

LUKU 10 B

POHJOISMAISSA SATTUNEITA KEMIKAALIONNETTOMUUKSIA VUOSINA 1984–1992

Teksti sisältää aiemman Tokevan / eTokevan luvun 10. Luvussa on esitetty sekä tilastotietoa että tapausesimerkkejä.

10b.1 JOHDANTO

10b.2 TAPAHTUNEET ONNETTOMUUDET AINERYHMITÄIN

10.2.1 Onnettomuuksien ryhmittely

10.2.2 Kaasut tai kaasuja muodostavat kemikaalit

10.2.3 Palavat nesteet

10.2.4 Itsestään helposti syttyvät kiinteät aineet

10.2.5 Hapettavat aineet

10.2.6 Myrkylliset aineet

10.2.7 Syövyttävät aineet

10b.3 YHTEENVETO

10b.4 LÄHDELUETTELO

YHTEENVETO SUOMESSA VUOSINA 1988 - 1992 SATTUNEISTA KEMIKAALIONNETTOMUUKSISTA

10b POHJOISMAISSA SATTUNEITA KEMIKAALIONNETTOMUUKSIA

10b.1 JOHDANTO

Tässä työssä on tutkittu Pohjoismaissa vuosina 1984 - 1992 tapahtuneita kemikaalionnettomuuksia ja niiden torjuntaa. Onnettomuuskuvaukset ovat peräisin Suomen (Palontorjunta, vuosikerrat 1984 - 1992), Ruotsin (Brand & Räddning, 1984 - 1992), Tanskan (Brandvaern, 1984 - 1992) ja Norjan (Brann & Sikkerhet, 1987 - 1992) paloalan lehdistä. Suomen osalta on aineistona käytetty lisäksi päivälehdissä olleita uutisia kemikaalionnettomuuksista. Norjalaisessa Brann & Sikkerhet -lehdessä oli kuvauksia kemikaalionnettomuuksista erittäin vähän (2 kpl). Mikäli myös Norjassa sattuneista onnettomuuksista halutaan kattavampi selvitys, on käytettävä muita lähteitä. Tämän selvityksen puitteissa siihen ei kuitenkaan ollut mahdollisuuksia.

Käytettävissä olevien kuvausten avulla on pyritty selvittämään onnettomuuksissa tavallisimmin mukana olleet aineet ja aineryhmät, onnettomuustyyppit, onnettomuuksien tapahtumapaikat ja käytetyt torjuntamenetelmät. Tavoitteena on hankkia aineistoa torjuntamenetelmien ja -valmiuden kehittämiseksi sekä kemikaali- tai kemikaaliryhmäkohtaisten torjuntaohjeiden laatimiseksi onnettomuuksien varalle.

10b.2 TAPAHTUNEET ONNETTOMUUDET AINERYHMITTÄIN

10b.2.1 Onnettomuuksien ryhmittely

Onnettomuudet on ryhmitelty vaarallisten aineiden kuljetuksissa käytettyjen vaaran - tunnusnumeroiden mukaan. Vaaran tunnusnumero koostuu kahdesta tai kolmesta numerosta, jotka ilmaisevat seuraavat vaarat:

- 2 kaasun muodostus paineen tai kemiallisen reaktion seurauksena
- 3 palava neste (höyry) ja kaasu
- 4 helposti syttyvä kiinteä aine
- 5 hapettava (sytyttävä) vaikutus
- 6 myrkyllisyys
- 8 syövyttävyyys
- 9 itsestään alkava kiivas reaktio

Numeron toistuminen merkitsee vaaran lisääntymistä. Jos aineen vaara on osoitettavissa yhdellä numerolla, merkitään toiseksi numeroksi nolla. Jos tunnusnumeroa edeltää kirjain X, reagoi aine kiivaasti veden kanssa. Vaaran tunnusnumeron avulla saadaan nopeasti käsitys vaaran luonteesta, voimakkuudesta ja osviittaa veden käytöstä torjunnassa. Vaarallisten aineiden kuljetukset on tunnusnumeron lisäksi merkitty kemikaalin YK-numerolla, jonka avulla kyseinen kemikaali pystytään tunnistamaan ja etsimään tarkempia tietoja kemikaalin ominaisuuksista ja torjuntatoimenpiteistä.

Seuraavissa luvuissa on onnettomuuksia tarkasteltu ensisijaisen vaaran (vaaran tunnusnumeron ensimmäisen numeron) mukaisesti. Onnettomuustapahtumista on ensin esitetty lyhyt yhteenveto, sen jälkeen on kuvattu käytettyjä torjuntamenetelmiä ja lopuksi on annettu esimerkkejä tapahtuneista onnettomuuksista. Torjuntamenetelmien kuvauksessa on etsitty yhteisiä piirteitä samantyyppisten onnettomuuksien torjunnasta sekä esitetty torjunnan aikana ilmenneitä ongelmia ja oivaluksia, mikäli tällaista tietoa löytyy kuvauksista. Torjuntamenetelmien kuvaus perustuu yksinomaan onnettomuuskuvauksista saatuihin tietoihin eikä torjunnan oikeellisuuteen ja tarkoituksenmukaisuuteen ole otettu kantaa.

10b.2.2 Kaasut tai kaasuja muodostavat kemikaalit

10b.2.2.1 Yleistä

Kaasuonnettomuuksista oli yhteensä 78 kuvausta. Eniten onnettomuuskuvauksia on Suomesta (36 kpl), Ruotsista on 30, Tanskasta 10 ja Norjasta 2 kuvausta. Taulukossa 1 on yhteenveto onnettomuudessa mukana olleista aineista, onnettomuustyypeistä ja torjunnasta. Onnettomuuden kulusta ja torjunnasta on hyvin eritasoisia kuvauksia. Taulukkoon 1 on pyritty kokoamaan tyypillisimmät toimenpiteet onnettomuuden aikana.

Eniten kuvauksia onnettomuuksista löytyy palaville kaasuille (vaaran tunnusnumero 23) sekä myrkyllisille kaasuille (vaaran tunnusnumerot 26, 266 ja 268). Yleisin yksittäinen aine onnettomuuksissa on ollut nestekaasu. Asetyleenille, kloorille ja ammoniakille löytyy kuvauksia lähes yhtä paljon. Nestekaasuonnettomuuksien tyypillinen tapahtumapaikka on rakennustyömaa tai työpaja. Asetyleenionnettomuudet ovat myös tyypillisesti tapahtuneet pienissä ja keskisuurissa työpajoissa. Kloorionnettomuudet ovat pääasiassa tapahtuneet sellutehtaiden valkaisuosastoilla tai uimahallien vedenpuhdistukseen liittyen. Ammoniakkionnettomuudet liittyvät lähes kaikki erilaisiin kylmälaitteisiin: teollisuuden, kaupan, jäähallien ja tekojäätöjen jäähdytyslaitteisiin.

Useimmissa kuvauksissa onnettomuuksissa vapautunutta, palanutta tai räjähtänyttä kaasumäärää ei ole annettu tai edes tiedetty. Vuodot ovat kuitenkin olleet pääasiassa pieniä.

Taulukko 1. Kaasuonnettomuudet		
Vaaran tunnusnumero Kemikaali	Onnettomuustyyppi	Torjunta
20 Inertti kaasu		
freoni haloni	2 onnettomuutta: tulipaloja, joissa ongelmana myrkylliset palamistuotteet	vaara-alueen eristäminen ja palon sammuttaminen
225 Jäähdytetty hapettava kaasu		
happi	3 onnettomuutta: 1 kaasuvuoto	vaara-alueen eristäminen, kaasupilven laimentaminen puhaltimella, säiliön lastin siirto toiseen säiliöön
	1 räjähdys (happipullo repesi palossa)	loukkaantuneiden auttaminen, palon sammuttaminen
	1 läheltä piti	säiliön lastin siirto toiseen säiliöön
23 Palava kaasu		
butaani buteeni eteeni metaani nestekaasu propaani propeeni vety	32 onnettomuutta: 3 kaasuvuotoa	vaara-alueen eristäminen ja vuodon sulkeminen
	9 nestevuotoa	vaara-alueen eristäminen, sytytyslähteiden poistami- nen ja vuodon sulkeminen, sisätilojen tuulettaminen, kaasupilven laimentaminen vedellä
	7 tulipaloa	vaara-alueen eristäminen, vuodon sulkeminen, palon sammuttaminen ja säiliöiden ja kaasupullojen jäähdyttäminen vedellä
	9 räjähdystä	vaara-alueen eristäminen, jälkivahinkojen torjunta
	4 läheltä piti	
236 Palava myrkyllinen kaasu		
trimetyyliamiini	1 kaasuvuoto	vaara-alueen eristäminen, säiliön jäähdyttäminen ja lastin siirto toiseen säiliöön

239 Palava kaasu, joka voi aikaansaada itsestään alkavan kiivaan reaktion

	14 onnettomuutta:	
asetyleeni	1 kaasuvuoto	ei toimenpiteitä
butadieeni		
vinyylidikloridi	11 tulipaloa	vaara-alueen eristäminen, tulipalon sammuttaminen, kaasupullojen jäähdyttäminen ja reiän ampuminen niihin
	1 räjähdys	ei kuvausta
	1 läheltä piti	

26 Myrkyllinen kaasu

rikkidioksidi	1 kaasuvuoto	asukkaiden varoittaminen, vuodon sulkeminen
---------------	--------------	--

266 Erittäin myrkyllinen kaasu

	13 onnettomuutta:	
kloori	5 kaasuvuotoa	asukkaiden varoittaminen, vuodon sulkeminen, sisätilojen tuuletus
klooridioksidi		
	6 nestevuotoa	kuten yllä
	2 läheltä piti	

268 Myrkyllinen syövyttävä kaasu

	12 onnettomuutta:	
ammoniakki	10 nestevuotoa	vaara-alueen eristäminen, vuodon sulkeminen, laimentaminen vedellä
	2 läheltä piti	

Suurin osa onnettomuuksista (30 kpl) on tapahtunut teollisuusalueella. Paljon onnettomuuksia on tapahtunut myös rakennustyömailla, uima- ja jäähalleissa. Kuljetusonnettomuuksia mukana on vain vähän (9 kpl) ja näistäkin yli puolet on nk. läheltä piti -onnettomuuksia (tyypillisesti säiliövaunun tai -auton suistuminen radalta tai tieltä ilman muita seurauksia). On kuitenkin huomattava, että kuljetuskalustolle tapahtuneita onnettomuuksia purkauksen, lastauksen, säilytyksen tai varastoinnin aikana ei ole luokiteltu kuljetusonnettomuuksiksi, vaan teollisuusalueella tapahtuneiksi. Maanteillä ja rautateillä on tapahtunut lähes yhtä monta onnettomuutta. Ratapihoilla tapahtuneita onnettomuuksia on viisi ja lähes kaikki läheltä piti -onnettomuuksia.

Onnettomuuksissa kuolleiden ja loukkaantuneiden määrät ovat olleet pieniä. Kuolemaan johtaneita onnettomuuksia on kolme. Klooriventtiilin unohtuminen auki klooritehtaan turvallisuusrutiinien tarkistuksen yhteydessä aiheutti tehdasalueella

työskennelleen urakoitsijan kuoleman (Clarqvist 1984). Nestekaasuvuoto kaupungissa kadulla tehtyjen putkitöiden aikana aiheutti läheisessä talossa asuneen henkilön kuoleman. Nestekaasua oli vuotanut viemäreiden kautta asuntoon ja henkilö menehtyi nukkuessaan. Samassa onnettomuudessa loukkaantui työntekijä vuodon syttymisestä aiheutuneessa pienessä räjähdyksessä (Lindberg 1989). Happiauton ja karja-auton törmäyksessä kuoli karja-autonkuljettaja törmäyksestä saamiinsa vammoihin (Helsingin Sanomat 13.2.1985).

Loukkaantumisia on tapahtunut eniten palavan kaasun räjähdysonnettomuuksissa paineaallon ja lentävien sirpaleiden vaikutuksesta. Loukkaantumiset ovat useimmiten olleet lieviä ja loukkaantuneiden määrä onnettomuutta kohti on ollut suurimmillaan kuusi. Kloorin vapautuminen on aiheuttanut ihmisille ärsytsysoireita kahden uimahallissa tapahtuneen vuodon yhteydessä. Ammoniakkia on roiskunut työntekijän päälle kahdessa jäähallissa tapahtuneessa onnettomuudessa. Tanskassa leipomossa sattuneessa uunipalossa aiheutti halonisammutusaineen kuumeneminen myrkyllisten hajoamistuotteiden muodostumisen ja noin 60 henkilöä jouduttiin viemään sairaalaan tarkkailtaviksi ärsytsysoireiden takia (Larsen 1987).

10b.2.2.2 Torjunta

Palokunnan ensimmäinen toimenpide onnettomuuspaikalle saavuttaessa on ollut useimmissa tapauksissa vaara-alueen eristäminen ja tyhjentäminen ihmisistä. Myrkyllisten kaasujen ollessa kyseessä on lisäksi varoitettu lähialueen asukkaita mahdollisesta vaarasta ja annettu ohjeita, miten heidän pitää toimia. Lisäksi on tehty mittauksia ympäristössä. Eristetyn alueen ulkopuolella mitatut pitoisuudet ovat poikkeuksetta olleet pieniä.

