

9 TORJUNTA VESISTÖISSÄ

LUVUN SISÄLTÖ

(Luku sisältää eTokevan alkuperäistekstin sivut 179 – 298)

9	TORJUNTA VESISTÖISSÄ, ALKUSANAT	2
9.1	<i>YLEISET TOIMENPITEET</i>	3
9.1.1	Johdanto	3
9.1.2	Riskien arviointi ihmisten ja ympäristön kannalta.....	5
9.1.3	Leviämisenusteet	10
9.1.4	Mittauksen ja näytteenoton laitteita ja menetelmiä	14
9.1.5	Vedenalaistekniikka	19
9.1.6	Ympäristövaikutukset ja -toimenpiteet	26
9.1.7	Tietolähteet.....	29
9.2	<i>TOIMENPITEET KEMIKAALIPÄÄSTÖN TAPAHDUTTUA</i>	38
9.2.1	Kemikaalipäästöjen käyttäytyminen vedessä – luokittelu ja fysikaaliset ominaisuudet	38
9.2.2	Toimenpiteiden valinta fysikaalisten ominaisuuksien perusteella.....	46
9.3	<i>TOIMENPITEET VAARALLISTEN AINEIDEN PAKKAUSTEN KERÄÄMISEKSI</i>	68
9.3.1	Pakattujen vaarallisten aineiden luokitus.....	68
9.3.2	Pakkaustyypit	71
9.3.3	Onnettomuustilanteita ja pakkausten käyttäytyminen.....	76
9.3.4	Toimenpiteet onnettomuustilanteessa, johon liittyy vaarallisten aineiden pakkauksia.....	79
9.4	<i>ESIMERKKEJÄ SATTUNEISTA ONNETTOMUUKSISTA</i>	93
9.4.1	Torjunta-aine uponneessa junanvaunussa.....	93
9.4.2	Rikkihappoproomu	94
9.4.3	Sandozin onnettomuus Rein-joella.....	97
9.4.4	Mississippi-jokeen uponneet torjunta-aineet	99
9.4.5	Ammoniakkipäästö jokeen	103
9.4.6	Ammoniakkipäästö säiliölaivasta.....	104
9.4.7	PCB-päästö jokeen.....	105
9.4.8	Siirrettävän järjestelmän käyttö lammen puhdistukseen torjunta- aineesta.....	108
9.4.9	Fenolipäästö Göteborgin satamassa.....	109
9.5	<i>KIRJALLISUUSVIITTEET</i>	111

9 TORJUNTA VESISTÖISSÄ, ALKUSANAT

Vuonna 1986 perustettiin Pohjoismaiden ministerineuvoston alainen johtoryhmä koordinoimaan pohjoismaisia, maalla ja merellä tapahtuvien kemikaalionnettomuuksien torjuntaa koskevia tutkimus- ja kehityshankkeita. Ryhmän nimi on "Kemikaalionnettomuuksien torjunnan ja jälkipuhdistuksen pohjoismainen asiantuntijaryhmä".

Käsillä oleva julkaisu "Vesistöissä tapahtuvien kemikaalionnettomuuksien torjunta" on koottu tämän pohjoismaisen yhteistyön puitteissa.

Julkaisun tarkoitus on esitellä mahdollisia toimenpiteitä, joihin voi tai pitää ryhtyä onnettomuuksissa tai vahingoissa, joissa kemikaaleja tai niiden pakkauksia joutuu vesistöön. Kuvatut toimenpiteet on ajateltu sovellettaviksi lähinnä vesistöissä, mutta ne soveltuvat käytettäviksi usein myös merellä. Julkaisussa ei käsitellä toimenpiteitä öljyonnettomuuksissa ts. öljyntorjuntaa ja -jälkipuhdistusta. Tietyt aineryhmät, kuten radioaktiiviset aineet ja tartuntavaaralliset aineet, jätetään myös käsittelemättä.

Käsiteltävä aihepiiri on hyvin laaja ja useinkaan toimenpiteiden tehokkuudesta ei ole käytännön kokemusta. Tämä puute selittyy sillä, että kemikaalionnettomuuksien kulku vaihtelee merkittävästi kemikaalien ja niiden ominaisuuksien moninaisuuden takia. Tämä seikka korostuu vesistöissä, joissa aineet voivat käyttäytyä monella tavalla.

Ensimmäisessä luvussa käsitellään yleisiä toimenpiteitä. Monet toimenpiteet ovat yhteisiä usealle onnettomuustyyppille ja suuri osa luvusta soveltuu myös maalla sattuville onnettomuuksille. Luvun lopussa esitetään valikoima aihepiiriin tärkeimmistä tietolähteistä. Toiset ovat yleisiä, toiset enemmän vesistöihin suuntautuneita.

Luku 2 käsittelee vesistöön päässeiden kemikaalien ja luku 3 niiden pakkausten torjuntamenetelmiä. Lukujen sisältö perustuu suurelta osin onnettomuuksista sekä kenttäkokeista saatuihin kokemuksiin. Tiedot tällä alueella ovat tosin vajavaisia. On vielä paljon tekemistä onnettomuusvalmiuden parantamiseksi.

Eri ruoppausmenetelmille on annettu paljon tilaa kolmannessa luvussa. On nimittäin osoittautunut, että vesistön pohjaan vajoavien kemikaalien nostaminen on hankalaa ja siihen tarvitaan usein ruoppaajia.

Luvussa 4 esitetään muutamia todellisia kemikaalionnettomuuksia, jotka ovat merkityksellisiä tämän raportin kannalta. Yleisesti voidaan sanoa, että ei ole julkaistu montakaan hyvää kuvausta vesistöissä tapahtuneista kemikaalionnettomuuksista.

Julkaisu päättyy lukuun 5, jossa on satakunta aiheeseen liittyvää kirjallisuusviitettä, lähinnä teknisiä artikkeleita ja raportteja.

Karlskrona, toukokuussa 1996

Björn Looström

Tutkija

Rannikkovartioston keskusjohto, Ruotsi

9.1 YLEISET TOIMENPITEET

9.1.1 Johdanto

9.1.1.1 Yleinen strategia

Vallitsee laaja yhteisymmärrys siitä, että kemikaalionnettomuuksiin varauduttaessa voimavarat on ensisijaisesti suunnattava ehkäiseviin toimenpiteisiin. Määräyksiä ja ohjeita on kehitettävä niin, että vahingot ja onnettomuudet vältetään mahdollisuuksien mukaan (viite 5.11). Kaikessa suunnittelussa tämä yleinen periaate on pidettävä mielessä eikä sitä pidä koskaan kyseenalaistaa.

Kun on sattunut kemikaalionnettomuus, ensisijaisena tavoitteena tulee aina olla ihmisiin, ympäristöön ja omaisuuteen kohdistuvien vahinkojen välttäminen tai rajoittaminen. Kun vertaillaan kustannuksia ja tehokkuutta, nopeilla ja oikeilla alkutoimenpiteillä on usein suurempi vaikutus kuin kaikilla myöhemmillä toimenpiteillä.

Varsinaisten vahinkojen torjumis- ja rajoittamistoimenpiteiden jälkeen tulee torjua mahdolliset jälkivahingot. Ympäristövahingot torjutaan saattamalla vahingoittuneet alueet niin lähelle alkuperäistä tilaansa kuin mitä kohtuullisella voimavarojen käytöllä on mahdollista. Jos kasvien tai eläinten kannat ovat pienentyneet onnettomuuden seurauksena, ainoana vaihtoehtona on usein antaa luonnon itse ajan myötä korjata syntyneet vahingot.

9.1.1.2 Yleiset ensimmäiset toimenpiteet

Seuraavat kohdat muodostavat lyhyen katsauksen niistä yleisistä toimenpiteistä, joihin lähes aina tulisi ryhtyä kemikaalionnettomuudessa. Mainitut toimenpiteet soveltuvat useimpiin tilanteisiin onnettomuuden tyypistä ja laajuudesta riippumatta. Pienemmissä onnettomuuksissa osa toimenpiteistä voidaan jättää pois tai suorittaa rajoitetusti. Isommissa onnettomuuksissa tai onnettomuuksissa, joissa on mukana hyvin vaarallisia aineita, kaikkiin mainittuihin toimenpiteisiin on ryhdyttävä.

- Nopean yleiskäsityksen muodostaminen tilanteesta. Kiireellisten toimenpiteiden arvioiminen, esim. loukkaantuneista huolehtiminen, onnettomuusalueen eristäminen tai evakuoiminen, vuotojen tukkiminen jne.
- Ohikulkijoiden, alusten, asukkaiden jne. varoittaminen. Tietojen antaminen viranomaisille sekä tiedotusvälineille.
- Kemikaalien tunnistaminen. Eri vaaratekijöiden, kuten palon, räjähdysten, vuotojen ja terveysturvallisuuden, sekä niiden seurausten arviointi.
- Vaara-alueen määrittäminen ja vartiointi.

- Huolehdi siitä, että uimarantojen, kalastusalueiden, vedenottamoiden jne. osalta ryhdytään tarvittaviin toimenpiteisiin (esim. käyttökielto, sulkeminen).
- Palo-, räjähdys- sekä terveysvaaran määrittäminen mittaamalla. Mittauksia tehdään jatkuvasti.
- Päästön suuruuden, ainemäärän, ominaisuuksien sekä mahdollisten reaktioiden arviointi.
- Alustava arvio aineiden leviämisestä (suunta, etäisyys, määrät). Tarkempiin laskelmiin käytetään leviämismalleja. Leviämisennusteiden laatiminen.
- Jatkuvat mittaukset kemikaalien mahdollisesta leviämisestä ilmassa, maassa, pohjaliejussa ja vedessä. Mittaustulosten merkitseminen kartalle.
- Riskikuvan jatkuva arviointi ja suojaustoimenpiteiden sopeuttaminen arviota vastaaviksi.
- Ryhdy vahinkoja rajoittaviin toimenpiteisiin.

International Maritime Organization (IMO) on laatinut oppaan ”Manual on Chemical Pollution”, jonka ensimmäisessä osassa (viite 5.42) käsitellään yleisiä toimenpiteitä kemikaalionnettomuuksien tapahtuessa. Oppaan toisessa osassa (viite 5.19) käsitellään erityisiä toimenpiteitä, kun kyseessä on pakattu vaarallinen aine.

9.1.1.3 Järjestelyt

Useimpien kemikaalionnettomuuksien yhteydessä joudutaan järjestämään kuljetuksia ja hankkimaan kalustoa sekä perustamaan säilytyspaikkoja. Vaatimukset voivat olla erityisen suuret, kun ympäristöön on levinnyt aineita tai pakkauksia, jotka täytyy poistaa. Vahingoittunut pakkaus saattaa aiheuttaa ongelmia. Aine täytyy mahdollisesti pakata uudestaan tai pakkaus laittaa suojatynnyriin ennen kuin sitä voidaan siirtää. On sattunut onnettomuuksia, joissa viranomaiset eivät ole antaneet pelastushenkilöstön tuoda nostettua tavaraa maihin, eikä kuljettaa sitä pois onnettomuuspaikalta (viite 5.44).

Käsiteltävä (padottava, pumpattava, ruopattava jne.) materiaalmäärä voi nousta hyvin suureksi onnettomuuksissa, joissa kemikaaleja on levinnyt ympäristöön, koska kemikaalit ovat ehkä sekoittuneet veteen tai pohjaliejuun. Järkevä suunnittelu voi usein merkittävästi helpottaa työtä. Kemikaalit voidaan mahdollisesti erottaa muusta aineesta onnettomuuspaikalla välittömästi keräämisen jälkeen. Joskus muodostetaan usean proomun järjestelmä, jossa ylös pumpattu vesiliuos käsitellään ja puhdistetaan useassa vaiheessa. Puhdistusprosessia voidaan mahdollisesti jatkaa niin pitkälle, että kaikki vesi voidaan lopulta palauttaa takaisin vesistöön (4.2).

Erikokoisia säiliöitä on oltava saatavilla kaikenlaisten onnettomuuksien varalta. Matalilla vesialueilla tarvitaan helposti siirrettäviä säiliöitä (viite 5.65). Proomut soveltuvat suurille päästömäärille, mutta on myös olemassa suuria, pehmeästä materiaalista valmistettuja kokoontaitettavia säiliöitä, jotka kelluvat ja joita voidaan

hinata. Joskus on järkevää säilyttää talteen otettu aine välivarastojärjestelmässä (puskurivarastossa) ennen sen poiskuljettamista proomuilla tai laivoilla.

Vahingoittuneet tynnyrit tai pakkaukset voidaan sijoittaa suojatynnyreihin ennen kuin ne kuljetetaan eteenpäin (9.3.4.1). Suojatynnyreitä on oltava suuri määrä ja niiden täytyy olla tyyppihyväksytyjä vaarallisten aineiden kuljetusta varten.

9.1.2 Riskien arviointi ihmisten ja ympäristön kannalta

9.1.2.1 Yleistä

Vesialueella tapahtunut kemikaalionnettomuus voi aiheuttaa sekä ihmisille ja ympäristölle monenlaisia riskejä, jotka pelastushenkilökunnan tulee tuntee. Nämä riskit muodostavat uhkakuvan, joka on arvioitava ja joka muodostaa pohjan jatkotoimenpiteille. Onnettomuuden vahinkojen huolellinen tutkiminen ja arviointi on erityisen tärkeää, jotta toimenpiteet pystyttäisiin suunnittelemaan.

9.1.2.2 Riskianalyysi

Tilastotiedot kuljetuksista (viitteet 5.16, 5.20, 5.24 ja 5.25) ja todellisista onnettomuuksista (9.1.7.15) muodostavat tärkeän lähtöaineiston riskianalyysiä tehtäessä. Tilastojen avulla voidaan esittää tavallisimmat onnettomuudet ja vahingot, vaarallisimmat kuljetustyytit jne. Riskianalyysin avulla pelastustoiminta voidaan mitoittaa ja sopeuttaa niin, että voimavarat kohdistetaan useimmin esiintyviin onnettomuustyyppisiin. Toisaalta on kuitenkin tärkeää, että pelastustoiminnan johtaja on varautunut kaikenlaisiin onnettomuuksiin, vaikka niiden tilastollinen todennäköisyys olisikin pieni.

9.1.2.3 Yleiset uhkakuvat

Esimerkkejä vesistöjen uhkakuvista:

- Vahinko kuljetuskalustossa/laitoksella
- Tahallinen tai tahaton päästö
 - uppoava pakkaus
 - maihin ajautuva pakkaus
 - kemikaalien leviäminen ilmassa
 - kemikaalien leviäminen vedenpinnalla
 - kemikaalien leviäminen vedessä
 - kemikaalien leviäminen pohjalla
 - kemikaalien leviäminen rannoille

Seuraavassa on uhkakuvien yleisiä tyyppitapauksia. Kohteella tarkoitetaan taulukossa A vesialueella tai sen lähellä olevaa kuljetusyksikköä (laiva, juna, auto), tai kemikaaleja käsittelevää laitosta vesialueen lähistöllä.

A. Kohteessa tai sen läheisyydessä

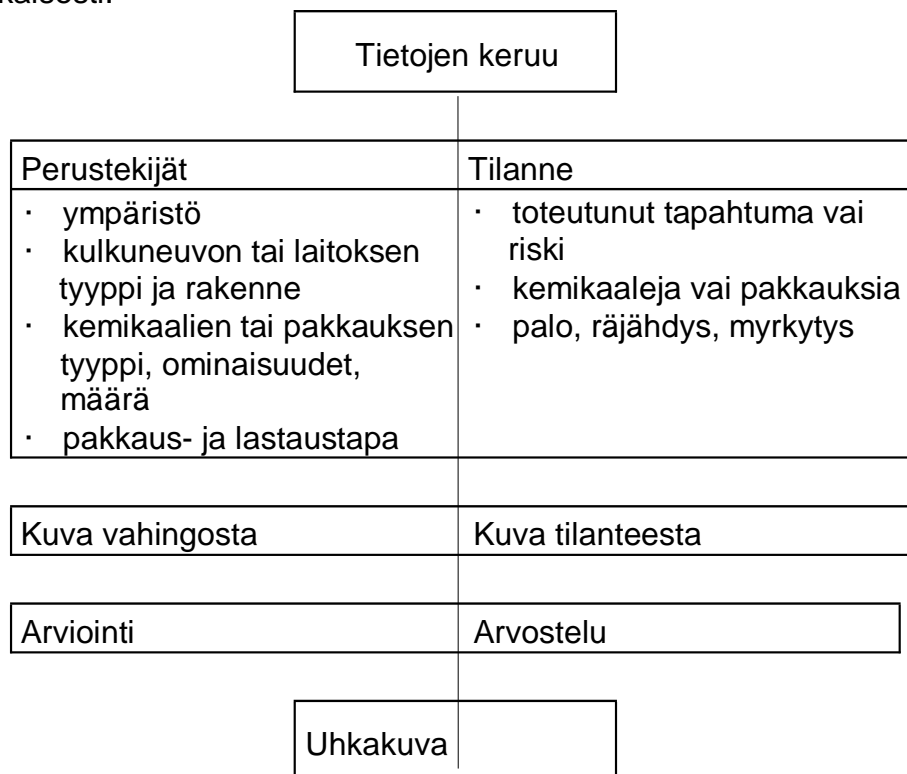
Kohteessa	Kohteen läheisyydessä	Uponnut kohde
<ul style="list-style-type: none"> • vuoto-, palo-, räjähdysriski • vuoto • palo kohteessa • räjähdys, jonka seuraukset rajoittuvat kohteeseen 	<ul style="list-style-type: none"> • kemikaalien vuotaminen tai pakkausten joutuminen ympäristöön • palo, jonka vaikutukset ulottuvat ympäristöön • räjähdys, jonka vaikutukset ulottuvat ympäristöön 	<ul style="list-style-type: none"> • kemikaalien vuotaminen tai pakkausten joutuminen kohteen ympäristöön

B. Vesistöön päässeet kemikaalit ja pakkaukset

Kemikaalit	Pakkaukset
<ul style="list-style-type: none"> • kaasut • vedenpinnalla kelluvat aineet • veteen liukenevat aineet • vajoavat aineet 	<ul style="list-style-type: none"> • kelluvat pakkaukset • uppoavat pakkaukset • maihin ajautuvat pakkaukset

9.1.2.4 Toimintatapa riskien arvioinnissa

Koska mikään onnettomuus ei ole toisen kaltainen, yleisiä ohjeita kattavalle onnettomuusriskien arvioinnille on vaikea laatia. Riskianalyysin ja uhkakuva-arvioinnin perusedellytyksenä on silti huolellinen tietojen kerääminen alla olevan kaavan mukaisesti:



Kolme tärkeää riskien arvioimisen vaihetta:

Vaihe	Toimenpide	Apuvälineet	Esimerkki
I	Tee yhteenveto onnettomuuden tärkeimmistä kohdista ja anna lyhyt kuvaus vallitsevasta tilanteesta	Tarkistuslistoja	Vahingoittunut kuorma Vuoto laivasta Vuoto maissa olevasta laitoksesta Vuoto pakkauksesta, kontista jne. Kaasupilvi Palo
II	Kerää tietoja aineiden ominaisuuksista	Kirjallisuus vaarallisista aineista Ohjekortit Tietokannat Info-keskukset Valmistajat Asiantuntijat	Aineiden kemialliset, fysikaaliset ja biologiset ominaisuudet. Palo-, räjähdys- ja korroosio-ominaisuudet.
III	Arvioi riskit ja odotettavissa olevat tai oletetut seuraukset	– ” –	Palo/räjähdysvaara Terveysvaara Ympäristövaara

Vaiheen I mukaisilla rutiineilla voi olla vaikeaa laatia yleisiä menettelytapaohjeita tai tarkistuslistoja, koska tyypillisiä kemikaalionnettomuuksia ei ole, tai kuten on tapana sanoa, kahta samanlaista onnettomuutta ei tapahdu. Muutamia yleisohjeita äkillisen kemikaali- tai vaarallisten aineiden onnettomuuden varalta voidaan kuitenkin antaa:

Älä hätiköi, toimi rauhallisesti ja arvioi tilanne käytettävissä olevan tiedon perusteella.

Sovella ”puolustavaa torjuntataktiikkaa”.

Yksi vaiheen II tärkeimmistä asioista on usein tutkia ohjekortteja, joissa on tietoa onnettomuuden kemikaaleista. Luotettavien tietojen hankkiminen kuuluu ensivaiheen kaikkein tärkeimpiin tehtäviin (viite 5.51). Esimerkkejä ohjekorteista ovat ne toimenpidekortit ja ohjekorttikansiot, joita käytetään Pohjoismaissa (kts. 9.1.7.13 ja 9.1.7.17).

Palo- ja räjähdysriskien arviointi Vaiheen III mukaisesti voidaan suorittaa yllä mainittujen ohjekorttien avulla sekä syttymisvaaramittareita käyttämällä (9.1.4.3).

Kyseiset ohjekortit sekä perusteellisemmat käsikirjat (9.1.7.14) soveltuvat kuten kaasunilmaisimetkin (9.1.4.2) välittömän terveysvaaran arvioimiseen.

Vaiheen III mukaisen ympäristövaaran arvioiminen on vaikeampaa ja kuuluu siten erityisasiantuntijan tehtäviin. Tietyn avun antaa IMDG-koodi (9.1.7.11), joka luokittelee aineet luokkiin ”Marine Pollutants” ja ”Severe Marine Pollutants”. On myös muita käsikirjoja, jotka tarjoavat ohjausta (9.1.7.5, 9.1.7.7, 9.1.7.19, viitteet 5.2 ja 5.50).

9.1.2.5 Vaara-alueet, eristäminen, turvatoimet

Vaara-alueen muodostaminen

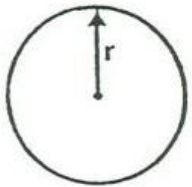
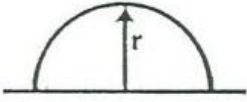
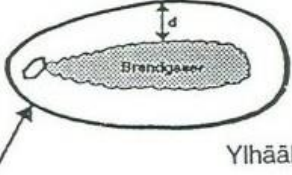
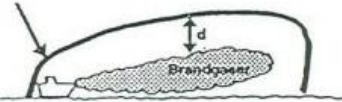
Jos onnettomuus aiheuttaa suurta vaaraa ihmiselle, vaara-alue on eristettävä pelastushenkilökunnan, merenkulkijoiden, asukkaiden ym. turvallisuuden takaamiseksi. Vaara-alue on merkittävä karttaan tai merikorttiin ja sitä on vartioitava.

Tilanteet, jolloin on erityisen tärkeää muodostaa vaara-alue	<ul style="list-style-type: none"> · kun onnettomuuteen liittyy suuri määrä kemikaaleja · kun onnettomuuteen liittyy erityisen vaarallisia aineita tai tuotteita
--	--

Vaara-alueen tarkoitus	<ul style="list-style-type: none"> · evakuoitava alue · alue, jolla liikuttaessa täytyy ryhtyä erityisiin toimenpiteisiin · alue, jolle pääsy tulee estää
------------------------	--

Taulukossa 1.1a-b esitetään suuntaviivoja vaara-alueen muodostamiselle (9.1.7.16). On tärkeää, että taulukon jakoa turvalliseen ja vaaralliseen alueeseen ei pidetä ehdottomana. Taulukon tarkoituksena on pelkästään antaa karkeat ohjeet vaara-alueen koolle ja muodolle.

Kun vakava onnettomuus uhkaa tiheään asuttua seutua, muodostettu vaara-alue määrää evakuoinnin laajuuden. Pahimman tilanteen mukaan arvioitu vaara-alue saattaa siten johtaa ylimitoitettuun evakuointiin. Jotta tästä vältyttäisiin, vaara-alue voidaan laskea tarkemmin arvioimalla syttymisvaara (viite 5.88) tai terveysvaara (viitteet 5.58 ja 5.59) onnettomuustilanteen tunnettujen yksityiskohtien perusteella.

VAARA-ALUEET			
Uhkakuva tai todellinen tapahtuma	Esimerkkejä aineista	Vaara-alueen kuvaus	Vaara-alueen kuva
Kiivaan palon vaara	asetoni akryylinitriili benssiini sykloheksaani heksaani metyylialkoholi metyylietyyliketoni vinyyliasetaatti	Puolipallo, jonka säde on 100 m	 Ylhäältä
Räjähdyksivaara	nestekaasu eteeni propeeni butadieeni räjähdysaineet hapettavien ja palavien aineiden seokset	Puolipallo, jonka säde on 1000 m	 Sivulta
Palo, jossa muodostuu vain tavallisia palokaasuja	asetoni akryylinitriili benssiini sykloheksaani heksaani metyylialkoholi metyylietyyliketoni vinyyliasetaatti	Alue, joka ulottuu 100 m näkyvien palokaasujen ympärille sekä yläpuolelle	 Ylhäältä
Palo, jossa muodostuu erityisen haitallisia kaasuja	klooratut hiilivedyt esim. diklooripropaani etyylikloridi etyleenidikloridi klooribentseeni vinyylikloridi etanoliamiini tietyt muovit	Alue, joka ulottuu 500 m näkyvien palokaasujen ympärille sekä yläpuolelle	 Sivulta

Kuva 9. 1 a) Ohjeet vaara-alueen muodostamiselle

VAARA - ALUEET						
Uhkakuva tai todellinen tapahtuma	Esimerkki-aineita	Vaara-alueen kuvaus		Vaara-alueen kuva		
Terveydelle erityisen haitallisen aineen vuoto	bentseeni kevyt raakaöljy bentseeni/tolueeni/ ksyleeni-seos (pyrolyysibensiini)	Alue, jonka ulkoreunoilla vuoto voidaan selvästi todeta kaasunilmaisimella				
Nesteytetyn kaasun vuotaminen säiliöstä tai säiliölaivasta	RYHMÄ I ammoniakki vinyylilokloridi	Vuoto	Terveys- vaara-alue		Palo-/ räjähdys- vaara- alue	
			I	II		
	a	a	a			
	km	km	km			
	tonnia					
0,1	1	0,2	0,2			
1	2	0,4	0,4			
10	5	1	1			
100	10	2	2			
1000	20	4	4			

Kuva 9. 1 b) Ohjeet vaara-alueen muodostamiselle.

9.1.3 Leviämisenusteet

9.1.3.1 Yleistä

Kemikaalipäästön leviäminen on arvioitava tai laskettava pohjaksi riskianalyysille. Karkea ja yksinkertainen arvio on usein parempi kuin ei mitään. Arvion tulee perustua kemikaalin ominaisuuksiin ja määrään sekä ympäristöolosuhteisiin kuten tuuli, virta jne.

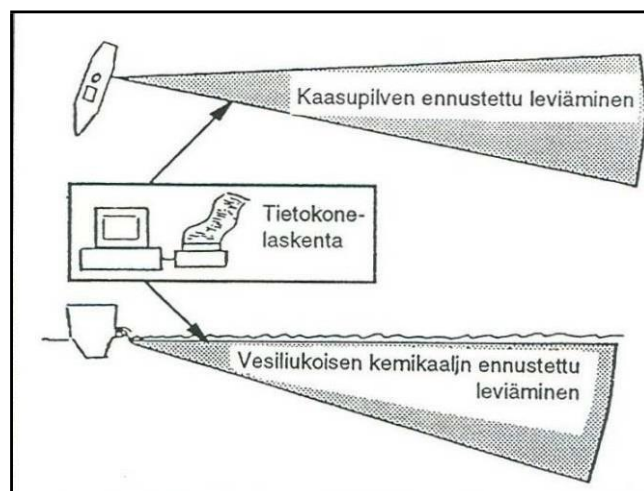
Nykyään on olemassa tietokonemalleja (kuva 9.2), joita käyttäjä voi tietyn koulutuksen ja harjoittelun jälkeen käyttää kemikaalivuodon leviämisen

ennustamiseen (viitteet 5.30 ja 5.36). On tosin todettava, että ennusteiden luotettavuus riippuu täysin

- mallin rakenteesta ja kelpoisuudesta
- syötetyn tiedon oikeellisuudesta
- käyttäjän ammattitaidosta.

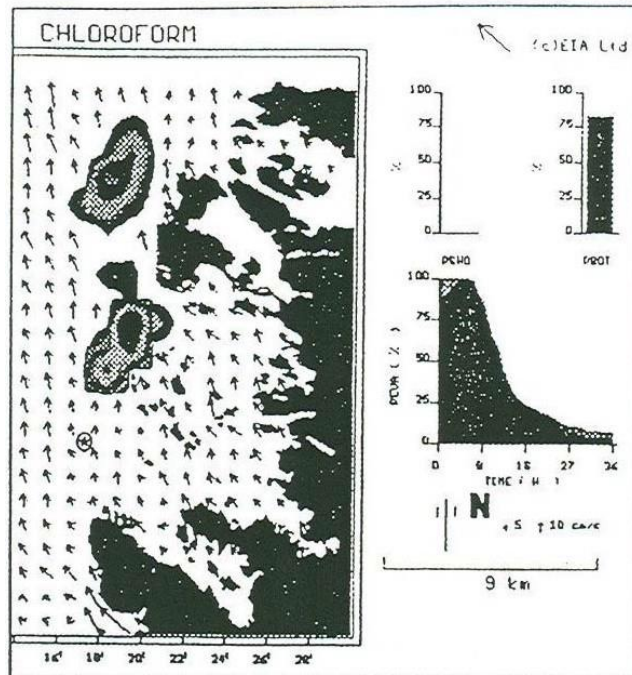
Monella tietokonemallilla on huomattavat rajoitukset. On tavallista, että kaasupilvien leviämismallit eivät ota maaston muotoja huomioon (esim. vesistö, tasanko, metsä). Eräissä malleissa kaasupilvet eivät väistä edes vuoria.

Usein leviämismallit veteen joutuville kemikaaleille eivät pysty ottamaan huomioon kemikaalien kaikkia ominaisuuksia kuten esim. liukoisuutta, jolloin malli antaa vääristyneen tai kokonaan väärän kuvan kemikaalin leviämisestä.



Kuva 9. 2 Kemikaalipäästöjen leviäminen voidaan ennustaa tietokonepohjaisilla simulointimalleilla

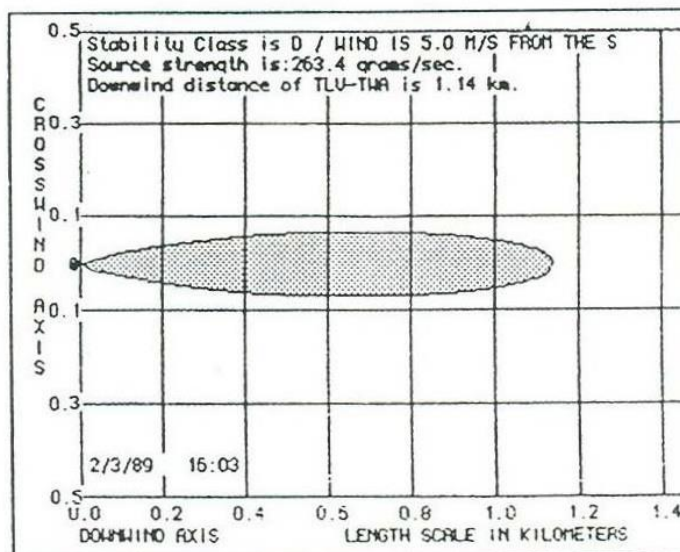
Simo Salo kokosi vuosina 1991 - 1992 katsauksen kaikesta tiedosta (viite 5.15), joka oli saatavilla kemikaalipäästöjen leviämisestä vedessä. Tämän katsauksen perusteella kehitettiin yleinen tietokonemalli kelluville, veteen liukeneville sekä vajoaville kemikaaleille. Malli laskee ja ennustaa kemikaalien leviämistä vedessä (viite 5.14). Malli ottaa huomioon kemikaalien fysikaaliset ominaisuudet ja tekee karttoja kemikaalien leviämisestä ympäristöön ajan funktion (katso kuva 9.3).



Kuva 9.3 Graafinen kuva kloroformipäästön käyttäytymisestä vedessä (suomalainen malli)

9.1.3.2 Kaasupilvi

Tunnettu kaasupilvien leviämisen simulointiohjelma on amerikkalainen ALOHA (kuva 9.4). ALOHA on osa amerikkalaista päätöksenteon tukijärjestelmää CAMEO, Computer Aided Management of Emergency Operations (viite 5.28), jonka on tehnyt National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) yhteistyössä US Environmental Protection Agency:n (EPA) kanssa.



Kuva 9.4 Amerikkalaisen simulointimallin ALOHAN luoma kaasupilven graafinen kuvaus.

Kohdan 9.2.2.2 menetelmä P1 on hyvin yksinkertainen käsinlaskumenetelmä kaasupilven leviämisen arviointiin.

9.1.3.3 Päästöt vedenpinnalla

Ennusteen tekeminen vedenpinnalla kelluvan kemikaalipäästön käyttäytymiselle on monimutkaista. Siihen vaikuttavat seuraavat prosessit:

- a) Kulkeutuminen vedenpinnalla
- b) Leviäminen vedenpinnalla
- c) Haihtuminen ilmakehään
- d) Liukeneminen veteen
- e) Kemiaalliset reaktiot ja muut muuntumisprosessit

Hollannissa Shell International on laatinut tietokonemallin (viite 5.26), joka laskee 34 tavallisen nestemäisen kemikaalin käyttäytymisen yllämainituissa b, c ja d-prosesseissa. Toistaiseksi (vuonna 1996) ei vielä ole ympäristötekijöihin sekä kemikaalin ominaisuuksiin perustuvaa tietokonemallia, jolla voitaisiin laskea luotettava ennuste kemikaalipäästön kulkeutumiselle vedenpinnalla.

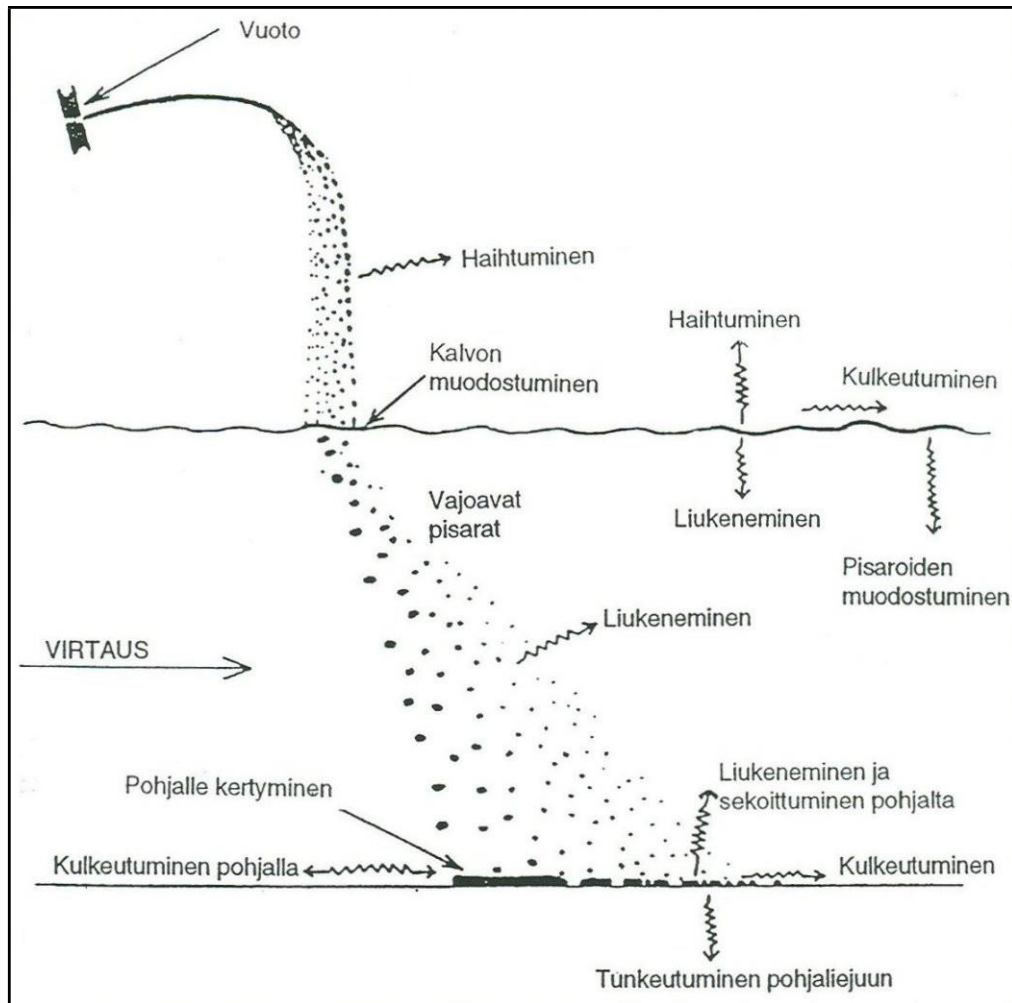
Yksinkertaisia leviämismalleja on kehitetty vedenpinnalla kelluville kemikaalipäästöille, jotka eivät haihdu tai liukene. Näissä malleissa käytettäviä laskentaperiaatteita voidaan käyttää myös käsin laskemisessa. Yleiskuvaus periaatteista annetaan luvun 9.2.2.3 menetelmässä P2.

9.1.3.4 Vesimassaan lienneet päästöt

Luvussa 9.2.2.4 esitetään menetelmä P3, jonka avulla voidaan hyvin karkeasti laskea vesimassaan lienneen kemikaalipäästön leviäminen.

9.1.3.5 Vajoavat päästöt

Pohjalle laskeutuvien päästöjen leviämistä on hyvin vaikea arvioida eikä vuonna 1996 vielä ole toimivaa mallia, jota voisi käyttää luotettavien ennusteiden tekemiseen. Vaikeudet johtuvat prosessiin vaikuttavien parametrien suuresta määrästä (kuva 9.5, viite 5.66). Aineen ominaispaino vaikuttaa vajoamisnopeuteen. Sen pintajännitys ja (vähäinkin) liukoisuus vaikuttavat käyttäytymiseen vedenpinnalla, aineen pisaroitumiseen ja leviämiseen vesimassassa matkalla pohjaan. Vesimassan virtauksella on yhdessä vesistön syvyyden ja aineen ominaispainon kanssa ratkaiseva merkitys siihen, miten pitkälle aine kulkeutuu virran mukana ennen kuin se laskeutuu pohjaan. Aineen liukoisuus kuten myös mahdolliset pohjavirrat vaikuttavat merkittävästi pohjalla olevaan päästöön ja sen pysyvyyteen. Aineen tunkeutuminen pohjaliejuun riippuu pohjan rakenteesta ja muista ominaisuuksista.



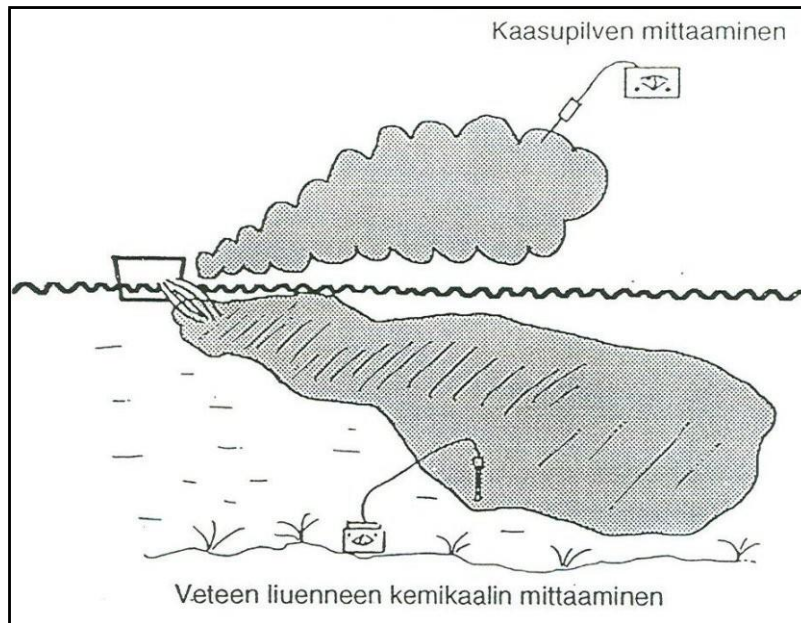
Kuva 9.5 Vedessä vajoavan aineen käyttäytyminen (viite 5.66).

9.1.4 Mittauksen ja näytteenoton laitteita ja menetelmiä

9.1.4.1 Yleistä

Onnettomuksissa, joissa kemikaaleja leviää ympäristöön, saastunut alue on kartoitettava mittauksin (kuva 9.6).

Mittausten tarkoituksena voi olla esimerkiksi terveydelle haitallisen alueen määrittäminen ja eristäminen, tai saastuneen alueen koon määrittäminen, jotta tarvittaviin ympäristösuojelutoimenpiteisiin voidaan ryhtyä. Tietoa kerätään usein myös siksi, että voitaisiin antaa monipuolinen kuva onnettomuuden laajuudesta tietoa vaativalle yleisölle, tiedotusvälineille sekä pelastustyöhön osallistuville viranomaisille ja asiantuntijoille.



Kuva 9. 6 Monenlaisia mittauksia voidaan tarvita kemikaalipäästön yhteydessä.

9.1.4.2 Kaasunilmaisimet

Kaasunilmaisimilla mitataan pieniä pitoisuuksia, yleensä muutamasta ppm:stä muutamaan sataan ppm:ään. Näiden mittausten tarkoituksena on kartoittaa terveysvaarat päästöalueella. Tavallinen väärinkäsitys on, että ilmassa olevia kaasuja voitaisiin tunnistaa kaasunilmaisimella. Näin ei ole! On ensiksi tunnistettava aine ennen kuin sen pitoisuus voidaan määrätä kaasunilmaisimella.

Ilmaisinputki

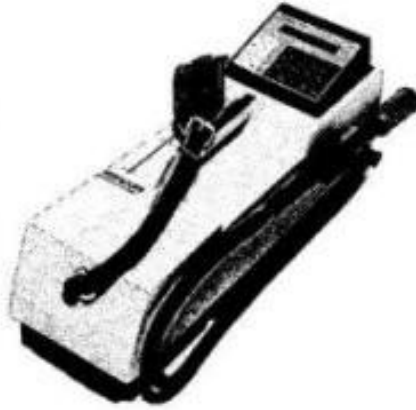
Tavallisimmassa mittausmenetelmässä käytetään lasinputkea, jossa olevaan massaan on imeytelty kemikaalia, joka reagoi mitattavan aineen kanssa. (Kemikaali voi reagoida myös muiden aineiden kanssa.) Ilmassa olevan kaasun vaikutuksesta kemikaali värjäytyy, minkä perusteella kaasun pitoisuus voidaan päätellä. Kuvassa 9.7 on esimerkki kaasunilmaisimesta.



Kuva 9. 7 Drägerin kaasunilmaisim.

Infrapunamittarit

Eräiden mittalaitteiden toiminta perustuu infrapunavalon absorptioon aineessa. Näiden laitteiden käyttö vaatii usein erityiskoulutusta. Viime aikoina on kehitetty automatisoituja infrapunamittareita, joita on helppo käyttää. Kuvassa 9.8 on eräs malli, joka on kalibroitu 116:lle kemikaalille.



Kuva 9. 8 MIRANin kannettava infrapunaspetrofotometri.

Fotoionisaattorit

Fotoionisaattorissa imetään ilmaa kädessä pidettävään anturiin, jonka sisällä on ultraviolettilamppu (kuva 9.9). Kun ilman epäpuhtauksia valaistaan ultraviolettivalolla, ne ionisoituvat. Ionisaatioenergia muutetaan suoraan ppm-arvoksi aineen pitoisuusasteikolla. Laite on ollut kaupallisesti saatavana 1970-luvun puolivälistä lähtien.



Kuva 9. 9 Mittaus HNU Systemin fotoionisaattorilla.

Kuvassa 9.10 on piirros myöhemmin kehitetystä mittalaitteesta, joka myös perustuu fotoionisaatiotekniikkaan (viite 5.29). Laitetta käyttää mm. USA:n ympäristönsuojeluviraston EPAn torjuntaryhmä, joka toimii Edisonissa, New Jersey.



Kuva 9. 10 Uudemmantyyppinen USA:n ympäristösuojeluviraston (EPA) käyttämä fotoionisaattori.

9.1.4.3 Syttymisvaaramittarit

Syttymisvaaran (yleensä useita tuhansia ppm) mittaamiseen käytetään erilaisia syttymisvaaramittareita (kuva 9.11).

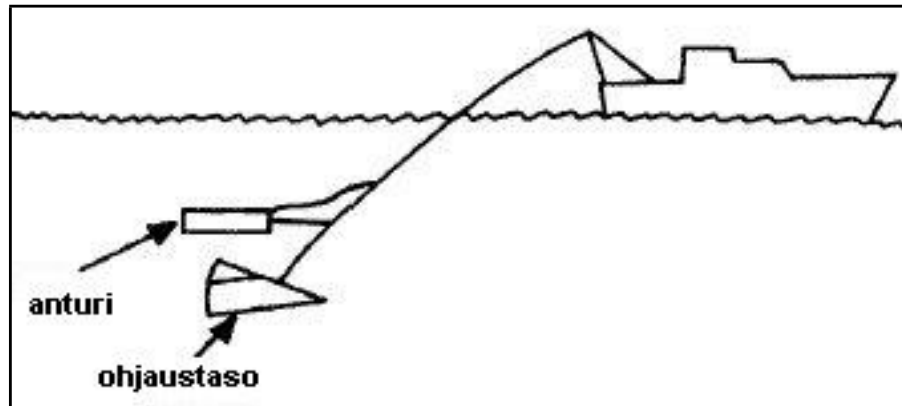


Kuva 9. 11 Syttymisvaaramittari ("Gas-Trac")

9.1.4.4 Mittaaminen vedenpinnan alapuolella

Kemikaalien leviämistä vesistössä mitataan usein siten, että vedestä nostetaan näyte, joka analysoidaan kannettavan kenttäanalyysilaitteiston avulla. Joskus näytteet täytyy viedä laboratorioon. Eräissä maissa on siirrettäviä laboratorioita, jotka voidaan viedä lähelle onnettomuuspaikkaa (viitteet 5.56 ja 5.82).

Eräissä järjestelmissä mittaukset suoritetaan luotaimella, joka sisältää analyysilaitteen ja joka pystyy tekemään analyysin enemmän tai vähemmän automaattisesti. Luotain lasketaan joko käsin veteen tai sitä hinataan (kuva 9.12). Mittausperiaatteen ja kaluston valinta riippuu päästön laadusta. Periaate voi perustua mm. pH-arvoon, valon absorptioon, sähköjohtavuuteen tai sameuteen.



Kuva 9. 12 Mittaaminen vedessä hinattavan luotaimen avulla.

Monella orgaanisella aineella (esim. hiilivedyt ja halogeenihiilivedyt) alhaisten pitoisuuksien mittaaminen kannettavalla laitteella voi olla vaikeaa. Viime aikoina on tosin kehitetty entsyymitekniikkaan perustuvia kannettavia mittalaitteita juuri näiden aineiden kenttämittauksia varten (viite 5.55).

Monet tämäntyyppisistä mittauksista on suoritettava yhteistyössä erikoiskoulutuksen saaneiden henkilöiden kanssa.

9.1.4.5 Muut mittaukset

Joskus voi olla tarpeen suorittaa mittauksia yhdessä asiantuntijoiden kanssa ympäristövahingon tai -häiriön laajuuden määrittämiseksi. Voi olla kyse epäpuhtauksien pitoisuuden määrittämisestä eliöissä tai pohjaliejussa.

Poikkeuksellisesti voi olla tarve mitata erikoisia aineita kuten esimerkiksi:

- radioaktiivisia aineita
- kemiallisia taisteluaaineita
- tartuntavaarallisia aineita.

Näissä tapauksissa on luonnollisesti toimittava yhteistyössä erityisasiantuntijoiden kanssa.

Aina on mahdollista, että kenttälaitteisto ei erinäisistä syistä täytä mittaukselle asetettuja vaatimuksia. Näytteet on tällöin lähetettävä kiinteisiin, hyvin varustettuihin laboratorioihin tarkempia analyyseja varten.

On suoritettu laajoja kokeita, joissa on selvitetty kemikaalien jäljittämistä koirien avulla (viitteet 5.47, 5.48 ja 5.54). USA:n ympäristönsuojeluvirasto on tutkinut aihetta ja sen suorittaman tutkimusprojektin tulokset viittaavat siihen, että kyseinen menetelmä ("canine olfaction") on vakavasti otettava vaihtoehto (viite 5.48).

Koirien kyky havaita ilmassa olevia kemikaaleja osoittautui paremmaksi kuin kokeissa käytetyn vertailulaitteiston.

9.1.4.6 Näytteenotto

Kun vaarallisia aineita on joutunut ympäristöön, on usein otettava erinäisiä näytteitä analysointia varten. Näytteenoton tarkoituksia voi olla monta, ja ne voivat liittyä työturvallisuuteen, rikosoikeudelliseen tai taloudelliseen vastuuseen, toimenpidesuunnitteluun, lyhyt- tai pitkäjänteiseen ympäristönsuojeluun, tiedotukseen tai aineen poistamiseen. Näitä kysymyksiä käsitellään ruotsalaisen Statens Räddningsverkin kiertokirjeessä Cirkulär 1/93 R Samordning av provtagning (viite 5.9).

