



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

Risker med farliga ämnen

Risker med farliga ämnen

Version 2.0, 2024-11-26

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)

Enhet: Avdelningen för räddningstjänst och olycksförebyggande - Revinge

Text: Anna Emanuelsson och Mikael Landgren

Illustrationer: Anna Emanuelsson

MSB diarienummer: 2022-03080-2

Förord

Trots att det finns en hel del litteratur inom området *olyckor med farliga ämnen*, saknas det ett aktuellt dokument som fokuserar på *riskbedömningar* vid olyckor med farliga ämnen. Detta trots att riskbedömning är en ytterst central del av en räddningsinsats. Riskbedömningen ligger till grund för både personalens och allmänhetens säkerhet, och för hela insatsens genomförande. Den litteratur som finns att tillgå fokuserar t.ex. på märkning av farliga ämnen eller fysiska data. Det finns också litteratur som dyker djupt ner i olika ämnestyper och deras egenskaper, och ytterligare litteratur som fokuserar på tekniska lösningar och skadebegränsning.

Med detta dokument vill vi skapa en förståelse för farliga ämnens olika egenskaper och riskerna som är förknippade med dessa. Egenskaper och risker knyts också samman med märkning och fysikaliska data i syfte att ge en vägledning vid riskbedömning och val av personlig skyddsutrustning vid olyckor med farliga ämnen. Innehållet är dels baserat på befintlig litteratur och dels har vi kompletterat med sådant som saknas i litteraturen idag, exempelvis beskrivningar av risker med olika ämnestyper.

Dokumentet omfattar fem inledande kapitel om risker med farliga ämnen, märkning av farliga ämnen, personlig skyddsutrustning, och generella risker med gaser, vätskor och fasta ämnen. Därefter följer sex kapitel som specifikt beskriver olika typer av ämnen och vilka risker de medför. Slutligen innehåller dokumentet ett kapitel som behandlar de särskilda risker som är förknippade med kemisk reaktion.

Dokumentet omfattar inte explosivämnen, brandfarliga fasta ämnen, smittförande ämnen och radioaktiva ämnen, ej heller zonindelning, beslutsstöd och skadebegränsande åtgärder. Vi ser fram emot att komplettera med detta så småningom.

Revinge, 2022-03-17

Anna Emanuelsson och Mikael Landgren

Innehåll

1	RISKER MED FARLIGA ÄMNEN	7
2	MÄRKNING AV FARLIGA ÄMNEN	9
2.1	ADR-S	9
2.1.1	Ämnesklasser och varningsetiketter	10
2.1.2	Farlighetsnummer	12
2.2	CLP	13
2.2.1	Faroklasser	13
2.2.2	Faroangivelser.....	13
2.2.3	Faropiktogram	14
2.2.4	Mer om CLP.....	16
2.3	ADR jämfört med CLP	17
2.4	Märkning och beslutsstöd	17
3	PERSONLIG SKYDDSUTRUSTNING	19
3.1	Brand och explosion	20
3.2	Syrebrist.....	20
3.3	Förgiftning och frätskador	20
3.4	Köldskador.....	22
3.5	Andningsapparat och filtermask.....	22
3.6	Kemskyddsdräkter	23
4	AGGREGATIONSTILLSTÅND	27
4.1	Märkning enligt ADR och CLP	27
5	GASER	29
5.1	Koncentration i luft	29
5.2	Densitetstal	31
5.3	Vattenlöslighet.....	31
5.4	Generella risker med gaser	32
6	LAGRADE GASER.....	33
6.1	Kondenserade gaser	33
6.1.1	Kylkondenserade gaser	34
6.1.2	Tryckkondenserade gaser	34
6.2	Komprimerade gaser.....	36
6.3	Val av lagringssätt	36
6.4	Märkning enligt ADR	37
6.5	Märkning enligt CLP	38
6.6	Information om lagringssätt	39
6.7	Risker med lagrade gaser	40
7	LÄCKAGE AV KONDENSERAD GAS.....	42
7.1	Händelseförlopp inne i tanken	42
7.2	Händelseförlopp utanför tanken.....	43

