotojen, sammutusjäte- ja hulevesien hallinta*

- Kemikaalivuotojen hallinta ei periaatteiltaan eroa sisä- ja ulkotiloissa.
- Sisätiloissa hulevesiä ei muodostu, mutta sammutusvesien hallinta saattaa olla vaikeampaa, jos sisätilan suunnittelussa asiaa ei ole alun perin otettu huomioon. Ulkotiloissa huolehditaan vallitilojen ja suoja-aitaiden pitämisestä tyhjänä hulevesistä, jäästä ja lumesta.

#### *Sään vaikutukset säiliöihin*

- Materiaali valitaan kestäväksi myös kylmää lämpötilaa (-40° C).
- Aurinko saattaa haperruttaa muovisia säiliöitä ja UV-suojauksen tehokkuus selvitetään säiliön valmistajalta.
- Erityisesti isojen säiliöiden lujuuslaskelmissa varaudutaan tuuli- ja lumikuormiin.
- Rakenteista putoava lumi tai jää voi vaurioittaa säiliötä.

#### *Instrumentoinnin toimintavarmuus ja säiliön huollettavuus*

- Ulkotiloissa olevat laitteet suunnitellaan kestäväksi -40° C lämpötilaa ja esim. instrumentoinnin mitta-alue (tuloksen luotettavuus) on riittävän laaja.

#### *Täyttö- ja tyhjennystilanne*

- Ulkona säiliö näkyy täyttö- tai tyhjennyspaikalle, mikä helpottaa valvontaa. Valvontalaitteista huolimatta näköyhteys on tärkeä turvallisuustekijä.

#### *Tilankäyttö*

- Säiliön sijoittaminen sisälle tekee tilasta usein ahtaan. Tämä vaikeuttaa poistumista onnettomuustilanteessa ja säiliön kunnossapitoa.

### **Seuraavat asiat huomioidaan riippumatta siitä, sijoitetaanko säiliö sisälle vai ulos:**

#### *Vaarallisesti keskenään reagoivat kemikaalit sijoitetaan eri suoja-aitaisiin*

- Kemikaalit voivat reagoida vaarallisesti kehittämällä lämpöä (eksoterminen reaktio) tai muodostamalla vaarallisia yhdisteitä. Selvityksessä apuna voidaan käyttää esim. reaktiomatriisia.
- Säiliön sisältö (vuodot, höngät) voi syövyttää viereisen säiliön materiaalia.



Palavat nesteet varastoidaan erillään muista vaarallisista kemikaaleista.

- Samoissa tiloissa palavien nesteiden kanssa ei varastoida kemikaaleja, jotka voivat aiheuttaa lisäriskin sammutustyölle, lähinnä vaarallisten höyryjen vuoksi.

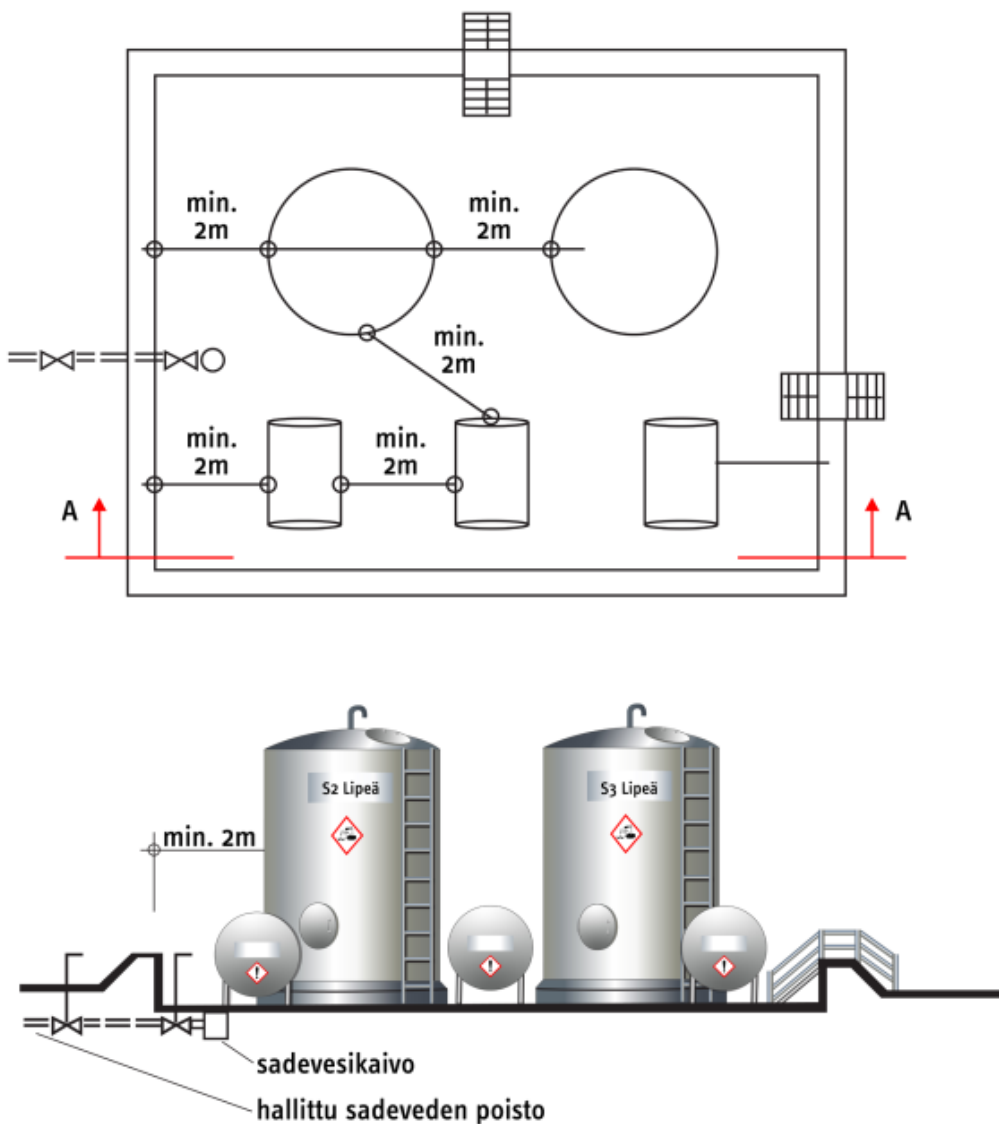
Säiliöiden ja vallitilan kunnonseurantaan ja korjaamiseen varataan riittävästi tilaa. Tämä edellyttää yleensä vähintään 2m vapaata tilaa. (kuva 2)

- Huomioidaan telineiden ja nostimien vaatima tila. Ahdas tila on työturvallisuusriski ja voi lisätä hitsausvirheitä.
- Riittävä tila mahdollistaa toimilaitteiden kalibroinnin tai vaihdon tekemisen luotettavasti.

Alueelta poistuminen ja pelastushenkilöstön pääsy ainakin kahdesta eri suunnasta varmistetaan.

- Loukkaantuneen henkilön siirtämisen mahdollisuus varmistetaan.
- Tehokkaan sammutuksen edellytykset varmistetaan esim. tuulen suunnasta riippumatta.

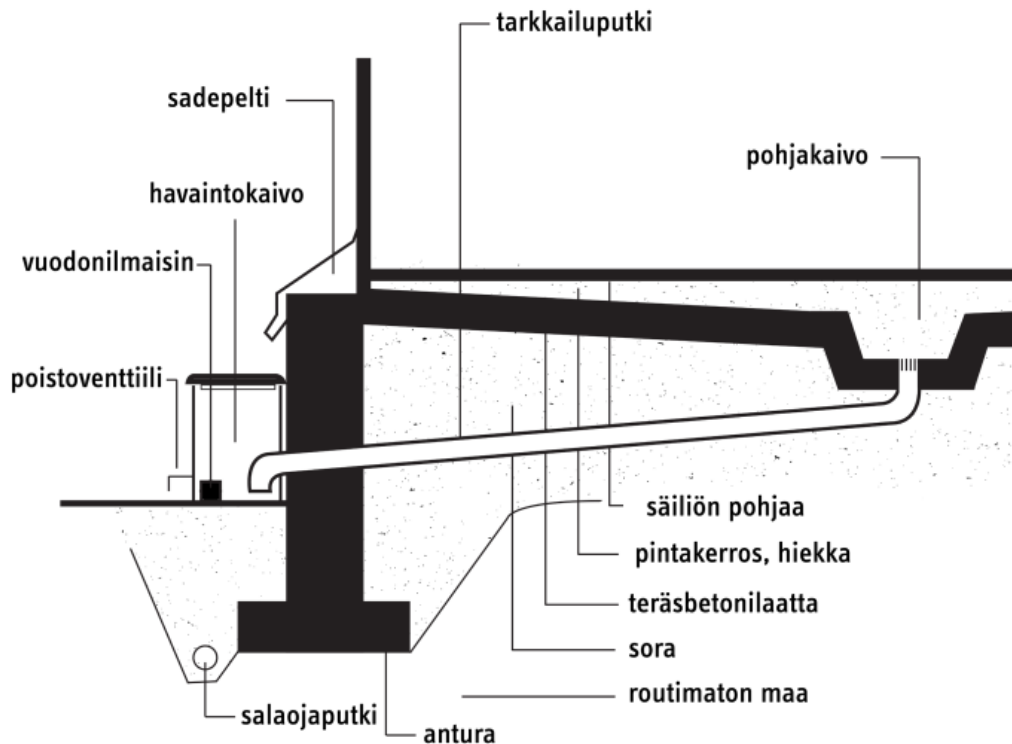
Säiliön mahdollinen ylitäyttö ja yhteistä vuotavan kemikaalin roiskuminen tulee ottaa huomioon suoja-altaan pinta-  
alassa sijoittamalla altaan reunus riittävän etäälle säiliön seinämästä. Erityisen tärkeää tämä on jalustarakenteisella  
säiliöllä. Säiliöt ja niiden putkilinjat sijoitetaan siten, että kaikki säiliöt ja toimilaitteet ovat nähtävissä, käytettävissä,  
huollettavissa ja turvallisia käyttää.



Kuva 2. Säiliöiden sijoittelu

## 5.1 Säiliön perustus

Säiliö ja vallitila perustetaan routimattomalle maalle (tarvittaessa salaojitettu) ja perustuksen on kestävä siihen kohdistuvat rasitukset. Perustus suunnitellaan huomioiden säiliön ja kemikaalin paino. Perustuksia suunniteltaessa kiinnitetään huomiota mahdollisuuteen havaita säiliön pohjavuodot (kuva 3).



Kuva 3. Esimerkki säiliön perustuksesta

Tasapohjainen säiliö sijoitetaan betonilaatalle. Säiliön pohjan ja betonilaatan väliin lisätään öljytty pohjahiekka korroosion estämiseksi. Tällä myös tasataan pohjan epätasaisuudet siten, ettei vaarallisia jännityksiä pääse syntymään. Myös muita ratkaisuja, kuten kumia, voidaan käyttää, jos se kestävä varastoitavaa kemikaalia.

Sadeveden pääsy säiliön pohjan ja perustuksen väliin tulee estää sadepellillä, jonka kuntoa on seurattava.

Perustukseen lisätään pohjavuotojen tarkkailumahdollisuus. Tätä varten säiliön alle tehdään pohjakaivo, josta tarkkailuputki (ns. juoruputki) johdetaan havaintokaivoon. Havaintokaivossa oleva vuotoanturi hälyttää pohjavuodosta. Havaintokaivoon kertynyt vesi poistetaan vähintään vuosittain ennen pakkaskauden alkua.

Säiliö ankkuroidaan tarvittaessa perustuksiin. Tällä ehkäistään tyhjän säiliön liikkuminen nosteen vaikutuksesta. Ankkurointi on tarpeen esim. tulva-alueilla tai silloin, jos vallitilaan voi joutua säiliön pohjan tason ylittävä määrä nestettä (vuotanut kemikaali, sammutusjätevesi jne.).

Paikalla valmistettavasta säiliöstä myös perustuksesta pyydetään tarkastuslaitoksen tai muun asiantuntevan tahon lausunto (poikkeuksena  $> 1\ 000\ m^3$  säiliö, jonka perustuksen tarkastaa rakennustarkastaja).

## 5.2 Putkisilta

Kemikaaliputkistoja joudutaan joskus johtamaan pidempiä matkoja ulkona säiliöiltä käyttökohteeseen tai rakennuksesta toiseen. Putkistot tehdään maanpäällisinä ja sijoitetaan putkisillalle. Kemikaalien siirtoputkisto voi kulkea tuotantolaitoksen alueen ulkopuolella teollisuusalueiden tai yleisten alueiden halki, teiden yli tai siltojen ali.

Putkisilta mitoitetaan riittävän tukevaksi huomioiden putkiston ja sen sisällön massa sekä tuuli- ja lumikuorma. Putkisilta palosuojataan tarvittaessa.

