

RÄDDNINGSSINSTITUTET

RÄDDNINGSKEMI – FARLIGA ÄMNEN

Sakari Halmemies

(Räddningsinstitutets publikation 10/2000)

1 INLEDNING

I detta föreläsningskompendium tas kemikaliernas faroegenskaper upp utgående från transportklassificeringen för farliga ämnen (ADR-klasser). Kemi för farliga ämnen är den baskunskap i kemi som behövs vid ett agerande i samband med farliga ämnen.

Brandkåren får allt oftare bekämpa olyckor med farliga ämnen. För att brandmännen bättre skall kunna skydda både sig själva och andra är det därför viktigt att de känner till riskerna med kemikalier. Därför har också kemi i detta kompendium med avsikt avgränsats att gälla faror och risker i samband med olyckor med farliga ämnen, t.ex. explosions- och brandrisk, hälsofara med kemikalier samt i någon mån förorening av miljön.

Undervisningen i kemi för farliga ämnen ges i detta kompendium på ett så praktiskt plan som möjligt. Därför har ett stort antal demonstrationsexempel kring risker med kemikalier tagits med för läsaren att utföra. Experimenten är avsedda att först utföras i liten skala i laboratorium och därefter i större skala på ett övningsområde. Förutom exempel på farliga kemiska reaktioner innehåller kompendiet också exempel som på ett enkelt sätt klargör risker och faror för de olika ADR-klasserna.

I kompendiet beskrivs de vanligaste typerna av kemikalieolyckor samt risker och konsekvenser. Konsekvenserna kan även schematiskt bedömas genom beräkningar, varför några förenklade räkneexempel har tagits med.

Hantering av farliga ämnen har presenterats i olika sammanhang. I detta kompendium behandlas dessutom frågan om hur kemikaliers egenskaper kan utnyttjas vid val av åtgärd och insats. Utgångspunkten vid val av bekämpningsmetoder är att kemikalier som har samma egenskaper kan bekämpas med likartade metoder.

I slutet av kompendiet finns en förteckning över källor, främst kring kemikaliernas egenskaper, samt en diger källförteckning jämte några viktiga internetadresser.

Jag framför mitt tack till överlärare Petteri Helisten för hans värdefulla kommentarer.

2 DEFINITIONER

2.1 Kemikalie

I kemikalielagen (744/89, 3 §) definieras kemikalier enligt följande (Työpaikan kemikaalilainsäädäntö 1998 a, s. 8):

En kemikalie är

- ett grundämne eller kemiska föreningar av dessa, sådana de förekommer i naturen (t.ex. *väte, syre, vatten*)
- ett industriellt producerat ämne (t.ex. *etanol*)
- blandning av ett eller flera ämnen, preparat (t.ex. *bensin*).

2.2 Farligt ämne

Farliga ämnen definieras i transportlagstiftningen enligt följande (Transport av farliga ämnen på väg 1999a, s. 9)

Ett farligt ämne är

- ett ämne som på grund av risken för explosion, brand eller strålning, giftighet, frätande eller andra egenskaper kan medföra person-, miljö- eller egendomsskador.

3 KEMIKALIerna

3.1 Förekomst

* Internetadresserna finns i källförteckningen

- över 21 miljoner kända kemiska föreningar i världen (CAS-nummer)*
- nästan 500 000 nya kemikalier framställs varje år
- det finns drygt 50 000 kemikalier i Finland (KETU-registret)*
- EU:s förteckning över farliga ämnen upptar ca 2 500 kemikalier
- det finns ca 1 200 farligt gods-kort över farliga ämnen (VAO-kort)
- det finns 63 ämnen som medför risk för olycka (OVA-direktiv).*

3.2 Transport av farliga ämnen

I Finland transporterades år 1997 farliga ämnen på landsvägar och per järnväg enligt följande (Trafikministeriet 1999):

- totalt 18 miljoner ton farliga ämnen
- ca 10 miljoner ton transporterades på landsväg och ca 8 miljoner ton med järnväg
- ca 76 % var brandfarliga vätskor (ADR 3)
- ca 11 % var frätande ämnen (ADR 8)
- ca 9 % var gaser (ADR 2)
- ca 4 % var övriga ämnen

4 GRUNDBEGREPP I KEMIN

I detta kapitel behandlas helt kort vissa av grundbegreppen inom kemin utan att mera i detalj gå in på teori:

- ett ämnes struktur och föreningar (4.1)
- rena ämnen och blandningar (4.2)
- grundämnenas periodiska system (4.3)
- kemisk reaktion (4.4)
- organiska och oorganiska föreningar (4.5)

4.1 Ämnenas struktur och föreningar

- all materia (ämnen) är uppbyggd av *atomer*
- en atom är uppbyggd av elementarpartiklar: *protoner*, *neutroner* och *elektroner*
- atomens *masstal* är $A = Z + N$, där Z anger atomnumret och N antalet neutroner
- ett grundämne kan bestå av olika stora masstal \rightarrow *isotop*
- ett *grundämne* innehåller bara ett slags atomer
- all materia består sålunda av olika grundämnen. Det finns ca 109 kända grundämnen.
- grundämnena indelas i *metaller*, *ickemetaller* och *halvmetaller* (se bilaga 1)
- en *molekyl* består av atomer (till exempel vattenmolekylen = H_2O)
- en atom blir en *negativt laddad jon* (=anjon) då den tar upp elektroner och en *positiv laddad jon* (=katjon) då den avger elektroner
- det finns i princip två slags föreningar:
 - *jonföreningar* = salter (metall +ickemetall), till exempel NaCl
 - *molekylföreningar* (ickemetall +ickemetall), till exempel H_2O
- ämnen kan förekomma i tre olika aggregationsformer: de kan vara gaser (g), vätskor (l) eller fasta ämnen (s).

4.2 Rena ämnen och blandningar

- ämnena kan delas in i rena ämnen eller blandningar
- ett rent ämne indelas i grundämnen eller kemiska föreningar
- en blandning är antingen *homogen* (t.ex. gasblandning) eller *heterogen* (t.ex. betong) och de innehåller två eller flera rena ämnen
- de rena ämnena i en homogen blandning kan man separera på kemisk väg och ämnena i en heterogen blandning på mekanisk väg

- heterogena blandningar kan indelas på följande sätt (Arvonen m.fl. 1989, s. 43)
 - rök = fasta partiklar i gas
 - dimma = vätskedroppar i gas
 - suspension (uppslamning) = fasta partiklar i vätska
 - emulsion = vätskedroppar i vätska
 - skum = gasbubblor i vätska
- de rena ämnena har konstanta egenskaper (de är lätta att finna) medan blandningars egenskaper varierar (de är svåra att finna, jfr driftsäkerhetsinformation).

4.3 Grundämnenas periodiska system

- grundämnena ordnas i ett periodiskt system efter atomnummer och elektronfiguration (se bilaga 2)
- de vertikala kolumnerna i systemet kallas *grupper*: ämnena i en grupp har likartade egenskaper beroende på att deras atomer har samma antal valenselektroner
- de horisontella raderna i systemet är *perioder*: periodnumret är lika med det antal elektronskal som normalt innehåller elektroner
- huvudgrupper är:

1 A	alkalimetallerna	(t.ex. natrium)
2 A	alkaliska jordartsmetallerna	(t.ex. magnesium)
3 B	jordmetallerna	(t.ex. aluminium)
4 B	kolgruppen	(t.ex. kol)
5 B	kvävegruppen	(t.ex. kväve)
6 B	syregruppen	(t.ex. syre)
7 B	halogenerna	(t.ex. klor)
0	ädelgaserna	(t.ex. helium)
- för grundämnenas periodiska system gäller generellt sett:
 - metallerna finns i vänstra delen av systemet och ickemetallerna i den högra
 - katjonerna finns till vänster, anjonerna till höger
 - de fasta ämnena är till vänster medan gaserna är till höger
 - ämnens smältpunkt, kokpunkt och densitet ökar då man går nedåt i gruppen (masstalet ökar)
 - alkalimetallerna och halogenerna är de kemiskt mest aktiva ämnena
 - ädelgaserna reagerar inte alls (de är kemiskt reaktionströga)

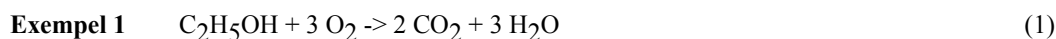
4.4 Kemisk reaktion

Vid en kemisk reaktion försvinner ämnet inte och atomerna förändras inte. Förändringarna sker genom att elektronerna rör sig från ett ämne till ett annat.

En kemisk reaktion kan beskrivas som en reaktionsformel för vilken gäller:

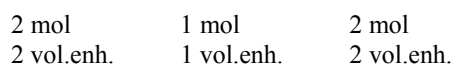
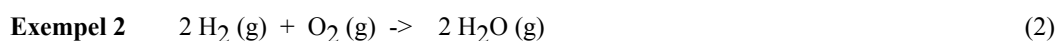
- utgångsämnen (reaktanterna) i formeln för en kemisk reaktion står på den vänstra sidan och de ämnen som bildat produkterna på den högra.

- ur reaktionsformeln kan utläsas reaktanternas substansmängd i *mol* (= ämnets molekylmassa anges i gram).
- vid en *exoterm* reaktion avges energi, vid en *endoterm* reaktion upptas energi.
- exempel: vid förbränning av etanol bildas koldioxid och vatten.

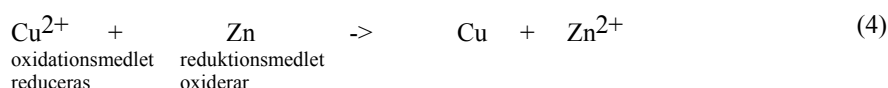
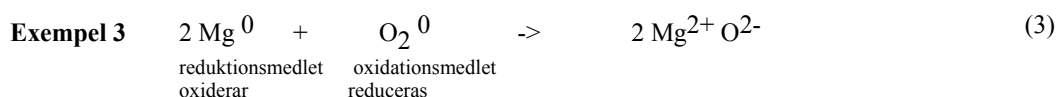


(ur reaktionsformeln kan utläsas följande: 1 mol etanol kräver 3 mol syre för att producera 2 mol koldioxid och 3 mol vatten = vattenånga).

- om både reaktanten och produkten är helt avvikande från reaktionsformeln (1) och är i gasfas (g), beräknas vid en gasreaktion förutom molförhållandet också volymförhållandet.
- exempel: när väte brinner i luft bildas vattenånga.



- reaktionerna kan vara omvändbara ($A + B \leftrightarrow C + D$), systemet är i jämvikt. Jämvikten bestäms av bl.a. ämnets koncentration, temperatur och tryck (Arvonen m.fl. 1989, s. 64 – 67).
- reaktionshastigheten, vid t.ex. antändning, är beroende av (Arvonen m.fl. 1989, s. 62 – 63):
 - ämnets art (reaktivitet, *brandfarligt ämne*)
 - temperatur (om temperaturen höjs med 10 °C ökar reaktionshastigheten två till tre gånger, *hög temperatur*)
 - koncentration (ökar, *brandfarlig blandning*)
 - katalysatorer (ökar, jfr *kedjereaktion*)
 - finfördelning (ökar, större kontaktyta med luftens syre, *närvaro av syre*).
- förbränning är ett exempel på *oxidation och reduktion*. Här gäller följande:
 - oxidation – ett ämne avger elektroner
 - reduktion - ett ämne tar upp elektroner
 - *oxidationsstalet* eller *valensen* ökar vid oxidation och minskar vid reduktion
 - *oxidationsmedlet* tar upp elektroner och *reduktionsmedlet* avger elektroner.
- exempel: Magnesium brinner och bildar magnesiumoxid. Koppar genomgår en reduktionsprocess när zink oxiderar.



- ickemetaller (t.ex. syre och halogener) är typiska oxidationsmedel medan metaller och kol är typiska reduktionsmedel.

4.5 Organiska och oorganiska föreningar

Följande schematiska indelning kan göras; föreningar av icke levande natur (t.ex. sand, salter o.s.v.) är oorganiska, medan ämnen som bygger upp levande organismer (t.ex. torv, träd, växter) är organiska. Indelningen haltar dock då man i dag kan framställa organiska kolföreningar (t.ex. urea) av oorganiska ämnen. (Arvonen m.fl. 1989, s. 157).

Förenklat kan man säga att organiska föreningar i stor utsträckning är de kolväten (gaser, vätskor samt fasta ämnen) som man får när råolja förädlas. Största delen av de miljoner kända ämnena är organiska molekyler. Se bilaga 3.

4.5.1 Oorganiska ämnesgrupper

Viktiga oorganiska ämnesgrupper är bl.a. följande:

- *syror* (t.ex. svavelsyra, saltsyra, salpetersyra, fosforsyra)
- *baser* (t.ex. natriumhydroxid, kalciumhydroxid, soda)
- *salter* (t.ex. sulfater, klorider, nitrater, fosfater, karbonater).

4.5.2 Organiska ämnesklasser

Viktiga organiska ämnesklasser är bl.a. följande:

- *rena kolväten* (t.ex. metan, propan, butan, eten, acetylen)
- *halogenerade kolväten* (t.ex. haloner, freoner, koltetraklorider, kloroform)
- *alkoholer* (t.ex. metanol, etanol, glykol, glycerol)
- *etrar och peroxider* (t.ex. dietyleter, MTBE, acetonperoxid)
- *aldehyder och ketoner* (t.ex. formaldehyd, aceton)
- *karboxylsyra* (t.ex. myrsyra, ättiksyra)
- *kväveföreningar* (t.ex. nitroföreningar, aminer, cyanider)
- *aromatiska kolväten* (t.ex. bensen, toluen, xylene, TNT, fenol)
- *plaster* (t.ex. polyeten PE, polypropen PP, polyvinylklorid PVC, polystyren PS, polyamid PA, polytetrafluoreten PTFE = teflon, polyuretan PUR, ureaplast UF, gummi).

Vid bekämpning av farliga ämnen är vattenlöslighet och brandfarlighet viktiga egenskaper. En generell jämförelse mellan organiska och oorganiska ämnen med avseende på deras egenskaper (undantag finns, t.ex. svårlösliga salter) har gjorts här.

Tabell 4.1 Organiska och oorganiska ämnens vattenlöslighet

VATTENLÖSLIG *) > 10 %	EJ VATTENLÖSLIG
<ul style="list-style-type: none"> - salter - syror - baser - alkoholer - aldehyder och ketoner - alkali/alkaliska jordartsmetaller 	<ul style="list-style-type: none"> - de flesta kolväten - luftens gaser - de flesta ickemetaller - de flesta metaller

*) vattenlösligheten hos organiska föreningar gäller bara föreningar med korta kedjor.

Tabell 4.2 Organiska och oorganiska ämnens brandfarlighet

BRANDFARLIGA	ICKE BRANDFARLIGA
<ul style="list-style-type: none"> - de flesta grundämnen - de flesta organiska föreningar (kolväten, alkoholer, syror, baser, plaster o.s.v.) 	<ul style="list-style-type: none"> - halogener - ädelgaser - salter - syror och baser (oorganiska) - halogenerade kolväten - förbränningsprodukter - luftens gaser

I bilaga 4 finns de vanligaste kemikaliernas egenskaper vad gäller vattenlöslighet, brandfarlighet och giftighet.

5 KLASSIFICERING AV FARLIGA ÄMNEN

Farliga ämnen kan klassificeras enligt (1) kemikalieförordningen och (2) klasserna för transport av farligt gods (ADR-klasser).

5.1 Indelning av farliga ämnen enligt kemikalielagstiftningen

Indelningen i femton grupper följer kemikalieförordningen (675/93, 3 §), medan bokstavsbezeichnungarna eller R-fraserna följer den förteckning över farliga ämnen som ingår i bilaga 1 till Social- och hälsovårdsministeriets beslut (SHMb 164/1998). Mellanrubrikerna har tillkommit senare (Työpaikan kemikaalilainsäädäntö 1998b, s. 20; 1998c, s. 210):

Brandfarliga och explosiva kemikalier

1) explosiv	(E)
2) oxiderande	(O)
3) extremt brandfarlig	(F+)
4) mycket brandfarlig	(F)
5) brandfarlig	(R10)

Kemikalier som är farliga för hälsan

6) mycket giftig	(T+)
7) giftig	(T)
8) hälsoskadlig	(Xn)
9) frätande	(C)
10) irriterande	(Xn, Xi, R42, R43)
11) cancerframkallande	(T eller Xn, Carc.)
12) mutagen	(T eller Xn, Muta)
13) reproduktionsstörande	(T eller Xn, Repr.)

Miljöfarliga kemikalier

15) miljöfarliga	(N, och/eller R52, R53, R59)
------------------	------------------------------

5.2 ADR-klassificering av farliga ämnen

Farliga ämnen indelas i nio huvudklasser enligt förordningen om transport av farligt gods på väg (632/96). (Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä 1999b, s. 14).

I bilaga 5 finns de varningsetiketter som används vid vägtransport.

I bilaga 6 finns varningssymbolernas bokstavsbezeichnungar, varningssymbolerna samt varningssymbolernas namn.

KLASS 1 Explosiva ämnen (ADR 1)

Explosiva ämnen indelas i följande underklasser (Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä 1999c, osa II, s. 82):

- 1.1 ämnen med *risk för massexplosion* (t.ex. dynamit, trotyl, svartkrut)
- 1.2 ämnen med *risk för splitter* men utan risk för massexplosion (t.ex. minor och granater med sprängladdning)
- 1.3 ämnen med *risk för brand* och antingen en mindre risk för explosion eller splitter eller bådadera men utan risk för massexplosion (t.ex. röksvagt krut, blyljuspulver, Molotovcocktail)
- 1.4 ämnen vilka uppvisar endast *obetydlig explosionsrisk* i händelse av antändning (t.ex. pentyl- och svartkrutstubin, många slags fyrverkeripjäser, signalbloss)
- 1.5 mycket okänsliga explosiva ämnen *med risk för massexplosion* (t.ex. civila sprängämnen fuktade med vatten)
- 1.6 extremt *okänsliga ämnen och föremål* utan risk för massexplosion.

Klassificeringen av explosiva ämnen är i hög grad beroende av förpackningssättet!

KLASS 2 Gaser (ADR 2)

Gaserna kan packas på fyra olika sätt (Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä 1999c, osa II, s. 148):

- *komprimerade gaser*, 200-300 bar (t.ex. väte, syre, kväve, argon, helium)
- *kondenserade gaser*, 1-10 bar (t.ex. gasol, ammoniak, klor)
- *kyllda, kondenserade gaser*, 1 bar (t.ex. syre, kväve, argon)

- *gaser lösta under tryck, ca 18 bar (t.ex. acetylen).*

Gaserna kan ha följande farliga egenskaper (Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä 1999c, osa II, s. 149).
De kan vara:

• kvävningsframkallande	A	(t.ex. kväve)
• oxiderande	O	(t.ex. syre)
• brandfarliga	F	(t.ex. väte)
• giftiga	T	(t.ex. klor)
• giftiga, brandfarliga	TF	(t.ex. svavelväte)
• giftiga, frätande	TC	(t.ex. klorväte)
• giftiga, oxiderande	TO	(t.ex. perklorylfluorid)
• giftiga, brandfarliga, frätande	TFC	(t.ex. diklorsilan)
• giftiga, oxiderande, frätande	TOC	(t.ex. bromklorid)

KLASS 3 Brandfarliga vätskor (ADR 3)

Brandfarliga vätskor indelas enligt förordningen om industriell hantering och upplagring av farliga kemikalier (682/90) på följande sätt (Työpaikan kemikaalilainsäädäntö 1998d, s. 20). R-fraserna följer anvisningarna i bilaga 3 i Social- och hälsovårdsministeriets beslut (SHMb 164/1998) (Työpaikan kemikaalilainsäädäntö 1998c, s. 583):

- *mycket lättantändliga (R12),* fp < 0 °C, kp < 35 °C (t.ex. bensin)
- *lättantändliga (R11),* fp < 21 °C el. hanter.temp. > fl (t.ex. aceton)
- *antändliga (R10),* 21 °C < fp < 55 °C (t.ex. terpentin)
- *övriga brandfarliga vätskor,* 55 °C < fp < 100 °C (t.ex. dieselolja)

Obs! Vid transport är gränserna för flampunkter 23 °C och 61°C (Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä 1999c, s. 201).

KLASS 4 (ADR 4)

Ämnen av klass 4 indelas i följande tre underklasser:

- *brandfarliga fasta ämnen, ADR 4.1* (t.ex. svavel, röd fosfor)
- *självantändande ämnen, ADR 4.2* (t.ex. vit eller gul fosfor)
- *ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten, ADR 4.3* (t.ex. natrium, kalium, kalciumkarbid).

KLASS 5 (ADR 5)

Ämnen av klass 5 indelas i följande två underklasser:

- *brandbefrämjande (oxiderande) ämnen, ADR 5.1* (t.ex. väteperoxid)
- *organiska peroxider, ADR 5.2* (t.ex. acetylacetonperoxid).

KLASS 6 (ADR 6)

Ämnen av klass 6 indelas i följande två underklasser:

- *giftiga ämnen*, ADR 6.1 (t.ex. kaliumcyanid, arsenik)
- *smittförande ämnen*, ADR 6.2 (t.ex. slaktavfall).

Kemikalierna klassificeras som mycket giftiga (T+), giftiga (T) och hälsoskadliga (Xn) på basis av LD₅₀- eller LC₅₀-värden med djurförsök. Se tabell 5.1.

LD₅₀ är den dos av ett ämne (*lethal dose*) som dödar 50 % av en grupp försöksdjur och LC₅₀ är den koncentration (*lethal concentration*) vilken under försökstiden dödar 50 % av försöksdjuren. (Nikunen m.fl. 1991, s. 32).

Tabell 5.1 Klassificering av ämnens giftighet på basis av djurförsök (SHMb 979/97, Työpaikan kemikaalilainsäädäntö 1998e, s. 586).