9.1.5 Vedenalaistekniikka

9.1.5.1 Yleistä

Pohjaan voi olla vajonnut kemikaalia tai pakkauksia. Aineet ovat joko rajoitetulla alueella tai sitten ne ovat levinneet laajemmalle. Vedenalaiseen työhön voi liittyä seuraavia vaiheita:

- etsiminen
- paikallistaminen
- tunnistaminen
- sijainnin määrittäminen
- vuodon mittaaminen
- ympäristövahinkojen rajoittaminen
- kemikaalien ja niiden pakkausten poistaminen.

Osa vaiheista voidaan suorittaa erilaisista pinta-aluksista. Toisiin tarvitaan sukeltajia tai sukellusrobotteja.

Tavanomaiset sukellustavat soveltuvat 20 - 30 metrin syvyyteen asti suoritettaviin tehtäviin sekä lyhytaikaiseen työhön 40 metrin syvyydessä. Syvemmillä vesillä on mentävä erikoisratkaisuihin tai käytettävä sukellusrobotteja.

Eri sukellustavoista voidaan mainita kevytsukellus, raskassukellus, kyllästyssukellus ja painepukusukellus.

Sukeltajien turvallisuuden takaamiseksi on tavallisille sukellustoiminnoille olemassa tarkkaan harkittuja ohjeita. Turvallisuuteen on lisäksi kiinnitettävä huomiota kun on vaara joutua kosketukseen kemikaalien kanssa (viite 5.60).

Sukellusrobotteja on moneen tarkoitukseen. Esimerkkejä eri tyypeistä ovat suhteellisen yksinkertaiset kelkat, leijat ja ”kalat” sekä edistyneemmät järjestelmät kuten ROV (Remotely Operated Vehicle) ja AROV (Autonomous Remotely Operated Vehicle).

9.1.5.2 Sukellustavat

Alla mainitaan lyhyesti joitakin sukellustapoja, jotka voivat olla käyttökelpoisia operaatioissa, joissa kemikaaleja tai pakkauksia on vajonnut pohjaan.

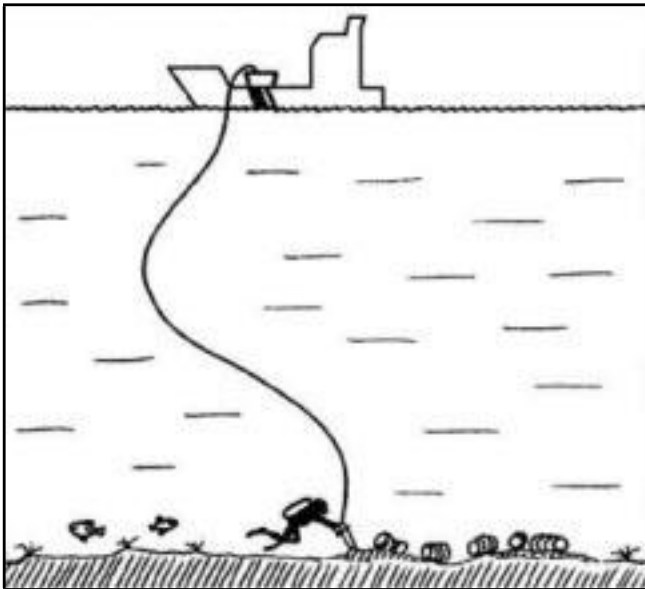
Kyllästyssukelluksella tarkoitetaan sukeltamista, joka kestää niin kauan, että kehon kudokset kyllästyvät hengitysseoksen mukana syötetyillä inerttikaasuilla (esim. heliumilla).

Tavallinen kevytsukellus

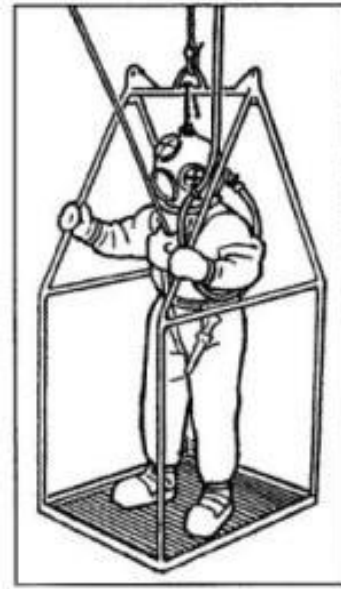
Kevytsukelluksella tarkoitetaan kevyellä varustuksella varustettua sukeltajaa, jonka liikkuvuus on suuri, mutta sukelluksen kesto rajoitettu (kuva 9.13). Sukeltaja hengittää ilmaa ja pystyy lyhytaikaiseen työhön jopa 40 metrin syvyydellä. Hengitysilma otetaan joko selässä kannettavista ilmapulloista tai pinnalta letkua pitkin.

Raskassukellus

Raskassukelluksessa sukeltajan varustus on raskas ja rajoittaa liikkumista (kuva 9.14). Hengitysseos syötetään pinnalta, mikä mahdollistaa sukelluksen suhteellisen pitkän keston. Jos hengitysseoksena on ilma, sukeltaja pystyy työskentelemään lyhytaikaisesti 40 metrin syvyydessä. Happi-heliumseoksella (kyllästyssukellus) sukellusaikaa voidaan merkittävästi pidentää ja työskentelysyvyyttä kasvattaa.



Kuva 9. 13 Kevytsukeltaja.



Arno Savelin

Kuva 9. 14 Raskassukeltaja.

Painekammiosukellus

Painekammiosukelluksessa kevytsukeltajat asuvat ja heitä kuljetetaan painekammiojärjestelmässä. He hengittävät happi-heliumseosta ja voivat työskennellä 500 metrin syvyyteen asti.

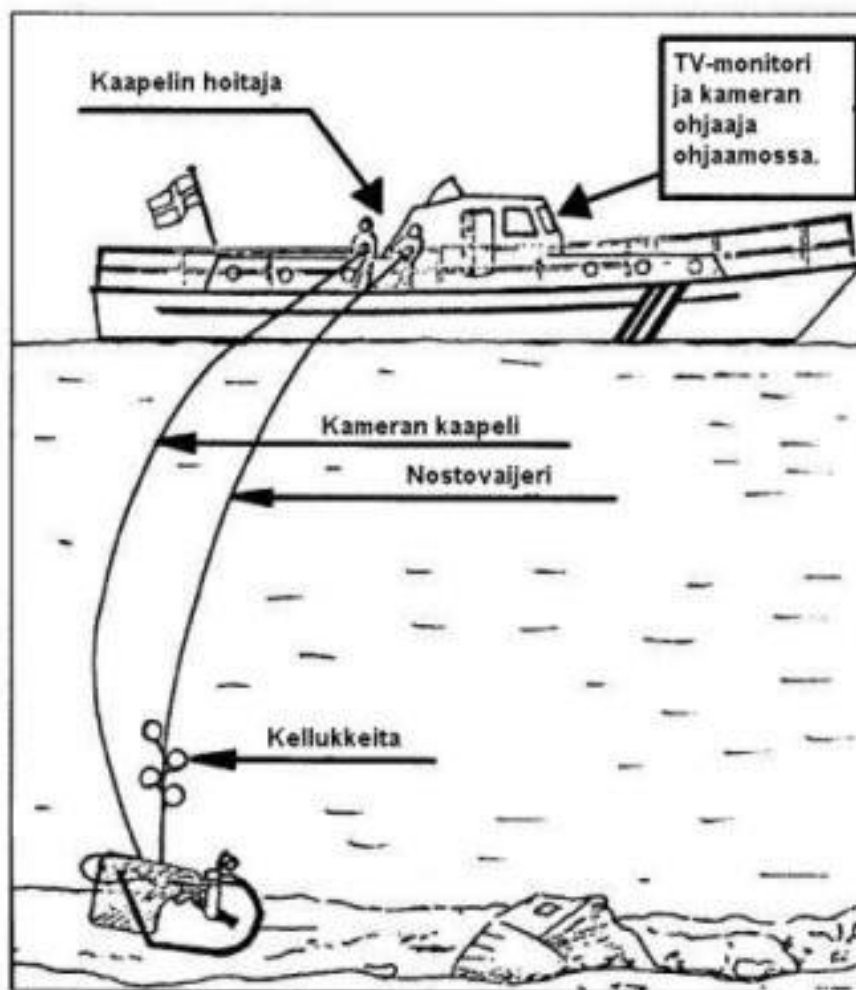
Painepukusukellus

Painepukusukelluksessa sukeltajilla on isot, paineenkestävät puvut. He hengittävät normaalipaineista ilmaa ja voivat työskennellä jopa 700 metrin syvyydellä. Kansainvälisesti tätä sukellustapaa kutsutaan **JIM-divingiksi**.

9.1.5.3 Sukellusrobotit

Kelkat, leijat ja kalat

Laitetta joko vedetään käsin tai hinataan pinnalla olevasta aluksesta (kuva 9.15).



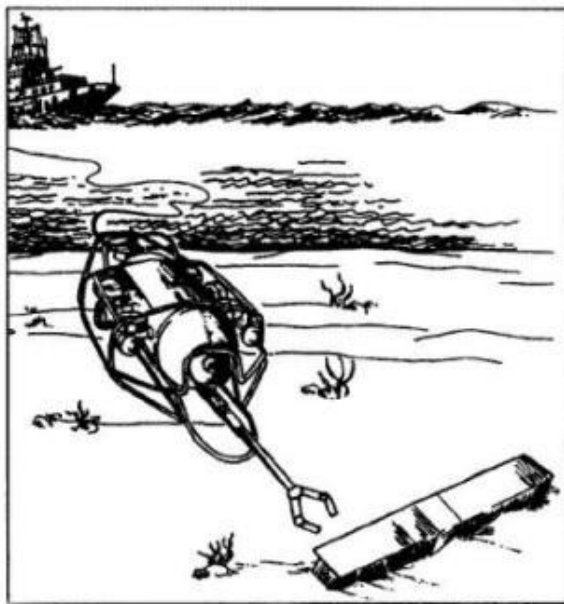
Kuva 9. 15 Kelkka, leija tai kala.

ROV - Remotely Operated Vehicle

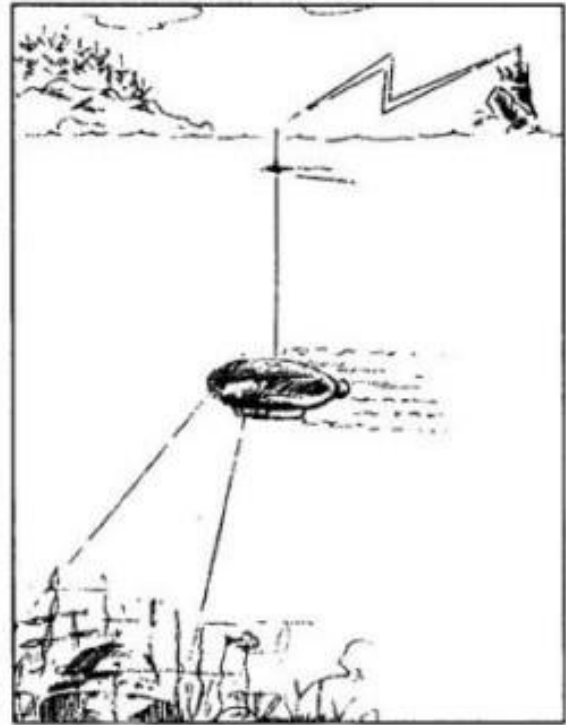
ROV-alukset saavat energiansa ja ohjaussignaalin pinta-aluksesta tulevaa yhteyskaapelia pitkin (kuva 9.16).

AROV - Autonomous Remotely Operated Vehicle

AROV-aluksilla energiajärjestelmä on itse aluksessa. Niitä ohjataan langattomasti tai lankaa pitkin pinta-aluksesta (kuva 9.17).



Med tillat från SUTEC AB



Med tillat från SUTEC AB

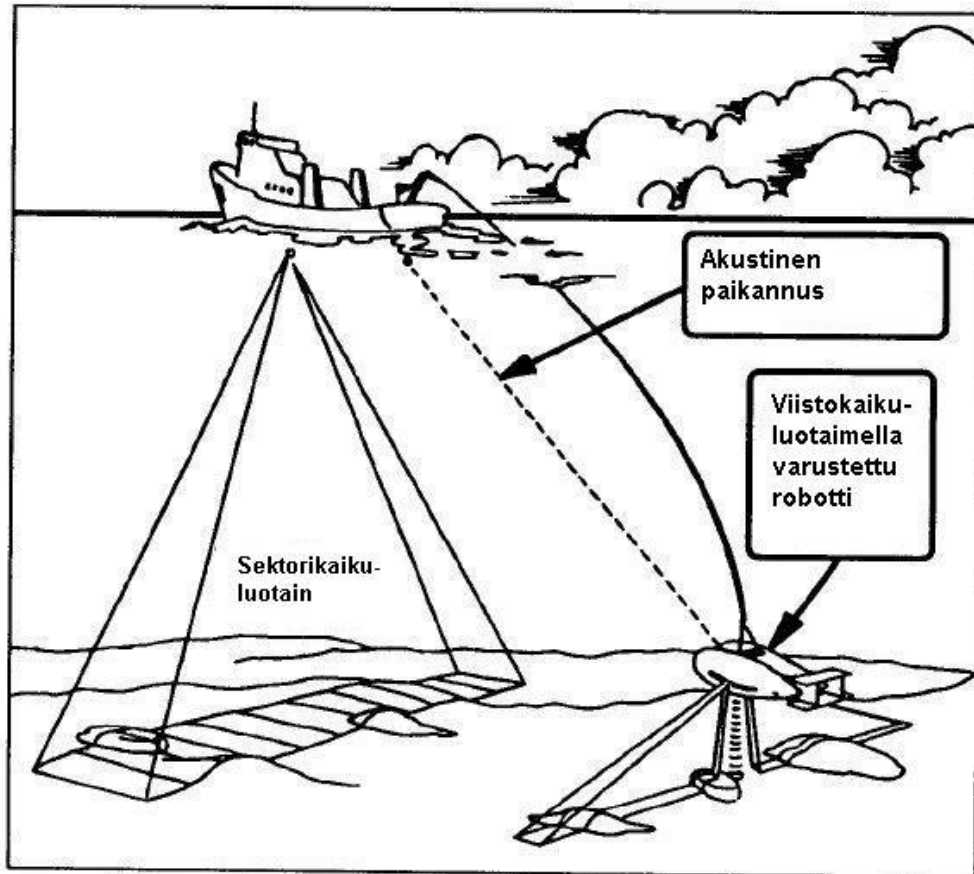
Kuva 9. 16 ROV.

Kuva 9. 17 AROV.

9.1.5.4 Etsintä ja paikallistaminen

Pohjalle uponneiden pakkausten paikallistamisesta saattaa tilanteesta riippuen muodostua hyvin laaja operaatio. Organisoitaessa tätä työtä on selvitettävä onnettomuuspaikan sijainti sekä mahdolliset tosiasiat, jotka tukevat annettua sijaintia tai ovat ristiriidassa sen kanssa. Muita etsintään vaikuttavia asioita ovat pakkausten tyyppi, koko ja muoto sekä pakkausmateriaali. Välttämättömiä ovat tiedot vallitsevista virtauksista, syvyyksistä ja pohjan muodoista. On myös muistettava, että virtaukset voivat siirtää pakkaukset alkuperäisestä paikastaan.

Kun etsitään pohjaan vajonneita kemikaaleja tai pakkauksia, tutkittava alue on usein suuri. Voidaan tarvita hyvin hienoja viistokaikuluotaimia (kuva 9.18) tai samantyyppisiä sektorikaikuluotaimia, jota kalastajat käyttävät kalaparvien paikallistamiseen. Etsintä voi olla hankalaa myös pienemmillä vesialueilla samean tai humuksen värjäämän veden takia. Luotaimen kaiun perusteella löydetty, pohjalla makaavat esineet on tutkittava tarkemmin (kts. 9.1.5.5), jotta voitaisiin päätellä, ovatko ne etsittyjä pakkauksia. Monet pohjalla olevat luonnolliset esineet voivat antaa harhaanjohtavia kaikuja.



Med tillstånd från FOA

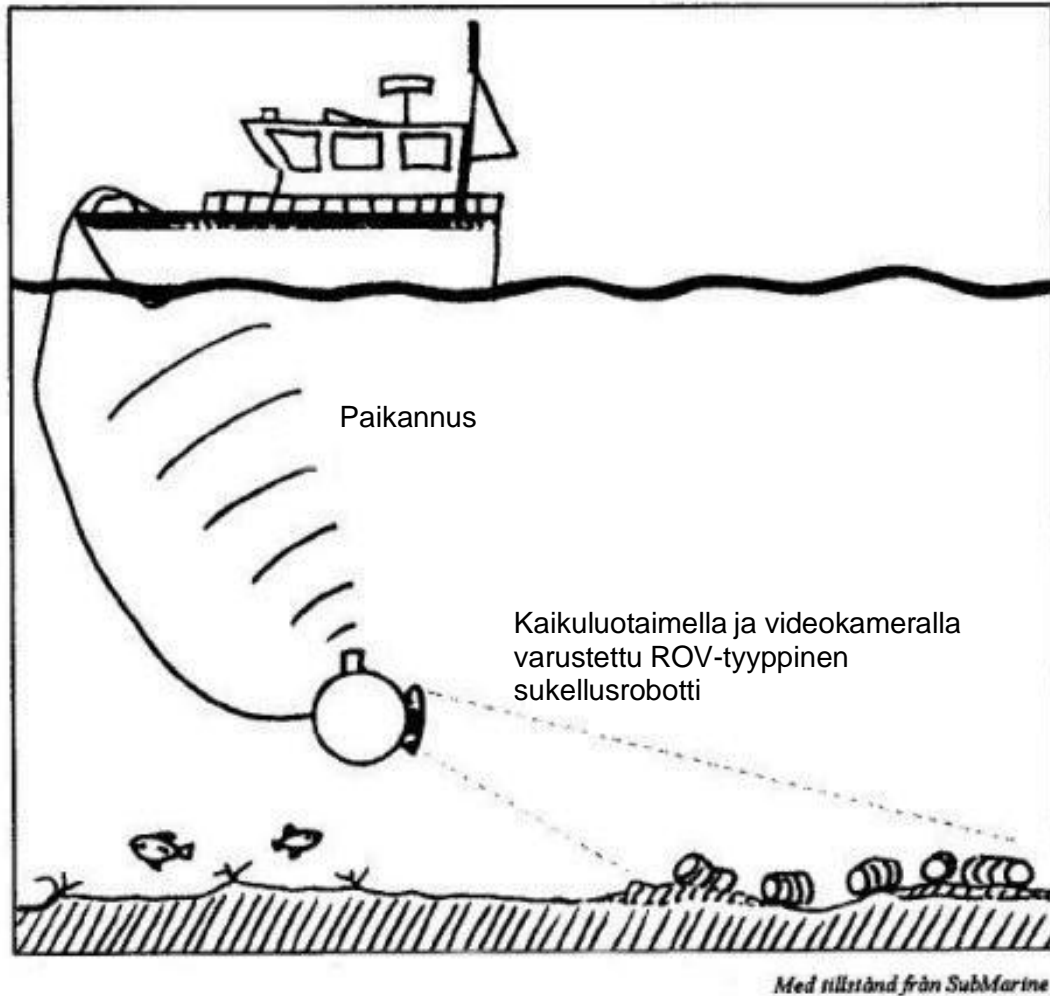
Kuva 9. 18 Järjestelmä suuren alueen etsintöjä varten.

9.1.5.5 Esineen sijainnin määrittäminen ja tunnistaminen

Tietyissä tilanteissa on käytettävä **paikannusjärjestelmää**, joka mahdollistaa etsintäalueen täsmällisen ohjaamisen ja helpottaa alueen tarkkaa kartoitusta. Yksi tällaisen järjestelmän tärkeä piirre on, että etsityt esineet voidaan helposti löytää uudelleen esimerkiksi toiminnan keskeytyksen jälkeen.

Alustava etsintä ja paikallistaminen, joka suoritetaan esim. viistokaikuluotaimen avulla, antaa vain vihjeitä mahdollisesta löytöpaikasta. Tämän vaiheen jälkeen seuraa esineiden tarkempi tarkastus ja tunnistaminen. Se voidaan tehdä sukellusjärjestelmän avulla (kts. 9.1.5.2) ja/tai hyödyntämällä sukellusrobotteja (kts. 9.1.5.3).

On olemassa helppokäyttöisiä, pohjalla olevien esineiden lähempään tutkimiseen soveltuvia järjestelmiä (kuva 1.19), jotka koostuvat sektorikaikuluotaimesta, videokamerajärjestelmästä ja paikannuslaitteistosta.



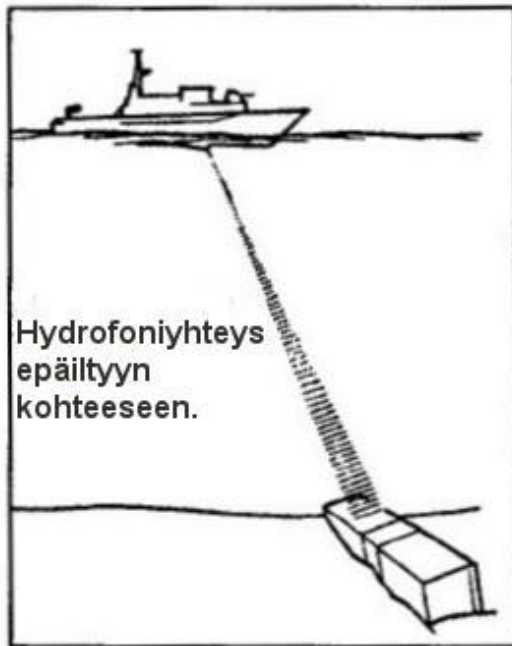
Kuva 9. 19 Järjestelmä esineiden sijainnin määrittämiseen ja tunnistamiseen.

Ennen kuin päätetään jatkotoimenpiteistä, löytyneet esineet täytyy tunnistaa. Tunnistaminen suoritetaan erilaisia menetelmiä (pakkausten merkinnät, näytteenotto jne.) käyttämällä.

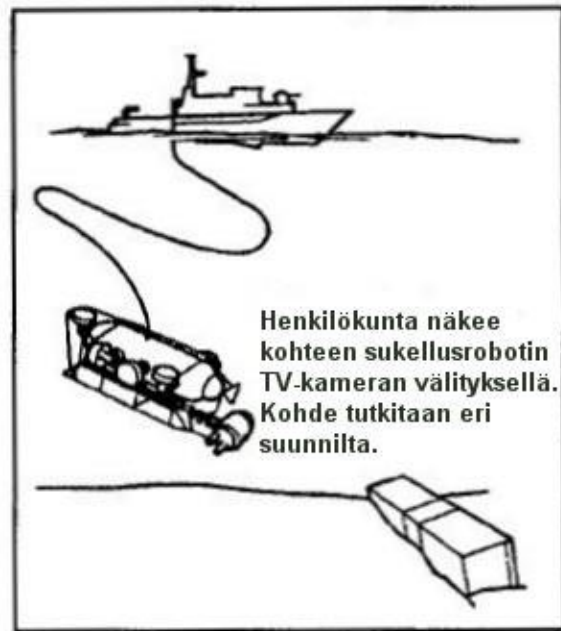
Tulee aina muistaa, että sukeltajien, jotka työskentelevät todennäköisesti vaarallisella alueella, on muun henkilöstön tavoin käytettävä vaarallisilta aineilta suojaavia suoja-pukuja.

9.1.5.6 Miinanraivausjärjestelmät

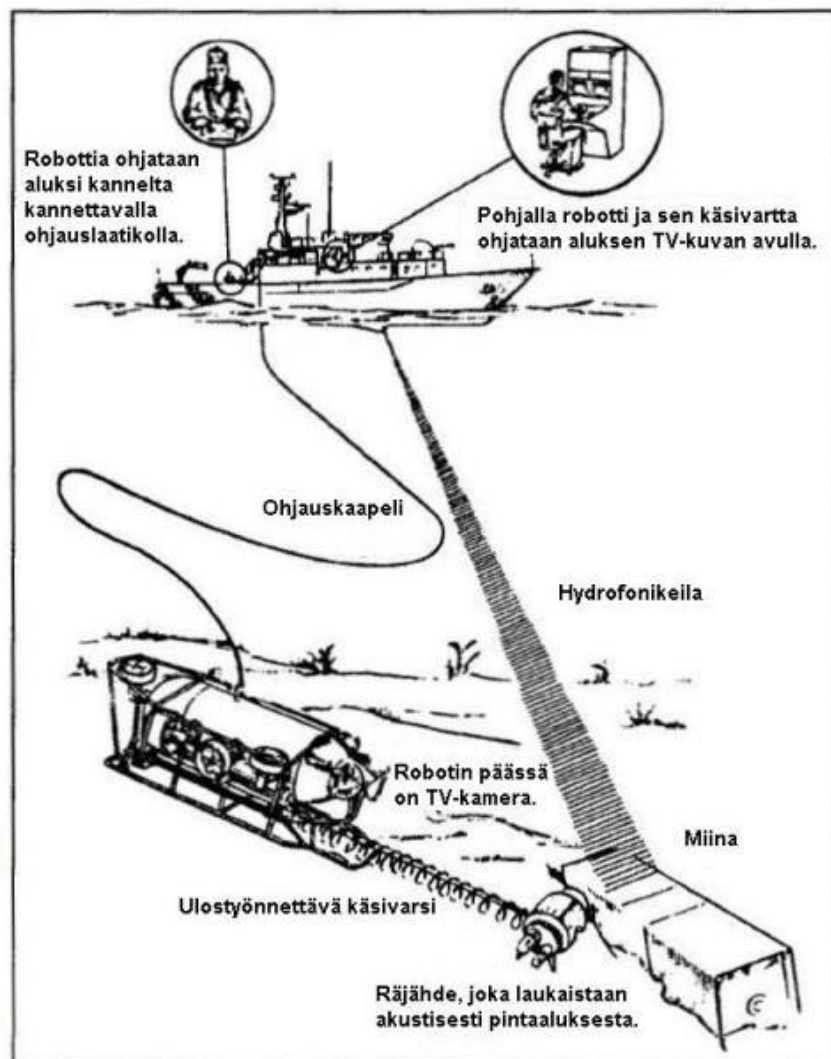
Laivastolla on usein käytössään järjestelmiä miinojen etsintään ja purkamiseen. Niitä voidaan usein käyttää hyväksi pohjalla olevien vaarallisten aineiden pakkausten etsinnässä. Niiden etuihin kuuluu, että ne ovat usein hyvin harjoiteltuja ja jatkuvasti valmiita käytettäväksi ja että ne kattavat tarpeiden koko kirjon eli etsinnän suurella alueella, epäilyttävien kaikujen tunnistamisen, tarkan sijainnin määrittämisen sekä pohjalla olevien pakkausten käsittelyn. Haittapuolena on, että järjestelmiä ei voi käyttää matalilla vesillä. Ruotsissa miinanraivausalueet pääsevät Mälaren- ja Vänern-järveen sekä Ångerman-jokea pitkin Bollstabrukiin. Kuvissa 1.20 - 1.22 esitetään muutamia Ruotsin laivaston miinanraivaustapoja.



Kuva 9. 20



Kuva 9. 21



Med tillstånd från FMV

Kuva 9. 22 Laivaston miinanraivausjärjestelmää voidaan käyttää pohjalla oleville pakkauksille.

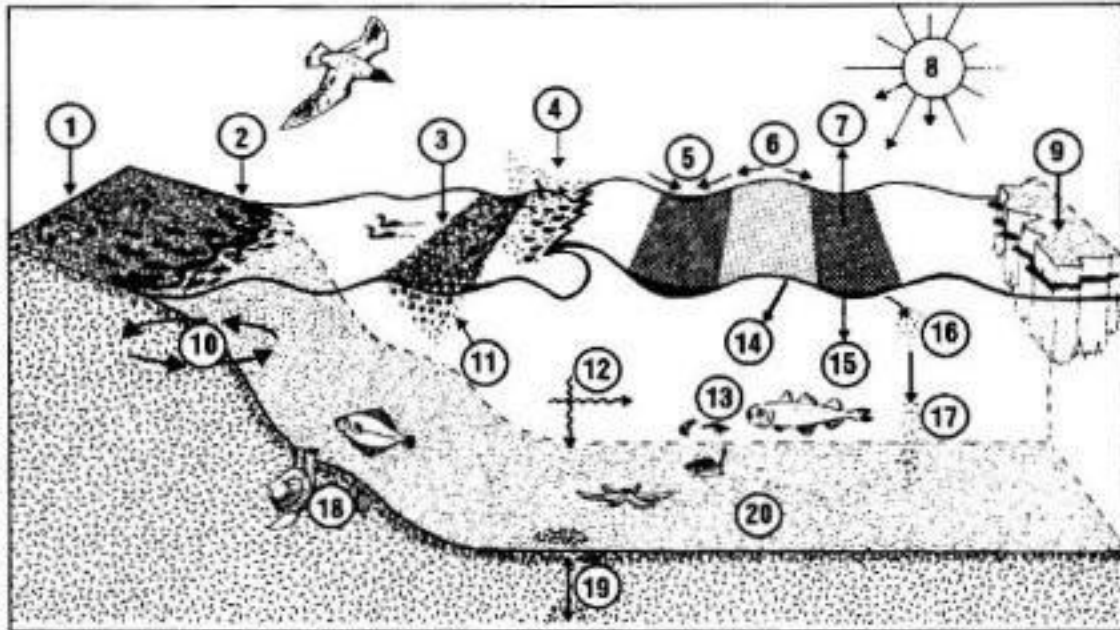
9.1.6 Ympäristövaikutukset ja -toimenpiteet

9.1.6.1 Yleistä

Pelastuspalvelu pyrkii kemikaalionnettomuudessa lähes aina ensisijaisesti suojaamaan ihmisiä vahingoilta. Ympäristö jää toiseksi. Tämä ei sulje pois sitä, että suuri osa toimenpiteistä ja työstä niin öljy- kuin kemikaalionnettomuuksissakin kohdistuu ympäristönsuojeluun. Toimenpiteet ympäristön hyväksi käyvät joskus käsi kädessä ihmisten suojelun kanssa eikä näiden kahden toimenpidetyyppien välillä voida vetää selvää rajaa.

Kuva 9.5 (kohdassa 9.1.3.5) esittää, miten monimutkaista vajoavan kemikaalin käyttäytyminen voi olla. Tämä käyttäytymismalli antaa kuvan siitä, miten kemikaali voi levitä ympäristöön ja myös käsityksen siitä, miten helposti eliöt joutuvat kosketukseen kemikaalin kanssa ja sen vaikutusten alaisiksi. Kuva 1.23 esittää alunperin öljyn leviämistä ympäristössä ja sen vaikutusta eliöihin. Myös moni kemikaalipäästö käyttäytyy kuvan esittämin tavoin. Alla ovat kuvan numeroiden selitykset:

1. Haihtuminen rannalta
2. Ajautuminen rannalle
3. Emulsion muodostuminen
4. Aerosolin muodostuminen
5. Kemikaalikerroksen paksuneminen vedenpinnalla
6. Kemikaalikerroksen ohentuminen kalvoksi
7. Haihtuminen veden pinnalta
8. Hapettuminen auringonvalon vaikutuksesta
9. Vuorovaikutus jään kanssa
10. Tunkeutuminen, kulkeutuminen ja huuhtoutuminen rannalla
11. Pisaroiden muodostuminen (isot, pienet, mikrokooppiset)
12. Vaaka- ja pystysuuntainen diffuusio
13. Eliöihin joutuminen ja niistä erittyminen
14. Liukeneminen pisaroituneesta kemikaalista
15. Liukeneminen pinnalla kelluvasta kemikaalista
16. Tarttuminen hiukkasiin
17. Vajoaminen pohjaan
18. Joutuminen eliöihin ja hajoaminen niissä
19. Sekoittuminen pohjaliejuun ja liukeneminen siitä
20. Biologinen hajoaminen



Courtesy of Ministère de l'Environnement, France

Kuva 9. 23 Päästöä seuraavat prosessit

Kuten yllä on annettu ymmärtää, on joskus vaikeaa erotella terveyden ja ympäristön suojelua toisistaan. Terveydelle haitalliset kemikaalit ovat usein vaarallisia myös ympäristölle ja päinvastoin. Voi myös olla vaikeaa yli päätään arvioida tai kuvata, kuinka vaarallinen kemikaali on ympäristölle. Kysymyksen tekee vielä hankalammaksi se tosiasia, että erilaiset ekosysteemit ovat eri lailla herkkiä kemikaalien vaikutuksille.

Kuten kuvasta 9.23 käy ilmi, kemikaalit eivät pelkästään leviä ja pisaroidu luonnossa, vaan ne myös hajoavat ilman hapen, auringonvalon sekä veden ja erilaisten eliöiden vaikutuksesta. Viimeksi mainittu biologinen hajoaminen on tavallisin hajoamisprosessi luonnossa. Se tapahtuu lähinnä mikro-organismien (bakteerien ja sienten) vaikutuksesta ja se kuluttaa usein happea. Orgaaniset kemikaalit hajoavat eri nopeudella – osa hajoaa äärimmäisen hitaasti.

9.1.6.2 Esimerkkejä ympäristövaikutuksista

Rajatulla vesialueella voi syntyä hapenpuute kun siihen joutuu suuria määriä ainetta, joka hajoaa joko biologisesti kuluttaen paljon happea tai kasvattaen (esim. ravinnesuola) yleistä orgaanista tuotantoa, mikä lisää happea kuluttavaa ainesta (rehevöityminen). Tällainen tilanne voi, vesimäärästä ja veden vaihtumisesta riippuen, aiheuttaa vakavaa haittaa vesielämälle.

Saksalainen kuivalastialus Frank Michael ajoi 10.10.1993 Itämerellä Gotlannin pohjoispuolella karille ja sai pahoja pohjavaurioita. Aluksessa oli 1100 tonnia monoammoniumfosfaattia (ammoniumdivetyfosfaattia), joka on myrkytön lannoite, joka toimii meressä ravinnesuolana. Alueella vedenvaihtuvuus oli voimakas ja paikallisen vaurion riski oli pieni. Tämänlainen päästö rasittaa kuitenkin hieman jo ennestään rasittunutta ympäristöä. Käytiin keskusteluja siitä,

paljonko rahaa kannattaa käyttää lastin nostamiseen. Nostoyrityksiä ei tehty ja lasti valui mereen parissa viikossa.

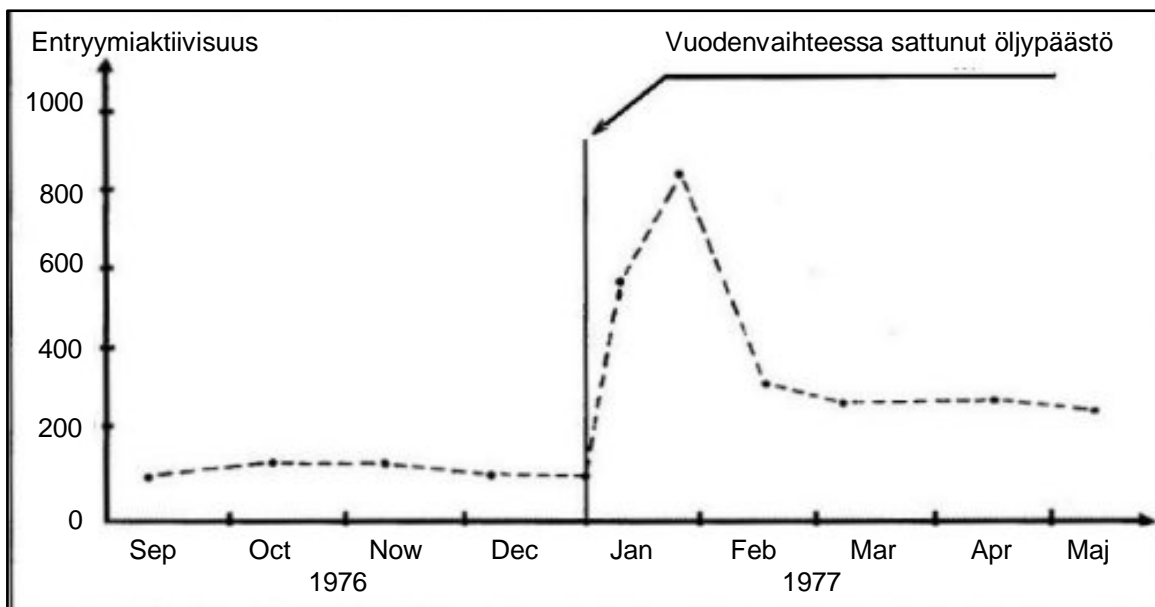
Tiedetään, että joet voivat olla herkkiä hetkellisille kemiallisille päästöille (vrt. 9.4.1, 9.4.3, 9.4.5 ja viite 5.37). Aine voi muodostaa vesimassaan "pilven", joka liikkuu virtauksen mukana ja vahingoittaa tai tuhoaa kaiken veden elämän alavirtaan päästökohdasta.

11.1.1988 huomattiin, että 6 m³ 75-prosenttista fosforihappoa oli vuotanut pohjois -Oslossa olevasta säiliöstä läpi Oslon virtaavaan Akerselven-jokeen (viite 5.37). Kaikki kalat päästökohdasta alavirtaan kuolivat. Päästö ei vaikuttanut pohjakasvillisuuteen.

9.1.6.3 Ympäristövaaran arvioiminen

Kirjallisuudesta löytyy tietoja lukuisten kemiallisten yhdisteiden vaikutuksista vesieliöihin (9.1.5.5, 9.1.7.8, 9.1.7.19 ja viite 5.50). Erityisesti GESAMP on kehittänyt havainnollisen ja helppokäyttöisen järjestelmän kemiallisten yhdisteiden vesistölle aiheuttamien riskien arvioimista varten (9.1.7.8).

Sattuneen päästön vaikutusten ja vahinkojen mittaaminen ja arviointi kuuluu alan asiantuntijoille. Suurissa päästöissä voidaan kerätä kuolleita eliöitä ja käyttää niitä tutkimusaineistona. Vähemmän näkyviä vaikutuksia voidaan tutkia ottamalla näytteitä ympäristöstä. Saasteet tunkeutuvat usein pohjaliejuun, joka siten on luonnollinen kohde erityisellä laitteistolla suoritetulle näytteenotolle.



Kuva 9. 24 Entsyymiaktiivisuuden (Mixed Function Oxidase) dramaattinen kasvu muuten vahingoittumattomalta näyttävän kalan (Blennidae) maksassa pohjoisella Adrianmerellä Rovinjin lähellä tapahtuneen öljypäästön seurauksena.

Joskus on kiinnostusta tutkia, onko päästö vaikuttanut vahingoittumattomilta näyttäviin eliöihin. On olemassa hyvinkin herkkiä menetelmiä todeta tiettyjen entsyymien aktiivisuuden lisääntymistä eliöissä (viite 5.55). Kuvasta 9.24 nähdään,

miten Rovinjin lähellä pohjoisella Adrianmerellä sattuneen öljypäästön seurauksena eräiden entsyymien aktiivisuus on kasvanut muuten vahingoittumattomalta näyttävässä kalassa (Kurelec et al. 1977).

9.1.7 Tietolähteet

9.1.7.1 Yleistä

Kemikaalionnettomuuden tapahduttua on usein suuri tarve tutkia eri tietolähteitä, jotta saataisiin parempi pohja päätöksenteolle. Kun saadaan ensimmäiset tiedot onnettomuuteen liittyvistä kemikaaleista, niiden määrästä sekä vallitsevasta tilanteesta, herää monta kysymystä. Kysymykset koskevat kemikaalien ominaisuuksia, niiden riskejä ihmiselle ja ympäristölle, henkilönsuojaimia, toimenpidesuosituksia ym. Tänä päivänä on lukuisia tietolähteitä, joissa käsitellään kemikaaleja (viite 5.38). Ongelmana on vain tarvittavan tiedon löytäminen. Jo varautumisessa tulisi valita tietolähteitä, jotka sopivat omaan toimintaan ja täyttävät tiedontarpeet.

Vesistöissä sattuvat onnettomuudet aiheuttavat kysymyksiä, jotka koskevat erityisesti kemikaalien käyttäytymistä vedessä sekä toimenpidesuosituksia.

Tietolähteet voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

- käsikirjat, oppaat, hakuteokset, luettelot
- tietokannat, tietopankit
- leviämismallit, simulointimallit
- päätöksenteon tukijärjestelmät
- asiantuntija-apu.

Seuraavissa kohdissa esitetään aakkosjärjestyksessä muutamia esimerkkejä tietolähteistä, joita alalla usein käytetään. Toiset tietolähteet ovat yleisiä ja käsittelevät useita kemikaaleihin liittyviä alueita. Toiset keskittyvät enemmän tai vähemmän vesistöissä sattuviin onnettomuuksiin.

9.1.7.2 CAMEO

CAMEO on lyhenne sanoista Computer Aided Management of Emergency Operation (viite 5.28). Se on tukijärjestelmä kemikaalionnettomuuksien valmiussuunnittelua ja todellisen onnettomuuden toimenpiteiden päätöksentekoa varten. Järjestelmän ovat kehittäneet US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) yhteistyössä USA:n ympäristönsuojeluviraston (EPA) kanssa. US National Safety Council hoitaa järjestelmän jakelua ja tukitehtäviä. Järjestelmää käyttävät yhdysvaltalainen pelastuspalvelu sekä valvontaviranomaiset, kemianteollisuus, sairaalat ja yliopistot.

CAMEO sisältää pelastuspalvelun tarvitsemat tiedot 4000:sta eri kemikaalista. Järjestelmään kuuluu käyttäjän tarpeisiin muokattava tietokanta, johon voi syöttää paikallisia tietoja, karttoja jne. Kaasupilvien leviämistä mallintava ALOHA-malli on integroitu järjestelmään, jolla voidaan simuloida kaasupilvien leviämistä erilaisissa ympäristöolosuhteissa.

9.1.7.3 CHEMS

Yhdysvaltojen rannikkovartiosto on 1970-luvun loppupuolelta lähtien käyttänyt huomattavia resursseja sellaisen tietokonepohjaisen päätöksenteon tukijärjestelmän kehitystyöhön, joka soveltuisi kemikaalionnettomuuksiin (viite 5.30). Ensimmäisen järjestelmän nimi oli HACS - Hazard Assessment Computer System. Se on jo korvattu uudemmalla CHEMS-nimisellä järjestelmällä, jonka nimi on lyhenne sanoista Chemical Hazard Evaluations and Modeling System. CHEMS:stä löytyy tietoa teknisen arvioinnin, arvostelun ja toiminnan tueksi kaikentyyppisissä kemikaalionnettomuuksissa mukaan lukien maakuljetukset ja varastosäiliöt. Järjestelmä on ensisijaisesti suunnattu kemikaalivuotojen simulointiin ja mallintamiseen.

CHEMS on helppokäyttöinen onnistuneen käyttöliittymänsä ansiosta. Syöttämällä tiedot päästön tyypistä, kemikaalista sekä ympäristöstä voidaan simuloida joukko erilaisia päästötilanteita. Järjestelmä laskee palo- ja räjähdysvaarasta sekä myrkyllisyydestä aiheutuvien vaara-alueiden koon ja muodon. Vesiliukoisille kemikaaleille järjestelmä laskee leviämisen vedessä. CHEMS:iin kuuluu tietokanta, joka sisältää yli tuhannen kemikaalin kemiallisia, fysikaalisia (esim. termodynaamisia) ym. ominaisuuksia.

9.1.7.4 CHRIS Hazardous Chemical Data Manual

Hazardous Chemical Data Manual (viite 5.13) koostuu kolmesta kansiossa, joissa on tietoja noin tuhatta kuljetettavasta kemikaalista. Käsikirjan on laatinut Yhdysvaltojen rannikkovartiosto ja se on tarkoitettu tietolähteeksi torjunnan valvojalle (On-Scene Coordinator) ja ympäristönsuojeluryhmille kemikaalionnettomuuksissa.

Jokaisesta kemikaalista on kaksi sivua tietoa. Teos sisältää suunnilleen samat tiedot kuin muut vastaavanlaiset teokset, mutta ne ovat yksityiskohtaisempia ja paremmassa järjestyksessä. Käsikirja on tosin sopeutettu amerikkalaiselle pelastuspalvelulle mitä tulee kuljetussäädöksiin ja mittayksikköihin.

9.1.7.5 Environmental Properties of Chemicals

Environmental Properties of Chemicals on Suomen ympäristöministeriön julkaisu, joka sisältää ympäristötietoja 1700:sta kemikaalista (viite 5.106). Julkaisu sisältää tietoja, jotka ovat tärkeitä arvioidessa kemikaalien ympäristövaikutuksia. Tiedot koskevat lähinnä aineiden myrkyllisyyttä, pysyvyyttä ja kertymistä ravintoketjuihin.

9.1.7.6 EnviroTIPS

EnviroTIPS - Environmental and Technical Information for Problem Spills on sarja teknisiä käsikirjoja, jotka on laatinut Kanadan ympäristöministeriö (viite 5.49). EnviroTIPS on tarkoitettu lähinnä asiantuntijoille, jotka suunnittelevat toimenpiteitä kemikaalionnettomuuksien varalta. Sarjaan kuuluu yksi käyttäjän opas ja 50, eri kemikaalia käsittelevää käsikirjaa (jokainen noin 100 sivua). Käyttäjän oppaassa esitetään käsikirjojen jäsentely ja selitetään niiden teoreettinen tausta.

Käsikirjat sisältävät yksityiskohtaisia teknisiä tietoja kemikaalien ominaisuuksista, käyttäytymisestä (maalla, vedessä), käsittelystä, vaaratekijöistä sekä torjuntamenetelmistä (maalla, vedessä) ym. Niissä on myös onnettomuuskuvauksia. Käsikirjat käsittelevät seuraavia kemikaaleja:

2-Etyyliheksanoli	Teollisuusbenssiini	Propeeni
Ammoniakki	Rautakloridi	Propyleenioksidi
Ammoniumfosfaatti	Kalsiumkloridi	Typpihappo
Ammoniumnitraatti	Kalsiumoksidi/hydroksidi	Suolahappo
Bentseeni	Kaliumkloridi	Styreeni
Butyraldehydit	Karbamidi	Rikki
Sykloheksaani	Kloori	Rikkidioksidi
Etyylibentseeni	Hiilidioksidi	Rikkihappo & Oleum
Eteeni	Elohopea	Rikkivety
Etyleenidikloridi	Metanoli	Lyijytetraetyyli
Etyleeniglykoli	Morfoliini	Tolueeni
Etyleenioksidi	Natriumhydroksidi	Vinyylkloridi
Fenoli	Natriumhypokloriitti	Ksyleeni
Fluorivetyhappo	Natriumkloriitti	Sinkkisulfaatti
Formaldehydi	Natriumkloridi	Etikkahappo
Fosfori	Natriumsulfaatti	Etikkahappoanhydridi
Fosforihappo	Maakaasu	

9.1.7.7 EPA:n käsikirja

USA:n ympäristönsuojeluvirasto on monivuotisen projektin puitteissa selvittänyt kemikaalipäästöjen torjuntamenetelmiä maalla ja vesistöissä (viite 5.53). Työn tuloksena syntyi lähes 300 sivua paksu käsikirja, joka sisältää menetelmiä järjestelmällisesti kuvaavia ja arvioivia taulukoita sekä tekstiosan, jossa ei ole kuvia (viite 5.41).

Käsikirja on hyvin systemaattisesti jäsennelty ja käsittelee yhteensä noin 670:tä eri kemikaalia. Sen lähtökohtana on neljä eri päästöskenaariota, jolla jokaisella on oma taulukko (1A - 4A) sekä seitsemän toimenpidetaulukkoa (1B - 7B) seuraavan jäsentelyn mukaisesti:

Taul. nro.	Skenaariotaulukot	Taul. nro.	Toimenpidetaulukot	Aineiden lukumäärä
1 A	Kiinteän aineen tai nesteen päästö veteen	1 B	Liukenemattomat aineet, jotka vajoavat	650
		2 B	Liukenevat aineet, jotka vajoavat	
		3 B	Liukenemattomat aineet, jotka kelluvat	
		4 B	Liukenevat aineet, jotka kelluvat	
2 A	Nestepäästö maahan	5 B	Nesteet maalla	250
3A	Kiinteän aineen päästö maahan	6 B	Kiinteät aineet maalla	400
4A	Kaasupäästö	7 B	Kaasut ilmassa	18

Kaikki taulukon 1 A 650 ainetta ovat myös joko taulukossa 2 A tai 3 A . Kemikaalit luokitellaan noin 40:een luokkaan, joille annetaan taulukoissa 1 B - 7 B noin 30 erilaista torjuntamenetelmää. Jos tiettyä menetelmää voidaan käyttää tietyn luokan kemikaalin päästön torjuntaan, tämä on merkitty taulukossa. Taulukoissa 1 C - 7 C annetaan lyhyesti tiedot menetelmien tehokkuudesta, kestosta, rajoituksista, kustannuksista, varustuksesta, henkilötarpeesta yms.