Vaara-alueen määrittämisessä käytettyjä periaatteita ei ole annettu. Tavallisesti alue on eristetty muutamasta kymmenestä metristä muutama sataan metriin onnettomuuskohteesta. Vaara-alueen eristäminen on joissakin tapauksissa vaatinut liikenteen katkaisemisen suurilla maanteillä ja rautateillä.

Torjunta palavan tai myrkyllisen kaasun vuodoissa

- Vuodon sulkeminen on tavallisin tehtävä ja yksinkertaisimmillaan se on ollut venttiiliin sulkemista tai kiristämistä. Prosessi- ja putkivuodoissa sulkemisen on suorittanut muu taho kuin palokunta. Mikäli on ollut kyse vioittuneesta venttiilistä tai rikkoutuneesta säiliöstä, ei kuvauksissa ole annettu yksityiskohtaisempia tietoja, miten vuoto on tukittu.
- Vuotoa suljettaessa käytettyä suojarustusta ei ole useinkaan kuvattu. Kuvista voi päätellä palavien kaasujen onnettomuuksissa tavallisimmin käytettävän paloasua ja paineilmahengityslaitetta. Lisäsuojauksesta esimerkiksi vesisumulla ei ole mainintoja. Myrkyllisten kaasujen vuotoja suljettaessa kemikaalisuojapuvun ja paineilmahengityslaitteen käyttö on sääntönä.
- Ulkona tapahtuneissa palavien kaasujen vuodoissa kaasu on usein laimentunut itsestään vaarattomaksi. Helsingissä kesällä 1987 tapahtuneessa propaanivuodossa kaasu jäi paikoilleen tynnessä säässä, jolloin maahan valunut propaani huuhdeltiin pois sumusuihkuilla (Helsingin Sanomat 23.6.1987).
- Mikäli kaasua on levinnyt sisätiloihin, on tiloja tuuletettu.

- Tuuletusta on käytetty torjunnassa myös ulkona. Lapinjärvellä talvella 1985 sattuneessa happisäiliöauton kaatumisessa kolarin seurauksena käytettiin lämminilmapuhallinta levittämään happea onnettomuuskohtalta pelastustöiden aikana (Helsingin Sanomat 13.2.1985).
- Viemäreistä ja sadevesikaivoista palavaa kaasua on huuhdeltu pois myös työllä ja halonikaasulla (Helsingin Sanomat 22.8.1984).
- Ulkona myös myrkyllisten kaasujen vuodot ovat tavallisesti laimentuneet itsensä vaarattomiksi. Sisätiloihin tapahtuneet vuodot ovat vaatineet tilojen tuulettamista. Ammoniakkivuotojen synnyttämiä kaasuvanoja on hajotettu ja laimennettu vesisumulla.
- Helsingin Länsisatamassa sattunut trimetyyliamiinivuoto johtui säiliön ylikuumenemisesta, jolloin torjunta koostui säiliön jäähdyttämisestä ja sisällön siirtämisestä toiseen säiliöön (Wecksten 1989).

Palon sammuttaminen

- Palon sammuttaminen on lähes kaikissa tapauksissa tapahtunut vedellä, sammutusvaahdon ja -jauheen käyttö on ollut vähäistä.
- Palavan kaasun vuodon palaessa on pidetty tärkeänä, että vuoto saadaan suljettua ennen palon sammuttamista. Ympäröiviin kohteisiin levinnyt tulipalo on tavallisesti sammutettu heti.
- Mikäli tulipalossa on ollut mukana kaasupulloja tai -säiliöitä, niitä on jäähdytetty vedellä.
- Ruotsista on useita kuvauksia tulipaloista, joissa on mukana asetyleenipulloja. Torjunnassa on lähes aina käytetty samaa menetelmää: palossa olleet pulloet jäähdytetään vesisuihkuilla ja tämän jälkeen niihin ammutaan reikä. Ohjeen mukaan reiän ampuu poliisi kiväärillä. Toimenpiteellä halutaan estää asetyleenin hajoamisreaktion aiheuttama säiliön repeäminen. Ampuminen on tehty vain ulkona, ja koska pullossa jäljellä oleva kaasu syttyy samalla palamaan, toimenpide on tehty noin 100 m:n etäisyydeltä.

Torjunta räjähdysonnettomuuksissa

Räjähdysonnettomuuksissa vahinko on usein tapahtunut jo palokunnan saapuessa paikalle ja tehtäviksi jäävät erilaiset pelastus-, sammutus- ja raivaustyöt. Torjuntaan on usein liittynyt vaaroja. Räjähdykset ovat aiheuttaneet uusia vuotoja ja uusia räjähdyksiä on tapahtunut palokunnan paikalle saapumisen jälkeen. Tulipalossa olleet kaasupulloet tai säiliöt ovat räjähtäneet. Useissa tapauksissa asetyleeni- tai nestekaasupullojen sijaintia ei ole tiedetty, mikä on vaikeuttanut ja hidastanut torjuntaa.

Räjähdysonnettomuuksien torjuntaa ovat helpottaneet onnettomuutta edeltäneet tutustumiskäynnit kohteessa, jolloin palokunnalla on ollut käsitys torjuntaan liittyvistä vaaroista ja vaarallisten kohteiden sijainnista. Esimerkiksi sammutustöissä on osattu suojautua mahdollisten uusien räjähdysten varalle.

Kaatuneiden säiliöiden siirtäminen ja nostaminen

Kaasusäiliöt ovat rakenteeltaan lujia ja ne vahingoittuvat onnettomuuksissa harvoin niin vakavasti, että seurauksena olisi vuoto. Jos kaasusäiliö (säiliöauto,

-kontti tai -vaunu) on kaatunut tai pudonnut, on säiliöiden nostaminen tapahtunut sekä tyhjentämättä säiliötä että siirtämällä sisältö toiseen säiliöön ennen nostoyritystä.

Täysinäisten kaasusäiliöiden nostaminen ei ole aina onnistunut. Laukaalla radalta suistuneiden kloorivaunujen kloorisäiliöt aiottiin ensin siirtää täysinäisinä paikalle toimitettuihin avovaunuihin, mutta toimenpiteestä jouduttiin luopumaan, kun paikalle tilattujen nostureiden tehokkuus ei riittänyt nostoon (Pöyry 1987). Lapinjärvellä tieltä suistuneen happisäiliön nosto aloitettiin ennen säiliön tyhjentämistä. Säiliö putosi nostoyrityksessä, jolloin se vaurioitui ja siitä alkoi vuotaa happea. Tämän jälkeen osa säiliön sisällöstä siirrettiin paikalle tilattuun säiliöautoon ennen uutta nostoyritystä (Helsingin Sanomat 13.2.1985).

Kaasusäiliöiden tyhjentäminen on tavallisesti hidasta, ja myös siihen liittyy vaaroja. Sundsvallissa tieltä suistuneen happirekan sisältö voitiin siirtää paikalle tilattuun säiliöautoon vasta kun säiliön asentoa oli ensin muutettu nosturin avulla. Rekan dieselöljysäiliö oli vaurioitunut onnettomuudessa, ja hapen ja dieselöljyn välisen reaktion estämiseksi dieselpolttoainesäiliö vaahdotettiin. Happikuormaa purettaessa rekan varoventtiili avautui. Jotta varoventtiilipäästöjä ei enää tapahtuisi, liitettiin säiliön kaasutilassa olevaan ulostuloon letku, jonka avulla ulos purkautuvaa happea johdettiin turvalliseen paikkaan. (Fällman 1987).

10b.2.2.3 Onnettomuuskuvauksia

Ammoniakkivuoto maantiellä (Tanska 16.3.1991)

Ammoniakkia kuljettava yhdistelmäajoneuvo oli joutunut onnettomuuteen maantiellä Grinstedin kunnassa Tanskassa. Palokunnan saapuessa paikalle he totesivat, että auton perävaunu makasi nurinpäin vahingoittuneena pientareella ja vetovaunu oli vahingoittumaton. Tien yli ulottui luoteiseen suuntautuva näkyvä kaasuvana. Kyseisessä ilmansuunnassa ei ollut asumuksia tai muita rakennuksia.

Säiliön venttiilit olivat peittyneet maalla ja ne kaivettiin esiin. Yksi venttiileistä oli katkennut ja siitä valui nestemäistä ammoniakkia maahan säiliön asennosta johtuen. Kaasua sidottiin sumusuihkuin ja poliisille annettiin tehtäväksi sulkea alue ja ohjata liikenne kiertotielle.

Paikalle kutsuttiin A/S Ammoniasta kaksi asiantuntijaa ja säiliöauto. Ammoniakki pumpattiin säiliöautoon ja tyhjentynyt säiliö nostettiin pystyyn. Tieosuus oli suljettuna 4 tunnin ajan (Anon. 1991).

Trimetyyliamiinikontin ylikuumeneminen (Suomi 22.8.1989)

Trimetyyliamiinia sisältävä säiliökontti ylikuumeni Helsingissä Länsisataman vaarallisten aineiden varastoalueella. Trimetyyliamiini on herkästi syttyvä ja myrkyllinen kaasu (vaaran tunnusnumero 236). Ylikuumenemisen syynä pidettiin sekä ylitäyttöä että lämmintä säätä. Säiliökontin yläosassa todettiin vähäinen vuoto. Säiliökontissa oli trimetyyliamiinia hieman alle 12 m³.

Palolaitos jäähdytti konttia vesitykein ja siirretti pois aivan viereen varastoidut kontit (12 kpl), jotka sisälsivät hapettavia aineita. Syttymisvaaramittauksia suoritettiin koko

toiminnan ajan. Paikalle kutsuttiin vastaanottajan Raision tehtaiden edustajat. Saatavilla oli vain yksi kyseisen aineen kuljetukseen soveltuva säiliö-kontti, joka oli pienempi kuin vuotava kontti. Trimetyyliamiinin purkaminen vuotavasta kontista jouduttiin siksi suorittamaan kahdessa vaiheessa. Pienempi säiliö käytiin välillä tyhjentämässä Raisiossa.

Pelastustyötä helpotti trimetyyliamiinin ominaisuuksista heti saadut perustiedot ja vastaanottajan edustajien antama asiantuntija-apu (Wecksten 1989).

Nestekaasupalo säiliöautossa (Ruotsi, huhtikuu 1987)

Palokunta sai hätäilmoituksen öljysatamasta, missä nestekaasuyhdistelmäajoneuvo oli tulossa. Auton kuljettaja oli saanut palovammoja käsiinsä ja kasvohinsa ja oli shokissa, mutta kertoi ennen sairaalaan kuljetustaan auton säiliöiden (vetovaunun säiliön tilavuus 18,7 m³ ja perävaunun 34 m³) olevan tyhjiä.

Säiliöt oli tyhjennetty edellisenä päivänä. Tyhjennetyssä säiliöautossa arvioitiin olevan jäljellä 0,25 m³ nestemäistä ja 20 m³ kaasumaista nestekaasua ja paineen säiliössä olevan noin 7 bar. Tulipalo syttyi kuljettajan poistaessa jäljellä olevaa kaasua säiliöistä. Tavallisten työrutiinien mukaisesti kuljettaja avasi säiliön kaasuventtiilin ja antoi kaasun virrata ulos auton ympärille. Muutaman minuutin kuluttua kaasua syttyi ja vieressä seissyt kuljettaja sai palovammoja käsiin ja kasvoihin. Syttymissyitä ei tiedetä.

Palokunta päätti yrittää sammuttaa palon voimakkaalla vesivalelulla. Tavoitteena oli jäähdyttää nestekaasusäiliö ja sammuttaa palavat renkaat. Kun letkut oli saatu vedetyksi valmiiksi, avautui säiliön varoventtiili. Tilanne arvioitiin uudelleen ja räjähdysriskiä pidettiin niin suurena, että kaikki paikalla olevat poistettiin vaara-alueelta. Lisäksi eristettiin poliisin avulla noin 400 m:n etäisyydellä säiliön kummallakin puolella oleva alue. Läheisiin teollisuuslaitoksiin ja työpaikkoihin soitettiin ja kehoitettiin tyhjentämään rakennukset. Radiossa luettiin ilmoitus, jossa alueella olevia varoitettiin vaarasta.

Varoventtiilistä ulos virrannut kaasua syttyi purkautuessaan ulos. Liekki oli parin metrin pituinen ja osoitti vinosti taaksepäin kohti perävaunun nestekaasusäiliötä, joka näin lämpeni. Samanaikaisesti paloivat perävaunun etupyörät ja liekit ympärivät säiliön pintaa. Varoventtiil liekki pieneni vähitellen samalla kun auton alla ollut palo vaimeni. Säiliöiden jäähdytys aloitettiin ja palo säiliöiden alla sammutettiin. Varoventtiil liekki sai palaa, jotta estettäisiin vuotavan kaasun hallitsematon uudelleen syttyminen. Tunnin kuluttua varoventtiil liekki sammui itsestään, säiliöiden jäähdytystä jatkettiin vielä toinen tunti.