Kategori	LD50 oralt, råtta mg/kg kroppsvikt	LD50 genom huden, råtta eller kanin mg/kg kroppsvikt	LC50 inandning, råtta mg/liter/4 timmar
mycket giftiga	≤ 25	≤ 50	≤ 0,25
giftiga	25-200	50-400	0,25-1
hälsoskadlig	200-2000	400-2000	1-5

Klass 6.2 innehåller smittförande ämnen som kan antas vara sjukdomsalstrande för både människor och djur. Ämnena i klass 6.2 har indelats i fyra olika riskklasser (Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä 1999c, osa II, s. 358 – 359):

riskklass 4: orsakar svår sjukdom hos människor eller djur, kan lätt överföras från en individ till en annan, det finns inte effektiva förebyggande åtgärder eller behandling.

riskklass 3: orsakar svår sjukdom hos människor eller djur, sprids inte lätt, det finns effektiva förebyggande åtgärder eller behandling.

riskklass 2: orsakar sjukdom hos människor eller djur, kan spridas, det finns effektiva förebyggande åtgärder eller behandling.

riskklass 1: innehåller mikroorganismer som högst sannolikt inte orsakar sjukdom hos människor eller djur (dessa ämnen anses inte som smittförande ämnen enligt dessa bestämmelser).

KLASS 7 Radioaktiva ämnen (ADR 7)

Kollin och ytterhöljen indelas i tre klasser efter uppmätt strålningsnivå på ytan av kollit: I vit, II gul och III gul (se bilaga 4, Varningsetiketter för radioaktiva ämnen).

Tabell 5.2 Klasser efter strålningsnivå på ytan av kollit (Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä 1999c, osa III, s. 581)

Klass	Högsta strålningsnivå på kollits yta		
I -vit	5	µS/h	(0,5 mrem/h)
II- gul	500	µS/h	(50 mrem/h)
III- gul	2	mS/h	(200 mrem/h)

Varningsgräns för strålning är 100 µSv/h. Tillåten årlig dos för personer i radiologiskt arbete är 50 mSv (Suojelun käsikirja 1996, s. 72).

KLASS 8 Frätande ämnen (ADR 8)

Frätande ämnen omfattar bl.a. följande grupper (Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä 1999c, osa II, s. 410):

- *sura ämnen* (t.ex. svavelsyra, saltsyra, salpetersyra)
- *basiska ämnen* (t.ex. natriumhydroxid, kalk, soda)
- *övriga frätande ämnen* (t.ex. klorit- och formaldehydlösningar)

Hur frätande ett ämne är beror på ämnets koncentration. Därför kan ett och samma ämne ha flera olika FN-nummer. Frätande ämnen indelas i tre klasser:

- starkt frätande (t.ex. svavelsyra, salpetersyra)
- frätande (t.ex. saltsyra, ättiksyra, natriumhydroxid)
- svagt frätande (t.ex. smörsyra, ammoniakvatten)

KLASS 9 Övriga farliga ämnen och föremål (ADR 9)

Ämnen av klass 9 omfattar bland annat följande grupper (Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä 1999c, osa II, s. 438):

- ämnen som vid inandning i dammform kan orsaka hälsoskador (t.ex. asbest)
- ämnen och apparatur som i händelse av brand kan utveckla dioxiner (t.ex. polyklorerade och polyhalogenerade bifenyler, PCB-föreningar)
- ämnen som utvecklar brandfarliga ångor (t.ex. polymerkolor)
- litiumbatterier
- livräddningsutrustning (t.ex. självuppblåsande livflottar eller krockkuddar)
- miljöfarliga ämnen (t.ex. flera alkoholer, klorerade paraffiner, malation)
- ämnen vid förhöjda temperaturer (t.ex. bitumen)
- övriga ämnen som är farliga vid transport men som inte omfattas av definitionerna i någon annan klass (bl.a. förpackningar som innehåller små mängder av farligt gods som används i t.ex. medicinska eller provningssyften, första hjälpen förpackningar).

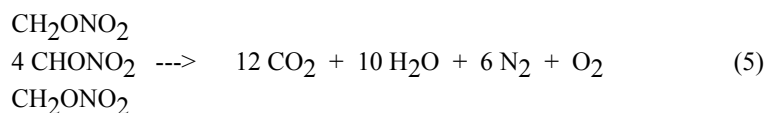
6 DE FARLIGA ÄMNENAS KEMI EFTER ADR-KLASS

6.1 Explosiva ämnen (ADR 1)

6.1.1 Allmänt

- en explosion kan vara kemisk (t.ex. deflagration eller detonation), fysikalisk (t.ex. tryckkärlexplosion) eller en kärnexplosion (t.ex. fission eller fusion)
- vid en kemisk explosion frigörs momentant och med hög hastighet (detonation > 1 000 – 1 500 m/s och deflagration < 1 500 m/s) den kemiska energi (energin kan vara upp till 10⁶ kJ/kg) som är bunden i ämnet, varvid energi och värme alstras.
- de explosiva gaser som uppstår är i teorin koldioxid, vatten, kväve och syre, men i praktiken innehåller de också bl.a. giftiga föreningar som kolmonoxid och kväveoxider, samt brännbar metan
- temperaturen vid en explosion stiger till flera tusen grader och detonationen fortskrider med en förödande tryckvåg (trycket 150 – 350 kbar)
- explosiva ämnen innehåller det syre som behövs för att de skall brinna, varför det är onödigt att släcka dem. Ett släckningsförsök kan istället ge upphov till en explosion
- explosiva ämnen antänds vanligen av en gnista, av värme, friktion eller en stöt (Räjähdystarviktiedosto 1991, s. 21 - 28).

Exempel 4 När nitroglycerin exploderar bildas heta explosionsgaser (ca 3 360 °C), som kan utvidgas upp till 15 000 gånger nitroglycerinets ursprungliga volym (exempel: 1 liter explosivämne => ca 15 m³ explosionsgaser). (Shreve 1967, s. 386)



6.1.2 Exempel på explosiva ämnen (Räjähdystarviktiedosto 1991)

Nitroglycerin eller nitroglycerol (glyceroltrinitrat)

- en tung, giftig oljig vätska, en ester av glycerol och salpetersyra.
- mycket explosivt, detonationshastighet 7 600 m/s.

Dynamit

- huvudkomponenter är en gelatinering av nitroglycerin med cellulosanitrat (nitroglycerol + nitroglykol), med tillsats av ammoniumnitrat, trämjöl o.s.v.
- som sprängämne skall det användas inom ett år efter framställningen
- inte lika känsligt som nitroglycerol, detonationshastighet 6 000 m/s.

Trotyl eller trinitrotoluen (TNT)

- tillverkas genom att toluen nitreras med en salpetersyra. Det vanligaste explosivämnet för militärt bruk
- hållbarheten är bättre än för dynamit, kan tryggt transporteras i fuktigt tillstånd
- minst explosivt av vanliga kommersiella explosivämnen
- detonationshastighet 6 900 m/s.

ANFO-förening

- en blandning av ammoniumnitrat (NH_4NO_3) och eldningsolja
- tar över dynamit som sprängämne, kan framställas på byggplatsen
- detonationshastighet 2 000 – 4 000 m/s.

Svartkrut

- innehåller ca 74 % salpeter (KNO_3), 10 % kol (C), 16 % svavel (S)
- säkraste sättet att framställa blandningen på är att fukta komponenterna med vatten.
- i torrt tillstånd är svartkrut explosivt.

Molotovcocktail (=bensinbomb)

- en glasflaska fylls med 1/3 svavelsyra och 2/3 bensin. Runt flaskan binds ett tyg som behandlats med natriumklorat (NaClO_3).

Andra explosiva ämnen

- bland annat kvicksilverfulminat, blyazid, jodazid, pikrinsyra, anit, nitrocellulosa, hexogen, pentrit, oktogen och tetryl.

6.1.3 Demonstrationsexempel

Experiment 1 **Jodazid (IN_3)** (J. Kaup, muntlig redogörelse)

Använd skyddsglasögon och skyddshandskar!

- lös 5 g kaliumjodid (KJ) i lite vatten
- lös 3 g jod (J) i kaliumjodid/vattenlösningen
- håll i en stark lösning av ammoniakvatten (NH_4OH) tills det inte längre bildas någon fällning
- filtrera lösningen genom filterpapper. Fällningen blir kvar i pappret
- bred ut fällningen tunt på flera filterpapper och låt den torka
- då det bruna jodazidpulvret har torkat exploderar det vid minsta beröring.

Azider används som initialsprängämne.

Experiment 2 **Tändhatt** Uförs utomhus!

Använd skyddsglasögon! Uförs av behörig laddare eller under hans övervakning!

- ta en tändhatt ur paketet (ADR 1.1)
- skär en ca 10 cm lång antändningstråd (ADR 1.4); ena ändan skärs tvärt av och den andra skärs snett av
- för den tvärt avskurna ändan av antändningstråden försiktigt in i tändhatten och kläm ihop den med en tång (kläm inte till ändan av tändhatten, för då exploderar den)
- tänd på den snedskurna ändan av antändningstråden och kasta smällaren på marken. Ingen får vara närmare än 5 - 10 meter från smällaren. Explosionen påminner om ett gevärsskott.

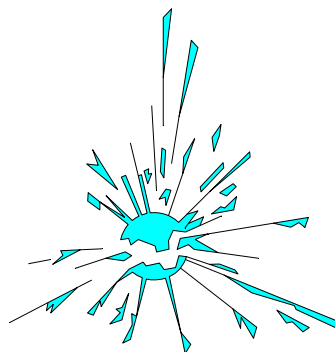
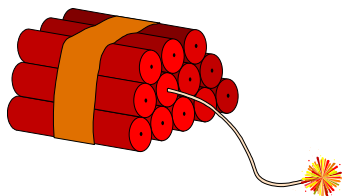
Obs! Tändhatten innehåller ca 1 gram kraftig sprängladdning. Den är så kraftig att den kan gå tvärs igenom handen på en människa och till och med igenom en skyddshjälm.

Experiment 3 **Blixtljuspulver** (J. Remall, muntlig redogörelse)

Använd skyddsglasögon och skyddshandskar! Använd endast torra verktyg (blixtljuspulver antänds av vatten)!

- häll 3 g magnesiumpulver och 5 g silvernitratt på en torr metallskiva
- blanda båda pulvren väl, t.ex. med en torr plasticsked
- ställ dig på några meters avstånd och spruta lite vatten på blandningen (*se inte på lågan! Den är ett mycket klart blixtljus. Akta dig även för de giftiga NO_x-gaser som bildats.*)

Blixtljuspulver hör till ADR 1.3.



6.2 Gaser (ADR 2)

6.2.1 Allmänt

- oberoende av egenskaper (t.ex. oxiderande, brandfarlig, frätande, giftig) hör alla gaser till ADR-klass 2
- gasernas egenskaper kan grovt indelas i tre grupper: *brandfarliga, icke brandfarliga och giftiga* (samma gas kan ha flera olika egenskaper, jämför s. 11)
- vid kemikalieläckage är det gasläckage som har den största farozonen. Hälsoriskerna hos giftiga gaser sträcker sig i allmänhet över ett större område än risken för antändning hos brandfarliga gaser
- icke giftiga gaser kan vid höga koncentrationer döda genom kvävning, på grund av att gasen undantränger luftens syre. Däremot dödar giftiga gaser (klassificeringen baseras på djurexperiment, se. s. 12) redan vid låga koncentrationer oberoende av luftens syrehalt
- gasflaskor är explosiva (risk för att flaskan rämman) då temperaturen i en helt fylld gasflaska stiger enligt följande: acetylen 65 °C, gasol och koldioxid 100 °C, syre 350 °C (Aga Consulting, KT-45-8).

6.2.2 Brandfarliga gaser

- de vanligaste brandfarliga gaserna är bl.a. *väte, propan, butan, acetylen*. Brandfaran utgör den faran, gaserna är vanligen icke giftiga
- den lägsta tändenergi för brandfarliga gaser och bränsleångor är mycket låg (se tabell 6.1)

- en människa kan med fingerspetsen förnimma en energi som är $> 0,25$ mJ. Å andra sidan kan en människa laddas statistiskt med upp till 100 mJ (Industriförsäkring 1987)
- brännbarhetsgränsen för brandfarliga gaser varierar också mycket (se tabell 6.1)
- flera av de brandfarliga gaserna är luktfria. I flaskgas (gasol) och naturgas används tetrahydrotiofen, THT, som luktämne.

Exempel 5 När propan C_3H_8 (och i allmänhet rent kolväte) brinner med en tillräcklig mängd syre bildas koldioxid och vatten



- i en gasblandning som flammar upp våldsamt eller exploderar stiger temperaturen 7 - 8 gånger den ursprungliga. Detta resulterar i att trycket vid en explosion inomhus stiger till ca 8 - 9 bar. (Lautkaski m.fl. 1990, s. 33)
- ett gasmoln kan explodera utomhus om det finns 10 – 15 ton av ett ämne (Ettala 1988, s. 32)
- propan används i dag som aerosol i sprayburkar i stället för freon
- i gas som under högt tryck kondenserats till vätska, t.ex. gasol, kan det ske en *ångexplosion d.v.s. BLEVE* (= explosion orsakad av den kokande vätskans expanderande ånga). Då det gäller gasol uppstår en brand vars förbränningsvärme är över 1 000 °C.

Tabell 6.1 Lägsta energi som krävs för antändning (tändenergi) samt brännbarhetsområde för brandfarliga gaser och bränsleångor (Kletz 1979; Ettala 1988, s. 27; Tukes 1997)

Ämne	Lägsta tändenergi (mJ)	Brännbarhetsområde	
		Undre (vol-%)	Övre (vol%)
Väte	0,013	4	75
Acetylen	0,02	1,5	100
Metan	0,29	5	15
Propan	0,25	2,2	9,5
n-Hexan	0,25	1,1	7,5

- de vanligaste icke brandfarliga gaserna är bl.a. *syre, argon, helium, kväve, koldioxid*. Dessa gaser är icke giftiga
- icke giftiga gaser kan tränga undan syre och döda genom kvävning (se tabell 6.2)
- en förhöjd syrehalt får brandfarliga ämnen att fatta eld eller stimulerar branden. När syrehalten är 30 - 40 % brinner ämnet tre gånger så fort (Aga Consulting KT-35 - 8).

Tabell 6.2 Följder av sänkt syre- och koldioxidhalt (Aga Consulting, KT-136-8; Alho 1988, s. 198)

Ämne	Koncentration (tid)	Verkan
Syre, O ₂ :	8 - 11 % (någon minut)	medvetslöshet
	6 % (någon minut)	död
Koldioxid CO ₂	12 - 15 % (någon minut)	medvetslöshet
	12 - 20 % (någon minut)	död

6.2.4 Giftiga gaser

- de vanligaste giftiga gaserna är bl. a. *ammoniak, fluorväte, kolmonoxid, klor, klorväte, svaveldioxid, svavelväte, cyanväte, kvävedioxid*
- i motsats till kvävningsframkallande gaser dödar giftiga gaser redan vid låga koncentrationer (se tabell 6.3).

Tabell 6.3 De vanligaste giftiga gasernas skadliga och dödliga koncentrationer (ppm). (Chemas Oy 1992 och 1994, Ettala 1988, s. 42):

Ämne	HTP (15 min)	Död, ppm (tid)
Ammoniak, NH ₃	40 ppm	2 500 (15 min) – 5 000 (snabb)
Fluorväte, HF	3 ppm (hud)	50 (15 min) – 250 (15 min)
Kolmonoxid, CO	75 ppm	1 000 (45 min) – 5 000 (5 min)
Klor, Cl ₂	1 ppm	100 (10 min) – 1 000 (genast)
Klorväte, HCl	5 ppm	1 300 (30 min) – 3 000 (5 min)
Svaveldioxid, SO ₂	5 ppm	150 (60 min) – 500 (genast)
Svavelväte, H ₂ S	15 ppm	500 (5 min) – 1 000 (genast)
Cyanväte, HCN	10 ppm	135 (30 min) – 270 (6 min)
Kvävedioxid, NO ₂	6 ppm	100 (snabb) – 500 (snabb)

IDLH-värde (*Immediately Dangerous to Life and Health*), vilket är: ”maximihalten av ett ämne en frisk arbetare kan exponeras för under 30 minuter utan att få obotliga skador på sin hälsa eller som gör det svårt för honom att komma undan exponeringen.” (Chemas Oy 1994), Internetadressen finns i källförteckningen.

Det finska gränsvärdet HTP₁₅ (= 15 minuters exponering i den uppgivna halten utan skyddsutrustning är skadlig) motsvaras av det amerikanska STEL (*Short Term Exposure Limit*) och tyska MAK-värdet.

I världen används utöver HTP-värdet:

ERPG-1-2-3-värden (*Emergency response planning guidelines*) för 60 minuters exponeringstid

- ERPG-1: endast tillfällig hälsorisk
- ERPG-2: ingen irreversibel hälsofara
- ERPG-3: medför ej livsfara
- för till exempel ammoniak är gränsvärdena följande (Chemas Oy 1992): HTP₁₅ = 40 ppm, IDLH = 300 ppm, ERPG1 = 25 ppm, ERPG2 = 200 ppm, ERPG3 = 1 000 ppm.

Av de giftiga gaserna i tabell 6.3 är ammoniak, kolmonoxid, svavelväte och cyanväte *brandfarliga*. Däremot är ammoniak, fluorväte, klorväte, svaveldioxid, cyanväte och kvävedioxid *vattenlösliga*.

6.2.5 Demonstrationsexempel

Experiment 4 Väteklot (Loch 1994)

Använd skyddsglasögon!

- ta en tom luftballong. Blås först lite luft i den (bl.a. koldioxid) och låt den därefter åter bli tom
- fyll försiktigt luftballongen med vätgas ur en behållare (gnid inte ballongen emot någonting, eftersom det då bildas statisk elektricitet)
- knyt om ballongen med ett snöre och fäst den i ändan på en käpp som är ca en halv meter lång (t.ex. en träkäpp som har en spik eller skruv i ändan, i vilken ballongens snöre kan fästas)
- håll i käppen och för väteklotet över en öppen låga (t.ex. ett tänd ljus) som står på ett tomt bord. Vätet exploderar med en ljudlig knall. (*Hörselskydd behövs ej, men åskådarna måste befinna sig på minst 2 meters avstånd*).

Explosionen kan närmast beskrivas som en knall då gasen utvidgas ca sju gånger sin volym!

Experiment 5 Explosion orsakad av en blandning av acetylen och syre Utförs utomhus!

Använd skyddsglasögon samt hörselskydd!

- ta en tom och torr plastdunk som rymmer 5 – 10 liter
- gör ett hål mitt i korken. Hålet skall vara exakt så stort att du kan trä in hälften av en 15 cm lång stubintråd. Täta vid behov hålet med silikon eller tejp
- fyll på ca en liter acetylen i dunken och därefter några liter syre från en syrgasbehållare (*füll försiktigt och med liten strömning*)
- tillslut den acetylen-syre fyllda plastdunken väl med korken i vilken stubintråden sitter
- tänd på stubintråden och avlägsna dig minst 10 meter från dunken => dunken exploderar efter ca 15 sekunder med en kraftig knall (*utför inte experimentet i närheten av bebyggelse*).

Experiment 6 Propan/aerosol - brand

Använd skyddsglasögon!

- ta en aerosolförpackning, t.ex. hårspray eller deodorant, där drivgasen vanligtvis är brandfarlig gasol, propan
- spruta gas i riktning från dig själv och för en brinnande tändsticka (eller motsvarande) ca 20 cm från aerosolflaskan => gasen antänds och brinner som en reaflicka (*återkalla i minnet risksituationer ur levande livet*).

Experiment 7 Flytande kväve (en kall och kvävande gas)

Använd skyddsglasögon och skyddshandskar! Se upp för kallt stänk!

- håll försiktigt ca 2 dl flytande kväve i ett glaskärl

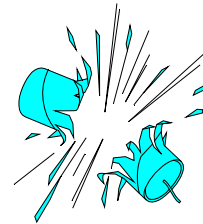
- för långsamt in en brinnande tändsticka i glaskärlet med det kokande kvävet => tändstickan slocknar eftersom kvävet tränger undan det syre lågan behöver för att brinna (*på samma sätt kan en människa kvävas av kväve - "livslågan" släcks*)
- doppa t.ex. en skyddshandske av gummi i flytande kväve (kokpunkt -196 °C). Handsken fryser och blir hård
- trampa sedan sönder den frusna handsken t.ex. på golvet (*skyddsutrustning av gummi skyddar inte mot nedkylda gaser i vätskefas*).

Experiment 8 **Gas som kondenserats genom nedkylning förångas** Uförs utomhus!

Använd skyddsglasögon, skyddshandskar samt hörselskydd! Akta för kallt stänk!

- ta en tom plastdunk (5 – 10 liter) och håll i den några deciliter flytande kväve ur ett mindre kärl
- tillslut plastdunken ordentligt och avlägsna dig minst tio meter från den.

Det flytande kvävet förångas och höjer trycket i kärlet så mycket att dunken exploderar (en fysikalisk explosion). Kylta gaser i vätskefas får aldrig förvaras i tätt tillslutna oisolerade kärl => explosionsrisk. Kylta gaser i vätskefas förvaras i allmänhet i isoleringskärl!