Käsikirjan lähes 100 sivua pitkässä osassa esitetään torjuntamenetelmät taulukon 9.1 mukaisten otsikkojen alla.

Taulukko 9. 1 Yleiskuva EPA:n referenssimanuaalissa esitetyistä menetelmäkuvauksista

Mekaaniset toimenpiteet	eristäminen	padot, esteet, öljypuomit, pakkaukset
	peittäminen	hautaaminen, peittäminen vaahdolla tai vedellä
	poistaminen	ruoppaus, nosto, pumppaaminen, hajottaminen
Fysikaalinen käsittely	absorbointi	aktiivihili, imeytysaine
	jäähdytys	hiilihappojää, nestemäinen typpi, jää
	suodattaminen	
	erotus ominaispainon perusteella	vaahdotus, sedimentoiminen, linkoaminen, syklonierotus
	haihduttaminen	
	magneettinen erotus	
	kalvoerotus	käänteisosmoosi, ultrasuodatus
	haihduttaminen vedestä	ilmastus , höyrytislaus
	pesu	
Kemiallinen käsittely	koagulointi, hiutaloittaminen	rautakloridi, aluna, polyelektrolyytti
	nesteuutto	
	kiinteyttäminen, stabiloiminen	kelaatin muodostus, kompleksien muodostus, sementtikäsittely, hyytelöittäminen, kalkki-, polymeeri-, silikaatti-, muovikäsittely
	ioninvaihto	kationi-, anionivaihdin
	hydrolyysi	hapan hydrolyysi, emäksinen hydrolyysi
	neutralointi	neutralointi hapolla tai emäksellä
	hapetus/pelkistys	hapetin/pelkistin
	polymerointi	
	saostaminen	
Biologinen käsittely	mikrobiologinen, aerobinen jätevesipuhdistus	
	metabolinen hajottaminen, mädättäminen, kompostointi	
	entsyymikäsittely	
	pohjavesikäsittely	
	maanviljely	
	biologinen käsittely paikalla	
Tuhoaminen	avoin poltto, uunipoltto, höyryttäminen, pyrolyysi, hautaaminen, syväsäilytys	
	lasittaminen, suolapoltto, korkealämpötilakäsittely, plasmakäsittely	

9.1.7.8 GESAMP:n arviointijärjestelmä vaarallisille aineille

Yhdistyneiden Kansakuntien työryhmä GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution) on laatinut menetelmän, jolla voidaan arvioida kemikaalien riskejä vesistölle (viitteet 5.33 ja 5.31). Jokainen aine kuvataan viidellä parametrilla A:sta E:hen seuraavan taulukon mukaisesti:

		Terveysriskit		
Kertyminen ravinto- ketjuihin	Riskit eläville organismeille	Suun kautta	Ihon ja hengityksen kautta	Vaikutus virkistys- ja kauneusarvoihin
A	B	C	D	E
+ Z T 0	4 3 2 1 0 D BOD	4 3 2 1 0	II I 0	XXX XX X 0

Käytettävä arviointiasteikko on taulukon alimmalla rivillä. Ensimmäinen merkki tarkoittaa suurta vaaraa ja viimeinen pienintä vaaraa. Jokaisella merkillä on tarkka merkitys ja määritelmä.

Jokainen aine saa siten viidestä parametriarvosta koostuvan "vaarallisuusprofiilin". IMO on käyttänyt järjestelmää mm. säiliöalusten kuljettamien kemikaalien luokitteluun. Luokittelua käytetään ympäristöriskien kuvaamiseen säiliöiden puhdistuksen sekä painolastiveden tyhjennyksen yhteydessä.

9.1.7.9 HELCOM-manuaali Osa III

Helcom-manuaalin kolmannen osan nimi on "Response to Incidents Involving Chemicals" (viite 5.21). Siinä selostetaan kemikaalien kuljetuksia säiliöaluksilla vuonna 1987 Itämeren alueella. Tiedot perustuvat tutkimukseen, johon osallistuivat kaikki Itämeren maat. Ruotsi analysoi tiedot ja kokosi raportin (viite 5.23). Samassa yhteydessä tehtiin tarkempi yhteenveto ja analyysi säiliöaluskuljetuksista Ruotsin aluevesillä (viite 5.24).

Osa III sisältää myös kemikaalikuljetusten riskiarvioinnin sekä kuljetettujen kemikaalien luokittelun European Classification Systemsin mukaan (9.2.1.2 – 9.2.1.3). Torjuntamenetelmät eri luokille esitetään lyhyesti. Liitteessä on ohjekortit niille 165 kemikaalille, joita tutkimuksen mukaan kuljetettiin vuonna 1987 Itämerellä. Ohjekortit ovat myös levykkeellä tietokantana.

Osan III kolmannessa luvussa käsitellään pakattuja vaarallisia aineita. Niiden kuljetukset esitetään ja analysoidaan vastaavalla tavalla kuin säiliöaluskuljetuksetkin. Teksti perustuu loka-marraskuussa 1990 suoritettuun Itämeren maiden yhteiseen tutkimukseen. Ruotsi analysoi ja arvioi jälleen tiedot (viite 5.16). Yksityiskohtaisempi tutkimus ja arviointi tehtiin Ruotsin aluevesille (viite 5.20).

Luvussa 3 käsitellään myös pakkausten käyttäytyminen vedessä sekä toimenpiteitä sellaisissa onnettomuuksissa, joissa pakkauksia joutuu veteen.

9.1.7.10 Hommel

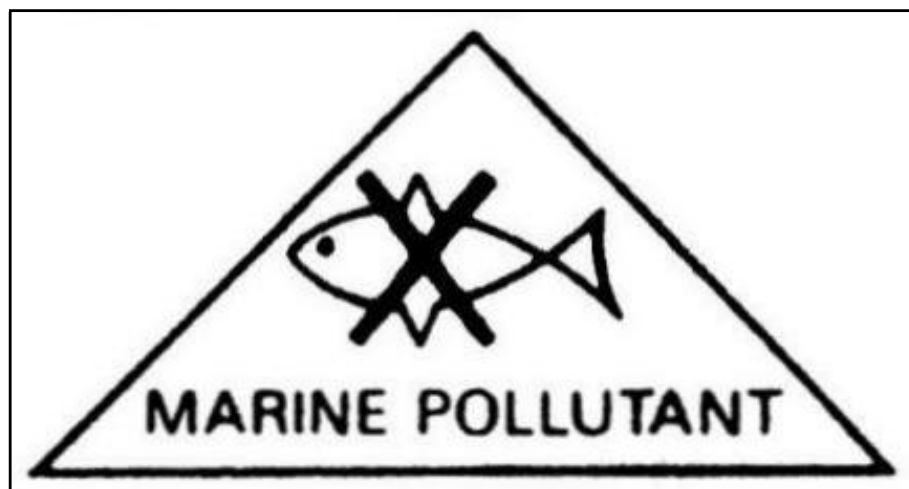
Paljon käytetty käsikirja Handbuch der gefährlichen Güter (viite 5.6) sisältää tiedot runsaasta tuhannesta kemikaalista. Teos koostuu kolmiosaisesta ohjekansiosta sekä hyvin yksityiskohtaisesta hakemistokansiosta, jossa on synonyymeja, kuljetusluokkia, Hazchem-koodit ym. Ohjekorteissa on aineiden synonyymeja ja kauppanimiä, teknisiä tietoja, kuljetustietoja, käyttäytyminen vedessä, vaaratekijät ym. sekä toimenpideohjeet onnettomuustilanteita varten, ensiavulle ja lääkärinhoidolle.

9.1.7.11 IMDG-koodi

Lontoossa sijaitseva kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO (International Maritime Organisation) on laatinut viisiosaisen käsikirjan, nk. IMDG-koodin, International Dangerous Goods Code (viite 5.1). Se sisältää kansainväliselle merenkululle tarkoitetut ohjeet siitä, miten pakattuja vaarallisia aineita on käsiteltävä merikuljetuksissa. Ohjeet, jotka ovat hyvin yksityiskohtaiset, käsittävät luokituksen, merkinnät, dokumentoinnin, pakkaamisen, ahtauksen sekä yleisiä rahti- ja turvallisuusmääräyksiä.

IMDG-koodin jäsentely perustuu YK:n laatimaan yleiseen pakkausten luokitusjärjestelmään. Pienin muutoksin järjestelmä soveltuu kaikkiin kuljetuksiin (meri, maantie, rautatie, lento). IMDG-koodi jakaa pakatut vaaralliset aineet 9:ään vaarallisuusluokkaan (kts 9.3.1.3).

IMDG-koodi käsittää noin 3000 eri ainetta. Vajaa kolmannes näistä on luokiteltu "Marine Pollutant":eiksi ja on varustettava erityisellä kilvellä (kuva 9.25). Muutamat aineet ovat saaneet lisämääritteen "severe" ja ne nimitetään siten "Severe Marine Pollutants" (viite 5.31). Viimeksi mainittuihin on kiinnitettävä erityistä huomiota onnettomuustilanteiden ja vesistö päästöjen yhteydessä.



Kuva 9. 25 Kilpi, jota IMDG-koodin mukaan vaaditaan pakkaukseen, joka sisältää Marine Pollutant-luokan aineita.

IMDG-koodin viidellä osalla on seuraava sisältö:

OSA I	Yleinen johdanto Hakemistot Pakkaussuositukset Määritelmät
OSA II	Luokat 1 - 3
OSA III	Luokat 4 - 5
OSA IV	Luokat 6 - 9
LIITE	Emergency Procedures (EmS) Medical First Aid Guide (MFAG) Irtolastina kuljetettavat kiinteät kemikaalit Raportointi Kemikaalien pakkaaminen kuljetussäiliöihin Torjunta-aineiden käyttö aluksilla

Liitteen kohta Emergency Procedures (EmS) on pelastuspalvelun kannalta kiinnostava (9.3.1.4 ja 9.3.4.1). Torjuntasuositukset ovat tarkoitettu lähinnä päälliköille tilanteissa, joissa aluksen miehistön on ilman pelastuspalvelun apua suhteellisen yksinkertaisilla välineillä torjuttava onnettomuus, johon liittyy vaarallisia aineita. EmS-suositukset perustuvat laajaan kokemuseräiseen aineistoon ja ovat siten tärkeitä myös maissa toimivalle pelastuspalvelulle.

9.1.7.12 OHM-TADS

OHM-TADS on lyhennys sanoista Oil and Hazardous Technical Assistance Data System. Se on USA:n ympäristönsuojeluviraston laatima tietokanta, jossa on yksityiskohtaisia tietoja 1400:sta aineesta (tilanne 1996). Tietokannan eräs tärkeä tarkoitus on olla pelastuspalvelun tukena erityisesti vesistöissä tapahtuvissa kemikaalionnettomuuksissa. Tietokanta sisältää sekä teknillis-tieteellistä sekä käytännön tietoa, joka on jaettu 126:een alueeseen, joilla on seuraavanlainen sisältö:

- kemiallinen nimi, synonyymit, kauppanimet
- kemiallinen kaava, erinäiset koodimerkinnot
- käyttötarkoitus, pakkaustyyppi, säilytys, käsittely
- valmistajat, lisäaineet
- analyysimenetelmät
- kemialliset ominaisuudet, kemiallinen reaktiivisuus
- väri, maku, haju, käyttäytyminen vedessä
- syttymisrajat, leimahduspiste, itsesyttymispiste
- sammuttamismenetelmä
- myrkylliset palamiskaasut
- fysikaaliset tiedot
- biokemialliset ja biologiset tiedot
- toksikologiset tiedot ihmiselle ja luonnolle
- suositeltava suojarustus
- välittömät toimenpiteet onnettomuudessa
- torjunta- ja puhdistusmenetelmät
- vaikutukset vedenpuhdistusprosessiin
- aineen hävittäminen.

OHM-TADS on tilattavissa Chemical Information Systemsilta (7215 York Road, Baltimore, MD 21212, USA). Lisäksi SilverPlatter-niminen yritys (10 Barley Mow Passage, Chiswick, Lontoo W4 4 PH, Englanti) on julkaissut OHM-TADS-tietokannan CD-ROM-levyllä. Levyllä on myös muita tietolähteitä kuten esim. CHRIS. Levyn nimi on CHEM-BANK ja sen saa vuositulauksena neljällä vuosittaisella päivityksellä usealta toimittajalta.

9.1.7.13 Pohjoismaalaiset, vaarallisia aineita koskevat pelastuspalvelun kansiot ja ohjekortit

Tanska 3 käsikirjaa "Insatskort for kemikalieueheld", toistaiseksi noin 900 sivua, julkaisija Beredskabsstyrelsen.

Suomi "VAO-kortit", toistaiseksi noin 1160 vaarallista ainetta käsittelevää suomenkielistä korttia, julkaisija Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö.

Norja 3 kansiota "Farligt gods – Tiltakskort ved uhell under lagring och transport", ruotsalaisten Farligt Gods-kansioiden käännös (kääntänyt Anders Nittve, Petreco A/S), julkaisija Norks Brannvern yhteistyössä Direktoratet for brann- og eksplosionsvernin ja Statens forurensningstilsynin kanssa.

Ruotsi 3 kansiota "Farligt Gods", ohjekortteja, joissa tietoja toistaiseksi noin 500:sta kemikaalista, julkaisija Svenska Brandförsvarsförningen (viite 5.4).

9.1.7.14 Sax

Irving Saxin käsikirja Dangerous Properties of Industrial Materials (viite 5.10) on tunnettu ja paljon käytetty hakuteos, jota käyttävät pelastuspalvelu, teollisuus, viranomaiset, sairaalat ym. Kirja sisältää toksikologisia sekä kemiallisia ja fysikaalisia tietoja useasta tuhannesta kemikaalista.

9.1.7.15 Statens Räddningsverkin tietopankki RIB (Ruotsi)

Ruotsalainen tietopankki RIB on luotu tueksi valvontaviranomaisille, pelastuspalvelulle ja vaarallisia aineita kuljettaville. Järjestelmä koostuu faktaosasta, jossa on tietoja 4000:sta aineesta, sekä tietokantaosasta, jossa on useita tuhansia pelastuspalvelulle tärkeitä asiakirjoja. Vuodesta 1991 lähtien järjestelmään on syötetty vuosittain satojen onnettomuuksien toimintaselostukset. RIB-järjestelmää voi käyttää joko modeemin avulla tai CD-ROM:lta. Osoite: SRV, RIB, Karolinen, S-651 80 Karlstad, Sverige.

9.1.7.16 Ruotsin merivartioston pelastussuunnitelma merellä sattuvien ympäristöonnettomuuksien varalta

Ruotsin merivartioston kaksiosaisen suunnitelman Svenska Kustbevakningens Räddningstjänstplan (viite 5.7) ensimmäisessä osassa käsitellään valtuuksia, valmiusvaatimuksia, organisaatiota, yhteistoimintaa ym. Tämä osa on ensikädessä tarkoitettu merivartioston keskus- ja aluejohdolle sekä pelastustyöhön osallistuville viranomaisille ja organisaatioille. Osassa II on pääosin menetelmäkuvauksia, teknisiä tietoja ja turvallisuusohjeita. Tämän osan tarkoituksena on toimia pelastusoperaation johtajan, torjuntajohtajan sekä merivartioston ympäristönsuojelualuusten päälliköiden käsikirjana osan I ohella.

9.1.7.17 Sveriges Kemikontors Skyddsblad

Sveriges Kemikontorin kansioissa on useita satoja ohjekortteja kemiallisista tuotteista tai aineista sekä kemiallisista tuoteryhmistä (viite 5.5). Teoksen laajuus on suunnilleen samaa luokkaa kuin Svenska Brandförsvarsföreningenin kansion, mutta teos sisältää enemmän kemiallis-teknillisiä sekä biologisia tietoja.

9.1.7.18 TOKEVA

Suomen pelastusopiston TOKEVA-ohjeet (viite 5.3) eroavat muista käsikirjoista siinä mielessä, että ne keskittyvät hyvin yksityiskohtaisesti toimenpideohjeisiin kemikaali-onnettomuuksien varalta. Ensisijaisesti maalla sattuvia onnettomuuksia varten tehty käsikirja jakautuu taktisiin torjuntaohjeisiin useimmille kemikaaleille, sekä tekniikkaa ja välineistöä kuvaaviin menettelyohjeisiin.

9.1.7.19 Verschueren

Karel Verschueren on kirjoittanut hyvin tunnetun ja runsassisältöisen käsikirjan nimeltä "Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals" (viite 5.61). Siinä on tietoa yli tuhannen kemikaalin ympäristömyrkyllisyydestä, pysyvyydestä luonnossa, hajoamisesta ym.

9.2 TOIMENPITEET KEMIKAALIPÄÄSTÖN TAPAHDUTTUA

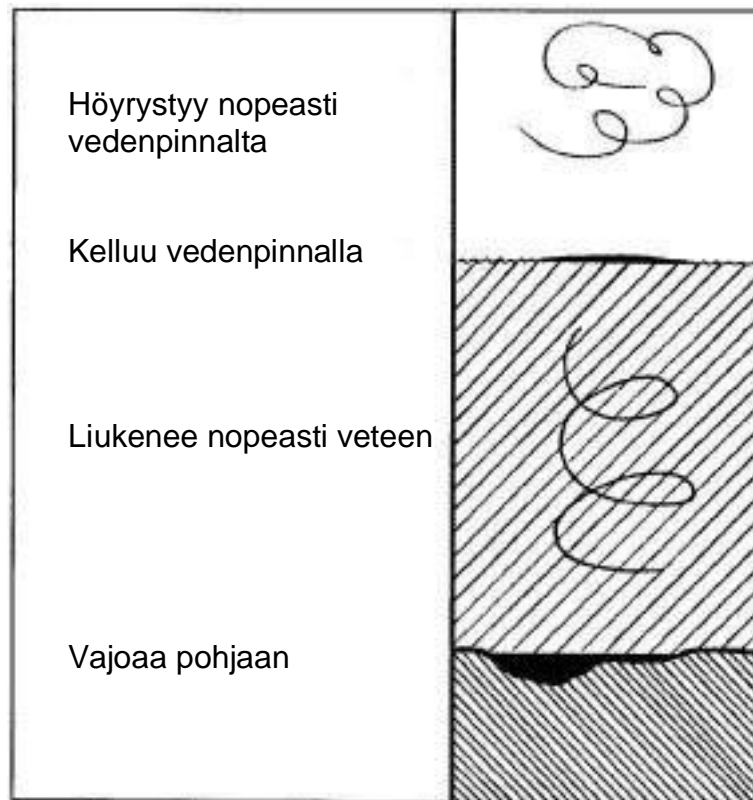
9.2.1 Kemikaalipäästöjen käyttäytyminen vedessä – luokittelu ja fysikaaliset ominaisuudet

9.2.1.1 Yleistä

Kemikaalilionnettomuuden tapahduttua on suoritettava tietyt yleiset toimenpiteet, jotka ovat usein samoja kaikille kemikaalilionnettomuuksille kemikaalin tyypistä ja tilanteesta riippumatta. Näitä toimenpiteitä käsitellään luvussa 2.

Kun kemikaali pääsee veteen, on tärkeää, että toimenpiteet valitaan kemikaalin käyttäytymisen mukaan. Kuva 9.26 esittää eri kemikaaliryhmien käyttäytymistä vedessä.

Veteen päässyt kemikaali voi käyttäytyä monella tavalla kuten kuvasta 9.26 ilmenee. On syytä muistaa, että kuva on yksinkertaistus. Kemikaali voi käyttäytyä usealla kuvassa esitetyllä tavalla samanaikaisesti. Se voi esim. kellua vedenpinnalla samalla kuin se haihtuu ja/tai liukenee. Se voi myös reagoida, hitaammin tai nopeammin, veden kanssa.

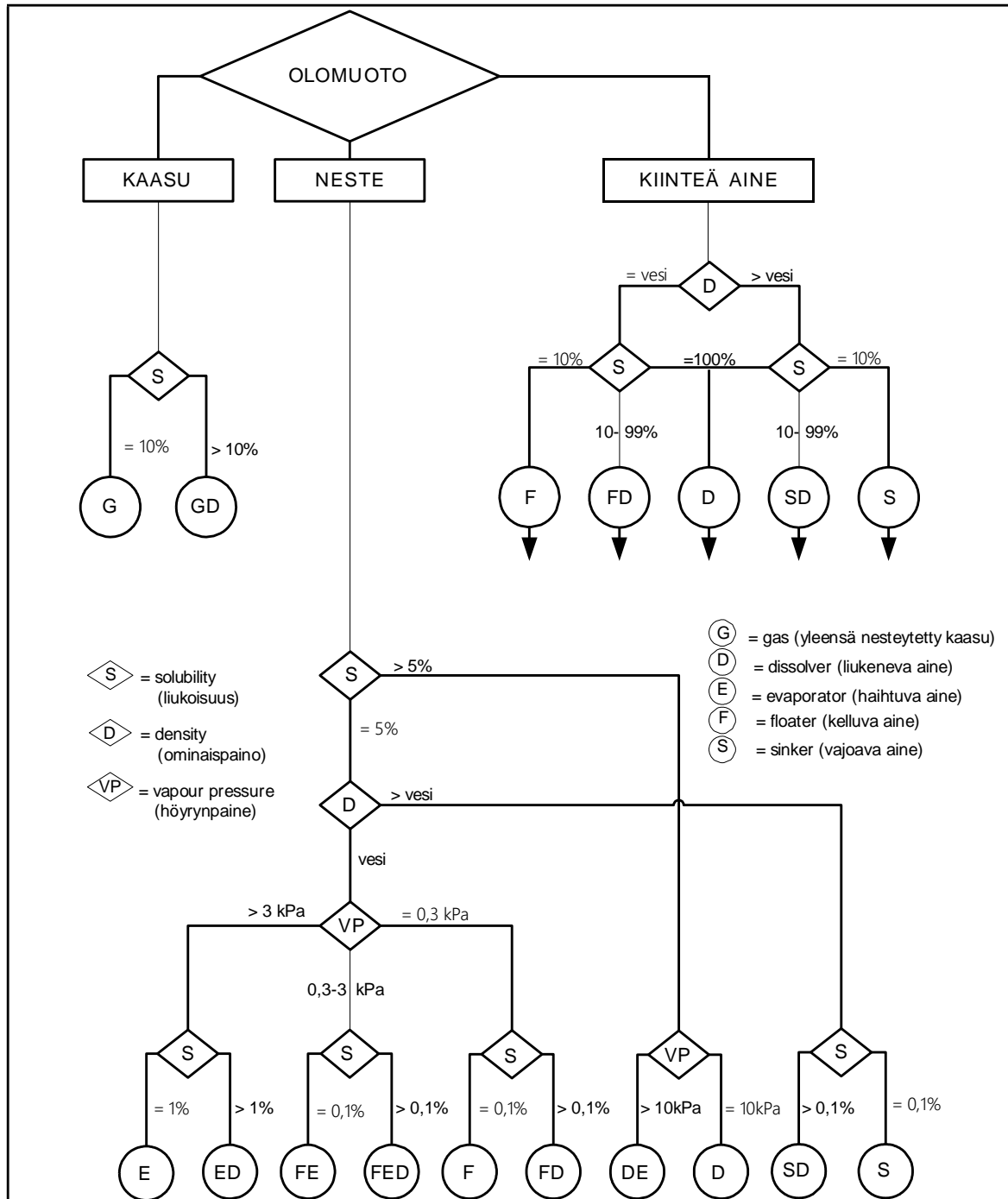


Kuva 9. 26 Veteen joutuneen kemikaalien fysikaaliset käyttäytymismuodot

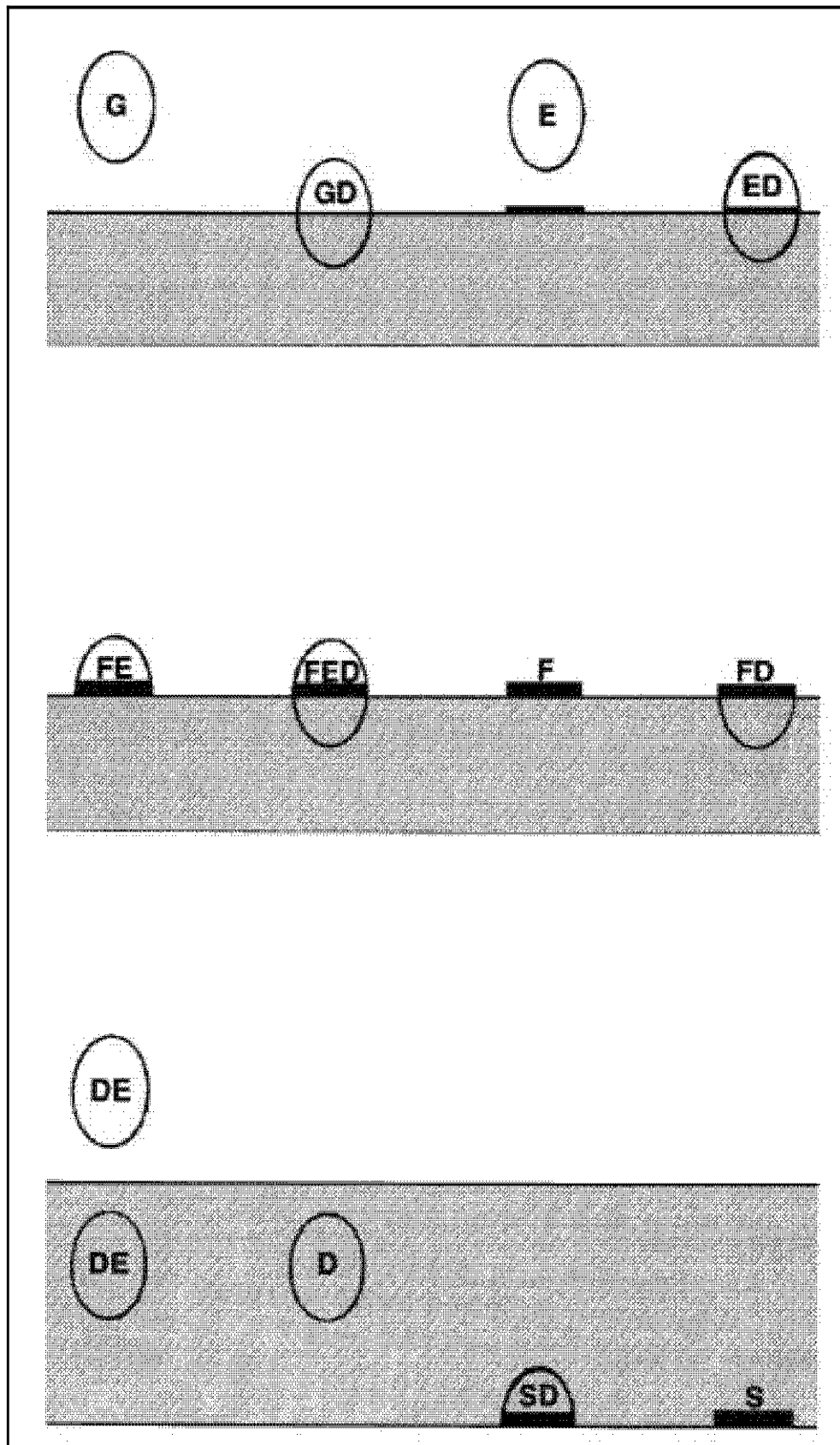
9.2.1.2 Luokitus

Luokituksen vuokaavio

Kuvassa 9.27 esitetään vuokaavio yhteiseurooppalaisesta veteen päässeiden kemikaalien luokitusjärjestelmästä ("European Classification System", viitteen 5.12 Annex 4). Menetelmä perustuu kemikaalien fysikaaliseen käyttäytymiseen vedessä (liukoisuus, ominaispaino, höyrönpaine) ja jakaa aineet 12 luokkaan (G, GD, E, ED, F, FD, D, SD, S). Luokitusmenetelmä on graafisesti esitetty kuvassa 9.28.



Kuva 9. 27 Kemikaalien käyttäytyminen vedessä European Classification Systemin 12:n luokan mukaan.



Kuva 9. 28 Kemikaalien käyttäytyminen vedessä European Classification Systemin 12:n luokan mukaan.

9.2.1.3 Luokitusjärjestelmän 12 luokkaa

Taulukkoon 9.2 on koottu luokitusjärjestelmän 12 luokkaa tunnuksineen ja selityksineen. Lisäksi siihen on merkitty, leviävätkö luokkien kemikaalit ilmassa, vedenpinnalla, vedessä vai pohjalla.

Taulukko 9. 2

Tunnus	Tunnuksen selitys	Leviäminen			
		Ilmassa	Vedenpinnalla	Vedessä	Pohjalla
G	gas	X			
GD	gas/dissolver	X		X	
E	evaporator	X			
ED	evaporator/dissolver	X		X	
FE	floater/evaporator	X	X		
FED	floater/evaporator/	X	X	X	
F	floater		X		
FD	floater/dissolver		X	X	
DE	dissolver/evaporator	X		X	
D	dissolver			X	
SD	sinker/dissolver			X	X
S	sinker				X

Taulukossa 9.3 on yleiskuva luokituksen 12:sta luokasta, kemikaaliesimerkkejä sekä luokkia luonnehtivat ominaisuudet.

Taulukko 9. 3

	Luokka	Ominaisuudet	Esimerkkejä
Välittömästi	G	höyrystyy välittömästi	propaani, butaani, vinyylikloridi
höyrystyvä	GD	höyrystyy välittömästi, liukenee	ammoniakki
Nopeasti haihtuva	E	haihtuu nopeasti	bentseeni, heksaani, sykloheksaani
	ED	haihtuu nopeasti, liukenee	metyyli-t-butyylietteri, vinyyliasetaatti

Kelluva	FE	kelluu, haihtuu	heptaani, tärpähti, tolueeni, ksyleeni
	FED	kelluu, haihtuu, liukenee	butyyliasetaatti, isobutanoli, etyyliakrylaatti
	F	kelluu	ftalaatit, kasviöljyt, eläinöljyt, dipenteeni, isodekanoli
	FD	kelluu, liukenee	butanoli, butyyliakrylaatti
Liukeneva	DE	liukenee nopeasti, haihtuu	asetoni, monoetyyliamiini, propeenioksidi
	D	liukenee nopeasti	eräät hapot ja emäkset, eräät alkoholit, glykolit, tietyt amiinit, metyylietyyliketoni
Vajoava	SD	vajoaa, liukenee	dikloorimetaani, 1,2-dikloorietaani
	S	vajoaa	butyylibentsyyliftalaatti, klooribentseeni, kreosootti, kivihiiliterva, lyijytetraetyyli, lyijytetrametyyli

9.2.1.4 Erityiset käyttäytymistavat – nestemäisen ammoniakkin päästö

Nestemäisen ammoniakkin käyttäytyminen vedessä on ollut useamman laajan tutkimuksen kohteena (viitteet 5.81, 5.89, 5.96 ja 5.98). Ammoniakin joutuessa kosketukseen veden kanssa tapahtuu ”räjähdysmäinen” kiehuminen. Ammoniakki liukenee helposti veteen ja päästön yhteydessä veteen liukeneva määrä riippuu 1) ammoniakkin määrästä, 2) ympäristötekijöistä ja 3) päästön kulusta, eli onko päästö hetkellinen vai jatkuva, vedenpinnalle vai pinnan alle. Yhteenvetona voidaan todeta, että vedenalaisissa päästöissä noin 90 % ammoniakista liukenee veteen. Vastaava luku vedenpinnalle tapahtuvilla päästöillä on noin 60 %.

Päästön yhteydessä muodostunut ammoniakkikaasu nousee helposti ilmaan ja kulkeutuu tuulen mukana tiheänä valkoisena sumuna. Liuennut ammoniakki muodostaa suurimmalta osaltaan ammoniakkihydroksidiliuoksen, joka pintavesikerroksesta leviää säteittäisesti, minkä jälkeen se sekoittuu hitaasti vesikerrokseen. Pieni osa ammoniakista on dissosioitumatonta NH_3 :a, joka on pääasiallinen toksisten vaikutusten aiheuttaja vesieliöille. Dissosioitumattoman NH_3 :n osuus riippuu veden happamuudesta ja lämpötilasta taulukon 9.4 mukaisesti (viite 5.81).

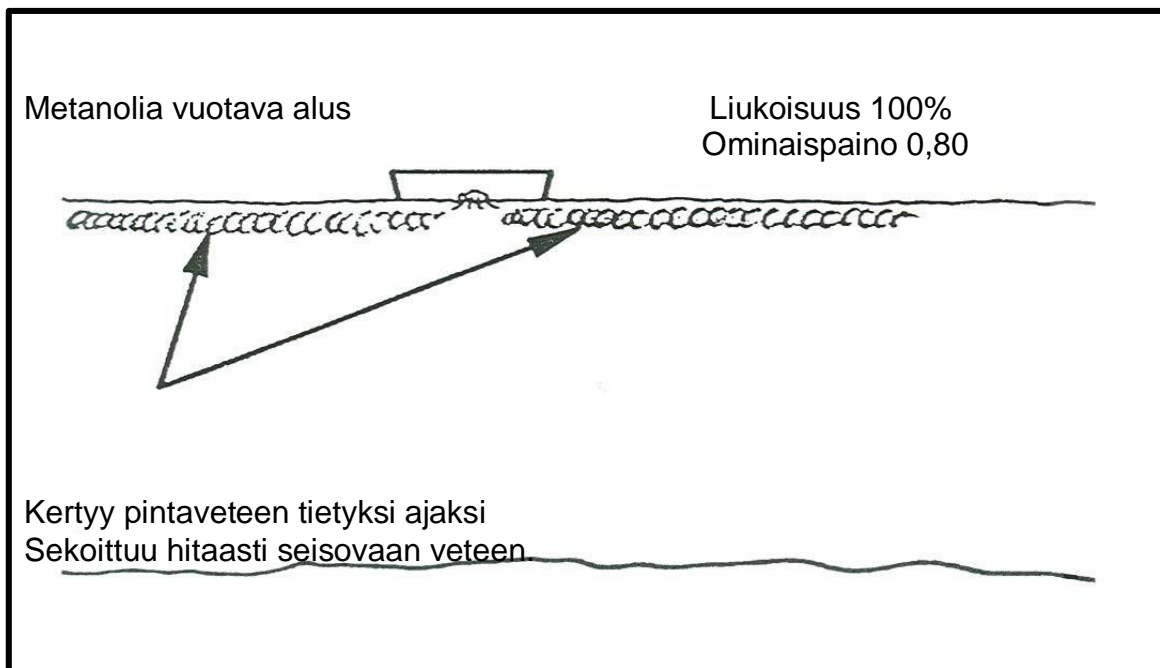
Taulukko 9. 4 Dissosioitumattoman NH₃:n osuus (%) veteen liuenneesta ammoniakkipäästöstä.

Lämpötila ° C	pH 7,0	pH 7,5	pH 8,0	pH 8,5
10	0,19	0,59	1,8	5,6
15	0,27	0,86	2,7	8,0
20	0,40	1,2	3,8	11,0
25	0,57	1,8	5,4	15,0

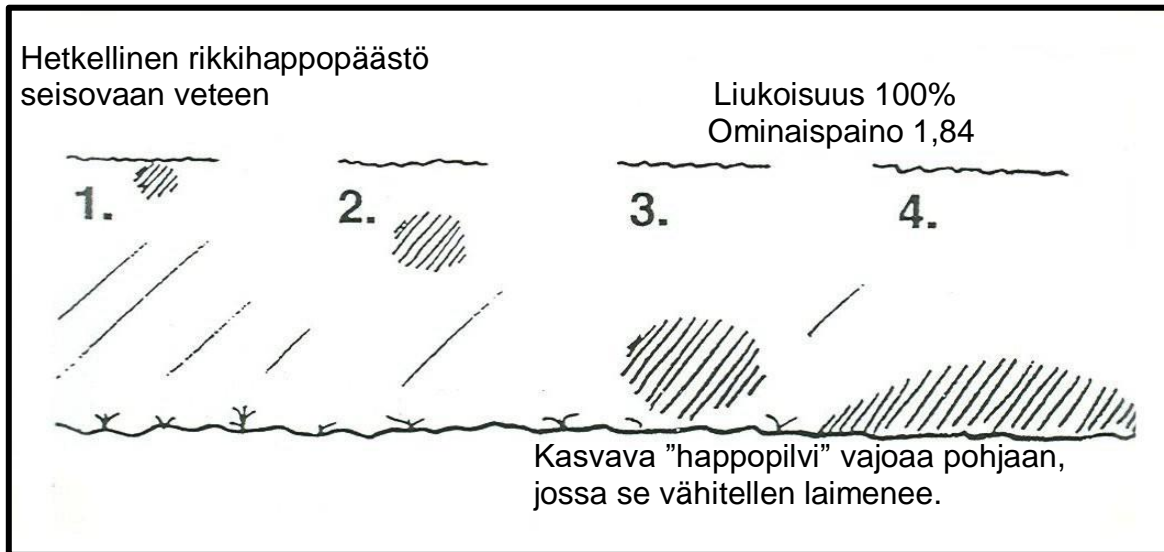
9.2.1.5 Erityiset käyttäytymistavat – veteen täysin liukenevan nesteen vuotaminen seisovaan veteen

Esimerkkejä: Metanoli, rikkihappo

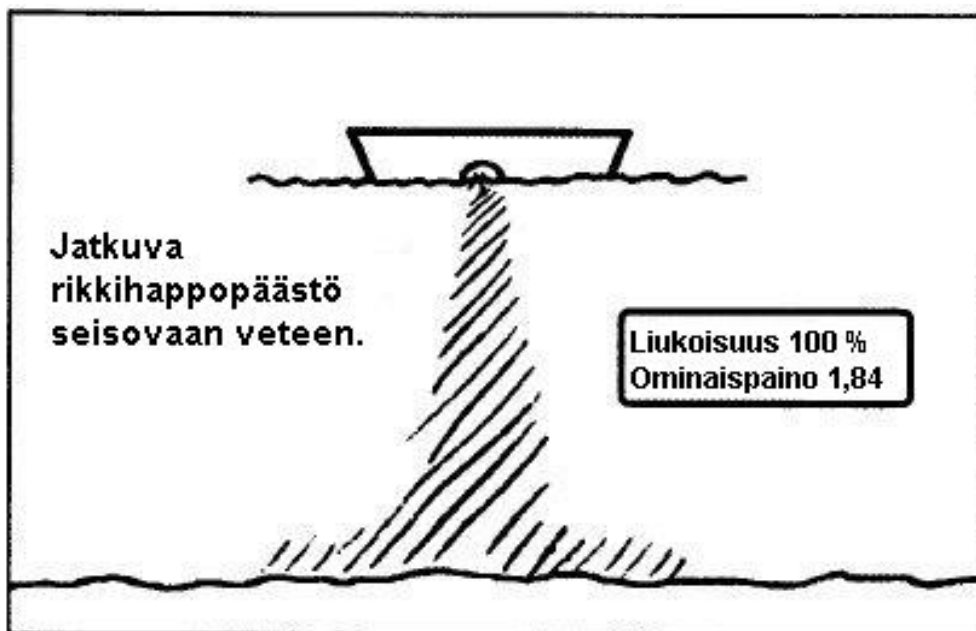
Veteen täysin liukeneva neste sekoittuu tietyissä olosuhteissa hitaasti veteen. Tämä on tilanne varsinkin silloin kun neste on huomattavasti vettä kevyempi tai raskaampi eikä vesi virtaa. Kuvassa 9.29 esitetään metanolipäästön (viite 5.71) ja kuvissa 9.30 ja 9.31 rikkihappopäästön (viite 5.70) käyttäytyminen seisovassa vedessä.



Kuva 9. 29 Metanoli liukenee hitaasti veteen.



Kuva 9. 30 Hetkellisen rikkihappopäästön käyttäytyminen seisovassa vedessä.

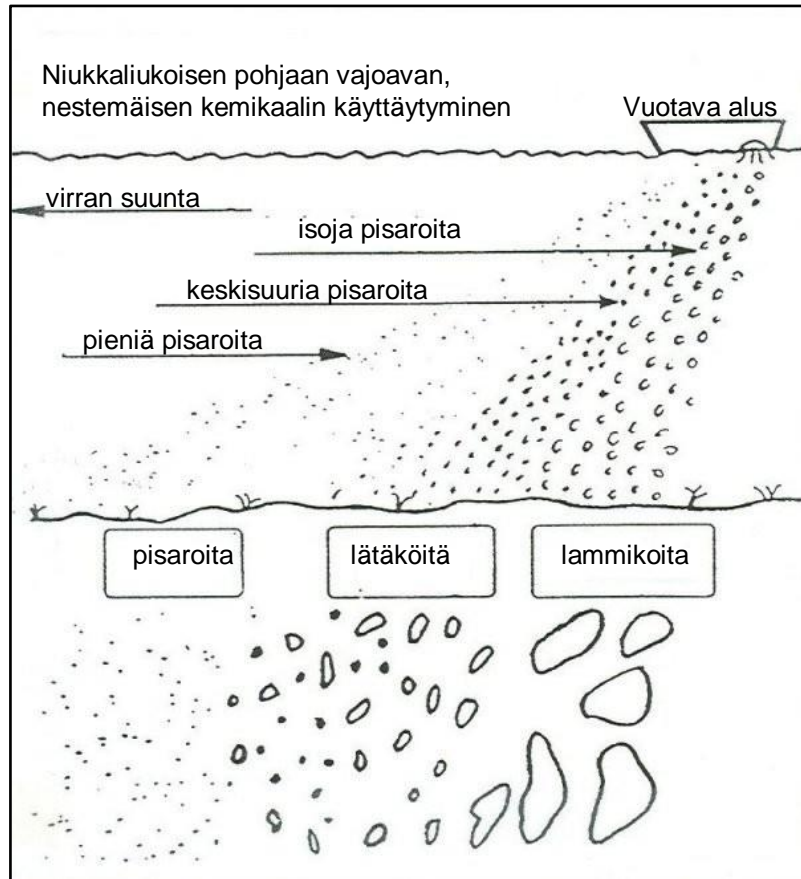


Kuva 9. 31 Jatkuvan rikkihappopäästön käyttäytyminen seisovassa vedessä.

9.2.1.6 Erityiset käyttäytymistavat – raskaiden nesteiden käyttäytyminen virtaavassa vedessä

Esimerkkejä: Hiilitetrakloridi, hiilidisulfidi, etyylikloridi, etyylidikloridi, lyijytetrametyyli

Kemikaalipäästön leviämiseen virtaavassa vedessä vaikuttavat kemikaalin fysikaaliset ominaisuudet (ominaispaine, liukoisuus, höyrynpaine, olomuoto ym.) sekä virran voimakkuus ja muoto. Vaikeasti liukenevien raskaiden nesteiden käyttäytymistä on tutkittu, ja kuten oli odotettavissa, on päädytty tulokseen, että neste jakaantuu virran suuntaisesti pisarakoon mukaan, kuva 9.32 (viite 5.78).



Kuva 9. 32 Vajoavat vaikeasti liukenevat nesteet muodostavat virran suuntaisia vyöhykeitä, joissa on erikokoisia lätäköitä.

9.2.1.7 Erityiset käyttäytymistavat – veden kanssa reagoivat aineet

Tavallisesti kuljetettavista aineista vain muutamat reagoivat nopeasti kylmän veden kanssa. Aineille, jotka reagoivat kemiallisesti veden kanssa, voidaan soveltaa kuvan 9.27 vuokaaviota liukoisuuden, ominaispainon ja höyrynpaineen osalta. Aineen reaktio veden kanssa aiheuttaa sen, että sen käyttäytyminen ei ole vuokaavion eikä taulukon 9.3 mukainen. Seuraavassa kuvataan lyhyesti muutamien veden kanssa reagoivien aineiden käyttäytymistä.

Asetyylikloridi on savuava neste, joka reagoi voimakkaasti veden kanssa, jolloin se hajoaa suolahapoksi ja etikkahapoksi.

Kalsiumkarbidi on kiinteä aine (jauhe/kokkareita), joka vajoaa pohjaan ja reagoi veden kanssa muodostaen asetyleenikaasua, joka on erittäin helposti syttyvää.

Natrium ja **kalium** ovat kelluvia alkalimetalleja ja ne reagoivat kiivaasti veden kanssa. Tuloksena on erittäin helposti syttyvä vetykaasu, joka yhdessä ilman kanssa voi muodostaa räjähdysherkän räjähdyskaasuseoksen. Reaktiolämpö sytyttää vetykaasun (pieniä natriumpaloja lukuunottamatta), joka usein räjähtää.

Sulfonyylkloridi on savuava neste, joka reagoi voimakkaasti joutuessaan veteen ja hajoaa rikkihapoksi ja suolahapoksi.

9.2.2.2 Kaasuuntuvat tai nopeasti haihtuvat aineet

Esimerkkejä: Ammoniakki, vinyylikloridi, kloori, metaani, propaani, butaani, LPG

Yleisiin toimenpiteisiin ryhdytään luvun 1 mukaisesti. Jotta nämä ja muut toimenpiteet pystyttäisiin suorittamaan hyvin, on tiedettävä, miten eri kaasuja varastoidaan, miten ne käyttäytyvät sekä yleensä että veden pinnalla, minkälainen vuoto on ja miten kaasut leviävät (viite 5.22 ja 5.52).

Onnettomuuden tapahtuessa on usein vaikeaa ennättää laskea hetkellisen kaasupilven leviämistä, vaikka käytettävissä olisikin kehittyneitä tietokonemalleja.

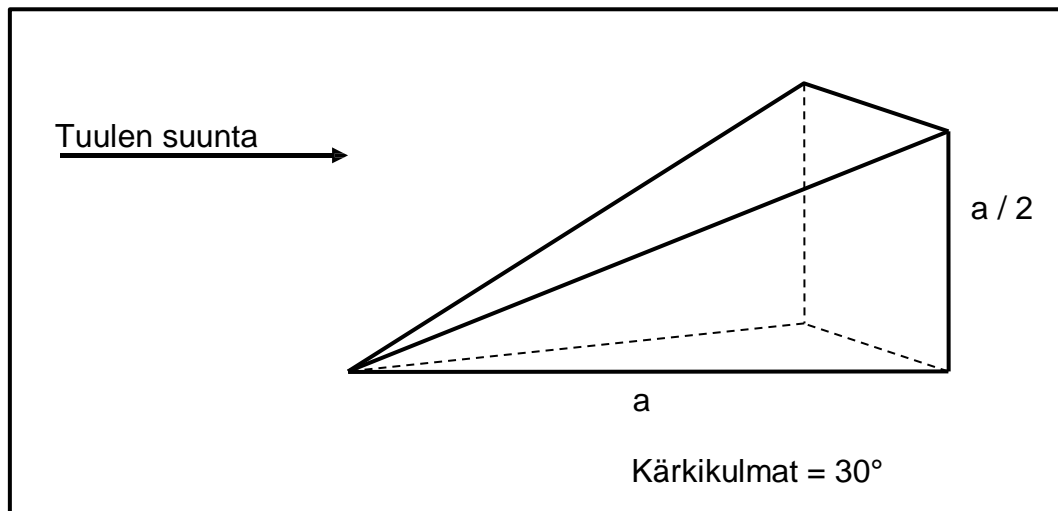
Kun kyseessä on **pieni** kaasupilvi, voidaan eräissä tilanteissa käyttää **sumusuihkuja**

- pienentämään syttyvän kaasupilven palo- ja räjähdysvaaraa jäähdyttämällä kuumia pintoja tai sammuttamalla kipinöitä ja tukahduttamalla liekkiä
- niukkaliukoisen tai kokonaan veteen liukenemattoman kaasun pilven pysäyttämiseen, ohjailuun tai hajottamiseen
- vesiliukoisen kaasun pilven pesuun (kts Menetelmä B1 alla).

Ennuste ilmassa leviämiselle (Taulukko 9.5, Menetelmä P1)

Soveltuu kemikaaliluokille G, GD, E, ED, FE, FED, DE (kaikki luokat, joissa on G tai E).

Luokille G ja GD leviäminen voidaan karkeasti laskea kuvan 9.33 ja taulukon 9.6 mukaisesti.



Kuva 9. 33 Yksinkertainen ennustemalli kaasujen leviämiselle ilmassa.

Esimerkkejä Ryhmä I: Ammoniakki, vinyylikloridi, kloori

Ryhmä II: metaani, propaani, butaani, eteeni, buteeni-butadieeni

Taulukko 9. 6

	Terveysvaara		Palo-/räjähdysvaara
	I	II	I ja II
Vuoto (tonneja)	a (metrejä)	a (metrejä)	a (metrejä)
0,1	1000	200	200
1	2000	400	400
10	5000	1000	1000
100	10000	2000	2000

Huom! Yllä olevaa taulukko voidaan soveltaa myös nestemuotoisille, luokkiin E, ED, FE, FED ja DE kuuluville kemikaaleille (jotka ovat syttyviä tai terveydelle erityisen haitallisia). Haihtuneen höyryn vaara-alue saadaan karkeasti kertomalla taulukon arvot luvulla VP/100. VP on kemikaalin höyrynpaine vallitsevassa ilman lämpötilassa yksikössä kPa (alle 100).