Ruotsin räjähdysaineviranomaiset kritisoivat palokunnan vetäytymistä säiliöiden läheisyydestä varoventtiilin avauduttua ja siitä johtuvaa sammutuksen ja jäähdytyksen viivästymistä. Heidän mielestään oli ennen aikaista pelätä säiliöiden repeämistä. Sammutuksen ja jäähdytyksen laiminlyönti aikaisessa vaiheessa olisi voinut johtaa siihen, että pelätty räjähdys olisi myöhemmin sattunut. Ruotsin pelastusviranomaiset (Statens räddningsverk) antoivat kuitenkin täyden tukensa palokunnan toiminnalle. Heidän mukaansa ko. tilanteessa riski oli liian suuri sammutuksen ja jäähdytyksen aloittamiseen (Wennerberg & Aspgren 1987, Sturk 1987 ja Hansson 1987).

10b.2.3 Palavat nesteet

10b.2.3.1 Yleistä

Palavien nesteiden onnettomuuksista on eniten kuvauksia aineistossa, yhteensä 93 kpl. Valtaosa kuvauksista on Suomesta (65 kpl), Ruotsista on 16 ja Tanskasta 12 kuvausta. Suomen "yliedustuksen" selityksenä on se, että palavien aineiden onnettomuuksista kirjoitetaan usein päivälehdissä, joista myös huomattava osa kuvauksista on peräisin.

Palavien nesteiden onnettomuudet on jaettu neljään pääryhmään:

1. Palavat nesteet, joiden leimahduspiste on vähintään 21 °C mutta enintään 100 °C (vaaran tunnusnumero 30)
2. Helposti syttyvät nesteet, joiden leimahduspiste on alle 21 °C (vaaran tunnusnumero 33)
3. Helposti syttyvät myrkylliset tai syövyttävät nesteet (vaaran tunnusnumero 336 tai 338)
4. Palavat nesteet, jotka voivat aikaansaada itsestään alkavan kiivaan reaktion (vaaran tunnusnumero 39).

Koska kunkin ryhmän onnettomuuksien torjunta poikkeaa jonkin verran toisistaan, on onnettomuuksia käsitelty erikseen seuraavissa luvuissa.

10.2.3.2 Palavat nesteet, joiden leimahduspiste on välillä 21 - 100 °C

Onnettomuuskuvauksia tälle ryhmälle löytyi 33 kpl, joista suurimmassa osassa (20 kpl) vaikuttava aine on ollut polttoöljy (raskas polttoöljy, kevyt polttoöljy tai dieselöljy). Bitumi on ollut osallisena 3 onnettomuudessa, hartsiliimat kahdessa ja muissa onnettomuuksissa mukana olleet kemikaalit ovat vaihdelleet. Onnettomuustyyppit ja onnettomuuksien tapahtumapaikat on annettu taulukossa 2.

Taulukko 2. Palavien nesteiden (leimahduspiste 21 - 100 °C) onnettomuuksien tyyppit ja tapahtumapaikat.

	Onnettomuuksien lukumäärä
Onnettomuustyyppi	
Nestevuoto	
- maahan	18
- veteen	3
- sisätiloihin	1
Tulipalo	6
Räjähdyk	3
Läheltä piti	1
Tapahtumapaikka	
Teollisuusalue	10
Ratapiha	1
Kuljetus	17
Muu	4

Tyypillinen onnettomuus on säiliöajoneuvon kaatuminen maantiellä, joko törmäyksen tai tieltä suistumisen seurauksena. Säiliöajoneuvon kaatumisen seurauksena on tavallisesti ollut vuoto joko miesluukuista tai säiliöön tulleen reiän tai repeämän kautta. Vuodon leviäminen ja imeytyminen maahan on tavallisesti hidasta, etenkin talvisaikaan kun lämpötila on alhainen. Tulipalot kuljetusonnettomuuksien yhteydessä eivät ole tavallisia. Säiliöajoneuvojen onnettomuuksista ainoastaan kaksi on luokiteltu tulipaloiksi, näistäkin toisessa tapauksessa tulipalo johtui säiliöautoon törmänneen henkilöauton syttymisestä tuleen. Toisessa tapauksessa öljyrekan lasti (kevyt polttoöljy ja dieselöljy) syttyi tuleen perävaunun suistuessa ojaan (Helsingin Sanomat 16.7.1991).

Tehdasalueella on sitä vastoin tapahtunut jonkin verran tulipaloja ja räjähdyksiä. Osasyynä tulipaloihin on ollut öljytuotteiden käsittely ulkoilman lämpötilaa korkeammassa lämpötiloissa, jolloin syttyminen tapahtuu herkemmin.

Päinvastoin kuin kaasuvuotojen kohdalla vuotanut määrä on yleensä annettu kuvauksissa, samoin tulipaloissa palanut ainemäärä. Öljyvudot ovat suhteellisen tavallisia onnettomuuksia eikä kuvauksia hyvin pienistä vuodoista tai läheltä piti -onnettomuuksista ole lehdissä, ellei onnettomuuteen liity jotakin muuta dramatiikkaa (esimerkiksi vakavat liikenneonnettomuudet, joissa on loukkaantuneita tai kuolonuhreja). Taulukossa 3 on yhteenveto kuvauksissa annetuista ainemääristä.

Taulukko 3. Palavien nesteiden (leimahduspiste 21 - 100 °C) onnettomuuksissa vuotanut, palanut tai räjähtänyt ainemäärä.

Vuotanut, palanut tai räjähtänyt määrä m ³	Onnettomuuksien lukumäärä
< 1	5
1 – 10	7
11 – 50	8
51 – 100	-
100 – 1000	4
> 1 000	2

Kaikissa palavien nesteiden kuljetusonnettomuuksissa kuolemantapaukset ja loukkaantumiset ovat aiheutuneet törmäyksestä. Tulipaloissa ja räjähdyksissä loukkaantumisia on kahdessa onnettomuudessa: Tampereella hartsivaunun paloa seuranneessa räjähdyksessä loukkaantui kolme työntekijää vakavasti (Helsingin Sanomat 16.11.1991) ja Göteborgissa työntekijä sai palovammoja palavan nesteen käsittelystä syttyneessä palossa (Johansson 1988).

Torjunta

Onnettomuuksissa, joissa öljyä tai vastaavaa muuta kemikaalia on vuotanut maahan, torjunta on ollut suhteellisen suoraviivaista, joskin se on saattanut olla aikaa vievää ja kallista.

- Syttymisvaara ei tavallisesti ollut, joten vuotoja ei ole useinkaan vaahdotettu.
- Suurista nestekertymistä öljy on pumpattu tai imetty talteen säiliö- tai loka-autoihin.
- Ojat ja purot on padottu tai tukittu vuodon leviämisen estämiseksi.
- Maanteiltä tai muilta läpäisemättömiltä pinnoilta öljytuotteet on kerätty talteen käyttäen apuna hiekkaa tai imeyttämällä ne turpeeseen, vuorivillaan tai muuhun imeytysaineeseen.
- Öljy on suhteellisen hidasliikkeistä ja sen imeytyminen maahan rajoittuu useimmiten pintakerrokseen. Öljyä sisältävät maakerrokset on kuorittu ja kaivettu talteen ja kuljetettu joko kaatopaikoille tai ongelmajätelaitokselle. Talteen kerättyä öljyä on joissakin tapauksissa hävitetty myös polttamalla.
- Mikäli maaperä onnettomuuspaikalla on ollut herkästi läpäisevää, ja öljy on imeytynyt syvempiin maakerrokseen tai uhannut pohjavesiä, on jouduttu suorittamaan varsiin suuria kaivauksia ja pumppauksia vuodon leviämisen estämiseksi.

Öljyvahinkojen torjunta vesistöissä on usein vaikeampaa ja vaadittava työpanos voi olla erittäin suuri. Esimerkiksi Ruotsissa Lundin voimalasta vesistöön vuotaneen 35 - 50 m³:n öljyvuodon torjuntaan käytettiin puolen vuoden aikana noin 7 000 työtuntia ja kustannukset olivat noin 4,2 miljoonaa kruunua (Boberg 1988).

Öljytuotteiden palaessa sammutuksessa on käytetty vettä ja vaahtoa. Sammutusveden kulutus voi olla suuri, sillä öljypaloissa kehittyy runsaasti lämpöä.

Onnettomuskuvauksia

Petroliauton suistuminen tieltä (Ruotsi kesäkuu 1985)

Säiliöauto suistui tieltä ja petroliä sisältävä perävaunu kaatui kyljelleen Tukholman pohjoispuolella vilkasliikenteisellä tieosuudella. Useita kuutioita petroliä valui tielle ja uhkasi sekä varavedenottamoita että uimarantaa. Useita palokuntia saapui nopeasti paikalle. Vuoto vaahdotettiin heti. Jälkeenpäin todettiin turvamarginaalien olleen riittävät syttymisvaaran ehkäisemiseksi ilman vaahdotustakin. Petrolin leimahduspiste on yli 35 °C ja lämpötila onnettomuuspaikalla oli noin 15 °C.

Vuodon sulkeminen osoittautui vaikeaksi. Densoteippi liukeni ja vuotavaa venttiiliä ei saatu tiiviiksi puukiilojen avulla. Vuoto saatiin kuitenkin pienenemään ratkaisevasti ja vuotokohdan alle asetettiin keräilyastioita. Kokoon taitettavat astiat todettiin hyviksi apuvälineiksi tilanteessa.

Vaahdotus vaikeutti vuodon leviämisen hallintaa. Petroliä valui vaahdon alta kohti sadevesikaivoja, oja ja lähellä olevaa lahtea. Kun valuminen huomattiin, kerättiin petroliä tieltä talteen palamattomalla imeytysaineella ja veteen päässeeseen petrolin leviämistä estettiin öljypuomeilla. Petroliä liuotti asfaltin vuotopaikalta niin, että se jouduttiin myöhemmin uusimaan. Vaurioituneesta säiliöstä petroliä siirrettiin toiseen säiliöön ennen säiliön nostamista pystyyn (Anon. 1985).

Öljyvuoto säiliöautosta (Suomi 25.4.1985)

Säiliöauton perävaunu törmäsi päin kalliota ja noin 14 m³ dieselöljyä valui maahan Herttoniemessä Helsingissä. Palokunta oli nopeasti paikalla ja säiliöön tulleet neljä repeämää tukittiin paineilmatyynyillä. Noin 10 m³ öljyä saatiin jäämään säiliöön. Vuoto peitettiin vaahdolla ja jauheella, öljyä ohjattiin lammikkoon, jonka pinnalta sitä

koottiin imeytysaineella. Saastunutta maata poistettiin myös kaivinkoneen avulla. Liikenne oli suljettuna onnettomuuspaikan kohdalta kolmisen tuntia (Helsingin Sanomat 26.4.1985).

10b.2.3.3 Helposti syttyvät nesteet, joiden leimahduspiste on alle 21 °C

Onnettomuuskuvauksia ryhmälle löytyi 50 kappaletta, joista 34 on Suomesta. Ruotsista ja Tanskasta on molemmista 8 kuvausta. Suurin osa aineistosta on bensiinionnettomuuksia (29 kpl), nk. transitokemikaalionnettomuuksia on aineistossa viisi, etyyliasettaatti on ollut mukana neljässä, isopropanoli kolmessa ja pentaani ja heksaani kahdessa onnettomuudessa. Onnettomuustyytit ja tapahtumapaikat on annettu taulukossa 4.

Taulukko 4. Helposti syttyvien nesteiden (leimahduspiste alle 21 °C) onnettomuustyytit ja onnettomuuksien tapahtumapaikat.

	Onnettomuuksien lukumäärä
Onnettomuustyyppi	
Nestevuoto	
- maahan	28
- veteen	3
- sisätiloihin	6
Tulipalo	12
Räjähdyk	1
Tapahtumapaikka	
Teollisuusalue	10
Ratapiha	8
Kuljetus	21
Muu	11

Tässäkin ryhmässä kuljetusonnettomuudet, joissa nestettä vuoti maahan, ovat tavallisin onnettomuustyyppi. Tyypillinen vuotomäärä vaihtelee muutamasta kuutiosta kymmeneen kuutiointiin. Sisätiloihin vuotaneet määrät ovat pienempiä: muutamasta kymmenestä litrasta muutama kuutio.

Tulipalot kuljetusonnettomuuksien yhteydessä ovat harvinaisia, vaikka syttymisvaara on suurempi kuin edellisessä ryhmässä. Bensiinikuorma syttyi tuleen neljässä tapauksessa, joista yksi on rautatieonnettomuus. Kyseinen onnettomuus on ollut seurauksiltaan uhkaavin. Junanvaunujen suistuminen raiteilta aiheutti kolmen bensiinivaunun räjähdysmäisen repeämisen. Repeämisen seurauksena muodostui tulipallo (suuruus noin 100 m x 200 m) ja tuntuva paineaalto. Onnettomuudessa loukaantui kaksi palomiestä ja kaksi sivullista (Bergström 1986).