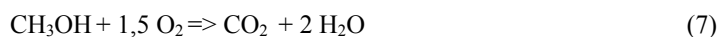
6.3 Brandfarliga vätskor (ADR 3)

6.3.1 Allmänt

- brandfarliga vätskor indelas efter deras flampunkt (se s. 13)
- enligt definitionen räknas också brandfarliga gaser till klassen mycket brandfarliga vätskor
- flampunkten är den lägsta temperatur vid vilken en vätska avger ånga i sådan koncentration att ångan kan antändas
- brandfarliga vätskor brinner i form av ånga. Om vätskan inte förångas vid flampunkten brinner den inte heller (t.ex. dieselolja)
- vätskor med låg flampunkt (t.ex. bensin ca -50 °C) antänds lättast
- flampunkten för dieselolja (ca 70 °C) sjunker kraftigt om det blandas bensin i oljan. Med t.ex. 5 % bensin i dieseloljan sjunker flampunkten till ca 20 °C (Hermelin 1992, s. 9)
- bränsleångor är också explosiva. Deras brännbarhetsgräns är relativt låg (för t.ex. bensin 1 – 8 vol-%)
- den största explosionsrisken utgör nästan helt tomma cisterner för brandfarliga vätskor, på grund av att dessa då rymmer stora mängder brandfarliga gaser.
- vätskor i den organiska kemin är i allmänhet brandfarliga. Undantagna är några föreningar som innehåller stora mängder halogener (t.ex. koltetraklorid, kloroform)
- brandfarliga ämnen antänds lätt av ett oxiderande ämne eller av t.ex. en statisk gnista (t.ex. begjutning med skum eller täckandet av en pöl)
- lågmolekylära kolväten som innehåller syre förbränns fullständigt och avger endast lite brandgaser
- högmolekylära föreningar bildar vid förbränning giftiga och frätande lågmolekylära föreningar

- då aromatiska kolväten brinner utvecklar de stora mängder brandgaser under stark rökutveckling. Brandgaserna innehåller ofta stora mängder giftiga och hälsofarliga reaktionsprodukter
- brandfarliga vätskor kan på basis av sin vattenlöslighet indelas i *polära* (vattenlösliga) och *opolära* (icke vattenlösliga) vätskor.

Exempel 6 Då metanol CH₃OH förbränns i tillräcklig mängd syre bildas koldioxid och vatten.



6.3.2 Vattenlösliga brandfarliga vätskor

- till dessa hör bl.a. följande organiska ämnesgrupper med korta molekylkedjor:
 - alkoholer (t.ex. metanol, etanol)
 - organiska syror (t.ex. myrsyra, ättiksyra)
 - aldehyder och ketoner (t.ex. formaldehyd, aceton).
- vid släckning av vattenlösliga brandfarliga vätskor lämpar sig inte traditionellt detergentskum. I stället skall ett s.k. *AR-skum* (= alkoholresistent skum) användas
- AR-skum bildar en yta av gel på den vattenlösliga brinnande vätskan. Gelskiktet syns för blotta ögat. Gelet hindrar nedbrytningen av skummet (som innehåller vatten) på den brinnande vätskans yta
- kolväten i vätskefas är i allmänhet oljebaserade och olösliga i vatten. Dagens bränslen kan dock innehålla upp till 10 % vattenlösliga ämnen, vilket gör dem delvis vattenlösliga
- dagens blyfria bensin kan innehålla hela 15 vol-% delvis vattenlösligt MTBE (=metyltertiärbutyleter) och dessutom flera procent olika vattenlösliga alkoholer
- tillverkare av släckskum rekommenderar att alkoholresistent skum används då andelen vattenlösliga ämnen i ett bränsle är över 10 % (Valtion Pelastusopisto 1994, s. 24)
- vattenlösliga tillsatsämnen gör att bränslen också är farliga för miljön. Vattenlösliga komponenter som kommer ut i grundvattnet kan förorena en miljon gånger sin egen mängd dricksvatten och göra det odrickbart (t.ex. MTBE)
- ett farligt miljögift är bl.a. kylarvätskan glykol som används i släckskum (t.ex. mikrober i reningsverk för spillvatten)
- en blandning med vatten (< 40 %) lämpar sig i princip väl för att släcka alkohol, om produktförlusterna ej beaktas.

6.3.3 Brandfarliga vätskor som inte löser sig i vatten

- de flesta organiska kolväten är olösliga i vatten
- till klassen hör bl.a. följande ämnesgrupper:
 - bränslen (t.ex. bensin, dieselolja, eldningsolja)
 - rena kolväten (t.ex. n-pentan, n-hexan, n-oktan)
 - organiska föreningar med långa molekylkedjor (C₅ eller högre) (t.ex. pentanol)
 - aromatiska föreningar (t.ex. bensen, toluen, styren)
- dessa kan inte släckas genom utspädning med vatten (vilket man kan göra med vattenlösliga ämnen). Vatten på brinnande olja kan ge upphov till en s.k. ångexplosion

- AR-skum är lämpligt både för brinnande vattenlösliga vätskor och vätskor som inte löser sig i vatten (gel bildas inte på en ren oljeprodukt).

6.3.4 Demonstrationsexempel

Experiment 9 **Explosion med en blandning av bensinångor och syre** Uförs utomhus!

Använd skyddsglasögon samt hörselskydd!

- ta en tom och torr plastdunk som rymmer cirka 5 – 10 liter
- gör ett hål mitt i korken. Hålet skall vara exakt så stort att du kan trä in hälften av en 15 cm lång antändningstråd. Täta vid behov hålet med silikon eller tejp
- håll ungefär en matsked (ca 15 ml) bensin i den tomma plastdunken och fyll därefter försiktigt på några liter syrgas ur en syrgasbehållare (*påfyllning av syre måste ske försiktigt och med liten strömning*)
- tillslut plastdunken väl med korken där antändningstråden sitter
- tänd antändningstråden och avlägsna dig minst 10 meter från dunken => dunken exploderar om ca 15 sekunder med en skarp knall (*utför inte experimentet i närheten av bosättning*).

Experiment 10 **Risken med ett tomt kärl**

Använd skyddsglasögon!

- ta ett tomt kärl av plast som rymmer ca en liter och dosera med en pipett ca 6 - 10 droppar bensin, aceton eller etanol i det. (Man kan också på bensinmacken bland soporna hämta tomma plastflaskor som innehållit lösningsmedel. Det finns oftast lagom alkohol i dem)
- tillslut flaskan med korken och skaka den för att framkalla en förångning (vid behov kan du värma flaskans yttre sida med varmt vatten)
- skruva upp korken och håll flaskan vågrätt i handen med öppningen riktad ifrån dig själv
- för med den andra handen en tänd tändsticka framför flaskans mynning. Var försiktig så att du inte bränner handen då en eldslåga slår ut ur flaskans mynning => flaskan 'kastar ut' en eldslåga. Lågans längd beror på det förångningstryck som finns i flaskan
- försöket kan upprepas med olika brandfarliga vätskor för att testa dessa vätskors brännbarhetsgränser.

Man skall aldrig svetsa eller skära i t.ex. ett gammalt oljefat. Då metallen upphetas förångas de kolväten som finns i oljefatet och orsakar lätt en explosion.

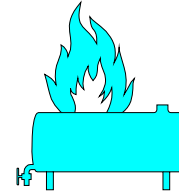
Experiment 11 **Släckning av alkoholbrand**

Använd skyddsglasögon!

- ställ en porslinsdegel på ett eldfast underlag (t.ex. en metallskiva) och håll lite alkohol (sprit) i degeln
- tänd på alkoholen och släck den genom att *kväva elden*, d.v.s. lägg en skiva, ett lock eller något annat tättslutande på degeln

- tänd alkoholen på nytt och släck den genom att *späda ut den med vatten* (alkoholen slocknar då alkoholhalten är under 40 %).

6.4 Klass 4 (ADR 4)



6.4.1 Allmänt

- klassen har inte något officiellt namn även om den främst innehåller brandfarliga fasta ämnen (vissa i smält tillstånd)
- klassen har följande tre underklasser:
 - brandfarliga fasta ämnen (ADR 4.1)
 - självantändande ämnen (ADR 4.2)
 - ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten (ADR 4.3).

6.4.2 Brandfarliga fasta ämnen (ADR 4.1)

- till klassen hör bl.a. *sågspån, cellulosa, hö, svavel, röd fosfor, livsmedelsmjöl och damm*
- ämnena innehåller främst kol, syre och väte. De antänds lätt då de kommer i kontakt med oxiderande ämnen
- explosionsrisken för damm av det brandfarliga ämnet beror på partikelstorleken. Explosionen är kraftigare ju finare dammet är
- dammet exploderar inte om partikelstorleken är över 400 mikroner. Däremot är damm vars partikelstorlek är under 60 mikroner mycket explosivt (Tolvanen 1986, s. 21)
- lägsta mängd energi som krävs för antändning är för de flesta typer av damm 10 - 100 mJ. Den undre explosionsgränsen varierar mellan 20 - 50 g/m³ (för vissa metaldamm är den under 10 g/m³) och den övre explosionsgränsen mellan 2 - 6 kg/m³, förutsatt att fukthalten inte är mycket över 50 % (Ettala 1988, s. 34)
- den undre brännbarhetsgränsen motsvaras av att man kan se fingrarna på sin utsträckta hand (Tolvanen 1986, s. 21)
- s.k. hybridblandningar är extremt brandfarliga. De består av brandfarlig gas och en damm/luftblandning eller brandfarlig ånga och en damm/luftblandning (Ettala 1988, s. 34).

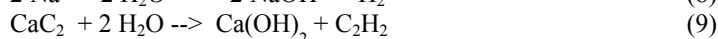
6.4.3 Självantändande ämnen (ADR 4.2)

- till klassen hör bl.a. *vit fosfor, oljeimpregnerade tyger, zink-, aluminium- och magnesiumpulver*
- ämnet kan antändas av sig själv utan värme utifrån
- ämnet oxiderar under inflytande av luftens syre och vid reaktionen utvecklas så mycket värme att ämnet värms till sin termiska tändpunkt (Lautkaski m.fl. 1990, s. 51)
- i ett dåligt vädrat utrymme kan t.ex. oljigt trassel (främst *lin-, soja- och rapsolja*) med tiden självantändas (Meyer 1977, s. 87).

6.4.4 Ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten (ADR 4.3)

- till klassen hör bl.a. *alkalimetallerna* (cesium Cs, litium Li, rubidium Rb, kalium K, natrium Na) och av *de alkaliska jordartsmetallerna* (barium Ba, kalcium Ca och magnesium Mg), som vid kontakt med vatten frigör väte (Meyer 1977, s. 107)
- då natrium Na reagerar med vatten utvecklar det väte, medan kalciumkarbid CaC_2 utvecklar acetylen (Meyer 1977, s. 176)

Exempel 7



- alkalimetaller bildar frätande bas i förening med vatten
- t.ex. Na och K förvaras i paraffinolja i en helt vattenfri miljö eftersom de kan reagera direkt med luftfuktigheten
- endast helt torrt släckmedel, t.ex. cement, grafit, soda (Na_2CO_3) eller koksalt (NaCl), är lämpligt för att släcka brandfarliga alkalimetaller. Alkalimetaller reagerar med haloner, koldioxid och t.o.m. med torr sand. Därför rekommenderas dessa inte för släckning av brandfarliga alkalimetaller (Meyer 1977, s. 160)
- släckning av litium (Li) är ett undantag*: soda eller koksalt skall inte användas eftersom det frigör natrium. Som släckmedel rekommenderas litiumklorid eller grafit. Vid användning av grafit bildas dock litiumkarbid som under kontrollerade förhållanden måste ofarliggöras med vatten (acetylen bildas) (Meyer 1977, s. 160)
- när metaller brinner stiger temperaturen så högt att vattnet spjälks i atomer och det bildas både *väte* och *syre* => vatten är i allmänhet inte ett lämpligt släckmedel då det gäller att släcka en metallbrand.

6.4.5 Demonstrationsexempel

Experiment 12 **Damm från brandfarliga ämnen** Uförs utomhus!

Använd skyddsglasögon och skyddshandskar!

- ställ en butanbrännare ca en meter ovanför marken och tänd brännaren
- ta med en liten skopa små mängder av olika brandfarliga och torra ämnen i pulverform (t.ex. slipdamm från parkettgolv, torvdamm, potatismjöl, florsocker, vetemjöl o.d.). Ställ dig med vinden i ryggen och kasta ämnet mot brännarens låga.

Dammet kommer att flamma upp då det träffar lågan och visa sig vara brandfarligt, förutsatt att pulvret/dammet är tillräckligt finfördelat och riktigt torrt.

Experiment 13 **Hur alkalimetall reagerar med vatten** Uförs utomhus!

Använd skyddsglasögon och skyddshandskar!

- füll några liter vatten i en hink
- ta en bit (20 - 50 g) metalliskt natrium eller kalium ur en burk. Ta inte i metallbiten med bara händer, då den är frätande
- torka ordentligt av den oljiga (ofta paraffinolja) metallbiten med torrt papper eller tyg

- kasta försiktigt metallbiten i hinken. Metallbiten kan flyga upp med detsamma! => Natrium/kalium reagerar kraftigt med vatten under bildande av väte som, då det upphettas, antänds med en knall. Vattnet blir basiskt (NaOH eller KOH)
- ta ett lackmuspapper och mät surhetsgraden på lösningen, som blivit basisk.

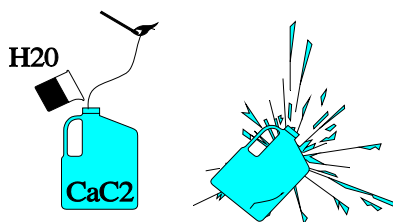
Se upp för stänk. Det är frätande (basiskt)

Experiment 14 Hur karbid reagerar med vatten (Forsgren)

Använd skyddsglasögon och skyddshandskar!

- ta ett stort laboratorieglass (ca 400 ml) och en glastratt. Ställ tratten upp och nedvänd på botten av glaset (alltså med öppningen nedåt). Glaskärlen måste vara torra.
- lägg några korn kalciumkarbid på botten av glaset, under tratten
- häll lite vatten i botten på glaset och låt vattnet reagera med kalciumkarbiden. Ur trattens smala ända ryker nu acetylen
- *vänta en stund* (så länge att luften har förflyktigats ur tratten) och tänd sedan försiktigt acetylenen (t.ex. med en tändsticka) => en sotande gulaktig acetylenlåga.

Om det finns luft kvar i tratten kan en luft/acetylenexplosion ske!



6.5 Klass 5 (ADR 5)

6.5.1 Allmänt

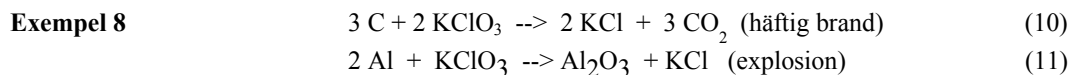
- klassen har inte något officiellt namn trots att den innehåller fasta och flytande oxiderande ämnen, d.v.s. ämnen som kan orsaka eller bidra till brand i annat material
- klassen indelas i två underklasser:
 - ämnen som verkar antändande (oxiderande) (ADR 5.1)
 - organiska peroxider (ADR 5.2).

6.5.2 Ämnen som verkar antändande (oxiderande) (ADR 5.1)

- ämnena i den här gruppen är oorganiska och icke brandfarliga fasta eller flytande ämnen
- de kan orsaka brand i annat material eftersom de avger det syre som behövs härtill. Syre från luften behövs alltså inte för att brand skall uppstå
- till gruppen hör bl.a.:
 - klorföreningar (t.ex. kaliumklorat $KClO_3$, natriumklorit $NaClO_2$, natriumhypoklorit $NaClO$)
 - nitrater (t.ex. kaliumnitrat, d.v.s. salpeter KNO_3 , silvernitratt $AgNO_3$, ammoniumnitrat NH_4NO_3)

- peroxider (t.ex. väteperoxid H_2O_2 , natriumperoxid Na_2O_2)

- när det oxiderande och brandfarliga ämnet reagerar är resultatet brand eller explosion. Se formlerna 10 och 11. (Meyer 1977, s. 227)



- kläder som blivit våta av ett oxiderande ämne antänds lätt när de har torkat (t.ex. natriumklorat, väteperoxid)
- vattenhalten i ämnet är i hög grad avgörande för hur kraftig oxidationen är (t.ex. 50-procentigt väteperoxid är mycket reaktivare än 20-procentigt väteperoxid, jfr Experiment 16)
- oorganiska peroxider (t.ex. natrium- och kaliumperoxid) får aldrig kylas med vatten eftersom de flesta av dessa ämnen reagerar kraftigt med vatten (Lautkaski m.fl. 1990, s. 53)
- starka syror reagerar med klorföreningar och avger giftiga klorföreningar, t.ex. klordioxid, som lätt löses i klor och syre (Meyer 1977, s. 138).



6.5.3 Organiska peroxider (ADR 5.2)

- man kan tänka sig organiska peroxider som derivat av väteperoxid H_2O_2 , där väte har ersatts med organiska grupper
- organiska peroxider innehåller syreatomer som lätt frigörs och som lätt antänder den organiska kolkedjan (= brandfarligt ämne + oxiderande ämne). Organiska peroxider likställs med rätta med explosiva ämnen
- de sönderfaller lätt. Sönderfallet kan initieras av värme, friktion eller kontakt med ett främmande ämne, vilket ofta kan leda till en explosion
- används vid tillverkning av bl.a. plast som initiator för *polymerisation*
- till denna grupp hör t.ex. *dimetylperoxid* ($CH_3-OO-CH_3$), *dibensylperoxid* ($C_6H_5-CO-OO-CO-C_6H_5$) och *perättiksyra* ($CH_3-O-COOH$)
- här kan också nämnas den farliga "Internetbomben", som är enkel att tillverka. Den innehåller triacetonykloperoxid (TACP), som är en förening av aceton, väteperoxid och saltsyra eller svavelsyra. I torrt tillstånd är detta ett högexplosivt ämne, detonationshastighet 6930 m/s (Kari Laitinen 1997).

6.5.4 Demonstrationsexempel

Experiment 15 **Explosiv blandning bestående av kaliumklorat och svavel** (Forsgren)

Använd skyddsglasögon, skyddshandskar samt hörselskydd!

- lägg på en stålplåt ca 0,5 g svavel i pulverform (brandfarligt ämne) och lika mycket kaliumklorat i pulverform (oxiderande ämne), jfr krut
- blanda försiktigt de båda pulvren (undvik friktion)
- ta en långskaftad måkare och gnugga (men slå inte) pulvret med måkaren mot stålplåten.

De båda pulvren ger upphov till en gnista och exploderar med ett högt ljud. Du kan göra om experimentet och öka mängden pulver något (kom ihåg skyddsutrustningen).

Experiment 16 **Väteperoxidens antändningseffekt** (Paaso)

Använd skyddsglasögon och skyddshandskar! Starkt väteperoxid är frätande.

- droppa några droppar minst 50-procentigt väteperoxid på en torr läderhandske
- låt handsken torka lite (detta kan påskyndas genom att man töjer handsken).

Efter några minuter självantänds handsken.

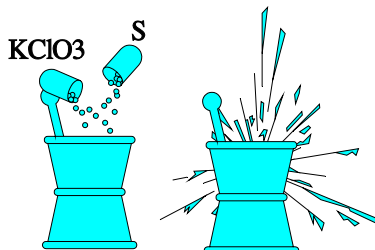
Experiment 17 **Hur klor frigörs ur hypoklorit med hjälp av en syra**

Utförs i dragskåp eller utomhus med vinden i ryggen! (Forsgren)

Använd skyddsglasögon och skyddshandskar! Lösningarna är frätande.

- mät upp ca 50 ml natriumhypoklorit i ett laboratorieglass och samma mängd svavelsyra i ett annat glas
- håll försiktigt svavelsyran i natriumhypokloriten. En gul *klorgas* frigörs
- spruta ammoniakvatten på klorgasmolnet. Klorret bildar nu med ammoniakken *en vit ammoniumklorid (salmiak)*.

Genom att använda ammoniakvatten kan en klorläcka i gasfas lokaliserars. På samma sätt kan en ammoniakläcka i gasfas lokaliserars med utspädd saltsyralösning.



6.6 Klass 6 (ADR 6)

6.6.1 Allmänt

- klassen har inte något officiellt namn trots att den innehåller olika slags giftiga vätskor och fasta ämnen (giftiga gaser hör till klass 2, även om varningsetiketter för klass 6 används vid varning för giftighet)
- ett ämnes giftighet påvisas med djurförsök, se tabell 5.1. Därför är det vilseledande att använda termen ”giftig” för vilket ämne som helst som är skadligt för hälsan
- då gifter hamnar i marken leder detta till en allvarlig förorening av miljön. Följderna kan vara mycket långvariga
- klassen indelas i två underklasser:
 - giftiga ämnen (ADR 6.1)
 - smittförande ämnen (ADR 6.2).

6.6.2 Giftiga ämnen (ADR 6.1)

- Till klassen hör bl.a.:
 - aromatiska kolväten (t.ex. bensen C_6H_6 , fenol C_6H_5-OH)
 - kväveföreningar (t.ex. kaliumcyanid KCN, akrylnitril $CH_2=CH-CN$, hydrazin N_2H_4)
 - organiska syreföreningar (t.ex. formalin d.v.s. en lösning av formaldehyd i vatten $HCHO + H_2O$, metanol CH_3OH)
 - tungmetallföreningar (t.ex. CCA-impregneringsmedel, innehåller arsenik As, krom Cr och koppar Cu)
 - klorerade kolväten (t.ex. vinylklorid $CH_2=CH-Cl$, DDT; förbjuden i Finland)
 - bekämpningsmedel (t.ex. paration, aldrin)
 - organiska fosforföreningar (t.ex. sarin, soman; nervgaser).
- bränder där giftiga ämnen (t.ex. insektsgifter eller bekämpningsmedel) förekommer är förödande för miljön, då släckvatten kan orsaka en omfattande miljöolycka (t.ex. Sandoz, Schweiz 1986). Därför skall släckvattnet samlas upp
- i tabell 6.4 jämförs LD_{50} -värden för några giftiga ämnen. Doserna motsvarar den mängd giftigt ämne, i milligram per kg kroppsvikt (mg/kg), som med 50 % sannolikhet leder till döden. Stridsgasernas doser gäller allmänt taget också för människor. Dosen multipliceras då med personens vikt.