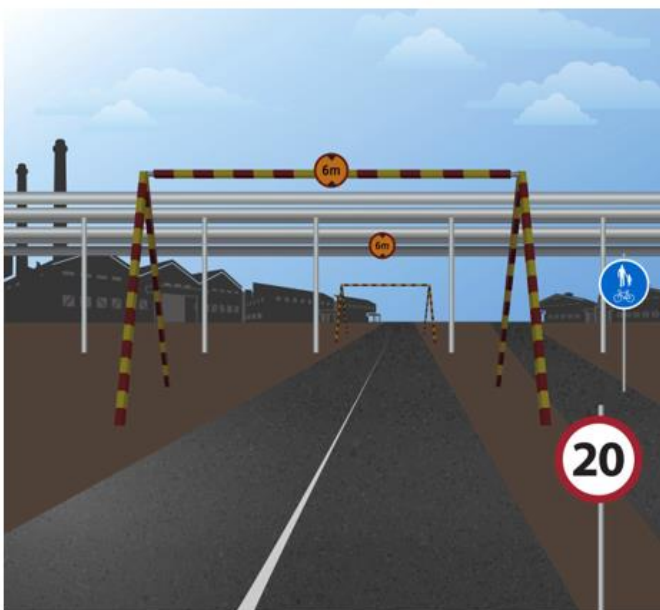
Putkisillan alituskorkeus kulkureittien kohdalla on vähintään 6 m ja se merkitään putkisillan nähtävillä molemmista kulkusuunnista. Lisäksi alimmassa putkessa on hyvä olla heijastava tarramerkintä. Putkisillan tukipilarit suojataan törmäyksiltä.

Putkisillalla kulkevat putkistot on hyvä suojata lumen, jään, oksien ym. kerääntymiseltä putkien päälle esim. kattamalla putkisilta viistolla katteella. Putkisilta jätetään ylä- tai alaosastaan tuulettuvaksi huomioiden sillä kulkevien kemikaalien ominaisuudet. Tällöin putkistovuodoista vapautuva kaasu ei keräänny katteen alle, vaan pääsee haihtumaan turvallisesti.

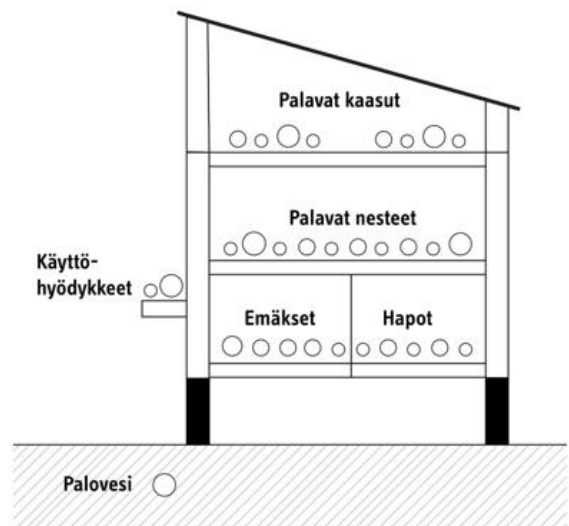
Putkisillalla putkistot sijoitetaan toisiinsa nähden niin, että kaasumaisten kemikaalien putkistot ovat ylimpänä ja syövyttävien alimpana. Syövyttävää kemikaalia ei siten vuototilanteessa valu muiden putkistojen päälle. Palavien kemikaalien putkistot sijoitetaan putkisillalla mahdollisuuksien mukaan erilleen muista kemikaaleista.

Putkistojen varusteet (venttiilit, mittarit jne.) sijoitetaan helposti luokse päästäviin paikkoihin. Kemikaaliputkien alku- ja loppupään liittynät tehdään laippaliitoksella, jolloin koko linjan erottaminen sokeoinnilla on mahdollista.

Kemikaaliputkia ja -putkistoja käsitellään tarkemmin Tukesin oppaassa [Kemikaaliputkistojen turvallisuusvaatimukset](#).



Kuva 4. Putkisilta merkintöineen



Kuva 5. Putkistojen sijoitus putkisillalla

## 6. Säiliöiden hankinta

Säiliön on oltava tiivis ja luja sekä kestävä varastoitavan kemikaalin vaikutusta. Säiliön on kestävä myös häiriötilanteista aiheutuvia rasituksia niin, että varastoitavat kemikaalit eivät pääse vuotamaan säiliön ulkopuolelle. Kemikaalien materiaaleja syövyttävät ominaisuudet saattavat vaihdella lämpötilojen ja pitoisuuksien mukaan. Säiliörakenteessa otetaan huomioon varastoitavan kemikaalin ominaisuuksista aiheutuvat säiliörakenteen erityisvaatimukset. Tällaisia ovat esim. peroksidin ja palavien nesteiden säiliöiden räjähdysluukut ja katon kevennetty hitsausliitos.

Käyttämällä Tukesin hyväksymää standardia säiliön valmistaja, maahantuoja tai tilaaja pystyy varmistamaan ja osoittamaan, että säiliö täyttää edellä mainitut vaatimukset. Tukes julkaisee luetteloita hyväksymistään varastosäiliöstandardeista Internet-sivulla (<https://tukes.fi/teollisuus/standardit>). Jos säiliö suunnitellaan ja mitoitetaan standardin mukaan, standardia tulee noudattaa kokonaisuudessaan ja säiliön sisällön aiheuttamat erityisvaatimukset tulee ottaa huomioon.

Jos säiliötä ei valmisteta standardin mukaisesti, pyydetään tarkastuslaitokselta lausunto säiliön rakenteen sopivuudesta käyttötarkoitukseensa. Lausunto annetaan lähtökohtaisesti asiakirjojen perusteella, mutta esim. niiden puuttuessa myös säiliön fyysinen tarkastus voi olla tarpeen. Palavan nesteen tai kaasun säiliölle tehdään aina tarkastuslaitoksen rakennetarkastus.

Jos säiliö valmistetaan konepajalla ja siirretään sitten varsinaiselle sijoituspaikalleen, kuljetuksessa aiheutuvat rasitukset on otettava huomioon tukemalla säiliö riittävästi. Säiliön siirrosta aiheutuneiden vaurioiden selvittämiseksi voidaan joutua tekemään joitakin lisätestauksia myös sijoituspaikalla. Mikäli kuljetus voi aiheuttaa säiliölle vaurioita tai jos kyseessä on iso tasapohjainen säiliö, hitsausliitosten silmämääräinen tarkastus, vesitäyttökoe ja asennustoleranssien mittaaminen sekä mahdollisesti joitain hitsausliitosten muita ainetta rikkomattomia testauksia tehdään säiliölle vasta sen sijoituspaikalla.

Säiliön hankinnassa on muistettava jo tilaussopimusvaiheessa kaiken tarvittavan dokumentoinnin määrittely (liite 1). Jälkikäteen dokumenttien saaminen on työlästä ja kallista.

Hankinnassa voi käyttää apuna esim. PSK-standardia PSK 3101.

### 6.1 Säiliön suunnittelu

Säiliön tarkempi suunnittelu edellyttää mm. seuraavien asioiden huomioimista:

- säiliön käyttötarkoitus
- alustava koko
- käyttöolosuhteet
- kemikaali ominaisuuksineen
- varustelu
- sijoituspaikka
- kunnossapito
- poikkeamatilanteet

Käyttöolosuhteilla ja sisällöllä on olennainen merkitys säiliön materiaalivalintaan. Valintakriteereitä on esitetty tarkemmin luvussa 4.1.1. Hapuille ja emäksille tietyt teräslaadut eivät sovi, joten säiliömateriaalina käytetään esim. lujitemuovia.

Käyttötarkoitus ja erityisesti koko voivat vaikuttaa säiliön muotoon. Lieriömäinen makaava säiliö on tyypillisesti enintään 100 m<sup>3</sup>. Lieriömäinen pystysäiliö on tasapohjainen (betonialustalla) tai kuperapohjainen (omilla jaloilla tai helmallinen). Jos varastosäiliö tarvitsee sekoittimen, sillä voi olla vaikutusta säiliön muotoon.

Säiliön varusteet sijoitetaan huomioiden huollon ja kunnossapidon toimenpiteet (esim. laitteiden vaihto ja testaus). Säiliön suunnittelussa arvioidaan tarve lisävarusteille (sekoittimet, lämmittimet jne.), joiden aiheuttama kuormitus tasataan tukirakenteilla. Kunnossapitoa, huoltoa, käyttöä ja tarkastusta varten säiliöt varustetaan tarvittaessa portailla ja hoitotasolla kaiteineen ja askeltukineen.

Säiliön säännöllisten tarkastusten asianmukainen ja mahdollisimman järkevä toteuttaminen mietitään jo säiliötä tilattaessa (esim. eristeen irrottaminen seinämäpaksuuden mittaamiseksi)

### 6.1.1 Rakennemateriaali

Rakennemateriaalin on kestävä ulkopuolista ja sisällön aiheuttamaa korroosiota ja eroosiota, eikä materiaali saa reagoida varastoitavan kemikaalin kanssa. Materiaalia valittaessa arvioidaan kemikaalin konsentraatiomuutokset, jotka aiheutuvat esim. ylös- ja alasajoista, pesuista tai poikkeavista ajo-olosuhteista. Ulkopuolista korroosiota voivat aiheuttaa mm. happohöyryt ja ilman kosteus.

Rakennemateriaalin valintaan vaikuttavat myös lämpötila, paine, kemikaalin konsentraatio ja pH, virtausnopeus sekä kiintoainepitoisuus. Varastoitavan kemikaalin pienetkin epäpuhtaudet voivat vaikuttaa rakenneaineen kestävyteen. Teräksen haurasmurtumisvaara sekä muovin UV-säteilyn kestävyys otetaan huomioon ulkosäiliöissä. Haurasmurtuminen on usein ollut syynä terässäiliön rikkoutumisessa ja iskut puolestaan muovisäiliöillä.

Tilaaajan velvollisuus on antaa mahdollisimman tarkat tiedot käytettävästä kemikaalista ja varastointiolosuhteista. Valmistajan tehtävänä on varmistaa, että valittava materiaali kestää varastoitavia kemikaaleja ja soveltuu käytettäväksi tilaaajan määrittelemissä olosuhteissa.

Palaville nesteille säiliömateriaalina käytetään yleensä terästä. Tulipalossa teräs kestää kuumuutta ja säilyttää muotonsa ja lujuutensa muovia paremmin. Lisäksi terässäiliö jäähtyy paremmin vesivalelussa ja maadoitus on helpommin toteutettavissa.

Muovisäiliön materiaalina voi olla lujitemuovi (kertamuovi) tai kestumuovi (PE, PVC, PTFE jne.). Muovisäiliön etuna on sen hyvä kemikaalikestävyys ja materiaalin keveys.

#### **Rikkihappovuoto syöpymän seurauksena**

Tehtaalla havaittiin rikkihapposäiliön vuoto varoaltaan pinnanmittauksen hälytyksestä. Vuoto aiheutui säiliön imuyhteen ja säiliön liitoskohdassa olleesta syöpmästä. Muutaman millimetrin kokoinen reikä aiheutti noin metrin korkuisen suihkun suoraan ylöspäin. Vallitilaan oli vuotanut arviolta 300 litraa väkevää rikkihappoa.

### 6.1.2 Mitoitus

Säiliötä mitoitettaessa otetaan huomioon mm. seuraavat:

- rakenteen ja sisällön paino
- rakenteeseen kohdistuvat kuormitukset
- lämpötilaeroista johtuvat lämpöjännitykset
- paine ja mahdollinen paineen purkautuminen säiliöön
- alipaine ja siitä johtuva lommahtamisvaara
- koekäyttö ja testaus
- korroosiovara

Säiliö mitoitetaan niiden olosuhteiden mukaan, jotka johtavat maksimimitoitukseen. Tarvittaessa käytetään säiliön rakenteen vahvistamiseen vahvistuslevyjä ja tukirakenteita.

Säiliön on kestävä sisällön aiheuttaman hydrostaattisen paineen lisäksi oman rakenteensa paino. Kemikaalien tiheydet vaihtelevat huomattavasti, mikä vaikuttaa hydrostaattiseen paineeseen erityisesti säiliön alaosassa.

Säiliöön kohdistuu kuormituksia putkistoista, tuennasta, varusteista ja muista vastaavista. Lisäksi ulkosäiliöt joutuvat alttiiksi tuuli- ja lumikuormille.

Lämpötilojen vaihtelut voivat aiheuttaa lämpötilajännityksiä säiliön vaipassa ja liitoskohdissa. Lämpötilojen vaihtelua voi aiheutua normaaliprosessin lisäksi alas- ja ylösajoissa ja häiriötilanteissa ja ulkosäiliöissä sääolosuhteiden muutoksista.