Kaasujen levinneisyyden mittaaminen (Taulukko 9.4, Menetelmä M1)

Tavoite: Päästöönnettömuuksissa on tärkeä mitata ilman kemikaalipitoisuus. Näiden mittausten tavoitteena on määrittää sekä rajata terveydelle vaarallinen alue, jolla suojaamattomat henkilöt eivät saa oleskella.

Toisilla kemikaaleilla mitattuja arvoja voidaan käyttää sellaisenaan vaara-alueen määrittämiseen (vrt. kuvat 9.34 ja 9.1 b). Toisilla taas mittaustuloksia voidaan käyttää jollakin menetelmällä arvioidun tai lasketun vaara-alueen tarkistamiseen.

Mittalaitteet

Terveysvaaraa mitataan **kaasunilmaisimella** (kts. 9.1.4.2). Näillä laitteilla mitataan tavallisesti hyvin pieniä kaasupitoisuuksia. Esimerkkejä laitteista ovat **ilmaisinputki**, **fotoionisaattori** ja **infrapuna-analysaattorit**.

On huomattava, että näitä laitteita ei voi käyttää tarkkoihin mittauksiin. Mittaustulokset ovat suuntaa antavia. Itse mittaaminen suoritetaan alla olevan kohdan "Mittaus" mukaisesti.

Fotoionisaattori on hyvin helppokäyttöinen mittalaite. Jos tällainen laite on saatavissa, tulisi ensi kädessä selvittää, soveltuuko laite kysymyksessä olevalle aineelle ja löytyykö aineen asetusarvo ("suhteellinen herkkyys") käyttöohjeen taulukoista. **Fotoionisaattoria ei saa käyttää syttymisvaaran mittaamiseen!** Siihen tulee käyttää syttymisvaaramittaria.

Toiseksi selvitetään, onko olemassa kyseessä olevalle aineelle tarkoitettua ilmaisinputkea.

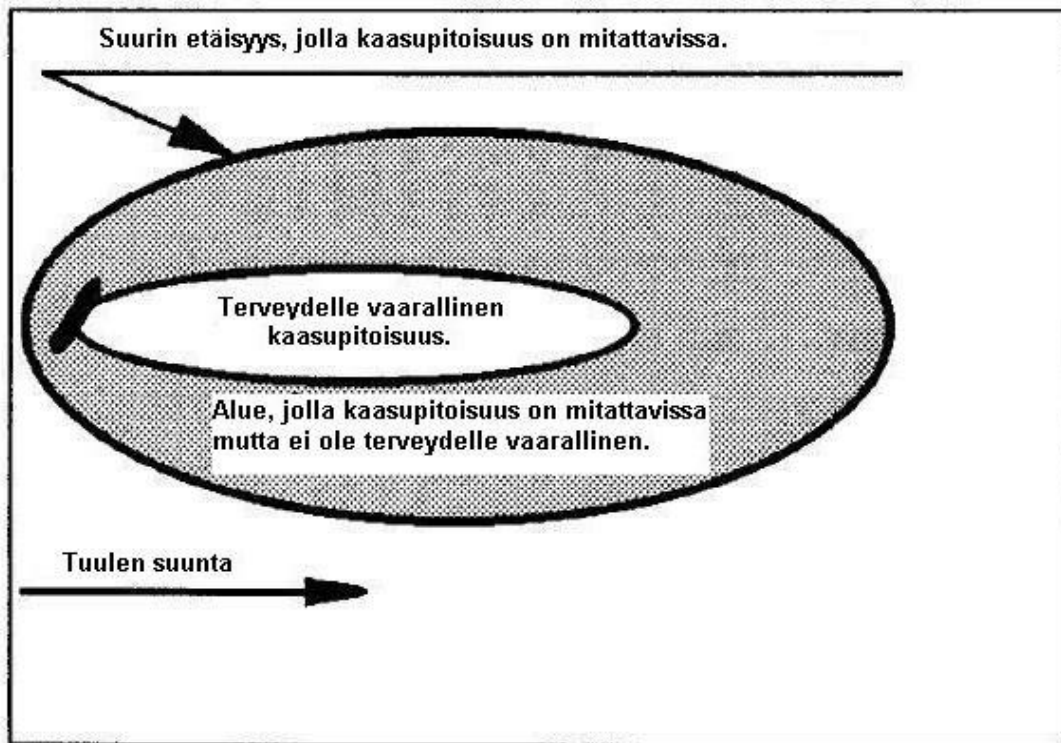
Jos ei voida käyttää fotoionisaattoria eikä ilmaisinputkea, on ensi vaiheessa eristettävä riittävän iso vaara-alue, kunnes saadaan uutta tietoa ja tilanne voidaan arvioida uudelleen.

Mittaus

Suodatinsuojainta käyttävät henkilöt, jotka ovat saaneet koulutusta mittalaitteiden käyttämiseen ja tuntevat niiden toiminnot hyvin, suorittavat mittaukset.

Mittaukset aloitetaan kaasupilven ulkopuolelta. Paikka, jossa saadaan ensimmäinen selvä lukema, muodostaa vaara-alueen rajan (kuva 9.34). Suorittamalla jatkuvia mittauksia oletetun kaasupilven ympärillä voidaan vaara-alue muodostaa, sitä tarkistaa ja tarvittaessa muuttaa.

On huomattava, että kaasupilvi usein leviää epätasaisesti ilman turbulenssin takia. Mittauksilla ei siten käytännössä saada kuvan 9.34 mukaista tasaista rajakäyrää, vaan raja on pyöristettävä kulkemaan uloimpien havaintopisteiden kautta.



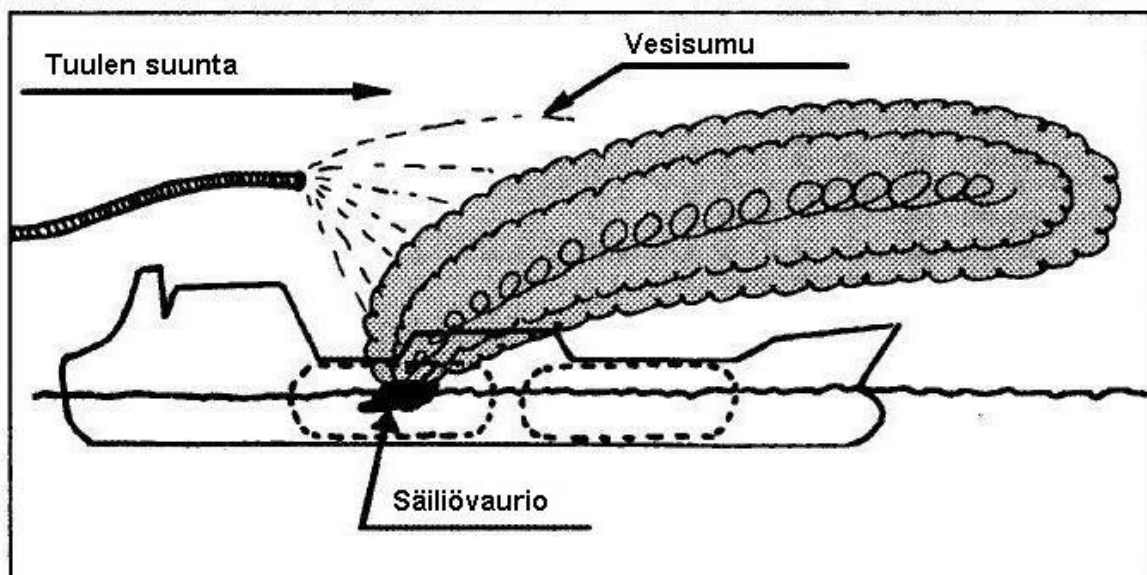
Kuva 9. 34 Terveydelle haitallinen alue sekä mittauksin todettavan kaasupitoisuuden raja.

Vesiliukoisen kaasun pilven torjuminen (Taulukko 9.5, Menetelmä B1)

Menetelmää käytetään lähinnä vesiliukoisilla kaasuilla, (luokka GD) esim. ammoniakki.

Pienet vesiliukoisista kaasuista koostuvat kaasupilvet voidaan heikolla tuulella lyödä maahan sumusuihkuilla, katso kuva 9.35.

Kun nesteammoniakki pääsee veteen, osa ammoniakista kiehuu hyvin nopeasti (9.2.1.4). Loppu liukenee veteen ja muodostaa emäksistä ammoniumhydroksidia, joka on ympäristölle vaarallinen aine. Neutraloivaa ainetta tulee käyttää ympäristövahinkojen pienentämiseksi, jos kyseessä on rajattu, herkkä vesialue, jossa veden vaihtuvuus on pieni (taulukko 9.5, Menetelmä B3 sekä 9.2.2.4).



Kuva 9. 35 Pienet vesiliukoiset kaasupilvet voidaan lyödä maahan sumusuihkuilla.

9.2.2.3 Vedenpinnalla kelluvat aineet

Esimerkkejä: Heptaani, tärpätti, tolueeni, ksyleeni, dibutyyliftalaatti, dioktyyliftalaatti, oliiviöljy, rapsiöljy, mäntyöljy, silliöljy, dipenteeni, isodekanoli, butanoli, butyyliakrylaatti

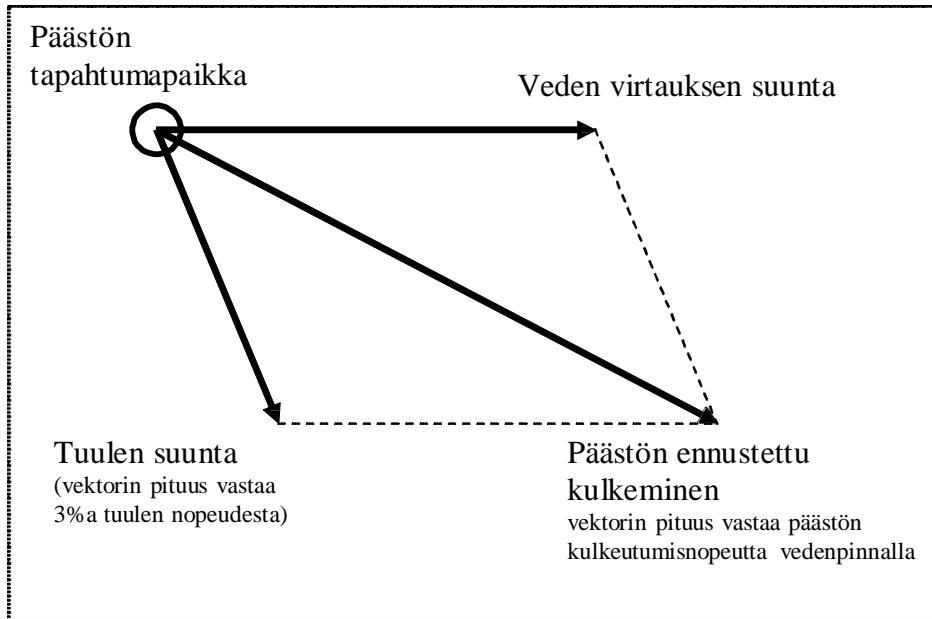
Yleisiin toimenpiteisiin ryhdytään luvun 1 mukaisesti.

Vedenpinnalla kelluva kemikaali leviää ja muodostaa ilman kanssa laajan kosketuspinnan. Kemikaalin höyrynpaineesta riippuen sitä voi haihtua paljon, jolloin se synnyttää korkeita kaasupitoisuuksia ilmaan. Pinnalla kelluvien kemikaalipäästöjen torjuntamenetelmiä arvioitaessa (viitteet 5.34 ja 5.46) on siten erikoisen tärkeää, että mitataan pitoisuuksia, jotta voidaan arvioida palo- ja räjähdysriskejä sekä terveysvaaraa.

Ennuste leviämisestä vedenpinnalla (Taulukko 9.5, Menetelmä P2)

Koskee kemikaaliluokkia FE, FED, F ja FD (kaikki luokat, joissa on F)

Vedenpinnalla kelluvien aineiden leviäminen voidaan arvioida samalla periaatteella kuin öljypäästön, eli vektorikuviolla (kuva 9.36). Kaikkien, paitsi luokkaan F kuuluvien, kemikaalien päästöt häviävät tosin noin kymmenessä tunnissa haihtumalla ja/tai liukenemalla.



Kuva 9. 36 Pinnalla kelluvan päästön liikkeen arviointi vektoridiagrammia käyttäen.

Vedenpinnalla kelluvan kemikaalipäästön torjuminen (Taulukko 9.5, Menetelmä B2)

Menetelmää käytetään niillä ryhmään F kuuluvilla vedenpinnalla kelluvilla nesteillä ja kiinteillä aineilla, jotka eivät haihdu eivätkä liukene (prosessit tapahtuvat hyvin hitaasti).

Esimerkkejä: Ftalaatit, eläin- ja kasviöljyt, etyyliheksanoli, isodekanoli.

Vedenpinnalla kelluvia kemikaaleja, joiden liukoisuus veteen ja haihtuminen ovat hyvin pieniä, voidaan

- a) käsitellä imeytysaineella ja tietyillä torjuntakemikaaleilla
- b) padota puomeilla
- c) poistaa keräyslaitteistolla (öljynkerääjällä)
- d) torjua yhdistelemällä a, b ja c vaihtoehtoja.

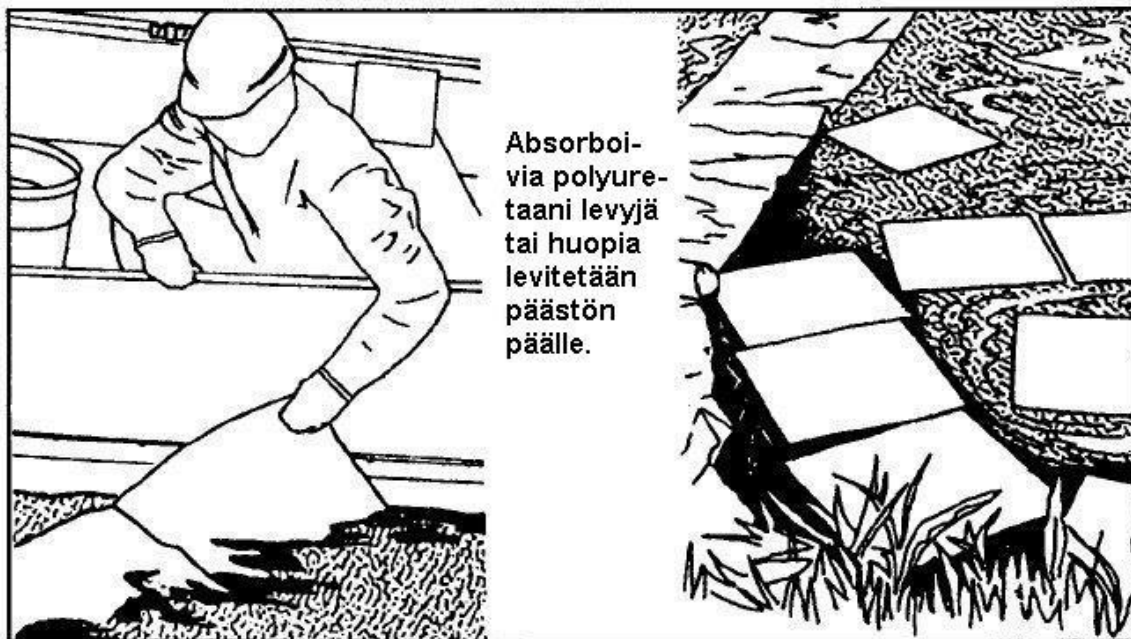
Torjuntatyön aikana on erityisesti kiinnitettävä huomiota terveys-, palo- ja räjähdysvaaroihin.

Käyttämällä imeytysaineita ja torjuntakemikaaleja voidaan rajoittaa pinnalla kelluvan kemikaalipäästön leviämistä sekä helpottaa sen keräämistä ja poistamista. Kemikaalipäästön torjuntaan soveltuvat kaikki tavanomaiset öljyn imeytysaineet, erityisesti kemikaaleille tarkoitetut imeytysaineet sekä nk. hyytelöimisaineet. Hyytelöimisaineita ovat esimerkiksi aineet, joita sekoitetaan bensiiniin napalmia valmistettaessa. Vedenpinnalla kelluville kemikaalipäästöille tarvitaan tosin muita hyytelöimisaineita. Joitakin aineita on kokeellisesti testattu, mutta vielä (tilanne 1996) ei ole käyttökelpoista, kaupallisesti saatavaa valmista ainetta vedenpinnalla kelluvia kemikaalipäästöjä varten.

Imeytysaineet

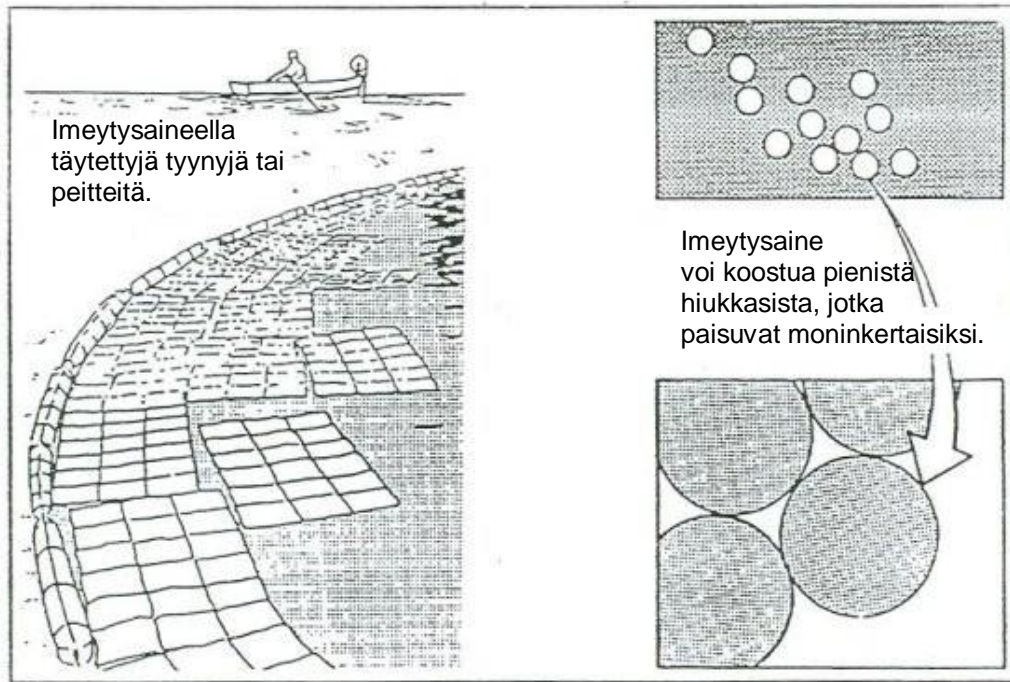
Markkinoilla on lukuisia eri imeytysaineita kemikaalipäästöille. Ne ovat erinäköisiä ja koostuvat monesta eri materiaalista (viitteet 5.8, 5.39 ja 5.62). Useimmat imeytysaineet on testattu ja tarkoitettu maahan vuotavia nesteitä varten. Vain harvat on tarkoitettu vedenpinnalla kelluvan kemikaalipäästön imeytykseen. Norjalaisesta tutkimuksesta (viite 5.8) selviää, että 43:sta eri tuotteesta 10 pystyi absorboimaan vedenpinnalla kelluvia kemikaaleja. Näistä neljä oli pakattu pieniin taskuihin ("makkaroihin") ja viisi koostui matoista tai levistä. Yksi tuote koostui irrallisista rakeista (käsitellystä tulivuoren tuhkasta). Tehokkaimmat tuotteet koostuivat polypropeenistä. Vaahtomuovilevyinen tai huopamuotoinen polypropeeni voidaan suhteellisen helposti levittää päästön päälle (kuva 9.37).

Kemikaalipäästön imeytysaine voi myös koostua pienistä hiukkasista. Käsittelyn helpottamiseksi ne voivat olla pakattuina tynnyiksi tai peitteitä muistuttaviin kangaspäällyksiin (kuva 9.38). Eräät imeytysaineet, kuten esimerkiksi pienet polyuretaanikuutiot, voivat olla osaa laajempaa kokonaisuutta, johon kuuluu levittämis- ja keräilylaitteisto, telat nostetun kemikaalin irtipuristamiseksi ja imeytysvälineen puhdistamiseksi uudelleenlevittämistä varten (viitteet 5.67 ja 5.85).



Courtesy of Environment Canada

Kuva 9. 37 Vedenpinnalla kelluvan kemikaalipäästön imeytys levyillä tai liinoilla.



Med tillstånd från Environment Canada

Kuva 9. 38 Vedenpinnalla kelluvan kemikkalipäästön imeytys rakeista imeytysainetta sisältävillä tyynyillä tai peitolla.

Irralliset esim. jauhomaiset tai rakeiset imeytysaineet, voidaan levittää ejektoripumpulla (kts. kuva 9.43). Tällaiset laitteet helpottavat aineen tasaista levittämistä. On tosin vaara, että ejektoripumppu tukkeutuu, jos sillä levitetään pehmeää vaahtomuovia tai muita aineita, joilla on ilmava rakenne. Imeytysaine voidaan levittää käsin suoraan säkistä, kunhan aineen tilavuuspaino ei ole liian pieni eikä tuuli liian voimakas.

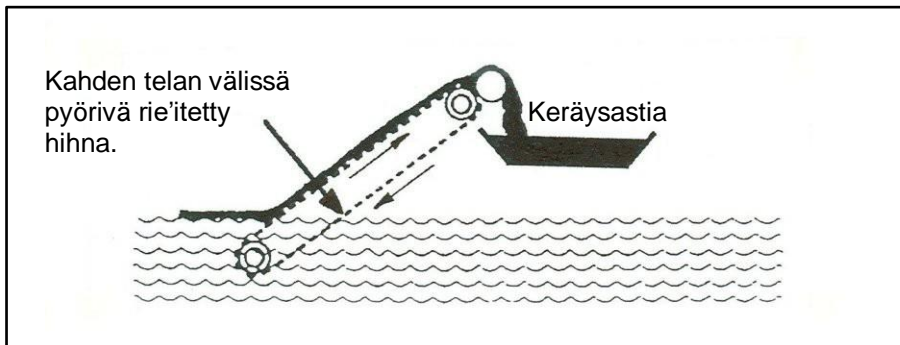
Kemikaalin leviämistä vedenpinnalla voidaan joskus rajoittaa puomeilla. Kemikaalin keräämistä voidaan mahdollisesti helpottaa yllä kuvatuilla käsittelymenetelmillä.

Öljypäästöt poistetaan vedenpinnalta rutiininomaisesti erilaisilla öljynkerääjillä. Kemikaalit, joiden viskositeetti on pieni, leviävät nopeasti ja muodostavat vedenpinnalle ohuen kalvon, jolloin ne voivat olla vaikeita kerätä. Eräillä ehdoilla kerääjät kuitenkin sopivat kemikaalien keräämiseen. Joskus keräämistä voidaan helpottaa käyttämällä ensiksi imeytysainetta. Kaikille kerääjille imeytysaineet eivät tosin sovi. Seuraavassa käsitellään muutamia kerääjiä, joita voidaan käyttää kemikaalipäästöjen keräämiseen.

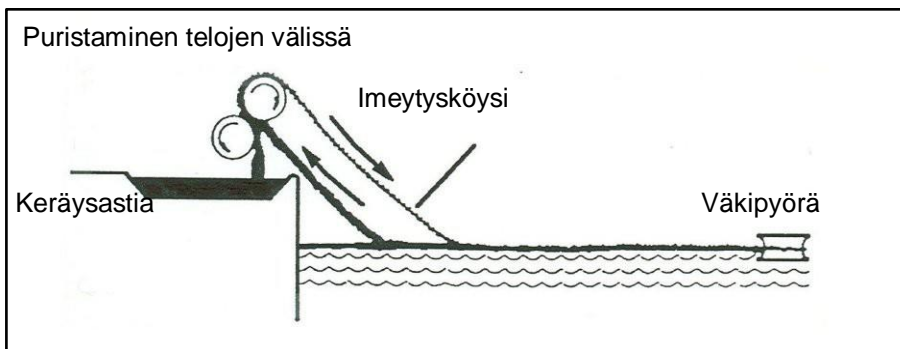
Hihnakerääjä (kuva 9.39) on osoittautunut käyttökelpoiseksi myös eräiden kemikaalien kuten esimerkiksi oktanolin ja dioktyyliftalaatin keräämiseen (viite 5.85). Esikäsitellyä esim. absorptioaineella saattaa helpottaa keräämistä.

Oil Mopin (kuva 9.40) ja LORIn kaltaiset **imevät menetelmät** keräävät pinnalla kelluvia kemikaaleja, joita ei tule esikäsitellä imeytysaineilla. Oil Mopilla on saatu hyviä tuloksia oktanolin ja dioktyyliftalaatin keräämisestä (viite 5.85).

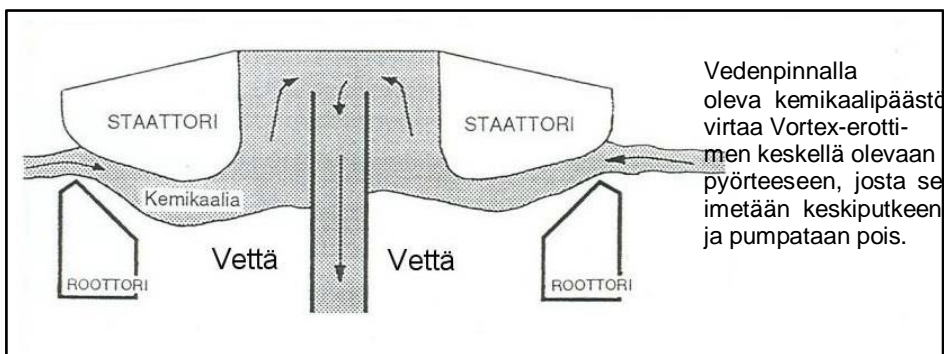
Vortexjärjestelmää (esim. Walosep) voidaan käyttää pinnalla olevien kemikaalien keräämiseen samalla tavalla kuin kevyiden öljytuotteidenkin (kuva 9.41). Tämän menetelmän yhteydessä kemikaalipäästöä ei saa esikäsitellä imeytysaineilla.



Kuva 9. 39 Vedenpinnalla kelluvien kemikaalien kerääminen hihnakerääjällä.



Kuva 9. 40 Vedenpinnalla kelluvien kemikaalien kerääminen Oil Mop-tyyppisellä järjestelmällä.



Kuva 9. 41 Vedenpinnalla kelluvien kemikaalien kerääminen Walosep-tyyppisellä vortexjärjestelmällä.

9.2.2.4 Vesiliukoiset aineet

Esimerkkejä: Asetoni, etanoli, fosforihappo, glykolit, isopropyylialkoholi, metanoli, metyylietyyliketoni, monoetyyliamini, natriumhydroksidiliuos, propionihappo, propyleenioksidi, rikkihappo, etikkahappo

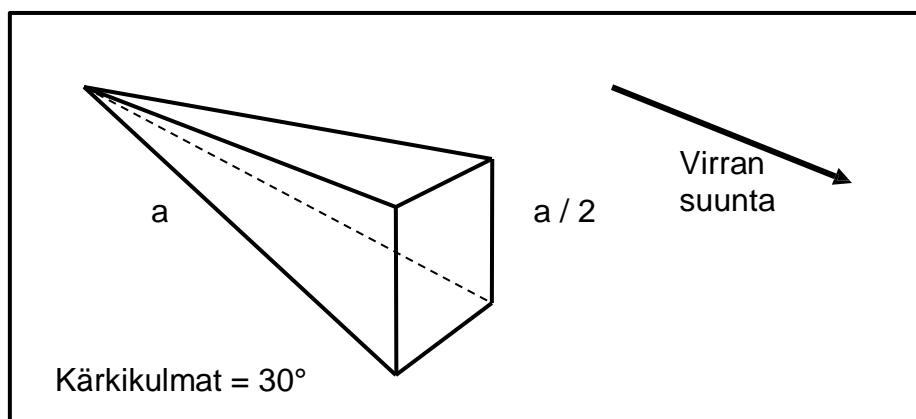
Yleisiin toimenpiteisiin ryhdytään luvun 1 mukaisesti.

Veteen liukeneva kemikaali muodostaa kasvavan ”pilven” vesimassaan. On tärkeä mitata kemikaalin pitoisuus pilvessä, jotta kemikaalin leviämistä pystytään seuraamaan ja jotta riskit ympäristölle, kalastukselle, virkistysalueille, vedenottamoille jne. voidaan arvioida.

Ennuste vedessä leviämiselle (Taulukko 9.5, Menetelmä P3)

Esitetty menetelmä soveltuu vain luokkaan D kuuluville kemikaaleille.

Jos vesimassan virtaus on tasainen ja rauhallinen, kemikaalin leviäminen voidaan laskea karkeasti kuvan 9.42 ja taulukon 9.7 avulla. Laskelmia täytyy muokata, jos kemikaalin ominaispaino poikkeaa huomattavan paljon veden ominaispainosta (vrt. 9.2.1.5). Menetelmä ei sovi seisovalle (tai lähes seisovalle) eikä voimakkaasti pyörteiselle vedelle.



Kuva 9. 42 Yksinkertainen ennustemalla vesiliukoisten kemikaalien leivämiselle vedessä.

Taulukko 9. 7

	Pitoisuus 1 g/m ³	Pitoisuus 1 mg/m ³
Vuoto (tonneja)	a (metrejä)	a (metrejä)
1	500	5000
10	1000	10000
100	2000	20000
1000	4000	40000

Vesiliukoisten kemikaalien torjunta (Taulukko 9.5, Menetelmä B3)

Veteen liukenevia kemikaalipäästöjä voidaan käsitellä eri aineilla, jotta ihmisiin ja ympäristöön kohdistuvat haittavaikutukset pienenisivät (viitteet 5.69, 5.94 ja 5.95).

Esimerkkejä:

Neutralointiaine	Koaguloimisaine
Hiutaloimisaine	Aktiivihili
Hapetin	Kompleksin muodostaja
Pelkistin	Ioninvaihdin

Menetelmää voidaan käyttää lähinnä luokkaan D kuuluvien aineiden torjumiseen, mutta tietyissä tilanteissa myös luokkiin GD, ED, FED, FD ja SD kuuluville aineille. Menetelmää tullaan todennäköisesti käyttämään nestemuodossa olevia happojen ja emästen torjuntaan, sillä niitä kuljetetaan hyvin suuria määriä.

Ruotsissa käytettiin Öölannin pohjoiskärjen edustalla syyskuussa 1973 pelkistintä, ferrosulfaattia, kun uponneesta laivasta vuoti kromiyhdisteitä (viite 5.100). Toimenpide suoritettiin siten, että pinnalla olevalta alukselta kaadettiin säkeistä 11 tonnia ferrosulfaattia 17 metrin syvyydessä makaavan hylyn päälle. Ferrosulfaatti pelkistää 6-arvoiset kromiyhdisteet 3-arvoiseksi, jotka eivät ole yhtä vahingollisia ympäristölle.

Esimerkkejä: Ammoniumhydroksidi, piifluorihappo, fosforihappo, natriumhydroksidiliuos, propionihappo, typpihappo, rikkihappo, etikkahappo.

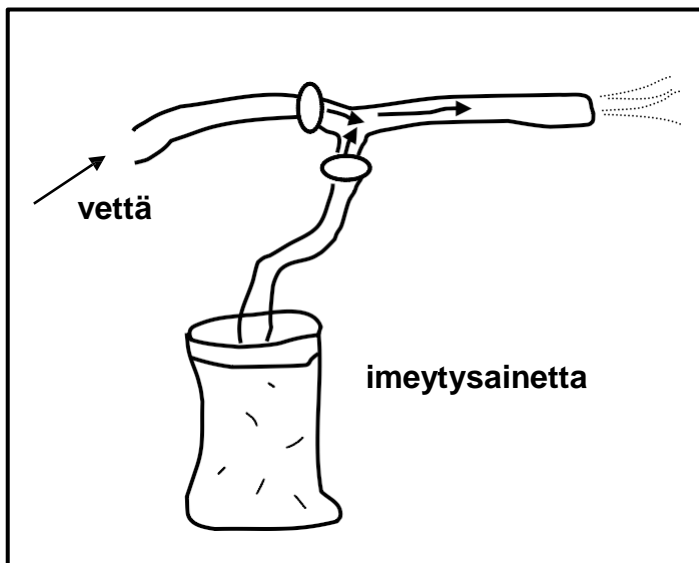
On osoittautunut, että jokiin päässeet suhteellisen pienetkin happo- ja emäspäästöt voivat aiheuttaa tuhoisia ympäristövahinkoja (vrt. 9.1.6.2). Selityksenä mittaville seurauksille voi olla se, että hetkellinen tai lyhytaikainen päästö aiheuttaa suhteellisen väkevän ”pilven”, joka liikkuu virran mukana ja vahingoittaa tai tuhoaa vesistön elämää. Rajoittuneella vesialueella tapahtuvat happo- ja emäspäästöt tulee aina käsitellä neutralointiaineella. Seuraavat neutralointiaineet ovat osoittautuneet sopivimmiksi (viite 5.73):

<p>Happopäästöjä vastaan:</p> <p>Natriumvetykarbonaatti (natriumbikarbonaatti)</p> <p>Hinta Ruotsissa noin 6000 SEK/tonni (1996, sis. alv ja rahti) MB-Sveda AB, Göteborg, Ruotsi Puh. + 46 31 83 80 00</p>	<p>Emäspäästöjä vastaan:</p> <p>Natriumdivetyfosfaatti (natriumdivetyortofosfaatti)</p> <p>Hinta Ruotsissa noin 7000 SEK/tonni (1996, sis. alv ja rahti) Kemira Kemi, Helsingborg, Ruotsi Puh. + 46 42 17 10 10</p>
---	---

Proomuihin tai muihin tilapäissäiliöihin kerättyä kemikaali- ja vesisekoitusta voidaan käsitellä hiutaloimisaineella, koaguloimisaineella, aktiivihieillä, kompleksin muodostajalla ja ioninvaihtimella (esimerkkejä viitteissä 5.63, 5.91 ja 5.97). Aktiivihieiltä käytetään usein tällä tavalla ja se tunnetaan monen orgaanisen kemikaalin tehokkaana absorptioaineena. Eräiden selvitysten mukaan sitä voidaan

käyttää menestyksellisesti myös virtaavassa vedessä (viitteet 5.72, 5.86, 5.90 ja 5.102), vaikka se toisten mukaan ei sovi ympäristöön päässeiden kemikaalipäästöjen välittömään käsittelyyn (viite 5.74).

Käsittely on suoritettava yhteistyössä ympäristönsuojeluviranomaisen kanssa, jonka tulee antaa ohjeita annostuksesta. Levittäminen voidaan tehdä ejektoripumpulla (kuva 9.43) tai suoraan säkistä kaatamalla. Kun vallitsee epätietoisuus annostuksen määrästä, tulee toimia seuraavasti: Selvitä vuotaneen kemikaalin määrä. Teoreettisesti oikea annos neutralointiainetta on noin kaksi kertaa kemikaalin painoa vastaava määrä. Yliannosta noin 50 %:lla ja levitä aine sopivalla tavalla koko päästöalueelle.



Kuva 9. 43 Ejektoripumpun käyttö imeytysaineen leviämiseen.

9.2.2.5 Pohjalle vajoavat aineet

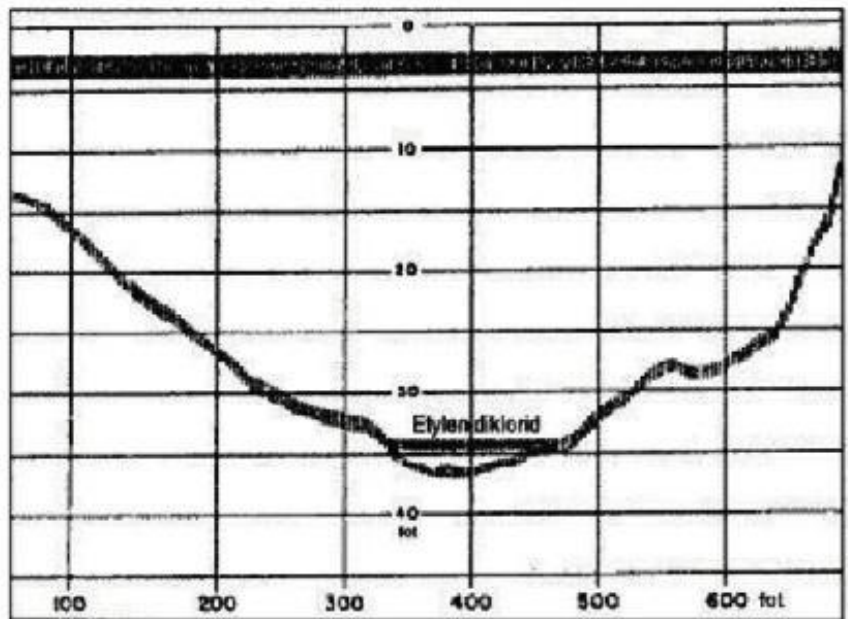
Esimerkkejä: Hiilitetrakloridi, rikkihiili, etyleenidikloridi, etyylikloridi, lyijytetrametyyli

Laajemman yleiskuvan pohjalle vajoavien päästöjen torjunnasta saa viitteistä 5.35, 5.40, 5.68 ja 5.83. Yleisiin toimenpiteisiin ryhdytään luvun 1 mukaisesti.

Vajoava päästö voi saastuttaa vakavasti pohjaliejun. Vajonneen päästön poistamisen jälkeen voidaan tarvita yksityiskohtainen suunnitelma jälkipuhdistusta varten. Täytyy ehkä rakentaa mittava järjestelmä, jolla saastunut pohjamassa voidaan käsitellä ja puhdistaa (9.4.4, viitteet 5.63 ja 5.64).

Vajoava kemikaali leviää pienemmälle tai suuremmalle alueelle pohjaa. Torjuntatyön päätöksenteon tueksi on tärkeää kartoittaa päästö. Pohjalla olevia lammikoita, joilla on tasainen rajapinta vettä vastaan, voidaan paikantaa kaikuluotaimella. Kuva 2.19 esittää kaikuluotainrekisteröinnin amerikkalaiseen järveen 12:n metrin syvyyteen onnettomuuden seurauksena vajonneesta 1300 m³:n etyleenidikloridipäästöstä (viitteet 5.57 ja 5.76). Pohjalla olleen lammikon halkaisija oli 40 m.

Muunlainen rekisteröinti ja tarkempi kartoittaminen on tehtävä sukellusrobottien ja/tai sukeltajien avulla (kts. 9.1.5).



A. Meyer et al. 1984

Kuva 9. 44 Kaikuluotaimen rekisteröimä onnettomuuden aiheuttama etyleenidikloridilammikko järven pohjalla.

Pohjalla oleva kemikaali liukenee aina veteen, vaikka sen liukoisuus saattaa olla hyvinkin pieni. Liukoisuus on tarkistettava ja päästöä ympäröivän veden kemikaalipitoisuus on mitattava, jotta riskit ympäristölle, kalastukselle, virkistysalueille, juomavedenotolle jne. voidaan arvioida.

Pohjalle vajoavan päästön torjuminen (Taulukko 9.5, Menetelmä B4)

Pohjaan vajonneet aineet voidaan nostaa **ruoppaajalla** (viitteet 5.35, 5.40, 5.68, 5.75, 5.83 ja 5.84). Ruoppaajia on monta eri tyyppiä ja ne se soveltuvat vaihtelevasti pohjalle vajonneiden päästöjen nostamiseen. Ruoppaajat voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin taulukon 2 g mukaisesti.

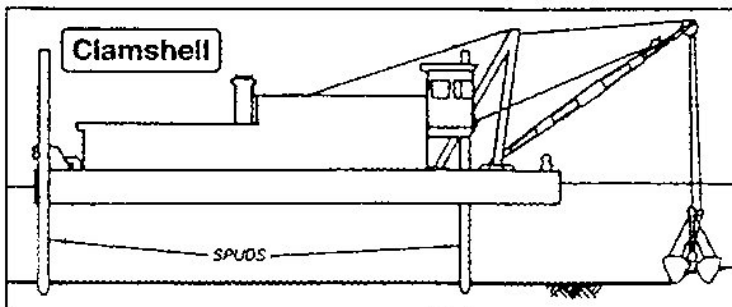
Taulukko 9. 8

Tyyppi	Esimerkkejä
Mekaaniset ruoppaajat	Bucket Ladder (ketjukauharuoppaaja) Clamshell (kahmari) Dipper (kauhakaivuri)
Hydrauliset ruoppaajat	Plain Suction Hopper Dustpan Mudcat Cutterhead Reunainjektorisuutin

Mekaaniset ruoppaajat

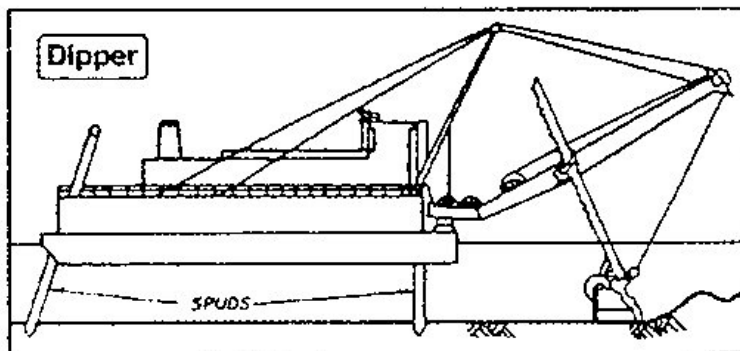
Yksinkertaisimmat ruoppaajat ovat kahmareita tai kauhakaivureita (kuvat 9.45 ja 9.46), joita voidaan käyttää matalilla vesillä koneiston ollessa proomulla tai lähellä sijaitsevalla laiturilla tai rannalla. Tätä ruoppausmenetelmää käytettiin Göteborgissa vuonna 1973 nostettaessa satama-altaan pohjalle vajonnutta fenolia (kts. 9.4.9).

Suurempia mekaanisia ruoppaajia ovat esimerkiksi perinteiset ketjukauharuoppaajat (Bucket Ladder), joiden hihnaan kiinnitetyt kauhat kaivavat jatkuvasti materiaalia pohjasta (kuva 9.47). Ketjukauharuoppaajat eivät yleensä sovellu vajonneen päästön poistamiseen, sillä ne aiheuttavat liian suurta pyörteisyyttä, jonka seurauksena vajonnut kemikaali saattaa levitä isommalle alueelle.



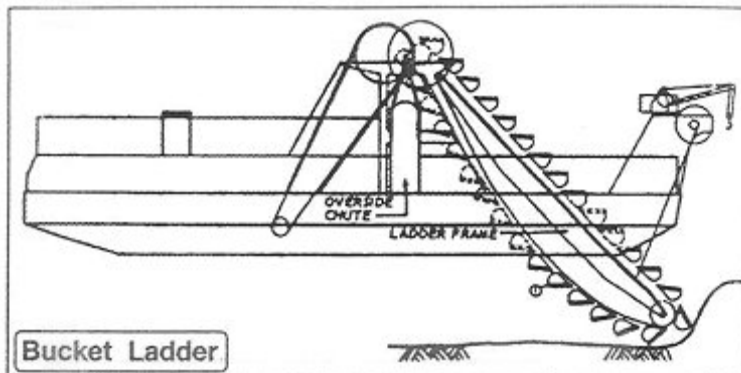
Hand et al. 1978

Kuva 9. 45 Clamshell-tyyppinen mekaaninen ruoppaaja (kitakauha)



Hand et al. 1978

Kuva 9. 46 Dipper-tyyppinen mekaaninen ruoppaaja.

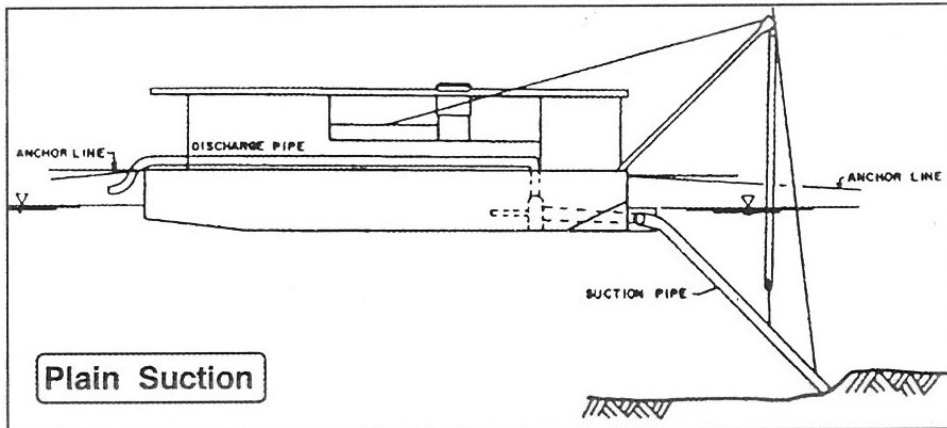


Hand et al. 1978

Kuva 9. 47 Ketjukauharuoppaaja (Bucket Ladder).

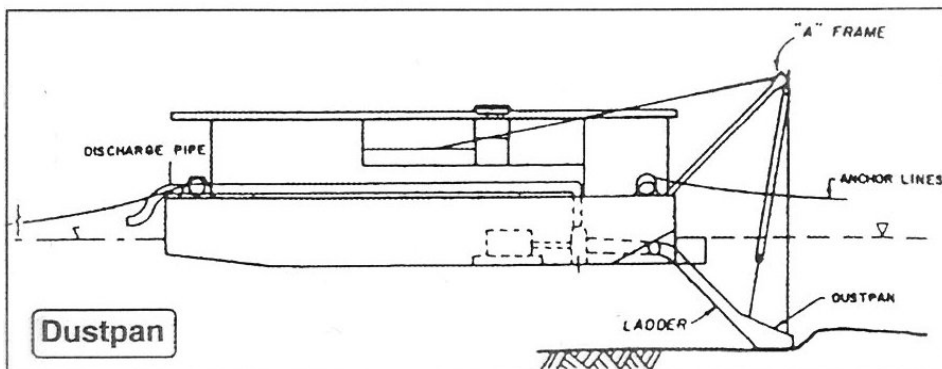
Hydrauliset ruoppaajat

Väylien, satamien ym. leventämiseen ja syventämiseen käytetään nykyään usein hydraulisia ruoppaajia. Ne soveltuvat mekaanisia ruoppaajia paremmin vajonneiden kemikaalien nostamiseen tilanteissa, joissa on noudatettava varovaisuutta, jotta kemikaali ei leviäisi suuremmalle alueelle ruoppaustyön aikana. Kuvissa 9.48 – 9.52 esitetään tavallisimpien hydraulisten ruoppaajien rakenne.



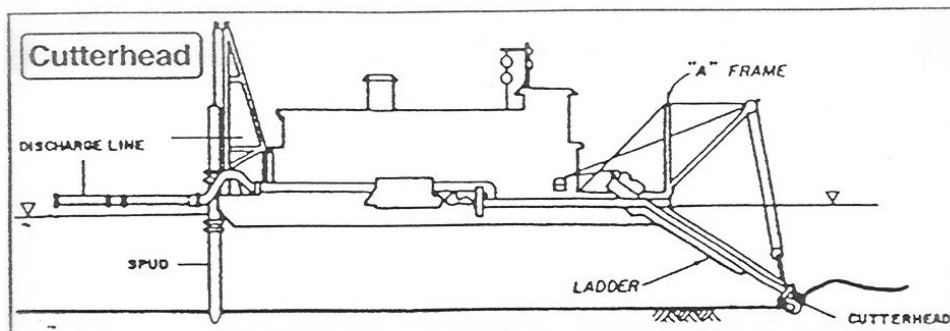
Hand et al. 1978

Kuva 9. 48 Plain Suction-tyyppinen hydraulinen ruoppaaja.



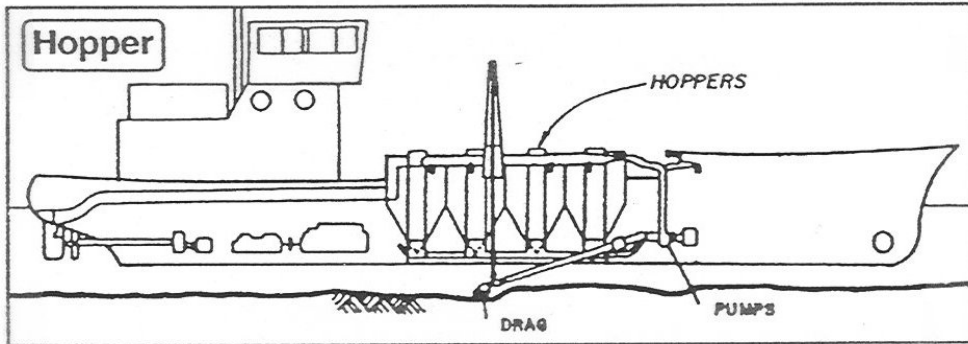
Hand et al. 1978

Kuva 9. 49 Dustpan-tyyppinen hydraulinen ruoppaaja.