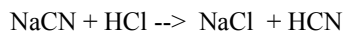
Tabell 6.4

LD_{50} -värdet för vissa giftiga ämnen (Institutet för arbetshygien; Suojelun käsikirja 1996, s. 94). Ämnena i tabellen hör inte ovillkorligen till ADR-klass 6.1

Ämne	LD_{50} (mg/kg)	Användning	Exponering
Metanol	5628	lösning, kylarvätska	råtta/oralt
Bensen	3306	lösning, tillsats i bens.	råtta/oralt
Vinylklorid	500	råvara för PVC	råtta/oralt
Fenol	317	harts, färg, gummi	råtta/oralt
Malation	290	insektgift	råtta/oralt
DDT	87	bekämpningsmedel	råtta/oralt
Akrylnitril	78	plastråvara	råtta/oralt
Hydrazin	60	avlägsnar syre ur vatten	råtta/oralt
Aldrin	39	bekämpningsmedel	råtta/oralt
Senapsgas	34	stridsgas	hud
Arsenikpentoxid	8	laboratoriekemikal	råtta/oralt
Kaliumcyanid	5	stålindustri	råtta/oralt
Paration	2	insektgift	råtta/oralt
Sarin	1,4 – 1,7	nervgas	hud
Soman	0,7 – 4,3	nervgas	hud
VX	0,14 – 3,1	nervgas	hud

- en del av gifterna har konstaterats framkalla cancer (karcinogen); dessa är bl.a. bensen, vinylklorid, akrylnitril, hydrazin, aldrin, arsenik (Institutet för arbetshygien)
- kaliumcyanid friger under fuktiga eller sura förhållanden mycket giftigt cyanväte. Se reaktionen i formeln (13). (Chemas Oy 1994; Meyer 1977, s. 199).

Exempel 10



(13)

6.6.3 Smittförande ämnen (ADR 6.2)

- till klassen hör bl.a. opreparerade senor, *hudar och klövar, kalvskinn och stallgödsel*
- många av dessa är *smittförande ämnen* som kan innehålla sjukdomsframkallande bakterier eller virus
- dessa ämnen luktar dessutom illa och är ohygieniska
- för att förhindra dålig lukt och smittfara skall ämnena besprutas med ett lämpligt desinfektionsmedel eller täckas över på lämpligt sätt (Lautkaski m.fl. 1990, s. 54).

6.6.4 Demonstrationsexempel

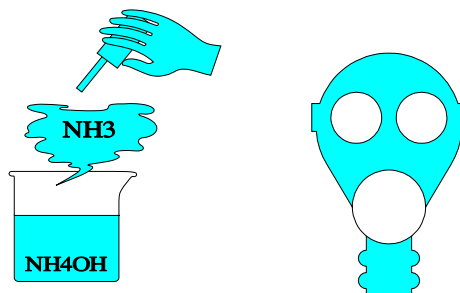
Experiment 18 Hur man mäter ammoniakkoncentrationen

Utförs i dragskåp eller utomhus med vinden i ryggen

Använd skyddsglasögon och skyddshandskar! Gasen är giftig och lösningen frätande.

- öppna försiktigt en flaska eller dunk (1 - 5 liter) som innehåller ammoniakvatten (NH_4OH). Ur kärlet frigörs nu ammoniak (NH_3)
- mät ammoniakkoncentrationen vid kärlets mynning och på olika avstånd från kärlet. Använd detektorrör som lämpar sig för ammoniak samt en bälg som passar till röret. Alternativt kan andra mätinstrument användas, t.ex. elektrokemiska celler.

Koncentrationen inne i kärlet ligger inom procentintervallet, men avtar snabbt ju längre från platsen för läckaget man kommer. Ammoniak luktar redan vid en halt av 20 ppm, vilken i och för sig inte är farlig. Undvika dock att andas in ammoniak. Vid behov kan andningsskydd med filter användas vid mätningarna. Gränsvärdena för ammoniak finns på sidan 21.



6.7 Radioaktiva ämnen (ADR 7)

6.7.1 Allmänt

- radioaktiv strålning framkallas då grundämnets instabila kärna sönderdelas, vilket ger upphov till partiklar eller fotoner.
- det finns olika slags strålning (Suomen Väestönsuojelujärjestö 1988; Suojelun käsikirja 1996, s. 23 – 28)

- alfastrålning; strålningen består av *alfapartiklar* - atomkärnor av *helium* (t.ex. *naturligt uran och radium 226*); har kort räckvidd i luft, ett par centimeter. Kan inte tränga igenom papper

- betastrålning; strålningen består av *elektroner* (t.ex. *kobolt 60* och *strontium 90*); räckvidd i luften några meter. Kan inte tränga igenom människokroppen

- neutronstrålning; strålningen består av *neutroner* (t.ex. vid en *fission* eller *fusion* i en kärnreaktor eller ett kärnvapens initialstrålning); räckvidd i luften några hundra meter. Tränger djupare in i substansen än betastrålningen

- gammastrålning; *elektromagnetisk* strålning med mycket kort våglängd som uppstår i atomkärnor (t.ex. *kosmisk strålning* från rymden); räckvidd i luften några kilometer. Tränger till och med igenom en metallskiva

- strålningsexponering kan minskas på tre sätt:
 - a) genom att minimera exponeringstiden
 - b) genom att öka avståndet till strålkällan
 - c) genom ett effektiverat skydd
- den genomsnittliga stråldosen en person i Finland får per år är ca 4 mSv. Stråldosen fördelas på olika strålningskällor. Strålningskällor är bl.a. radon i inomhusluften (2,2 mSv), strålning från marken och från byggmaterial (0,5 mSv), radioaktiva ämnen i vår egen kropp (0,4 mSv), kosmisk strålning (0,3 mSv) samt strålning inom sjukvården (0,6 mSv). Tjernobyolyckan ökade stråldosen med mindre än 0,5 mSv (Suomen Väestönsuojelujärjestö 1988)
- radioaktiva ämnen brinner i allmänhet inte (Lautkaski m.fl. 1990, s. 57)
- det är skäl att skydda sig mot damm från radioaktiva ämnen genom att vid behov använda en s.k. stänkskyddsdräkt som lätt kan sköljas av efter exponering. Det är så gott som omöjligt att få bort radioaktivt damm från textilier
- radioaktiva ämnen sprider sig lätt med bl.a. släckvatten, varför förorenat släckvatten skall samlas upp.

6.7.2 Demonstrationsexempel

Experiment 19 Mätning av radioaktivitet

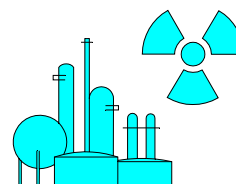
(Kuusisto)

Mät gammastrålning med en vanlig mätare för intensitet och/eller en dosimeter. Använd en strålkälla vars intensitet ej överskrider värdet 1 mSv/h på ett avstånd av en centimeter från källan (tillstånd behövs ej).

Rör ej strålkällan med bara händer! Följ bruksanvisningen för mätinstrumentet.

- välj en sådan Co-60 källa vars intensitet är under 1 mSv/h på ytan och ca 1,5 μ Sv/h på ett avstånd av en meter från källan
- mät både den momentana intensiteten och dosen på olika avstånd från källan.

Intensiteten minskar till en fjärdedel då avståndet fördubblas.



6.8 Frätande ämnen (ADR 8)

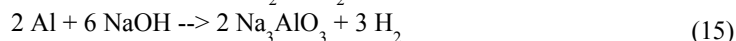
6.8.1 Allmänt

- frätande ämnen kan förstöra kroppens vävnader
- graden av frättegenskaper beror både på koncentration och exponeringstid
- sura lösningar har ett pH under 7; värdet kan variera mellan 2 och 7
- basiska lösningar har ett pH över 7; värdet kan variera mellan 7 och 15 (Räddningsverket 1997, s. 60).
- till klassen hör bl.a. följande syror, baser och övriga frätande ämnen:
 - oorganiska syror (t.ex. *saltsyra HCl, salpetersyra HNO₃, fluorvätesyra HF, svavelsyra H₂SO₄, fosforsyra H₃PO₄*)
 - organiska syror (t.ex. *myrsyra HCOOH, ättiksyra CH₃COOH*)
 - oorganiska baser (t.ex. *natriumhydroxid NaOH, kaliumhydroxid KOH, kalciumhydroxid Ca(OH)₂, soda Na₂CO₃*)
 - organiska baser (t.ex. *metylamin CH₃NH₂*)
 - övriga frätande ämnen (t.ex. *hypokloritlösning ClO₂·nH₂O*).

6.8.2 Farliga egenskaper hos frätande ämnen

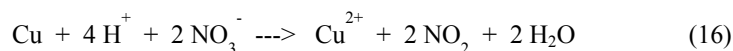
- trots att oorganiska syror och baser inte är brandfarliga medför de en brand- och explosionsrisk genom att de utvecklar *väte* när de löser metaller. (Meyer 1977, s. 134, 151).

Exempel 11



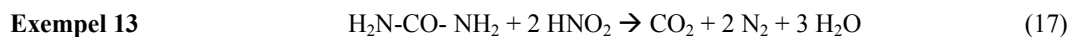
- följande oädla metaller avger väte när de löses i starka syror, aluminium Al, mangan Mg, zink Zn, krom Cr, järn Fe, nickel Ni, tenn Sn, bly Pb. Väte frigörs också ur lättare alkaliska metaller som är lösliga i vatten, jfr ADR 4.3 (Meyer 1977, s. 107)
- väte frigörs då bland annat aluminium, zink, bly och tenn löses i starka basiska ämnen. (Arvonen m.fl. 1989, s. 115)
- när *salpetersyra* löser metaller (det gäller både ädla och oädla) utvecklar den inte i likhet med andra mineralsyror väte, men däremot giftiga *kväveoxider* (NO_x-gaser = NO eller NO₂) varvid nitratjonen fungerar som ett kraftigare oxidationsmedel än det väte som frigörs ur syra (Arvonen m.fl. 1989, s. 115).

Exempel 12



- salpetersyra löser alla metaller utom guld och platina (Antikainen 1987, s. 158)
- koncentrerad salpetersyra är ett starkt oxidationsmedel som kan antända lätt antändliga ämnen, t.ex. sågspån och trä. Den upphettade syran sönderfaller och frigör giftiga NO_x-gaser (Chemas Oy 1992)

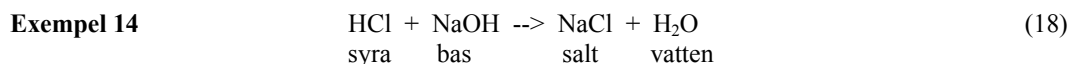
- eftersom utspädd salpetersyra inte sönderfaller i NO_x-gaser (Antikainen 1987, s. 160) kan man stoppa upp söderfallsreaktionen genom att vid en reaktion med metall eller organiska ämnen späda ut salpetersyran med rikliga mängder vatten
- NO_x-gaser kan också bekämpas med urea. Urea sönderdelar då den salpetersyrighet (HNO₂) som bildas av NO_x-gaser och vatten i koldioxid, kväve och vatten. Se ekvation 17. (Morrison m.fl. 1978):



- då ädelmetallerna vismut Bi, koppar Cu, kvicksilver Hg, silver Ag, platina Pt och guld Au löses i syror frigörs inte väte ädelmetallerna
- guld och platina löses i *kungsvatten*, en blandning som består av 1 del salpetersyra och 3 delar saltsyra; resultatet är *kväveoxider och klor* (Antikainen 1987, s. 161)
- *svavelsyra* är ett mycket reaktivt ämne. Det reagerar kraftigt med vatten och utvecklar värme
- svavelsyra kan antända organiska ämnen, varför man inte får genomdränka organiska ämnen (t.ex. sågspån eller torv) med svavelsyra
- upphettad svavelsyra frigör giftig svaveldioxid
- svavelsyrans reaktion med oxidationsmedel (klorat, permanganat m.fl.) medför explosionsrisk på grund av de syreföreningar som frigörs (Chemas Oy 1992)
- organiska syror och basiska ämnen är förutom frätande också brandfarliga, även om de i allmänhet är mindre frätande än oorganiska föreningar.

6.8.3 Neutralisation

- neutralisation är mycket exotermisk (= som sker under värmeutveckling) och det bildas i allmänhet salt och vatten. (Kalkku m.fl. 1991, s. 117). Om karbonater ingår bildas därtill koldioxid (Antikainen 1987, s. 293).



- bland annat följande ämnen lämpar sig för neutralisation av syror:
 - släckt kalk, vattenverkskalk, byggandskalk, fin industrikalk, kalciumhydroxid Ca(OH)₂
 - jordbrukskalk, kalksten, kalciumkarbonat CaCO₃
 - soda, natriumkarbonat Na₂CO₃
 - dolomitmjöl, magnesiumkalciumkarbonat, MgCO₃ CaCO₃
 - natronlut, natriumhydroxid NaOH
 - kalilut, kaliumhydroxid KOH
 - natriumbikarbonat, NaHCO₃
 - torr cement (åtgången dubbelt så stor som vid släckt kalk)
 - absol, monokalciumsilikat-monohydroxid (ett vanligt sorptionsmedel)
- Följande ämnen lämpar sig för neutralisation av baser:
 - aluminiumsulfat Al₂(SO₄)₃
 - utspädd (10 – 20 %) syra, t.ex. svavelsyra H₂SO₄

- för neutralisation behövs släckt kalk enligt följande (tumregler):

envärda syror:	40 vikt-% kalk av mängden syra
tvåvärda syror:	75 vikt-% kalk av mängden syra
trevärda syror:	100 vikt-% kalk av mängden syra

- 1 m³ stark syra kräver 1-1,5 ton kalk
- 1 m³ svag syra kräver 0,5 ton kalk
- ett utsläpp som är för surt eller basiskt kan döda den biologiska bakteriestammen i ett reningsverk (pH för utsläppet skall ligga mellan 6 – 10).

6.8.4 Demonstrationsexempel

Experiment 20 **Metall som löses i syra frigör väte** (Forsgren)

Kan utföras inomhus, t.ex. i laboratorium!

Använd skyddsglasögon och skyddshandskar!

- ta ett pulver av någon oädel metall (t.ex. järn, zink, aluminium) och håll lite av det i botten på ett provrör
- håll ca 10 ml koncentrerad svavelsyra (ca 96 %) i ett laboratorieglass och späd ut syran genom att försiktigt hålla i ca 20 ml vatten
- dosera med en pipett en liten mängd syra i botten på provröret, varvid väte börjar utvecklas
- konstatera att väte har bildats genom att försiktigt föra en brinnande tändsticka till provrörets mynning. Vätet antänds då med en svag puff.

Försöket visar att en oädel metall friger brandfarligt väte då den löses i syra. En blekt blå vätegasläga kan brinna i provrörets mynning. Försöket kan upprepas med andra oädla metaller.

Experiment 21 **Salpetersyra sönderfaller i kväveoxider** (Forsgren)

Utför inomhus i dragskåp eller utomhus med vinden i ryggen

Använd skyddsglasögon och skyddshandskar!

- fyll ca 50 ml stark salpetersyra i ett laboratorieglass
- lägg en liten bit stålull i ett annat laboratorieglass
- håll upp ca 100 ml vatten i ett tredje kärl
- håll salpetersyran på stålullen, varvid giftiga NO_x-gaser omedelbart frigörs
- späd ut salpetersyran med vatten, varvid sönderfallsprocessen avstannar
- upprepa försöket genom att hålla salpetersyra i ett provrör i vilket du först har hållt pulver av ädelmetall (koppar).

Försöken visar att salpetersyra reagerar både med ädla och oädla metaller, varvid giftiga kväveoxider bildas. Salpetersyrans sönderfallsprocess upphör omedelbart då syran späds ut med vatten (en bekämpningsmetod).

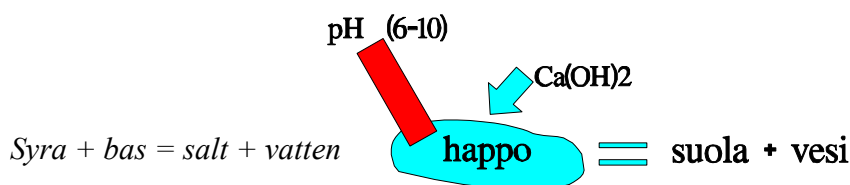
Experiment 22 **Neutralisation av syra med bas** (Forsgren)

Utförs inomhus eller utomhus.

Använd skyddsglasögon och skyddshandskar!

- häll ca 10 ml koncentrerad svavelsyra (ca 96 %) i ett laboratorieglass och späd ut den genom att försiktigt hälla i ca 20 ml vatten
- häll ca 10 ml stark natriumhydroxidlösning (ca 48 %) i ett annat laboratorieglass. Häll på ca 20 ml vatten (eller gör en lösning av ca 25 g fast natriumhydroxid och ca 50 ml vatten)
- ta en fenoltaleinindikator (= syra-bas-indikator), om sådan finns till hands, samt lackmuspapper (skala 0 – 14)
- häll lite (ca 10 ml) utspädd syra i botten av ett tredje kärl. Lägg i lite indikatorpulver
- mät den utspädda lösningens och basens pH med lackmuspappret (den utspädda svavelsyrans pH är ännu nästan noll medan den utspädda basens pH är över tio)
- tillför natriumhydroxid droppvis i den utspädda syran. Rör om lösningen och mät pH-värdet (då en bas tillförs lösningen färgas lösningen röd. Den röda färgen bleknar ända tills pH-värdet konstant håller sig över 8)
- tillför försiktigt natriumhydroxid så länge att lösningen antar en ljusröd färg; verifiera pH-värdet genom mätningar (då pH är mellan 6 – 10 kan lösningen hällas ut i avloppet).

På motsvarande sätt neutraliseras ett syrautsläpp, förutsatt att det först har vallats upp och så mycket syra som möjligt har avlägsnats ur invallningen. Till den invallade pölen tillförs minst lika mycket vatten som det finns syra i den. Därefter utförs i allmänhet neutralisering med kalkmjölk (vatten + kalk) som blandas i tidigare angivna proportioner.



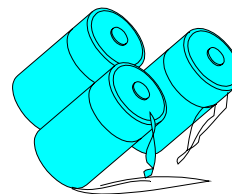
6.9 Övriga farliga ämnen (ADR 9)

6.9.1 Allmänt

- klassen har inte några gemensamma riskfaktorer
- till klassen hör sådana farliga ämnen som inte kan föras till de övriga ADR-klasserna.

6.9.2 Exempel på övriga farliga ämnen

- här följer några exempel på ämnen i klassen (Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä 1999c, osa II, s. 439 - 443)
- *asbestdamm*, som man vet medför risk för lungcancer
- *polyklorerade bifenyler (PCB)*, som vid brand kan utveckla mycket giftiga *dioxiner* och *furaner*
- *litiumbatterier eller livräddningsutrustning* (t.ex. *krockkuddar*), som kan explodera vid en olycka miljöfarliga ämnen, t.ex. *sekundära alkoholer med långa molekyllängder (C₆–C₁₇)*
- *klorsubstituerade paraffiner, malation, difenyl, mikroorganismer som manipulerats med genteknik.* (Miljöfarliga ämnen finns självklart också i andra ADR-klasser)
- vätska som transporteras vid förhöjd temperatur (över 100 °C) t.ex. *bitumen* eller fasta ämnen som transporteras vid temperatur över 240 °C.



7 RISKER MED KEMIKALIER

7.1 Risk för människor och miljö vid kemikalieolyckor

Vid en kemikalieolycka kan människor utsättas för följande faror:

- syrebrist, tryckvåg, splitter, värmestrålning, frätskada, köldskada, förgiftning, joniserande strålning
- riskerna kan indelas enligt tre olika riskgrupper:
 - hälsorisk
 - brand- och explosionsrisk
 - miljörisk.

7.2 Kemikalier; riskgrupper

Då det gäller brand- och explosionsrisk och hälsorisk kan kemikalier med beaktande av farans storlek indelas i riskgrupper. Riskgrupperna är: mycket stor risk, stor risk, måttlig risk, (se tabell 7.1). Bokstaven (k) efter kemikalins namn betyder att ämnet transporteras i stora mängder.

I bilaga 7 kan man läsa om de mest transporterade kemikaliernas (50 st i Finland) farliga egenskaper och vad kemikalierna används till. Den tresiffriga NFPA-koden anger ämnets farliga egenskaper. Den första siffran anger hälsorisk, den andra brandrisk och den tredje reaktivitet. Siffran noll står för minsta risk medan siffran fyra anger största risk.

7.3 Kemikalier som är farliga för miljön

Tabell 7.1 Kemikaliernas riskgrupper (svensk statistik, omarbetad)

HÄLSORISK	BRAND- OCH EXPLOSIONSRISK	HÄLSO- SAMT BRAND- OCH EXPLOSIONSRISK
Mycket stora risker - klor (k) - svaveldioxid (k) - ammoniak (k) - fosgen	- propan (k) - butan (k) - acetylen (k)	- acetonitril (k) - cyanväte - svavelväte
Stora risker - fenol (k) - fluorvätesyra (k) - saltsyra (k) - salpetersyra (k) - svavelsyra (k) - tetra-alkylbly (k) - radioaktiva ämnen	- aceton (k) - metyletylketon (k) - koldisulfid (k) - bensin (k)	- metanol (k) - styren (k) - butylacetat (k)
Måttliga risker - trikloretylen (k) - perkloretylen (k)	- toluen (k) - xilen (k) - mineralterpentin (k) - dieselolja (k)	

Kemikalier som har kommit ut i naturen kan indelas i fyra grupper efter hur de påverkar naturen (Eiling m.fl. 1994):

- giftiga och svår nedbrytbara kemikalier (till exempel *PCB*)
- giftiga kemikalier som bryts ned i miljön (till exempel *metanol*)
- icke giftiga, men svår nedbrytbara kemikalier (till exempel *polyetylendiol*)
- icke giftiga kemikalier som bryts ned i miljön (till exempel *etanol*).