Muita kuljetusten yhteydessä sattuneita tulipaloja ovat liuotinbensiniin syttyminen tuleen säiliöauton perävaunun suistuttua tieltä (Lehtonen & Vallentin 1988) ja Absorbent A4- ja pyrolyysihartsit A2 -nimisiä liuottimia sisältävien junanvaunujen tulipalo Haminan ratapihalla (Helsingin Sanomat 28.8.1989). Ruotsissa

liikenneympyrään liian suurella nopeudella ajanut bensiinisäiliöauton kuljettaja kuoli jäätyään liekkeihin, kun säiliöauto kaatuessaan syttyi palaman (Nessvi 1987).

Suurin tehdasalueella sattunut tulipalo on Neste Oy:n suuren isoheksaanisäiliön palo 1989 Sköldvikissä (Karlsson 1989). Teollisuusalueilla on sattunut myös useita palavan nesteen vuotoja sisätiloihin, joissa syttymisvaara on ollut suuri.

Taulukossa 5 on annettu onnettomuuksissa vuotaneet, palaneet tai räjähtäneet ainemäärät.

Taulukko 5. Helposti syttyvien nesteiden (leimahduspiste alle 21 °C) onnettomuuksissa vuotanut, palanut tai räjähtänyt ainemäärä.

Vuotanut, palanut tai räjähtänyt määrä m ³	Onnettomuuksien lukumäärä
< 1	10
1 – 10	16
11 – 50	11
51 – 100	1
100 – 1000	2
> 1 000	1

Torjunta

- Helposti syttyvien nesteiden vuodoissa syttymisvaara on suuri. Alueen eristäminen, vuodon vaahdottaminen ja sytytlähteiden poistaminen ovat tavallisesti olleet palokunnan ensisijaisia tehtäviä.
- Bensiini ja muut ryhmään kuuluvat aineet ovat tyypillisesti herkkäliikkeisiä nesteitä, jotka maahan vuotaessaan usein tunkeutuvat nopeasti syvälle maahan. Pohjavesien pilaantumisvaara on siksi suuri. Torjunnan riipeydellä on suuri merkitys jälkivahinkojen pienentämisessä.
- Vuotojen kerääminen talteen ja alueen puhdistaminen tehdään pitkälti samoja menetelmiä noudattaen kuin öljyvahingoissa, joskin suuremman syttymisvaaran takia torjunnassa on toimittava varovaisemmin.
- Vuotojen pumppaaminen ja imeminen talteen on tapahtunut räjähdysuojattua välineistöä käyttäen.
- Imeytysaineena on syttymisvaarasta huolimatta useimmissa tapauksissa käytetty turvetta. Turpeen käytössä on tiettyjä etuja palamattomiin imeytysaineisiin nähden, sillä palavan nesteen ja imeytysaineen hävittäminen voidaan suorittaa polttamalla.
- Maahan vuotanut bensiini on joissakin tapauksissa hävitetty sytyttämällä vuoto palamaan ja antamalla nesteen palaa loppuun hallitusti. Ympäröiviä kohteita on suojeltu vesisuihkuin.
- Haminassa tapahtuneen suuren piperyleenivuodon yhteydessä maahan vuotaneen nesteen kerääminen talteen kaivantojen avulla ei ollut mahdollista, kuten ei myöskään hallittu poltto. Siksi nesteen haihtumista maasta yritettiin edistää painamalla louhikkoiseen maahan tyypeä ja paineilmaa (Martomaa 1987).
- Tanskassa maahan valunutta bensiiniä kerättiin talteen kaivamalla maahan kuoppia. Kuoppiin työnnettiin reiällisiä putkia, joihin valunut bensiini pumpattiin talteen.

- Helposti syttyvän nesteen pääsy viemäreihin tai muihin suljettuihin tiloihin aiheuttaa syttymisvaaran. Tällaisia onnettomuuksia tapahtunut mm. teollisuuslaitoksissa ja huoltoasemilla säiliöiden täytön yhteydessä. Torjunnassa viemäriosoituksia on eristetty ja tuuletettu tai huuhdeltu runsaalla vedellä tai vaahdotettu.
- Vesistöissä bensiinivuotojen leviämistä estetään öljyvuomein kuten öljyvahingoissakin. Vuodot haihtuvat kuitenkin itsestään suhteellisen nopeasti vaarattomiksi. Mikäli veteen päässyt ainemäärä on ollut suuri, on sitä yritetty kerätä talteen räjähdysuojatuilla loka-autoilla tai imeyttämällä turpeeseen.
- Tulipalojen sammuttamisessa käytetään ensisijaisesti vaahtoa ja tarvittavat määrät ovat suuret. Myös vettä käytetään, mutta lähinnä jäädytykseen.
- Säiliöautojen tulipaloissa on palavan nesteen joissakin tapauksissa annettu palaa loppuun ympäristövahinkojen välttämiseksi. Säiliöiden repeytymisvaara on kuitenkin otettu huomioon päätöstä tehtäessä. Palavien nesteiden tiekuljetuksissa käytetyt säiliöt on tavallisesti valmistettu alumiinista eivätkä ne ole yhtä lujia kuin esimerkiksi palavien kaasujen kuljetussäiliöt. Siksi säiliöt ovat usein rikkoutuneet ennen palon syttymistä eikä räjähdysmäistä säiliön repeytymisvaaraa ole ollut.

Onnettomuuskuvia

Bensiini- ja dieselöljyvudon polttaminen maastossa (Suomi 21.11.1992)

Liukkaalta tieltä ojaan katolleen suistuneesta säiliöautosta valui maastoon 7 m³ bensiiniä ja 4 m³ dieselöljyä. Palokunta päätti polttaa maahan valuneet polttoaineet ympäristövahingon välttämiseksi. Palon leviämisvaaraa ei räntäsateen takia ollut (Helsingin Sanomat 21.11.1992).

Suuri bensiinivuoto säiliöauton suistuttua tieltä (Ruotsi 5.6.1992)

43 m³ bensiiniä kuljettanut säiliöauto suistui tieltä ja 12 m³ bensiiniä valui maastoon. Palokunta vaahdotti alueen ja aloitti säiliössä vielä olevan bensiinin siirron toiseen paikalle kutsuttuun säiliöautoon. Kun lastin purku oli tehty, nostettiin säiliö tien sivusta pyörilleen. Puhdistustyötä ei aloitettu samanaikaisesti, koska syttymisriski arvioitiin suureksi.

Paikalle oli hälytetty palokunnan lisäksi ympäristö- ja terveysturvaviranomaisia, hydrogeologian asiantuntijoita sekä jälkivahingontorjuntaan erikoistunut saneerausurakoitsija. Saneerausurakoitsija ruiskutti vuotaneeseen bensiiniin Biosolv-nimistä ainetta, joka hajottaa hiilivetyjä ja vähentää syttymisvaaraa. Ympäristöviranomaiset aloittivat vesinäytteiden oton läheisistä kaivoista. Bensiinivuodon todettiin levinneen hyvin rajoittuneelle alueelle, sillä vuotopaikan alla oli kalliotasku, johon neste kerääntyi. Kuiva maanpinta oli imenyt itseensä myös suuria määriä bensiiniä.

Tie kaivettiin auki, ja sieltä löydettiin em. tasku johon suuri osa nesteestä oli kerääntynyt. Syttymisvaaramittauksia tehtiin koko ajan ja kun syttyviä seoksia tavattiin, ruiskutettiin kohtaan Biosolv. Saastunut maa kuljetettiin kaatopaikalle. Bensiini-vesi-sammutusvaahto-Biosolv -seosta imettiin talteen säiliöihin kaikkiaan 50 m³. Ennen kuljetusta vesi erotettiin seoksesta edelleen käsiteltäväksi. Itse onnettomuuden ja jälkivahinkojen torjunta kesti kaikkiaan viikon (Lindgren 1992).

Isoheksaanisäiliön suurpalo (Suomi 23 - 24.3.1989)

Isoheksaanisäiliön palo Neste Oy:n Porvoon jalostamolla 23 - 24.3.1989 oli Suomen suurin palavan nesteen palo. Kaksi päivää kestäneessä palossa tuhoutui n. 15 000 m³ isoheksaania. Sammutustöihin osallistui 29 palokuntaa ja yli 500 miestä. Vaahtonesteitä käytettiin noin 200 m³ ja sitä kuljetettiin paikalle erikoiskuljetuksena aina Belgiasta asti. Vettä viereisten säiliöiden jäähdyttämiseen käytettiin 60 000 - 80 000 l/minuutti. Palo ei aiheuttanut loukkaantumisia, mutta aineelliset vahingot olivat suuret, noin 30 Mmk (Karlsson 1989).

Bensiinivuoto huoltoasemalla (Suomi 7.7.1987)

Huoltoaseman bensiinisäiliön täytön yhteydessä vuosi noin 3 m³ bensiiniä huoltoaseman pihalle, läheiselle kadulle ja sadevesikaivojen kautta viemäriverkostoon. Palokunta vaahdotti alueen heti paikalle saavuttuaan, eliminoi mahdollisia syttymislähteitä ja eristi alueen aluksi noin 100 metrin säteeltä, myöhemmin poliisin avustuksella 200 metrin säteeltä. Huoltoaseman bensiinisäiliöt tyhjennettiin paikalle tilattuihin säiliöautoihin.

Säiliön ympärillä olevaan maahan tehtiin mittausreikiä 1,5 - 2 m syvyyteen asti ja maassa todettiin olevan runsaasti bensiiniä. Bensiiniä ja hiekkaa imettiin maasta loka-autoihin. Syttymisvaaraa mitattiin viemäreistä, mutta syttyviä pitoisuuksia ei tavattu koko torjunnan aikana. Viemäreistä imettiin myös bensiininsekaista vettä loka-autoihin, osa bensiiniä sisältävästä vedestä jouduttiin kuitenkin laskemaan mereen (Helsingin Sanomat 8 - 9.7.1987).

Bensiinivaunujen räjähdysmäinen repeäminen junaonnettomuudessa (Ruotsi kesäkuu 1986)

Rudessa tapahtui 37 vaunun tavarajunan suistuminen raiteilta. Junassa olleet bensiiniä, petrolia ja polttoöljyä sisältäneet junavaunut syttyivät tuleen. Kolme neljästä mukana olleesta bensiinivaunusta repesi räjähdysnomaisesti onnettomuudessa. Repeämisten yhteydessä muodostuneiden tulipallojen liekit nousivat noin 200 metrin korkeuteen ja lämpöaalto tuntui vielä 400 metrin etäisyydellä. Onnettomuudessa loukkaantui 2 palomiestä ja kaksi sivullista.

Ensimmäinen bensiinivaunun repeäminen tapahtui hyvin pian ensimmäisen palokunnan paikalle saapumisen jälkeen. Toinen bensiinivaunu repesi noin 10 minuuttia myöhemmin. Toisen räjähdysaikana loukkaantui kaksi palomiestä, jotka eivät ehtineet suojaan. Myös kaksi sivullista sai vammoja. Noin 250 metrin etäisyydellä seissyt mieshenkilö sai palovammoja paljaaseen selkäänsä ja toinen mies loukkaantui kaaduttuaan paetessaan paikalta.

Palokunnan torjunta oli aluksi ympäröivien kohteiden suojelua palolta. Palavaa nestettä sisältävien vaunujen annettiin palaa loppuun ympäristövahinkojen estämiseksi. Polttoaineiden leviämistä ympäristössä estettiin asettamalla ojiin ja puroihin patoja ja öljypuomeja. Kun palo oli sammunut, löydettiin revenneestä säiliövaunusta vielä 18 m³ bensiiniä, joka pumpattiin toiseen säiliövaunuun palokunnan valvonnassa. Torjuntatyö kesti yli yön ja siihen osallistui 45 miestä (Bergström 1986).

Säiliöauton kaatuminen moottoritien levähdyspaikalla (Tanska 20.1.1984)

Säiliöauto suistui tieltä ja kaatui kyljelleen ajaessaan moottoritien vieressä olevalle levähdyspaikalle. Säiliöauton 38 m³:n lastista valui maahan 34 m³. Ohiajava henkilö teki ilmoituksen onnettomuudesta autopuhelimellaan, mutta tiedot onnettomuuspaikasta olivat virheelliset, ja palokunnan paikalle saapuminen viivästyi tästä syystä.

Lämpötila onnettomuuspaikalla oli nollan paikkeilla ja maassa oli noin 15 cm:n lumikerros. Maa onnettomuuspaikalla vietti voimakkaasti lähellä olevaa pientä järveä kohti. Suuri osa bensiinistä valui järven suuntaan. Levähdyspaikan sadevesiviemärit yhtyivät läheisen asuinalueen viemäreihin, joista oli suora yhteys järveen. Bensiinivuodon leviämistä tutkittaessa tuli hätäilmoitus viereiseltä asuinalueelta. Asuintalon kellarissa oli syttynyt räjähdyksenomainen palo. Palo oli pieni, ja saatiin sammutetuksi nopeasti. Syyksi havaittiin talon kellariin lattia-viemärin kautta päässeet bensiinihöyryt.