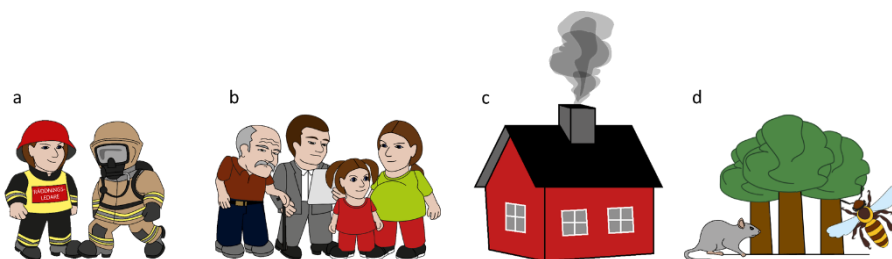
7.3	Fältmässiga gaslagen	44
7.4	Risker vid läckage av kondenserad gas	45
8	VÄTSKOR	46
8.1	Mättnadskoncentration	46
8.2	Ångtryck	48
8.3	Luffinblandning och koncentration	49
8.4	Densitetstal	49
8.5	Densitet, vattenlöslighet och viskositet	50
8.6	Generella risker med vätskor	51
9	FASTA ÄMNEN	53
9.1	Generella risker med fasta ämnen	53
10	GIFTIGA ÄMNEN	54
10.1	Märkning enligt ADR	55
10.2	Märkning enligt CLP	57
10.3	Risker med giftiga ämnen	59
10.3.1	Hygieniska gränsvärden	60
10.3.2	Andra riktvärden	61
10.3.3	Näsan som indikeringsinstrument	62
10.4	Personlig skyddsutrustning	63
11	FRÄTANDE ÄMNEN	64
11.1	pH-värde	64
11.2	Koncentrerade syror och baser	65
11.3	Märkning enligt ADR	66
11.4	Märkning enligt CLP	67
11.5	Risker med frätande ämnen	68
11.5.1	Vanliga kemiska reaktioner med frätande ämnen	69
11.6	Personlig skyddsutrustning	70
12	BRANDFARLIGA GASER	74
12.1	Märkning enligt ADR	75
12.2	Märkning enligt CLP	76
12.3	Risker med brandfarliga gaser	77
12.4	Personlig skyddsutrustning	78
13	BRANDFARLIGA VÄTSKOR	79
13.1	Märkning enligt ADR	81
13.2	Märkning enligt CLP	82
13.3	Risker med brandfarliga vätskor	82
13.4	Personlig Skyddsutrustning	84
14	OXIDERANDE ÄMNEN	85
14.1	Märkning enligt ADR	85
14.2	Märkning enligt CLP	86

14.3	Risker med oxiderande ämnen	87
14.4	Personlig skyddsutrustning	88
15	ICKE GIFTIGA ICKE BRANDFARLIGA GASER	90
15.1	Märkning enligt ADR och CLP	90
15.2	Risker med icke giftiga, icke brandfarliga gaser	91
15.3	Personlig skyddsutrustning	91
16	KEMISK REAKTION	92
16.1	Reaktion med vatten	93
16.2	Sönderfall och polymerisering	94
16.3	Tecken på kemisk reaktion.....	95
17	REFERENSER.....	96
	BILAGA 1. FARLIGHETSNUMMER I ADR	97
	BILAGA 2. FAROANGIVELSER I CLP	100

1 Risker med farliga ämnen

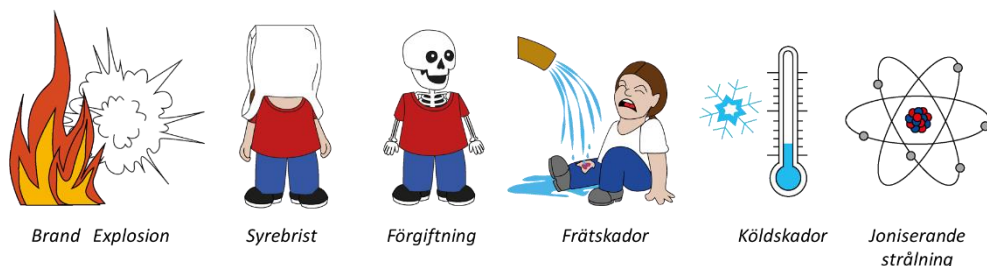
Riskbedömningar är en ytterst central del i arbetet vid alla räddningsinsatser. Detta gäller inte minst vid olyckor med farliga ämnen. Riskbedömningen ligger till grund för både personalens och allmänhetens säkerhet, men även för bedömning av risk för skador på egendom och på miljö, se figur 1.1.