Exempel på grupper av ämnen som förorenar marken (Ekokem 1994):

- metaller (t.ex. bly, kvicksilver, zink)
- andra oorganiska ämnen (t.ex. *arsenik*, *brom*, *cyanider*)
- aromatiska föreningar (t.ex. *bensen*, *fenol*, *toluen*)
- polyaromatiska föreningar (t.ex. *antrasen*, *naftalen*, *pyren*)
- klorerade alifatiska föreningar (t.ex. *diklormetan*)
- kloraniliner
- klorfenoler
- klorbensener
- polyklorerade aromatiska kolväten (t.ex. *PCB*)

- pesticider
- andra organiska föreningar (t.ex. *MTBE*, *glykol*).

8 KEMIKALIEOLYCKOR OCH DERAS KONSEKVENSER

8.1 OLYCKSTYPER

Olyckorna kan indelas i bland annat följande grupper beroende på vilken typ av olycka det gäller:

- a) statisk eller dynamisk olycka
- b) olycka orsakad av giftiga gaser, brandfarliga gaser eller miljöolycka
- c) transportolycka, olycka i lagrings- eller processkärl
- d) brand, explosion eller läckage.

8.1.1 Statisk eller dynamisk olycka (SPEK 1992)

En statisk olycka sker snabbt och skadan uppstår inom en kort tidsrymd, till och med på kortare tid än en minut (t.ex. en explosion)

- olyckan begränsas helt och hållet till ett område
- exempel: den tankbil med gasollast som exploderade i Spanien eller patronfabriken som exploderade i Lappo.

En dynamisk olycka sker under förloppet av en längre tid och omfattar ett större område (till exempel läckage av giftig gas eller kemikalieutsläpp i vattendrag)

- exempel: metylisocyanatutsläppet i Bhopal eller branden i Sandoz lager för bekämpningsmedel.

8.1.2 Olycka orsakad av giftiga gaser, brandfarliga gaser eller miljöolycka

Olyckor orsakade av giftiga gaser sker oftare med gaser som under tryck kondenserats till vätska (t.ex. *ammoniak*, *svaveldioxid*, *klor*).

- följande exempel beskriver ämnens giftighet (FOA 1984):

Exempel 15 Gas strömmar ut genom ett 40 mm stort hål i en tankvagn (58 ton) lastad med svaveldioxid. Vindstyrkan är 2 m/s. På ett par minuter kan den livsfarliga gaskoncentrationen (400 ppm) sprida sig ända upp till 300 meter från platsen för läckaget. 600 meter från olycksplatsen är det omöjligt att vistas utomhus. Den dödande koncentrationen i ett momentantutsläpp kan spridas flera kilometer.

- några större olyckor med giftiga gaser, se bilaga 8 A

De flesta olyckor med brandfarliga gaser orsakas av gasolfraktionier (t.ex. *propan, butan*) samt naturgas (*metan*).

- följande tre exempel beskriver ämnenas brand- och explosionsrisker (Räddningsverket 1992; FOA 1984; Prim Konsult Ab 1988):

Exempel 16 Gasol strömmar ut från en 75 mm öppning vid en vindhastighet av 2 m/s. Det gasmoln som bildas beräknas vara brännbart 150 m från utsläppsplatsen. Tryckvågen vid förbränningen medför att fönsterrutor krossas upp till 400 m från utsläppsplatsen. Byggnader kan få strukturskador på ca 200 m avstånd.

Exempel 17 Ett större hål (1 m²) uppstår i en tank (100 m³) vid t.ex. sabotage. Gasolen bildar momentant ett gasmoln som är brännbart på över 250 m avstånd från utsläppsplatsen. I dylika fall beräknas 3:e gradens brännskador på människor utomhus inom ca 400 m från gasmolnet om detta antänds. Fönsterrutor krossas ca 1 000 m från molnets centrum och strukturskador på byggnader uppkommer ca 450 m från molnets centrum.

Exempel 18 Vid uppvärmning av en gasoltank (t.ex. vid brand) ökar trycket i tanken. Den uppvärmda tankens hållfasthet överskrids och den rämnar. Innehållet expanderar, förgasas och antänds. Detta s.k. BLEVE-förlopp (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*) ger tryckskador, antänder bränder och delar av tanken kan slungas iväg ända upp till en kilometer.

- en grov uppskattning visar att C₃ och C₄ kolväten orsakar ca 40 % av olyckor med brandfarliga vätskor eller gaser och att propan verkar vara ca 30 gånger farligare än bensin (Räddningsverket 1992)
- naturgasexplosioner är exempel på olyckor i samband med cisterner under jorden (naturgas = sumpgas = biogas)
- några större olyckor med brännbar gas, se bilaga 8 B.

Redan mycket små kemikalieutsläpp kan orsaka miljöolyckor.

- kemikalieutsläpp som hamnar i marken förstör effektivt naturen, växtligheten och djurlivet
- i vätskeform eller i fast form förorenar kemikalier marken på ett område som kan variera från några kvadratmeter till flera hundra
- i värsta fall kan kemikalierna - då de tränger genom markskiktet - förorena grundvattnet. En liter vattenlösligt tillsämsämne för bensin (MBTE) förorenar en miljon liter grundvatten och gör det otjänligt som dricksvatten
- hur kemikalierna sprider sig i marken beror till stor del på kemikalies viskositet samt marktyp. I sand tränger en kemikalie i allmänhet vertikalt ner 1 - 500 m/dygn, i silt 0,1 - 5 cm/dygn och i lera 0,0001 - 0,05 cm/dygn (Räddningsverket 1992)

- en riskgrupp för sig utgör de underjordiska bensincisterner där det kan ta många år innan läckaget upptäcks
- kemikalier i vätskeform som runnit ut i vattendrag kan indelas i fyra grupper efter hur de reagerat med vatten (Pipatti m.fl. 1985):

- I Vattenlösliga vätskor som är tyngre än vatten
- II Vattenlösliga vätskor som är lättare än vatten
- III Vätskor som är olösliga i vatten och lättare än vatten
- IV Vätskor som är olösliga i vatten och tyngre än vatten.

Grupp I innehåller frätande ämnen, syror och baser (t.ex. *svavelsyra, natriumhydroxid, salpetersyra, saltsyra*). Vätskorna ändrar vattendragens pH och redan små koncentrationer kan medföra fiskdöd och förstört dricksvatten. Med tiden späds ämnena ut och blir ofarliga. Åtgärd: vid syraläckage kan kalk eventuellt spridas ut och om ett reningsverk är beläget vid vattendragets nedre lopp skall anmälan göras till reningsverket.

Grupp II innehåller närmast alkohol och ketonbaserade brandfarliga vätskor (t.ex. *etanol, propanol, metanol, aceton*). Ämnena är lättflyktiga, de kan bilda brännbar blandning på vattenytan. Ämnena i denna grupp är inte lika giftiga som ämnena i grupp I. Åtgärd: området där det finns risk för antändning spärras av. Ämnena späds med tiden och blir ofarliga.

Grupp III innehåller oljebaserade brandfarliga vätskor, d.v.s. de flesta brandfarliga vätskorna (t.ex. *eldningsolja, bensin, xylol, bensen, hexan, akrylonitril*). Ämnena löser sig dåligt eller inte alls i vatten och flyter på vattenytan. Åtgärd: invallning, sorption, överpumpning, skumning och övriga oljebekämpningsmetoder. Eventuella miljöskador drabbar främst växter eller djur som lever i ytvattnet.

Grupp IV innehåller främst giftiga ämnen (t.ex. *fenol, klorfenol, impregneringsmedel, kolsulfid*). I vatten sjunker ämnet till botten och löser sig mycket långsamt i vattnet. Åtgärd: försök avlägsna ämnena från botten med t.ex. dränkbara pumpar, som sänks ned på botten. Slamsugare eller muddring kan användas vid stora mängder. För att undvika långvariga miljöskador måste någon åtgärd vidtas.

- följande exempel beskriver följderna av en miljöolycka (Ettala 1988, s. 21; Civil Protection 1999)

Exempel 19 Vid Sandoz i Schweiz brann 1986 ett kemikalielager som innehöll bl.a. insektsgifter och skadedjursgifter. Brandkåren var snabbt på plats och kunde förhindra att branden spred sig till närliggande byggnader. Lagerbyggnaden kunde inte släckas. Ca 500 ton kemikalier brann upp av vilka uppskattningsvis 30 ton sköljdes med släckvattnet (ca 10 000 m³) ner i floden Rehn. Följden blev att bland annat tusentals ädelfiskar dog och floden Rehn förorenades ända till 500 kilometer från utsläppsplatsen.

- några större miljöolyckor, se bilaga 8 C (många miljöolyckor anmäls aldrig)

8.1.3 Transportolyckor, olycka med lagringskärl eller fel i processen

Transportolyckor är de vanligaste olyckor med farliga ämnen som brandkårer bekämpar

- det är självfallet också de ämnen som transporteras mest som orsakar flest olyckor (jfr kapitel 3.2)
- de flesta olyckor med farliga ämnen orsakade av relativt få kemikalier visar statistik från 1988 – 1992, se nedan (Räddningsinstitutet 1996)
 - de 10 vanligaste kemikalierna orsakade 60 % av kemikalieolyckorna
 - de 24 vanligaste kemikalierna orsakade 75 % av kemikalieolyckorna
 - de 62 vanligaste kemikalierna orsakade 93 % av kemikalieolyckorna
- de 24 ämnen som orsakat flest kemikalieolyckor, se bilaga 9.

Inom den kemiska industrin skedde åren 1972 - 1987 flest olyckor inom cellulosaindustrin (31 %) samt vid oljeraffinaderier och petrokemiska fabriker (21 %).

- de vanligaste olycksorsakerna var tekniskt fel (39 %), den mänskliga faktorn (26 %) och fel i processen (25 %), (Pipatti 1989).

8.1.4 Brand, explosion eller läckage

Bränder kan indelas i bl.a. enligt följande (Ettala 1988, s. 27):

- pölbrand (*pool fires*), 800 – 900 °C
- jetflamma (*jet fires*), läckage under tryck, 1200 °C
- eldklot (*fire balls*), t.ex. då en gasoltank rämnar, >1 000 °C
- gasbrand, gas/luftblandningen ligger inom brännbarhetsgränsen, brinnhastighet 0,5 - 2 m/s.

Explosioner kan indelas bl.a. enligt följande (Ettala 1988, s. 30)

- fysikalisk explosion (t.ex. då ett tryckkärl rämnar, trycket 4–5 x fyllnadstrycket)
- kemisk explosion (t.ex. dynamitexplosion)
- kärnexplosion (t.ex. fission eller fusion).

Explosioner kan också indelas enligt typ (Räjähdystarvikeyhdistys 1991):

- detonation (detonationshastighet 1 500 – 8 000 m/s, maximalt övertryck 20 bar)
- deflagration (reaktionshastighet 0,1 – 1 500 m/s).

För beräkning av konsekvenser vid explosioner görs följande indelning (Ettala 1988, s. 30):

- explosioner i slutna utrymmen (trycket stiger till 8 – 9 bar)
- explosioner i ute i det fria (gasmängd 10 – 15 ton).

Övriga typer av explosioner:

- BLEVE (= överhettad vätska förångas hastigt till ett gasmoln som omedelbart förbränns i ett explosivt förlopp). Icke brandfarliga gaser kan orsaka samma reaktion
- dammexplosion (jfr avsnitt 6.4.2)
- kemiska processer (en okontrollerbar exotermisk reaktion, t.ex. ett kylsystem går sönder).

Tre typer av **läckage** kan urskiljas utgående från aggregationstillstånd:

- gasläckage
- vätskeläckage
- läckage av fast ämne.

Vid ett *gasläckage* är skadeområdet i allmänhet det största (vid giftiga gaser kan det vara flera kilometer, vid brandfarliga gaser några hundra meter):

- för att ett gasläckage skall kunna uppkomma måste trycket i tanken vara högre än omgivningens tryck. Det ljud som hörs vid ett gasläckage påminner om ljudet från ett reoplans motor
- gasens strömningshastighet uppnår ljudets hastighet 333 m/s vid ett tryck på ca 2 bar
- ju högre strömningshastigheten är, desto effektivare späds gasen ut eftersom den blandas med luft
- vid ett *gasläckage* av brandfarlig gas kan gasen antändas på ett avstånd av $250 \times D$, där D anger diametern på utsläppshålet. Rekommenderat avstånd för att söka skydd är $500 \times D$
- vid ett *vätskeläckage* av brandfarlig gas uppstår en stråle, som kan antändas på avståndet $1\,000 \times D$. (Lautkaski m.fl. 1990, s. 87)
- spridningen av gasmoln kan beräknas med dataprogram (t.ex. Escape), som bl.a. beaktar väderförhållandena
- riskområdet varierar från 4–5 gånger beroende på stabilitetsklass. Det största riskområdet uppnås vid lugnt väder, medan solinstrålning och hård vind minskar riskområdet.

De största gasläckorna är a) läckage med komprimerad gas och b) läckage med kyld, kondenserad gas:

Läckage med komprimerad gas

- till följd av läckaget minskar trycket i behållaren och läckagets massflöde minskar

Läckage med kyld, kondenserad gas

- behållaren innehåller både gas och vätska
- trycket i behållaren är det samma som det s.k. ångtrycket
- vid gasutsläpp sjunker gasens temperatur småningom till ämnets kokpunkt där ångtrycket är det samma som lufttrycket (s.k. adiabatisk förångning)
- en gassträng kan iaktas i närheten av ett vätskeläckage (strängens längd är ca 10 m vid ett stort läckage och ca 1 m vid ett litet läckage)
- massflödet vid ett vätskeläckage är ca 15 – 20 gånger större än vid ett gasläckage
- då vätskedropparna fortfarande avdunstar kan temperaturen t.o.m. sjunka under kokpunkten (t.ex. för ammoniak till -70 °C)
- vid adiabatisk förångning frigörs gas Se figur 8.1:

Figur 8.1 Den gasmängd som frigörs ur giftiga kyllda, kondenserade gaser vid adiabatisk förångning som en funktion av den lagrade mängden vid en temperatur av 15 °C (FOA 1979)

Gasens massflöde beräknas med följande förenklade formel som gäller kondenserad gas i vätskefas när utsläppet sker i direkt anslutning till tank (Räddningsverket 1999):

$$Q = Cd \cdot A \sqrt{2 \cdot \Delta P \cdot \rho} \quad (19)$$

där

Q =	källstyrkan [kg/s]
Cd =	flödeskoefficient (sätts ofta till 0,6)
A =	utloppsarean [m ²]
ΔP =	tryckskillnad (= ångtryck - atmosfärstryck i Pascal [Pa])
ρ =	densitet på vätskan [kg/m ³]

Exempel 20 Hur lång tid tar det innan en tank (12 ton) med ammoniak är tom om ett rör med 4 cm² hålyta brister i botten på tanken? Temperatur 20 °C.

$$Q = 0,6 \cdot 0,0004 \sqrt{2 \cdot 780 \cdot 1000 \cdot 800} = 8,48 \text{ kg/s}$$

$$t = 12\,000 \text{ kg} / 8,48 \text{ kg/s} = 1415 \text{ s} = 1415/60 \text{ min} = \mathbf{23,5 \text{ min}}$$

Ett *vätskeläckage* från en tank kan endast ske då utsläppshålet ligger under vätskenivån.

- vätskans tryck i en tank är summan av det hydrostatiska trycket (=vätskans eget tryck) och trycket i tankens gasutrymme
- massflödet för en trycklöst lagrad vätska beräknas med följande formel (Räddningsverket 1999):

$$Q1(t) = Cd \cdot A \cdot \rho \sqrt{2g \cdot Ho} - t(Cd A)^2 \rho g/a, \quad (20)$$

där

Q1(t) =	källstyrkan vid tidpunkten t [kg/s], massflöde
A =	utloppsarean [m ²]
ρ =	densitet på vätskan [kg/m ³]
Cd =	flödeskoefficient (sätts ofta till 0,6)

$g =$	gravitationsacc. konstant [= 9,81 m/s ²]
$H_0 =$	vätskans höjd över utsläppspunkten [m]
$t =$	tid [s]
$a =$	behållarens tvärsnitt [m ²]

Den tid det tar för vätskeytan att sjunka till utsläppshålets nivå beräknas med hjälp av formeln (20):

$$t = (1,67 \times a/A) \times (2 H_0/g)^{0,5} \quad (21)$$

Exempel 20 Hur lång tid tar det innan en cylindrisk tank, vars diameter är 1,6 meter, töms genom en 4 cm utsläppsöppning i botten på tanken? Ursprunglig vätskehöjd över utsläppspunkten är 3 meter.

Använd formeln (21) där

$$a = \pi \times 0,8^2 = 2,01 \text{ m}^2$$

$$A = \pi \times 0,02^2 = 0,00126 \text{ m}^2$$

$$t = (1,67 \times 2,01/0,00126) \times (2 \times 3/9,81)^{0,5} = (2664,05) \times (0,61)^{0,5} = 2078 \text{ s} = \mathbf{35 \text{ min}}$$

Ett läckage av fast ämne orsakar i allmänhet ett litet riskområde, utom i det fall då det är fråga om ett dammande ämne som kan spridas med vinden över ett större område.

8.2 Följder av olyckor

Följder av olyckor, som människor och miljön exponeras för, kan indelas enligt t.ex. följande:

- brännskador
- explosionsskador
- övriga hälsokonsekvenser
- miljöskador.

8.2.1 Brännskador

Människokroppen tål värmestrålning dåligt, vilket framgår ur tabell 8.1:

Tabell 8.1 Hur termisk värmestrålning påverkar människan (Ettala 1988, s. 29; Lewis 1987)

Effekt	Värmestrålning [kW/m ²]
- Människans smärtgräns	3,7 – 4,2
- 1:a gradens brännskador	5 – 9
- 2:a gradens brännskador	10,5 – 21
- 3:e gradens brännskador	21 – 34
- 50 % dödlighet hos människor	18 – 250
- vanliga kläder självantänds	50 - 200
- högsta tillåtna korttidsexponeringsgräns för räddningspersonalen	5,0

Värdena i tabell 8.1 gäller inte för oskyddad hud, eftersom brännskador av 1:a graden redan kan uppstå då värmestrålningen är 1 kW/m^2 , vilket motsvarar en varm sommardag.

Yttemperaturen hos det eldklot som uppstår då en tank med gasol rämnar är över $1\,000 \text{ }^\circ\text{C}$. Då uppstår brännskador av 3:e graden på ett avstånd av $2 \times r$ och brännskador av 2:a graden på ett avstånd av $3 \times r$ ($r =$ eldklotets radie). Inom avståndet $2 \times r$ antänds också brännbara ämnen.

Tabell 8.2 Brännskador orsakade av eldklot som funktion av massan av gasol (Pipatti m.fl. 1985, bilaga 4)

Massan av gasol	Eldklotets diameter	2:a gradens brännskada	3:e gradens brännskada
11 kg	6 m	19 m	13 m
33 kg	9 m	28 m	19 m
5 t	50 m	150 m	100 m
40 t (100 m^3)	100 m	300 m	200 m

Eldklotets radie (r) i tabellen har beräknats ur formeln $r = 2,9 \times (m)^{1/3}$, där $m =$ massan av gasol [kg] och $r =$ eldklotets radie [m]

Den maximala diameter på det eldklot som bildades i samband med BLEVE-explosionen beräknas ur följande formel (Räddningsverket 1999):

$$D_{\max} = 5,25 m^{0,314}, \quad (22)$$

där

$$D_{\max} = \text{eldklotets maximala diameter [m]}$$

$$m = \text{massan av gasol [kg]}$$

Exempel 22 Hur stort blir eldklotet vid en BLEVE-olycka (t.ex. Mexico City, år 1984) då en halvfull propantank (1600 m^3) rämnar?

$$\text{Massan av propan} = 0,5 \times 1600 \text{ m}^3 \times 510 \text{ kg/m}^3 = 408\,000 \text{ kg}$$

$$D_{\max} = 5,25 \times (408\,000)^{0,314} = \text{ca } \mathbf{300 \text{ m}}$$

Den mängd värmestrålning som uppkommer vid pölbrand kan beräknas enligt följande (Räddningsverket 1999):

$$q = m'' \times \Delta h_c \times A_p \quad (23)$$

där

$$q = \text{från branden totalt avgiven effekt [kW]}$$

$$m'' = \text{förbränningshastighet per ytenhet [kg/s m}^2\text{]}$$

$$\Delta h_c = \text{effektiv förbränningsvärme [kJ/kg]}$$

$$A_p = \text{pölens area [m}^2\text{]}$$

Strålningsandelen χ_E av den totala effekten beräknas vanligen till 0,15 - 0,35 (vid beräkningen kan värdet 0,3 användas). Brandens emitterade effekt (strålning) är $q_r = \chi_E \times q$ [kW]

En viss del av värmestrålningen tas upp av atmosfären (20 - 40 %) på ca 100 meters avstånd. Vi gör dock en förenkling här och sätter korrelationsfaktorn τ till 1.

Den geometriska synfaktorn beror av flammans form och det mottagande föremålets orientering. Vi antar att all värmestrålning kommer från en enda punkt och att föremålet är vinkelrätt orienterat mot flammen.

$$\text{Då är synfaktorn } F_p = 1/4\pi X^2, \quad (24)$$

där F_p = synfaktor för en punktkälla [m^{-2}]
 X = avståndet mellan punktkälla (flammen) och det mottagande föremålet [m]

Nu kan vi beräkna mottagen värmestrålning (q'') för en person på ett bestämt avstånd från en pölbrand, ur formeln:

$$q'' = \tau \times q_r \times F_p \quad [kW/m^2] \quad (25)$$

Exempel 23 En pöl på 300 m² bensen har läckt ut och antänts. På 60 meters avstånd från pölkanten ligger en skadad man. Kommer han att få brännskador om han inte flyttas längre bort?