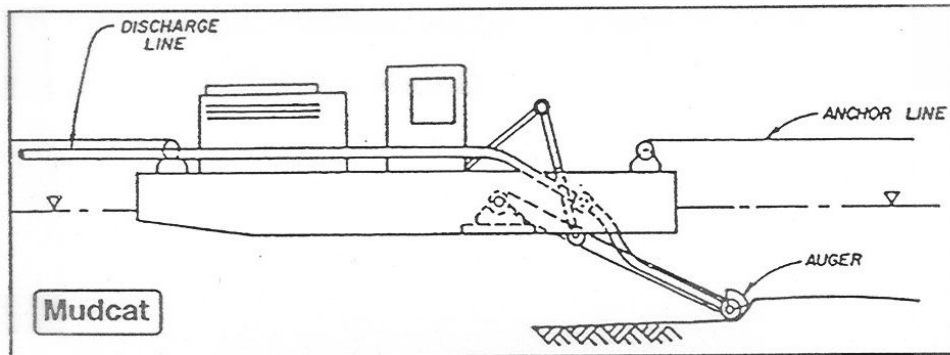


Hand et al. 1978

Kuva 9. 50 Cutterhead-tyyppinen hydraulinen ruoppaaja.

*Hard et al. 1978*

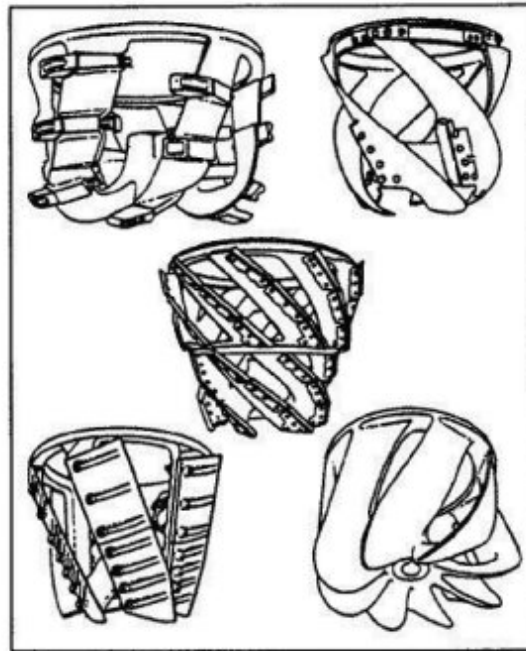
Kuva 9. 51 Hopper-tyyppinen hydraulinen ruoppaaja.

*Hard et al. 1978*

Kuva 9. 52 Mudcat-tyyppinen hydraulinen ruoppaaja.

Ruoppaussuuttimet

Eräillä hydraulisilla ruoppaajilla on nk. ruoppaussuutin ruoppaustyön tehokkuuden lisäämiseksi kun syvennetään kanavia ym. (kuvat 9.50 ja 9.53). Nostettaessa pohjalla olevia kemikaaleja tällaiset ruoppaussuuttimet on poistettava, sillä ne aiheuttavat mekaanisten ruoppaajien kauhojen tapaan voimakasta sekoittumista, joka levittää kemikaalipäästöä.

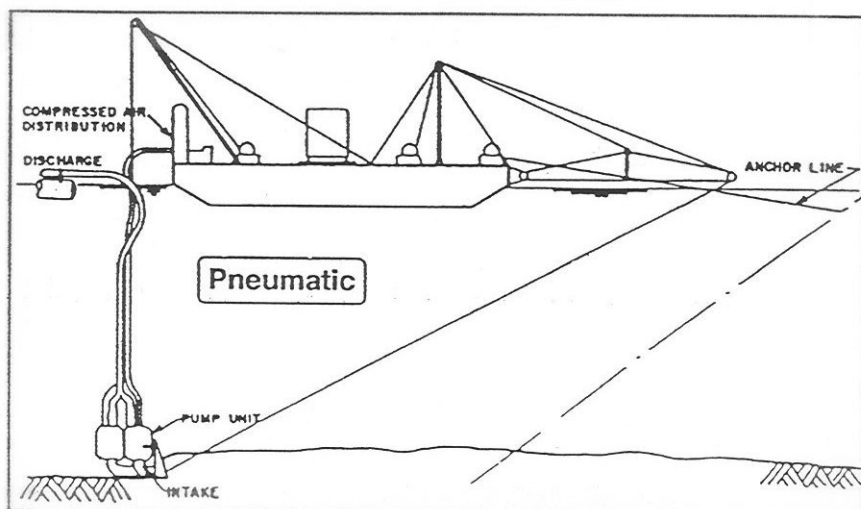


Hand et al. 1978

Kuva 9. 53 Ruoppaussuuttimen eri rakenteita.

Pneumaattiset ruoppaajat

Kuva 9.54 esittää pneumaattista ruoppaajaa, joka toimii upotettavalla paineilmakäyttöisellä pumpulla. Pumpun tarvitsema paineilma syötetään proomulla olevalta kompressorilta. Pumppu koostuu kolmesta sylinteristä, jotka hydrostaattinen paine vuorotellen täyttää pohjaliejulla, joka sitten pumpataan paineilmalla pinnalle. Tämän tekniikan etuja hydraulisiin ruoppajiin verrattuna ovat 1) ruoppausliejun ei tarvitse olla täysin nestemäinen vaan sen kuiva-ainepitoisuus voi olla jopa 70 %, sekä 2) menetelmää ei rajoita ainakaan teoriassa mikään enimmäissyvyys. Kuva 9.54 esittää isoa pneumaattista ruoppaajaa, jota käytettiin onnettomuudessa joen pohjaan 15 m:n syvyyteen uponneen PCB:n poistamiseen (9.4.7). Kuvassa 9.58 on pienempi pneumaattinen ruoppaaja.

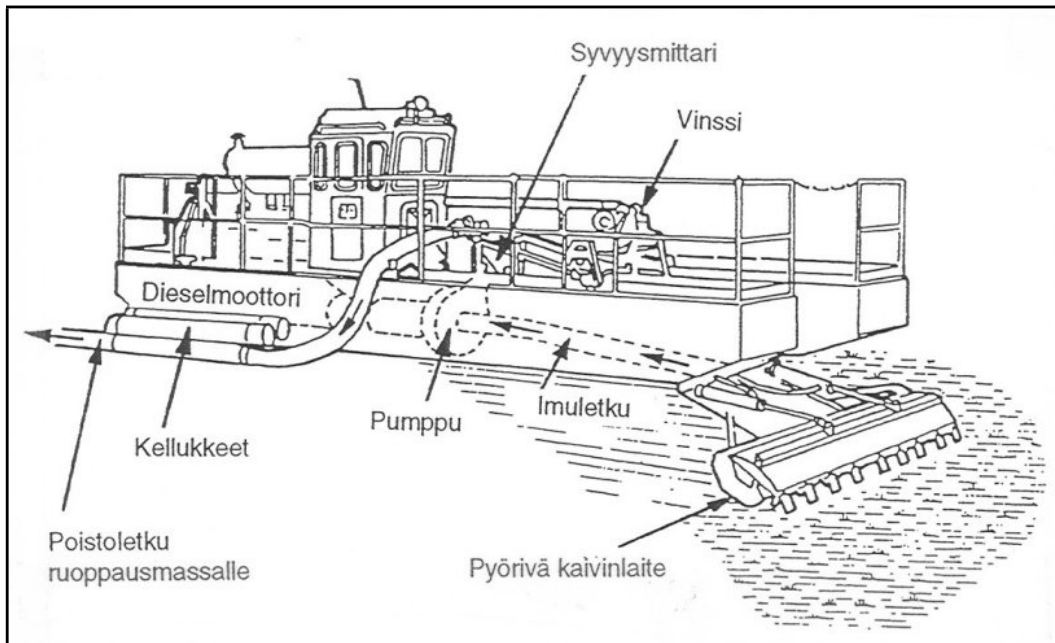


Hand et al. 1978

Kuva 9. 54 Pneumaattinen ruoppaaja.

Mekaanis-hydraulinen ruoppausjärjestelmä matalia vesiä varten

Kuvassa 9.55 on imupumpulla varustettu kaksirunkoinen proomu (viite 5.43). Imupumppu on liitetty pyörivään kaivinlaitteeseen, joka liikkuu pohjaa pitkin. Järjestelmää voidaan käyttää noin 5 metrin syvyyteen asti.



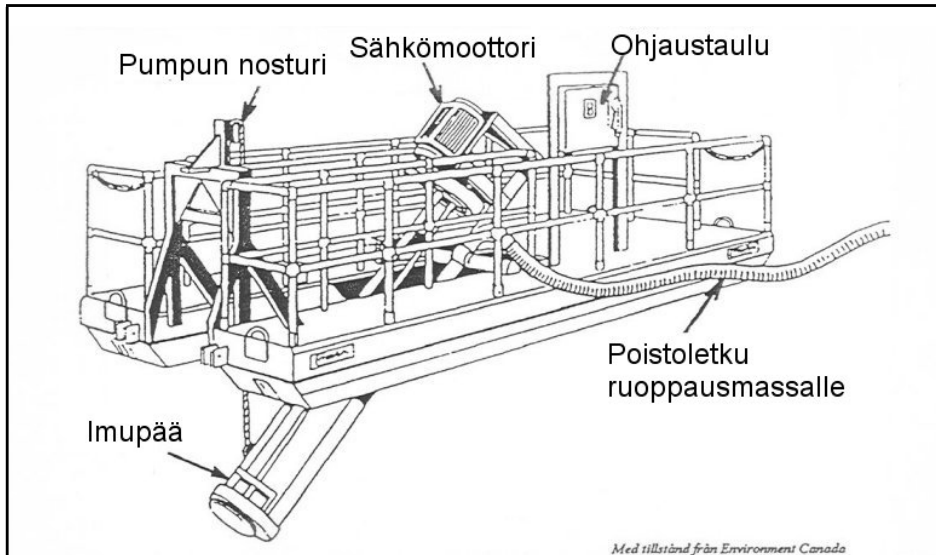
Kuva 9. 55 Yksinkertainen mekaanis-hydraulinen ruoppaaja matalia vesiä varten.

Kuvassa 9.55 esitettyä järjestelmää kutsutaan ”Mudcat Auger Dredging Unit”:ksi ja sitä valmistaa Mud Cat Division, National Car Rental Systems Inc., 15670 West Ten Mile, Suite 107, Southfield, MI 48075, USA.

Pohjaimuri matalille vesille

Kuva 9.56 esittää 1 - 3 metrin syvyydelle tarkoitettua yksinkertaista hydraulista ruoppaajaa, joka koostuu katamaraanille asennetusta imupumppujärjestelmästä (viite 5.43). Imupää lasketaan pohjalle runkojen välistä. Pohjalta nostettu aine pumpataan letkua pitkin ruoppaajan takana olevaan säiliöön.

Crisafulli Pump Company Inc. valmistaa kuvan 9.56 pohjaimuria nimellä ”Crisafulli Sludge Handling System”. Yhtiön osoite on Crisafulli Drive, PO Box 1051, Glendive, MO 59330, USA.



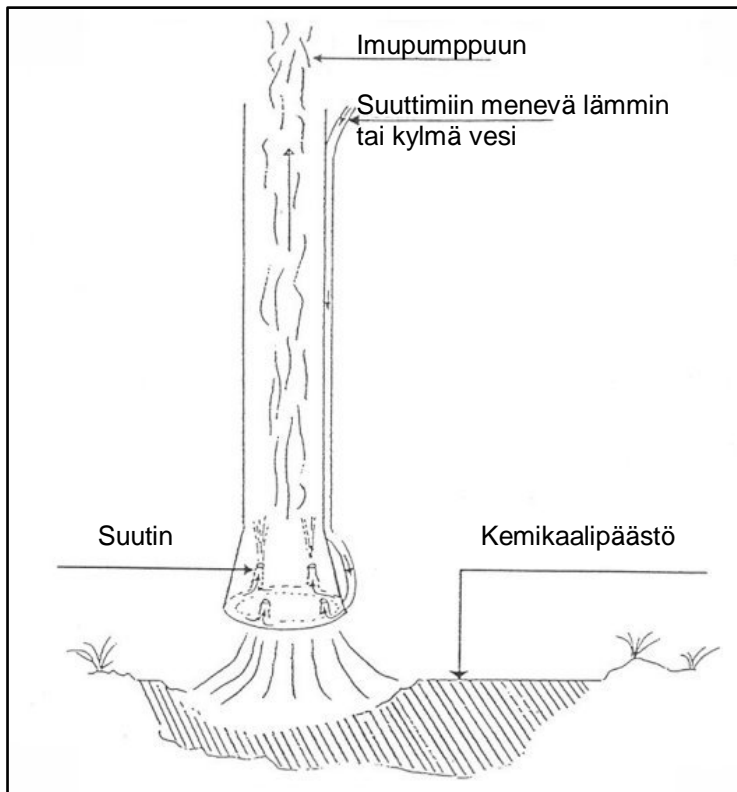
Kuva 9. 56 Matalille vesille soveltuva yksinkertainen hydraulinen ruoppaaja.

Reunasuihkusuutin

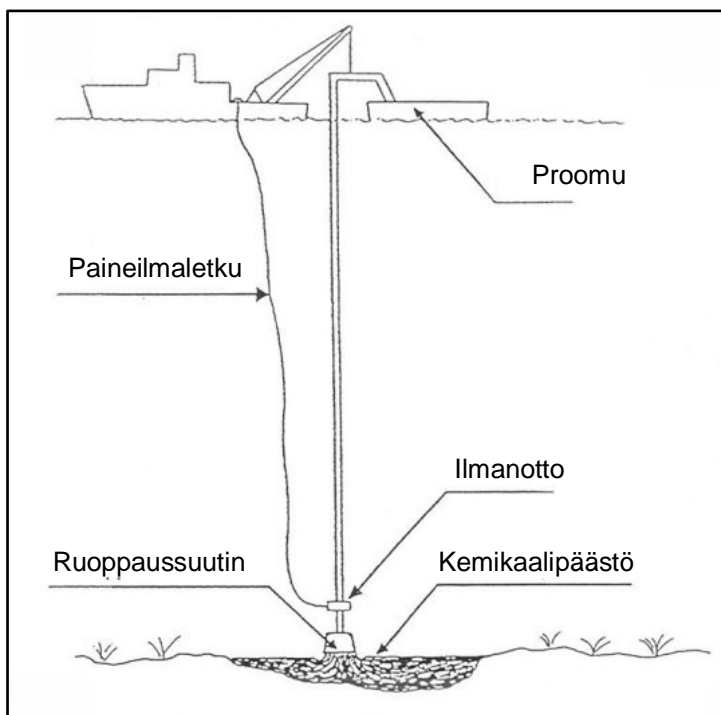
Kuvassa 9.57 on yksinkertainen hydraulinen ruoppausjärjestelmä, jonka suuttimeen on lisätty sisäänpäin suunnatut injektorit paineveden ruiskuttamiseen. Järjestelmällä voidaan helpottaa esim. paakkuisten tai sitkeiden kemikaalien imemistä ruiskuttamalla sekaan kuumaa vettä. Tätä menetelmää on käytetty onnettomuudessa vajonneen öljyn poistamiseen pohjalta talviolosuhteissa.

Mammutipumppu

Mammutipumppu (englanniksi Airlift) on yksinkertainen pneumaattinen ruoppausjärjestelmä, joka koostuu pohjaan asti menevästä putkesta (kuva 9.58). Apualuksella olevan kompressorin avulla viedään ilmaa letkua pitkin putken suulle tai putkessa olevaan ilmaliittimeen. Putkessa nouseva ilma laajenee ja aiheuttaa voimakkaan ylöspäin menevän virtauksen. Virta kasvaa toimintasyvyyden mukaan. Mammutipumput ovat osoittautuneet hyvin käyttökelpoisiksi kemikaalien nostamiseen vedensyvyyden ollessa kohtalainen (9.4.4). Mammutipumppujärjestelmällä ei ole teoreettista maksimisyvyyttä. Teho on sitä voimakkaampi mitä suurempi syvyys on. Kompressori rajoittaa käytännössä työskentelysyvyyttä, sillä suurilla syvyyksillä vaaditaan suurta ja kallista kompressoria. Lisäksi putkea on vaikea käsitellä suurilla syvyyksillä, koska sivuttaisvoimat ovat hyvin suuria. Myös putken suulla sukeltajiin kohdistuvat vaarat kasvavat. Pohjanmerellä on käytetty mammutipumppuja mm. kivien nostamiseen 60 - 70 metrin syvyydestä. Luultavasti niitä ei voi käyttää kemikaalipäästöjen poistamiseen vastaavasta syvyydestä.



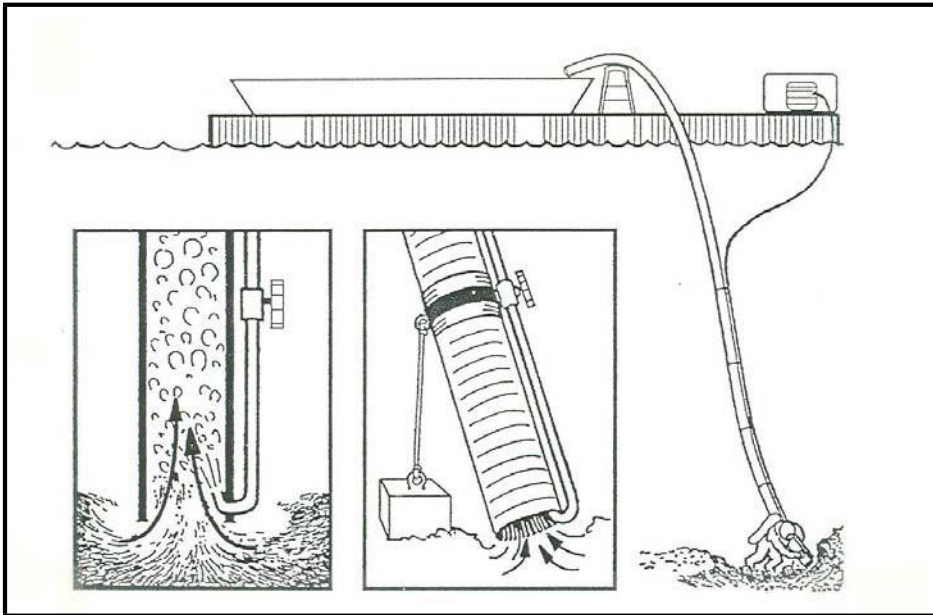
Kuva 9. 57 Reunasuihkusuutin, jota sukeltaja voi ohjata.



Kuva 9. 58 Pieni pneumaattinen ruoppaaja. Mammuttipumppu eli mammutti-imuri.

Mammuttipumpun käyttö

Kuvassa 9.59 on eräs mammuttipumpun käyttötapa. Ilmaletkun kautta mammuttipumpun suuttimeen paineilmaa syöttävä kompressori sijoitetaan ruoppauspaikan yläpuolella olevaan alukseen (proomu tms.). Proomuun voidaan kerätä myös ruopattu aine, joko sen omiin säiliöihin tai erillisiin kontteihin. Sukeltaja ohjaa painolla vakautettua mammuttipumpun putkea. Paino tarvitaan vastustamaan mammuttipumpuille ominaisia voimakkaita liikkeitä, jotka voimistuvat työskentelysyvyyden kasvaessa. Sukeltaja pystyy myös säätämään paineilman virtausta ilmaputken venttiilillä.



Kuva 9. 59 Järjestelmä mammuttipumpun käytölle.

Vertaa myös kohtaan 9.3.4.3, jossa esitetään erityinen mammuttipumppusovellus pohjalla olevan säiliön tyhjentämiseksi vaarallisesta aineesta.

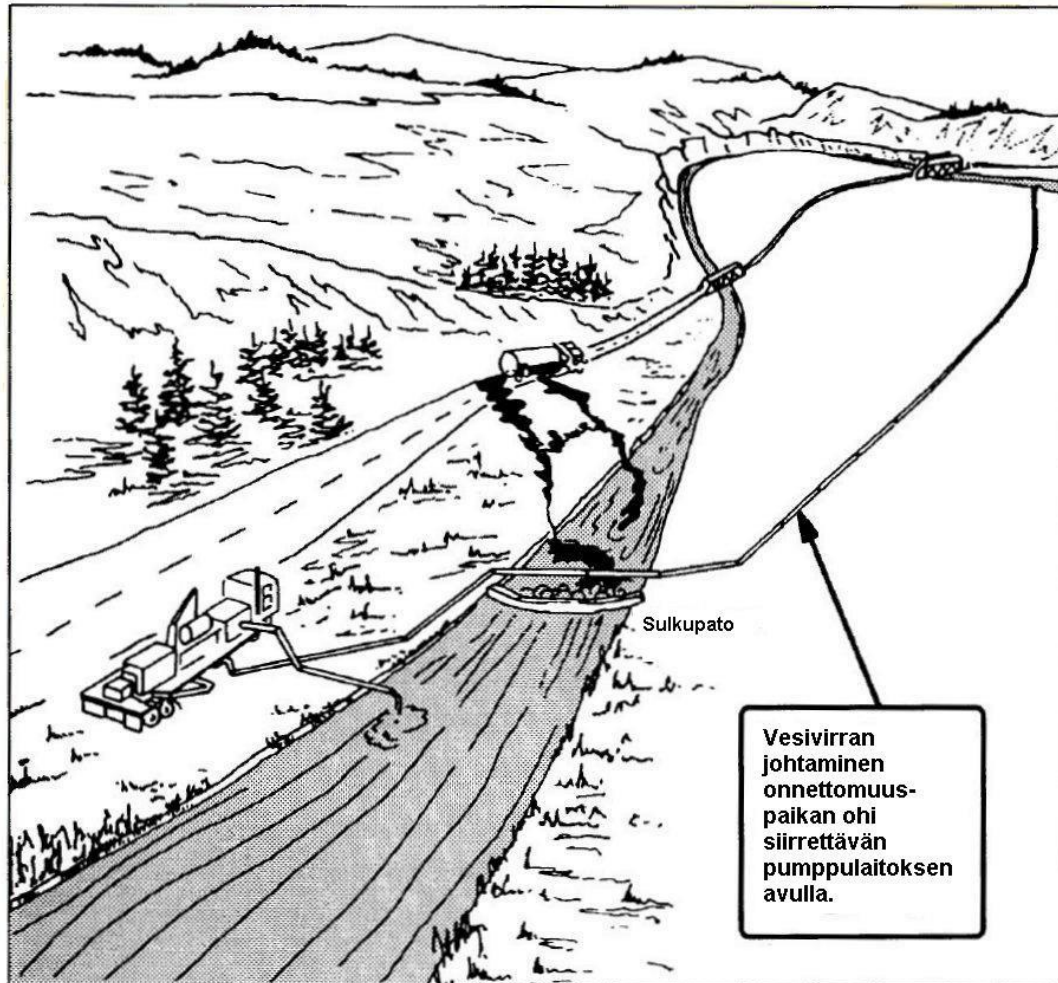
Mammuttipumppua on käytetty menestyksellisesti vuonna 1988 operaatiossa, jossa uponneen proomun rikkihappolasti vuoti jokeen (9.4.2) sekä laivaonnettomuudessa vuonna 1984, jossa 16 tonnia pentakloorifenolia (PCP) nostettiin 11 metrin syvyydestä Mississippi-joen pohjalta (9.4.4).

Joen virtauksen muuttaminen

Kun kemikaaleja ruopataan joen pohjasta, osa pohja-aineesta saattaa sekoittua työn aikana veteen ja levitä virran mukana. Aine voi levitä niin suurelle alueelle, että päästön tätä osaa on melkein mahdotonta kerätä. Pieni joki voidaan padota päästökohdan yläpuolella ja vesivirta johtaa onnettomuuspaikan ohi putkea pitkin (kuva 9.60) (viite 5.103).

Tällaisella joen virtauksen muuttamisella rauhoitetaan päästökohda ja helpotetaan huomattavasti ruoppausta. Tarvittaessa voidaan lisäksi rakentaa sulkupato (kuva 9.60), joka kerää jokeen valuvan kemikaalipäästön. USA:n ympäristönsuojeluviraston

tekemän tutkimuksen mukaan järkevä pumppausteho siirrettävän järjestelmän 300 m:n putkistolle on 350 l/s (viite 5.103).



Courtesy of Environment Canada

Kuva 9. 60 Veden virtauksen muuttaminen ruoppauksen helpottamiseksi.

9.3 TOIMENPITEET VAARALLISTEN AINEIDEN PAKKAUSTEN KERÄÄMISEKSI

9.3.1 Pakattujen vaarallisten aineiden luokitus

9.3.1.1 Yleistä

Niin kutsuttu European Classification System luokittelee ensisijaisesti irrallisia, pakkaamattomia kemikaaleja kahteentoista käyttäytymisryhmään eli -luokkaan (9.2.1.2 – 9.2.1.3). Laajennettuun vuokaavioon on sisällytetty myös pakatut kemikaalit taulukossa 3 a esitetyn periaatteen mukaisesti. Taulukon mukaan European Classification System on hyvin yksinkertaisella tavalla luokitellut vaaralliset aineet pakkausten kellumisen perusteella (kts 9.3.1.2).

Myös merikuljetuksissa käytetään yleistä järjestelmää, joka jakaa kemikaalit 9:ään vaarallisuusluokkaan ja joka on kuvattu IMDG-koodissa (International Maritime Dangerous Goods Code, viite 5.1). Järjestelmän tavoite on, että kuljetukset hoidettaisiin turvallisella tavalla eikä se siten koske onnettomuuksien pelastustoimintaa (kts 9.3.1.3).

IMDG-koodin liitteessä on luku, jonka otsikko on "Emergency Procedures for Ships Carrying Dangerous Goods". Luvussa käsitellään nk. EmS-menettelytapoja ("Group Emergency Schedules"), joita voi soveltaa kun laivoissa tapahtuu vahinkoja, joihin liittyy vaarallisia aineita (9.3.1.4). Suositukset ovat lähinnä tarkoitettu laivan miehistölle kiireisiin tilanteisiin merellä kun maissa olevasta pelastuspalvelusta ei välittömästi saada apua. EmS-menettelyt perustuvat laajaan kokemuseräiseen aineistoon ja voivat toimia muiden tietolähteiden tärkeänä täydennyksenä riskinarvioinnissa ja toimenpidesuunnittelussa.

9.3.1.2 Kelluvuusasteen mukainen luokitus

Varsinaista luokitusjärjestelmää, joka perustuisi pakkauksen kellumiseen, on vaikea kehittää. Siinä tapauksessa, että pakkaus ei vuoda, on periaatteessa vain kaksi vaihtoehtoa: pakkaus joko kelluu tai uppoaa. Jos pakkauksen ominaispaino on hyvin lähellä veden ominaispainoa, se joko kelluu juuri vedenpinnan tuntumassa tai uppoaa hitaasti pohjaan. Pyörteisessä vedessä (aaltoja tai virtaa) jälkimmäiseen ryhmään kuuluvat pakkaukset voivat luonnollisesti kiertää vesimassassa. European Classification System -luokitusjärjestelmän (9.2.1.2 – 9.2.1.3) vuokaaviossa on ylimääräinen haara, jonka mukaan pakkaukset voidaan luokitella kolmeen ryhmään PF, PI ja PS taulukon 9.9 mukaisesti (nämä eivät näy kuvassa 9.27).

Taulukko 9. 9

PF	PI	PS
Package Floater	Package Immersed	Package Sinker
Pakkaus kelluu	Pakkauksen ominaispaino on sama kuin veden ja se kelluu vedenpinnan tuntumassa	Pakkaus uppoaa
$w/v < ds - 0,01$	$w/v = ds \pm 0,01$	$w/v > ds + 0,01$
w = pakkauksen bruttopaino, kg ds = veden ominaispaino, kg/dm^3 v = pakkauksen bruttovolumi, dm^3		

9.3.1.3 IMDG-koodin luokitusjärjestelmä merikuljetuksille

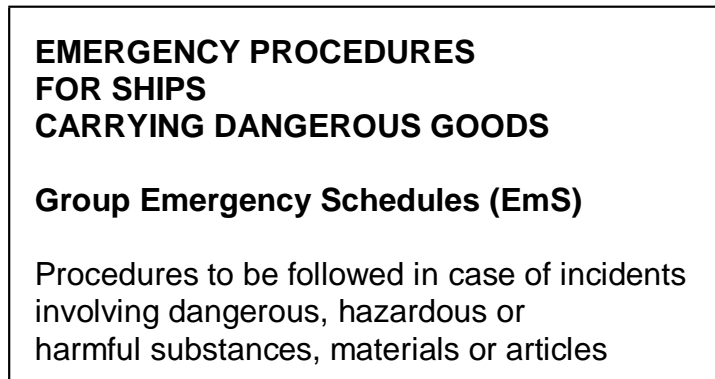
Taulukko 9.10 esittää IMDG-koodin luokitusjärjestelmää pakatuille vaarallisille aineille. Se ei paljoakaan opasta, miten vaarallinen aine kerätään ja tehdään vaarattomaksi, mutta yhdessä muun IMDG-koodin tiedon kanssa sillä on tietty arvo kun kyseessä on aineiden riskien esittäminen.

Taulukko 9. 10

IMDG-koodin 9 vaarallisuusluokkaa		
Luokka nro	Sisältö	Esimerkkejä
1	Räjähteet	ammoniumnitraatti, nallit
2	Puristetut, nesteytetyt tai paineen alaisena liuotetut kaasut	happi, nestekaasu, asetyleeni
3	Syttyvät nesteet	etanoli, petroli
4	Syttyvät kiinteät aineet	rikki, kalsiumkarbidi
5	Hapettavat aineet	vetyperoksidi, natriumkloriidi
6	Myrkylliset aineet, tympäisevät aineet ja tartuntavaaralliset aineet	fenoli, lyijyalkyyli, lannoitteet, itsestään kuolleet eläimet
7	Radioaktiiviset aineet	tritium, radium
8	Syövyttävät aineet	riikkihappo, natriumhydroksidi
9	Muut vaaralliset aineet ja esineet	asbesti, PCB, PCB:tä sisältävät muuntajat

9.3.1.4 EmS:n mukainen laivalla suoritettavien toimenpiteiden luokitus

Ohjeet laivalla suoritettavista toimenpiteistä vaarallisen aineen vuotaessa tai palon syttyessä annetaan IMDG-koodin liitteessä seuraavan otsikon alla:



Tämä IMDG-koodin liite sisältää onnettomuuteen joutuneen aluksen päällikölle tarkoitettuja suosituksia. Suositukset soveltuvat myös pelastuspalvelulle muun tiedon täydennyksenä. IMDG-koodi käsittää noin 3000 eri tuotetta. Onnettomuuksien sattua viitataan 97:ään (vuoden 1994 painos) eri menettelytapaan eli EmS - Group Emergency Schedules (viite 5.1).

IMDG-koodissa on yhteensä 97 eri menettelytapaa, joilla jokaisella on oma EmS-tunnus. Tunnuksen ensimmäinen numero kertoo, mihin luokkaan kyseinen aine kuuluu. Taulukko 9.11 antaa yleiskuvan luokkien 1 - 8 menettelytapojen lukumääristä. IMO on yhdistänyt luokkaan 9 (muut vaaralliset aineet) kuuluvat aineet EmS-tunnuksen osalta muihin luokkiin.

Taulukko 9. 11

Luokka	Menetelmien lkm	EmS-tunnus	Tuotetyypit	Kyseisten aineiden IMO:n suositukseen vaikuttavat ominaisuudet (EmS-luokan valinta)
1	8	1-01 - 1-08	Räjähteet	Massaräjähdyksen, vaarallisten kaasujen sekä heitteiden vaara, herkkyys vedelle tai iskuille
2	13	2-01 - 2-13	Kaasut	Palovaara, myrkyllisyys, hapettavuus, syövyttävyys
3	7	3-01 - 3-07	Palavat nesteet	Leimahduspiste, myrkyllisyys, syövyttävyys, vesiliukoisuus
4	26	4.1-01 - 4.1-06 4.1-08 4.1-10 - 4.1-13 4.2-01 - 4.2-05 4.2-07 - 4.2-08 4.3-01 - 4.3-06 4.3-08 - 4.3-09	Palavat kiinteät aineet	Herkkyys kuivumiselle, hiili-dioksidille sekä vedelle
5	15	5.1-01 - 5.1-06 5.1-09 - 5.1-11 5.2-01 - 5.2-06	Hapettavat aineet	Räjähdysvaara, pakkauksen tyyppi
6	7	6.1-01 - 6.1-04 6.1-07 - 6.1-09	Myrkylliset aineet	Myrkyllisyyden luonne, palovaara, herkkyys vedelle
7	8	7-01 - 7-07 7-09	Radioaktiiviset aineet	Aktiivisuusaste, pakkauksen rakenne
8	13	8-01 - 8-08 8-10 - 8-13 8-15	Syövyttävät aineet	Syövyttävyys, palovaara, syttymislämpötila

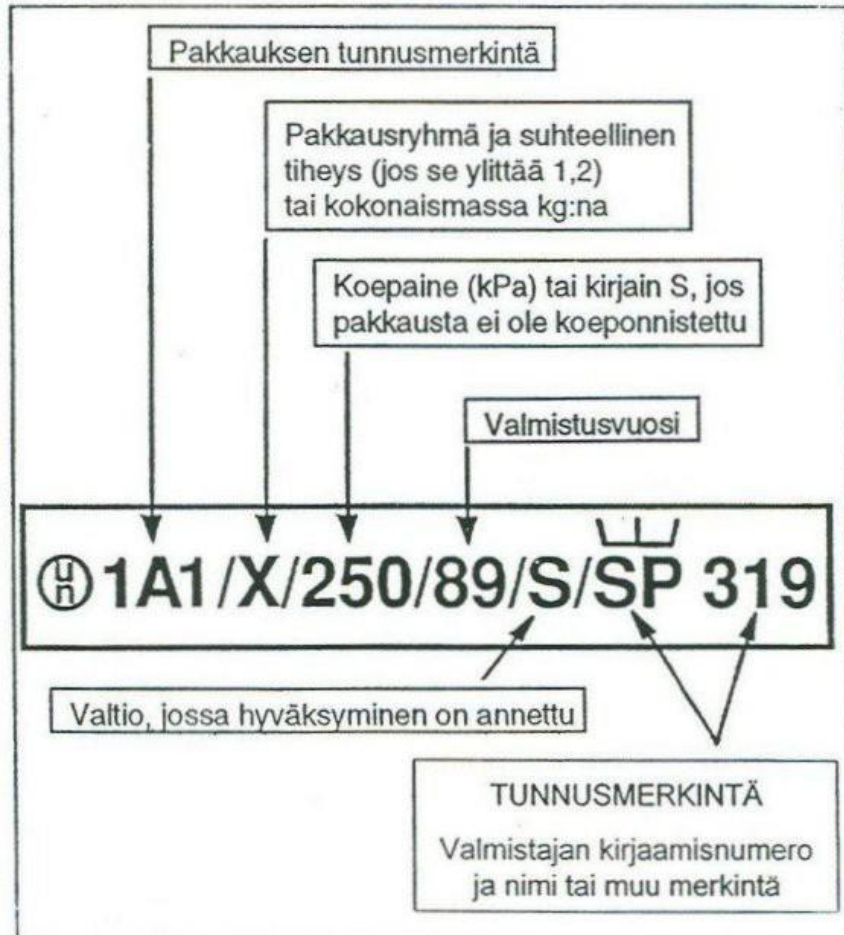
9.3.2 Pakkaustyypit

9.3.2.1 Yleistä

Vaarallisten aineiden kuljetuksessa käytetään monia erilaisia pakkaustyypppejä. Pienet määrät (muutamia kymmeniä litroja tai kiloja) pakataan lähinnä lasi-, metalli- ja muovipakkauksiin. 100 - 200 litran tai kilon erille käytetään vieläkin yleisesti perinteisiä terästynnyreitä. Nykyään ne korvataan yhä useammin muoviastioilla. 1000 - 3000 litran tai kilon erille on alettu käyttämään uutta pakkaustyyppiä, suurpakkauksia (Intermediate Bulk Containers). Suuremmat määrät kuljetetaan rahtikonteissa eli säiliökonteissa tai laatikkokonteissa. Jälkimmäiseen ahdetaan pienempiä astioita.

Muun muassa kaasuille, räjähteille, radioaktiivisille aineille ym. on olemassa joukko erikoispakkauksia ja -astioita eri tilanteita varten.

Vaarallisten aineiden kuljetuksille pätee yleisesti, että pakkausten on oltava tyyppihyväksytyjä. Tämä koskee myös kaikkia niitä pakkauksia ja suojatynnyreitä (9.3.4.1, kuva 9.71), joita käytetään vaurioituneen pakkauksen suojaamiseen ja pois kuljettamiseen. Tyyppitestaus ja tyyppihyväksyntä suoritetaan valmistajamaan hyväksytyssä tarkastuslaitoksessa ja ne kelpaavat kansainvälisesti. Tyyppihyväksytyt pakkaukset ovat aina merkitty kuvassa 9.61 olevan mallin mukaisesti.



Kuva 9. 61 Tyyppihyväksytyn pakkauksen merkintä.

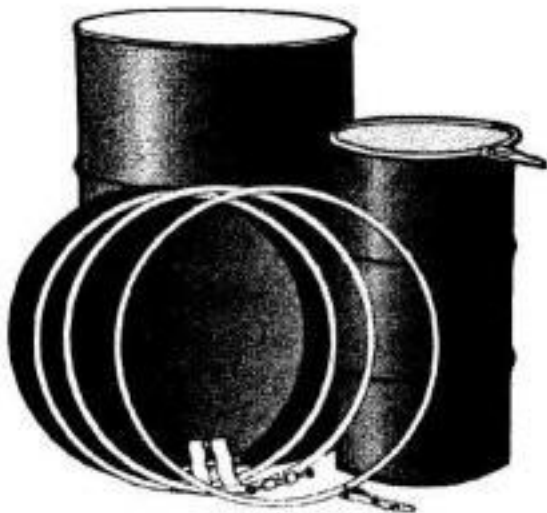
9.3.2.2 Pienet ja keskisuuret pakkaustyypit

Pienimpien kuljetuspakkaustyypien joukossa on erilaisia muoviastioita, koripulloja, kanistereita ym. Käsittelyn helpottamiseksi nämä on usein laitettu isomman astian sisään. Aroilla pakkauksilla on usein iskunvaimentava solumuovista tai vastaavasta materiaalista valmistettu ulkopakkaus.

Perinteiset peltitynnyrit ovat hyvin tavallisia hieman suurempien pakkausten joukossa. Näitä on kahta päätyyppiä: nesteille tarkoitetut kiinteillä päädyillä varustetut (kuva 9.62) sekä kiinteille aineille tarkoitetut irrotettavilla päädyillä ja kiristysvanteilla varustetut (kuva 9.63). Jälkimmäisillä on usein sisäpakkauksena muovisäkki.



Kuva 9. 62 Kiinteillä päädyillä varustettuja tynnyreitä (Tight Head Drums)



Courtesy of Fin Linn Sweden

Kuva 9. 63 Irrotettavilla päädyillä varustettuja tynnyreitä (Open Head Drums)

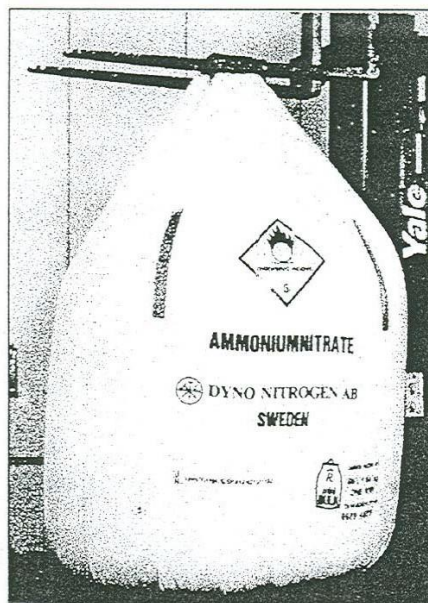
Nykyään valmistetaan tynnyreitä ja monia muita vaarallisille aineille tarkoitettuja astioita muovista (kuva 9.64).



Courtesy of Hazardous Cargo Bulletin

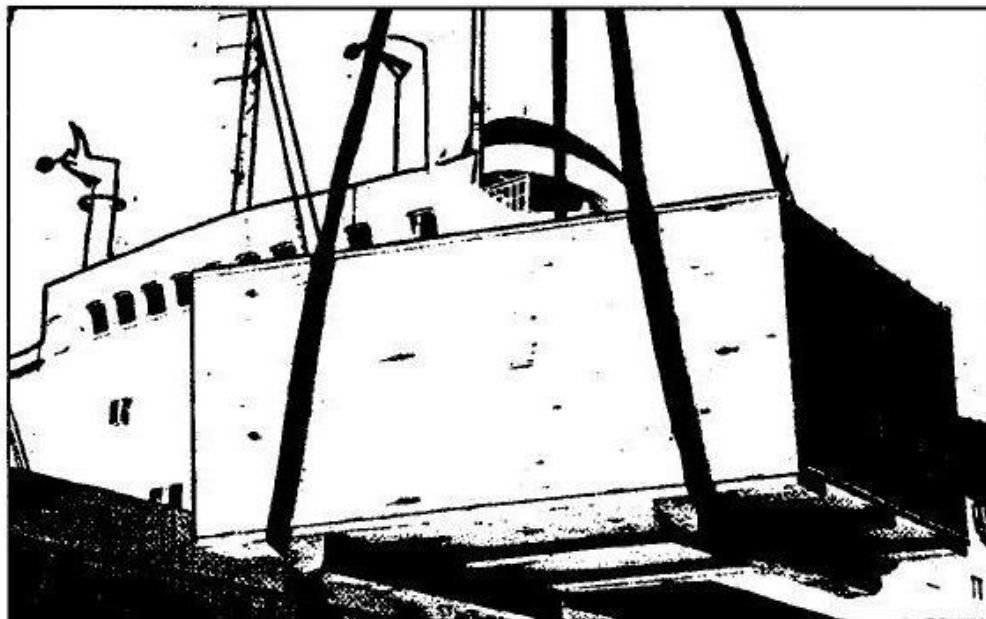
Kuva 9. 64 Erilaisia vaarallisille aineille tarkoitettuja muoviastioita.

Suurpakkaukset (Intermediate Bulk Containers) valmistetaan eri materiaalisia kuten esim. tekstiileistä, puusta, muovista, metalleista ja komposiiteista (kuvat 9.65 – 9.67).



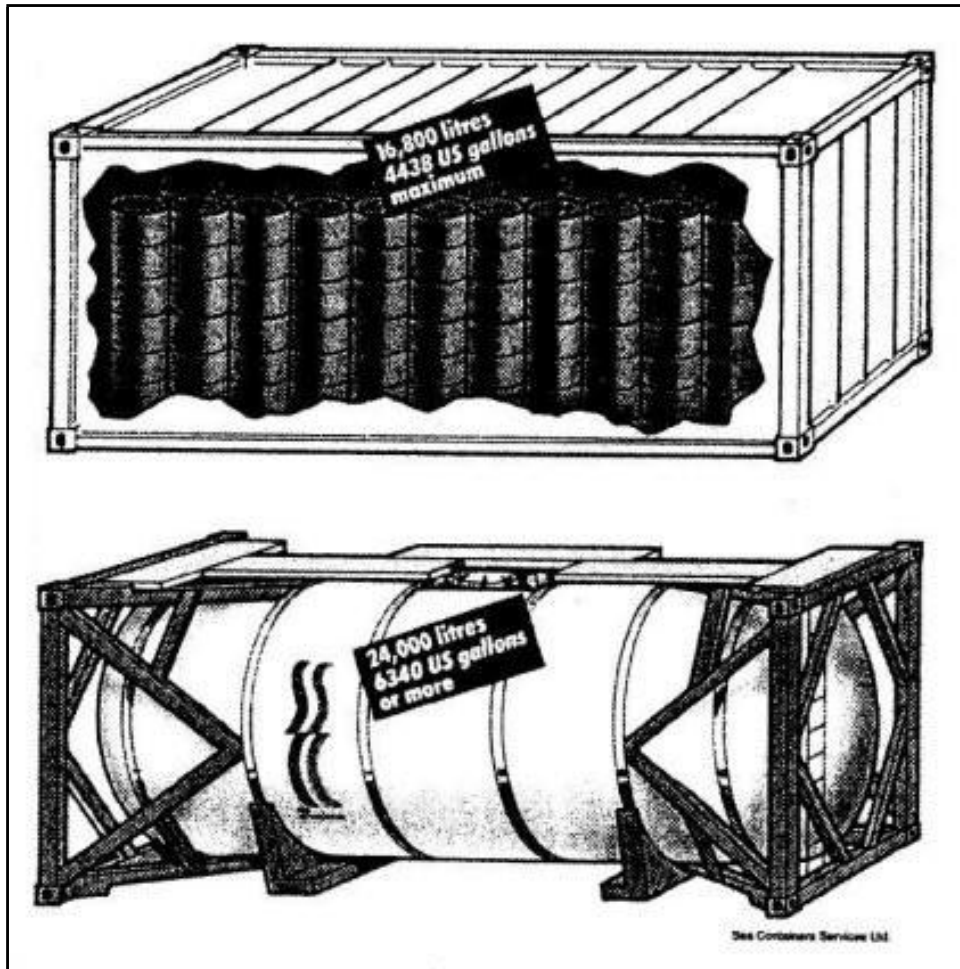
Courtesy of Hazardous Cargo Bulletin

Kuva 9. 65 Tekstiilistä tehty suurpakkaus.

*NEFAB, Sweden***Kuva 9. 66 Puinen suurpakkaus.****Kuva 9. 67 Metallinen suurpakkaus.**

9.3.2.3 Rahtikontit

Rahtikontteja käytetään usein vaarallisen tavaran kuljetuksissa maalla, merellä ja sisävesillä. Kontit ovat tavallisesti joko 20- tai 40-jalkaisia. Sekä laatikko- että säiliökontteja on monenlaisia. Kuvan 9.68 esimerkit ovat eräältä valmistajalta, joka haluaa osoittaa, että säiliökonttiin mahtuu enemmän nestettä kuin nestetyynyillä täytettyyn laatikkokonttiin.



Kuva 9. 68 Säiliökonttiin mahtuu 43 % enemmän nestettä kuin samankokoiseen nestetyynyreillä täytettyyn laatikkokonttiin.

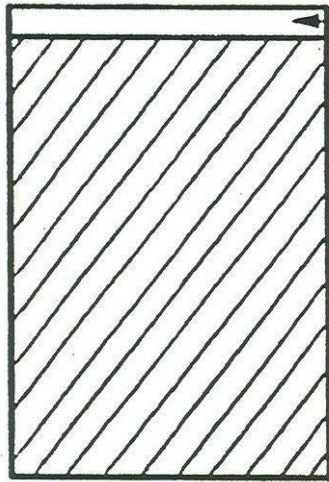
9.3.3 Onnettomuustilanteita ja pakkausten käyttäytyminen

Moni ominaisuus vaikuttaa pakkauksen lyhyen sekä pitkän aikavälin käyttäytymiseen kun pakkaus joutuu onnettomuuden yhteydessä veteen. Näitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi:

- bruttopaino, bruttotilavuus, kelluvuus
- pakkauksen ulkonäkö ja muoto (laatikkokontti, säiliökontti, suurpakkaus, tynnyri, laatikko, sylinteri, kanisteri, pullo, säkki jne.)
- ulko- ja sisäpakkauksen yhdistelmä, esim.
 - pieniä pakkauksia rahtikontissa
 - pieni pakkaus ulkopakkauksessa
 - monta pientä pakkausta koossapitävän ulkopakkauksen sisällä
- pakkausmateriaali (rauta, ruostumaton teräs, alumiini, puu, muovi, komposiitti, lasi, tekstiili, pahvi jne.)

Pakkauksen ominaisuudet ja tapahtumien kulku vaikuttavat ratkaisevasti toimenpiteiden valintaan ja niiden soveltamiseen. Kelluville pakkauksille käytetään eri toimenpiteitä kuin uppoaville. Pakkauksen koko ja paino määräävät pelastuskaluston valinnan. Ulkoasu ja materiaali vaikuttavat vuorostaan pakkausten käsittelyyn. Koko operaatioon vaikuttaa, ovatko pakkaukset ehjiä vai vaurioituneita ja vuotavia.

Moni nestemäinen kemikaali kuljetetaan 200 litran terästynnyreissä. Nämä ovat laskentaesimerkinä kelluvuudelle makeassa vedessä (kuva 3.9). Taulukoissa 9.12 – 9.13 esitetään, mitkä kemikaaliryhmät saavat 200 litran terästynnyrin kellumaan ja mitkä uppoamaan.