Alueen puhdistustyöt aloitettiin imemällä bensiinisekaista vettä onnettomuusalueelta loka-autoihin kaikkiaan 200 m³:a. Alueen viemärit eristettiin muista viemäreistä uusien vaaratilanteiden estämiseksi. Puhdistustöiden ajaksi alue vaahdotettiin. Vaahdotuksessa tarvittiin paljon vettä, joka oli tuotava paikalle säiliöautoissa. Alueen puhdistaminen jatkui vielä palokunnan työn loputtua. Pohja- ja järvivettä puhdistettiin mm. öljynerottimien avulla.

10.2.3.4 Helposti syttyvät myrkylliset tai syövyttävät nesteet

Onnettomuuskuvauksia on yhteensä kuusi, joista viidessä osallisena ollut kemikaali on helposti syttyvä myrkyllinen aine (vaaran tunnusnumero 336) ja yhdessä helposti syttyvä syövyttävä ja veden kanssa vaarallisesti reagoiva aine (vaaran tunnusnumero X338). Onnettomuuskuvauksista kolme on Ruotsista, kaksi Suomesta ja yksi Tanskasta. Onnettomuudet eivät ole aiheuttaneet loukkaantumisia eikä myrkytysoireita. Yhteenvedo onnettomuuksista on annettu taulukossa 6.

Onnettomuuksissa on noudatettu pääpiirtein samanlaisia menetelmiä kuin helposti syttyvien nesteiden torjunnassa.

Taulukko 6. Helposti syttyvien myrkyllisten tai syövyttävien nesteiden onnettomuudet.

Vaaran tunnusnumero Kemikaali	Onnettomuustyyppi	Tapahtumapaikka	Vuodon määrä
336 Helposti syttyvä myrkyllinen neste			
akrylinitriili	vuoto maahan	ratapiha	600 l
bentseeni	vuoto maahan	tehdasalue	66 m ³
metanoli	vuoto maahan	maantie	9 m ³
metanoli	läheltä piti	sisävesi, laiva	
riikkihiili	vuoto ja tulipalo	rakennustyömaa	
X338 Helposti syttyvä syövyttävä neste, joka reagoi vaarallisesti veden kanssa			
vinyyliekloorisilaani	vuoto maahan	kuljetusliikkeen terminaali	n. 200 l

Onnettomuskuvauksia

Akryylinitriilivuoto ratapihalla (Tanska 25.9.1992)

Ratapihalla tapahtuneen henkilöjunan ja tavarajunan törmäyksen seurauksena 67 m³:n akryylinitriilivaunu vaurioituu ja ratapihalle alkaa vuotaa nestettä. Palokunta saa onnettomuudesta hätäilmoituksen, jonka mukaan vuotava aine on dieselöljyä. Paikalle päästyään palokunta toteaa vuodon ja aineen tunnistamiseen kuluu aikaa kymmenisen minuuttia. Dieselöljyvuotokin pitää paikkansa: veturin polttoainesäiliö vuotaa.

Palokunta ryhtyy sulkemaan vuotoa puukiilalla ja tiivistysmassalla. Alue on ensin kuitenkin vaahdotettu keskivaahdolla syttymisen estämiseksi ja höyrystymisen vähentämiseksi. Kemikaalisuojapuvuin ja paineilmahengityslaittein varustautuneet palomiehet (4 miestä) saavat vuodon vain osittain tukittua, sillä vuotokohta on hankalassa paikkaa vaunun tikkaiden hitsaussaumassa. Samanaikaisesti huolehditaan veturin dieselöljyvuodon sulkemisesta.

Paikalle hankitaan vahvistuksia ja välineitä väestönsuojelujoukoista vaunun tyhjentämiseen ja samanaikaisesti hälytetään myös ympäristöviranomaiset. Vaunun ympäristö on eristetty 100 m:n säteellä, mutta koska tilanteen katsotaan nyt olevan vakaa, sallitaan junaliikenne. Vaunun tyhjennys aiotaan aluksi tehdä palavien nesteiden siirtoon hyväksytyllä loka-autolla. Toimenpide on pelastustoiminnan johtajille tarkoitetun vaarallisten aineiden käsikirjan mukainen.

Statens Brandinspektion kuitenkin antaa ohjeet, joiden mukaan loka-autoa ei pidä käyttää. Lastin siirtämistä varten joudutaan tilaamaan erikoiskalustoa ja akryyli-nitriilin kuljetuksen sopiva kontti Saksasta lähettäjältä, josta on tulossa paikalle myös erikoiskoulutettuja palomiehiä ja kemisti suorittamaan lastin siirtoa. Ryhmä saapuu paikalle myöhään illalla ja tyhjennys aloitetaan. Tyhjennyksen ajaksi eristysalueen säde kasvatetaan 200 metriksi ja kaikki junaliikenne kielletään. Lastin siirtoon kuluu koko yö.

Lastin siirron jälkeen tyhjä vaunu ja sen ympäristö vaahdotetaan ja junan purku aloitetaan. Eristys lopetetaan. Alueen puhdistus ja säiliövaunun puhdistaminen jää ympäristöviranomaisien tehtäväksi (Jensen 1992).

Rikkihiiltä rakennustyömaalla (Ruotsi 30.9.1987)

Teurastamoalueella maansiirtotöissä oleva kaivinkoneenkuljettaja halkaisi kauhallaan maahan upotetun tynnyrin, josta valui mustaa tahnamaista ainetta maahan. Maa kauan ympärillä syttyi samalla palamaan. Kuljettaja poistui paikalta ja varoitti muita vaarasta. Kuljettaja uskoi katkaisseensa maakaasuputken.

Palokunnan saapuessa paikalle todetaan, ettei kyseessä ole maakaasuvuoto, ja koska palo on rajoittunut kaivettuun kuoppaan, annetaan aineen palaa noin tunnin ajan ennen tarkempaa tutkimusta palon syystä. Maamassojen liikuttelun huomataan levittävän paloa ja rikkidioksidin haju paikalla on tuntuva.

Kuoppa vaahdotetaan ja eristetään. Palokunta ei tiedä vuodon laajuutta. Onko kysymys vain yhden rikkoutuneen astian sisällöstä vai onko maassa useita vuotavia

astioita? Palavaa ainetta ei myöskään ole tunnistettu eikä teurastamon henkilökunta pysty auttamaan. Erilaisilla ilmaisinputkilla tehdyt mittaukset osoittavat että kyseessä on rikkipitoinen hiilivety tai mahdollisesti rikkihiili. Epävarmuus on suuri. Maa syttyy uudelleen palamaan, kun vaahtoa poistetaan. Alue eristetään 100 metrin säteeltä.

Eri asiantuntijoiltakaan ei saada apua tunnistuskysymyksessä. Maasta otetaan näytteitä ja työ keskeytetään yön ajaksi. Poliisi jää vartioimaan kuoppaa. Höyrystymistä ei voi enää havaita silmämääräisesti.

Aamulla näytteiden analysointitulokset ovat valmiit: aine on rikkihiiltä. Pelastustoiminnan johtaja haluaa kuljettaa saastuneet maamassat rakennustyömaalta kaatopaikalle avoimissa astioissa. Statens räddningsverk antaa kuljetusluvan. Erään asiantuntijan mukaan kuljetukset ovat liian vaarallisia avoimissa astioissa ja hänen mielestään kuljetukset pitäisi suorittaa suljetuissa astioissa vesipatjan alla.

Saastuneen maan siirtäminen aloitetaan. Paineilmahengityslaitteella varustautunut palomies käyttää kaivinkonetta ja täyttää paikalle hankitut kontit saastuneella maalla. Maa syttyy palamaan sitä kaivettaessa. Kontteihin siirretyn massan annetaan palaa loppuun ennen kuljetusta. Vaara-alueen säde on siirron ajan 200 m. Mm. Globenhallin rakennustyömaan työt keskeytetään (kustannukset noin 200 000 mk/h).

Maata siirretään kaikkiaan noin 80 m³. Kaivausten aikana ei tavata uusia astioita. Konttien kuljetus Tukholman keskustan läpi tapahtuu poliisisaattueessa, jottei auton tarvitsisi pysähtyä liikennevaloihin tai risteyksiin. Päämääränä on kaatopaikka, joka sijaitsee 30 km Tukholman ulkopuolella. Kaatopaikalla rikkihiilipitoinen maa levitetään aktiivihilipatjalle (Wahlbeck & Snickars 1987).

10.2.3.5 Palavat nesteet, jotka voivat aikaansaada itsestään alkavan kiivaan reaktion

Tähän ryhmään kuluva onnettomuuksia on yhteensä neljä. Koska onnettomuuksia on näin vähän, on ne kaikki kuvattu seuraavassa.

Styreenivuoto (Suomi 17.5.1990)

Vakavin onnettomuus sattui Oy Havi Ab:n tehtailla Tikkurilassa, missä sulfoni-happoa sisältävään säiliöön tyhjennettiin vahingossa styreeniä. Styreeni reagoi sulfonihapon kanssa ja reaktiolämmön vaikutuksesta osa styreenistä höyrystyi ja vapautui ulkoilmaan. Styreenivuodon vuoksi evakuoitiin läheisen koulun oppilaat ja osa lähiseudun asukkaista. Kuumentunutta säiliötä jäähdytettiin vesisuihkuilla höyrystymisen estämiseksi. Vesivalelua suorittaneet palomiehet olivat pukeutuneita kemikaalisuojapukuihin ja varustautuneet paineilmaahengityslaitteilla. Onnettomuuden jälkeen tehtyjen analyysien ja laskemien mukaan vapautunut ainemäärä oli noin 800 kg, kun aluksi luultiin kaiken säiliöön puretun styreenin (noin 9 t) vapautuneen (Helsingin Sanomat ja Uusi Suomi 18.5.1990 ja 19.5.1990).

Vuoto metyyli-metakrylaattikontista (Suomi 21.2.1991)

Metyyli-metakrylaattia sisältävän kontin putoaminen Sompasaaren vaarallisten aineiden varastoalueella aiheutti pienen nestevuodon maahan. Nesteen leviäminen estettiin hiekkavallein ja neste imeytettiin kaupalliseen imeytysaineeseen. Kontti

nostettiin pystyyn, jolloin nestevuoto muuttui kaasuvuodoksi. Nostotyön aikana konttia jäähdytettiin vedellä, etteivät nostotyössä syntyvät kipinät sytyttäisi ulospurkautuvaa nestettä (Helsingin Sanomat 21.2.1991).

Kaksi vinyliasettaattivuotoa (Suomi 21.10.1988 ja 1.10.1989)

Hangossa vinyliasettaattia pääsi valumaan mereen noin 6 m³ laivan purkauksen yhteydessä. Vuoto vaahdotettiin ja laituri huuhdeltiin vedellä. Vastaavanlainen onnettomuus tapahtui Kotkan syväsatamassa, missä vinyliasettaattia valui maahan noin 1 m³ laivan lastauksen yhteydessä. Palokunnan mittauksissa todettiin, ettei vuoto aiheuta vaaraa ihmisille (Helsingin Sanomat 21.10.1988 ja 1.10.1989).

10b.2.4 Itsestään helposti syttyvät kiinteät aineet

Itsestään helposti syttyvien kiinteiden aineiden onnettomuuksista on vain kaksi kuvausta, jotka kummatkin ovat rikkipaloja.

Rikkipalo tehtaalla (Suomi 2.5.1984)

Kemira Oy:n Vuorikemian tehtaalla Porissa syttynyt rikkipalo varaston kuljetinjärjestelmässä synnytti kaasuvanan, joka levitessään asuinalueen yli aiheutti asukkaille silmien kirvelyä ja karheutta kurkussa. Onnettomuudessa paloi rikkiä noin 150 kg (varastossa noin 10 000 kg rikkiä). Palavia rikkipesäkkeitä sammutettiin pitkin päivää tehtaalla. Kaasuvana hajosi kuitenkin puolessatoista tunnissa, eikä laajamittaista asukkaiden hälyttämistä tai suojaväistöä tarvinnut suorittaa (Helsingin Sanomat 3.5.1984).

Rikkivaunun tulipalo (Suomi 28.4.1984)

Luumäen asemalla todettiin Kotkasta Vainikkalaan menossa olleen avovaunun rikkilastin olevan tulesa. Palava vaunu irrotettiin muusta junasta ja työnnettiin sähköistämättömälle raiteelle. Taavetin sammutusyksikkö ja Lappeenrannasta saapunut ns. raskasvahtoryhmä sammuttivat palon tunnissa. Myrkytysvaaran vuoksi asema-alue eristettiin ja liikenne sinne keskeytettiin ja liikenne suljettiin mm. viereiseltä valtatieltä (Helsingin Sanomat 29.4.1984).

10b.2.5 Hapettavat aineet

Hapettavien aineiden onnettomuuksista on myös kaksi kuvausta. Toisessa prosessissa ollut vetyperoksidi räjähti. Onnettomuudesta koituu vahinkoa ainoastaan prosessilaitteistolle (Uusi Suomi 29.12.1989). Toisessa onnettomuudessa juna-vaunujen järjestelytöissä junavaunu osui vetyperoksidilastissa olleeseen rekkaan. Junamies sai törmäyksessä surmansa. Palokunta laimensi vedellä vetyperoksidin, jota valui noin sata litraa ratapihalle. Suurin osa 10 tonnin lastista pumpattiin myöhemmin paikalle tulleeseen toiseen autoon (Helsingin Sanomat 12.1.1993).