Det är arbetsledaren som ansvarar för riskbedömningen. Men eftersom riskavstånden kan vara stora och farorna inte alltid syns på avstånd, måste arbetsledaren ta brandmännen till hjälp vid riskbedömningen. Alla som arbetar på olycksplatsen behöver därför ha kunskap om riskerna med farliga ämnen, dels för sin egen säkerhet, men också för att kunna rapportera tillbaka viktig information till arbetsledaren.

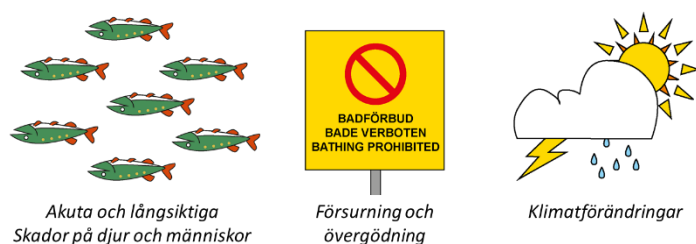


Figur 1.1 Riskbedömningen vid olyckor med farliga ämnen omfattar (a) personal, (b) allmänhet, (c) egendom och (d) miljö.

Eftersom det finns en uppsjö av olika farliga ämnen, kan det upplevas som att riskerna är väldigt många. I praktiken kan riskerna för insatspersonal dock sammanfattas till sju stycken: brand och explosion, syrebrist, förgiftning, frätskador, köldskador och joniserande strålning, se figur 1.2 sidan 8. När det gäller allmänheten är det främst risken för brand, explosion, förgiftning, frätskador och joniserande strålning som måste beaktas. Syrebrist och köldskador kräver oftast att man befinner sig nära utsläppet och drabbar normalt inte allmänheten. Egendom kan till exempel skadas genom brand och explosion, eller genom frätskador. Vid bedömning av riskerna för miljön måste man också beakta långsiktiga effekter på djur och människor, t.ex. organskador, cancer, genetiska defekter och skadad fertilitet, samt effekter på mark, luft och vatten, t.ex. försurning, övergödning och klimatförändringar, se figur 1.3 sidan 8.



Figur 1.2. Risker med farliga ämnen för insatspersonal vid olyckor



Figur 1.3. Risker med farliga ämnen för miljön

Huvudfokus i detta dokument ligger på riskbedömning för den egna insatspersonalen. Syftet är att skapa en förståelse för vilka risker som kan föreligga vid olyckor med olika farliga ämnen, hur man utläser riskerna utifrån märkning av farliga ämnen, och hur man väljer personlig skyddsutrustning för att skydda sig mot riskerna, se kapitel 2 och 3.

I riskbedömningen ingår också bedömning av riskavstånd och zonindelning. Här behöver man ta hjälp av beslutsstöd, t.ex. MSB RIB, Åtgärdskalendern, Farligt gods-kort och säkerhetsdatablad. Dessa delar ingår för närvarande inte i detta dokument. För mer information om zonindelning hänvisas till *Planering och samverkan vid händelser med farliga ämnen* [ref. 1].

Vissa risker är generella för alla gaser, vätskor respektive fasta ämnen. Dessa risker beskrivs i kapitel 4-9. I kapitel 10-15 beskrivs risker som är specifikt förknippade med olika ämnestyper, t.ex. giftiga, frätande och brandfarliga ämnen. Slutligen beskrivs riskerna med kemisk reaktion i kapitel 16.

Vissa ämnesgrupper omfattas för närvarande inte av detta dokument. Det gäller t.ex. explosivämnen, brandfarliga fasta ämnen, smittförande ämnen och radioaktiva ämnen. För mer information om explosivämnen och radioaktiva ämnen hänvisas till *Räddningstjänst vid olyckor med explosiva ämnen* [ref. 2] och *Räddningstjänst vid olyckor med radioaktiva ämnen* [ref. 3].