Tynnyrin tilavuudesta on tavallisesti 5 – 8 % ilmaa

- Tyhjä tynnyri painaa 15 – 22 kg
- Sisätilavuus on 217 – 219 litraa
- Täytöksen tilavuus on 92 – 95 % (200 – 208 litraa)
- Ulkotilavuus on 219 – 222 litraa
- Ympäröivän makean veden ominaispaino on 1,00

Yllä olevista tiedoista voidaan laskea, että nesteellä täytetty tynnyri kelluu vedessä, jos nesteen ominaispaino on alle 0,97 – 1,03. Kun ominaispaino on suurempi, tynnyri uppoaa.

Kuva 9. 69 Nestemäisellä kemikaalilla täytetyn terästynnyrin kelluvuuden laskeminen.

Seuraavilla kemikaaleilla täytetyt 200 litran terästynnyrit kelluvat vedessä:

Taulukko 9. 12

KEMIKAALITYYPPI	ESIMERKKEJÄ
Hiilivedyt	heksaani, bentseeni, tolueni, ksyleeni
Alkoholit	metanoli, etanoli, isopropanoli
Ketonit	asetoni, metyylietyyliketoni
Eetterit	dietyylieetteri, etylibutyylieetteri
Esterit	etyyliasetaatti, butyyliasetaatti
Amiinit	dietyyliamiini, etyleenidiamiini
Aldehydit	formaldehydi, asetaldehydi

Seuraavilla kemikaaleilla täytetyt 200 litran terästynnyrit uppoavat vedessä:

Taulukko 9. 13

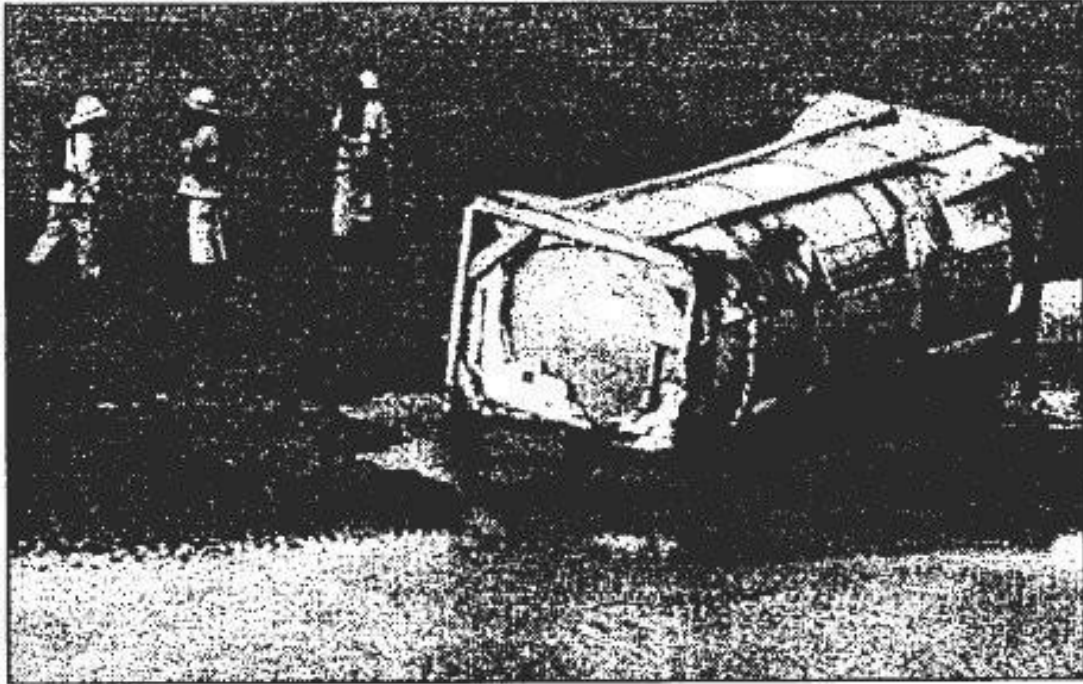
KEMIKAALITYYPPI	ESIMERKKEJÄ
Hapot	etikkahappo, muurahaishappo, rikkihappo
Emäkset	natriumhydroksidiliuos, kaliumhydroksidiliuos
Glykolit	eteeniglykoli, propeeniglykoli
Klooratut hiilivedyt	hiilitetrakloridi, trikloorieteeni
Orgaaniset lyijy-yhdisteet	lyijytetrametyyli, lyijytetraetyyli
Orgaaniset rikkiyhdisteet	rikkihiili, tolueenidi-isosyanaatti

Tynnyrit ja astiat, joissa on kiinteitä kemikaaleja, uppoavat aina vedessä.

8 - 10. tammikuuta huuhtoutui kolmisenkymmentä normaalikokoista tynnyriä rantaan eri paikoissa Ruotsin länsirannikolla noin 100 km Göteborgista pohjoiseen. Jotain ainetta sisältäneet tynnyrit olivat ehjiä, mutta ruosteisia. Niissä ei ollut lipukkeita eikä muutakaan merkintää sisällöstä. Merivartiosto tutki tynnyrit huolella ennen niiden nostamista havaitakseen mahdolliset vauriot tai vuodot. Tämän jälkeen tynnyrit nostettiin varoen ja vietiin pois rannikkovartioston aluksilla. Kemiallinen analyysi paljasti, että tynnyrit sisälsivät propionihappoa, joka on etikkahapon kaltainen syövyttävä neste. Propionihapon ominaispaino on hieman etikkahappoa pienempi (vrt. taulukko 3 e), mikä yhdessä suolaveden suuremman nostovoiman kanssa selittää tynnyreiden kellumisen.

Myös muut pakkaukset, niin pienet kuin isotkin, voivat kellua ilmatilan aiheuttaman nosteen ansiosta. Jopa laivalta pudonneiden rahtikonttien on usein ilmoitettu kelluvan meressä tai huuhtoutuneen rantaan. Tämä koskee erikoisesti laatikkokontteja. Myös säiliökontit saattavat kellua (kuva 9.70).

Pakkausmateriaalin kestävyydellä vedessä on suuri merkitys operaation turvallisuus-toimenpiteiden, torjuntatoimenpiteiden valinnan ja ajallisen suunnittelun kannalta. Esim. pahvi ja puukuitu eivät kestä vettä pitkään, kun taas esim. teräs ruostuu puhki vasta vuosien kuluttua (viitteet 5.17 ja 5.18).



Courtesy of Hazardous Cargo Bulletin

Kuva 9. 70 Maihin huuhtoutunut säiliökontti.

Hollannin edustalla vuonna 1979 onnettomuudessa uponneet kloorikaasua sisältäneet terässäiliöt (vrt. 3.4.6) olivat vuonna 1984 nostoa suunniteltaessa niin syöpyneitä, että niiden nostamisesta luovuttiin. Sukeltajat kiinnittävät räjähteitä sylintereihin, jotka sitten räjäytettiin yksi kerrallaan tiukoin varotoimenpitein (viite 5.45).

9.3.4 Toimenpiteet onnettomuustilanteessa, johon liittyy vaarallisten aineiden pakkauksia

9.3.4.1 Yleistä

International Maritime Organization (IMO) on koonnut teoksen "Manual on Chemical Pollution" jonka ensimmäinen osa (viite 5.42) kuvaa yleisiä toimenpiteitä kemikaali-onnettomuuden tapahduttua. Toinen osa (viite 5.19) kuvaa eri aineiden pakkauksille tarvittavia erikoistoimenpiteitä.

Vaarallisia aineita sisältäviä pakkauksia on pelastustoiminnan aikana aina käsiteltävä suurella varovaisuudella, sillä pakkauksen vaurioituminen voi johtaa vuotoon. Pienehköt pakkaukset, jotka ovat kärsineet vedessä olemisesta, on turvallisuussyistä aina laitettava suojatynnyreihin jatkokäsittelyä ja kuljetusta varten (kuva 3.11). Suojatynnyreiden on oltava tyyppihyväksytyjä vaarallisille aineille, jotta niitä voidaan käyttää.



Courtesy of Environment Canada

Kuva 9. 71 Suojatynnyrin käyttö (recovery drum, overpack)

IMDG-koodin liitteessä (9.3.1.4) mainitaan monta torjuntamenetelmää, joita suositellaan käytettäväksi riippuen siitä, mikä 97 menettelytavasta koskee kyseistä kemikaalia (viite 5.1). Suositukset on tarkoitettu laivojen miehistöille, jotka eivät saa tukea maissa olevalta pelastuspalvelulta. Tämän takia suositukset on esitetty suhteellisen yksinkertaisesti. Ne perustuvat suureen kokemuseräiseen aineistoon ja 97 menetelmän takana on hyvin harkittu systematiikka. Kuvassa 9.72 on eräs esimerkki IMDG-koodin liitteessä esitetystä 97 EmS-menettelystä.

Kaikki 97 menettelytapasuositusta on jäsennetty seuraavien 5:n (toisinaan 6:n) kohdan mukaisesti (vrt. kuva 9.73):

1. Otsikko, numero ja lyhyet tiedot aineista, joita suositus koskee

2. Tarvittavat henkilönsuojaimet ja torjuntavälineet

Henkilönsuojainten lisäksi tässä kohdassa voi olla suosituksia suihkuputkista, imeytysaineista, erityisistä sammutteista jne.

3. Emergency procedures

Sisältää mahdollisesti suosituksia käytettävistä henkilönsuojaimista esim. vuodon tai tulipalon yhteydessä.

4. Emergency action

Antaa suosituksia **vuotoa** ja **tulipaloa** vastaan **kannella** ja **kannen alla**. Eräitä yleisiä näkökohtia:

EMERGENCY SCHEDULE 5.1-05		
SOLID OXIDIZING SUBSTANCES, TOXIC AND/OR CORROSIVE		
Special Emergency Equipment to be carried		
Protective clothing (gloves, boots, coveralls, headgear). Self-contained breathing apparatus.		
<i>EMERGENCY PROCEDURES</i>		
Wear protective clothing and self-contained breathing apparatus when dealing with SPILLAGE or FIRE.		
<i>EMERGENCY ACTION</i>		
	<i>On deck</i>	<i>Under deck</i>
SPILLAGE	Collect spillage for safe disposal. Wash remainder overboard with copious quantities of water. Do not use sawdust or other combustible materials as absorbents. Contaminated clothing must be removed and washed carefully with copious quantities of water.	Collect spillage for safe disposal. Do not use sawdust or other combustible materials as absorbents. Contaminated clothing must be removed and washed carefully with copious quantities of water.
FIRE	Use copious quantities of water to fight a fire.	Ship's fixed fire-fighting installation may not be effective. Adopt action as for "On deck".
First Aid – See IMO Medical First Aid Guide (MFAGI)		
UN No.	Substance or Article	Remarks
1445	BARIUM CHLORATE, SOLID	An adjacent detonation may involve risk of explosion. May explode in a fire situation when strong packages are stowed in a cargo space in large quantities. Small quantities of water on the substance will create an explosion hazard. Dispose of spillage overboard in a safe manner.
1461	CHLORATES, INORGANIC, SOLID, N.O.S.	
2468	TRICHLOROISOCYANURIC ACID, DRY	

Courtesy of IMO

Kuva 9.72 Esimerkki EmS-menettelytavasta.

- Kun vuotavan nesteen leimahduslämpötila on 61 ° C tai alle, on kaikki syttymislähteet poistettava.
- **Kannelle** tapahtunut vuoto suositellaan huuhdeltavaksi mereen runsaalla vesimäärällä. Jos aine reagoi kiivaasti veden kanssa, huuhtelu on suoritettava mahdollisimman etäältä vuodosta. Aineet, jotka IMDG-koodin mukaan luokitellaan **marine pollutant**-eiksi, on kerättävä talteen, jos se voidaan tehdä turvallisella tavalla.
- Sammutteena merellä EmS suosittelee yleensä **vettä**. Tämä koskee myös eräitä sellaisia paloja, joille maissa olisi pidetty parempana muuta sammutetta.
- Palontorjunta **kannen alla** onnistuu parhaiten tiivistämällä lastausluukut, pysäyttämällä ilmanvaihto sekä käynnistämällä kiinteä sammutusjärjestelmä. Jos tällaista järjestelmää ei ole, on yleensä noudatettava niitä toimenpiteitä, joita suositellaan **kannella** tapahtuvassa onnettomuudessa.

5. Ensiapu

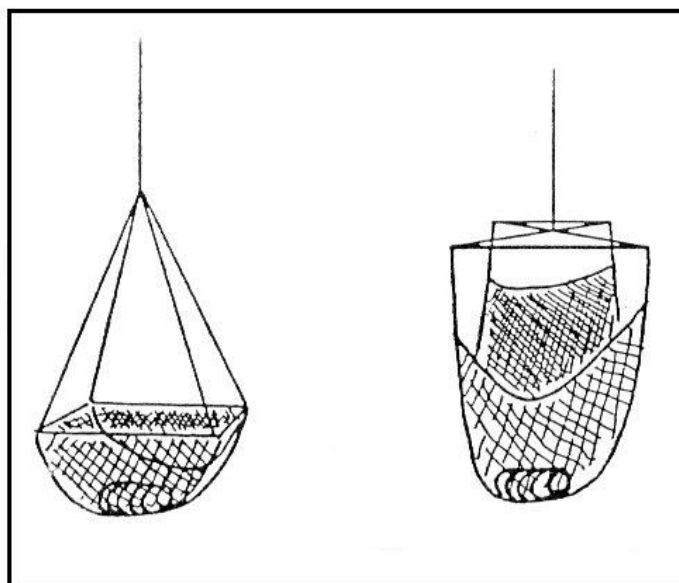
Viitataan poikkeuksetta teokseen IMO Medical First Aid Guide (MFAG). Yleisesti pätee, että rannikon lähellä sattuneissa onnettomuuksissa loukkaantuneet ihmiset tulisi mahdollisimman pian saada sairaalahoitoon. Eräät toimenpiteet on tosin aina tehtävä aluksessa, kuten esim. elvytysyritys ja vaarallisten aineiden huuhteleminen loukkaantuneen silmistä ja iholta.

6. Toisinaan esitetään vielä erityisiä suosituksia niille aineille, joille luokan yleiset suositukset eivät päde.

Taulukossa 9.14 on esimerkkejä Emergency Actionissa mainituista menetelmistä.

9.3.4.2 Kelluvien pakkausten nostaminen

Pienehköt vedenpinnalla kelluvat pakkaukset nostetaan tehtävää varten valmistetulla tukevalla haavilla (kuva 9.73). Haavin puuttuessa voidaan tietenkin käyttää köyttä tai teräsvaijeria. Niitä saattaa olla vaikea kiinnittää nostettaviin pakkauksiin. Suurta varovaisuutta on noudatettava.

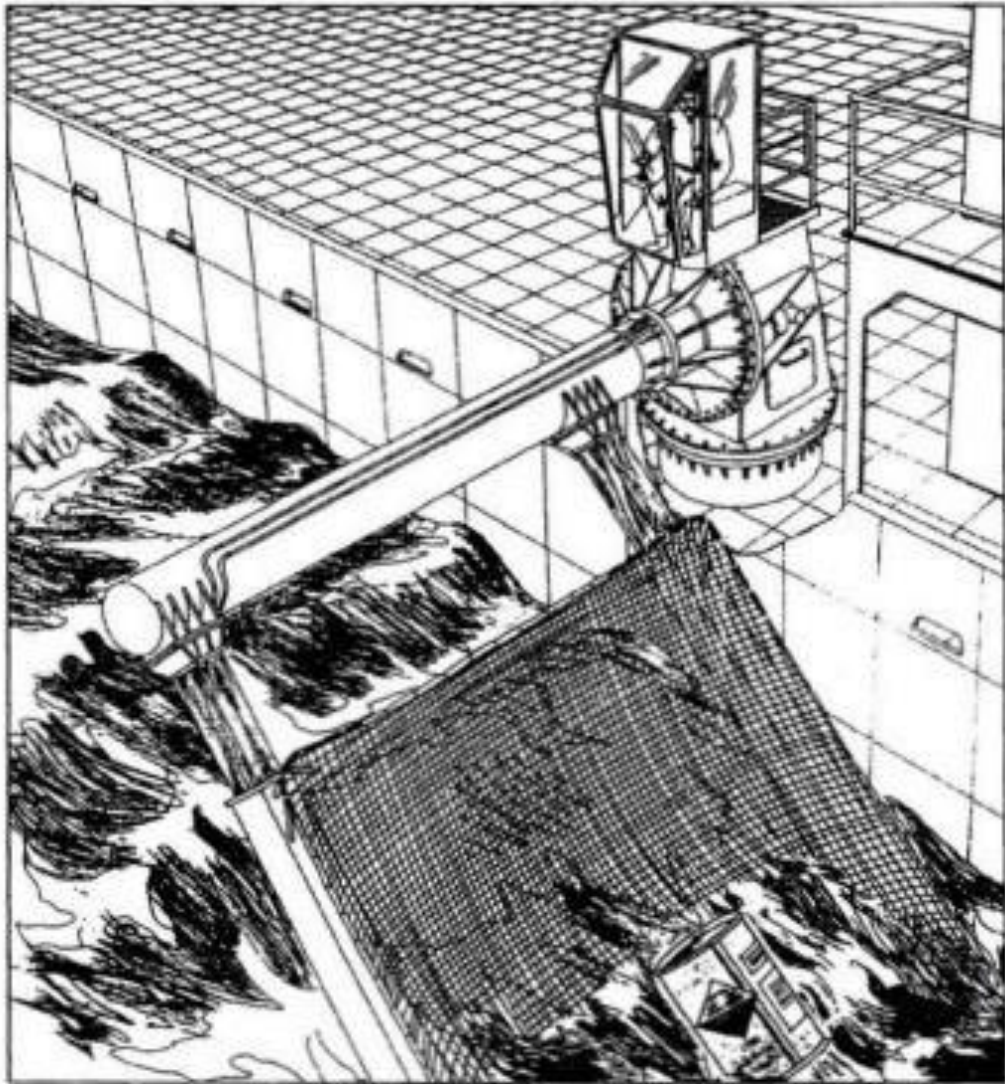


Kuva 9. 73 Haaveja vaarallisten aineiden pakkausten nostamista varten.

On myös olemassa kokonaisia järjestelmiä, jotka on suunniteltu niin, että niillä voidaan varovaisesti nostaa esineitä tai hädässä olevia ihmisiä vedenpinnalta (kuva 3.14).

Taulukko 9. 14 Esimerkkejä IMDG-koodin EmS-liitteen toimenpidesuosituksista.

Yleistä	<p>Käännä alus myötätuuleen Poista kaikki syttymislähteet Käytä pehmeitä jalkineita vuodon tai palon torjunnassa Vältä ihokosketusta Älä suihkuta vuotoa vedellä</p>
Vuoto	<p>Huuhtele vuotanut aine yli laidan runsaalla vesimäärällä Pidä vuotanut aine kosteana veden avulla Pidä pakkaukset märkinä Tuki vuoto mikäli mahdollista Pidä kontti suljettuna Kerää vuotanut aine pehmeällä harjalla Kerää vuotanut aine, mikäli mahdollista, kostealla inertillä aineella Anna vuodon haihtua ja pysyttele etäällä siitä Huolehdi riittävästä ilmanvaihdosta Kerää ja, mikäli mahdollista, pakkaa uudelleen vaurioitumattomat pakkaukset Kerää vaurioituneet pakkaukset turvallisesti hävitettäviksi Kerää vuotanut aine, mikäli mahdollista, imeytysainetta käyttäen Patoa määrällä hiekalla Älä käytä imeytysainetta Älä käytä imeytysaineita äläkä pakkaa uudelleen Älä käytä sahanpuruja tai muita palavia imeytysaineita Likaantuneet vaatteet on riisuttava ja pestävä huolellisesti</p>
Palo	<p>Käytä runsaasti vettä palon sammuttamiseen Jäähdytä pakkauksia runsaalla vesimäärällä Sammuta palo suoralla suihkulla turvallisen etäisyyden päästä Käytä aluksen kiinteää sammutusjärjestelmää Siirrä vaurioitumattomat viileät pakkaukset turvalliseen paikkaan Käytä mahdollisimman montaa sumusuihkua turvallisen etäisyyden päästä Käytä suoraa suihkua mahdollisimman suurelta etäisyydeltä Käytä sumusuihkua / suurpainesumusuihkua Käytä vesisuihkua; Älä käytä vesisuihkua Käytä jauhetta; Käytä vaahtoa; Älä käytä vaahtoa Avaa lastausluukut; Tiivistä lastausluukut Harkitse aluksen jättämistä</p>



Med tillstånd från SMV Engineering A.S., Norge

Kuva 9. 74 Niin kutsuttu Sealift arkojen esineiden nostamiseen vedenpinnalta.

Isojen pakkausten, esim. konttien, nosto suoritetaan kyseiseen tilanteeseen sopivalla järjestelyllä saatavilla olevalla nosturikalustoa käyttäen (kuva 9.75).

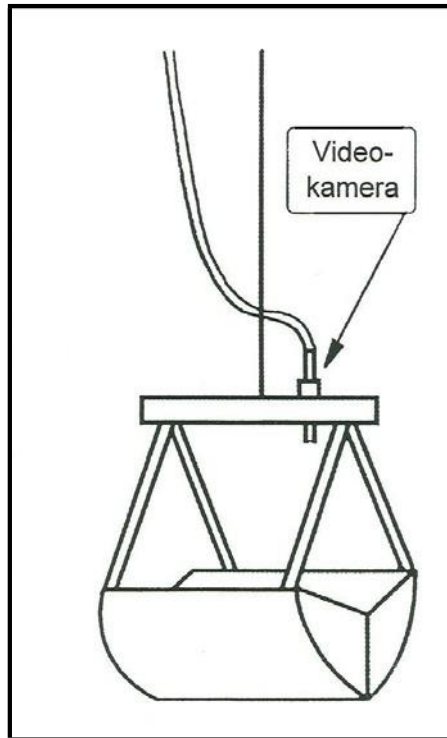


Kuva 9. 75 Kontin nostaminen.

9.3.4.3 Uponneiden pakkausten nostaminen

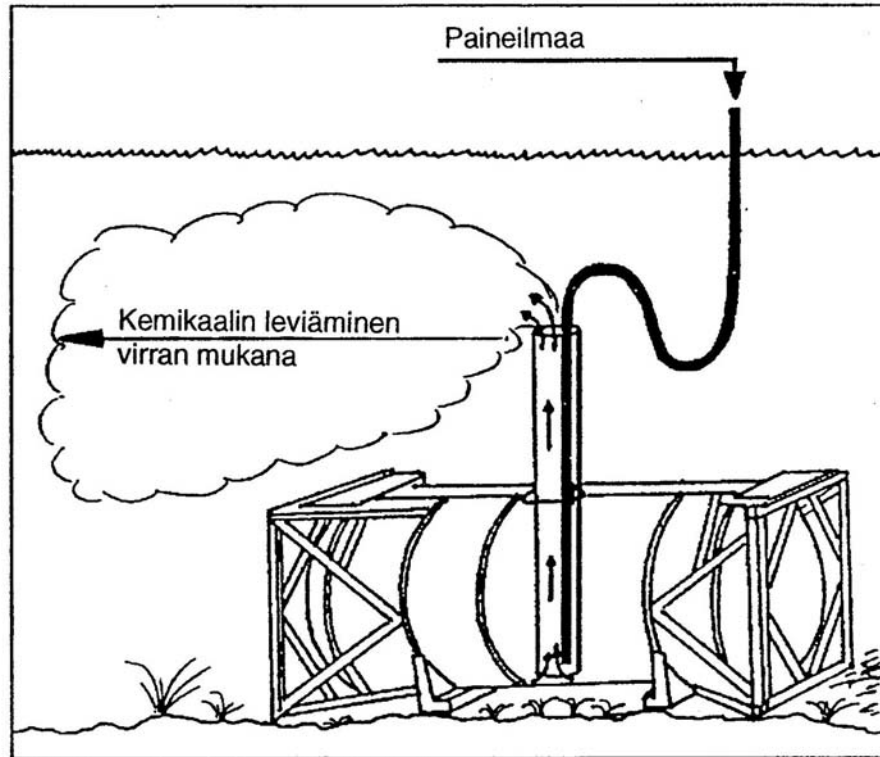
Uponneiden pakkausten nostossa ei yleensä voi hyödyntää harausta eikä troolaamista. Näitä menetelmiä voidaan käyttää vain alueilla, joiden pinta-ala on suhteellisen pieni ja lisäksi menetelmät voivat vaurioittaa pakkauksia niin, että niiden sisältö leviää merenpohjalle. Näitä menetelmiä voidaan mahdollisesti käyttää silloin kun tilanne on täysin hallinnassa pakkausten rakenne, veden syvyys jne. huomioon ottaen. Troolausta on eräissä tällaisissa tilanteissa menestyksellisesti käytetty uponneiden pakkausten nostamisessa.

Operaatio, jossa uponneita pakkauksia nostetaan, on suunniteltava pakkausten koko, levinneisyys ja kunto sekä sisällön ominaisuudet huomioiden. Pienehköt pakkaukset, jotka eivät ole liian syvällä, voidaan nostaa hydraulisella kauhalla (kuva 9.76). Se voidaan varustaa videokameralla pohjalla olevien pakkausten poimimisen helpottamiseksi. Jos pakkaukset ovat syvemmällä, ne voidaan sukeltajan avulla siirtää pohjalle laskettuun säiliöön. Isojen pakkausten nostamisen yhteydessä on huomioitava riski, että sisältö leviää ympäristöön itse noston yhteydessä.



Kuva 9. 76 Videokameralla varustettu kauha.

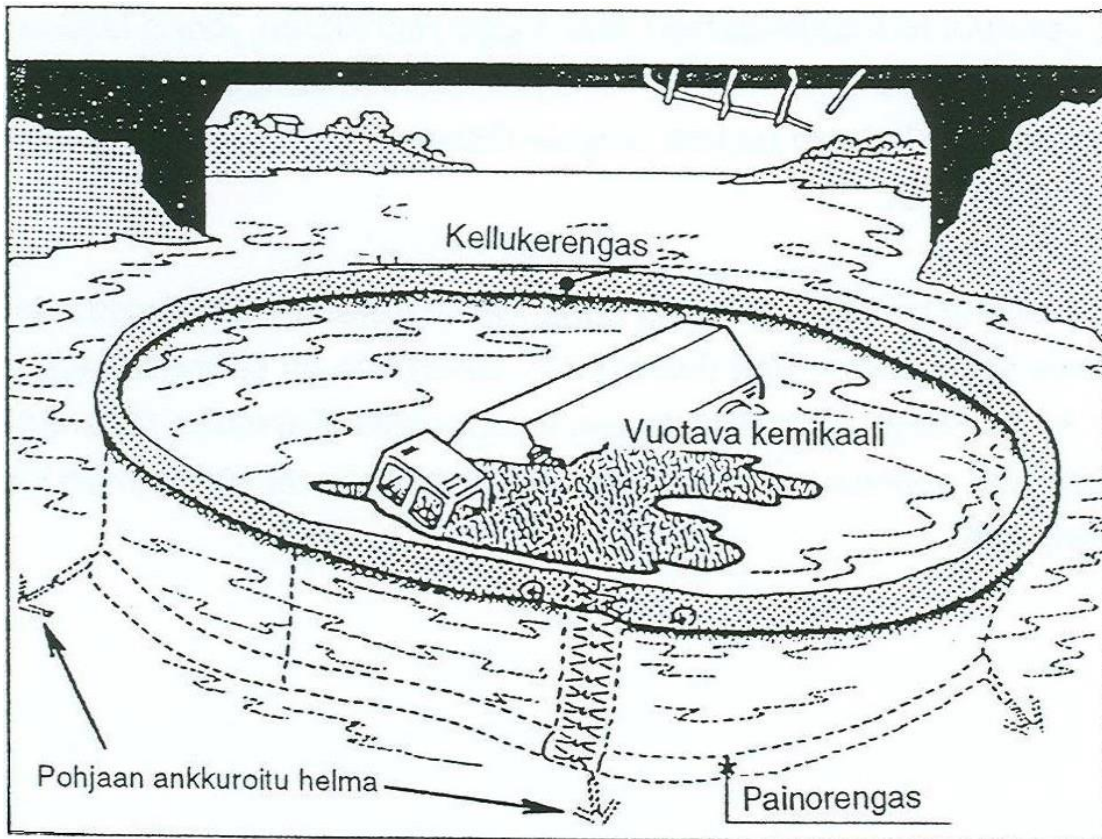
Happoja ja emäksiä kuljetetaan suuria määriä erilaisissa säiliöissä. Jos tällainen säiliö joutuu veteen, se uppoaa tavallisesti pohjaan (taulukko 9.13). Varsinkin jos kyseessä on joki ja on mahdollista, että säiliö vaurioituu noston yhteydessä, riskit vesialueelle ovat suuret. On nimittäin osoittautunut, että jo pienet, hetkelliset happo- tai emäspäästöt voivat tuhota jokien eliöt (9.4.5, viitteet 5.37 ja 5.81). Tämän takia kannattaa harkita vaihtoehtoisia toimenpiteitä, joilla sisältö hitaasti ja hallitusti päästetään veteen. Näin vältetään riski, että koko sisältö yhtäkkiä noston aikana pääsee veteen. Eräessä dokumentoidussa onnettomuudessa tehtiin juuri näin (9.4.2). Siinä käytettiin mämmuttipumppua (kuva 9.77) ja kompressorin painetta säädettiin jatkuvasti alavirran puolella mitattujen veden pH-arvojen mukaan.



Kuva 9. 77 Mammuttipumpun käyttö hallitussa kemikaalipäästössä.

9.3.4.4 Vuotavan säiliön patoaminen

Iso vuotava säiliö voidaan matalassa vedessä padota vuotavan kemikaalin leviämisen rajoittamiseksi. Tietyissä tilanteissa vuotava aine saattaa päästä padon puomin alta. Tällöin helmapuomi (Sea Curtain Barrier) voi olla hyödyksi. Se koostuu tukevasta kellukerenkaasta (kuva 9.78), jonka varassa roikkuu pohjaan asti ylettyvä helma, jonka pitää paikallaan ankkuroitava painorengas (viite 5.83).



Courtesy of Environment Canada

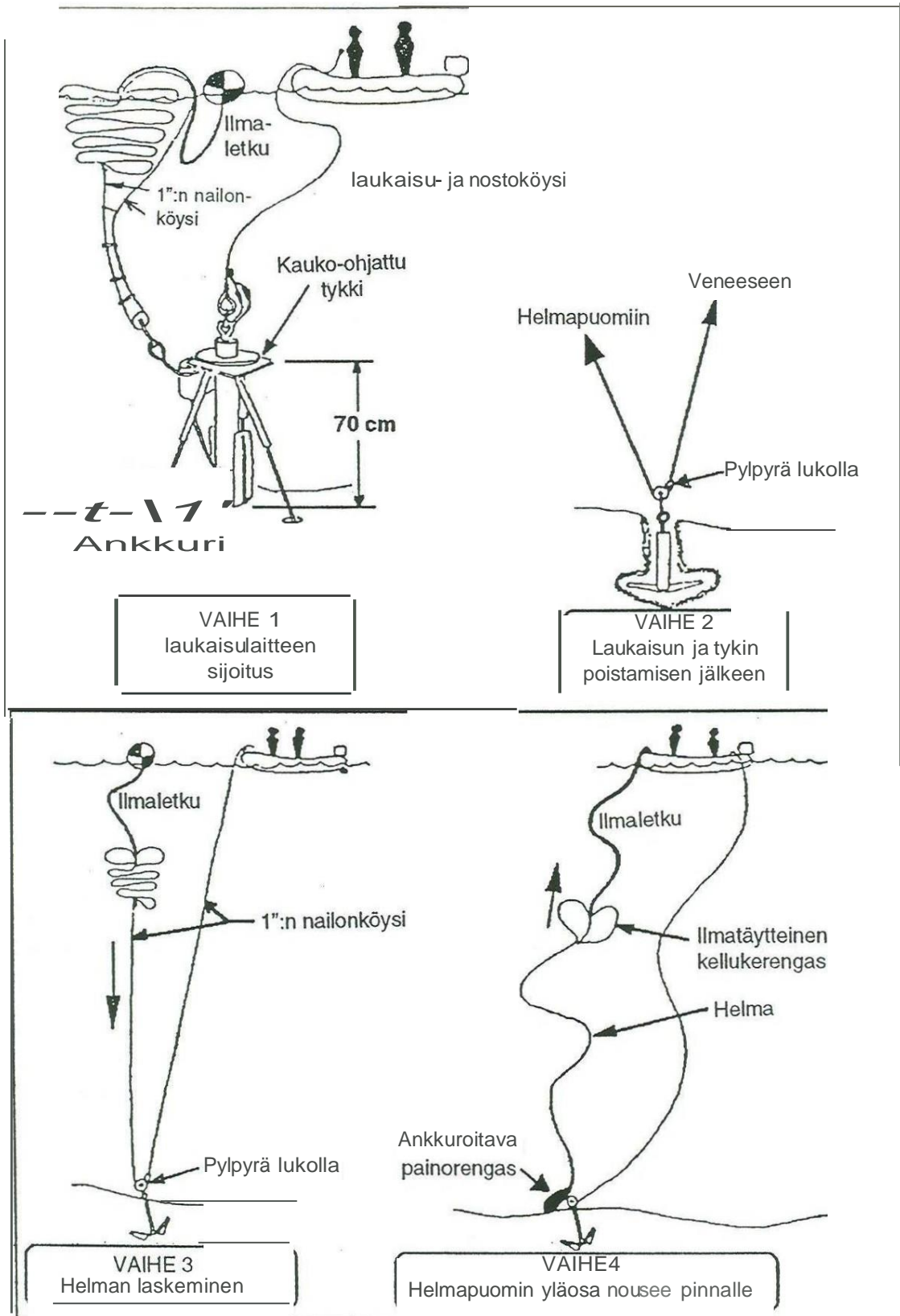
Kuva 9. 78 Pohjaan ankkuroitu helmapuomi.

USA:n ympäristönsuojeluvirasto on suorittanut kenttäkokeita 8 metrin syvyisessä vesistössä. Käytetty prototyyppijärjestelmä esti tehokkaasti rodamiinia sisältäneen koepäästön leviämisen.

Koska virtaava vesi voi synnyttää hyvin suuria voimia helmaan, helmapuomin ankkuroiminen vaatii erityistä tekniikkaa. Ankkurit ammutaan pohjaan erikoistykillä. Koko menetelmä, mukaan lukien patoaminen ja ankkuroiminen, esitetään kuvassa 9.79 (viite 5.83).

9.3.4.5 Pakkausten nostaminen uponneesta aluksesta

Kun nostetaan pakkauksia uponneesta laivasta, operaation lähtökohtana on oltava aluksen ja sen lastin ominaisuudet. Jos alus ei ole vahingoittunut, se voidaan nostaa pinnalle lasteineen (kuva 9.80) isoilla ponttooninostureilla ja hinata sopivaan satamaan.

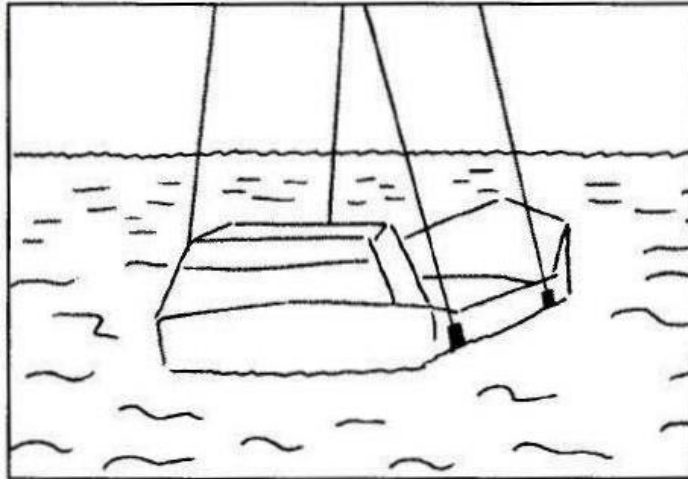


AlcZ iUbtjndfriPi USCtux Guc:rJ

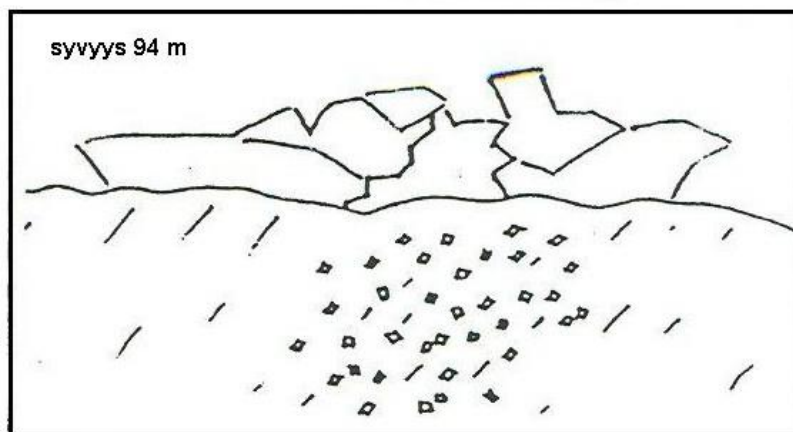
Kuva 9. 79 Helmapuomin ankkuroiminen.

Uponnut länsisaksalainen alus Viggo Hinrichsen, jonka lastina oli kromiyhdisteitä, nostettiin vuonna 1973 ponttooninostureilla 17 metrin syvyydestä meripeninkulman päästä Pohjois-Öölannilla sijaitsevasta Grankullavikistä (viite 5.100).

Vaurioitunutta alusta on vaikea nostaa ponttoninostureita käyttämällä niin, että lasti seuraa mukana vahingoittumatta (kuva 9.81). Operaatio on suunniteltava ottaen huomioon lastin levinneisyys aluksessa ja sen ulkopuolella. Tarvitaan todennäköisesti sukeltajia keräämään pohjalla olevat pakkaukset enemmän tai vähemmän käsin ennen aluksen nostamista.



Kuva 9. 80 Uponneen aluksen nostaminen.



Kuva 9. 81 Uponnut ja vaurioitunut alus.

Sukeltajat keräsivät 93 % uponneen ja rikkoutuneen Cavtat-laivan lyijytetrametyyli- ja lyijytetraetyylilastista (kuva 9.81). Laiva oli 94 metrin syvyydellä Otranto-salmessa eteläisellä Adrianmerellä. Aineet oli pakattu tynnyreihin, joita oli sekä hyllyssä että sen ulkopuolella. Työ kesti vuoden, huhtikuusta 1977 huhtikuuhun 1978 (viitteet 5.104 ja 5.105)

9.3.4.6 Muut menetelmät

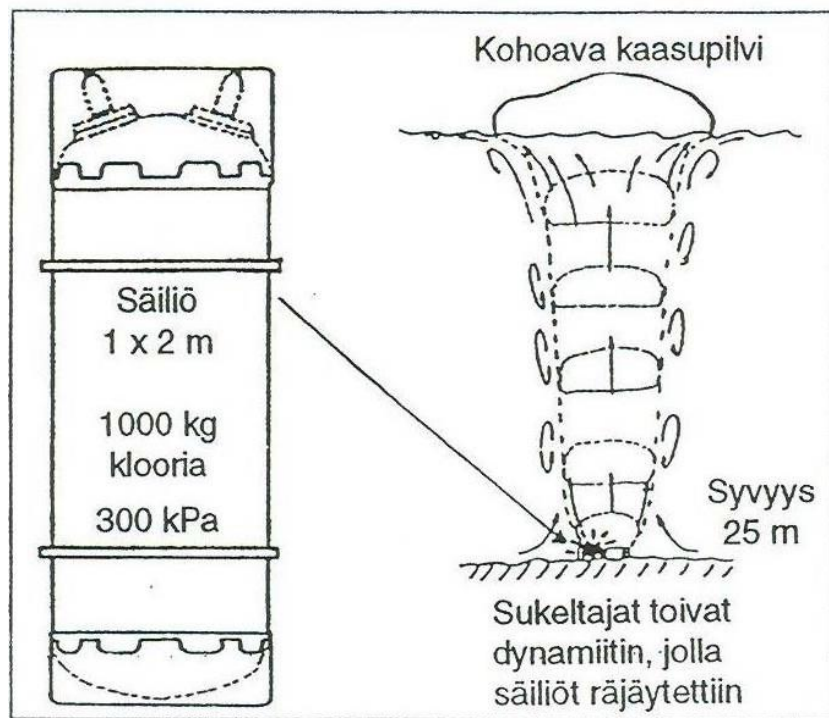
Säiliön puhkaiseminen

Onnettomuudessa olevien kemikaalisäiliöiden puhkaisemiseen käytetään, tilanteesta riippuen, eri menetelmiä. Kaasusäiliöitä on ammuttu rikki kiväärillä, jotta aine pääsisi ulos ja pelastusoperaation riskit olisivat jatkossa pienemmät. On tapauksia, joissa pieniä säiliöitä on puhkaistu palokirveellä ja sisältö kaadettu mereen (viite 5.44).

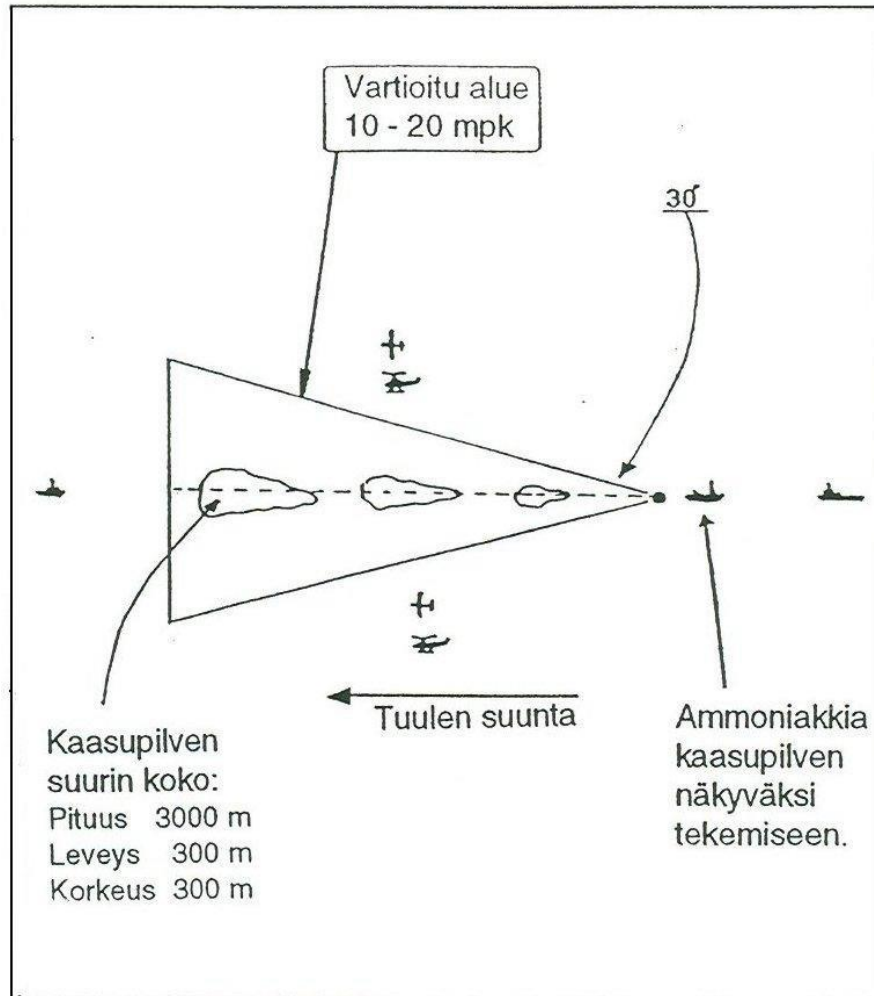
Säiliön räjäyttäminen

Joskus voi olla tarpeen räjäyttää säiliöt, joita on liian vaarallista käsitellä muulla tavalla. Silloin tällöin räjäytetään räjähteitä sisältäviä pakkauksia, säiliöitä ja muita astioita. On raportoitu seuraava tapaus, jossa pohjalla olleet klooria sisältäneet terässäiliöt räjäytettiin (viite 5.45).

Joulukuussa 1979 putosi myrskyssä 51 klooria sisältänyttä terässäiliötä mereen Hollannin edustalla. Muutaman vuoden kuluttua joitakin säiliöitä tarttui kalastajien trooleihin. Säiliöt olivat voimakkaasti syöpyneitä, mutta muuten ehjiä ja täynnä kaasua. Vaaran koko ajan kasvaessa, että jokin kalastaja joutuisi revenneen säiliön uhriksi, aloitettiin laaja säiliöiden paikallistamisoperaatio. Sukeltajat kiinnittivät räjähdysainetta löydettyihin säiliöihin, jotka sitten räjäytettiin valvotusti (kuvat 9.82 – 9.83). Arkojen säiliöiden nostamisen sijasta tätä pidettiin parhaimpana menetelmänä.



Kuva 9. 82 Upponeiden kloorisäiliöiden räjäyttäminen dynamiiteilla.



Kuva 9. 83 Pinnalle pulpahtavan kaasupilven valvominen.

Upottaminen

Kemikaalien ja pakkausten hävittäminen upottamalla on nykyään harvinaista. Poikkeuksellisesti pelastuspalvelu upottaa pieniä pakkauksia (viite 5.44) ja joskus jopa kokonaisia laivoja (viite 5.27) mereen.

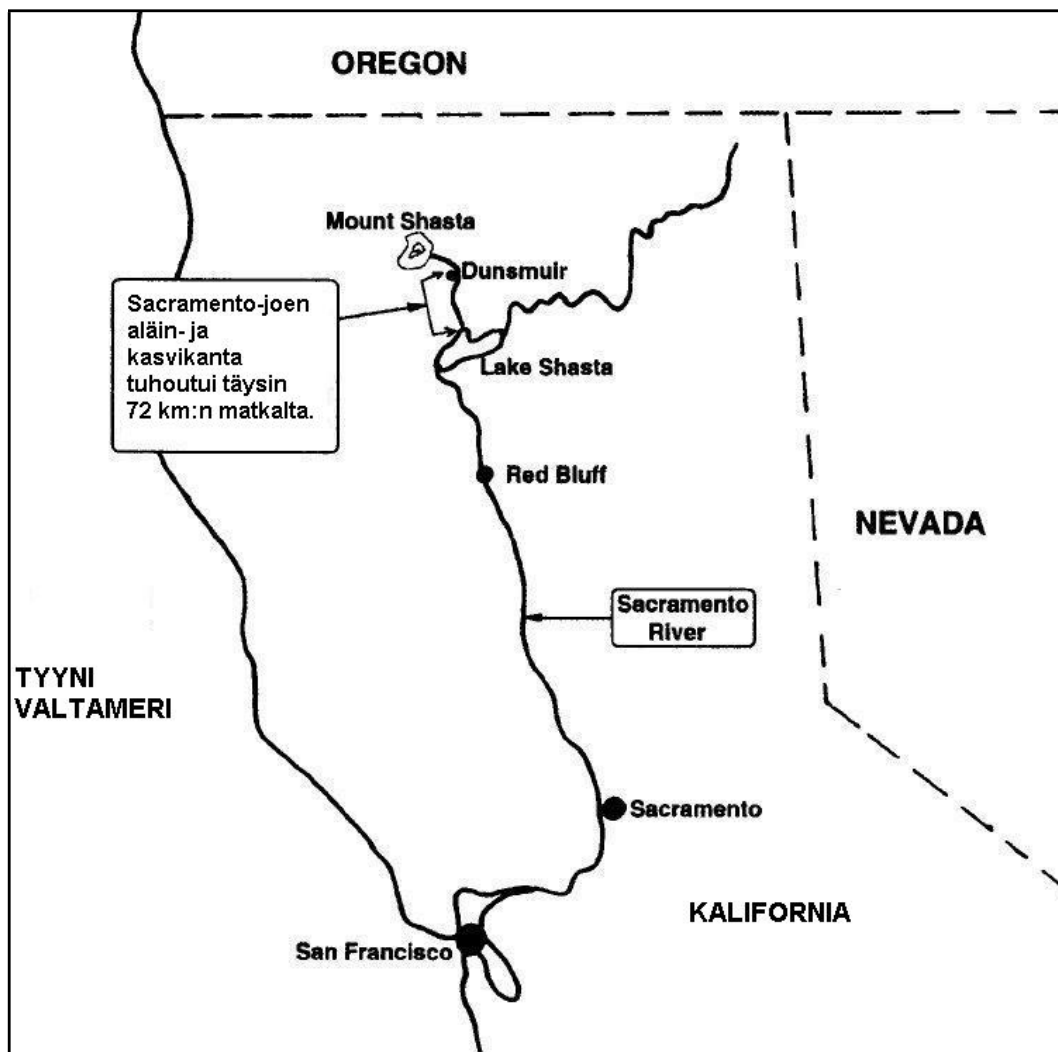
Peittäminen ja hautaaminen

On tilanteita, joissa uponneet pakkaukset uhkaavat mennä rikki noston yhteydessä. Sisältö voi tällöin levitä ja vaurioittaa ympäristöä. Tällaisissa tapauksissa voidaan harkita pohjalla olevan pakkauksen peittämistä esim. hiekalla, soralla tai savella (viite 5.80 s. 133 - 147) mikäli sitä kaikinpuolisen arvioinnin jälkeen voidaan pitää perusteltuna. Myös pohjalla olevat kemikaalit voidaan käsitellä tällä tavalla.