Painelaitelainsäädäntö koskee säiliöitä, joiden suurin sallittu paine on yli 0,5 bar ylipainetta. Säiliöön voi muodostua ylipainetta myös esim. prosessihäiriöstä tai säiliön täytöstä. Tyypillinen säiliövaurio on kuitenkin lommahtaminen alipaineesta, joka voi aiheutua esim. säiliön tyhjentämisestä hönkäputken ollessa tukkeutunut.

Kemikaalien ominaisuudet (esim. palavat nesteet, peroksidit, veden kanssa reagoivat kemikaalit) voivat aiheuttaa räjähdysvaaraa. Tällöin säiliön heikoimmaksi rakenteeksi tehdään sen katto tai säiliöstä tehdään paineen kestävä.

Säiliön on kestettävä koekäyttö ja testaus, esim. koeponnistus tai tiiveyskoe. Lisäksi huomioidaan tarvittava korroosiovara. Säiliön lujuuden mitoituksessa huomioidaan myös säiliön päälle tulevat rakenteet, eristys, sekoittimet ja niiden aiheuttama vääntö tai värinä. Tarvittaessa käytetään lisätukirakenteita.

Suoraan säiliöön liitettävien ja putkistoon kuulumattomien laitteiden ja varusteiden mitoituksessa käytetään säiliön seinämän suunnittelun mitoitusarvoja, ellei käytettävässä säiliöstandardissa ole yksityiskohtaisempia vaatimuksia. Säiliön ilmaputken halkaisijana (vapaa-aukko) käytetään säiliöstandardeista poikkeavissa tapauksissa vähintään säiliön täyttöön tai tyhjennykseen käytettävän suuremman putken halkaisijaa.

### 6.1.3 Säiliöiden liitokset

Säiliöiden pysyvät liitokset tehdään asiantuntevasti ja huolellisesti. Säiliön suunnittelussa määritellään myös pysyvät liitokset ja niiden tarkastaminen.

Pysyvien liitosten muotoilussa, mitoituksessa ja hitsaamisessa (myös liimaus ja laminointi) noudatetaan rakennestandardien ohjeita. Näissä standardeissa on määritelty pysyvien liitosten vaatimukset, kuten hitsausmenetelmät ja hitsaajien pätevydet. Laminointiliitosten puutteita on vaikea todeta valmistuksen jälkeisissä tarkastuksissa, joten valmistuksessa korostuu valmistajan osaaminen ja hyvä laadunvarmistus.

Pysyvissä liitoksissa ei saa olla laitteiden turvallisuutta vaarantavia sisäisiä tai pintavikoja. Pysyvien liitosten lujuuden on vastattava liitettävien materiaalien vähimmäisominaisuuksia.

Avattavia liitoksia ovat esim. kierrelitokset ja laipat. Näiden tiiveys varmistetaan tiivisteiden oikealla materiaalilla ja pintojen työstämisellä.

#### **Kemikaalisäiliö repesi äkillisesti**

Lujitemuoviseen kemikaalisäiliöön tuli repeämä, jonka seurauksena säiliö vuoti muutamassa sekunnissa tyhjäksi. Vuodossa vapautui kymmeniä kuutioita hapanta kemikaaliliuosta. Vuoto valui asfaltoidulle alueelle ja edelleen viemäreiden kautta tuotantolaitoksen jätevesien käsittelyyn. Vuoto syövytti asfalttia, mutta maaperään kemikaaliliuosta ei päässyt. Repeämiskohta oli säiliön alayhteen liitoskohta. Laminointiliitos säiliön vaipan ja putkiyhteen välillä oli tehty virheellisesti.

### 6.1.4 Säiliöiden turva- ja varolaitteet

Säiliöt varustetaan tarvittavilla turva- ja varolaitteilla. Nämä otetaan huomioon jo säiliön suunnitteluvaiheessa.

#### **Pinnanvalvonta**

Säiliöiden nestepintaa valvotaan kaikissa säiliöissä. Valvonnassa yleisimmin käytetään säiliön nestepinnan mittaamista mekaanisella uimurilla tai sähköisellä tutkapintamittauksella. Joillakin nesteillä ja kiinteillä aineilla mittaus perustuu säiliön massan seurantaan vaa'alla tai säiliön kyljessä olevaan näkölasiin, jonka alaosaan on venttiili.

Prosessiteollisuudessa saatetaan säiliötä täyttää ja tyhjentää yhtaikaisesti. Silloin on tärkeää seurata nestesiirtoja luotettavalla tavalla, jotta säiliö ei täytyisi yli.

### **Ylitäytön esto**

Säiliön nestepinnalle määritellään normaali täyttöaste (H1), josta säiliön täyttö pysähtyy. Tämän järjestelmän pettäessä tulee hälytys (H) ja hälytyksen jälkeen ennen ylivuototason (HH) saavuttamista säiliön täyttö pysäytetään pakko-ohjatusti. Ylivuototasoa mitataan yleensä erillisellä anturilla. Vastaavasti säiliötä tyhjennettäessä määritellään nestepinnalle alaraja (L), jolloin pumppaus päättyy.

Säiliön täytössä tulee tietää etukäteen, paljonko säiliöön mahtuu nestettä. Ylitäytön estimen käyttäminen normaalina täytön pysäyttimenä ("rajaa vasten ajaminen") ei ole sallittua.

### **Yhteiden sijoitus**

Säiliön yhteet pyritään sijoittamaan säiliövaipan yläosaan. Nestepinnan alapuolelle sijoitetaan vain välttämättömät yhteet.

Yhteet sijoitetaan vähintään 10 cm:n etäisyydelle muista liitoksista; sijoitus lähemmäksi voi heikentää säiliötä.

Säiliöissä on tarkastusta ja kunnostusta varten riittävän kokoinen kulkuaukko. Pienissä säiliöissä on oltava vähintään tarkastusaukko. Nestepinnan alapuolella olevan kulkuaukon kannen ja sen vastalaipan tiivistepinnat työstetään. Tiivisteiden tulee kestää varastoitavan aineen vaikutusta. Säiliöstandardeissa on tarkemmat ohjeistukset kulkuaukoista.

### **Lapon estäminen**

Lappoilmiö syntyy, kun nesteessä oleva putki/letku vie säiliön reunan yli ja toinen pää on nestepinnan alapuolella. Tällöin nestettä vuotaa esim. maahan.

Lappoa estetään esim. tekemällä pieni reikä säiliön sisällä olevaan putken osuuteen tai asentamalla pumpun jälkeen pieni muoviletku, jonka toinen pää johdetaan takaisin säiliöön. Lappoilmiötä voidaan välttää myös erilaisilla ohjeilla (esim. venttiilien sulkeminen) ja venttiileillä (takaisku). Täyttöputki voidaan myös sijoittaa niin, että se tyhjenee säiliöön päin täyttötapahtuman jälkeen.

### **Ilmaputki**

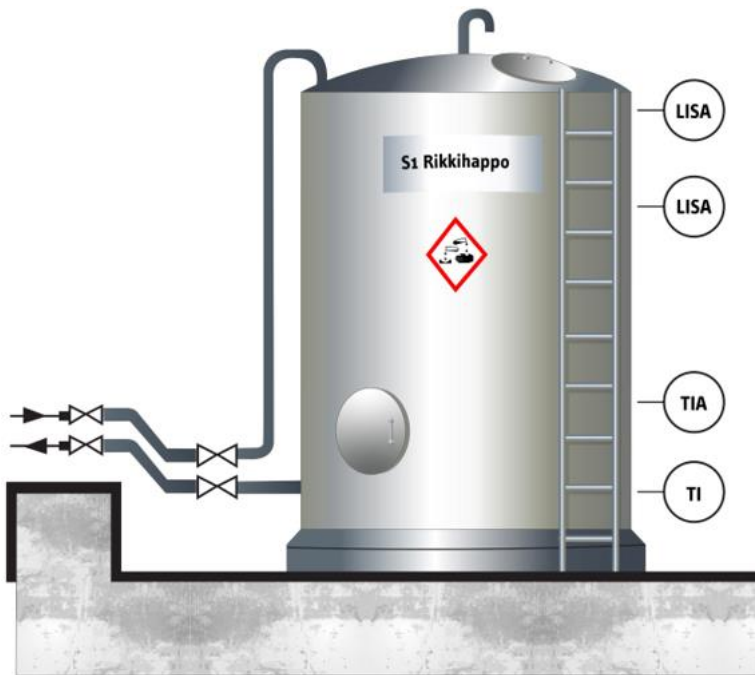
Säiliö varustetaan mahdollisimman lyhyellä ilmaputkella, joka johdetaan ulkotilaan. Ilmaputken poistoaukko sijoitetaan riittävän etäälle ilmanottoaukoista, ovista ja ikkunoista huomioiden kemikaalin ominaisuudet.

Ulos johdetun ilmaputken päähän kiinnitetään joko putkikäyrä tai suojahattu. Lisäksi varmistetaan, ettei ilmaputki tukkeudu jäätymällä, kiteytymällä tai polymeeroitumalla.

Kosteuden pääsy säiliöön estetään esim. suodattimella. Kosteus säiliössä voi aiheuttaa syöpymisvaaraa tai vaarallisen reaktion säiliössä varastoitavan kemikaalin kanssa (esim. rikkihappo). Kemikaalin ominaisuudet (esim. peroksidin hajoaminen) voivat edellyttää ilmaputken suojaamista, ettei säiliöön ulkona joudu tuulen mukana orgaanista ainetta.

Syttyvien nesteiden säiliöissä ilmaputki varustetaan lähtökohtaisesti yli- ja alipaineventtiilillä tai liekinestimellä. Liekinestimenä toimii tiheä metallilankaverkko.

Työ- tai ilmansuojelumääräykset voivat edellyttää hönkien keräämistä ja käsittelyä.



LISA = osoittava, hälyttävä ja pumpkauksen katkaiseva pinnanvalvonnan mittalaite

TIA = osoittava ja hälyttävä lämpötilan mittaus

TI = osoittava lämpötilan mittaus

Kuva 6. Esimerkki säiliön varustelusta

### 6.1.5 Vanhat säiliöt

Vanhan säiliön ottaminen käyttöön uudessa paikassa tai käyttötarkoituksen muuttaminen on mahdollista vain sillä edellytyksellä, että säiliö täyttää voimassa olevat vaatimukset. Vaatimusten täytyminen osoitetaan samoin kuin uudellakin säiliöllä.

Vaatimusten täytyminen voidaan osoittaa säiliön valmistus- ja kunnossapitodokumenteilla (säiliökirja). Isolle säiliölle tehdään lisäksi sisä- ja ulkopuolinen tarkastus sekä riittävät saumojen kuvaukset. Pienelle säiliölle saumojen kuvaukset eivät ole välttämättömiä.

Kun säiliön käyttötarkoitus tai kemikaali vaihtuu, pyydetään tarkastuslaitokselta lausunto säiliön sopivuudesta uuteen käyttötarkoitukseensa.

## 6.2. Säiliön ja sen perustuksen rakentamisen valvonta ja tarkastukset

Tilausvaiheessa sovitaan yksityiskohtaisesti säiliön ja sen perustuksen rakentamiseen, valvontaan, tarkastuksiin ja dokumentaatioon liittyvät asiat. Sopimukseen kirjataan ainakin seuraavat asiat:

- säiliön valmistaja, joka ottaa vastuun säiliön vaatimustenmukaisuudesta
- säiliön tilaajalla on oikeus valvoa säiliön valmistusta
- rakentamisen aikaiset tarkastukset luovutukseen asti
- valmistajan tilaajalle toimittamat dokumentit (säiliökirja)
- tarkastuslaitoksen rooli
- maaperäselvityksen laajuus ja tekijä
- betonilaatu



## 6.2.1 Säiliön testaukset ja tarkastukset

Suuren tasapohjaisen säiliön ( $\geq 1000 \text{ m}^3$ ) perustukselle suoritetaan rakennusaikainen katselmus ennen säiliön rakennustöiden aloittamista. Katselmuksen suorittaa rakennusvalvontaviranomainen. Katselmuksesta laaditaan pöytäkirja tai siitä tehdään merkintä rakennuslupa-asiakirjoihin. Pöytäkirjasta tai asiakirjamerkinnästä tulee selvittää perustuksen rakentaja ja rakennustyön valvoja.

Suurille säiliöille (lieriömäinen pystysäiliö) tehdään vuorokauden kestävä vesitäyttö tiiveyden ja sisäpohjan tasaisuuden varmistamiseksi. Lieriömäisten pystysäiliöiden perustuksen kelvollisuus tarkastetaan vesitäytön yhteydessä mittaamalla pohjalevyn korkotaso eri kohdista. Pienille säiliöille (lieriömäinen makaava) vuorokauden vesitäyttö voidaan korvata vesipainekokeella.