Total effekt = 0,085 x 40100 x 300 = 1 022 550 kW (värdena är tagna ur tabellen)

Avgiven värmestrålning = 0,3 x 1 022 550 kW = 306 765 kW

Synfaktor = $1/4\pi 60^2 = 0,0000221 = 2,21 \times 10^{-5}$

Mottagen värmestrålning = 1 x 306 765 x $2,21 \times 10^{-5} = 6,78 \text{ kW/m}^2$

En värmestrålning av 7 kW/m² ger på några sekunder brännskador på oskyddad hud (jfr tabell 8.1).

8.2.2 Explosionsskador

Explosion kan ge upphov till både tryckvåg och splitter. Människans förmåga att klara övertryck är dåligt, vilket visas i tabell 8.3.

Tabell 8.3 Hur övertryck påverkar människan (Ettala 1988, s. 36; Mecklenburgh m.fl. 1985, s. 525)

Personskada	Övertryck	
	bar	kPa
50 % dödlighet	över 1,4	140
Lungskador	över 0,35	35
Trumhinneskador	över 0,17	17
Glassplitter (fint) tränger in	över 0,04	4

Siffrorna är endast riktgivande.

Explosionsstyrkan jämförs ofta med en trotyl explosion (TNT). Effekten av en explosion på ett visst avstånd kan uppskattas ur kurvan i bild 8.2 som en funktion av beräknat skalat avstånd. Skalat avstånd beräknas med formeln (26).

$$Z = r/W^{1/3}, \quad (26)$$

där

Z = skalat avstånd [m]

r = riskavstånd från explosionskällan [m]

W = mängden explosivt ämne angivet som TNT-ekvivalent [kg]

Bild 8.2 Övertryck som funktion av skalat avstånd (Ettala 1988, s. 37; Lees 1980, s. 575)

Exempel 24 Vilket är övertycket på 100 meters avstånd då 1 000 kg TNT exploderar?

$W = 1\,000$ kg, $r = 100$ m

Ur formeln (22) erhålls skalat avstånd $Z = r/W^{1/3} = 100 \text{ m}/1\,000^{1/3} \text{ kg}^{1/3} = 10 \text{ m/kg}^{1/3}$. Kurvan på bilden 8.2 ger övertycket $P^0 = \mathbf{10 \text{ kPa}}$.

På motsvarande sätt beräknas effekterna på övriga avstånd:

<i>Avstånd</i>	<i>Övertryck</i>	<i>Effekt</i>
20 m	ca 2 bar	rätt säker död
30 m	ca 0,8 bar	allvarliga skador
50 m	ca 0,3 bar	hörselskador

Exempel 25 En tank som innehåller 30 ton kolväte rämnar. Ett ångmoln, vilket beräknas innehålla 18,6 ton kolväte, sprider sig i luften. Ångmolnet antänds och exploderar. Av energimängden antas 4 % överföras till tryckvågorna. Explosionsvärmens för TNT är 4600 kJ/kg. Kolvätets förbränningsenergi är 46 000 kJ/kg. Vilken är tryckvågens effekt 300 meter från explosionens epicentrum?

TNT-ekvivalent = $0,4 \times 18,6 \text{ t} \times 46\,000 \text{ kJ/kg} / 4600 \text{ kJ/kg} = 7,44 \text{ t}$

Skalat avstånd $Z = r/W^{1/3} = 300 \text{ m}/7440 \text{ kg}^{1/3} = 15,4 \text{ m/kg}^{1/3}$

Ur bild 8.2 får man övertrycket $P^0 = 6 \text{ kPa}$

Redan ett mycket litet övertryck orsakar svåra skador bl.a. på byggnader och andra konstruktioner. Detta kan utläsas ur tabell 8.4. Observera att värdena för hälsoeffekter i tabell 8.3 är lägre än värdena i tabell 8.4.

Tabell 8.4 Övertryckets effekt på omgivningen (Lautkaski m.fl. 1991)

Övertryck (bar)	Effekt
0,002	En stor fönsterruta kan få sprickor, om det finns inspanning i glaset.
0,007	En liten fönsterruta kan få sprickor.
0,01	Fönsterrutor spricker, 5 % krossas.
0,014 – 0,03	5 % av fönstren krossas.
> 0,02	Splitter uppstår då fönster krossas.
0,03 – 0,06	90 % av fönstren krossas.
0,04	Splitter från krossade fönster kan tränga in i huden.
0,06 – 0,09	Dörrar kan skadas (lossna från gångjärnen).
0,1 – 0,15	Byggnader får skador som måste repareras.
0,2 – 0,3	En tegelvägg kan kollapsa, stålkonstruktioner kan skadas och förskjutas, cisterner kan gå rämna.
> 0,3	Byggnader får svåra skador.
0,35	Örats trumhinna kan skadas.
0,7	Byggnader förstörs så gott som totalt, tung maskinutrustning klarar sig.
1,0	Lungor kan skadas.

Då en cistern exploderar kan splitter flyga mycket långt. Gasflaskor och upphettade behållare flyger i allmänhet i sin längdaxels riktning, varför man aldrig får närma sig dem från ändan. Initialhastigheten hos en exploderande gasflaska är 60 m/s.

Då en 100 m³ tank med propan exploderar uppstår oftast 1 – 4 splitter som vanligtvis flyger kortare väg än 200 meter. En tankhalva kan likt en projektil flyga betydligt längre. (Lautkaski m.fl. 1990, s. 98).

8.2.3 Övriga konsekvenser för hälsan

Som tidigare konstaterats indelas för hälsan farliga ämnen i mycket giftiga (T+), giftiga (T), hälsoskadliga (Xn), irriterande (Xi) eller frätande (C).

Ämnen som är skadliga för hälsan kan på olika sätt komma i vår organism:

- ögon, näsa, mun, sår, hud (t.ex. lösningsmedel)
- förgiftningar indelas, beroende på när de uppkommer, i akut respektive kronisk förgiftning (Lautkaski m.fl. 1990, s. 35)

- en akut förgiftning ger symptom omedelbart eller inom de närmaste timmarna (t.ex. klor). Däremot uppträder symptomen för en kronisk förgiftning först efter några dygn (t.ex. kväveoxider), veckor eller t.o.m. år (t.ex. bensen) efter exponeringen
- tabell 6.3 visar effekterna av de vanligaste giftiga gaserna.
- tabell 8.5 visar följderna av läckage av giftiga gaser som uppstår då en tank med ammoniak, svaveldioxid eller klor rämnat momentant (t.ex. explosion eller sabotage).

Tabell 8.5 Skador på människor vid momentant läckage av giftiga gaser ur behållare. Temperatur 15 °C, vindhastighet 3 m/, väderförhållanden neutrala. (FOA 1979).

Lagerstorlek (t)	Avstånd (km) för skador av olika grad								
	Dödlig skada			Svår skada			Lindrig skada		
	Cl ₂	SO ₂	NH ₃	Cl ₂	SO ₂	NH ₃	Cl ₂	SO ₂	NH ₃
5	<0,5	<0,2	<0,2	0,5 - 1	<0,4	<0,2	3 - 4,5	0,4 - 0,7	<0,4
10	0,5	<0,2	<0,2	1,5	<0,5	<0,3	4 - 5	1	<0,5
25	0,5 - 1,5	0,4	0,2	2 - 3	0,5 - 1	<0,5	6 - 7,5	1 - 2	0,7 - 1
50	1 - 3	0,5	0,3	3 - 6	1	0,4 - 1	8 - 12	1,2 - 2,6	1 - 1,5
100	1 - 5	0,5 - 1	0,2 - 0,5	4 - 10	1 - 2	0,5 - 1,5	12 - 16	1,5 - 3	1 - 2
500	3 - 9	1 - 2	0,5 - 1,5	8 - 20	2 - 3,5	1 - 2,5	24 - 30	3 - 5,5	2 - 3,5
1000	6 - 13	1 - 3	0,7 - 2	12 - 27	2,5 - 5	1,5 - 3,5	34 - 44	4 - 7	2 - 5

- vid flera kemikaliebränder uppkommer stora mängder giftiga gaser vilka sprids mycket långt
- exempel på detta är brand i lager för gödningsmedel, i lager för insektsbekämpningsmedel, i lager för växtbekämpningsmedel, halogeniserade kolväten, soptipsbränder
- strålskadorna beror av stråldosen, se tabell 8.6.

Tabell 8.6 Skador orsakade av stråldos (Suojelun käsikirja 1996, s. 67)

Stråldos	Effekt
6 - 10 Sv	Död inom några veckor
4 - 6 Sv	Över hälften dör
2 - 4 Sv	Samtliga behöver vård, mindre än 50 % dör
0,5 - 2 Sv	10 % behöver vård
500 mSv	Ingen omedelbar risk för att insjukna

8.2.4 Miljöskador

Miljöskador är inte lätta att uppskatta, då de i värsta fall kan resultera i mer eller mindre bestående miljöskador (t.ex. förorening av grundvattnet). Å andra sidan kan det hända att effekterna märks först långt senare både då det gäller miljöföroreningar och hur människor insjuknar. Till miljön hänför sig flera värden som inte går att uppskatta i t.ex. pengar.

Kemikaliers miljöfarliga egenskaper kan uppskattas med hjälp av Gesamp:s (FN:s expertorgan i frågor som gäller förorening av haven) K-värde, där följande kriterier används (Krook 1992):

	Max. poäng vid beräkning av K-värde
• giftig för däggdjur (LD ₅₀)	20
• giftig för fiskar (LC ₅₀)	8
• svår att rengöra	8
• övergödning i näringskedjan	6
• svår nedbrytbara (det är svårt att använda miljön)	6
• årligen framställt och använt medel	25
• brand- och explosionsrisk	27
K-värdets maximum	100

Ju högre K-värde en kemikalie har, desto farligare (allmänt taget) är kemikalien för miljön. I tabell 8.7 anges K-värdet för några ämnen. Ur tabellen kan man bl.a. utläsa att mycket vanligt förekommande ämnen och ämnen som ofta transporteras (t.ex. brandfarliga vätskor) medför stor fara för miljön.

Ämnen som är direkt skadliga för miljön finns nämnda i kapitel 7.3. Utöver den olycka som beskrivs i exempel 18 ger olycksbeskrivningen i exempel 26 en bra bild av vilka följder en miljöolycka kan ha.

Tabell 8.7 Kemikalier som är farliga för miljön, enligt K-värde (Krook 1992)

Kemikalie	K-värde	Kemikalie	K-värde
Kolsvavel	79	Cyanider	40
Svavelsyra	66	Gasol	35
Formalin	64	Etylen	33
Klor	62	Toluen	33
Oljeprodukter	61	Natriumklorat	31
Salpetersyra	59	Syre	30
Ammoniak	55	Kväve	23
Trikloretylen	52	Svavel	20
Styren	50	Väte	17
Metanol	47	Nickelföreningar	17
Aceton	45	Natrium	15

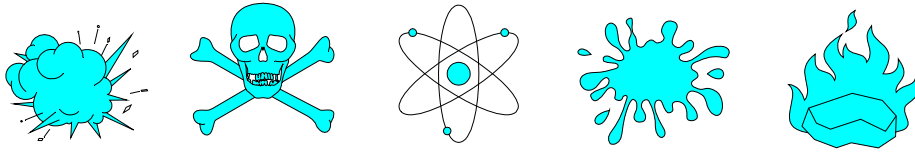
Exempel 26 I Seveso, Italien, inträffade 1976 en olycka där ca 2 kg farligt dioxin (TCDD) spreds i omgivningen, efter fel i reaktorns kontrollsystem. I bilaga 8 A kan man läsa vilka skadorna var: Tusentals djur dog och stora landområden förorenades. Än i dag kan man inte exakt bedöma olyckans följder. Det värst förorenade området sanerades genom att man grävde ner 75 000 m³ dekontaminerad jord, som bedömdes innehålla 90 g dioxin. Fram till början av år 1986 hade 7 000 rättsfall behandlats och ca 300 miljoner mk betalats i ersättningar. (Ettala 1988, s. 17).

9 KEMIKALIERS EGENSKAPER VID BEGRÄNSNING AV SKADEVERKNINGAR

9.1 Definitioner av kemikaliers egenskaper

Aggregationstillstånd	Beskriver ämnets tillstånd vid + 20 °C, d.v.s. gas, vätska eller fast ämne samt ytterligare uppgifter om ämnets utseende och kvalitet.
Lukt:	Beskriver ämnets lukt.
Smältpunkt:	Den temperatur (°C) då ett ämne övergår från fast form till vätska. Samma temperatur kallas fryspunkt då en vätska övergår till fast form.
Kokpunkt:	Den temperatur (°C) då ett ämne övergår från vätska till gasform. Vid kokpunkten är ett ämnes ångtryck lika med det omgivande lufttrycket (normalt är lufttrycket 101,3 kPa). Samma temperatur kallas kondensationspunkt då ämnet övergår från gas till vätska.
Densitet:	Densitet är ämnets vikt per volymenhet och uttrycks vanligen i kilogram per kubikmeter (kg/m ³). Vatten, som har en densitet på 1 000 kg/m ³ , används som referens. Ett ämne med densiteten 1640 kg/m ³ , vilket är högre än vattnets, sjunker i vatten. Ett ämne med densiteten 760 kg/m ³ , som är d.v.s. lägre än vattnets, flyter på vattenytan. Densitet anges vanligen med en temperatur (se även densitetstal).
Viskositet:	Viskositet anger hur trögflytande ett ämne är. Kinematisk viskositet uttrycks som centistock cSt (1 cSt = 1 mm ² /s) och dynamisk som centistock cP (1 cP = 1 mPas). Vattnets viskositet, som är 1 cSt eller 1 cP används som referens. Dynamisk viskositet = kinematisk viskositet * densitet.
Brännbarhetsområde:	Brännbarhetsområde anger vid vilken koncentration de ångor som frigörs ur ämnet är brännbara. Brännbarhetsområde anges i volymprocent (vol-%) gas i luft. Den undre brännbarhetsgränsen anger den lägsta gas/luftblandning där ämnet är antändbart. Under den undre brännbarhetsgränsen är gaskoncentrationen för mager för att antändas. Den övre brännbarhetsgränsen anger den högsta gaskoncentrationen, där en gas/luftblandning kan brinna. Över den övre brännbarhetsgränsen är gaskoncentrationen för fet för att den skall kunna brinna.

Kritisk temperatur:	Den temperatur och där över där ämnets mättnadskoncentration ligger inom brännbarhetsområdet. För ett slutet kärl föreligger då fara för explosion.
Flampunkt:	Den lägsta temperatur (°C) vid vilket ett brännbart ämne avger ånga i sådan koncentration i luften att blandningen kan antändas d.v.s. blandningen har nått sin undre brännbarhetsgräns.
Termisk tändpunkt:	Den lägsta temperatur (°C) då ett ämne antänds av sig självt utan att det behövs öppen låga eller annan yttre tändkälla.
Löslighet:	Löslighet avser ämnets löslighet i vatten, om ej något annat lösningsmedel anges. Löslighet ges enligt följande klasser: blandbar (100 vikt-%), lättlöslig (10 – 99 vikt-%), måttligt löslig (1 – 10 vikt-%), svårlöslig (0,01 – 1 vikt-%), olöslig.
Flyktighet:	Flyktighet anger hur ångor från ett ämne sprider sig. Flyktighet indelas i fyra klasser: mycket lättflyktig, lättflyktig, flyktig och svårflyktig.
Ångtryck:	Ångtryck anger ämnets förångningsegenskaper. Ångtrycket är trycket hos den ånga som vid en viss temperatur befinner sig i jämvikt med en fast eller en flytande fas. Ångtryck anges i enheten Pascal (Pa) eller vanligare (kPa). Ångtrycket ges i allmänhet vid +20 °C. Vid kokpunkten är ämnets ångtryck 100 kPa. Ångtrycket kan för många ämnen beskrivas med en ångtryckskurva, ur vilken ångtrycket kan avläsas vid olika temperaturer.
Mättnadskoncentration:	Mättnadskoncentrationen är den maximala koncentrationen ånga som kan uppkomma i luft vid en given temperatur och ett givet tryck. Den anges i vol-%.
Densitetstal:	Densitetstalet beskriver hur tung en gas eller ånga är i förhållande till luft. Andra benämningar som används är relativ ångdensitet och gastäthetsförhållande. Luft har densitetstalet 1 varför gaser som är lättare än luft har densitetstal mellan 0 och 1 och tyngre gaser har värden över 1. Densitetstalet för vätskor kan också anges. Vatten, som har densitetstalet 1, används då som referens. Densitetstalet för ämnen lättare än vatten är under 1 och för ämnen tyngre än vatten över 1.
Hygieniska gränsvärden:	Hygieniskt gränsvärde är den högsta godtagbara genomsnittshalt av ämnet i inandningsluften. Ett hygieniskt gränsvärde är antingen ett nivågränsvärde eller ett takgränsvärde. De anges i enheten ppm (<i>parts per million</i>) och/eller mg/m ³ . HTP (15 min) är den skadliga halt av ett ämne eller takgränsvärde för exposition under en tid av 15 minuter. Detta gränsvärde används för ämnen som verkar snabbt och som redan vid exponering av höga halter under en kort period kan orsaka skada. HTP (8h) är den skadliga halt av ett ämne, nivågränsvärde, för exposition under en hel arbetsdag (8 h).
Förnimerhetsgräns:	Detta är den lägsta koncentration som en människa kan reagera på med luktsinnet eller med blotta ögat. Anges i enheten ppm eller mg/m ³ .



9.2 Utnyttjandet av kemikaliernas egenskaper

(Hermelin 1992)

Hur kemikalier sprider sig

PÅ LAND

- smältpunkt
- viskositet
- densitet
- jordart/markens lutning/fukthalt

I VATTEN

- viskositet (för vatten 1 cSt)
- ytpänning
- densitet (länsning kan inte göras om densiteten är $> 1050 \text{ kg/m}^3$)
- löslighet (länsning kan göras om lösligheten är $< 10 \%$)
- förångning (temperaturen $>$ kokpunkten: ej länsning, ej sorption)
- ångtryck (vid över 100 kPa kokar ämnet, se ovan)
- avdunstning (bestäms av den mättade ångans halt).

I LUFTEN

- kokpunkt
- ångtryck (vid smältpunkten 0 kPa och vid kokpunkten 100 kPa)
- densitetstal (för luft 1)
- gasens temperatur (kall = tung)
- möjligt att tvätta ur gasmoln om lösningen är 10-100 %.

Riskavstånd

- ångtryck
- mättnadskoncentration
- flampunkt – risk för antändning
- kritisk temperatur – risk för explosion
- HTP-värde – farligt för hälsan
- miljö
- vind:

$< 2 \text{ m/s}$

$> 2 \text{ m/s}$ (utgångsvärde 300 m)

Aggregationstillstånd

- gäller i allmänhet vid en temperatur på $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- färgen kan ändras vid olika temperatur.

Smältpunkt & kokpunkt

- ämnet har inte alltid samma temperatur som omgivningen
- riskzonen ökar med temperaturen

- för ämnen med låg smältpunkt kan inte sorptionsmedel användas.

Densitet

- vattnets densitet är $1\ 000\ \text{kg/m}^3$
- ett ämne flyter när densiteten är $< 1\ 000\ \text{kg/m}^3$
- då densiteten är $950 - 1050\ \text{kg/m}^3$ kan länsning göras

- överpumpning: $2\ 000\ \text{kg/m}^3 \Rightarrow 4\ \text{m}$ sughöjd
- $1\ 500\ \text{kg/m}^3 \Rightarrow 6\ \text{m}$ ”
- $1\ 000\ \text{kg/m}^3 \Rightarrow 8\ \text{m}$ ”
- $750\ \text{kg/m}^3 \Rightarrow 12\ \text{m}$ ”
- $500\ \text{kg/m}^3 \Rightarrow 16\ \text{m}$ ”

- densiteten påverkar även överpumpningen och sålunda också den kapacitet som krävs

$$\text{- sughöjd } H_s [\text{m}] = (8 * 10^3) / \rho [\text{kg/m}^3] \quad (27)$$

- invallning, om densiteten är $2\ 000\ \text{kg/m}^3 \Rightarrow$ hälften av vattenslangens diameter

- då man fyller självresande kar \Rightarrow får de inte fyllas helt om vätskans densitet $> 1\ 500\ \text{kg/m}^3$ (risk att karet rämnar).

Viskositet

- $cSt = \text{mm}^2/\text{s}$
- temperaturberoende, ju högre temperatur, desto lägre viskositet
- för viskösa ämnen skall pumpens varvtal sänkas
- (det optimala varvtalet beräknas enligt följande)

$$n_2 = (n_1 * v_1)^{0,7} / v_2, \text{ där} \quad (28)$$

$n_1 =$ varvtal där pumpen ger bäst effekt

$v_1 =$ viskositet där pumpen ger bäst effekt

$n_2 =$ optimalt varvtal för vätska med viskositet (v_2)

$v_2 =$ den pumpade vätskans viskositet

- ett ämnes spridning i marken kan bedömas
- ämnen som förflyktigas lätt kräver snabba åtgärder
- pumpning: $> 600\ cSt$: går ej att pumpa
- $< 100\ cSt$: påverkar inte pumpningen
- densitet \leftrightarrow viskositet
- för viskösa ämnen bör man använda sorptionsmedel av filttyp (*bibbipol, hygroclean och sors*) och inte sorptionsmedel i granulatform.

Brännbarhetsområde

- mätaren kan visa på noll när man för den över området (gäller inte nya mätare)
- jämför flampunkt och mättnadskoncentration
- mätaren ger utslaget 10 % (eller 20 %) av UB (brandfarans omfattning beror av ämnets brännbarhetsområde).