2 Märkning av farliga ämnen

Farliga ämnen och produkter finns överallt i vårt samhälle. De används inom industri och jordbruk, på sjukhus och laboratorier, liksom i våra hem. Man möter dem på vägar, järnvägar och farleder under transport.

Det finns olika sätt att benämna farliga ämnen beroende på syfte och sammanhang. Man kan använda sig av produktnamn (t.ex. Mr Super Propplösare), kemiska beteckningar (t.ex. natriumhydroxid), eller vardagliga trivialnamn (t.ex. lut eller kaustiksoda). Det finns också olika sifferbeteckningar som beskriver ämnen och produkter. Inom internationell handel (inklusive transport av farligt gods) använder man t.ex. UN-nummer, en fyrsiffrig kod, som tilldelas av FN.

För att man snabbt och enkelt ska kunna bilda sig en uppfattning om vilka risker som kan vara förknippade med visst ämne eller en viss produkt, har man utvecklat ett antal internationella märkningssystem. Vi kommer i det följande att fokusera på två av dessa: ADR och CLP:

- **ADR** (Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road) är de regler som gäller vid transport av farligt gods på väg. De bottenar i modellregler från FN och används över hela världen. Den svenska versionen av ADR (markerad med ett ”S”) ges ut av MSB och gäller också för transport av farligt gods i terräng.
- **CLP** (Classification, Labelling and Packaging) är en EU-förordning som gäller för märkning av produkter som innehåller farliga ämnen och riktar sig till de som hanterar och använder produkten. Kemikalieinspektionen är ansvarig myndighet för CLP i Sverige.

Därutöver finns motsvarande regelverk för transport av farligt gods på järnväg (RID-S), transport av förpackat farligt gods till sjöss (IMDG-koden) och lufttransport av farligt gods (ICAO-TI och IATA DGR). Dessa märkningssystem liknar ADR, och kommer därför inte att beskrivas vidare i detta dokument.

2.1 ADR-S

ADR-S reglerar transport av farligt gods på väg och i terräng. Föreskriften innehåller bestämmelser och förutsättningar som ska vara uppfyllda. Det kan gälla utbildning, transportdokumentation, fordonsutrustning, godstjocklek på tank, trycktålighet, placering av på- och avtappningsventiler, vilka säkerhetsanordningar som ska finnas m.m. En liten del av föreskriften reglerar hur det farliga godset ska märkas under transporten och det är denna del som är av störst intresse för räddningstjänsten vid en olycka med farliga ämnen. Riskerna med farligt gods kommuniceras via ämnesklasser och varningsetiketter. Tank- och bulktransporter märks också med farlighetsnummer. Mer information om märkning av farligt gods


vid transport finns i MSB:s publikation *Transport av farligt gods – Väg och järnväg* [ref. 4].

2.1.1 Ämnesklasser och varningsetiketter

Farligt gods delas in i nio ämnesklasser med tillhörande varningsetiketter enligt ADR, se tabell 2.1 sidan 11. Varje ämnesklass definieras av särskilda testkriterier.

Om godset bara uppfyller kriterierna för en ämnesklass är tilldelningen enkel. Då tilldelas ämnet till den ämnesklassen. Om ämnet däremot uppfyller kriterierna för flera ämnesklasser finns en rangordning som avgör vilken ämnesklass (primärfaran) ämnet tilldelas. Riskerna som är förknippade med övriga ämnesklasser räknas som så kallade *sekundärfaror*. Godset ska märkas med varningsetiketter för *både* ämnesklass (primärfaran) och *alla* sekundärfaror, jämför exempel 2.1 och 2.2. I praktiken har det dock ingen nämnvärd betydelse vad som är ämnesklass (primärfara) och vad som är sekundärfaror om man ska göra en riskbedömning i samband med en olycka. Prioriteringsordningen har främst att göra med regelverket för hur ämnet får transporteras och återspeglar inte någon

Exempel 2.1. Märkning av saltsyra enligt ADR

	Frätande ämne
80	Frätande eller svagt frätande ämne























Saltsyra uppfyller endast kriterierna för ämnesklass 8 *Frätande ämnen*. Saltsyra tilldelas således ämnesklass 8 och märks med varningsetiketten för frätande ämne, samt farlighetsnummer 80: frätande eller svagt frätande ämne.