Ainetta rikkomattomia tarkastuksia (NDT) käytetään varmistamaan liitosten tiiveys. Säiliöstandardeissa on yleensä esitetty tarkastusten vähimmäislaajuus ja hyväksymisrajat. Ellei näin ole, nämä asiat määritellään tilaussopimuksessa. Terässäiliöillä tiiveyden toteaminen (vesitäyttö) voidaan korvata kaikkien saumojen kuvauksilla (esim. röntgen). NDT-tarkastukset mukaan lukien vesitäyttö tehdään ennen säiliön maalaamista tai pinnoittamista.

Tarkastuslaitos tarkastaa säiliön ja perustusten vaatimustenmukaisuuden dokumenttien perusteella.

## 6.2.2 Tarkastuslaitoksen tekemä tarkastus

Tarkastuslaitoksen tarkastukset voivat käsittää rakennesuunnitelman tarkastuksen ja varsinaisen rakennetarkastuksen.

Rakennesuunnitelman tarkastuksessa varmistetaan mm. säiliön lujuuslaskelmat, materiaalin sopivuus suunnitellulle kemikaalille ja säiliön soveltuvuus Suomen olosuhteisiin.

Rakennetarkastus voi käsittää lopputarkastuksen lisäksi rakentamisen aikaisen tarkastuksen. Rakennetarkastuksessa todetaan, että säiliö on valmistettu käytetyn standardin tai tarkastuslaitoksen hyväksymän rakennesuunnitelman mukaan. Rakennetarkastukseen kuuluu tarkastus- ja testauspöytäkirjojen ja muiden säiliöasiakirjojen tarkastaminen sekä säiliön rakenteen silmämääräinen tarkastus, jota tarvittaessa täydennetään ainetta rikkomattomilla menetelmillä.

Rakennetarkastuksessa

- tarkastetaan hitsaustyön dokumentaatio
  - hitsausohjeet (WPS) ja niiden perusteena olleet hitsauksen menetelmäkokeiden hyväksymispöytäkirjat (WPQR)
  - hitsaajien pätevyydistodistukset
  - materiaalista annetut aineistodistukset
  - mittauspöytäkirjat
  - ainetta rikkomattoman tarkastuksen pöytäkirjat
- tarkastetaan kilven merkinnät
- valvotaan tiiveyskoe
- tarkastetaan tarvittaessa säiliön maalaus tai pinnoitus
- tarkastetaan valmistuksen valvojan antama todistus säiliön valmistuksesta
- selvitetään perustuksen asianmukaisuus
- leimataan säiliön kilpi ja annetaan todistus suoritetusta tarkastuksesta

Jos öljysäiliötä käytetään vain kiinteistön lämmityksessä, säiliö tarkastetaan rakennustuoteasetuksen vaatimusten mukaisesti.

Sarjavalmisteisista säiliöistä tarkastuslaitos tarkastaa sarjan ensimmäisen säiliön ja sen jälkeen vähintään yhden säiliön kahdestakymmenestä. Sarjavalmisteisten säiliöiden tilavuus voi vaihdella, jos rakenne on muilta osin samanlainen. Muut sarjan säiliöt tarkastaa valmistaja itse.

Säiliön rakennetarkastuksesta tehdään aina pöytäkirja. Pöytäkirja tehdään myös niistä sarjavalmisteisista säiliöistä, joille säiliön valmistaja tai maahantuojat itse tekee rakennetarkastuksen. Jos tarkastuksessa on otettu huomioon esimerkiksi lupapäätöksen erityisehtoja, on myös tämä syytä merkitä pöytäkirjaan.

### 6.2.3 Säiliön dokumentaatio

Säiliön dokumentaatiosta kootaan säiliökirja. Esimerkki säiliökirjan sisällöstä on liitteessä 1.

Kaikista tarkastuksista tehdään pöytäkirjat. Säiliöön määritellään tulevaa kunnossapitoa varten mittauspisteet esim. vaipan paksuuden seuraamiseksi. Säiliöstä laaditaan joko tarkastuslaitoksen tai valmistajan nimeämän vastuuhenkilön allekirjoittama todistus siitä, että säiliö on rakennettu ja tarkastettu säännösten mukaisesti.

## 6.3 Korroosiosuojaus, pinnoitteet ja eristeet

Ulkopuolisella pinnoittamisella, kuten maalaamisella, voidaan pidentää säiliön käyttöikää. Korroosiota vastaan säiliö voidaan suojata pinnoittamalla tai käyttämällä sähköistä suojausta. Pinnoitteiden ensisijaisena tehtävänä on eristää metallipinta syövyttävästä ympäristöstä. Mitä vaikeammat olosuhteet ovat, sitä tärkeämpää on pinnoittaa säiliö.

Säiliöt voidaan tarvittaessa eristää mm. lämpöhäviöiden estämiseksi. Eristemateriaali tulee valita siten, ettei se reagoi sisällön kanssa ja aiheuta vaaratilanteita, esim. mäntyöljyn syttyminen eristeessä. Tällöin huomioidaan eristemateriaalin kemiallinen kestävyys, palavuus sekä itsesyttymisen mahdollisuus. Eristyspellityksen huono kunto ja vioittuminen saattaa luoda korroosioherkät olosuhteet. Säiliön kunnon seuranta suunnitellaan jo eristysvaiheessa.

Säiliö voidaan pinnoittaa myös sisäpuolelta seinämän kulumisen vähentämiseksi. Sisäpuolen pinnoituksessa käytetään esim. kumiointia, epoksia tai polyureaa. Huonokuntoista säiliötä ei pidä pinnoittaa kunnonvalvonnan (esim. seinämän paksuuden mittausta) vaikeutumisen vuoksi.

### **Ulkopuolisen korroosion aiheuttama öljyvuoto**

Lämpövoimalan öljysäiliön korroosio oli aiheuttanut suuronnettomuuden, kun 120 m<sup>3</sup> raskasta polttoöljyä pääsi vuotamaan säiliöstä. Säiliön ulkopuolinen korroosio oli syövyttänyt säiliöön noin 2 cm reiän.

Tarkastuksessa huomattiin säiliön ulkopinnan kärsineen korroosion aiheuttamista syöpymistä useammassakin paikassa. Öljy vuoti säiliön suoja-altaaseen, joten ympäristöonnettomuudelta vältyttiin. Suoja-altaan reunalla havaittiin pieniä halkeamia, joista öljyä tihkui maahan.

## 6.4 Säiliön palosuojaus

Säiliö voi olla tarpeen palosuojata, esim. silloin kun säiliön sisältö on palavaa nestettä tai säiliö sijaitsee palavan nesteen säiliön lähellä. Palosuojaus voidaan toteuttaa paloeristyksellä, palosuojamaalilla tai vesivalelulla.

Omilla jaloilla olevien säiliöiden jalat on tarvittaessa palosuojattava, ettei tulipaloissa vaarallista kemikaalia sisältävä säiliö kaadu jalkojen pettäessä. Palosuojaus voidaan toteuttaa esim. betonoimalla putkijalat, palosuojausmaalilla tai eristämällä.

## 7. Kemikaalien varastointi astioissa

Varastoalue ja -rakennukset suunnitellaan siten, että varastotoiminnot voidaan hoitaa mahdollisimman sujuvasti ja turvallisesti. Paras ratkaisu kemikaalien varastointiin on erillinen varistorakennus, mutta myös varastokatos tai pelkkä varastoalue on mahdollinen, jos kemikaalivuodot pystytään keräämään talteen ja hulevesien keräily on järjestetty hallitusti.

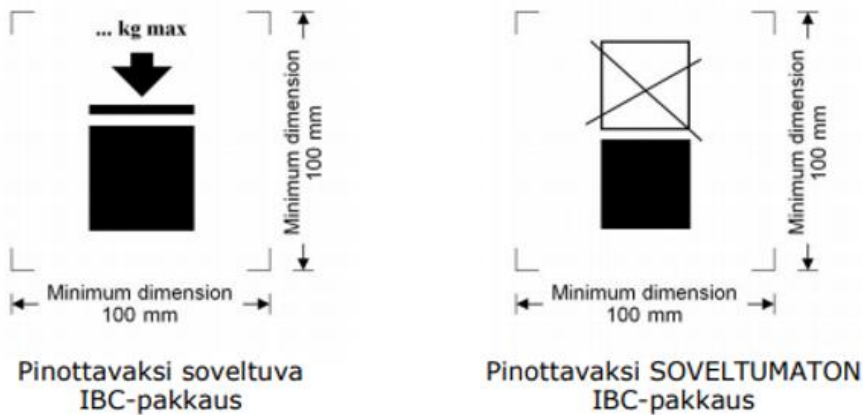
Suunnittelu perustuu mm. seuraaviin asioihin:

- varastoitavien kemikaalien varastointimäärät
- kemikaalien keskinäinen reagointi
- astioiden sijoittelu varastossa
- käytettävien hyllyjen kantavuus
- varastointiin liittyvien oheistoimintojen sijoittaminen ja eristäminen
- riittävät ja turvalliset poistumistiet, riittävä valaistus ja merkinnät
- automaattisen sammutusjärjestelmän tarpeellisuus
- esteetön tulipalon sammutus
- kemikaaleille altistuneiden evakuointi

Tilassa varastoitava kemikaalimäärä suhteutetaan tilan kokoon. Astiat järjestetään riveihin tai ryhmiksi ja niiden väliin jätetään kulkutilaa astioiden siirtämistä varten vähintään työkoneelle määritetyn työskentelysäteen verran.

Astiavaraston suunnittelussa päätetään astioiden sijoittelusta esim. laajalle kentälle, hyllyihin tai päällekkäin. Varastoitaessa astioita päällekkäisillä hyllyillä huomioidaan astioiden mahdollisista vuodoista aiheutuvat vaarat. Hyllyt ja niiden liitokset tarkastetaan säännöllisesti ja varmistetaan, että hyllyjen kantavuus on suunnitellulla tasolla. Mahdolliset törmäykset hyllyihin kirjataan ja hyllyjen kunto tarkistetaan törmäyksen jälkeen.

Astioita tai niiden kuljetuspakkauksia ei saa varastoida toistensa päälle, ellei niitä ole erityisesti suunniteltu ja hyväksytty pinottaviksi. IBC-pakkauksissa on toinen seuraavista merkinnöistä osoittamassa pinottavuutta:



Kuva 7. IBC-pakkausten pinoamismerkintä

Valaistuksen riittävydestä huolehditaan myös ulkovarastoinnissa. Astiavarastossa merkitään kemikaalien varastopaikat hyllyihin tai aluekohtaisesti. Astiat varastoidaan siten, että niiden merkinnät näkyvät ja että vuodot havaitaan riittävän nopeasti.

Vaarallisia jätteitä varastoidaan vain niille soveltuviissa astioissa. Astioista poistetaan tai peitetään aiemmat kemikaalimerkinnät ja ne merkitään sisältöä kuvaavilla vaaramerkinnöillä ja sisältötiedoilla. Jätteiden varastointiin ja kuljetukseen käytettävän astian tarkastuksen voimassaolo tulee varmistaa astiamerkinnästä.

Syttyvät nesteet ja kaasupullot sijoitetaan paloturvallisuuden vuoksi ensisijaisesti ulkovarastoon ja erilleen toisistaan.

## 7.1. Astiavarasto sisällä

Astiavarasto sijoitetaan rakennuksessa omaan palo-osastoonsa. Erityisen tärkeää tämä on palavilla nesteillä. Tämä mahdollistaa erillisen ilmanvaihdon ja vuodon hallinnan sekä helpottaa tulipalotilanteissa henkilöiden pelastamista. Aerosolipakkausten sinkoutuminen tulipalossa estetään asentamalla verkko aerosolihyllyjen eteen.

Kuljetusreitit on pidettävä vapaana ja varastosta tulee taata turvallinen poistuminen. Varasto tulee varustaa ilmanvaihdoilla ja lisäksi tulee varautua vuodon hallintaan.

Mahdollisten kemikaalivuotojen valuminen viereiseen tilaan estetään. Tämä voidaan tehdä esim. kynnyksellä oviaukko, lisäämällä lattiaan rutiläinen vuotokaukalo tai tekemällä tilan lattia ympäröivää tasoa alemmaksi. Sopivin kallistuksin ja kanaalein lattialle vuotanut kemikaali johdetaan vuotovahdilla varustettuun keräilysäiliöön tai -altaaseen. Kemikaalin pääsystä mahdolliseen keräilysäiliöön välitetään tieto valvottuun paikkaan.

Syövyttävien kemikaalien varastossa lattia pinnoitetaan kemikaalia kestävällä materiaalilla. Lattian pinnan tulee kestää varastoitavaa kemikaalia vähintään kaksi vuorokautta.

Hapettavien tai palavien kemikaalien varaston lattiapintojen on oltava palamatonta materiaalia (A1-s1, d0). Seinissä ja katoissa käytetään materiaaleja, jotka eivät juurikaan osallistu paloon ja tuottavat savua vain vähän (A2-s1, d0). Lisätietoa rakenteiden paloturvallisuutta koskevista vaatimuksista löytyy rakennusten paloturvallisuusasetuksesta (848/2017).