9.4 ESIMERKKEJÄ SATTUNEISTA ONNETTOMUUKSISTA

9.4.1 Torjunta-aine uponneessa junanvaunussa

14. päivä heinäkuuta 1991 juna suistui raiteilta Sacramento-joen varrella (kuva 9.84) hieman kalifornialaisen Dunsmuirin pohjoispuolella (viite 5.107). Kuusi tavaravaunua putosi viereiseen jokeen. Yksi vaunuista oli säiliövaunu, jossa oli 75 m³ metamnatriumia (natriummetyyliditiokarbamaattia).



Kuva 9. 84 Säiliövaunu, joka sisälsi metamnatrium-torjunta-ainetta upposi Sacramento-jokeen.

Metamnatrium on nestemäinen hyönteisten ja sienten torjunta-aine. Sitä käytetään lähinnä lisäaineena perunapelloilla. Onnettomuuden sattuessa USA:n liikenneministeriö ei vielä ollut luokitellut metamnatriumia vaaralliseksi aineeksi. Kuitenkin jo pieni määrä kyseistä ainetta ihmisen kehossa aiheuttaa akuutteja ja kroonisia terveyshaittoja. IMDG-koodi luokittelee metamnatriumin "Marine Pollutant":iksi.

Viranomaiset ymmärsivät onnettomuuden laajuuden vasta seuraavana päivänä. Joen ekosysteemi oli silloin jo vakavasti häiriintynyt. Pelastushenkilökunta muodosti suojavyöhykkeen onnettomuuspaikan ympärille ja ryhtyi suunnittelemaan

jatkotoimenpiteitä. Säiliövaunu nostettiin, mutta säiliössä oli enää 12 % alkuperäisestä sisällöstään ja 66 m³ metamnatriumia oli päässyt jokeen.

Vaurioiden rajoittamiseksi harkittiin seuraavia vaihtoehtoisia toimenpiteitä:

1. Joen virtauksen pienentäminen ja vahingoittuneiden alueiden käsittely aktiivihiehillä.
2. Likaantuneiden pohja-alueiden ruoppaaminen.
3. Likaantuneiden alueiden sekoittaminen ja ilmastaminen, jotta metamnatriumpitoisuus laskee.

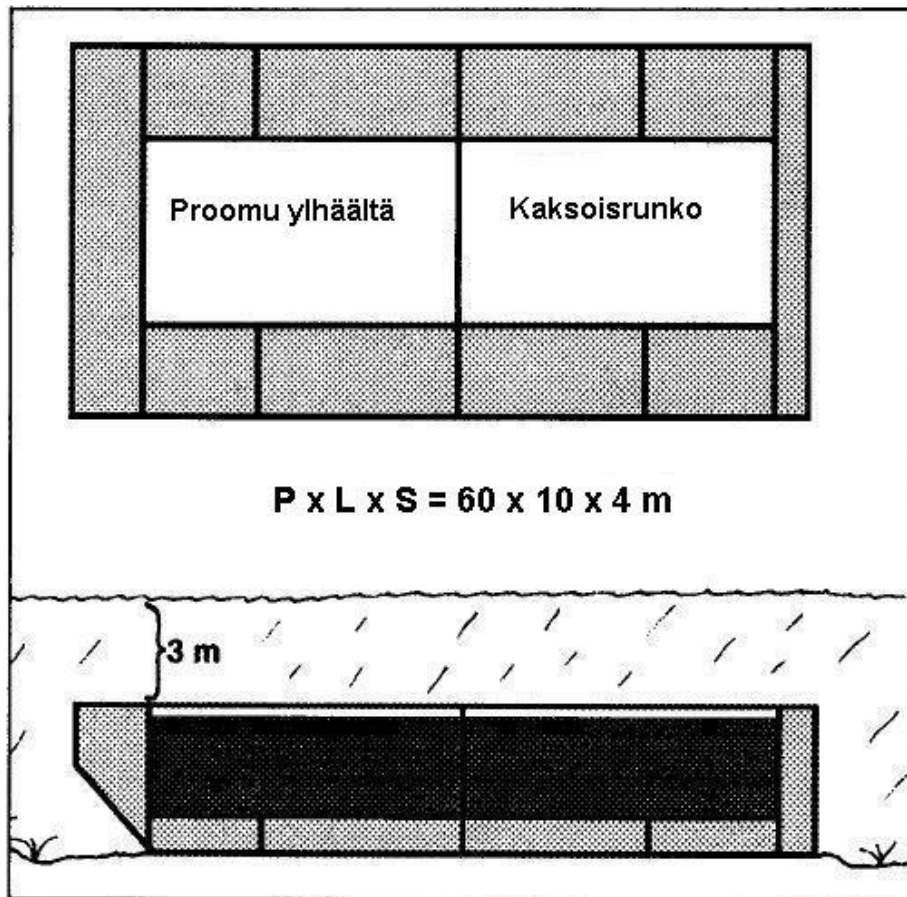
Vaihtoehto 3 valittiin. Toimenpidettä täydennettiin lisäksi alavirranpuolelle sijoitetulla ilmaverhoilla (pohjalla olevista letkuista). Ne sekoittivat jokeen päässyttä torjunta-ainetta veteen.

Onnettomuuden jälkeisten tutkimusten mukaan kaikki eläimet ja suuri osa kasvillisuudesta tuhoutui 72 km:n matkalla onnettomuuspaikasta alavirtaan Lake Shastaan asti. Onnettomuus vaikutti lisäksi joen lähiympäristön eläimistöön, johon kuului karhuja, peuroja, puumia, preeriasusia, saukkoja ja lukuisia lintuja sekä pieniä eläimiä. Pelättiin myös, että joen varrella kasvavat puut kuolevat, jolloin kestää jopa 50 vuotta ennen kuin luonto toipuu onnettomuudesta.

9.4.2 Rikkihappoproomu

22 marraskuuta vuonna 1988 upposi proomu, jonka lastina oli 1400 tonnia 93-prosenttista rikkihappoa, 7 metrin syvyyteen Herculaneumissa, joka sijaitsee Missourissa Mississippi-joen yläjuoksulla (viite 5.32). Proomu, jolla oli kaksoisrunko, jäi oikeinpäin pohjalle. Suurin osa lastista oli vielä proomussa (kuva 9.85). Ulkorunko oli lievästi vaurioitunut ja pienestä reiästä pääsi vettä kaksoisrunkoon, joka täyttyi osittain.

Nostoyritykseen liittyy suuria riskejä, jos happo pääsisi kosketukseen veden kanssa. Seurauksena voisi olla kiivas reaktio, joka voisi jopa aiheuttaa räjähdysmäisen kiehumisilmiön ja vaurioittaa proomua. Tämä voisi kiihdyttää tapahtuman kulkua niin, että suuret määrät polttavan kuuma happoa sinkoisi ympäriinsä. Tilanne olisi hyvin vaarallinen sekä ympäristölle että pelastushenkilökunnalle. Ympäristötuhot saattaisivat olla mittavat, jos koko lasti vapautuisi yht'äkkiä. Iso happoa sisältävä "pilvi", joka kulkeutuu jokea pitkin, voi tuhota suurimman osan vesieliöistä (9.4.5, viitteet 5.37 ja 5.81).



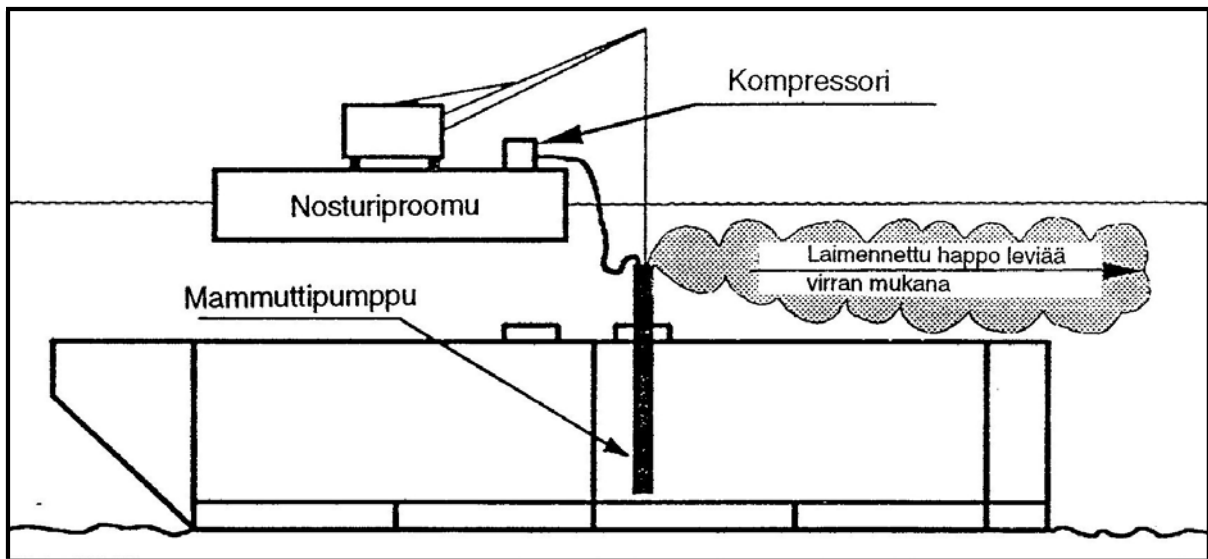
Kuva 9. 85 Uponnut proomu, jossa oi 1400 tonnia 93-prosenttista rikkihappoa.

Pelastusjohto keskusteli monesta nostomenetelmästä. Luonnollinen ratkaisu oli pumpata happo ylös pohjalla olevasta proomusta, mutta huomattiin nopeasti, että tämä ratkaisu aiheuttaisi monia sekä teknisiä että kuljetusongelmia. 93-prosenttisella hapolla on sellainen ominaisuus, että se ei reagoi hiiliteräksen kanssa, josta proomu on tehty. Kun vettä lisätään, se muuttuu hyvin reaktiiviseksi tiettyjen pitoisuusrajojen sisällä. Veden sekoittuminen happoon nostaa lämpötilaa, mikä entisestään vauhdittaa reaktiota. Hapon pinnalla oli todennäköisesti jo ohut vesikerros, jonka takia tilanne oli vaarallinen. Koska rikkihappo ja vesi sekoittuvat helposti, voi tällaisen kerrostuneen lastin sekoittuminen johtaa voimakkaaseen kiehumiseen. Niiden ominaispainojen suuri ero aiheuttaa tosin helposti kerrostumista, jos vettä lisätään hitaasti ylhäältäpäin rikkihapon sekaan.

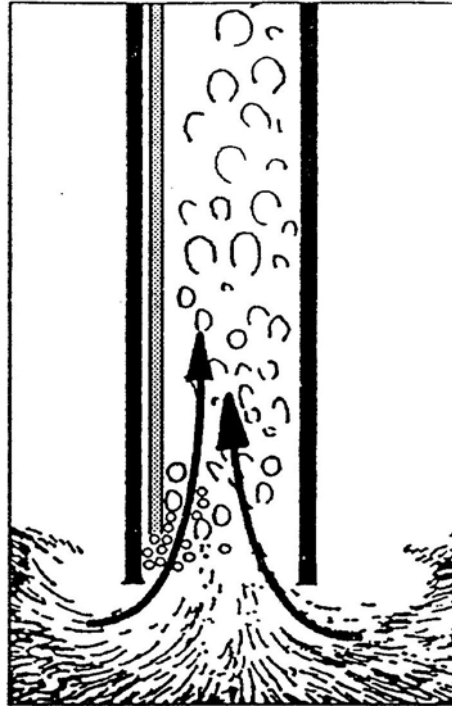
Pumppaaminen sekoittaisi vesi-happo-kerroksen ja muodostaisi kuumentunutta happoliuosta, joka olisi erittäin syövyttävää hiiliteräkselle. Tämän happoliuoksen talteenottamiseen tarvittaisiin haponkestävää teräksestä valmistettuja proomuja tai kontteja. Riittävän isoja tällaisia säiliöitä ei ollut saatavilla tarpeeksi nopeasti. Sitä paitsi pumppaaminen aiheuttaisi teknisiä ongelmia. Pystyisikö upotettava pumppu nostamaan 100-asteista syövyttävää happoliuosta (jonka ominaispaine oli ehkä 1,8) 15 metriä laitureihin oleviin kontteihin. Todennäköisesti tarvittaisiin toinen pumppu. Lisäksi oli vaikeasti ratkaistava ongelma, millä aineella voitaisiin korvata proomusta pois pumpattu happo alipaineen välttämiseksi. Olisi todennäköisesti mahdotonta pumpata vettä turvallisella tavalla riittävän nopeasti. Jos veden sijasta käytettäisiin ilmaa, proomua pitäisi tukea, ettei kallistuminen vaurioittaisi sen runkoa. Pumppaaminen voisi myös epäonnistua, mikä saattaisi aiheuttaa katastrofin.

Sen sijaan että happo pumpattaisiin suoraan laiturille asti, työ voitaisiin tehdä kaksivaiheisesti siten, että happo ensiksi pumpattaisiin proomun päälle rakennettavaan työpatoon. Sen korkeus olisi hieman vedenpintaa korkeampi. Kun tätä vaihtoehtoa tarkasteltiin lähemmin, ilmeni monta pulmallista kohtaa. Työpaton täytyisi rakentaa niin, että se sopisi hyvin proomun päälle ja tiivistyksen olisi oltava täydellinen. Sen täytyisi olla 1) riittävän tilava hapolle ja pumppauslaitteistolle, 2) riittävän korkea selvittääkseen joen vedenkorkeuden vaihteluista ja 3) riittävän vakaa vastustaakseen joen 2 - 4-solmuista virtaa. Tämä vaihtoehto olisi ehkä vielä vaarallisempi pelastushenkilökunnalle, sillä työpadon murtuma aiheuttaisi rajun kiehumisen ja kuumia happoryöppyjä.

Vaihtoehtona hapon pumppaamiselle pohjalla makaavasta proomusta olisi nostaa proomu pinnalle ja vasta sen jälkeen tyhjentää se. Proomu voisi nostaa joko nostureilla tai tekemällä se jälleen kelluvaksi. Jälkimmäinen tapahtuisi paikallistamalla vaurio, pumppaamalla kaksoisrungon vedellä täyttyneisiin osiin ilmaa ja tukkimalla vuoto. Myös nämä vaihtoehdot tietäisivät riskien ottoa. Rungon vaurioiden laajuutta ei tiedetty jokiveden sameuden takia. Näkyvyys oli sukeltajille lähes olematon. Proomun siirtäminen vaarallisen lastin kera virtaavassa vedessä voisi rasittaa runkoa vaarallisella tavalla ja lisäksi aiheuttaa raskaan happolastin ei-toivottua liikehdintää. Vaihtoehto, johon lopulta päädyttiin, oli hitaasti ja hallitusti pumpata happo vesistöön proomun pysyessä paikallaan pohjalla (kuva 9.86).



Kuva 9. 86 Mammuttipumpun käyttö uponneen proomun tyhjentämiseen rikkihappolastista.



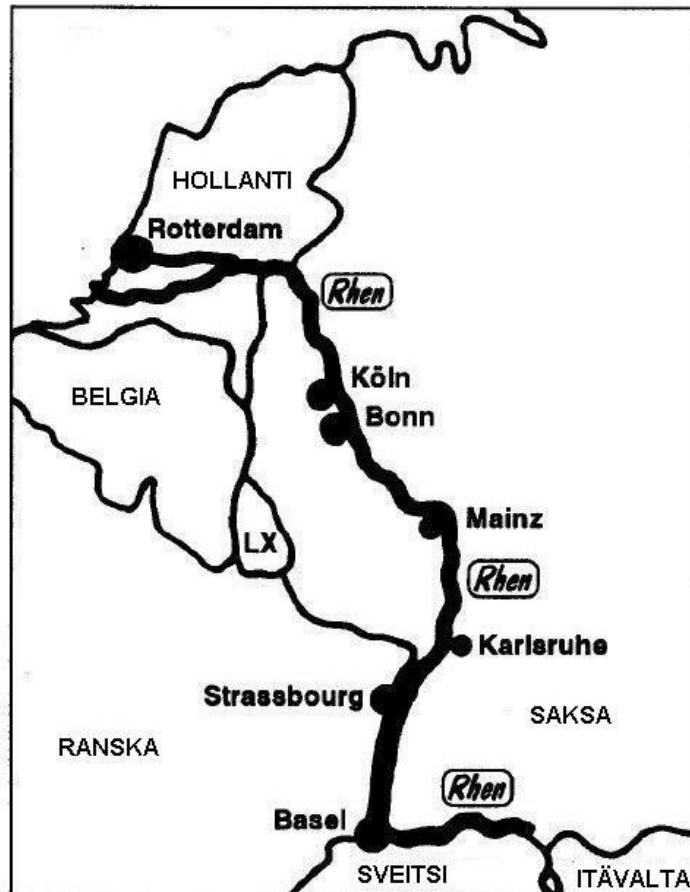
Kuva 9. 87 Paineilma tuotiin pumppausputken sisällä olevaa letkua pitkin.

Pelastusoperaation johto valitsi mammuttipumpun pumppujärjestelmäksi (kuvat 9.86 – 9.87, vrt. myös kohdat 9.2.2.5 ja kuva 9.58 – 9.59). Tavallisesta tavasta poiketen, jossa paineilma tuodaan pumppausputken ulkopuolella olevaa letkua pitkin, paineilmaletku oli itse pumppausputken sisällä kuvan 9.87 mukaisesti. Pumppausnopeus säädettiin paineilmalla ja se sovitettiin jatkuvasti alavirran puoleisten pH-mittaustulosten mukaan. Vaatimuksena oli, että joen pH-arvo ei koskaan saanut alittaa arvoa 6 90 metrin päästä proomusta. Kun pumppaus säädettiin niin, että pH-arvo oli 6 kyseisessä kohdassa, vastaava luku 370 metrin päässä oli 7,5. Pumppaus suoritettiin vuorokauden valoisina tunteina ja kesti 5 päivää. Vesi, joka virtasi proomuun poistetun hapon tilalle, kerrostui jäljelle olevan hapon päälle aiheuttamatta havaittavaa reaktiota.

Mitään kaloihin tai ympäristöön kohdistuneita vahinkoja ei havaittu sen kummemmin operaation aikana kuin sen jälkeenkään.

9.4.3 Sandozin onnettomuus Rein-joella

Sveitsiläisen kemiankonsernin Sandoz AG:n Baselin lähitöllä olevassa varastossa syttyi tulipalo 1. marraskuuta 1986 (viite 5.111). Alkusammutus vaahdolla ei onnistunut ja palo laajeni. 400 palomiestä 15:sta palokunnasta onnistuivat sammuttamaan palon 5 tunnissa suihkuttamalla yhteensä 6000 m³ vettä palavaan rakennukseen.



Kuva 9. 88 Rein on Länsi-Euroopan suurin joki.

Palossa muodostui vaarallisia kaasupilviä, jotka kulkeutuivat Baseliin. Ensimmäistä kertaa sitten toisen maailmansodan annettiin katastrofihälytys Baselissa ja sen lähistöllä olevissa kaupungeissa. Radiosta ja kaiutinautoista kehoitettiin asukkaita pysymään sisätiloissa, pitämään ikkunat ja ovet suljettuina ja odottamaan lisätietoa. Seudulla liikennöiviä linja-autoja ja junia pysäytettiin ja moottoritie Zürichistä Baseliin suljettiin.

Sammutusvesi vei mukanaan useita tonneja vaarallisia kemikaaleja mm. elohopea- ja fosforiyhdisteitä sekä nitrofenoleja Reiniin. Onnettomuuden laajuus aiheutti alussa suurta hämmennystä pelastustoiminnan johdolle. Onnettomuudesta ei tiedotettu riittävän nopeasti lähimmille paikkakunnille naapurimaissa. Tämän takia saastuivat monet viereisistä kanavista, esim. Ranskassa, koska sulkuja ei ehditty sulkea ajoissa. Oli myös hankalaa saada nopeasti tarkkoja tietoja Sandozilta, mitä kemikaaleja palaneessa varastossa oli säilytetty.

Elämä joessa vahingoittui pahoin, erityisesti Reinin yläjuoksulla Baselin ja Karlsruhen välillä (kuva 9.88). Valtava määrä kaloja ja muita eliöitä kuoli. Televisioyhtiöt ympäri maailman näyttivät dramaattisia kuvia, kun tonneittain kuolleita ankeriaita nostettiin joesta haudattaviksi. 20 miljoonan ihmisen juomavedenotto suljettiin. Hollannissa säädettiin joen sulkuja niin, että kaikki vesi virtasi suoraan Pohjanmereen.

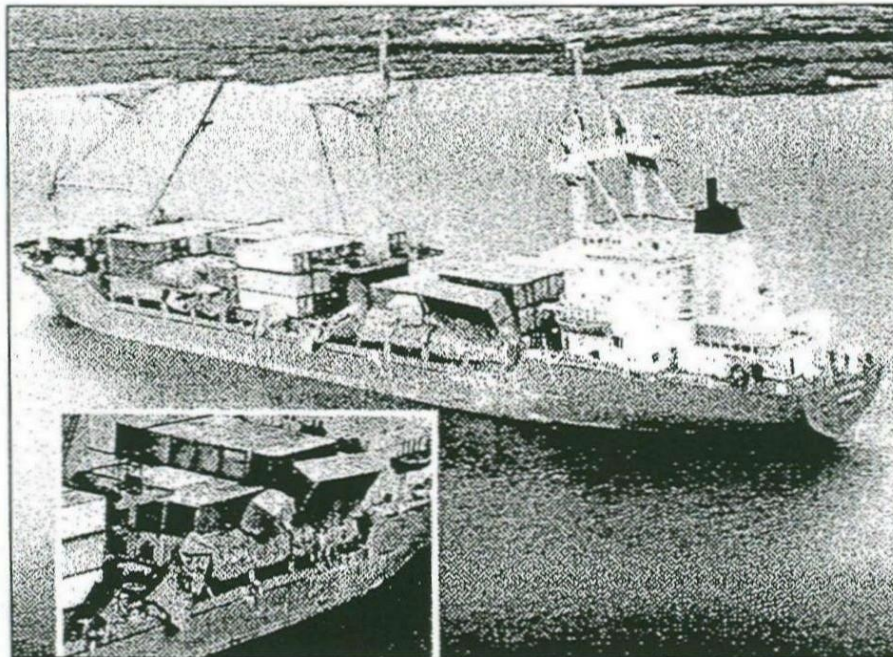
Eräät ekologit väittivät, että onnettomuus oli tuhonnut viimeisen 10 vuoden työn joen biologisen järjestelmän palauttamiseksi entiselleen. Onnettomuus aiheutti suuren kohun koko Euroopassa. Se pidettiin Euroopan suurimpana ei-ydinonnettomuutena pitkään aikaan.

Eräitä johtopäätöksiä ja kokemuksia onnettomuudesta:

- Mittavien tutkimusten jälkeen Sveitsin poliisi ja Sandoz ilmoittivat, että syynä ei ollut sabotaasi.
- Palanneen varaston turvallisuudessa oli useita vakavia puutteita. Siinä ei ollut savuilmaisimia eikä sprinklerijärjestelmää.
- Ympäristökatastrofista oltaisi välttytty, jos varaston ympärillä olisi ollut vallitila sammutusveden keräämiseen.
- Rutiinit naapurimaiden ja alavirran paikkakuntien hälyttämiseksi toimivat huonosti.
- Onnettomuuden jälkeen raportoitiin useita pieniä teollisuuden kemikaalipäästöjä – raportointiin vaikutti luultavasti tuore kiinnostus Reinin ympäristöasioihin.
- Sveitsin viranomaiset pitivät onnettomuuden jälkeen riittämättömänä, että kemianteollisuus hoiti turvallisuutensa ilman viranomaisten valvontaa.

9.4.4 Mississippi-jokeen uponneet torjunta-aineet

22. heinäkuuta vuonna 1980 ajoi kaksi laivaa yhteen Mississippi-joen suulla Louisianassa Yhdysvalloissa (viite 5.63). Länsisaksalainen konttialus Testbank vaurioitui niin, että osa sen kemikaalilastista pääsi veteen ja ilmaan (kuva 4.6). Bromivetyä alkoi vuotaa puhjenneista terässäiliöistä ja valkoinen syövyttävän kaasun pilvi muodostui laivan ympärille. Miehistö sulki ilmanvaihtojärjestelmän ja meni kannen alle suojaan. Pilvi kulkeutui tuulen mukana pienehkön taajaman yli, josta poliisi evakuoiti 75 asukasta. Henkilövahingoilta välttyttiin.



Courtesy of Taylor Diving & Salvage Company, Inc., USA

Kuva 9. 89 Konttialus Testbank törmäyksen jälkeen.

Törmäyksessä vahingoittui 8 kemikaaleja sisältänyttä konttia, joista 4 putosi laidan yli ja upposi 11 metrin syvyydelle. Jälkimmäisissä oli 3 bromivetyä sisältänyttä terässäiliötä sekä 16 tonnia pentakloorifenolia (PCP) 700:ssa 23 kg:n säkissä. PCP

on torjunta-aine, joka on myrkyllinen sekä ihmisille että ympäristölle. Onnettomuuspaikan ympäri muodostettiin vaara-alue, jolla asiaton veneily kiellettiin.

Onnettomuus herätti valtavaa huomiota ja oli paikallisten uutisten tärkein aihe koko 35 päivää kestäneen operaation ajan. Louisianan kuvernööri vakuutti huolestuneille asukkaille, että kaikki mahdollinen tehtäisiin vaarallisen lastin nostamiseksi.

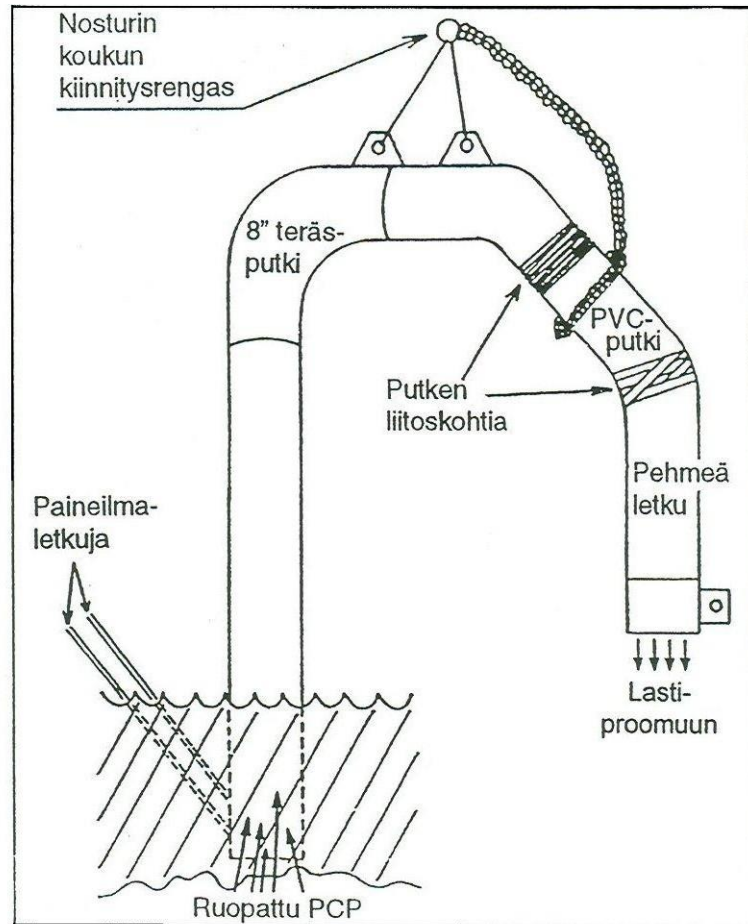
Uponneen lastin paikallistaminen sameassa jokivedessä osoittautui hyvin vaikeaksi. Pohja-alue kartoitettiin piirtureilla varustetuilla kaikuluotaimilla useaan kertaan. Etsintöjä täydensivät sukeltajat, jotka tutkivat epäilyttävät pohjakaiut. Sukellustyöt helpottuivat huomattavasti, kun paikalle saatiin porauslautta. Se pysyi paikalla kolmen pohjaan ylettyvän tukijalan varassa ja toimi sukeltajien tukikohtana.

Viiden tuloksettoman päivän jälkeen otettiin käyttöön useita eri laitteita, mm. magnetometrejä, viistokaikuluotaimia ja useita kaikuluotaimia. Laite, jolla lopulta 8 päivän jälkeen saatiin tuloksia, oli sektorikaikuluotain, joka tuotti värikoodattuja kuvia pohjasta suurella erottelukyvillä. Se oli Chromascope-merkkinen nk. fishfinder-laite, joka pienen painonsa takia, vain 12 kg, oli helposti käytettävissä pienistä veneistä käsin.

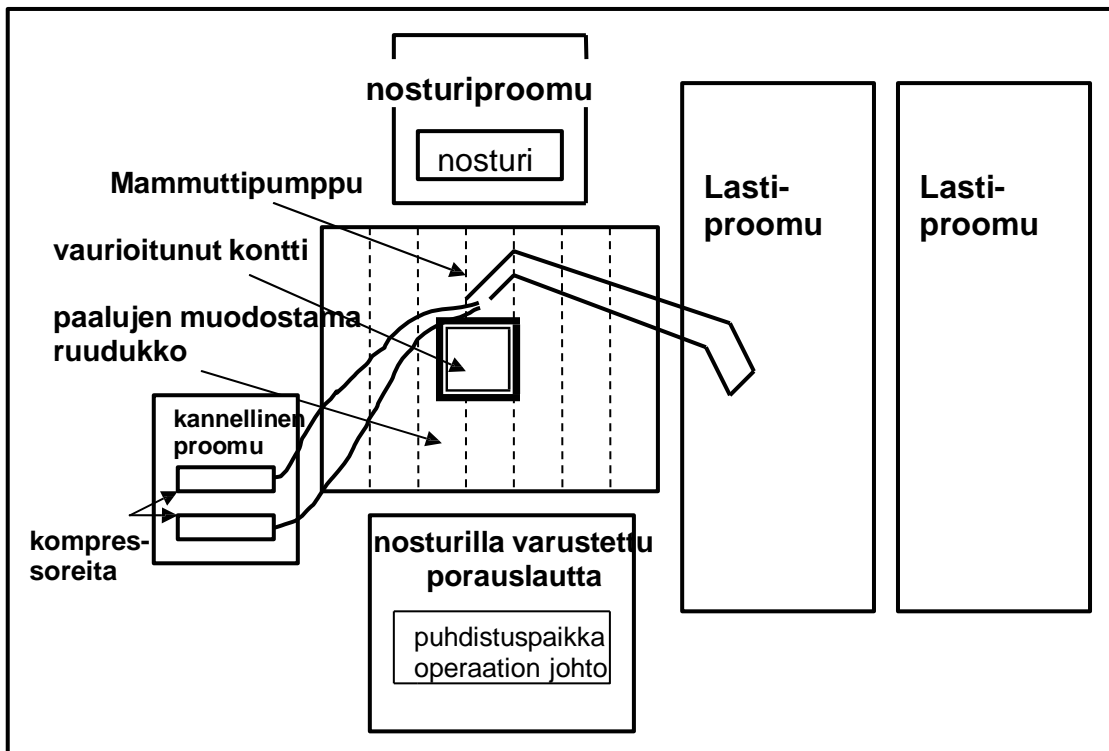
Tutkimukset joen pohjalla osoittivat, että PCP:tä sisältänyt kontti oli hajonnut. Säkit olivat levinneet kontin ympärille alueelle, jonka säde oli 15 m. Vesi oli pehmittänyt niitä niin, että ne hajosivat helposti. Oli selvää, että kemikaalit piti ruopata ja tarkoitukseen valittiin mammuttipumppu (kuva 9.90, vrt. myös luvut 9.2.2.5 ja kuvat 9.58 – 9.59).

Työ aloitettiin merkitsemällä työalue pohjaan juntatuilla paaluilla. Ne muodostivat 25 x 35 m kokoisen ruudukon ja toimivat paikallistamisen apuna ruoppauksen ajan (kuva 9.91). Alueen vieressä oli 1) nosturiproomu vaurioituneen kontin nostamiseen, 2) paikallistamisessa käytetty porauslautta, jonka nosturilla nyt pidettiin kiinni mammuttipumppua, 3) kompressoriproomu, joka syötti paineilmaa mammuttipumppuun ja 4) lastiproomuja, jonne ruopattu aine pumpattiin.

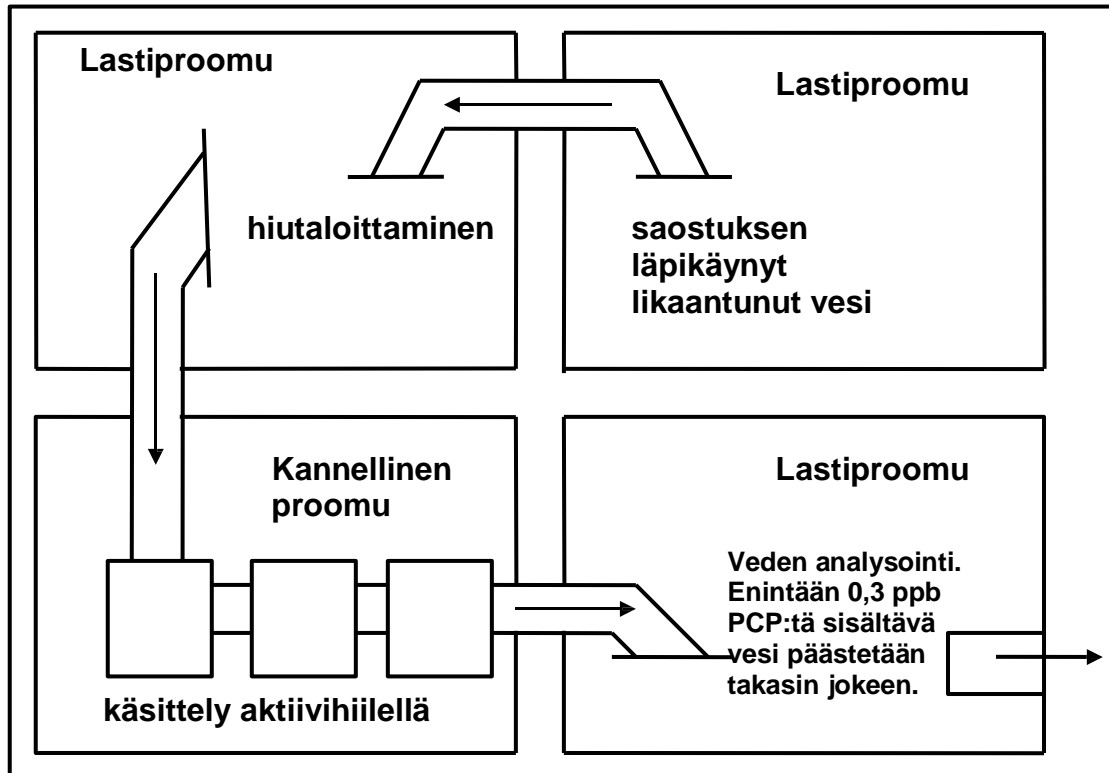
Vaurioitunut kontti nostettiin ja todettiin tyhjäksi. Tutkimalla alue Chromascope-laitteella saatiin PCP-esiintymät tarkkaan kartoitettua. Ruopatun aineen käsittelyä ja veden puhdistusta varten ennen sen laskemista takaisin jokeen rakennettiin kuvan 9.92 mukainen proomujärjestelmä. Ruoppaus aloitettiin 10 päivää onnettomuuden jälkeen.



Kuva 9. 90 Mammuttipumppu, joka käytettiin pohjalla olleen pentakloorifenolin ruoppaamiseen.



Kuva 9. 91 Onnettomuuspaikan ruopausjärjestelmä.



Kuva 9. 92 Veden puhdistus saostamalla, hiutaloittamalla ja aktiivihiiltä käyttämällä.

Ensimmäisellä proomulla tehdyn saostuksen jälkeen (kuva 9.92) vesi pumpattiin seuraavaan proomuun, jossa se puhdistettiin hiutaloittamalla. Seuraavaksi vesi pumpattiin kannelliselle proomulle, jossa loppupuhdistus suoritettiin aktiivihiilellä suodatinjärjestelmässä. Lopuksi vesi testattiin neljännellä proomulla ja vain enintään 0,3 ppb PCP:tä sisältävä vesi päästettiin takaisin jokeen. Yhteensä 1100 tonnia saastunutta liejua otettiin talteen ja kuljetettiin erityisiin vastaanottolaitoksiin. Lukuun ottamatta lyhyitä taukoja, jolloin proomuja siirrettiin, ruoppaustyöt kestivät 9 päivää. Noin 90 % pohjaan vajonneesta PCP:stä onnistuttiin nostamaan.

Koko operaation ajan (päivästä 1 päivään 35) työn johto kasvoi sekä lukumäärällisesti että asiantuntemuksen osalta. Paikalla oli nostotekniikan, sukelluksen, henkilösuojaimien, ympäristötutkimuksen ja toksikologian asiantuntijoita. Nostotyön lisäksi seuraavat tehtävät vaativat paljon valmistelua ja resursseja:

- törmänneiden alusten raivaaminen ja puhdistaminen
- henkilöiden puhdistaminen aluksilla ja ruoppauspaikalla
- toimintaan osallistuneen henkilökunnan (240 henkilöä) terveydentarkistukset

Loppupäätelmiä operaatiosta:

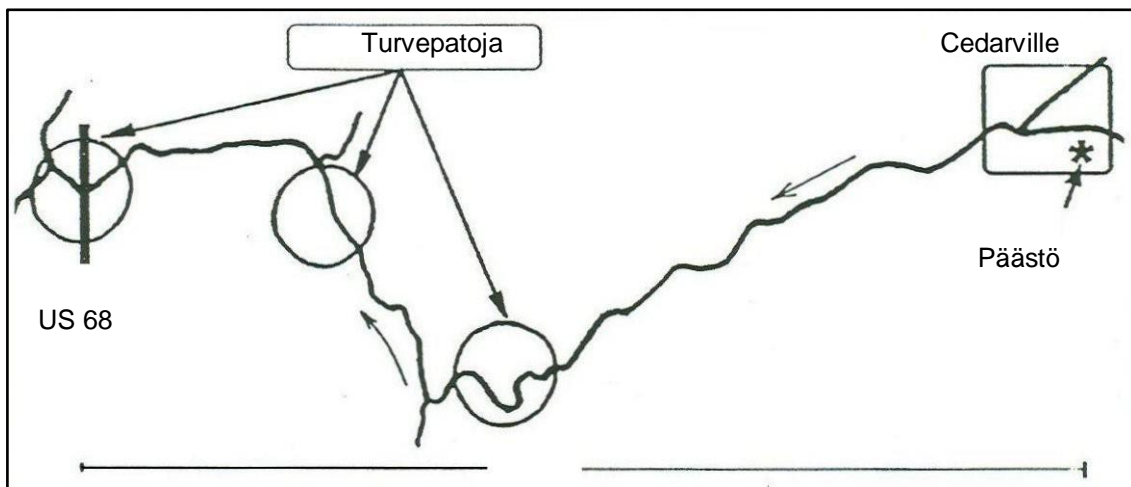
- Käytetty sektorikaikuluotain (Chromascope Color Video Fishfinder) osoittautui erinomaiseksi apuvälineeksi pohjalla suoritettavaan etsintään.
- Mammuttipumppu on tehokas laite pohjalla makaavan rakeisen aineen nostamiseen kun syvyys ei ole liian suuri (tässä 11 m).
- Tiedotusvälineet kiinnittävät suurta huomiota tämän tyyppisiin tapahtumiin ja aiheuttivat hätäntymistä paikallisten kalastajien ja heidän perheiden keskuudessa. Onnettomuus asetti suuria vaatimuksia pelastustyön johdon kyvyille antaa asiallista tietoa ja rauhoittaa järkyttyneitä ihmisiä.

9.4.5 Ammoniakkipäästö jokeen

2. päivä toukokuuta vuonna 1977 katkesi letku, jota pitkin pumpattiin nesteytettyä ammoniakkia säiliöautosta tilasäiliöön Cedarvillessa Yhdysvaltojen Ohiossa (viite 5.81). 16 m³ ammoniakkia virtasi maahan. Katkeamisen syynä oli se, että käytettiin vääränlaista letkua – se oli tarkoitettu nestekaasulle.

Paikallinen palokunta tuli paikalle ja suihkutti vettä onnettomuuspaikalle. Tämän jälkeen oletettiin virheellisesti, että vaara oli ympäristön kannalta ohi ja ilmoitettiin osavaltion viranomaisille, ettei ammoniakkia ollut päässyt lähistöllä olevaan Massie- jokeen.

Tarkemmat tutkimukset seuraavana päivänä osoittivat, että palokunnan suihkuttama vesi oli liuottanut suurimman osan ammoniakista ja huuhtonut sen viereiseen kosteikkoon, josta se valui Massie-jokeen. Suuria määriä kuolleita kaloja nousi pintaan. Vuorokauden sisällä olivat kaikki kalat ja lähes kaikki pienet eläimet kuolleet usean kilometrin matkalta alavirtaan. Mittausten mukaan vedessä oli 36,4 mg/ml ammoniakkipitoisuus, josta laskettiin, että ionisoitumatonta (toksista) ammoniakkia oli 1,16 mg/l (9.2.1.4). Oli selvää, että oli tapahtunut paha ympäristöonnettomuus ja että alueet kauempana alavirtaan olivat uhattuja (kuva 9.93).



Kuva 9. 93 16 m³ nesteytettyä ammoniakkia on päässyt jokeen.

Oli toimittava ripeästi ja ympäristöviranomaiset ymmärsivät, että oli tärkeää saada joen pH-arvo laskemaan. PH-arvon lasku yhdellä vähentäisi eläinten kuolemaa kymmenekseen. Ensimmäisenä toimenpiteenä rakennettiin pato turpeesta. Tälle toimenpiteelle annettiin etusija koska turve 1) laskee pH-arvoa samalla hieman puskuroiden vettä, 2) imee osan ammoniakista ja 3) oli alueella nopeasti saatavana. 15 tuntia päästön jälkeen ensimmäinen turvepato oli valmis pari kilometriä onnettomuuspaikan alapuolella (kuva 9.93).

Pato koostui 1) joen pohjaan juntatuista paaluista, 2) paaluihin kiinnitetystä kanaverkosta, 3) verkkoon levitetystä oljesta ja 4) tämän päälle levitetystä turpeesta. Patoon käytettiin noin 4 kuutiometriä turvetta.

Eläinkuolemat jatkuivat ja pelastushenkilökunta päätti laskea joen pH-arvoa suolahapolla. Kyseinen happo valittiin koska se oli edullinen ja helposti saatavissa. Suolahappo on tehokas pH-arvoa laskeva aine, jonka reaktiotuote, ammoniumkloridi, on eläimille huomattavasti vähemmän vaarallinen kuin ammoniakki.

Sinä aikana, kun happoa hankittiin, rakennettiin vielä kaksi turvepatoa alavirtaan ensimmäisestä padosta. Kaikki kolme patoa sijaitsivat sellaisilla paikoilla, joissa joen vesi oli matala (noin puoli metriä). Jälkeenpäin voitiin todeta, että padot olivat olleet operaatiolle hyödyllisiä. Turve imi osan ammoniakista, joka siirtyi takaisin veteen, kun sen pitoisuus vedessä laski. Turve laski myös veden pH-arvoa kuten oli odotettukin.

Yhteensä 8 m³ väkevää suolahappoa kaadettiin jokeen 5 - 6 tunnin aikana. Paikaksi valittiin valtatie US 68 (kuva 9.93), jonka kohdalla joen vesi sekoittui tehokkaasti. Veden sekoittuminen selvitettiin ensiksi voimakkaalla väriaineella (Rodamiini). Hapon lisääminen laski veden pH-arvoa yhdellä, jolloin ammoniakkin toksisuuden eläimille arvioitiin pienenevän kymmenenteen osaan.

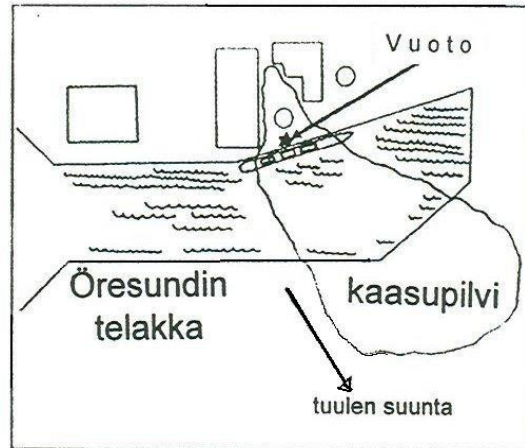
Kaikki kalat ja lähes kaikki muut pienet eläimet kuolivat 13 km:n pituiselta matkalta päästöpaikan ja US 68:n välillä ammoniakkipäästön seurauksena. Yhteensä laskettiin 140 000 kuollutta kalaa ja useita satojatuhansia muita eläimiä. Hapon lisääminen pelasti eläimet US 68:n alapuolella.

Onnettomuudesta saatuja kokemuksia:

- Kun pumpataan kemikaaleja (esim. ammoniakia), on käytettävä niille tarkoitettuja varusteita. Tässä tapauksessa käytettiin vääränlaista letkua.
- Ensimmäinen raportti osavaltion viranomaisille oli virheellinen. Siinä aliarvioitiin päästön määrä ja ympäristövaikutukset, mikä viivytti toimenpiteitä.
- Kun palokunta tuli paikalle, suurin osa ammoniakista oli viereisessä kosteikossa. Sen nopea patoaminen olisi merkittävästi vähentänyt tarvittavia jatkotoimenpiteitä.
- Suolahapon ja turpeen käyttö auttoi hyvin tehokkaasti vähentämään kalakuolleisuutta. Toimenpiteet osoittivat, että veteen sekoittunutta päästöä on mahdollista käsitellä.
- Ammoniakin toksisuus on paljon aikaisemmin raportoitua korkeampi. Tässä onnettomuudessa kalat kuolivat dissosioitumattoman ammoniakkin pitoisuuden ollessa 0,13 - 0,34 mg/l (kokonaispitoisuus 10,8 - 28,2 mg/l).

9.4.6 Ammoniakkipäästö säiliölaivasta

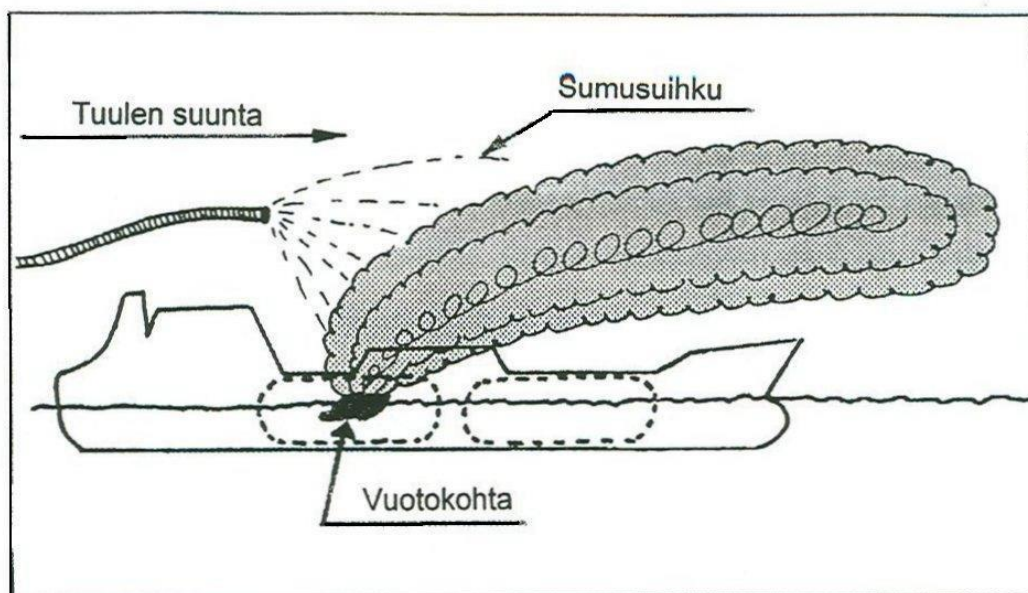
Pian keskiyön jälkeen 17. tammikuuta 1976 tapahtui Ruotsissa Landskronan satamassa kesken nestemäisen ammoniakkilastin purkamista letkurikko belgialaisessa René-nimisestä kaasusäiliöaluksessa (viitteet 5.108, 5.109 ja 5.110). Vuoto huomattiin hetken kuluttua ja laivan seitsenhenkisen miehistö poistui kiireesti aluksesta. Kapteeni ja ensimmäinen perämies kaatuivat laiturille ja menehtyivät kaasumyrkytykseen. Ammoniakki muodosti kaasupilven, joka kulkeutui tuulen mukana viereiselle Öresundin telakka-alueelle (kuva 9.94). Telakka-alueella ei tähän aikaan ollut ihmisiä.