10b.2.6 Myrkylliset aineet

Myrkyllisten aineiden onnettomuuksia aineistossa on 11 kappaletta, joista kuusi on Suomesta ja viisi Tanskasta. Onnettomuuksissa mukana olleet aineet, onnettomuustyytit ja tapahtumapaikat on annettu taulukossa 7.

Taulukko 7. Myrkyllisten aineiden onnettomuudet

Vaaran tunnusnumero Kemikaali	Onnettomuustyyppi	Tapahtumapaikka	Määrä
60 Myrkyllinen tai haitallinen aine			
meta-aminofenoli	räjähdyks	tehdasalue	n. 100 kg
trikloorietaani	räjähdyks	tehdasalue	
66 Erittäin myrkyllinen aine			
Celcure A	vuoto vesistöön	kyllästämö	200 - 500 l
fenoli	vuoto maahan	öljynjalostamo	
natriumsyanidi	jauhetta maahan	sataman varastoalue	
torjunta-aineita	räjähdyks	valmistusprosessi	
"	tulipalo	taimitarha	300 l
"	tulipalo	maatilan konehuone	
"	läheltä piti	maantie	
useita aineita	leviäminen maahan	varastoalue	37 x 200 l
63 Myrkyllinen tai haitallinen palava aine			
epikloorihydriini	kaasuvuoto ulos	tehdasalue ympäristöineen	muutama kg

10b.2.6.1 Torjunta

Onnettomuudet ovat tulipaloja lukuunottamatta hyvin erilaisia ja yhtenäisiä piirteitä torjunnassa on vaikea löytää.

Kemira Oy:n Kokkolan tehtailla sattunut meta-aminofenolia sisältäneen reaktiomassan räjähdysonnettomuus vaurioitti tehtaan rakenteita ja laitteita. Loukkautumisia ei ollut. Palokunnan tehtäväksi jäi syttymisvaaramittausten suorittaminen, mutta syttyviä seoksia ei tavattu (Helsingin Sanomat 22.2.1989).

Tanskassa metallien rasvanpoistoon käytetyssä trikloorietaanialtaassa tapahtui räjähdys. Altaan läheisyydessä työskennelleet työntekijät onnistuivat sammuttamaan syttyneen tulipalon ennen palokunnan paikalle saapumista. Palokunnan savusukeltajat varmistivat ettei rakennukseen ollut jäänyt ketään ja tuulettivat tilat. Kaikki tiloissa oleskelleet lähetettiin varmuuden vuoksi sairaalaan tutkittavaksi ja kolme työntekijää joutui jäämään tarkkailtaviksi yön yli. Muut saivat lähteä kotiin tarkastuksen jälkeen. Räjähdysten syyksi epäiltiin liian korkeaksi nousseen öljypitoisuuden aiheuttamaa altaan ylikuumenemista (Anon. 1987).

Öljynjalostamon alueella tapahtuneessa butaanijunan ja fenolilastissa olleen säiliöauton törmäyksessä vapautui 200 - 500 l fenolia. Fenoli jäähmettyi likaisen lumen kaltaiseksi massaksi, joka kerättiin talteen (Helsingin Sanomat 17.10.1990). Länsisatamassa oltiin siirtämässä vaarallisia aineita kontista varastorakennukseen, kun natriumsyanidia sisältävä astia putosi maahan ja rikkoutui. Palokunta lapioi natriumsyanidijauheen talteen muoviasiaan ja puhdisti vuotokohtan kemiallisesti (Helsingin Sanomat 14.9.1988).

Tanskassa sattui torjunta-ainevalmistusprosessissa reaktion karkaamisesta johtuva räjähdys, joka sytytti useita tulipaloja tehdasalueella sekä vaurioitti laitteita. Palokunta sammutti palot ja suojasi mm. räjähdyspaikan läheisyydessä ollutta kloorisäiliötä vedellä (Henriksen 1991).

Onnettomuuskuvaukset torjunta-ainepaloista ovat myös Tanskasta. Vaikeuksia torjunnan kannalta ovat aiheuttaneet epätietoisuus torjunta-aineiden laadusta, määrästä ja sijainnista palavassa rakennuksessa. Etenkin erään maatilan konehallin tulipalon sammuttamiseen liittyi monia ongelmatilanteita. Palokunnan saaman hätäilmoituksen mukaan maatilan konehalli oli tulella. Paikalle saavuttuaan palokunta sai kuulla omistajalta että palavassa rakennuksessa oli mm. nestekaasua ja asetyleeniä sisältäviä kaasupulloja sekä ammoniakkisäiliö. Sammutustyöt aloitettiin säiliöautosta saadun veden avulla ja samalla selvitettiin letkut 250 metrin päässä sijaitsevaan vedenottopisteeseen.

Palomiehet totesivat palon edetessä savun olevan tavallisuudesta poikkeavaa ja rakennuksen lattialle valuneen sammutusveden värin olevan epätavallisen keltainen. Omistajalta saatiin nyt tietää, että rakennuksessa on 300 l torjunta-ainetta muovikanistereissa. Torjunta-aineen nimeä omistaja ei muistanut. Palomiesten suojautumista tehostettiin ja poliisi sulki alueelle johtavat tiet. Lähialueen asukkaille luettiin paikallisradiossa ilmoitus, että heidän tulisi pysytellä sisätiloissa ovet ja ikkunat suljettuina. Poliisin kovaäänisautot kiertelivät tuulen alapuolella olevilla alueilla ja lukivat samaa tiedotusta.

Rakennuksen lattiakaivo oli liitetty viemäriin, joka johti suoraan läheiseen vesistöön, jonka kalavedet kuuluvat Tanskan parhaisiin. Viemäri tukittiin muovilla ja kangasjätteellä. Myös sammutusveden leviäminen kyseiseen suuntaan estettiin. Paikalle kutsuttiin loka-auto imemään talteen saastunutta vettä.

Rakennuksesta onnistuttiin samaan ulos torjunta-ainetta sisältänyt astia, jonka etiketin mukaan aine tunnistettiin. Aineen ominaisuuksia tiedusteltiin kahdesta kemian tehtaasta ja he vahvistavat tiedot aineen myrkyllisyydestä, hengityssuojainten käytön välttämättömyydestä ja sammutusveden myrkyllisyydestä kaloille. Kun palo torjunta-aineita sisältävän kohteen ympäriltä saatiin sammutettua, tiesulut poistettiin ja asukkaille ilmoitettiin vaaran olevan ohi.

Sammutusvettä kerättiin loka-autoon 13 m³ ja sen hävittämisessä oli aluksi ongelmia. Lähin jätteenkäsittelylaitos ei pystynyt vastaanottamaan vettä, joten vesi jouduttiin kuljettamaan kauemmas (Lauersen 1990).

Raisiossa sähköpylväiden kyllästysainetta pääsi Raisionjokeen kyllästyslaitoksella tapahtuneessa vuodossa. Palokunta patosi jokeen johtavia ojia ja saikin estettyä osaksi aineen valumisen jokeen. Rakennettuihin patoaltaisiin kertyvää liuosta kerättiin talteen säiliöautoihin (Helsingin Sanomat 28.11.1988).

Pasilan ratapihalla kontti kaatui rekan lavalta maahan. Papereiden mukaan muutotavaroita sisältäneestä kontista levisi höyryä ulos. Tuuleen alapuolella oleva alue eristettiin. Palokunta käänsi kontin pystyyn ja paineilmahengityslaittein varustautuneet palomiehet alkoivat tyhjentää lastia. Työt piti keskeyttää kun palomiehet saivat iho- ja silmä-ärsytysoireita. Paikalle kutsuttiin vaarallisten aineiden torjuntaan erikoistunut palomiesryhmä, joka kemikaalisuojapukuihin ja paineilmahengityslaitteisiin varustautuneena tyhjensi kontin. Kontista valuneet aineet vaahdotettiin, laimennettiin vedellä ja kerättiin imeytysaineella pois. Jälkeenpäin todettiin kontissa olleen 22 erilaista kemikaalia, mm. 3 m³ palavia nesteitä ja 1,5 m³ myrkyllisiä aineita (Wecksten 1989).

Tanskassa tiedon puute hidastutti maantiellä tapahtuneen liikenneonnettomuuden torjuntaa. Onnettomuudessa oli rekasta pudonnut tielle 37 kpl 200 l tynnyriä, joiden keräämistä talteen ei uskallettu aloittaa ennen kuin saatiin tietää, mitä kyseiset kemikaalit olivat. Rahtikirjan mukaan tynnyrit sisälsivät dietyleenitriamiinia, aminotyetiteratsiinia (?) ja Bermokol-nimistä ainetta. Kemikaalit osoittautuivat torjunta-aineiksi. Varsinaista vaaratilanteetta aineet eivät aiheuttaneet, sillä tynnyrit säilyivät ehjiä (Anon. 1984).

Mietoisissa jouduttiin liikenne maantiellä katkaisemaan, koska tislausprosessissa vapautuneesta epikloorihydriinistä muodostunut kloorivety levisi ympäristöön. Palokunta avusti tehtaan henkilökuntaa tislauslaitteiston jäähdytyksessä. Koska myrkyllistä epikloorihydriiniä vapautui vain muutama kilo, ei muihin toimenpiteisiin ryhdytty (Helsingin Sanomat 16.12.1987).

10b.2.7 Syövyttävät aineet

10b.2.7.1 Yleistä

Syövyttävien aineiden onnettomuudet ovat suhteellisen tavallisia vaarallisten aineiden onnettomuuksia. Aineistossa kuvauksia on 50, joista 35 on Suomesta, 9 Tanskasta ja 6 Ruotsista. Taulukossa 8 on yhteenveto onnettomuuksissa mukana olleista aineista ja taulukossa 9 onnettomuustyypeistä ja tapahtumapaikoista. Onnettomuuksissa vapautuneet ainemäärät on annettu taulukossa 10.

Taulukko 8. Syövyttävien aineiden onnettomuuksissa mukana olleet kemikaalit.

Kemikaali	Vaaran tunnusnumero	Onnettomuuksien lukumäärä
typpihappo	80, 885	12
rikkihappo	80	11
suolahappo	80	8
lipeä	80	7
oleum	X886	2
seoshappo	80	2
muu	80, 89	8

Taulukko 9. Syövyttävien aineiden onnettomuustyyppit ja tapahtumapaikat

	Onnettomuuksien lukumäärä
Onnettomuustyyppi	
Nestevuoto	
- maahan	34
- veteen	2
- sisätiloihin	4
Kaasupilvi	6
Tulipalo	1
Räjähdyks	2
Läheltä piti	1
Tapahtumapaikka	
Teollisuusalue	23
Kuljetus	20
Ratapiha	5
Muu	2

Taulukko 10. Syövyttävien aineiden onnettomuuksissa vapautuneet ainemäärät.

Vapautunut ainemäärä m ³	Onnettomuuksien lukumäärä
0 – 1	18
1 – 10	11
10 – 50	7
> 50	1

Teollisuusalueella tapahtuneet onnettomuudet ovat prosessihäiriöstä, laitevioista tai virheellisestä käsittelystä johtuvia vuotoja. Kuljetusonnettomuudet ovat lähes kaikki törmäyksiä tai tieltä suistumisia, joissa säiliöauto on kaatunut tai muuten vaurioitunut. Rautatieonnettomuudet ovat tapahtuneet tyypillisesti ratapihalla. Mukana on myös yksi laivaonnettomuus, jossa laivassa olleesta säiliöstä vuosi suolahappoa laivan ruumaan.

Nestevuoto maahan on tyypillisin onnettomuus. Vesistöihin syövyttäviä aineita on päässyt sadevesiviemäreiden kautta. Osassa vuototapauksista höyrystynyt happo on muodostanut kaasuvan. Kaasuvana on tyypillisesti ollut näkyvä, joten sen liikkeitä on voitu seurata. Tulipalossa syövyttäviä aineita on ollut vain yhdessä tapauksessa, jossa tulipalossa ollut lipeäsäiliö vaurioitui. Räjähdyksiä on aineistossa kaksi. Tanskassa koneverstaassa ollut typpihappotynnyri repesi räjähdysnomaisesti ja lensi rakennuksen katon läpi ulos. Räjähdyksen syynä oli hapon säilytys vääränlaisessa astiassa. Hapon ja metallin reaktiossa muodostunut kaasu nosti paineen tynnyrissä liian suureksi (Brogaard 1992). Suomessa prosessihäiriön seurauksena suolahapposäiliöön päässeen vetykaasun räjähdys aiheutti säiliön repeämisen ja noin 15 m³:n vuodon (Helsingin Sanomat 8.1.1992).

Loukkaantumiset ja ärsytysoireet onnettomuuksissa ovat olleet vähäisiä. Tanskassa happokontin venttiilin rikkoutumisen seurauksena työntekijä sai happoroiskeita päälleen ja kolme työntekijää hengitysvaikeuksia. Karlskogan suuri oleumvuoto aiheutti ärsytysoireita osalle kaupungin asukkaista, mutta ei pysyviä terveysvahinkoja.