Kuva 8. Astiavarasto sisällä

## 7.2. Astiavarasto ulkona

Astiavarastojen sijoitusta suunniteltaessa varmistetaan tuotantolaitoksen turvallinen liikenne ja pelastusteiden käytettävyys. Sijoituksessa on huomioitava myös riittävät vaara- ja suojaetäisyydet tontin rajasta, vaarallisten kemikaalien säiliöistä, tuotantotiloista sekä konttori- ja sosialitiloista. Palavia kemikaaleja ei varastoida ovien, ikkunoiden tai muiden aukkojen läheisyydessä ja muidenkin kemikaalien varastointia näissä paikoissa vältetään.

Sääolosuhteet huomioidaan varaamalla tilaa lumen ja jään poistamiselle. Ulkovarastossa käytetään vain sääolosuhteisiin sopivia astioita. Lastausalue valaistaan hyvin ja sitä valvotaan esim. kameravalvonnalla.

### **Trukin piikki puhkaisi IBC-pakkauksen**

Trukin piikki puhkaisi reiän pesuainetta sisältäneeseen muoviseen IBC-pakkaukseen, jolloin pakkauksen sisältö (1 m<sup>3</sup>) valui laitoksen pihalle ja hulevesiviemäriin. IBC-pakkaus oli vinossa auton lavalla ja trukki liukui jäisellä alustalla päin IBC-pakkausta.

## 7.3 Säiliökontti käyttö- ja varastosäiliönä

Säiliökontista (esim. IBC-pakkaus) kemikaali siirretään putkistoon tai suoraan käyttökohteeseen. IBC-pakkaus vaihdetaan siinä olevan kemikaalin loputtua eli pakkausta ei täytetä käyttökohteessa. Turvallisuustason on käyttökohteessa oltava vastaava, kuin kiinteää säiliötä käytettäessä.

Säiliökontti, jota käytetään prosessiin kiinnitettynä kontin tyhjennyksen ajan, on oltava allastetulla alueella. Altaan on pystyttävä keräämään koko kuljetuskontin tai -osaston tilavuus. Toisin sanoen turvajärjestelmän tulee olla vastaava kuin siirrettäessä kemikaalia täyttö- tai tyhjennyspaikalta varastosäiliöön.

IBC-pakkauksen on oltava kaksivaippainen tai se sijoitetaan suoja-altaaseen, jonka tilavuus vastaa pakkauksen maksimitilavuutta. IBC-pakkauksen ja kuljetuskontin tulee olla VAK-määräysten mukainen ja asianmukaisesti määräaikaistarkastettu (tarkastus 2,5 vuoden välein, muovisäiliöiden käyttöikä on enintään 5 vuotta).

### **Kemikaalivuoto IBC-pakkauksen rikkoutumisesta**

IBC-pakkauksen muovinen venttiili rikkoontui, kun trukki kolhaisi venttiiliä pakkausta siirrettäessä. Natriumhypokloriittia valui maahan noin 600 litraa. Vuoto saatiin loppumaan kääntämällä pakkausta niin, että vuotava venttiili tuli ylöspäin. Pelastuslaitoksen kaasusukeltajat neutraloivat ainetta ennen kuin se kerättiin imeytysaineen avulla.

## 7.4. Vaaralliset kemikaalit laboratoriossa

Laboratoriossa on yleensä pieniä määriä useita eri kemikaaleja, jotka voivat erota toisistaan vaaraomaisuuksiltaan ja reagoida voimakkaasti keskenään. Kemikaalien varastoinnista laboratoriossa tehdään riskinarviointi käyttäen apuna esim. reaktiomatriisia. Keskenään voimakkaasti reagoivat kemikaalit varastoidaan erillään toisistaan.

Syttyvät nesteet ja kaasut varastoidaan erillään syövyttävistä ja hapettavista kemikaaleista. Välittömästi myrkylliset kemikaalit (kategoria 1-3) varastoidaan omissa lukitussa tilassaan. Kaasupullot suositellaan sijoitettavaksi rakennuksen ulkopuolella olevaan kaasukeskukseen, josta kaasu johdetaan putkistolla laboratorioon. Kaasupullot varastoidaan pystyasennossa venttiilien suojahatut paikoillaan ja estetään niiden kaatuminen esim. ketjuilla. Mikäli laboratoriossa varastoidaan kaasupulloja, laboratorion oveen lisätään siitä kertova merkintä. Syttyvien nesteiden ja kaasujen osalta on huomioitava myös ATEX-vaatimukset.

Kemikaaliastiat, joita ei käytetä jatkuvasti laboratoriossa, varastoidaan kemikaalikaapissa tai -varastossa. Varastosta poistetaan säännöllisesti kemikaalit, joita ei enää käytetä ja ne hävitetään ohjeiden mukaisesti. Jotkut kemikaalit, esimerkiksi pikriinihappo, peroksidit ja perkloorihappo, muuttuvat erittäin vaarallisiksi vanhentuessaan tai väkevöityessään.

Kemikaaliastioiden rikkoutumisen varalta kemikaalikaapeissa on suoja-altaat. Kemikaalihöyryjen ja -pölyjen leviämisen estämiseksi kaapit varustetaan poistoilmakanavaan liitettävällä ilmanvaihdolla. Kaappien oviin lisätään kemikaalien vaarominaisuuksia kuvaavat merkinnät. Suurempi määrä syttyvää nestettä varastoidaan palo-osastoidussa kaapissa.

Voimassa olevat käyttöturvallisuustiedotteet pidetään työntekijöiden saatavilla. Lisäksi huolehditaan, että kaikissa kemikaaleja sisältävissä astioissa on sisältöä ja sen vaarallisuutta kuvaavat merkinnät. Laboratorion kemikaaliluettelo ja -määrät on hyvä olla nähtävillä sekä mainittuna pelastussuunnitelmassa ja pelastuslaitoksen kohdekortissa.

## 8. Merkinnät

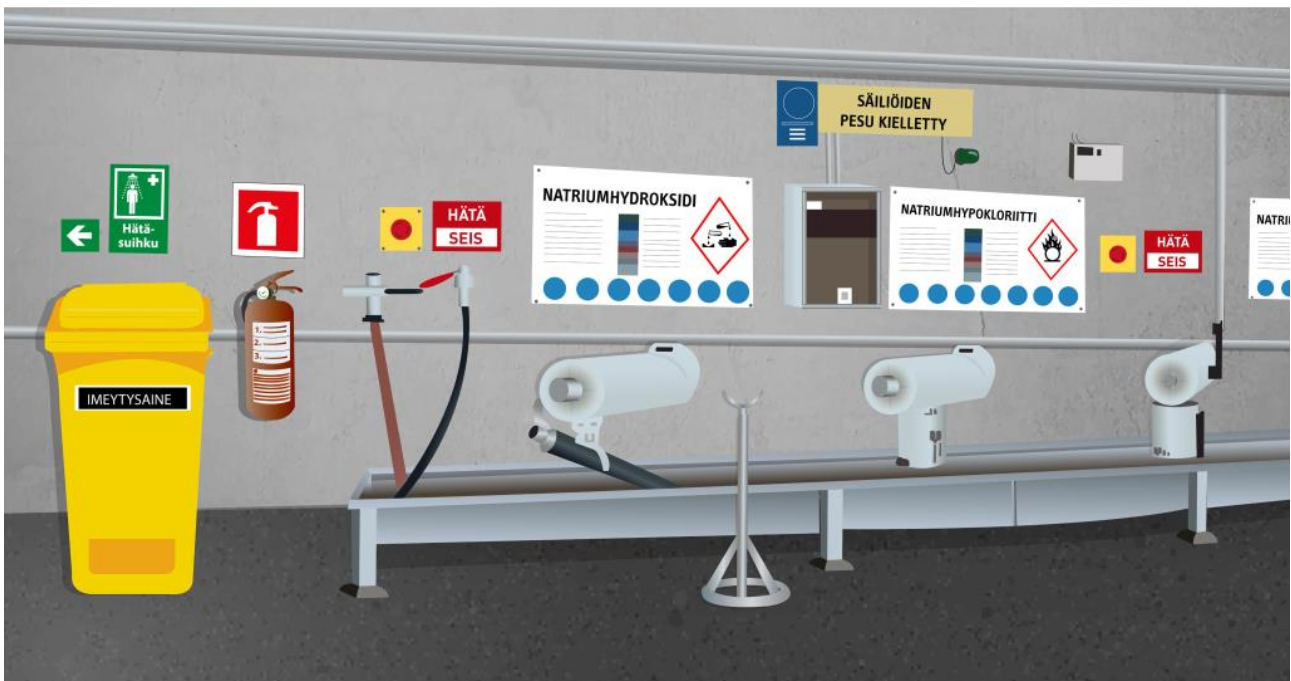
Tilat, laitteistot ja laitteet merkitään turvallisen käytön ja onnettomuustilanteisiin varautumisen edellyttämällä merkinnöillä. Merkinnät voivat olla varoittavia (esim. kemikaalien vaaramerkinnät), informatiivisia (esim. hätäsuihkun sijoitus), kehottavia (esim. suojalasien käyttökehotus) ja kieltäviä (esim. avotulen teko kielletty).

Tiloja merkittäessä periaatteena on se, että merkinnöin kerrotaan jo ovella tilassa olevista vaaroista, kuten vaarallisesta kemikaalista tai räjähdysvaarasta. Samoin merkitään myös ulkona olevat prosessi- ja varastoalueet. Säiliöön merkitään sen sisältö ja vaaramerkintä. Merkintä voidaan tehdä myös säiliön välittömässä läheisyydessä olevaan tauluun.

Kemikaalien varastointipaikat merkitään CLP-asetuksen mukaisin vaaramerkein ja varastoitavan kemikaalin nimellä. Lisäksi merkitään tyhjien ja täysien kaasupullojen ja kemikaaliastioiden paikat. Kemikaaliastioissa ja -pakkauksissa on oltava CLP-asetuksen mukaiset merkinnät.

Täyttö- ja tyhjennyspaikoilla on erityisen tärkeää merkitä kemikaaliyhteet kemikaalin nimellä selvästi ja näkyvästi. Tällä ehkäistään kemikaalien joutumista esim. väärään säiliöön.

Poistumistiet, hätäsuihkut, hätä-seis-painikkeet, alkusammutuskalusto, imeytysaineet ja muut hätätilanteessa tarvittavat kohteet merkitään selvästi. Mm. poistumisteiden merkinnät tehdään myös pimeässä näkyviksi.



Kuva 9. Täyttö- ja tyhjennyspaikan merkinnät

## 9. Turvallisuusjärjestelyt

Turvallisuusjärjestelyt suunnitellaan toiminnan vaarallisuuden mukaan. Turvallisuusjärjestelyissä varaudutaan normaalikäytön lisäksi poikkeus- ja onnettomuustilanteisiin.

### **Kulunvalvonta**

Tehdasalueelle järjestetään riittävä vartiointi ja kulunvalvonta. Toiminnanharjoittajalla on oltava tieto alueella olevista henkilöistä. Asiattomien pääsy alueelle estetään aitaamalla alue ja pitämällä portit suljettuna. Kameravalvonnalla voidaan parantaa turvallisuustasoa.

### **Hätäsuihkut, silmänhuuhtelupaikat**

Hätäsuihkuja ja silmänhuuhtelulaitteita sijoitetaan kohteisiin, joissa on kemikaaliroiskeiden vaara. Tällaisia ovat tyypillisesti kemikaalien täyttö- ja tyhjennyspaikat ja näytteenottopisteet. Hätäsuihkut sijoitetaan helposti luokse päästäviin paikkoihin. Hätäsuihkut ja silmänhuuhtelupaikat merkitään hyvin ja niiden edustat pidetään vapaana. Tarvittaessa hätäsuihkon käyttämisestä välittyy tieto automaattisesti ohjaamoon. Tarkempia ohjeita hätätilanteisiin tarkoitetuista suihkuista on esitetty standardissa SFS-EN 15154.

### **Suojavarusteet**

Toiminnassa käytetään käsiteltävän kemikaalin edellyttämää suojavarustusta. Useimmiten vähimmäisvaatimuksena on käsiteltävää kemikaalia kestävät suojakäsineet, suojajalkineet ja suojalasit, myös suojapäähine ja hengityssuojain voivat olla tarpeen. Syttyviä nesteitä ja kaasuja käsiteltäessä on vaatteiden ja jalkineiden oltava sähköä johtavia. Laitoksella on lisäksi oltava tunnistetuissa onnettomuustilanteissa toimimiseen tarvittavat suojavarusteet, kuten pakomaskit tai kemikaalipuvut.