Exempel. 27

Bensin har brännbarhetsområdet 1 - 8 %. Ett visarutslag på 10 % av UB betyder 0,1 % bensinångor \Rightarrow marginalen till 1% (UB) är liten, varför brandfaran är uppenbar. Ammoniak har brännbarhetsområdet 15 - 28 %. Visarutslaget 10 % UB anger att gashalten är 1,5 % \Rightarrow marginalen till

UB 15 % är alltså mycket stor, varför det inte föreligger någon uppenbar brandfara.

Flampunkt

- låg flampunkt = lättantändlig = lättflyktig
- föroreningar sänker flampunkten
- säkerhetsmarginalen ligger vid 10 °C
- en blandning av bensen och dieselolja (4 %) har en flampunkt på 18 °C.

Termisk tändpunkt

- bensen (425 °C), dieselolja (200 - 300 °C)
- avgasrörets temperatur 550 °C
- vid finfördelad dimma kan den sänkas med 100 °C.

Löslighet

- löslighetsskala:
 - fullständigt löslig 100 vikt-%
 - lättlöslig 10 - 90 vikt-%
 - måttligt löslig 1-10 vikt-%
 - svårlöslig 0 - 1 vikt-%
- ämnets skadeverkan i vatten är beroende av ämnets löslighet, vattenomsättningen och ämnets giftighet
- antändningsfaran för ett brandfarligt ämne som är fullständigt lösligt i vatten är obefintlig om ämnet hamnar i vatten (flampunkten stiger mycket)
- om ett brandfarligt ämne är måttligt lösligt i vatten är brandrisken fortfarande måttlig
- viktigt att känna till lösligheten vid sanering, vid behov kan tvättmedel användas.

Flyktighet

- bestäms av den mättade ångans halt
 - mycket lättflyktigt = > 500 g/m³
 - lättflyktigt = > 100 - 500 g/m³
 - flyktigt = 10 - 100 g/m³
 - svårflyktigt eller förflyktigas inte < 10 g/m³

- flyktighet = $(M \cdot P)/R \cdot T$, där (29)

M = molmassa [g/mol]

P = ångtryck [Pa]

R = gaskonstant (8,314 Pa*m³/mol*K)

T = temperatur [K].

Ångtryck

- beror av temperatur
- 1 bar = 100 kPa = 1 atm
- låg kokpunkt = högt ångtryck
- riskavstånd: ångtrycket (kPa) * 2 m (för gifter)
- pumpning:

25 kPa	=> 6 m	sughöjd
50 kPa	=> 4 m	”
75 kPa	=> 2 m	”
100 kPa	=> 0 m	”

- sughöjd Hs [m] = $8 \cdot (100 - P)/100$, där (30)
P = ångtryck [kPa]

- tätning av läckage försvåras när ångtrycket är > 100 kPa.

Mättnadskoncentration

- ämnets ångtryck (kPa) i procent
- beror av temperatur och tryck
- kan främst jämföras med brännbarhetsområde och HTP inomhus
- främst användbar inomhus
- 1 % = 10 000 ppm.

Exempel 28

Etanol läcker ut på marken. Temperaturen är 20 °C.

- a) Vad är etanolets maximala gaskoncentration under dessa betingelser?
 - b) Föreligger brandrisk?
 - c) Är det farligt för hälsan att under kort tid (15 min) uppehålla sig nära etanolutsläppet utan andningsskydd?
- A) Den maximala gaskoncentrationen (=den mättade ångans halt) = ångtryck/lufttryck;
- ångtrycket är 6 kPa, 20 °C (se bilaga 10)
 - den maximala gaskoncentrationen 6 kPa/100 kPa = **6 %**.
- B) UB för etanol = 3 % (se bilaga 10)
- **brandrisk föreligger**, då den maximala gaskoncentrationen >UB.
- C) HTP_{15 min} för etanol = 1250 ppm (se bilaga 10)
- den maximala gaskoncentrationen 6 % = 60 000 ppm >> 1250 ppm, varför **redan kortvarig exponering utan andningsskydd är skadlig för hälsan**.

Densitetstal

- densitetstalet för gas beräknas genom att dividera dess molekylmassa med luftens molekylmassa (ca 29 g/mol)
- hänsyn bör tas till blandningsförhållandet
- jämför med mättnadskoncentrationen
- 0,9 - 1,25 => sprids med luften.

Exempel 29

Vid en mättnadskoncentration = 10 vol-%, är gasens densitetstal 3 och densitetstalet för luft = 1

$$0,1 * 3 + 0,9 * 1 = 1,2 \text{ (= luft/gasblandningens densitetstal).}$$
HTP-värde

- arbetshygieniska toleransvärden
- HTP (15 min) gäller för brandkären
- rätt indikatorrör väljs med hjälp av HTP-värdena
- dödliga halter är ca 100 - 1 000 gånger högre.

Kritisk temperatur

bensin: 1 - 7 % => -30 °C -> -10 °C
 etanol: 3 - 19 % => +10 °C -> +40 °C
 fotogen: 0,5 - 8 % => +35 °C -> +60 °C.

=> *explosionsrisk i slutet kärl*

Val av skyddsutrustning (+ tryckluftsapparat/filtermask)

- skyddsdräkt med stänkskydd,
vid ämnen med kokpunkt $< 0\text{ °C}$ och samtidig risk för stänk och vid måttlig koncentration
- kemskyddsdräkt,
vid hög koncentration, risk för stänk och mycket giftiga ämnen
- branddräkt,
när brand- och antändningsrisken är större än risken för kemskada, vid låg koncentration
- när risken är okänd => högsta skyddsnivå.

Det kan ibland vara svårt att välja vilkendera man skall skydda sig för, brandrisken eller kemikalierisken (kem- och stänkskyddsdräkterna kan smälta redan vid ca 80 °C).

- valet görs på basis av följande faktorer:
 - * gaskoncentration
 - * brandrisk
 - * omgivningens temperatur
- skyddsdräkt med köldskydd krävs vid läckage av kalla vätskor (t.ex. temperaturen för klor och ammoniak kan gå ner till -70 °C)
- ibland kan det vara skäl att kombinera skyddsdräkter. Ovanpå branddräkten tar man en löst sittande kemskyddsdräkt förstärkt med stänkskydd.

Exempel 30 Vid metanolläckage skall branddräkt användas då brandrisken är stor och hälsorisken är måttlig. När temperaturen sjunker till under 0 °C är brandrisken så liten att kemskyddsdräkt lämpar sig bättre, i synnerhet vid risk för stänk.

De vanligaste ämnenas kemiska och fysikaliska värden finns i bilaga 10.

10 FARLIGT GODS-KORT OCH HANDBÖCKER

Här följer uppgifter om de källor Räddningsverket använder. Några innehåller enbart ämnenas egenskaper, andra enbart uppgifter om bekämpning medan endel innehåller uppgifter om både egenskaper och bekämpning.

10.1 *Kemikaliedatabaser*

- KETU-register (ca 80 000 kemikalier; detaljerade uppgifter om ca 30 000 kemikalier, mindre detaljerade uppgifter om ca 50 000 kemikalier)
- Chemdata (ca 86 000 titlar), *engelsk*
- RIB (ca 6 000 ämnen), *svensk*
- Farligt Gods (ca 1 500 ämnen, diskett), *svensk*

- Hommel (ca 1400 ämnen), *tysk*
- Farligt gods-kort, VAO (ca 1200 ämnen), *finsk*
- OVA-ohjeet (63 ämnen), *finsk*
- VR:n vaarallisten aineiden opaskortisto, VR-VAO (ca 117 ämnen), *finsk*
- Dräger Voice 3.0 (ca 1400 ämnen), *engelsk/tysk*.

10.2 Handböcker för bekämpning

- Tokeva-anvisningar (75 ämnen), *finsk, svensk, engelsk*
- OVA-ohjeet (63 ämnen), *finsk*
- FN-nummer för farliga ämnen (över 2 000 ämnen)
- RIB (ca 6 000 ämnen), *svensk*
- Farligt Gods (ca 1 500 ämnen, diskett), *svensk*
- Chemdata (ca 86 000 titlar), *engelsk*
- Hommel (ca 1400 ämnen), *tysk*
- VR:n vaarallisten aineiden opaskortisto, VR-VAO (ca 117 ämnen), *finsk*.

10.3 Övriga källor

- Vaarallisten aineiden synonyymihakemisto (ca 800 ämnen), *finsk*
- Social- och hälsovårdsministeriets förteckning över farliga ämnen, Social- och hälsovårdsministeriets beslut 164/1998 (ca 1 500 ämnen), *finsk, svensk*
- HTP-värden 1998 (ca 500 ämnen jämte synonymer), *finsk*
- VATO -rekisteri (= registret över bekämpning av farliga ämnen innehåller uppgifter om experter, "bekämpningsmedel" och utrustning för bekämpning), *finsk*
- ESCAPE -leviämisenustehjelma (= program för spridningsprognoser) (ca 30 ämnen), *finsk*
- Chems-Plus-program (= modeller för olyckors följder) (Little 1991), *engelsk*.

KÄLLFÖRTECKNING

Aatelo, M. (red.) 1995. Öljyn tie, lähteitä tuotteiksi. Kemianteollisuus ry, Taloudellinen Tiedotustoimisto, Suomen Muoviteollisuusliitto, Oljebanshens centralförbund, ISBN-952-9597-35. Tammer-Paino Oy, Tampere.

Alho, R. 1988. Sammutustekniikka. Suomen Palontorjuntaliiton julkaisu. 5. Reviderad upplaga. ISBN 951-9219-17-X. 204 s.

Antikainen, P., J. 1987. Yleinen ja epäorganisk kemia. WSOY. Porvoo. 410 s.

Arvonen, A. och Levonen H. 1989. Opistoasteen kemia. Otava, Keuruu.

Civil Protection 1999. Major Accidents preparedness. What to do in case of a chemical or industrial accident. Instruction for precautionary measures. Federal Ministry of the Interior of Austria.

Chemas Oy 1992 ja 1994. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet, Turvallisuusohje. Kirjapaino Oy Merkur. Helsingfors.

- Chemdata. AEA Technology, Natinal Chemical Emergency Centre. UK.
- Eiling, R., Lilie, R. 1994. Chemiewehrhandbuch, K.O. Storck Verlag, Hamburg.
- Ekokem 1994. Raja-arvot maan saastuneisuuden arviointiin. Ekokemin ohje 5/94.
- Escape. Vaarallisten aineiden leviämismalli. Metereologiska institutet. Helsingfors.
- Ettala, J. 1988. Prosessiteollisuuden riskienhallinta. Industriförsäkring. Helsingfors. ISBN 951-9280-07-3.
- Farligt Gods. Svenska Brandförsvärsföreningen. Stockholm, Sverige.
- FOA 1979. Kemiska risker i samhället under beredskap och krig. Försvärets Forskningsanstalt. FOA Rapport A 40029-C1, November 1979.
- FOA 1984. Uppkomst och utbredning av explosiva eller giftiga gasmoln, FOA rapport nr E 40011, 1984.
- Forsgren Claes, farliga ämnen, kurs, Räddningskolan, Skövde, Sverige.
- Hermelin, J. 1992. Tolkning av vissa viktiga data. Svenska Brandförsvärsförening, Stockholm. ISBN 91-7144-196-4. 20 s.
- Hommel. Handbuch der gefährlichen Güter. Springer-Verlag. Berlin. Deutschland.
- Kalkku, I., Korvenranta, J. och Nieminen, K. 1991. Lukion kemia. Kurssi 1. Otava, Keuruu.
- Kaup Juri, rektor, Estonian National Defence and Public Service Academy.
- Handels- och Industriministeriet 1984. Förteckning över de vanligaste brännbara vätskorna och deras egenskaper.
- Kletz, T. A. 1979. Plant layout and location: methods for taking hazardous occurences into account. American Institute of Chemical Engineers, 13th Loss Prevention Symposium, Houston, Texas.
- Krook, S. 1992. Kemikalieskadebegränsning, Räddningskemi, Utgåva 3, Räddningskolan, Skövde, Sverige.
- Kuusisto, J. Muntlig redogörelse 8.5.2000. Räddningsinstitutet (Finland).
- Laitinen, K. 1977. Skriftligt meddelande, 23.10.1997. CKP, kriminallaboratoriet.
- Lautkaski, R., Kukkonen, J., Larnimaa, K. 1991. Kemikaalionnettomuuksien seurausten arviointi. VTT. Tiedotteita 1305.
- Lautkaski, R. och Teräsmaa, I. (red.) 1990. Vaarallisten aineiden torjunta, Inrikesministeriet, Statens tryckericentral, Helsingfors. 178 s.
- Lees, F. 1980. Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 1, Butterworths, London, 671 s.
- Trafikministeriet 1999. Vaarallisten aineiden kuljetukset 1997. Viisivuotisselvitys. Publikation 8/99. 68 s.

- Little, A 1991. Chems-Plus. Consequence modelling software. Version 2. Arthur D. Little, Inc. Cambridge, Massachusetts 02140. November 1991.
- Loch, brandingenjör, 1994. Vaarallisten aineiden kurssi, Basf, Ludwigshafen, Deutschland.
- Mecklenburgh, J. 1985. Process Plant Layout, George Godwin, The Institution on Chemical Engineers, London and New York, 626 s.
- Meyer, E. 1977. Chemistry of Hazardous Materials. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Morrison, R., Boyd, R. 1978. Lehrbuch der organischen Chemie. 2. Auflage. S. 746. Verlag Chemie Weinheim.
- Neste Oy 1991. Motorbensinin ominaisuudet ja käyttö.
- Nikunen, E., Leinonen, R. och Kultamaa, A. 1991. Environmental Properties of Chemicals (Kemikaliernas inverkan på miljön). Research report 91, 1990. Miljöministeriet, miljövårdsavdelningen, Statens tryckericentral, Helsingfors.
- Räddningsinstitutet 1992. Tokeva -ohjeet, osa 2, luku 10, liite.
- Pipatti, R. 1989. Teollisuusprosessien suuronnettomuusriskit. VTT. Tutkimus 584.
- Pipatti, R., Lautkaski, R. och Fieandt, J. 1985. Vaarallisten aineiden maakuljetuksiin liittyvät vaaratilanteet. VTT. Tutkimus 380.
- Prim Konsult AB 1988. Farligt gods på Norra Älvstranden i Göteborg, riskanalys dec 1988, stadsbyggnadskontoret, brandförsvaret och Prim Konsult AB.
- RIB. Räddningsverkets Informations Bank. Karlstad, Sverige.
- Remall Jukka, Vetenskapscentret Heureka, Vanda.
- Räddningsverket 1992. Framtidens beredskap mot kemikalieolyckor. Långsiktigt åtgärdsprogram. Karlstad. R61-098/92.
- Räddningsverket 1997. Insats vid olycka med kemikalier. Grundbok. Karlstad. 64 s.
- Räddningsverket 1999. Räddningstjänst vid olycka med gaser. Kemberäkningar gaser. Roger Almgren. ISBN 91-88891-82-8.
- Räjähdystarvike tiedosto 1991. Räjähdystarvikeyhdistys. Statens tryckericentral. Helsingfors. ISBN 952-90-2992-6.
- Shreve, N. 1967. Chemical Process Industries. 3. painos. McGraw-Hill Book Company, Kogakusha Company, Ltd., Tokyo. 905 s.
- SPEK 1992. Vaarallisten aineiden kurssi. Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö.
- Svenska Brandförsvärsföreningen 1987. Farligt Gods. Stockholm. Sverige.
- Suojelun käsikirja 1996. Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. Huvudstaben. Helsingfors. ISBN 951-25-0839-7. 217 s.
- Suomen Palontorjuntaliitto 1989. Vaarallisten aineiden opaskortisto.

Suomen Väestönsuojelujärjestö 1988. Ionisoiva säteily ja suojautuminen. 90 s.

Industriförsäkring 1987. Staattinen sähkö. Suojeluohje E5, 6 s.

Tolvanen, E. 1986. Pölyräjähdykset: elintarvikepölyt, rehunpölyt, viljapölyt. Suomen Palontorjuntaliiton julkaisu. Mänttä. ISBN 951-9167-96-X. 90 s.

Tukes-säkerhetsteknikcentralen 1997. Luettelo yleisimmistä palavista nesteistä. Tukes –julkaisu 6/1997. Helsingfors. ISBN 952-5095-12-6.

Arbetsministeriet 1996. HTP-arvot 1996. Turvallisuustiedote 25. Kemian työsuojeluneuvottelukunta. Tampere.

Työpaikan kemikaalilainsäädäntö 1998a. Kemikalielagen 14.8.1989/744, 3 §. Helsingfors, Oy Edita Ab.

Työpaikan kemikaalilainsäädäntö 1998b. Kemikalieförordningen 12.7.1993/675, 3 § Helsingfors, Oy Edita Ab.

Työpaikan kemikaalilainsäädäntö 1998c. Bilaga A: Förteckning över farliga ämnen; (bilaga till Social- och hälsovårdsministeriets beslut 164/1998). Helsingfors, Oy Edita Ab.

Työpaikan kemikaalilainsäädäntö 1998d. Förordning om industriell hantering och upplagring av farliga kemikalier 3.8.1990/682, 4 §. Helsingfors, Oy Edita Ab.

Työpaikan kemikaalilainsäädäntö 1998e. Bilaga B: Social- och hälsovårdsministeriets beslut om grunderna för klassificering samt märkning av kemikalier 28.10.1997/979. Kapitel 3. Helsingfors, Oy Edita Ab.

Institutet för arbetshygien, Informationscentralen. Kemikaalit-tietokanta. Helsingfors.

Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä. 1999a. Lag om transport av farliga ämnen på väg 2.8.1994/719, 3 §. Helsingfors, Oy Edita Ab.

Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä. 1999b. Förordning om transport av farliga ämnen på väg 16.8.1996/632, 2 §. Helsingfors, Oy Edita Ab.

Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä. 1999c. Bilaga A: Vaaralliset aineet ja esineet sekä niiden pakkaaminen ja merkitseminen. Helsingfors, Oy Edita Ab.

Räddningsinstitutet 1994. Skumboken, Räddningsverket 1993, Karlstad. 129 s.

Internetadresser:

Ämnen i CAS-registret

www.cas.org/EO/regsys.html

IDLH-värden

<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>

Ketu-rekisteri

www.tt-tietopalvelut.fi

OVA-ohjeet

<http://www.occuphealth.fi/ttl/osasto/tt/OVA/ainel.html>

Bilaga 1**DE VANLIGASTE GRUNDÄMNENA**

H	väte	(ickemetall)
Na	natrium	(alkalimetall)
K	kalium	(alkalimetall)
Mg	magnesium	(alkaliska jordartsmetaller)
Ca	kalций	(alkaliska jordartsmetaller)
Mn	mangan	(metall)
Fe	järn	(metall)
Ni	nickel	(metall)
Pt	platina	(ädelmetall)
Cu	koppar	(ädelmetall)
Ag	silver	(ädelmetall)
Au	guld	(ädelmetall)
Zn	zink	(metall)
Hg	kvicksilver	(ädelmetall)
B	bor	(halvmetall)
Al	aluminium	(metall)
C	kol	(ickemetall)
Si	kisel	(halvmetall)
N	kväve	(ickemetall)
P	fosfor	(ickemetall)
O	syre	(ickemetall)
S	svavel	(ickemetall)
F	fluor	(halogen)
Cl	klor	(halogen)
Br	brom	(halogen)
I	jod	(halogen)
He	helium	(ädelgas)
Ne	neon	(ädelgas)
Ar	argon	(ädelgas)

Det är bra att åtminstone känna till de grundämnen som skrivits med fet stil

GRUNDÄMNENAS PERIODISKA SYSTEM (Kalkku m.fl. 1991, s. 146 – 147)

Bilaga 2

1A	1	2	3A	4A	5A	6A	7A	8	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	0						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18					
1,008	4,003	6,941	9,012	11	12	13	14	15	16	17	18	19,00	20,18	22,99	24,31	26,98	28,09	30,97	32,07	35,45	39,95	40,03
Hydrogen	Helium	Litium	Beryllium	Bor	Kväve	Oxygen	Fluor	Neon	Sodnium	Magnesium	Aluminium	Silicium	Fosfor	Svavel	Klor	Argon	Helium					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18					
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36					
Kalium	Kalcium	Skandium	Titanium	Vanadinium	Krom	Mangan	Järn	Kobolt	Nickel	Kupfer	Zink	Gallium	Germanium	Arsen	Selexnium	Brom	Krypton					
39,10	40,08	44,96	47,88	50,94	52,00	54,94	55,85	58,93	58,69	63,55	65,39	69,72	72,61	74,92	78,96	79,90	83,80					
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54					
Rubidium	Strontium	Yttrium	Zirkonium	Niobium	Molibden	Teknecium	Rutenium	Rodium	Palladium	Hopse	Kadmium	Indium	Tin	Antimon	Tellur	Jod	Xenon					
85,47	87,62	88,91	91,22	92,91	95,94	98,91	101,1	102,9	106,4	107,9	112,4	114,8	118,7	127,6	127,6	126,9	131,3					
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86					
Cesium	Barium	Lantan	Helium	Tantal	Volfram	Rhenium	Osmium	Iridium	Platina	Guld	Bismut	Polonium	Astatin	Radon	Polonium	Astatin	Radon					
132,9	137,3	138,9	178,5	180,9	183,9	186,2	190,2	192,2	195,1	197,0	200,6	204,4	207,2	209,0	(210)	(210)	(222)					
87	88	89	104	105	106	107	108	109														
Frankium	Radium	Actinium	Unq	Unp	Unh	Uns	Uno	Une														
(223)	(226)	(227)	(261)	(263)	(263)	(261)	(265)	(266)														

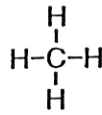
65	66	67	68	69	70	71
Terbium	Dysprosium	Hoium	Erbium	Tulium	Ytterbium	Lutetium
158,9	162,5	164,9	167,3	168,9	173,0	175,0
97	98	99	100	101	102	103
Berkelium	Kalifornium	Einsteinium	Fermium	Mendelevium	Nobelium	Lavrenium
(247)	(252)	(252)	(257)	(256)	(259)	(260)