Exempel 2.2. Märkning av vätefluorid enligt ADR

	Giftigt ämne
	Frätande ämne
886	Starkt frätande ämne, giftigt

Vätefluorid uppfyller både kriterierna för ämnesklass 6 *Giftiga ämnen* och 8 *Frätande ämnen*. Vätefluorid tilldelas ämnesklass 8, men märks både med varningsetiketten för giftigt ämne och med etiketten för frätande ämne. Transporten märks även med farlighetsnummer 886: starkt frätande ämne som dessutom är giftigt.

Tabell 2.1. Ämnesklasser med tillhörande varningsetiketter enligt ADR

Klass 1	Explosiva ämnen och föremål **) Angivelse av riskgrupp *) Angivelse av samhanteringsgrupp	   
Klass 2	Gaser	  
Klass 3	Brandfarliga vätskor	
Klass 4.1	Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen, polymeriserande ämnen och fasta okänsliggjorda explosivämnen	
Klass 4.2	Självantändande ämnen	
Klass 4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	
Klass 5.1	Oxiderande ämnen	
Klass 5.2	Organiska peroxider	
Klass 6.1	Giftiga ämnen	
Klass 6.2	Smittförande ämnen	
Klass 7	Radioaktiva ämnen	   
Klass 8	Frätande ämnen	
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	 

prioriteringsordning av hur farligt det är för människan. För vätefluorid exempelvis, är giftigheten en sekundärfara i ADR, trots att det är ett oerhört giftigt ämne som är dödligt vid såväl förtäring, inandning och hudkontakt.

Om ett ämne inte uppfyller kriterierna för någon av ämnesklasserna 1-8 men ändå utgör en fara vid transport, kan ämnet klassificeras i ämnesklass *9 Övriga farliga ämnen och föremål*. Här hamnar t.ex. miljöfarliga ämnen och ämnen som transporteras vid förhöjd temperatur men i övrigt inte har särskilt farliga egenskaper.

2.1.2 Farlighetsnummer

För ämnen i klass 2 till 9 finns även ett system med farlighetsnummer.

Farlighetsnumret utgörs av två eller tre siffror, där siffrorna hänvisar till följande faror:

- 2 Gasutveckling på grund av tryck eller kemisk reaktion
- 3 Brandfarlighet hos vätskor (ångor) och gaser, eller självupphettande vätska
- 4 Brandfarlighet hos fasta ämnen eller självupphettande fast ämne
- 5 Oxiderande (brandunderstödjande) verkan
- 6 Giftighet eller smitta
- 7 Radioaktivitet
- 8 Frätande egenskaper
- 9 Risk för spontan, häftig reaktion

Förutom risk för spontan häftig reaktion, omfattar siffran 9 även möjlig explosionsfara, farlig sönderfalls- eller polymerisationsreaktion med avsevärd värmeutveckling eller utveckling av brandfarliga och/eller giftiga gaser utifrån ett ämnes egenskaper.

Till siffersystemet hör ett antal regler:

- En fördubbling av en siffra visar på en förstärkning av motsvarande fara. Dock inte 22, 44 och 99, som har särskild betydelse. Det finns även andra sifferkombinationer som har särskild betydelse tex. 606, 90 och 423, se bilaga 1.
- När faran hos ett visst ämne kan beskrivas tillräckligt med endast en siffra följs denna av en nolla.
- Första siffran anger oftast, men inte alltid, vilken ämnesklass ämnet tillhör.
- Farlighetsnumret får högst bestå av tre siffror vilket gör att det inte kan visas förstärkning (dubbla siffror) av två faror samtidigt. T.ex. har fluorväte farlighetsnumret 886 men är dödligt giftigt via alla inträngningsvägar. Inte heller kan mer än tre faror visas. T.ex. har klor farlighetsnummer 265, men är

även frätande. Detta framgår dock av varningsetikett 8 som ska sättas på transporten.

- Om farlighetsnumret föregås av bokstaven "X" innebär detta att ämnet reagerar farligt med vatten. Vatten får endast användas efter bedömning av sakkunnig.

Betydelsen av alla förekommande farlighetsnummer i ADR finns i bilaga 1. Se även exempel 2.1 och 2.2, sidan 10.