### **Hätäpysäytys ja ylitäytönesto**

Hätätilanteessa laitos on voitava ajaa turvalliseen tilaan joko manuaalisesti tai automaattisesti. Lisäksi prosessilaitteistoihin asennetaan hätä-seis-painikkeet helposti luokse päästäviin paikkoihin. Putkistoihin lisätään hätäsulut sopiviin kohteisiin. Hätäpysäytys on voitava tehdä myös tulipalo- tai vuototilanteessa.

Vaarallisten kemikaalien säiliöihin lisätään ylitäytönesto, joka pysäyttää säiliön täytön automaattisesti ennalta määritellyssä täyttöasteessa. Tämän lisäksi säiliössä voi olla jo aiemmin hälyttävä pinnanmittaus. Putken tai letkun irrotessa tai vaurioituessa täyttö- ja tyhjennysputkiston venttiilien on sulkeuduttava automaattisesti, tai ne on voitava sulkea turvallisesta paikasta.

### **Hälytysjärjestelmät**

Onnettomuuksista tai niiden uhasta on saatava tieto riittävän aikaisin, jotta tilanteeseen pystytään reagoimaan ajoissa. Tähän tarkoitukseen käytetään hälytysjärjestelmiä, joiden tarve määritellään riskienarvioinnin perusteella. Jos esim. kemikaalin vuodosta voi olla seurauksena tulipalo, räjähdys tai terveys- tai ympäristövaara, käytetään vuodonilmaisinta, ellei vuotoa havaita nopeasti muilla keinoin. Palonilmaisimet laitokselle asennetaan, jos kemikaalit aiheuttavat palovaaraa tai lisäävät seurausten vakavuutta (esim. myrkylliset savukaasut tai hajoamistuotteet, räjähdysvaara).

Hälytysjärjestelmä koostuu antureista, analysointilaitteista ja hälytyksen antavasta laitteesta (esim. valo- tai äänimerkki). Hälytysjärjestelmiin sisältyy esim.

- vuodonilmaisimet
- kaasunilmaisimet
- palonilmaisimet
  - liekin-, savun- tai lämmönilmaisimet
- kuulutusjärjestelmät
- tuulimittarit
- liiketunnistimet

### **Sammutusjärjestelyt**

Vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin tilat varustetaan riittävällä alkusammutuskalustolla ja tarvittaessa siirrettävällä sammutuskalustolla. Lisäksi arvioidaan tarve varustaa tilat ja laitteistot automaattisilla sammutuslaitteistoilla. Automaattisen sammutusjärjestelmän tarpeellisuus arvioidaan kemikaalien ominaisuuksien

(esim. palavuus, hapettavuus), määrän ja tilassa olevan muun palokuorman (esim. puulavat, pakkausmateriaalit, kemikaaliastioiden materiaali) perusteella.

Vesisprinkleri on yleisimmin käytetty sammutuslaitteisto. Sen käyttö edellyttää riittävää vedensaantia. Veden käytön soveltuvuus tilassa varastoitaville kemikaaleille varmistetaan. Sammutusta voidaan tehostaa käyttämällä erilaisia sammutusvahtoja.

Palavien nesteiden käsittely- ja varastointipaikoille tai niiden välittömään läheisyyteen sijoitetaan riittävästi ja helposti saataville laitoksen kemikaaleille soveltuvaa alkusammutuskalustoa. Alkusammutuskaluston edustat pidetään vapaana.

### **Työntekijä altistui kemikaalihuruille**

Pintakäsittelylinjalle menevässä fluorivetyhappoputkessa oli painetta, vaikka happojen pumppaus ei ollut käynnissä. Putken laippaliitoksen pultit olivat löystyneet putkistoon ja laitteistoon kohdistuvan värinän vuoksi. Liitoksen tiiviste petti ja aiheutti fluorivetyhappovuodon. Vuodon seurauksena happohuruja kulkeutui tuotantotilan viereiselle kulkukäytävälle.

Kaasunilmaisimet oli kalibroitu suunnitellusti ja ne olivat toimintakunnossa, mutta kaasunilmaisimien sijoituksessa ei ollut huomioitu kaasun kulkeutumissuuntaa. Tästä syystä ne eivät reagoineet kaasuun riittävän nopeasti ja työntekijä altistui kulkukäytävällä happohuruille.



## 10. Kunnossapito

Kunnossapito voi olla ennakoivaa tai korjaavaa kunnossapitoa. Ennakoivalla kunnossapidolla tai ennakkohuolloilla tarkoitetaan erilaisten vikojen ennaltaehkäisemistä aikataulutettujen huoltojen avulla. Ennakkohuollot sisältävät myös laitteiden tarkastukset ja testaukset. Korjaava kunnossapito on ilmaantuneiden vikojen korjaamista käynnin aikana tai seisokissa.

Tehokas kunnossapito edellyttää hyvää suunnittelua. Työsuunnittelussa otetaan huomioon mm. tehtävien aikatauluttaminen, kunnossapidon resurssit, varaosien hankinta sekä kunnossapitotöiden turvallisuus. Osa kunnossapitotehtävistä voi edellyttää tuotanto-osaston tai -laitoksen seisokkia. Seisokkien suunnittelussa on tärkeää huomioida tuotannon ja kunnossapidon työntekijöiden samanaikaisten töiden aikatauluttaminen ja turvallisuus.

Ennakkohuoltojen, tarkastusten ja testausten aikataulut suunnitellaan riskienarvioinnin, käyttökokemusten, laitteen toimittajan ohjeiden ja lainsäädännöstä tulevien vaatimusten perusteella. Turva-automaatiota käytettäessä automaatiojärjestelmän eheystaso määrää siihen kuuluvien laitteiden testausvälin.

Yrityksillä on oltava käytössä järjestelmä, johon kirjataan sekä ennakkohuollot että korjaukset. Usein käytetään sähköistä järjestelmää, jonne esim. ennakkohuoltojen aikataulut ja sisältö on määritelty. Järjestelmän avulla seurataan huoltojen toteutumista ja sinne kirjataan ennakkohuollon havainnot.

Turvallisuuden kannalta kriittiset laitteet sisällytetään ennakkohuoltosuunnitelmaan. Tällaisia ovat laitteet, laitteistot ja rakenteet, jotka vikaantuessaan voivat aiheuttaa vaaratilanteen suoraan (esim. sähkölaitteet ATEX-tiloissa, sulkuventtiilit) tai joiden toimintaan luotetaan onnettomuuden tapahtumisen estämiseksi (esim. kaasunilmaisimet, pinnanmittaukset).

Kunnossapitosuunnitelmassa määritetään kunnossapidolle vastuuhenkilöt ja -organisaatiot myös silloin, kun tehtäviä on ulkoistettu.

Käynninaikaiseen jatkuvaan kunnonvalvontaan kuuluvat myös valvontakierrokset. Kierroksia tehdään kunnossapito-ohjelman mukaisesti, jossa on kirjattuna myös aiemmin havaitut, seurantaa vaativat poikkeamat. Valvontakierrokset ovat usein aistinvaraista havainnointia ja ne tulee ohjeistaa. Valvontakierrokset kuitataan tehdyksi ja havainnot kirjataan kunnossapitojärjestelmään.

Laajennettuja tarkastuksia tulee tehdä poikkeamatilanteiden (esim. tulvat, suuret räjäytystyöt, lähellä olevat kaivaukset, ylitäytöt, vuodot) jälkeen ja muutostöiden yhteydessä.

Kunnossapitojärjestelmästä saatavia tietoja voidaan hyödyntää

- korjausten ja huoltojen toteutumisen varmistamiseen
- käynninaikaisten valvontakierrosten kohdentamiseen
- korjausten ja huoltojen priorisointiin
- palautteen antamiseen korjaustarpeen ilmoittaneelle työntekijälle
- ennakoivien ja korjaavien toimenpiteiden suhteen seuraamiseen
- prosessiturvallisuuden mittaamiseen (aikataulussa toteutuneet huollot, tavoiteajassa toteutuneet korjaukset, vikaantumistilasto jne.).

Ennen kunnossapitotöiden aloittamista seuraavat asiat tulee olla mietittynä:

- tarkastusten ja testausten järjestäminen
  - käytettävät tarkastusmenetelmät (varmistetaan tekijän esim. NDT-pätevyys)
  - laitteen tarkastuspisteet
  - tarkastustulosten dokumentointi ja analysointi
- puhdistustaso (laitteen tyhjennys, pesu, hionta jne.)
- telineiden tarve ja rakentaminen
- valaistuksen järjestäminen
- työluvan tarve
- työsuojeelliset seikat

## 10.1 Säiliöiden kunnossapito

Säiliön valvontakierroksella kiinnitetään huomiota erityisesti seuraaviin seikkoihin:

- säiliön varusteiden kunto (miesluukku, tiivisteet jne.)
- mahdolliset merkit vuodoista tai laitteiden toimintahäiriöistä (valumat, äänet, asennot, värähtelyt jne.)
- laitteiden käyttöarvot (pinnankorkeudet, paineet, lämpötilat jne.)
- säiliön perustus ja siihen liittyvät tiivistykset ja kiinnityspultit
- säiliön tukirakenteet, esim. jalat, satula ja helma
- säiliön korkeusasema ja suoruus
- portaiden ja tikkaiden aiheuttamat jännitykset säiliön seinämiin
- säiliöiden eristeiden kunto
- säiliön merkinnät ja kilpi
- ilmaputken toiminta ja ilmaputken ympäristö syöpymien varalta
- pohjavuotojen tarkkailuun liittyvät järjestelmät esim. juoruputki

Kunnossapitoa, huoltoa, käyttöä ja tarkastusta varten säiliössä tulee olla tarvittaessa portaat ja hoitotasot kaiteineen ja askeltukineen. Lisävarusteina voi olla sekoittimia, lämmittämiä jne., joiden aiheuttama kuormitus tasataan tukirakenteilla.

Tarkastuksia ovat esimerkiksi ulkopuolinen ja sisäpuolinen tarkastus, varusteiden ja mittalaitteiden tarkastus ja kalibrointi, muutostyöhön liittyvät tarkastukset sekä paine- ja tiiveyskokeet. Valittujen tarkastuskohteiden on kuvattava säiliön yleistä kuntoa ja oltava puhtaita. Tarkastusmenetelmien on oltava kohteeseen sopivia sekä kohtuullisesti ja luotettavasti toistettavissa.

Sisäpuolisessa tarkastuksessa havaitaan myös pistemäiset ja nesterajapinnoissa olevat syöpymät. Säiliön pohjan korroosion selvittäminen onnistuu yleensä vain sisäpuolisessa tarkastuksessa.

Säiliöiden tarkastuksissa käytetään ainetta rikkomattomia menetelmiä ja erilaisia kuvauksia (NDT-tarkastuksia). Säiliön kuntoa seurataan mm. seinämän paksuusmittauksilla. Ultraäänitarkastusta käytetään säiliön seinämän paksuuden mittaamisen lisäksi säröjen ja syöpymien paikallistamiseen. Vaurioita etsitään myös pintatarkastusmenetelmillä, joita ovat mm. tunkeumaneste- ja magneettijauh tarkastus. Muita ainetta rikkomattomia tarkastuksia ovat pyörrevirtatarkastukset sekä röntgen- ja lämpökamerakuvaukset. Mittausmenetelmät ja -laitteet kehittyvät jatkuvasti, joten ajan tasalla pysyminen on hyvä varmistaa olemalla tiiviissä yhteistyössä tarkastuslaitosten kanssa.

### 10.1.1 Säiliöiden tarkastussuunnitelma

Tarkastussuunnitelmassa määritetään mm. seuraavat:

- käytettävät tarkastusmenetelmät eri kohteissa
- kriteerit säiliön korjaustarpeelle (esim. syöpymän syvyys ja laajuus, mekaaninen kuluminen)
- tarkastustulosten ja -paikkojen dokumentointi (esim. valokuvaus, merkintä rakennepiirustuksiin)

Vaarojen tunnistuksen ja niiden seurausvaikutuksien arvioinnin perusteella voidaan tunnistaa ne säiliöt, joihin on kiinnitettävä erityistä huomiota kunnossapitosuunnitelmaa laadittaessa. Riskienarvioinnin perusteella määritetty kohteen kriittisyys ohjaa tarkastusten sisältöä, laajuutta ja jaksotusta.

Säiliöiden kuntoon liittyvien tarkastusten välit määräytyvät käytännössä sijoituksen, sisällön vaarallisuuden, käytetyn materiaalin, käytöstä saatujen havaintojen ja tarkastustulosten sekä valmistajan ohjeiden perusteella. Yleensä kemikaalisäiliöt tarkastetaan noin viiden vuoden välein. Uuden säiliön ensimmäinen tarkastus tehdään kuitenkin pian käyttöönoton jälkeen niiden virheiden havaitsemiseksi, joita ei ole voitu todeta käyttöönottotarkastuksella.

Tarkastusväliä voidaan pidentää, jos ensimmäisillä tarkastuksilla havaitaan vain vähäisiä poikkeamia. Säiliön tarkastusväli on arvioitava uudestaan, jos prosessissa tapahtuu muutoksia (esim. kemikaali, liuoksen väkevyys, lämpötila, pH).