Kuva 9. 94 Valkoinen kaasupilvi kulkeutui tuulen mukana.

Kun pelastushenkilökunta Landskronasta saapui paikalle, alusta ympäröi valkoinen kaasupilvi ja nestemäistä ammoniakkia suihkusi laiturille. Näkyvyys parani, kun kaasupilveä suihkutettiin sumusuihkuilla (kuva 9.95), jolloin savusukeltaja pystyi menemään laivaan sulkemaan vuotopaikan venttiilit ja vuoto lakkasi. Ammoniakkia oli vuotanut 160 - 180 tonnia noin 50:n minuutin aikana.

Letkurikon syynä oli vääränlainen letku. Se oli tarkoitettu propaanille ja butaanille (nestekaasulle) ja sen polyesterivahvistus oli heikentynyt syövyttävän ammoniakin vaikutuksesta.

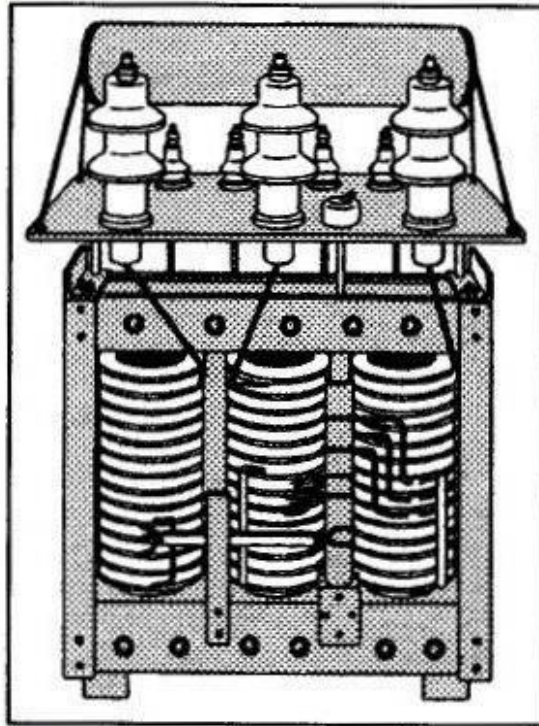


Kuva 9. 95 Kaasupilveä hälvennettiin vesisumulla, jotta näkyvyys parani niin paljon, että pelastushenkilökunta pystyi menemään alukseen pysäyttämään vuodon.

9.4.7 PCB-päästö jokeen

Nosturilla suoritetun lastauksen yhteydessä 13 syyskuuta 1974 putosi muuntaja laiturille Seattlessa Yhdysvaltojen Washingtonin osavaltiossa (viite 5.91). Putous oli

vain 60 cm mutta muuntaja vaurioitui niin, että sen jäähdytysaine valui laiturille ja Duwamish-jokeen. Jäähdytysaineena oli polykloorattuja bifenyylejä – PCB. Muuntaja oli noin 2 x 2 x 2 m kokoinen ja sisälsi noin 1000 litraa PCB:tä (kuva 9.96).



Kuva 9. 96 Muuntaja ja ylimpänä sen PCB-säiliö.

Vasta neljän päivän kuluttua pelastuspalvelulle selvisi, että päästö sisälsi PCB:tä. Sukeltajat huomasivat PCB-lammikoita joen pohjalla 15 metrin syvyydessä alueella, joka ulottui 100 m:n etäisyydelle laiturista.

PCB-päästön poistamista suunniteltaessa operaation johto arvioi kolmea vaihtoehtoista menetelmää. Yhdessä vaihtoehdossa raskassukeltaja veisi pumppauslaitteiston pohjaan ja pumppaisi kemikaalin pois. Arvioitiin, että tähän tarvittaisiin 400 m³:n proomu. Tämän jälkeen pohjalieju pitäisi käsitellä vastaanottolaitoksella ja vesi puhdistaa.

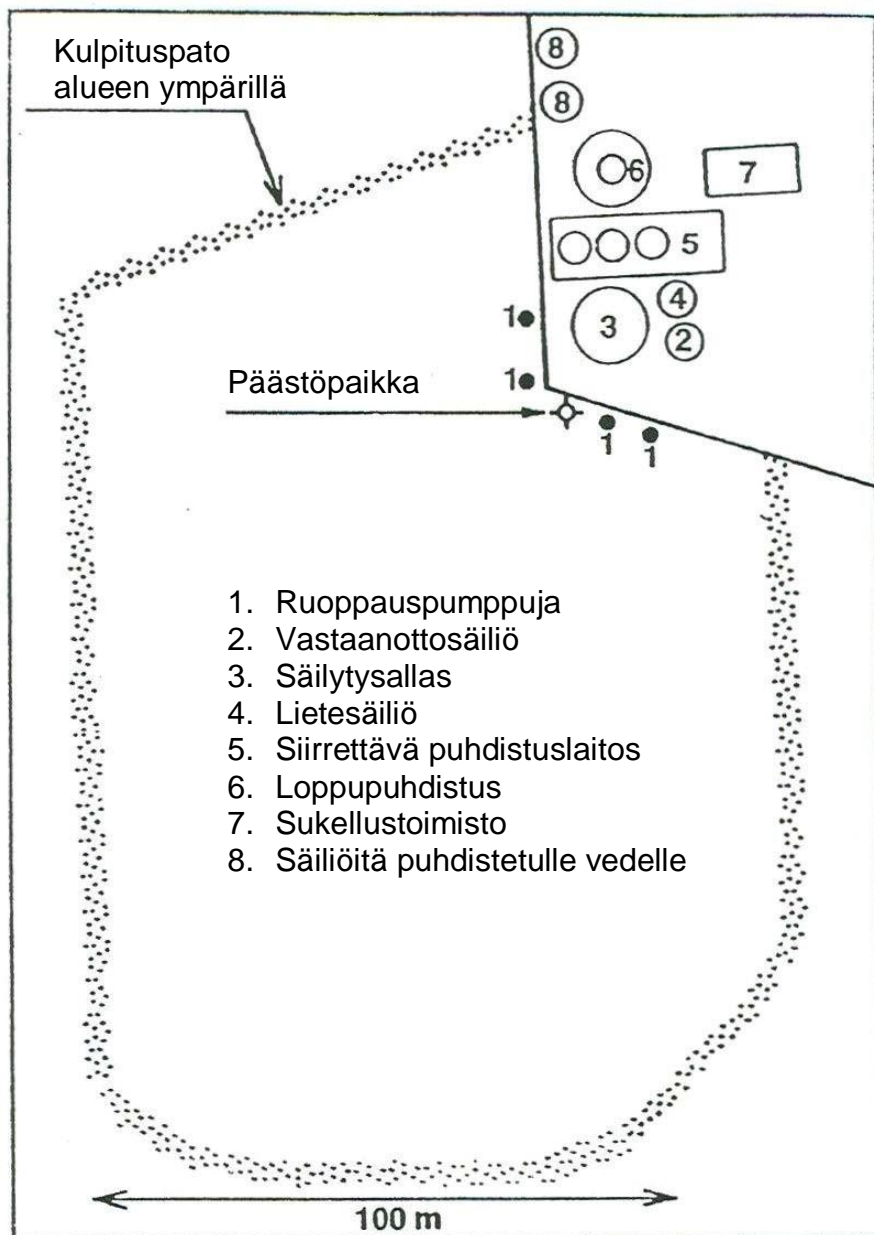
Toisen vaihtoehdon mukaan kevytsukeltajat käyttäisivät pieniä kädessä pidettäviä ruoppauspumppuja, joilla he nostaisivat vesi/lieju-sekoitusta selkeytysäiliöihin. Tämän jälkeen vesi puhdistettaisiin EPA:n siirrettävissä puhdistuslaitoksissa (kuvat 9.97 ja 9.98). Pelastusoperaation johto piti kuitenkin parhaana kolmatta vaihtoehtoa, jossa käytettäisiin pneumaattista ruoppaajaa 55 cm ruoppausleveydellä (9.2.2.5, kuva 9.54).

Ensimmäisten suunnitelmien mukaan piti nostaa 30 000 m³ PCB:n saastuttamaa liejua ja vettä ja kuljettaa tämä joessa aivan onnettomuuspaikan lähistöllä olevalle pienelle saarelle. Operaatio vaatisi usean suuren altaan kaivamista saarelle. Geologinen tutkimus osoitti, että altaiden pohjat tulisi tehdä tiiviiksi, koska maaperä ei muuten pystyisi pidättämään saastunutta vettä. Huomattiin, että altaiden rakentaminen kestäisi kuukauden, mikä tulisi kalliiksi. Näiden tietojen perusteella päädyttiin EPA:n siirrettävään puhdistuslaitokseen.

Onnettomuuspaikka joessa ympäröitiin kuplituspadoilla (kuva 9.97). Tällä oli kaksi tarkoitusta. Toisaalta estää vaeltavia kaloja uimasta lähelle myrkyllistä päästöä, toisaalta estää PCB:n leviämistä virtaavan jokiveden ja säännöllisten vuorovesivirtausten vaikutuksesta.

EPA:n siirrettävä puhdistuslaitos saapui 9 lokakuuta ja ruoppaustyö päästiin aloittamaan 12.10. Ensiksi käytettiin upotettavia yksinkertaisia kalvopumppuja, jotka eivät suoriutuneet tehtävästään ja vaihdettiin kahteen tehokkaampaan kalvopumppuun.

Nostettu aine selkeytettiin ja puhdistettiin laiturilla olleessa, säiliöistä ja altaista koostuneessa järjestelmässä. Loppupuhdistus suoritettiin siirrettävässä puhdistuslaitoksessa (kuva 9.97). Pumppaus kesti 20 vuorokautta ja operaation kulut nousivat 150 000 USD:iin.



Kuva 9. 97 Onnettomuuspaikka ja siihen pystytetty kuplituspato, ruoppauspumppuista sekä selkeytys- ja puhdistuslaitteistosta koostuva järjestelmä.

9.4.8 Siirrettävän järjestelmän käyttö lammen puhdistukseen torjunta- aineesta

Rankan sateen jälkeen 24 heinäkuuta 1974 alkoi kaloja kuolla Allentownin kaupungin raakavesialtaassa Yhdysvaltojen Pennsylvanian osavaltiossa (viite 5.92). Patoallas sijaitsi New Jersey osavaltion puolella. Kalojen kuolemat jatkuivat ja tapahtuma tuli viranomaisten tietoon 9. elokuuta. Tutkimus osoitti, että eräs torjunta-aine, dinitrobutyylifenoli (DNBP), oli päässyt altaaseen sadeveden mukana. Ainetta sai käyttää vain laimennettuna, mutta sitä oli 21. heinäkuuta käytetty laimentamattomana rikkaruohon torjuntaan läheisellä sorapintaisella pysäköintialueella.

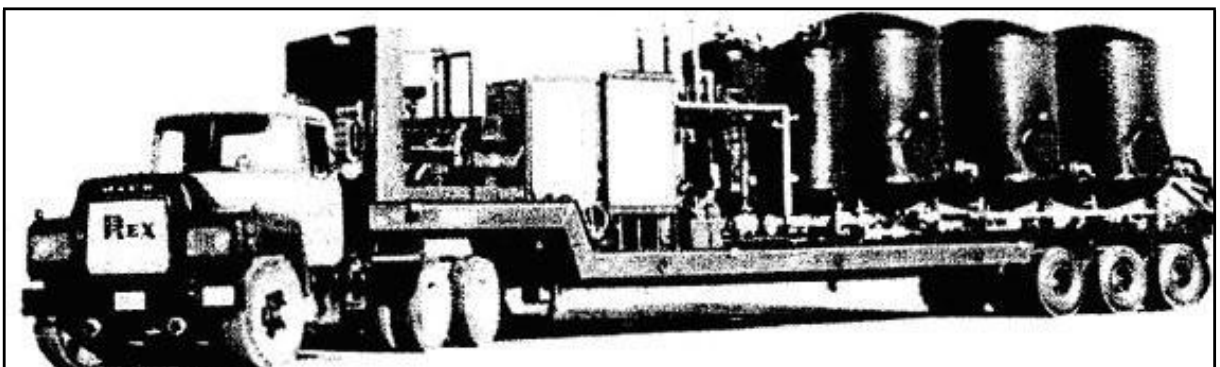
Pysäköintialueella oli vielä torjunta-ainetta näkyvillä. Päälimmäistä sorakerrosta kuorittiin 14 m³, joka vietiin erityiselle vastaanottolaitokselle. Myös syvemmillä maaperässä torjunta-ainetta oli jäljellä ja lammen vedessä pitoisuus oli 8 ppb.

Oli kaksi toimintavaihtoehtoa. Toisessa pidettäisiin vesi altaassa ja mikrobien sekä valokemiallisten prosessien annettaisiin hajottaa torjunta-aine luonnollisesti. Toisessa käytettäisiin aktiivihiltä veden puhdistamiseen. Tämän jälkeen hiili poltettaisiin valvotusti.

Torjunta-aineen valmistajan tietojen mukaan aineen hajoaminen luonnossa kestäisi yhdeksän kuukautta. Olisi mahdotonta sulkea allas näin pitkäksi ajaksi suuren sadevesimäärän takia. Päädyttiin siten aktiivihillen käyttöön.

Yhdysvaltojen ympäristönsuojeluvirastolla (EPA) on perävaunuun sijoitettu vedenkäsittelylaitos (viite 5.92), joka voidaan nopeasti kuljettaa eri paikkakunnille (kuva 9.98). Perävaunun tiedot ovat:

Pituus	15 m	Käsittelykapasiteetti	1100 m ³ /vrk
Leveys	2,5 m	Generaattori (bensiniikäyttöinen)	100 kW
Kokonaispaino	43 tonnia	Kustannus	\$ 250 000



Courtesy of US Environmental Protection Agency

Kuva 9. 98 Siirrettävä vedenpuhdistuslaitos.

Perävaunussa on erilaisia suodatinjärjestelmiä veteen sekoittuneille aineille sekä aktiivihiilikolonneja, jotka voivat absorboida monen tyyppisiä liuenneita orgaanisia aineita. Siinä on myös neutralointi- ja hiutaloittamisjärjestelmät.

Järjestelmä otettiin ensimmäistä kertaa käyttöön nostettaessa kreosoottia Little Menomonee -joesta vuosina 1972 ja 1974 (viite 5.99). Paikka sijaitsee Milwaukeeissa Wisconsinin osavaltiossa. Tästä operaatiosta saatujen kokemusten perusteella järjestelmää muutettiin. Milwaukeeessa tehty muutostyö oli lähes valmis, kun hälytys Allentownista tuli.

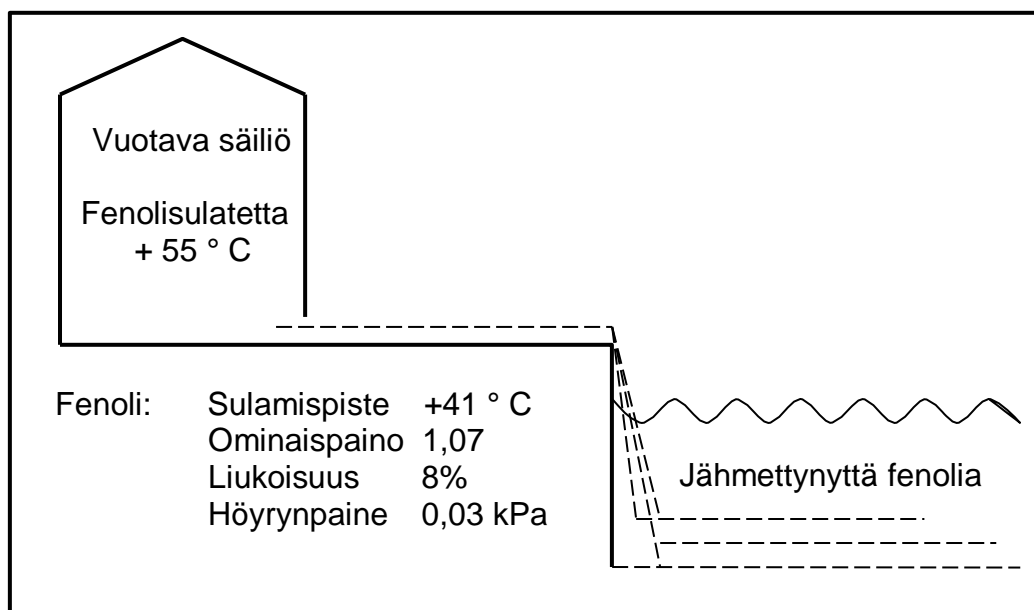
Altaan vettä aloitettiin käsitellä 14. elokuuta. Vesi otettiin siitä päästä allasta, jossa torjunta-ainepitoisuus oli suurin (noin 8 ppb) Se johdettiin takaisin lähellä altaan suuta, jossa oli alhainen pitoisuus (noin 0,002 ppb). Töitä tehtiin vuorokauden ympäri ja ne saatiin päätökseen 22. elokuuta.

Puhdistustöiden aikana huuhdeltiin pysäköintipaikalla jäljellä olevat torjunta-aineet lamasta otetulla vähän saastuneella vedellä. Huuhteluvesi kerättiin toimenpidettä varten kaivettuun kaivoon ja kuljetettiin siirrettävään puhdistuslaitokseen.

Muutamia kuukausia myöhemmin tätä samaa siirrettävää puhdistuslaitosta käytettiin Plainsissa Virginian osavaltiossa lamman puhdistamiseen Toxafen-nimisestä torjunta-aineesta (viite 5.93).

9.4.9 Fenolipäästö Göteborgin satamassa

13 tammikuuta 1973 Göteborgin satamassa puhkesi fenolisäiliö (viite 5.101). 420 m³ 55-asteista fenolisulatetta valui laiturille ja satama-altaaseen (kuva 9.99). Satama-altaan pohjalle jäi noin 340 m³ jähmettynyttä fenolia.



Kuva 9. 99 Fenolin fysikaaliset ominaisuudet.

Paikalle tullut pelastushenkilökunta onnistui keräämään ojiin ja viemäreihin 70 m³ fenolia, joka ei vielä ollut jähmettynyt. Laiturille jähmettyneen fenolin ympärille perustettiin vaara-alue, jonka säde oli 50 m. Työhön osallistunut henkilökunta käytti suoja-asuja ja turvapaineisia paineilmahengityslaitteita.

Sukeltajat saivat selville, että jähmettynyttä fenolia oli 25 x 40 m alueella aivan laiturin edessä. Fenoli nostettiin kahmareilla parissa päivässä. Se oli likaantuneen jään näköistä ja koostui isoista (osa keskisuurista), parikymmentä senttimetriä paksuista lohkoista. Proomuihin nostettiin yhteensä noin 1000 m³ fenolia ja fenolipitoista lietettä. Likaantuneiden fenolilohkojen määrä arvioitiin vajaaksi 400 m³:ksi. Lohkot erotettiin toisistaan ja sulatettiin uudelleenkäyttöä varten. Saastunut ruoppausliete sijoitettiin tilannetta varten hankitulle betonilaatalle fenolijäänteiden luonnollista hajoamista odotellen.

Jonkin aikaa onnettomuuden jälkeen tehdyn ympäristötutkimuksen mukaan jäljelle jäänyt fenolipitoisuus oli hyvin alhainen, eikä tutkituissa organismeissa havaittu mitään onnettomuuden aiheuttamia vaikutuksia.

9.5 KIRJALLISUUSVIITTEET

- 5.1 **International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG-Code)**, Volym I-IV samt supplement, uppdateras fortlöpande, International Maritime Organization, London England.
- 5.2 **Miljøkonsekvenser av akutte utslipp**, Rapport 94:19, 1994, Statens forurensningstilsyn, Pb 8100 Dep, 0032 Oslo, Norge
- 5.3 **TOKEVA-instruktioner**, Finska Räddningsinstitutet och Nordiska Ministerrådet 1995, Räddningsinstitutet, Hulkontie 83, FIN-70820 Kuopio, Finland.
- 5.4 **Farligt Gods**, Pärm 1-3, uppdateras fortlöpande, Svenska Brandförsvarsförbundet, S-115 87 Stockholm, Sverige.
- 5.5 Sveriges Kemiska Industrikontor, **Skyddsblad för Kemiska Produkter**, och, Skyddsblad för Kemiska Produktgrupper, uppdateras fortlöpande, Industrilitteratur AB, Box 5513, S-114 85 Stockholm, Sverige.
- 5.6 Hommel D.G., **Handbuch der gefährlichen Güter**, Pärm 1-3 samt registerpärrn, uppdateras fortlöpande, Springer-Verlag, Berlin, Tyskland.
- 5.7 Kustbevakningen, **Räddningstjänstplan - Miljöräddningstjänst till sjöss**, Del 1-2, 1993-06-23, Karlskrona, Sverige.
- 5.8 **Kartlegging av Absorberende Midler**, Rapport 93:21, 1993, Statens forurensningstilsyn, Pb 8100 Dep, 0032 Oslo, Norge
- 5.9 Statens Räddningsverk, **Samordning av provtagning**, SRV Cirkulär 1/93 R, SRV, Karolinen, S-651 80 Karlstad, Sverige, maj 1993.
- 5.10 Sax N.I, **Dangerous Properties of Industrial Materials**, 9th edition, Van Nostrand Reinhold Company, 1993.
- 5.11 US Environmental Protection Agency, **Standard Operating Safety Guides**, Office of Emergency and Remedial Response, US Environmental Protection Agency, Washington, DC 20460, USA, 1992, NTIS Publication 9285.1-03.
- 5.12 Koops W., **Two New Tools and a Working Method for Crisis Management of Accidental Spills at Sea**, Delft University Press, 1992.
- 5.13 US Coast Guard, US Department of Transportation, **CHRIS Chemical Hazards Response Information System - Hazardous Chemical Data Manual**, US Government Printing Office, Superintendent of Documents, Mail Stop: SSOP, Washington, DC 20402-9328, USA, 1992.

- 5.14 Koponen J., Salo S. och Hirvi J.-P., **Description of a Computer Program for Chemical Spill Simulation**, Mimeograph Series of the National Board of Waters and the Environment No. 440, Helsinki, Finland, 1992.
- 5.15 Salo S., **The Fate of Chemicals Spilled on Water - A Literature Review of Physical and Chemical Processes**, Vesi-ja Ympäristöhallitus, Helsinki, Finland, 1992.
- 5.16 Stenström B., **Transportation of Packaged Dangerous Goods by Sea in the Baltic Sea Area - A Study Performed for the Baltic Marine Environment Protection Commission**, A report compiled for the Ministry of Environment Protection of Finland, juni 1992.
- 5.17 Aoustin Y. och Cabioc'h F., **Criteria for Decision Making Regarding Response to Accidentally Spilled Chemicals in Packaged Form - Hydrodynamic Aspects**, IFREMER, Centre de Brest, BP. 70, 29280 Plouzane, Frankrike, 1992.
- 5.18 Cabioc'h F., **The Behaviour and Fate of Packages Lost at Sea: A Report Based on Studies Carried Out for the French Administration and the European Commission**, CEDRE, Centre for Documentation Research & Investigation into Accidental Water Pollution Incidents, Centre de Brest, BP. 70, 29280 Plouzane, Frankrike, 1991.
- 5.19 International Maritime Organization, **Manual on Chemical Pollution - Section 2 - Search and Recovery of Packaged Goods Lost at Sea**, IMO, 4 Albert Embankment, London SE1 7SR, England 1991.
- 5.20 Stenström B., **Transportation of Packaged Dangerous Goods by Sea in the Baltic Sea Area - A Report Regarding Shipments in Swedish Ports and Waters**, ÅF-Industri teknik AB, Stockholm, Sverige, april 1991.
- 5.21 Baltic Marine Environment Protection Commission, **Manual on Co-Operation in Combatting Marine Pollution within the Framework of the Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea Area, 1974 (Helsinki Convention), Vol. III - Response to Incidents Involving Chemicals**, Helsinki Commission, Finland, April 1991.
- 5.22 Statens Räddningsverk, **Åtgärder vid olyckor med giftiga kondenserade gaser**, SRV Cirkulär 4/91 R, SRV, Karolinen, S-651 80 Karlstad, Sverige, 1991.
- 5.23 Baltic Marine Environment Protection Commission, **Study of the Risk for Accidents and the Related Environmental Hazards from the Transportation of Chemicals by Tankers in the Baltic Sea Area**, Baltic Sea Environment Proceedings No. 34, Helsinki Commission, Finland, Maj 1990.
- 5.24 Stenström B., **Transportmönster och riskbedömning avseende transport av miljöfarliga ämnen i bulk i svenska farvatten**, ÅF-Industri teknik AB, Utgåva nr 2, Stockholm, Sverige, april 1990.

- 5.25 Stenström B., **Transportmönster och riskbedömning avseende transport av miljöfarliga ämnen i bulk i svenska farvatten**, ÅF-Industri teknik AB, Utgåva nr 2, Stockholm, Sverige, april 1990.
- 5.26 Shell International, **Chemspil**, Rapporter nr HSE 90.006, HSE 90.007 och HSE 90.008, Shell Internationale Petroleum Maatschappij B.V., The Hague, Holland, 1990.
- 5.27 Harris F.S., **Hard nuts to crack**, Hazardous Cargo Bulletin, September 1990, p.71-72.
- 5.28 CAMEO, US National Safety Council, Customer Service, Box 558, Itasca IL 60143-0558, US~ telefax +1 708 285 0797.
- 5.29 Photovac Incorporated, **Microtip HL-200 User's Manual**, Photovac Inc., 25/B Jerfin, Boulevard West, Deer Park, NY 11729, USA, tel. +1 516 254 4199, fax +1 516 254 4284.
- 5.30 Raj P.K., Morris J.A. and Parnarouskis M., **A Computerized Graphics-Based Chemical Spill Response System**, 1990 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, American Institute of Chemical Engineers; National Response Team; Chemical Manufacturers Association, Houston, Texas, USA, 13-17 maj 1990, p.404-420
- 5.31 Watanabe M., **Categorization of Noxious Liquid Substances**, 1990 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, American Institute of Chemical Engineers; National Response Team; Chemical Manufacturers Association, Houston, Texas, USA, 13-17 maj 1990, p.443-456.
- 5.32 Wiltshire G.A. och Rand M., **Cargo Removal and Salvage of the Tank Barge ACO-501**, 1990 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, American Institute of Chemical Engineers; National Response Team; Chemical Manufacturers Association, Houston, Texas, USA, 13-17 maj 1990, p.619-633.
- 5.33 GESAMP, **Reports and Studies No. 35 - Revision of GESAMP Reports and Studies No. 17**, IMO, International Maritime Organization, London, England, 1989.
- 5.34 Szluha A.T. et al., **Response Manual for Combating Spills of Floating Hazardous CHRIS Chemicals**, MAXIMA Corporation, Environmental Technology Division, 107 Union Valley Road, Oak Ridge, TE 37830, USA, 1989.
- 5.35 Bonham N., **Response Techniques for the Cleanup of Sinking Hazardous Materials**, Technology Development and Technical Services Branch, Environmental Protection, Conservation and Protection, Environment Canada, Ottawa, Ontario, Canada, K1A OE7, rapport EPS 4/SP/1, april 1989.
- 5.36 Fingas M., **Computer Models and Data Bases for Spills**, Spill Technology Newsletter april-juni 1989, p.4-10.

- 5.37 Saltveit S.J. och Brabrand Å., **Utslipp av syre fra Idun labrikker - en vurdering av virking på bunndyr og fisk**, Laboratorium for Ferskvannssøkologi og Innlandsfiske, Zoologisk Museum, Universitetet i Oslo, Norge, Notat Nr. 1, 1988.
- 5.38 Scully T., **HAZ-MAT Information Retrieval- the Promise and the Reality**, 1988 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, American Institute of Chemical Engineers and the National Response Team, Chicago, Illinois, USA, 16-19 maj 1988, p.574-579.
- 5.39 Melvold R.W. och Gibson S.C., **A Guidance Manual for Selection and Use of Sorbents for Liquid Hazardous Substances**, JRB Associates Inc., McLean, VA, USA, 1987, NTIS Report PB87-208765.
- 5.40 Boyer K.R, Hodge V.E. och Wetzel R.S., **Handhook: Response to Discharges of Sinking Hazardous Substances**, Hazardous Waste Engineering Research Laboratory, US Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH 45268, USA, EPA/540/2-87/001, september 1987.
- 5.41 Unterberg et al., **Relerence Manual of Countermeasures lor Hazardous Substance Releases**, Combustion Engineering, Environmental Monitoring & Services Inc., Newbury Park, CA 91320, USA, 1987, NTIS Report PB87-232252.
- 5.42 Intemational Maritime Organization, **Manual on Chemical Pollution - Section 1 - Problem Assessment and Response Arrangement**, IMO, 4 Albert Embankment, London SE1 7SR, England 1987.
- 5.43 Solsberg L.B., Parent RD. och Ross S.L., **A Survey of Chemical Spill Coun termeasures**, Environmental Emergencies Teehnology Division, Technology Development and Technical Services Branch, Conservation and Protection, Environment Canada, Ottawa, Ontario, Canada, K1A OE7, Report EPS 9/SP/2 December 1986.
- 5.44 Mark C.G. et al., **Case History of the MV Rio Neuquen: Containment and Ocean Disposal of Reacting Aluminum Phosphide**, 1986 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, Association of American Railroads; US Coast Guard; Chemical Manufacturers Association; US Environmental Protection Agency, St. Louis, Missouri, USA, 5-8 maj 1986, p.19-24.
- 5.45 Eden A. van, **Destruction of Chlorine Containers on the Sea Floor of the North Sea**, 1986 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, Association of American Railroads; US Coast Guard; Chemical Manufacturers Association; US Environmental Protection Agency, St. Louis, Missouri, USA, 5-8 maj 1986, p.25-35.
- 5.46 Szluha A. T. et al., **Review of Technologies for Containment and Recovery of Floating Hazardous Chemicals**, 1986 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, Association of American Railroads; US Coast Guard; Chemical Manufacturers Association; US Environmental Protection Agency, St. Louis, Missouri, USA, 5-8 maj 1986, p.65-71.

- 5.47 Skovronek H.S. et al., **Hazardous Substance Detection by Canine Olfaction**, 1986 Hazardous Material Spills Conference (ej med i Proceedings), Association of American Railroads; US Coast Guard; Chemical Manufacturers Association; US Environmental Protection Agency, St. Louis, Missouri, USA, 5-8 maj 1986.
- 5.48 US Environmental Protection Agency, **Delineating Toxic Areas by Canine Olfaction**, Project Summary EPA/600/S2-85/089, December 1985
- 5.49 Environment Canada, **EnviroTIPS - Environmental and Technical Information for Problem Spills**, "Introduction Manual" och 50 st monografier över olika kemikalier med uppgifter om egenskaper, hantering, risker, exempel på inträffade olyckor, responsmetoder m.m., Technical Services Branch, Environmental Protection Programs Directorate, Environmental Protection Service, Environment Canada, Ottawa, Ontario, Canada, K1A OE7
- 5.50 Environment Canada, **Manual for Spills of Hazardous Materials**, Technical Services Branch, Environmental Protection Service, Environment Canada, Ottawa, Ontario, Canada, K1A OE7, Cat. No. En40-320/1984E, March 1984.
- 5.51 Ernst W.D., **NOAA's Chemical Advisory Report (CHEMREP) System for Spill Response**, 1984 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, Association of American Railroads/Bureau of Explosives; Chemical Manufacturers Association; US Coast Guard; US Environmental Protection Agency, Nashville Tennessee, USA, 9-12 april 1984, p.135-140.
- 5.52 Winter S., Nyrén K. och Karlsson E., **Uppkomst och utbredning av explosiva eller giftiga gasoln - Katalog med beräkningsexempel för trycklagrade gaser (klor, ammoniak, svaveldioxid, propan och vinylklorid)**, Försvarets Forskningsanstalt Huvudavdelning 4, S-901 82 UMEÅ, Sverige, FOA Rapport E 40011, 2. uppl. mars 1984.
- 5.53 Unterberg W., Melvold R.W., Flaherty L.M. och McCarthy, Jr., L.T., **Procedures for Selection of Countermeasures for Hazardous Substance Releases**, 1984 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, Association of American Railroads/Bureau of Explosives; Chemical Manufacturers Association; US Coast Guard; US Environmental Protection Agency, Nashville Tennessee, USA, 9-12 april 1984, p.151-161.
- 5.54 Amer L.D., Johnson G.R., Masters H. och Skovronek H.S., **Toxic Area Delineation by Canine Olfaction**, 1984 Hazardous Material Spills Conference Proceedings; Association of American Railroads/Bureau of Explosives; Chemical Manufacturers Association; US Coast Guard; US Environmental Protection Agency, Nashville Tennessee, USA, 9-12 april 1984, p.191-194.
- 5.55 Offenhartz B.H. och Lefko J.L., **Enzyme-Based Detection of Chlorinated Hydrocarbons**, 1984 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, Association of American Railroads/Bureau of Explosives; Chemical Manufacturers Association; US Coast Guard; US Environmental Protection Agency, Nashville Tennessee, USA, 9-12 april 1984, p.195-198.

- 5.56 Jadamec J.R., Bentz AP., Hiltabrand R.R. och Kleineberg G.A., **The U.S. Coast Guard Mobile Response Laboratory**, 1984 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, Association of American Railroads/Bureau of Explosives; Chemical Manufacturers Association; US Coast Guard; US Environmental Protection Agency, Nashville Tennessee, USA, 9-12 april 1984, p.199-204.
- 5.57 Meyer R.A., Brugger J.E. och Lowrance D.J., **Mapping Sunken Pollutant Pools with Depth Finders**, 1984 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, Association of American Railroads/Bureau of Explosives; Chemical Manufacturers Association; US Coast Guard; US Environmental Protection Agency, Nashville Tennessee, USA, 9-12 april 1984, p.214-219.
- 5.58 Kelty J, **Calculation of Evacuation Distances During Toxic Air Pollution Incidents**, 1984 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, Association of American Railroads/Bureau of Explosives; Chemical Manufacturers Association; US Coast Guard; US Environmental Protection Agency, Nashville Tennessee, USA, 9-12 april 1984, p.311-314.
- 5.59 Thomsen E. S., **Evacuation Distances for Spills of Hazardous Chemicals**, 1984 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, Association of American Railroads/Bureau of Explosives; Chemical Manufacturers Association; US Coast Guard; US Environmental Protection Agency, Nashville Tennessee, USA, 9-12 april 1984, p.315-321.
- 5.60 Traver R.T., **Summary of On-Scene-Coordinator Protocol for Contaminated Underwater Operations**, 1984 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, Association of American Railroads/Bureau of Explosives; Chemical Manufacturers Association; US Coast Guard; US Environmental Protection Agency, Nashville Tennessee, USA, 9-12 april 1984, p.343-350.
- 5.61 Verschueren K., **Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals**, Second Edition, Van Nostrand Reinhold Company, 1983.
- 5.62 Herrick E.C., Carstea D. och Goldgraben G., **Sorbent Materials for Cleanup of Hazardous Spills**, MITRE Corporation, McLean, VA, USA, 1982, NTIS Report PB82-227125.
- 5.63 Thomton G.J.E., Williams J.E. och Clements R.J., **Response to a Major Discharge of Pentachlorophenol in a Waterway**, 1982 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, Bureau of Explosives; Chemical Manufacturers Association; US Coast Guard; US Environmental Protection Agency, Milwaukee, Wisconsin, USA, 19-22 april 1982, p.68-76.
- 5.64 Weston RR., **Selecting a Treatment Technique for Contaminated Bottom Sediments**, 1982 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, Bureau of Explosives; Chemical Manufacturers Association; US Coast Guard; US Environmental Protection Agency, Milwaukee, Wisconsin, USA, 19-22 april 1982, p.102-110.

- 5.65 Yen N.C., Doherty C.B. och Bloetscher F., **Container Systems for Use in Marine Chemical Incidents**, 1982 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, Bureau of Explosives; Chemical Manufacturers Association; US Coast Guard; US Environmental Protection Agency, Milwaukee, Wisconsin, USA, 19-22 april 1982, p.373-380.
- 5.66 Ashworth P., **A Dispersion Model for Sinker Liquids Spilled into Waterways**, 1982 Hazardous Material Spills Conference Proceedings, Bureau of Explosives; Chemical Manufacturers Association; US Coast Guard; US Environmental Protection Agency, Milwaukee, Wisconsin, USA, 19-22 april 1982, p.404-413.
- 5.67 Breslin M.K. och Royer M.D., **Use of Selected Sorbents and an Aqueous Film Forming Foam on Floating Hazardous Materials**, JRB Associates Inc., McLean, VA, USA, 1981, NTIS Report PB82-108895.
- 5.68 Hansen C.A. och Sanders R.G., **Removal of Hazardous Material Spills from Bottoms of Flowing Waterbodies**, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH 45268, USA, 1981, NTIS Report PB81-230922.
- 5.69 Akers C.K. et al., **Guidelines for the Use of Chemicals in Removing Hazardous Substance Discharges**, Calspan Corporation, Buffalo, NY 14221, USA, 1981, NTIS Report PB82-107483.
- 5.70 Tang. N. et al., **Sulfuric Acid Spill Characteristics Under Maritime Accident Conditions**, US Coast Guard, US Department of Transportation, Washington D.C., USA, 1981, NTIS Report ADA 110276.
- 5.71 Sundblad B., **Konsekvenser av tankerhaveri vid transport av metanol**, Studsvik Report K2-80/371, 1980, Studsvik Energiteknik AB, S-611 82 Nyköping, Sverige.
- 5.72 Dawson G.W., McNeese J.A. och Coates J.A., **Application of Buoyant Mass Transfer Media to Hazardous Material Spills**, Batelle Pacific Northwest Laboratories, Richland, Washington 99352, USA, 1980, NTIS Report PB80-198427.
- 5.73 Shooter D., Lyman W.J. och Sinclair J.R., **Response Techniques for Spills of Hazardous, Water Soluble Chemicals**, Paper presented at the 1980 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, US Environmental Protection Agency och US Coast Guard, Louisville, Kentucky, USA, 13-15 maj 1980.
- 5.74 Schneider G.R., **Removal of Water-Soluble Hazardous Materials Spills from Waterways by Activated Carbon**, Control of Hazardous Material Spills: Proceedings of the 1980 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, US Environmental Protection Agency och US Coast Guard, Louisville, Kentucky, USA, 13-15 maj 1980, p.82-87.

- 5.75 Goodier J.L. och Thompson C.H., **In-Place Removal of Spilled Toxics: Available Tools**, Control of Hazardous Material Spills: Proceedings of the 1980 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, US Environmental Protection Agency och US Coast Guard, Louisville, Kentucky, USA, 13-15 maj 1980, p.123-133.
- 5.76 Meyer R.A. och Kirsch M., **Detection of Insoluble Sinking Pollutants**, Control of Hazardous Material Spills: Proceedings of the 1980 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, US Environmental Protection Agency och US Coast Guard, Louisville, Kentucky, USA, 13-15 maj 1980, p.168-173.
- 5.77 Hiltabrand R.R. och Wogman N.A., **In Situ Detection and Analysis of Pollutants in the Marine Environment by X-Ray Fluorescence**, Control of Hazardous Material Spills: Proceedings of the 1980 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, US Environmental Protection Agency och US Coast Guard, Louisville, Kentucky, USA, 13-15 maj 1980, p.192-196.
- 5.78 Thibodeaux L.J. och Christy P.S., **The Spill of Sinker Chemicals – Laboratory Simulations**, Control of Hazardous Material Spills: Proceedings of the 1980 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, US Environmental Protection Agency och US Coast Guard, Louisville, Kentucky, USA, 13-15 maj 1980, p.369-374.
- 5.79 Dodge F.T., Bowles E.B., White R.E. och Flessner M.F., **Release Rates of Hazardous Chemicals from a Damaged Cargo Vessel**, Control of Hazardous Material Spills: Proceedings of the 1980 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, US Environmental Protection Agency och US Coast Guard, Louisville, Kentucky, USA, 13-15 maj 1980, p.381-385.
- 5.80 Robinson J.S., **Hazardous Chemical Spill Cleanup**, Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, USA, 1979.
- 5.81 Harsh K.M., **Toxicity Modification of an Anhydrous Ammonia Spill**, Control of Hazardous Material Spills: Proceedings of the 1978 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, US Environmental Protection Agency; US Coast Guard; Hazardous Materials Control Research Institute, Miami Beach, Florida, USA, 11-13 april 1978, p.148-151.
- 5.82 Urban M. och Losche R., **Development and Use of a Mobile Chemical Laboratory for Hazardous Material Spill Response Activities**, Control of Hazardous Material Spills: Proceedings of the 1978 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, US Environmental Protection Agency; US Coast Guard; Hazardous Materials Control Research Institute, Miami Beach, Florida, USA, 11-13 april 1978, p.311-314.
- 5.83 Hand T.D. et al., **Feasibility Study of Response Techniques for Discharges of Hazardous Chemicals that sink**, US Army Engineer Waterways Experiment Station, PO Box 631, Vicksburg, MS 39180, USA, juni 1978.
- 5.84 Hand T.D. och Ford A.W., **The Feasibility of Dredging for Bottom Recovery of Spills of Dense, Hazardous Chemicals**, Control of Hazardous Material

Spills: Proceedings of the 1978 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, US Environmental Protection Agency; US Coast Guard; Hazardous Materials Control Research Institute, Miami Beach, Florida, USA, 11-13 april 1978, p.315-324.

- 5.85 McCracken W.E. och Schwartz S.H., **Performance Testing of Spills Control Devices on Floatable Hazardous Materials**, US Coast Guard, US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Cincinnati, OH, USA, 1977, NTIS Report PB 276581.
- 5.86 Dawson et al., **In Situ Treatment of Hazardous Material Spills in Flowing Streams**, Battelle Northwest, Richland, Washington 99352, USA, 1977, NTIS Report PB 274455.
- 5.87 Willmann J.C., Blazevich J. och Snyder, JR., H.J., **PCB Spill in the Duwamish-Seattle, WA.**, Control of Hazardous Material Spills: Proceedings of the 1976 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, US Environmental Protection Agency och Oil Spill Control Association of America, New Orleans, Louisiana, USA, 25-28 april 1976, p.351-355.
- 5.88 Butragueno J.L. och Costello J.F., **Safe Stand-off Distances for Pressurized Hydrocarbons**, Control of Hazardous Material Spills: Proceedings of the 1978 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, US Environmental Protection Agency; US Coast Guard; Hazardous Materials Control Research Institute, Miami Beach, Florida, USA, 11-13 april 1978, p.411-416.
- 5.89 Raj P.P.K. och Reid R.C., **Fate of Liquid Ammonia Spilled onto Water**, Environmental Science & Technology Vol. 12, No. 13, dec 1978, p.1422-1425.
- 5.90 Dawson G.W., Mercer B.W. och Parkhurst R.G., **Comparative Evaluation of in Situ Approaches to the Treatment of Flowing Streams**, Control of Hazardous Material Spills: Proceedings of the 1976 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, US Environmental Protection Agency och Oil Spill Control Association of America, New Orleans, Louisiana, USA, 25-28 april 1976, p.266-271.
- 5.91 Willmann J.C., Blazevich J. och Snyder, JR., H.J., **PCB Spill in the Duwamish-Seattle, WA.**, Control of Hazardous Material Spills: Proceedings of the 1976 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, US Environmental Protection Agency och Oil Spill Control Association of America, New Orleans, Louisiana, USA, 25-28 april 1976, p.351-355.
- 5.92 Lafornera J.P., Polito M. och Scholz R., **Removal of Spilled Herbicide from a New Jersey Lake**, Control of Hazardous Material Spills: Proceedings of the 1976 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, US Environmental Protection Agency och Oil Spill Control Association of America, New Orleans, Louisiana, USA, 25-28 april 1976, p.378-381.
- 5.93 Lafornera J.P., Polito M. och Harsch J., **EPA Pumps Virginia Pond to Remove Spilled Toxaphene**, Control of Hazardous Material Spills: Proceedings of the 1976 National Conference on Control of Hazardous

- Material Spills, US Environmental Protection Agency och Oil Spill Control Association of America, New Orleans, Louisiana, USA, 25-28 april 1976, p.404-406.
- 5.94 Drake E. et al., **A Feasibility Study of Response Techniques for Discharges of Hazardous Chemicals that Disperse through the Water Column**, Arthur D. Little Inc., Acorn Park, Cambridge, MA 02140, USA, 1976, NTIS Report AD-A040968.
- 5.95 Bauer W.H., Borton D.N. och Bulloff J.J., **Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharges of Hazardous Chemicals on Water**, Rensselaer Polytechnic Institute, 110 Eighth Street, Troy, NY 12181, USA, 1975, NTIS Report AD-A024221.
- 5.96 Raj P.K., Hagopian J. och Kalelkar A.S., **Prediction of Hazards of Spills of Anhydrous Ammonia on Water**, Arthur D. Little Inc., Acorn Park, Cambridge, MA 02140, USA, 1974, NTIS Report AD 779400.
- 5.97 Daniels S.L., **Product Stewardship for Chemicals Used in Water and Wastewater Treatment**, Control of Hazardous Material Spills: Proceedings of the 1974 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, American Institute of Chemical Engineers och US Environmental Protection Agency, San Francisco, California, USA, 25-28 augusti 1974, p. 31-37.
- 5.98 Raj P.K. och Hagopian J.H., **Hazards Presented by the release of Anhydrous Ammonia on Water**, Control of Hazardous Material Spills: proceedings of the 1974 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, American Institute of Chemical Engineers och US Environmental Protection Agency, San Francisco, California, USA, 25-28 augusti 1974, p.179-187.
- 5.99 Lafornera J.P. och Wilder I., **Solution of the Hazardous Material Spill Problem in the Little Menomone River**, Control of Hazardous Material Spills: Proceedings of the 1974 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, American Institute of Chemical Engineers och US Environmental Protection Agency, San Francisco, California, USA, 25-28 augusti 1974, p.202-207.
- 5.100 Looström B., **Fallet Viggo Hinrichsen från miljöskydds- och personskyddssynpunkt**, Anförande vid Tredje Nordiska Sammankomsten Rörande Oljebekämpning till Sjöss, Köpenhamn, 26-29 november 1973.
- 5.101 Göteborgs brandförsvär., **Fenol- en undersökning av utsläppet i Skarvikshamnen, Göteborg den 13 januari 1973**, Göteborgs brandförsvär, Dnr A 65/73, Sverige.
- 5.102 Mercer B.W., Shuckrow A.J. och Dawson G.W., **Treatment of Hazardous Material Spills with Floating Mass Transfer Media**, US Environmental Protection Agency, USA, 1973, EP A-670/2-73-078, Superintendent of Documents, US Government Printing Office, Washington D.C. 40402, USA.
- 5.103 Freestone F.J. och Zaccor J., **Design, Fabrication, and Demonstration of a**

- Mobile Stream Diversion System for Hazardous Material Spill Containment**, Control of Hazardous Material Spills: Proceedings of the 1978 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, US Environmental Protection Agency; US Coast Guard; Hazardous Materials Control Research Institute, Miami Beach, Florida, USA, 11-13 april 1978, p.371-377.
- 5.104 Looström B., **Förlisningen av Cavtat och bärgningen av dess farliga last**, opublicerad artikel, Generaltullstyrelsen, Kustbevakningen, 1979.
- 5.105 Tiravanti G. och Boari G., **Potential Pollution of the Marine Environment by Lead Alkyls: The Cavtat Incident**, Environmental Science & Technology, Vol. 13 No. 7, 1979, p.849-854.
- 5.106 Nikunen E., Leinonen R. och Kultamaa A, **Environmental Properties of Chemicals**, Research Report 91, Ministry of the Environment, Helsinki, Finland, 1990.
- 5.107 US Environmental Protection Agency, **Report of the EPA Hazardous Substances Task Force**, Office of Solid Waste and Emergency Response, US EPA, Washington, DC 20460, USA, April 30, 1992.
- 5.108 Lundmark T., **Ammoniakutsläppet i Landskrona**, Brandförsvar 4/76.
- 5.109 Håkansson R., **Ammonia Loading Line Rupture**, Conference Paper, 1976 Symposium on Safety in Ammonia Plants and Related Facilities - AIChE.
- 5.110 Ryman S., **Olyckslall i arbete med lossning av ammoniak**, Landskrona Polisdistrikt, Rotel2, Sverige, Promemoria 743-170/76, 1976-03-30.
- 5.111 Cleminski R., **Inferno on the Rhine**, Reader's Digest, november 1987, p.98-105. (Svenska upplagan: **Natten då Rhen dog**, Det Bästa, september 1987, p.91-97)