10b.2.7.2 Torjunta

- Vaara-alueen eristäminen ja ihmisten varoittaminen on ollut ensisijainen tehtävä niissä onnettomuuksissa, missä syövyttävä neste on höyrystynyt voimakkaasti ja muodostanut kaasuvanavan.
- Säiliöihin tulleita reikiä on tiivistetty usein puukiiloilla ja tiivistysmassalla. Myös paineilmatyynyjä on käytetty vuotojen tukkimiseen menestyksekkäästi. Vuotojen tukkimista ja tiivistämistä on vaikeuttanut happosumusta aiheutunut huono näkyvyys vuotokohdan läheisyydessä. Puukiilojen asettaminen reikään on joissakin tapauksissa suurentanut reikää ja vuotoa, mutta tavallisesti kun uusi kiila on lyöty syvemmälle kuin ensimmäinen, vuoto on vähentynyt tai lakannut.

Myös vuotokohdan hankalan sijainnin takia vuotoa ei ole aina saatu kokonaan lakkamaan. Tällöin vuotokohdan alle on asetettu keräilyastioita syövyttävän aineen maahan valumisen estämiseksi.

- Maahan valuneen hapon neutralointi ja vuotopaikan huuhtelu vedellä on tyypillinen torjuntatoimi. Neutralointi on useimmiten tehty kalkilla, jota on tavallisesti käytetty jonkin verran ylimäärin. Neutraloinnin lopputulosta on usein tarkkailtu pH-mittauksilla, muttei aina. Suurissa vuodoissa neutraloitua happoa on kerätty talteen ja saastunutta maata on kuorittu ja kuljetettu kaatopaikalle.
- Emäsvuotoja ei ole neutraloitu, vaan ne on kerätty talteen esimerkiksi imeytämällä neste erilaisiin imeytysaineisiin tai laimennettu runsaalla vedellä.
- Vuotopaikan huuhtelu runsaalla vedellä on tyypillinen lopputoimenpide kaikissa onnettomuuksissa.
- Syövyttävien aineiden pääsyä vesistöihin ja pohjaveteen on yritetty estää patoamalla ojia, rakentamalla valleja esim. hiekasta, tukkimalla viemäreitä jne.
- Torjunnassa käytetty suojavaarustus on tavallisesti paloasu. Paineilmahengityslaitetta on käytetty, jos syövyttävä neste on höyrystynyt. Vuotoja suljettaessa tai, jos muuten on jouduttu suoraan tekemisiin syövyttävän nesteen kanssa, on käytetty kemikaalisuojapukuja.

10b.2.7.3 Onnettomuuskuvauksia

Rikkihapporekan suistuminen tieltä (Suomi 28.8.1989)

Jyväskylän palolaitos sai hätäilmoituksen, jonka mukaan rekka-auto oli ajanut ojaan. Paikan päällä huomattiin, että rekan perävaunussa oli VAK-varoituskilpi, jonka mukaan lasti oli syövyttävää. Kuljettaja oli tajuissaan, mutta sekava. Rekan

vetovaunu oli ylösalaisin ojassa ja kallellaan olevasta perävaunusta valui vaaleaa nestettä maahan. Nestettä oli läheisessä ojassa noin 50 m:n matkalla ja rantatörmän kautta sitä valui läheiseen Jyväsjärveen. Hapon haju oli voimakas, mutta höyrystymistä ei juurikaan tapahtunut. Sää oli lähes tyyni ja lämpöasteita oli muutama. Onnettomuuspaikalla ei ollut sivullisia.

Poliisi sulki tien ja ohjasi liikenteen kiertotielle. Ojan ja järveen vievän uoman patoaminen aloitettiin. Sairaankuljettajat ilmoittivat, että kuljettaja oli kertonut lastina olleen 28 tonnia 98 %:sta rikkihappoa. Vetoauton ohjaamosta löytynyt kuormakirja vahvisti kuljettajan kertomuksen.

Kemikaalisuojapuvut saapuivat paikalle pienellä viiveellä. Vuotoa ei onnistuttu tukkiimaan, mutta se lakkasi itsestään kun pinta säiliössä laski vuotokohdan alapuolelle. Vuotanut määrä arvioitiin 16 tonniksi. Asiantuntija-apua saatiin Jyväskylän yliopiston kemian professorilta. Maahan valuneen rikkihapon neutralointi aloitettiin dolomiittikalkilla (sammutettu kalkki), jota noudettiin 4,5 tonnia 25 kg:n säkeissä paikallisesta liikkeestä. Myös Absolia käytettiin. Aineet reagoivat rauhallisesti hapon kanssa ja neutralointi oli siksi helppoa.

Lisää kalkkia tilattiin Äänekoskelta Oy Metsä-Botnia Ab:n tehtailta. Sitä käytettiin suuren lammikon neutralointiin, joka aloitettiin kun rekan vetoauto oli nostettu kuljetuslavetille. Sammuttamaton teollisuuskalkki reagoi voimakkaammin hapon kanssa, mutta voimistunut tuuli hajotti muodostuneen pilven. Kalkkia käytettiin neutralointiin noin 40 t.

Perävaunuun jäänyt happo, noin 12 t, siirrettiin paikalle tilattuun säiliöautoon. Jälkitorjunnasta huolehtivat Jyväskylän tiemestaripiiri ja kaupungin ympäristöhygienian osasto. Saastunutta maata kuorittiin pois ja kuljetettiin kaatopaikalle. Alueen happamuusarvoja tarkkailtiin. Järviveden happamoitumista ilmeni vain parin metrin alueella pientareelta järveen laskevan ojan suulla. Happoa arveltiin päässeen Jyväsjärveen vain muutamia satoja litroja (Helminen 1989, Helsingin Sanomat ja Uusi Suomi 28.9.1989).

Suolahappovuoto satamassa olleessa laivassa (Tanska 4.11.1989)

Århusin palolaitos sai hätäilmoituksen satamasta aamulla. Laivassa oli 300 tonnia suolahappoa kolmessa säiliössä, joista yksi oli vaurioitunut ja säiliössä olevasta reiästä valui happoa lastiruumaan. Suolahappolasti oli ollut tarkoitus purkaa satamassa olevaan vanhaan säiliöön, jota oltiin pinnoittamassa sisäpuolelta. Työtä ei ollut saatu valmiiksi laivan saapuessa satamaan, ja siksi happoa ei ollut poistettu laivasta.

Vuoto paikallistettiin perimmäiseen suolahapposäiliöön ruumassa. Myös laivan painolastisäiliössä todettiin vuoto. Laiva oli kallistunut kyljelleen, ja siksi aloitettiin pumppaus lastiruuman pumppauskaivosta, jossa happoa yritettiin samalla neutraloida lipeällä. Laivassa eikä satamassa ollut omaa pumppua suolahapon pumppaamiseen. Palokunta pelkäsi myös laivan kaatuvan, jos suolahappoliuos syövyttäisi reiän laivan kylkeen. Laivan tiloihin oli muodostumassa syttymisvaara metallin ja suolahapon reaktiossa kehittyvästä vedystä. Siksi laivan koneet pysäytettiin ja sähköt katkaistiin laivasta. Laivan tyhjennys tapahtui laivan ulkopuolella olevien pumppujen avulla.

Suolahappoa kestäviä pumppuja ja säiliöitä, joihin suolahappoliuosta voitaisiin pumpata, ryhdyttiin hankkimaan. Säiliö saatiin nopeasti paikalle, mutta pumppujen hankkiminen oli vaikeampaa. Siksi päätettiin mennä laivaan ja yrittää sulkea vuoto. Haponkestäviin kemikaalisuojapukuihin pukeutuneina ja paineilmahengityslaitteilla ja radiopuhelimilla varustautuneina kemikaalisukeltajat astuivat laivaan. Näkyvyys laivassa oli huono happosumun takia, mutta kemikaalisukeltajat löysivät säiliöstä halkaisijaltaan 20 mm:n reiän. Reikää yritettiin myöhemmin tukkia puukiilalla, mutta toimenpide keskeytettiin, koska näytti todennäköiseltä että reikä tukkimisyrityksessä suurentuisi. Tukkimisyritys tehtiin seisten polviin asti ulottuvassa suolahappoliuoksessa.

Illansuussa saatiin paikalle happopumppu ja säiliöautojen lastaaminen alkoi. Laiva alkoi pumppauksen aikana kallistua enemmän, ja koska pidettiin mahdollisena että laiva saattaisi kaatua, se hinattiin läheiselle kuivatelakalle. Laivan tyhjennys annettiin toimenpiteen jälkeen urakoitsijoiden tehtäväksi.

Palokunta käytti torjuntatyössä:

803 henkilötyötuntia

10 kemikaalisuojapukua, joista 9 jouduttiin poistamaan käyttökelvottomina torjunnan jälkeen

9 paineilmahengityslaitetta

231 hengitysilmapulloa.

Torjunnan kustannukset arvioitiin noin 1,5 miljoonaksi Tanskan kruunuksi (Eriksen 1990).

10b.3 YHTEENVETO

Tässä työssä on käyty läpi 236 onnettomuuskuvasta Suomesta, Ruotsista, Tanskasta ja Norjasta. Tavoitteena on ollut hankkia aineistoa kemikaalionnettomuuksien torjuntavalmiuden ja -menetelmien kehittämiseksi sekä kemikaali- tai kemikaaliryhmäkohtaisten torjuntaohjeiden laatimiseksi onnettomuuksien varalle.

Kuvausten taso on vaihdellut muutaman rivin uutisesta päivälehdessä usean sivun mittaiseen selostukseen paloalan lehdessä. Palokunnan toimintaa kemikaalionnettomuuksissa on kuvattu jossain määrin lähes kaikissa selostuksissa.

Aineistossa on runsaasti kuvauksia palavien tai myrkyllisten kaasujen, palavien nesteiden ja syövyttävien aineiden onnettomuuksista. Muihin ryhmiin kuuluvien kemikaalien onnettomuuksista on vajaat 20 kuvausta.

Tavallisin onnettomuustyyppi on ollut nestevuoto maahan (112 kuvausta). Nesteytetyn kaasun nestevuotoja määrästä on vajaa neljännes (25 kpl). Kaasuvuotoja aineistoissa oli 21, nestevuotoja sisätiloihin 12 ja vesistöihin 11. Kiinteä aine on joutunut maahan kahdessa onnettomuudessa. Tulipaloja aineistossa oli 43, räjähdyksiä 21 ja läheltä piti -tapauksia 14.

Torjuntaa onnettomuuksissa on käsitelty ainoastaan kuvausten perusteella. Torjunnan tarkoituksenmukaisuutta tai oikeellisuutta ei ole arvioitu. Torjuntaa on kuvattu vaaran tunnusnumeroihin perustuvissa aineryhmissä. Yhteisiä piirteitä samantyyppisten aineiden torjunnassa sekä torjunnan aikana syntyneitä ongelmia ja onnistumisia on pyritty kuvaamaan.

10b.4 LÄHDELUETTELO

Anon. 1991. Ammoniak slap ud, og landevej spaerret i halv dag, da tankvogn havererede. Brandvaern 6, s. 34.

Anon. 1987. 12 personer indlagt på sygehus efter explosion i et kar med triklorethan. Brandvaern 5, s. 28.

Anon. 1985. Tankbil med fotogen välte utanför Stockholm. Brandförsvar 1985:8 -9, s. 34 - 35.

Anon. 1984. Uheld med gifttransport motorvej. Brandvaern 5, s. 27.

Bergström, Å. Kraftigt blåsljud före explosionen. Brand & Räddning 1986: 8 - 9, s. 33 - 34.

Boberg, S. 1988. Oljeutsläppet hotade Öresund. Brand & Räddning 11, s. 38 - 39.

Brogaard, K. 1992. Explosion i maskinvaerksted. Brandvaern 18, 12, s. 27 - 28.

Clarqvist, L. 1984. En man omkom i klorolycka i Timrå. Brandförsvar 4, s. 29.

Eriksen, K.A. 1990. Uheld med saltsyre på coasteren "Julie A" i Århus Havn. Brandvaern 2, s. 2 - 5.

Fällman, L. 1987. Tragisk dödsolycka gav viktig kunskap. Brand & Räddning 11, s. 13 - 14.

Hansson, I. 1987. Räddningskåren kunde inte handlat annorlunda. Brand & Räddning 8 - 9, s. 77.

Helminen, R. 1989. Rikkihapporekka kaatui moottoritiellä Jyväskylässä. Palontorjunta 9, s. 8 -9.

Helsingin Sanomat 12.1.1993. Junamies kuoli Kuusankosken Voikkaalla.

Helsingin Sanomat 21.11.1992. Bensiiniä poltettiin maastossa Hauholla.

Helsingin Sanomat 8.1.1992. Suolahappoliuosta maahan räjähdysten jälkeen Oulussa.

Helsingin Sanomat 21.2.1991. Myrkkyykontin putoaminen aiheutti räjähdysvaaran Sompasaarella.