## Tarkastuksen yhteydessä auki jäänyt venttiili aiheutti kemikaalivuodon

Varastoalueen säiliö oli kunnossapitotöiden yhteydessä tarkastettu ja tuuletettu. Tuuletuksen jälkeen säiliön pohjaventtiili ja pumppauslinjan venttiili oli jätetty avoimeksi. Myöhemmin säiliössä päätettiin varastoida kemikaalia ja kunnossapito vahvisti säiliön käyttöönoton. Tarkastuksen jälkeen tai käyttöönoton yhteydessä ei kuitenkaan ollut huomioitu auki olleita venttiileitä, minkä seurauksena säiliöön pumpattu kemikaali vuoti vallitilaan. Tarkastuksen tai käyttöönoton yhteydessä ei käytetty tarkistuslistaa.

### 10.1.2 Säiliöiden korjaussuunnitelma

Säiliön korjaukset tehdään heikentämättä säiliön rakennetta ja tiiveyttä.

Korjaussuunnitelmassa huomioidaan (ks. säiliökirja):

- materiaalien yhteensopivuus (esim. lämpölaajeneminen ja kemiallinen yhteensopivuus)
- samansuuntaiset hitsausseamat sijoitetaan riittävälle etäisyydelle toisistaan
- hitsaajien pätevyudet
- perustuksissa käytetty tasoitusmateriaali (hitsaus saattaa vaurioittaa tasoitusmateriaalia; syttyminen, sulaminen)
- lopputuloksen tarkastus ja testaus
- säiliön erottaminen joko kokonaan putkistosta tai eristäminen kahdella venttiilillä tai umpilaipalla.

Jos säiliön rakennetta muutetaan alkuperäisestä, tarkastuslaitos tekee säiliölle rakennetarkastuksen. Tällaisia muutoksia ovat esimerkiksi:

- nestepinnan alapuolisten putkiyhteiden lisäys, tarkastusaukkojen suurentaminen tai lisäys
- säiliön vaipan muutokset
- muutokset säiliön pohjarakenteessa
- kiinteän katon lisääminen kelluvakattoiseen säiliöön.

Jos säiliön rakenne ei muutu korjattaessa, varmistetaan korjauksen asianmukaisuus tarvittavin tarkastuksin. Paras tapa varmistua korjauksen asianmukaisuudesta on teettää säiliölle rakennetarkastus tarkastuslaitoksella.

## 10.2 Muiden järjestelmien kunnossapito

### 10.2.1 Ilmanvaihto

Kunnossapitojärjestelmään sisältyy myös ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden tarkastus, testaukset ja kanaviston puhdistus tai nuohous. Tarkastuksella varmistetaan, että

- kanava ei ole vioittunut, litistynyt tai tukittu,
- moottorien kilahihnat ovat rispaantumattomat,
- kanavistossa olevat mittalaitteet ja hälytykset tai lukitukset ovat kunnossa ja
- järjestelmä toimii alkuperäisen tai tehtyjen muutosten suunnitelmien mukaisesti.

Toimivuuden tarkastus käsittää myös ilmanvaihtomittauksen, josta saatua tulosta verrataan suunnitteluarvoihin. Kanaviston puhdistuksen (nuohous) aikaväli riippuu kohteesta. Aikaväli on lyhyempi kohteissa, joissa ilmanvaihto on turvallisuuskriittinen toiminto (ATEX-tilat, valvomot ja erilaiset suojatilat). Riskinä voi olla myös kanaviston likaantuminen erilaisista höyryistä tai pölystä.

Kanaviston tarkastus- tai puhdistusväli määritetään kanaviston suunnittelijan ohjeiden ja saatujen käyttökokemusten perusteella. Kun kanavisto kulkee eri palo-osastojen läpi, on tarkastuksin varmistettava, että osastointi on edelleen asianmukainen.

### 10.2.2 Turva-, mittaus- ja säätölaitteet

Turva-, mittaus- ja säätölaitteille määritellään valmistajan huolto-ohjeiden perusteella tarkastus- ja testausväli sekä menettelyt, joilla järjestelmien luotettavuutta ylläpidetään. Turvallisuuskriittiset mittalaitteet testataan toimittajan ohjeiden mukaan käyttöolosuhteet huomioiden ja kalibroidaan vähintään vuoden välein.

Määräaikaistestausten tarkoituksena on varmistaa, ettei laitteistoissa ole piileviä turvallisuutta vaarantavia vikaantumisia sekä todeta, että järjestelmät toimivat kaikilta osin suunnitellulla ja luotettavalla tavalla. Tarkastuksen tekijältä (oma henkilökunta / tarkastuslaitos) vaadittava pätevyys tulee selvittää. Testaukset ja tarkastukset dokumentoidaan. Turva-automaatioon liittyvien järjestelmien testausväli on useimmiten 6 kk – 2 v.

#### **Turvallisuuskriittisen laitteen vikaantuminen aiheutti ylivuodon**

Yrityksen jätevedenkäsittelyprosessissa happopitoista jätevettä tulvi suoja-altaaseen. Ylivuodon aiheutti pinnanmittausjärjestelmän toimintahäiriö, minkä vuoksi säiliö täyttyi ja vuoti yli. Pumpuissa oli ollut jonkin verran toimintahäiriöitä aiemmin ja kunnossapidon työntekijät olivat huoltaneet pumppuja. Toiminnanharjoittajalla oli laitteistolle kunnossapito-ohjelma, mutta pinnanmittauslaitteita ei ollut tunnistettu turvallisuuskriittisiksi laitteiksi ja siksi ne eivät sisältyneet kunnossapito-ohjelmaan. Laitteiden vikaantuminen havaittiin vasta ylivuodon yhteydessä.

### 10.2.3 Sammutus- ja palohälytysjärjestelmät

Rakennusten sprinklerilaitteistojen ja hätäkeskukseen liitettyjen paloilmoinlaitteistojen asennus- ja huoltotöitä saavat tehdä vain asennusliikkeet, joilla on asianmukainen pätevyys tehtävään. Hyväksytyt liikkeet on listattu Tukesin ylläpitämään rekisteriin. Näiden laitteistojen käyttöönotto- ja määräaikaistarkastuksista on olemassa tarkemmat vaatimukset, jotka on esitetty Tukesin verkkosivuilla [Tuotteet ja palvelut - Turvallisuus- ja kemikaalivirasto \(Tukes\)](#)

Säiliöiden ja vallitilojen vaahtosammutuslaitteistojen toimintavalmius on kohteen toiminnanharjoittajan vastuulla. Laitoksen kunnossapitojärjestelmässä kuvataan sammutusjärjestelmän ja vaahtokonsentraatin käyttökelpoisuuden tarkastus ja testaus. Apuna tarkastuksen toimintaohjeita ja määräaikoja määritettäessä on syytä käyttää laitevalmistajien ja vaahtotoimittajan antamia yleisohjeita. Näiden perusteella tuotantolaitos määrittelee yksityiskohtaisemmat ohjeet ja vastuuhenkilöt tehtävien suorittamiselle.

Sammutus- ja palohälytysjärjestelmien ylläpito on toiminnanharjoittajan vastuulla: kuukausikokeilut, vuosihuollot, määräaikaistarkastukset valtuutetun tarkastusliikkeen tekemänä. Lisäksi säiliöiden, vallitilojen sekä täyttö- ja tyhjennyspaikkojen kohdesuojausten (vesivalelulaitteistot, vaahtoduslaitteistot, vesisumulaitteistot, vaahtodusyhteet jne.) toiminta testataan säännöllisesti ja niille määritellään ennakko- ja huoltovälit.

Myös sammutusvesijärjestelmän ja sammutusjätevesien keruujärjestelmän (esim. pumput, varavoimakoneet, palopostit, venttiilit) toimivuus testataan määräajoin. Järjestelmien testaukset voidaan osittain toteuttaa myös sisäisen pelastussuunnitelman harjoittelun yhteydessä. Tällöin voidaan tarkistaa myös laitteiden käyttöohjeistuksen asianmukaisuus.

Tärkeää laitteistojen testaamisen jälkeen on muistaa asettaa kaikki laitteistot, venttiilit, kytkimet yms. normaaliin toimintatilaan, että todellisessa palotilanteessa laitteisto toimii suunnitellulla tavalla.

## Liite 1. Säiliökirjan sisältö

1. Valmistajan vakuutus siitä, että säiliö on rakennettu ja tarkastettu säädösten mukaisesti
2. Säiliön rakennesuunnitelma piirustuksineen
3. Säiliön rakentamisasiakirjat:
  - 3.1. Ainestodistukset
  - 3.2. Reuna- ja pohjalevyjen sulatusnumerokartta
  - 3.3. Hitsausohjeet ja hitsauskartta
  - 3.4. Luettelo hitsaajista ja heidän pätevyksistään
  - 3.5. Hitsauslisäaineeselvitykset
  - 3.6. Selvitykset lämpökäsittelyistä
  - 3.7. Selvitykset korroosiosuojauksesta
4. Säiliön tarkastusasiakirjat:
  - 4.1. Tarkastustodistus
  - 4.2. Pöytäkirjat ainetta rikkomattomista tarkastuksista kaavioineen
  - 4.3. Pohjan ja katon tiiviystarkastuspöytäkirjat
  - 4.4. Vesitäytön pöytäkirja
  - 4.5. Vaipan yhteiden vahvistuslevyjen tiiviystarkastuspöytäkirjat
  - 4.6. Sisäpuolisen paineenalaisen putkiston painekoepöytäkirja
5. Perustusasiakirjat:
  - 5.1. Piirustukset
  - 5.2. Asiantuntijan lausunnot
6. Säiliön huolto- sekä sisä- ja ulkopuolinen tarkastussuunnitelma sekä pöytäkirjat tehdyistä tarkastuksista havaintoineen.
7. Tehdyt korjaustoimet ja mahdolliset rakenteen muutokset

## Liite 2. Kemikaalien reaktio-ominaisuuksia (lähde: OVA-ohjeet)

<b>Ammoniakki</b>	Ammoniakki reagoi kiivaasti ja lämpöä kehittäen happojen ja hapettimien kanssa. Aine voi muodostaa räjähtäviä yhdisteitä kullaan, hopean ja elohopean sekä näiden yhdisteiden kanssa. Halogeenit (fluori, kloori, bromi ja jodi), hypokloriitti ja etyleenioksidi voivat aiheuttaa räjähdysten sekoittuessaan ammoniakkin kanssa.
<b>Ammoniumnitraatti</b>	Ammoniumnitraatti on voimakas hapetin. Ammoniumnitraatin kanssa yhteensopimattomia aineita ovat räjähdystarvikkeet, syövyttävät aineet kuten hapot ja emäkset, kloraatit, kloriitit, hypokloriitit ja kloridit, permanganaatit, rikki ja hienojakoiset metallijauheet (esimerkiksi sinkki, kadmium, kupari, magnesium, lyijy). Lisäksi yhteensopimattomia aineen kanssa ovat puristetut, nesteytetyt tai paineenalaisena liuotetut kaasut, palavat nesteet ja polttoaineet, öljyt, rasvat ja vahat, heinä ja olki, paperi ja hienojakoinen puuaines.
<b>Asetoni</b>	Asetoni on helposti haihtuva neste. Asetoni reagoi voimakkaasti hapettavien aineiden, esimerkiksi peroksidien, nitraattien ja perklooraattien, bromoformin, kloroformin ja emästen, happojen, bromin sekä rikkidikloridin kanssa.
<b>Asetyleeni</b>	Asetyleeni on voimakas pelkistin ja se reagoi kiivaasti hapettavien aineiden kanssa aiheuttaen palo- ja räjähdysvaaran. Asetyleeni muodostaa räjähtäviä asetyleidejä raskasmetallien, kuten kuparin, hopean ja elohopean kanssa.
<b>Etanoli</b>	Etanoli on yleensä stabiili. Se reagoi kiivaasti voimakkaiden hapettimien, kuten kromitrioksidin, kloorin oksidien, typpihapon, perklooraattien ja permanganaattien kanssa aiheuttaen palo- ja räjähdysvaaran. Etanoli reagoi myös vetyperoksidin, alkalimetallien, nitraattien, perkloorihapon, happojen, happoanhydridien, kalsiumhypokloriitin, hopeaoksidin, bromidien ja ammoniakkin kanssa aiheuttaen palo- ja räjähdysvaaran. Etanoli saattaa reagoida kuumun alumiinin kanssa aiheuttaen metallin syöpmistä.
<b>Etikkahappo</b>	Useimmat metallit, emäkset, amiinit ja voimakkaat hapettimet (kromihappo, peroksidit, permanganaatit ja typpihappo) voivat reagoida kiivaasti etikkahapon kanssa. Perkloorihappo voi reagoida etikkahapon kanssa räjähtäen.
<b>Etikkahappoanhydridi</b>	Hapettimet ja hapot (vahvat mineraalihakot ja orgaaniset hapot) voivat aiheuttaa etikkahappoanhydridin kanssa lämpötilan ja paineen nousun. Reaktio voi olla riittävän kiivas aiheuttamaan räjähdysten. Vesi reagoi etikkahappoanhydridin kanssa muodostaen etikkahappoa. Etikkahappo voi edelleen katalysoida reaktiota veden kanssa aiheuttaen voimakkaan kiehumisen. Emäkset (natriumhydroksidi), amiinit ja alkoholit voivat reagoida kiivaasti etikkahappoanhydridin kanssa.
<b>Happi</b>	Happi on normaalisti stabiili. Se on voimakas hapetin ja yhdistyy vaihtelevissa lämpötiloissa kaikkiin alkuaineisiin, paitsi jalokaasuihin, muodostaen yleensä oksideja. Happikaasu saattaa syövyttää joitain metalleja erityisesti kosteissa olosuhteissa. Nestemäisen hapen kylmät höyryt haurastuttavat hiiliterästä ja useimpia seosteräksiä.
<b>Hydratsiini</b>	Hydratsiini on voimakas pelkistin ja heikko emäs. Se reagoi kiivaasti voimakkaiden hapettimien, kuten vetyperoksidin ja vahvojen happojen, kanssa. Hydratsiini syövyttää muun muassa lasia, kumia ja korkkia. Hydratsiini on itsestään syttyvä kemikaali.
<b>Kaliumsyyanidi</b>	Kaliumsyyanidi ei reagoi kuivana. Happamasta liuoksesta vapautuu erittäin myrkyllistä syaanivetykaasua. Ilman hiilidioksidi on kyllin vahva happo kehittämään syaanivetyä neutraalista syanidiliuoksesta. Kaliumsyyanidin reaktiossa happojen tai niiden suolojen kanssa muodostuu syaanivetyä. Kaliumsyyanidi voi reagoida kiivaasti vahvojen