58	59	60	61	62	63	64
Cerium	Praseodymium	Neodymium	Prometium	Samarium	Europium	Gadolinium
140,1	140,9	144,2	(145)	150,4	152,0	157,3
90	91	92	93	94	95	96
Thorium	Protaktinium	Uranium	Neptunium	Plutonium	Americium	Curium
232,0	(231)	238,0	(237)	(239)	(243)	(247)

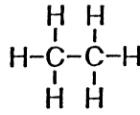
STRUKTURFORMLER FÖR RÅOLJANS KOLVÄTEN

(Aatelo 1995, s. 29)

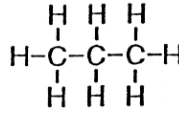
Alkaaneja



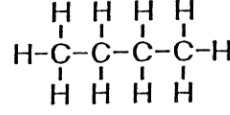
METAANI
 CH_4



ETAANI
 C_2H_6

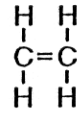


PROPAANI
 C_3H_8

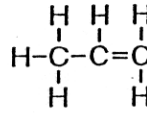


BUTAANI
 C_4H_{10}

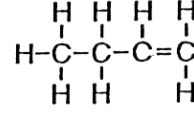
Alkeeneja



ETEENI
 C_2H_4



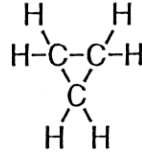
PROPEENI
 C_3H_6



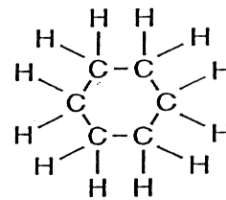
1-BUTEENI
 C_4H_8

Sykloalkaaneja

SYKLOPROPAANI
 C_3H_6



SYKLOHEKSAANI
 C_6H_{12}

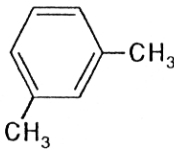
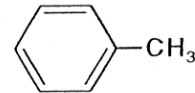


Aromaatteja

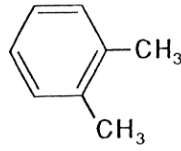
BENTSEENI
 C_6H_6



METYLIBENTSEENI
(Tolueeni)
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$



1,3-DIMETYyli-
BENTSEENI (Metaksyleeni)
 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$



1,2-DIMETYyli-
BENTSEENI (Ortoksyleeni)
 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$



1,4-DIMETYyli-
BENTSEENI (Paraksyleeni)
 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$

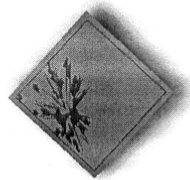
DE VANLIGASTE KEMIKALIERNAS EGENSKAPER VATTENLÖSLIGHET, BRÄNNBARHET OCH GIFTIGHET

(S. Halmemies)

v = vattenlöslig (minst 10 %), b = brännbar, g = giftig

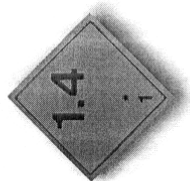
salter	natriumklorid	v
	natriumnitrat	v
	kaliumklorid	v
syror	saltsyra	v
	salpetersyra	v
	fluorväte	v,g
baser	ättiksyra	v,b
	ammoniak	v,b,g
	natriumhydroxid	v
alkoholer	metylamin	v,b,g
	etanol	v,b
	metanol	v,b,g
organiska föreningar	glykol	v,b,g
	acetone	v,b
	diesel	b
	eten	b
	MTBE	b
	acetylen	b
	propan	b
	metan	b
	kloroform	g
	freon	
	butan	b
	bensen	b,g
	koltetraklorid	g
	formaldehyd	v,b,g
	xylen	b
gaser	ozon	g
	väte	b
	kvävedioxid	v,g
	cyanväte	v,b,g
	svavelväte	b,g
metall	koloxid	b,g
	järn	b
övriga ämnen	natrium	v,b
	väteperoxid	v

ADR klasser för transport av farligt gods



Klass 1 Explosiva

- 1.1 Risk för massexplosion
- 1.2 Risk för splitter
- 1.3 Risk för brand



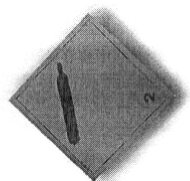
- 1.4 Obetydlig explosionsrisk



- 1.5 Mycket okänsliga ämnen med risk för massexplosion

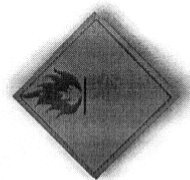


- 1.6 Extremt okänsliga ämnen och föremål utan risk för massexplosion



Klass 2 Gaser

- 2.2 Lätt brandfarlig, icke giftig



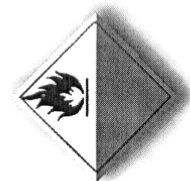
Klass 3 Brandfarliga vätskor

- 2.1 Brandfarlig gas

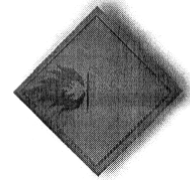


Klass 4

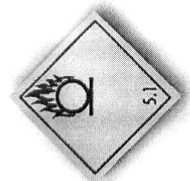
- 4.1 Brandfarliga fasta ämnen



- 4.2 Självvärmående ämnen

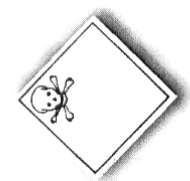


- 4.3 Ämnen som utvecklar brandfarlig gas i kontakt med vatten



Klass 5 Oxiderande ämnen

- 5.1 Oxiderande ämnen
- 5.2 Organiska peroxider
- Oxiderande gas



Klass 6 Giftiga ämnen

- 6.1 Giftiga ämnen
- 2.3 Giftig gas



- 6.2 Smittförande ämnen



Klass 7 Radioaktiva ämnen

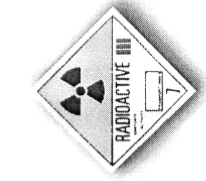
- På fordon



- På förpackning (5µSv/h)



- På förpackning (500µSv/h)

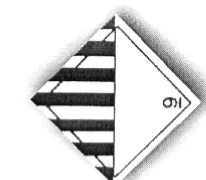


- På förpackning (2000µSv/h)



Klass 8 Frätande ämnen











- 2.4 Frätande gas



Klass 9 Övriga farliga ämnen och föremål

Bilaga 6

VARNINGSSYMBOLENS BOKSTAVSBETECKNING, VARNINGSSYMBOLERNA OCH DERAS NAMN
 (Bilaga A, Bilaga 2, SHMb 164/1998, Työpaikan kemikaalilainsäädäntö 1998c)

<p>E</p> 	<p>Räjähävä Explosiv</p>	<p>O</p> 	<p>Hapettava Oxiderande</p>
<p>F</p> 	<p>Helposti syttyvä Mycket brandfarlig</p>	<p>F⁺</p> 	<p>Erittäin helposti syttyvä Extremt brandfarlig</p>
<p>T</p> 	<p>Myrkyllinen Giftig</p>	<p>T⁺</p> 	<p>Erittäin myrkyllinen Mycket giftig</p>
<p>Xn</p> 	<p>Haitallinen Hälsöskadlig</p>	<p>Xi</p> 	<p>Ärsyttävä Irriterande</p>
<p>C</p> 	<p>Syövyttävä Frätande</p>	<p>N</p> 	<p>Ympäristölle vaarallinen Miljöfarlig</p>

KEMIKALIERNAS FARLIGA EGENSKAPER (Chemas 1992 och 1994)

ÄMNE	RISKER/NFPA-KOD	ANVÄNDNING
Akrylamid	giftig, 3-1-2	tillverkning av polymerer
Akrylsyra	frätande, 3-2-2	tillverkning av akrylpolymerer
Akrylnitril	giftig, lättantändlig, 4-3-2	tillverkning av plast och gummi
Ammoniak	giftig, 3-1-0	gödselmedel, explosivämne, kylmedel
Ammoniumnitrat	oxiderande, skadlig, 2-1-3	gödselmedel, explosivämne
Arsenikhaltiga impregneringssalter	giftig, 3-0-0	CCA-träimpregnering (Cr, Cu, As)
Aceton	lättantändlig, 1-3-0	industriella lösningsmedel
Acetontril	giftig, lättantändlig, 3-3-1	lösningsmedel, kem. rengör., fibertillverkning
Bensen	lättantändlig, giftig, 2-3-0	tillsatsämne i bensin, kemiska synteser
Butadien	mycket lättantändlig, giftig, 2-4-2	tillverkning av plast och gummi
Epiklorhydrin	giftig, 3-2-2	tillverkning av epoxyharts, lösningsmedel
Ättiksyra	frätande, 2-2-1	plaster, läkemedel, livsmedelstillsats
Ättiksyraanhydrid	frätande, 2-2-1	läkemedel, fibrer, explosivämne, plaster
Etylenoxid	mycket lättantändlig, giftig, 3-4-3	mögelskydd, desinficering., kemisk blekning
Fenol	giftig, 3-2-0	harts, målarfärg, livsmedel, gummin, explosivämne
Fluorväte (syra)	mycket giftig, frätande, 4-0-0	betning av stål, mattering av glas
Formaldehyd	giftig, 2-4-0	textil, latex, hartser, explosivämne
Fosforsyra	frätande, 2-0-0	gödselmedel, tvättmedel, rostskydd
Hexan	skadlig, lättantändlig, 1-3-0	lösningsmedel, bensinkomponent
Kolmonoxid	lättantändlig, giftig, 2-4-0	reduktionsmedel, bränsle, tillverkn. av myrsyra
Koltetraklorid	giftig, 3-0-0	kylsystem, aerosoler, drivgas, lösningsmedel
Hydrazin	giftig, 3-3-2	desoxidation, korrosionsskydd
Hydrokinon	skadlig, 2-1-0	redukt.medel, stabil.ämne, tillv. av bekämpn.medel
Kaliumcyanid	mycket giftig, 3-0-0	galv., härdsn. av stål, desinficering, insektgift
Klor	giftig, 3-0-1	blekn. av cellulosa, desinf. av vatten, kem. rengör.
Klordioxid	giftig, oxiderande, 3-0-3	blekn. av cellulosa, vattenrening, lukt borttagning
Klorväte (syra)	frätande, 3-0-0	betning av metall, kemikalietillverkning
Xylen	skadlig, 2-3-0	lösn.medel, bekämpn.medel, gummi- och skinnind.
Lacknafta	1-2-0	lösn.medel, förtunn.medel, målarfärg, träskyddsmedel
Metanol	giftig, lättantändlig, 2-3-1	lösn.medel, kem.framställn., bränsle, mot isbildning
Metylenklorid	skadlig, 2-1-0	metallavfettning, lösningsmedel, tvättmedel
Motorbensin	mycket lättantändlig, giftig, 1-3-0	motorbränsle
Myrsyra	frätande, 3-2-0	tillverkn. av AIV-lösning, pappers- o. textilfärgning
Natriumhydroxid	frätande, 3-0-1	neutral., tillverkn. av papper, textil o. plast
Natriumhypoklorit	frätande, 2-0-1	desinficering, blekningskemikalie
Natriumklorat	skadlig, oxiderande, 1(2)-0-2	tillverkn. av ClO ₂ , färgframställn., oxidationsmedel
Natriumnitrit	oxiderande, giftig, 1-0-1	färg- o. läkemedelsindustri., livsmedelstillsats
Gasol	lättantändlig, 1-4-0	bränslen, drivgas
Oleum	frätande, 3-0-2	sprängämnes- o. tvättmedelstillv., tillv. av nitr.syra
Svaveldioxid	giftig, 3-0-0	cellulosablekning, tillverkn. av svavelsyra
Svavelsyra	frätande, 3-0-2	gödselmedel, cellulosa- o. metallind.
Svavelkol	lättantändlig, giftig, 2-3-0	viskosindustri
Svavelväte	mycket giftig, lättantändl., 3-4-0	avsvavling av olja, anaerob jäsnings
Styren	skadlig, 2-3-2	tillverkning av plast o. gummi
Toluen	skadlig, lättantändl., 2-3-0	lösn.medel, läkemed. o. explosivämne, tillv. av TNT
Toluendiisocyanat	giftig, 3-1-1	polyuretanskum o. elastomertillverkning
Salpetersyra	oxiderande, frätande, 3-0-0	gödselmedel, explosivämne
Terpentin	skadlig, 1-3-0	lösn.medel, förtunn.medel, råämne för kem.industri
Väte	mycket lättantändlig, 0-4-0	kemikalietillverkn., svetsning, desoxidation
Väteperoxid	frätande, oxiderande, 2-0-1(3)	blekning av cellulosa o. textilier, desinficering

Bilaga 8

A. Några större olyckor med giftiga gaser (Räddningsverket 1992, Ettala 1988)

År	Plats	Läckageställe	Ämne	Mängd	Döda	Skadade/evak.	Orsak
1984	Bhopal/Indien	fabrikens lagertank	metyl- isocyanat	57 m ³	> 2 500	200 000 läkarvård	vatten + MIC
1939	Zarnesi/Rumänien	lagertank	klor	24 t	60		
1977	Cartagena/Columbia		ammoniak	?	30	22 skadade	
1952	Mexico	raffinaderi, läckage	svavelväte	?	22	320 skadade	
1947	Rauma/Finland	fabrikens lagertank	klor	20 t	19	10 skadade	överfylln.av tank
1973	Potchefstroom/Syd Afrika	tätort, lagertank	ammoniak	38 t	18	65 skadade	
1981	Montana/Mexico	tätort, tågolycka	klor	300 t	17	ca 100 skadade	
1970	Kristianstad/Norge	fartygsreparation	koldioxid	?	12		sprinkler utlöstes
1959	Ube/Japan	fabriksreaktor	ammoniak	?	11	40 skadade	explosion
1989	Jounava/Litauen	fabrikens lagertank	ammoniak	7 000 t	9		
1969	Crete/USA	tätort, tågolycka	ammoniak	90 t	9	53 skadade	
1952	Walsum/Västtyskland	fabrikens lagertank	klor	15 t	7	100 skadade	
1976	Houston/USA	tätort, tankbil	ammoniak	19 t	6	200 skadade	
1968	Lievin/Frankrike	tätort, tankbil	ammoniak	19 t	6	15 skadade	
1940	Mjödalen/Norge	fabrikens tågagn	klor	7 t	3	173 skadade	kall vagn kördes in
1976	Landskrona/Sverige	hamn, fartyg	ammoniak	180 t	2		
1965	Pasadena/Texas	fabriksreaktor	ammoniak	?	2	3 skadade	explosion
1977	Mexico		ammoniak	?	2	102 skadade	
1977	Pensacola/Florida		ammoniak	40 t	2	46 skadade	
1961	La Barre/USA	landsort, tågolycka.	klor	27 t	1	15 skadade	
1983	Timrå/Sverige	fabrikens lagertank	klor	0.5 t	1		
1976	Baton Rouge/USA	fabrikens lagertank	klor	90 t	0	10 500 ev.	
1979	Mississauga/Kanada	tätort, tågolycka	klor	60 t	0	200 000 ev.	

B. Några större olyckor med brännbar gas (Räddningsverket 1992, Ettala 1988)

År	Ort	Läckageställe	Ämne	Utsläppt mängd	Döda	Skadade/evak.	Orsak
1981	Mexico City/Mexico	cisternfält	gasol	5 000 m ³	600	7 000 skadade	rörbrott
1978	Los Alfaques/Spanien	tankbil	propen	45 m ³	210	70 skadade	
1962	New York/USA	tankbil	gasol	12.5 t	10		
1974	Flixborough/England	industriområde	cyklohexan	40 t	8	110 skadade/3 000 ev.	tillf. rörledn.
1970	Hull/England	tankbil	propan	200 kg	2		
1972	Lynchburg/USA	tankbil	propan	1.5 t	1		
1981	Arendal/Sverige	rörledning	propan	30 m ³	1	1 skadad	
1979	Mississauga/Kanada	järnvägsagn	gasol	900 t	0	8 skadade	
1970	Norra Hammar/Norge	tank	gasol	?	0	evakuering	
1974	Florida/USA	tankbil	propan	16.4 t	0		

C. Några stora miljöolyckor (Räddningsverket 1992, Ettala 1988)

År	Ort	Ämne	Utsläppt mängd	Skador	Orsak
1982	Swalhalmen/Holland	ammoniak, 35 %	50 kg	döda fiskar i flod	
1983	Donnington/England	asbestdamm		38 km ² mark förorenades	
1976	Seveso/Italien	dioxin	2 kg	17 km ² mark förorenades, över 3 000 djur dog över 78 000 djur slaktades	reaktors övervakningssystem gick sönder
1985	Roussilon/Frankrike	pyrocatechol	150 ton	150 km: floden förorenad, 50 ton döda fiskar	
1985	Mississippi/USA	bekämpningsmedel	40 t	15 000 döda fiskar	
1988	Akerselva/Norge	fosforsyra	9 t	stor fiskdöd	
1989	Viskan/Sverige	guldcyanid	8 kg	fiskdöd	
1986	Sandoz/Schweiz	bekämpningsmedel	1200 t	tusentals döda ålar	lagerbrand

Bilaga 9

KEMIKALIER SOM ORSAKAT FLEST OLYCKOR I FINLAND 1988-92

(De 24 ämnen som orsakat flest olyckor; Räddningsverket 1996)

Kemikalie	ADR-klass	Antal
diesel- och eldningsolja	3	76
gasol	2	36
bensin	3	34
svavelsyra	8	29
ammoniak	2	16
klor	2	16
salpetersyra	8	14
saltsyra	8	12
stadsgas	2	11
natriumhydroxid	8	9
syre	2	8
hexan	3	8
harts	3	7
etanol	3	6
freon	2	6
svavel	4	6
xylen	3	5
naturgaskondensat	3	5
metanol	3	4
PCB	3	4
explosivämne	1	4
styren	3	4
toluen	3	4
väte	2	4

ÄMNENAS FYSIKALISKA OCH KEMISKA EGENSKAPER**Bilaga 10**

(Arbetsministeriet 1996, Chemas Oy 1992 och 1994, Suomen Palontorjuntaliitto 1989, Handels- och industriministeriet 1984, Neste Oy 1991, Svenska Brandförsvarsförningen 1987)

Namn	sp °C	kp °C	fp °C	term.tp °C	EV MJ/kg	UB vol-%	ÖB vol-%	ρ (20 °C) kg/dm ³	ρ(g) -	v(20°C) mm ² /s	åt(20°C) kPa	HTP _{8h} ppm	HTP _{15min} ppm
ammoniak	-78	-33	-	630	22	15	28	0,77	0,6	0,3	883	25	40
aceton	-96	56	-18	465	31	2	15	0,79	2,0	1	25	500	625
acetylen	-84	-81	<-81	305	50	2	100	-	0,9	-	4200	-	-
bensin	<-50	30-200	-40	220	45	1	8	0,75	3-4	1	40-50	500	-
bensen	5	80	-11	562	40	1	8	0,88	2,7	1	10	5	10
butan	-135	-0,5	-60	405	46	2	9	0,6	2,1	0,25	220	800	1 000
eter	-116	34	-45	170	37	2	48	0,71	2,6	1	60	400	500
etanol	-114	78	11	425	27	3	19	0,79	1,6	5	6	1 000	1 250
fenol	41	182	79	603	33	1	10	1,1	3,2	11	0,03	5	10
fluorvätesyra	-83	20	-	-	-	-	0,99 (75%)	-	1,8	-	17	-	2
klor	-101	-34	-	-	-	-	-	1,4	2,5	0,4	650	0,5	1,0
xylen	-50	135	25-30	465	41	1	8	0,86-0,88	3,7	1	1	-	100
metanol	-98	65	6	386	21	6	44	0,76	1,1	0,8	13	200	250
natriumhydroxid	12	145	-	-	-	-	-	1,53 50%)	-	25	0	-	-
propan	-186	-42	-108	451	47	2	10	0,5	1,6	0,25	840	800	1 100
svavel	113	445	168	190	-	-	35-1400 g/m ³	2,1	-	-	0	-	-
svaveldioxid	-75	-10	-	-	-	-	-	1,46	2,3	0,4	340	2	5
svavelsyra	-10	330	-	-	-	-	-	1,84 (96%)	3,4	50	0	-	0,75
svavelkol	-112	46	-30	100	14	1	60	1,26	2,6	0,3	40	10	20
svavelväte	-86	-60	-	260	-	4	46	0,79	1,2	-	1760	10	15
styren	-31	145	32	490	42	1	8	0,91	3,6	<1	0,6	20	100
saltsyra	-70	110	-	-	-	-	-	1,11 (20%)	1,3	1,25	1,3	-	5
cyanväte	-14	26	-18	535	-	5	47	0,69	0,9	-	81	-	10
cyklohexan	7	81	-18	260	44	1	8	0,78	2,9	1,3	10	300	375
toluen	-95	110	4	535	41	1	7	0,87	3,2	1	3	100	150
salpetersyra	-29	120	-	-	-	-	-	1,48 (65%)	3,2	5	2	2	5
vatten	0	100	-	-	-	-	-	1,0	0,6	1	18	-	-
väte	-259	-253	-	560	142	4	76	0,07 (-253 °C)	-	0,07	-	-	-

FÖRKLARINGAR: sp = smältpunkt, kp = kokpunkt, fp = flampunkt, term.tp. = termisk tändpunkt, EV = energivärde, UB = undre brännbarhetsgräns, ÖB = övre brännbarhetsgräns, ρ (20 °C) = vätskan densitet vid 20 °C, ρ(g) = gasens densitet, v (20 °C) = kinematisk viskositet, åt (20 °C) = ångtryck vid 20 °C, HTP_{8h} = skadlig halt vid exposition i 8 timmar, HTP_{15min} = skadlig halt vid exposition i 15 minuter