Helsingin Sanomat 16.7.1991. Ojaan kaatuneen öljyrekan lasti paloi Orimattilassa.

Helsingin Sanomat 16.11.1991. VR:n hartsivaunu syttyi uudelleen tuleen Tampereella.

Helsingin Sanomat 18.5.1990. Myrkyllistä kaasua vuoti Havin tehtaalta.

Helsingin Sanomat 19.5.1990. Havin myrkkyyvuoto oli arvioitua pienempi.

Helsingin Sanomat 17.10.1990. Säiliöauto ja nestekaasujuna törmäsivät Sköldvikissä.

Helsingin Sanomat 22.2.1989. Räjähdyksessä pysäytti laitoksen Kokkolan Kemiran tehtailla.

Helsingin Sanomat 28.8.1989. Katastrofi uhkasi Haminaa.

Helsingin Sanomat 28.9.1989. Rikkihapporekka suistui moottoritieltä Jyväskylässä.

Helsingin Sanomat 1.10.1989. Laivan lastauksesta myrkkyyvuoto Kotkan Mussalossa.

Helsingin Sanomat 14.9.1988. Natriumsyanidia levisi maahan Helsingin Länsisatamassa.

Helsingin Sanomat 21.10.1988. Tankkilaivan vuodossa räjähdysvaara Hangossa.

Helsingin Sanomat 28.11.1988. Sähköpylväiden kylästysainetta valui Raisiojokeen.

Helsingin Sanomat 23.6.1987. Propanikaasu aiheutti räjähdysvaaran Vuosaarella.

Helsingin Sanomat 8.7.1987. Vakava bensiinivuoto Hangossa.

Helsingin Sanomat 9.7.1987. Räjähdyksivaara hellitti Hangossa.

Helsingin Sanomat 16.12.1987. Uhkaava myrkkyyvuoto Mietoisissa sulki Turun ja Kustavin moottoritien.

Helsingin Sanomat 13.2.1985. Mies kuoli happirekan törmäyksessä Lapinjärvellä.

Helsingin Sanomat 26.4.1985. Säiliöautosta valui öljyä 14 000 litraa Helsingissä.

Helsingin Sanomat 29.4.1984. Rikkivaunun palosta kaasuvaara Luumäellä.

Helsingin Sanomat 3.5.1984. Myrkkypilvi karheutti kurkut.

Helsingin Sanomat 22.8.1984. Nestekaasuvuoto aiheutti räjähdysvaaran Malmilla.

Henriksen, B. 1991. Explosions-brand i nytt produktionsanlaeg på Cheminova. Brandvaern 3, s. 25 - 26.

Jensen, S.A. 1992. Toguheld. Brandvaern 12, s. 28 - 29.

Johansson, A. 1988. Kort massiv insats och en massa tur. Brand & Räddning 3, s. 30 - 31.

Karlsson, J. 1989. Säiliöpalosta 30 miljoonan vahingot Nesteen Sköldvikin jalostamolla. Palontorjunta 1989:3, s. 14 - 17.

Larsen, H. 1987. Branden er slukket - dette er en anden historie "om følgerikninger". Brandvaern 5, s. 14 - 17.

Lauersen, E. 1990. Ca. 300 liter Dinosep i maskinhus gav store problemer under gårdbrand. Brandvaern 16, 5, s. 26 - 28.

Lehtonen, M. & Vallentin, L. 1988. Kuutostie tulessa - palokunnalla ei mitään sammutusmahdollisuuksia. Palontorjunta 7, s. 6 - 8.

Lindberg, S-E. 1989. Gasen smög in genom avloppet. Brand & Räddning 5, s. 37.

Lindgren, S. 1992. Stort bensinläckage men ingen brand. Brand & Räddning 8 - 9, s. 53 - 54.

Martomaa, S. 1987. Kemikaalivuoto Haminan öljysatamassa. Palontorjunta 2, s. 88 - 90.

Nessvi, K. 1987. Omedelbar antändning gjorde föraren chanslös. Brand & Räddning 11, s. 18.

Pöyry, U. 1987. Kaksi 50 tonnin kloorivaunua nurin. Palontorjunta 2, s. 94 - 95.

Sturk, P. 1987. Utbildningen måste ses över. Brand & Räddning 6 - 7, s. 28 - 29.

Uusi Suomi 18.5.1990. Styreenikaasuvuoto pakotti kymmenet evakkoon Vantaalla.

Uusi Suomi 28.9.1989. Tonneittain rikkihappoa valui rekasta Jyväskylässä.

Uusi Suomi 29.12.1989. Kaukaalla räjähti säiliö.

Wahlbeck, K. & Snickars, T. 1987. Tvingad att ta ett snabbt och riskfyllt beslut. Brand & Räddning 12, s. 32 - 33.

Wecksten, S. 1989. Kaksi myrkyonnettomuutta Helsingissä - Kun "muuttotavara" osoittautui myrkkytavaraksi. Palontorjunta 7, s. 8 - 10.

Wennerberg, O. & Aspgren, J. 1987. Konstig placering av säkerhetsventilen. Brand & Räddning 6 - 7, s. 27 - 28.

**YHTEENVETO SUOMESSA VUOSINA 1988 - 1992
SATTUNEISTA KEMIKAALIONNETTOMUUKSISTA**

Kemikaalionnettomuuksia aiheuttavien aineiden kartoittamiseksi Suomen kunnallisilta- ja teollisuuspalokunnilta sekä hätäkeskuksilta tiedusteltiin keväällä -93 viimeisen viiden vuoden aikana sattuneita merkittäviä kemikaalionnettomuuksia. Palaute oli kiitettävän runsasta, 17 mapillista aineistoa, josta karsittiin erilleen 440 edustavinta onnettomuutta.

Sata kemikaalia aiheutti 440 onnettomuutta. Kymmenen yleisintä kemikaalia kattavat n. 60 % onnettomuuksista ja kaksikymmentäneljä yleisintä jo 75 % kaikista 440 onnettomuudesta. Ks. taulukko 1.

Taulukko 1. KEMIKAALIONNETTOMUUDET VUOSINA 1988–92

(24 eniten onnettomuuksia aiheuttanutta ainetta Tokeva-kyselyn pohjalta)

Kemikaali	lkm
diesel- ja polttoöljy	76
nestekaasu	36
bensiini	34
riikkihappo	29
ammoniakki	16
kloori	16
typpihappo	14
suolahappo	12
kaupunkikaasu	11
natriumhydroksidi	9
happi	8
heksaani	8
harts	7
etanoli	6
freon	6
rikki	6
ksyleeni	5
maakaasukondensaatti	5
metanoli	4
PCB	4
räjähdysaineet	4
styreeni	4
tolueeni	4
vety	4

Yhteenvetona voidaan todeta, että hyvin tavanomaiset aineet aiheuttavat useimmat kemikaalionnettomuudet, joita olivat tyypillisimmillään vuototilanteet, tulipalot tai räjähdykset. Neljä ihmishenkeä vaatinutta kemikaalia olivat asetyleeni (1 henkilö), nestekaasu (1 henkilö) ja trikloorietaani (2 henkilöä). Voidaan todeta, että ne kemikaalit, joita kuljetetaan eniten (esim. polttoaineet, hapot, emäkset ja kaasut) ovat myös yleisimmin aiheuttamassa onnettomuuksia, jo siksi torjuntaohjeet pyritään tekemään ensisijaisesti näille aineille.

Tokeva-kyselyn avulla saatu tulos on hyvin samansuuntainen muissa pohjoismaissa sattuneiden kemikaalionnettomuuksien kanssa ja luo näin hyvän pohjan yhteispohjoismaisten torjuntaohjeiden työstämiselle.

Kyselyn pohjalta torjuntaohjeiden pääpaino keskittyy VAK-luokkiin 2,3,6 ja 8.

Sivuilla 3 ja 4 on tarkemmin eritelty kyselyn palaute.

30.9.93/SH

**TOKEVAN KYSELYN YHTEENVETO ONNETTOMUUKSISTA
VUOSILTA 1988 - 1992**

Kemikaali	VAK- luokka	YK- numero	Luku- määrä	%-osuus	kuolleet
akryylihapo	8	2218	1	0,23	
alumiini	4	1309	2	0,45	
alumiinikloridi	8	2581	1	0,23	
ammoniakki	2	1005	16	3,64	
ammoniakkiliuos (vesi)	8	2672	3	0,68	
asetoni	3	1090	2	0,45	
ammoniumnitraatti-lannoitteet	5.1	2072	2	0,45	
argon	2	1006	1	0,23	
asetyleeni	2	1001	3	0,68	1
bitumi	3	1999	2	0,45	
bensiini	3	1203	34	7,73	
bentseeni	3	1114	3	0,68	
butyleeni	2	1012	1	0,23	
butyyliasetaatti	3	1123	1	0,23	
diesel ja polttoöljy	3	1202	76	17,27	
diphenylmethane	6.1	2489	1	0,23	
elohopea	8	2809	2	0,45	
epikloorihydriini	6.1	2023	1	0,23	
etanoli	3	1170	3	1,36	
etikkahappo	8	2790	2	0,45	
etyyliasettaatti	3	1173	3	0,68	
etyylibentseeni	3	1175	1	0,23	
fluorivetyhapo	8	1790	2	0,45	
formaliini	9	2209	1	0,23	
fosforihappo	8	1805	2	0,45	
freon	2	1958	3	1,36	
happi	2	1072	8	1,82	
hartsi	3	1866	7	1,59	
heksaani	3	1208	8	1,82	
helium	2	1046	1	0,23	
hiilidioksidi	2	1013	3	0,68	
hydrosulfiitti	4.2	1384	2	0,45	
isobutyleeni	2	1012	1	0,23	
iso-oktaani	3	1262	1	0,23	
isopreeni	3	1218	2	0,45	
isopropanoli	3	1219	3	0,68	
isosyanaatti	3	2478	1	0,23	
jäteöljy tai muita öljyjä	3		3	0,68	
kaasukondensaatti	3	1864	2	0,45	
kalium	4.3	2257	1	0,23	
kalsiumfosfidi	4.3	2012	1	0,23	
kalsiumkarbidi	4.3	1402	1	0,23	
kalsiumoksidi	8	1910	2	0,45	
kaupunkikaasu	2	1023	11	2,50	
kerosiini	3	1223	3	0,68	
kloori	2	1017	16	3,64	
klooridifluorimetaani	2	1018	2	0,45	
kloorifenoli	6	2021	1	0,23	
kloroformi	6.1	1888	1	0,23	
kromihappo	8	1755	1	0,23	
ksyleeni	3	1307	5	1,14	
kyynelkaasu	6	1693	1	0,23	

maakaasu	2	1971	2	0,45	
maakaasukondensaatti	3	1258	5	1,14	
maalit	8	3066	2	0,45	
metanoli	3	1230	4	0,91	
metyylikloridi	2	1063	2	0,45	
metyylimetakrylaatti	3	1247	2	0,45	
mineraalitärpätti	3	1300	2	0,45	
muuntajaöljy	3		1	0,23	
muurahaishappo	8	1779	2	0,45	
natriumalumiinihydridi	4.3	2835	1	0,23	
natriumboorihydridi	8	1426	1	0,23	
natriumhydroksidi	8	1824	9	2,05	
natriumhydrosulfiitti	4	1384	2	0,45	
natriumhypokloriitti	8	1791	3	0,68	
natriumhyposulfiitti	4	1384	1	0,23	
natriumkloraaatti	5	1495	1	0,23	
natriumnitriitti	5.1	1500	1	0,23	
natriumsyanidi	6.1	1689	1	0,23	
nestekaasu	2	1978	36	8,18	1
nitrobentseenisulfonyli-happo	8	2305	1	0,23	
oleum	8	1831	1	0,23	
PCB	6	2761	4	0,91	
perkloorietyleeni	6	1897	1	0,23	
piifluorivetyhappo	8	1778	1	0,23	
radioaktiiviset aineet	7	2912	2	0,45	
rikki	4.1	2448	6	1,36	
rikkidioksidi	2	1079	2	0,45	
rikkihappo	8	1830	29	6,59	
räjähdysaineet	1	33	4	0,91	
styreeni	3	2055	4	0,91	
suolahappo	8	1789	12	2,73	
sykloheksaani	3	1145	1	0,23	
tioglykoli	6.1	2966	1	0,23	
tolueeni	3	1294	4	0,91	
tolueenidi-isosyanaatti	6.1	2078	1	0,23	
trikloorietaani	6.1	2831	3	0,68	2
trikloorietyleeni	6.1	1710	1	0,23	
trimetyyliamiini	3	1297	2	0,45	
typpi	2	1977	2	0,45	
typpihappo	8	2031	14	3,18	
typpioksidit	2	1070	2	0,45	
itärpätti	3	1299	1	0,23	
vety	2	1049	4	0,91	
vetyperoksidi	5	2014	2	0,45	
vinyyliasetaatti	3	1301	1	0,23	
vinyylimetyylieetteri	2 ja 3	1087	1	0,23	
vinyylitrikloorisilaani	3 ja 8	1305	1	0,23	
värit	8	2801	1	0,23	

Yhteensä

100 nimikettä

440 onnettomuutta