	<p>hapettimien, kuten nitraattien, nitriittien, peroksidien ja kloraattien kanssa. Kaliumsyaniidiliuokset syövyttävät metalleja ja metalliseoksia sekä joitakin muoveja.</p>
<b>Kevyt polttoöljy</b>	<p>Kevyt polttoöljy on palava neste. Aine syttyy lämmön, kipinöiden ja liekkien vaikutuksesta. Öljysumu syttyy kaikissa lämpötiloissa. Lämpimästä kevyestä polttoöljystä haihtuva höyry muodostaa ilman kanssa syttyvän seoksen. Kevyen polttoöljyn säiliö voi repeytyä tulipalon kuumentamana. Kevyen polttoöljyn palamistuotteita ovat hiilidioksidi ja vesi sekä epätäydellisessä palamisessa hiilimonoksidi.</p>
<b>Kloori</b>	<p>Kloorikaasun ja vesihöyryn seos muodostaa myrkyllistä ja syövyttävää kloorivetyä, joka syövyttää terästä ja useimpia muita metalleja. Kuiva kloorikaasu syövyttää alumiinia, titaania ja tinaa. Nestekloori vahingoittaa muoveja. Kloori reagoi kiivaasti tiettyjen orgaanisten ja epäorgaanisten aineiden, kuten ammoniakkin ja fosforin, kanssa. Kloori reagoi hiilivetykaasujen (metaani, etaani, asetyleeni) kanssa räjähtäen. Kloorin ja vedyn seos on räjähtävä.</p>
<b>Klooridioksidi</b>	<p>Klooridioksidi on voimakas hapetin. Aine on epästabiili kaasu, joka hajoaa lämmön ja valon vaikutuksesta. Suurissa pitoisuuksissa hajoamisreaktiot ovat räjähdysnomaisia. Klooridioksidi reagoi voimakkaasti orgaanisten aineiden kanssa ja voi räjähtää sekoittuessaan muun muassa hiilimonoksidin, butadieenin, etaanin, eteenin, metaanin tai propaanin kanssa. Aine reagoi räjähdysnomaisesti di- ja trifluoriamiinien sekä kaliumhydroksidin kanssa. Klooridioksidin ja elohopean seos räjähtää ravisteltaessa. Emästen kanssa sekoittuessa muodostuu kloriitteja ja kloraatteja. Klooridioksidi reagoi veden ja kosteuden kanssa valon vaikutuksesta muodostaen pääasiassa kloorivetyä ja kloorihappoa sekä klooria ja kloorihapoketta. Klooridioksidi syövyttää useimpia metalleja ja kumia sekä rakennusmateriaaleja.</p>
<b>Kromihappo</b>	<p>Kromitrioksidi on normaalisti stabiili, mutta se hajoaa yli 250 °C:ssa kromioksidiksi ja hapeksi aiheuttaen palovaaran. Kromitrioksidi on voimakas hapetin. Se reagoi kiivaasti palavien ja pelkistävien aineiden kanssa aiheuttaen palo- ja räjähdysvaaran. Kromitrioksidin vesiliuos (kromihappo) on vahva happo, joka reagoi emästen kanssa ja on syövyttävää. Kromitrioksidi syövyttää terästä, rautaa, kuparia, pronssia, messinkiä, nikkeliä, alumiinia ja hopeaa.</p>
<b>Metanoli</b>	<p>Metanoli on yhteensopimaton voimakkaiden hapettimien kanssa. Metanoli voi reagoida voimakkaasti perkloorihapon, kromianhydridin, lyijyperklooraatin tai fosforitrioksidin kanssa. Metanoli liuottaa lakkoja, maaleja ja rasvoja sekä syövyttää alumiinia ja lyijyä.</p>
<b>Natriumkloraatti</b>	<p>Natriumkloraatti on voimakas hapetin happamissa ja neutraaleissa olosuhteissa, joten se reagoi kiivaasti hapettuvien aineiden kanssa. Aine voi reagoida räjähdysnomaisesti palavien aineiden, ammoniumyhdisteiden, rikkiyhdisteiden ja metallijauheiden kanssa. Vahvojen happojen kanssa aine muodostaa klooria ja klooridioksidia. Natriumkloraatti syövyttää sinkkiä ja joitakin teräslaatuja.</p>
<b>Natriumhydroksidi</b>	<p>Vahvat hapot reagoivat natriumhydroksidin kanssa kiivaasti. Natriumhydroksidin liuetessa veteen vapautuu lämpöä. Aine absorboi ilmasta hiilidioksidia ja vettä. Natriumhydroksidi syövyttää metalleja, kuten sinkkiä, magnesiumia ja alumiinia vapauttaen syttyvää vetykaasua.</p>
<b>Natriumhypokloriitti</b>	<p>Natriumhypokloriittiliuos reagoi emäksisesti stabilisaattoriksi lisätyn lipeän vuoksi. Aine on voimakas hapetin, joten se reagoi palavien aineiden kanssa kiivaasti. Aine reagoi happojen kanssa, jolloin vapautuu kloorikaasua. Kuumassa ja auringonvalossa</p>

	natriumhypokloriitti hajoaa, jolloin vapautuu happea. Typpiyhdisteiden, kuten ammoniakkin, urean ja amiinien kanssa voi muodostua myrkyllisiä ja reaktiivisia klooriamiineja ja vapautua typpikaasua. Ammoniumsuolojen kanssa muodostuu lisäksi räjähtävää typpitrikloridia, jos happoa on läsnä. Metanolin kanssa voi muodostua räjähtävää metyylihypokloriittia. Natriumhypokloriittiliuos syövyttää heikosti metalleja ja liuottaa nahkaa, eräitä muoveja, tekstiilejä, terästä sekä betonia.
<b>Nestekaasu</b>	Nestekaasuvuoto voi aiheuttaa ulkona syttymisvaaran ja sisällä lisäksi räjähdysvaaran. Nestekaasun ja ilman syttyvä seos voi syttyä mistä tahansa syttymislähteestä. Syttynyt seos palaa humahtaan.
<b>Rikkihappo</b>	Väkevä rikkihappo tuottaa lämpöä liuutessaan veteen ja reagoi kiivaasti muun muassa useiden metallien kanssa. Väkevä rikkihappo vapauttaa myrkyllistä kaasua syanideista (vetycyanidi), sulfideista (rikkivety) ja karbideista (asetyleeni). Rikkihapon reaktio klooraattien, perklooraattien ja kaliumpermanganaatin kanssa voi aiheuttaa vapautuvien happiyhdisteiden vuoksi räjähdysvaaran. Aine absorboi ilmasta vettä. Rikkihappo syövyttää nopeasti muun muassa alumiinia, kuparia ja niitä sisältäviä seoksia. Reaktiossa metallien kanssa voi kehittyä syttyvää vetykaasua. Orgaaniset aineet, erityisesti vetyä ja happea sisältävät, kuten paperi ja puuvilla hiiltävät rikkihapon vaikutuksesta ja voivat syttyä.
<b>Rikkivety</b>	Rikkivety on pelkistin, joten se voi reagoida hapettavien aineiden kanssa voimakkaasti. Aine syövyttää metalleja ja muodostaa metallisulfideja. Vesiliuoksessa rikkivety reagoi happamasti.
<b>Suolahappo</b>	Kloorivety reagoi voimakkaasti vahvojen hapettimien kanssa, jolloin vapautuu kloorikaasua. Reagointi metallien ja pelkistävien aineiden kanssa vapauttaa syttyvää vetykaasua. Kloorivety voi reagoida alkoholien, glykolien, amiinien, ketonien ja tyydyttymättömien alifaattisten hiilivetyjen kanssa vapauttaen lämpöä. Reaktiossa aldehydien ja epoksidien kanssa tapahtuu voimakasta polymeroitumista. Kloorivety voi reagoida formaldehydin kanssa muodostaen myrkyllistä bis(kloorimetyyli)etteriä. Suolahappo on vahva happo, joka syövyttää metalleja. Suolahappo reagoi räjähdyksenomaisesti kaliumpermanganaatin ja natriumin kanssa. Sekoittuminen rikkihapon kanssa vapauttaa kloorivetykaasua.
<b>Typpihappo (väkevä)</b>	Aine reagoi kiivaasti eräiden orgaanisten aineiden kanssa (muun muassa alkoholit, etikkahappo, palavat nesteet ja kaasut) sekä rikkivedyn, kromihapon ja syaanivetyhapon kanssa. Reaktio voi aiheuttaa syttymisvaaran ja reaktiossa voi vapautua myrkyllisiä typen oksideja. Aine syövyttää useimpia metalleja, muun muassa kuparia ja rautaa, sekä tekstiilejä. Metalleja syövyttäessään ja kuumentuessaan aine vapauttaa myrkyllisiä typen oksideja. Aineen liuutessa veteen vapautuu lämpöä ja myrkyllisiä typen oksideja.
<b>Vetyperoksidi</b>	Vetyperoksidi on voimakkaasti hapettava aine. Se hajoaa lämmön ja auringonvalon vaikutuksesta, jolloin vapautuu happea ja vettä. Myös metallit (esimerkiksi rauta, kupari, sinkki, kromi, nikkeli) ja epäpuhtaudet katalysoivat hajoamista. Hajoamisen estämiseksi vetyperoksidiin on lisätty stabiloimisainetta, kuten esimerkiksi fosfori-, rikki-, boori- tai sitruunahappoa, asetaniilidia tai asetofenetidiiniä.







## Ohjeita kemikaalien yhteensopivuustaulukkoon

X merkitsee, että reaktiivinen ryhmä muodostaa vaarallisen yhdistelmän ko. tuotteen kanssa.

### Reaktiivisuuspoikkeamat kemikaaliryhmissä

**A** Akroleiini (19), krotonaldehydi (19) ja 2-etyyli-3-propyyliakroleiini (19) eivät ole yhteensopivia ryhmän 1, ei-hapettavien epäorgaanisten happojen kanssa.

**B** Isoforoni (18) ja mesityylioksidi (18) eivät ole yhteensopivia ryhmän 8, aminoalkoholien kanssa.

**C** Akryylihapo (4) ei ole yhteensopiva ryhmän 9, aromaattisten amiinien kanssa.

**D** Allyylialkoholi (15) ei ole yhteensopiva ryhmän 12, isosyanaattien kanssa.

**E** Furfuryylialkoholi (20) ei ole yhteensopiva ryhmän 1, ei-hapettavien epäorgaanisten happojen kanssa.

**F** Furfuryylialkoholi (20) ei ole yhteensopiva ryhmän 4, orgaanisten happojen kanssa.

**G** Dikloorietyylieetteri (36) ei ole yhteensopiva ryhmän 2, rikkihapon kanssa.

**H** Trikloorietyyleeni (36) ei ole yhteensopiva ryhmän 5, emästen kanssa.

Etyleenidiamiini ei ole yhteensopiva etyleenidikloridin (6) kanssa.