2.2 CLP

CLP-förordningen innehåller de regler som gäller för klassificering och märkning av produkter som innehåller farliga ämnen. Reglerna om märkning enligt CLP-förordningen gäller vid överlåtelse, alltså om du säljer eller på annat sätt tillhandahåller produkter. Syftet är att arbetstagare och konsumenterna ska ges information om kemiska produkters farliga egenskaper.

Riskerna i CLP kommuniceras via faropiktogram och faroangivelser.

2.2.1 Faroklasser

I CLP finns ett antal faroklasser som produkter kan klassificeras i, se tabell 2.2 sidan 14. Om en produkt uppfyller testkriterierna för mer än en faroklass klassificeras den i samtliga. Många av faroklasserna är identiska med ämnesklasserna i ADR men det finns också klasser i CLP som saknas i ADR.

2.2.2 Faroangivelser

För att få en mer nyanserad bild av farorna som anges i faroklasserna, finns så kallade faroangivelser. Till en viss faroklass hör oftast flera olika faroangivelser som i ord uttrycker olika grad eller typ av risk. I faroklass *3.1 Akut toxicitet* finns exempelvis tre grader av giftighet: skadlig, giftig och dödlig, som kan kombineras med de tre inträgningsvägarna: inandning, förtäring och hudkontakt, för att ge upphov till totalt nio faroangivelser. Detta beskrivs mer utförligt i avsnitt 2.2.4 *Mer om CLP*. Faroangivelserna tilldelas även tresiffriga koder som föregås av bokstaven H (för Hazard statement). Dessa koder skrivs dock inte ut på etiketten vid märkning av produkter. Betydelsen av alla faroangivelser och tillhörande koder finns i bilaga 2.

Ett ämne som är klassat i flera faroklasser erhåller faroangivelser från var och en av klasserna. En kemisk produkt kan alltså få ett antal faroangivelser som beskriver varje farlig egenskap produkten har.






Tabell 2.2. Faroklasser enligt CLP

Klass	
2.1	Explosiva ämnen, blandningar och föremål
2.2	Brandfarliga gaser
2.3	Brandfarliga aerosoler
2.4	Oxiderande gaser
2.5	Gaser under tryck
2.6	Brandfarliga vätskor
2.7	Brandfarliga fasta ämnen
2.8	Självreaktiva ämnen och blandningar
2.9	Pyrofora vätskor
2.10	Pyrofora fasta ämnen
2.11	Självpupphettande ämnen och blandningar
2.12	Ämnen och blandningar som vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser
2.13	Oxiderande vätskor
2.14	Oxiderande fasta ämnen
2.15	Organiska peroxider
2.16	Korrosivt för metaller
2.17	Okänsliggjorda explosiva ämnen
3.1	Akut toxicitet
3.2	Frätande eller irriterande på huden
3.3	Allvarlig ögonskada eller ögonirritation
3.4	Luftvägs- eller hudsensibilisering
3.5	Mutagenitet i könsceller
3.6	Cancerogenitet
3.7	Reproduktionstoxicitet
3.8	Specifik organtoxicitet – enstaka exponering
3.9	Specifik organtoxicitet – upprepad exponering
3.10	Fara vid aspiration
4.1	Farligt för vattenmiljön
5.1	Farligt för ozonskiktet



2.2.3 Faropiktogram

Till de flesta faroangivelser finns det kopplat ett faropiktogram, se tabell 2.3, samt exempel 2.3 och 2.4 sidan 15 och 16. Faropiktogrammen har samma uppgift som varningsetiketterna i ADR, d.v.s. att åskådliggöra riskerna grafiskt. Samma faropiktogram kan vara kopplat till flera olika faroangivelser. Det finns även här två faropiktogram som inte har sin motsvarighet i ADR, piktogrammen för *Skadlig* och *Hälsofarlig*. Detta beror på att CLP också tar hänsyn till icke-akuta faror, dvs. långtidseffekter av exponering, och har en lägre tröskel för vad som betraktas som farligt än ADR.

Tabell 2.3. Faropiktogram enligt CLP



		
Oxiderande	Brandfarlig	Explosiv
		
Gas under tryck	Giftig	Frätande
		
Skadlig	Hälsosfarlig	Miljöfarlig

Exempel 2.3. Märkning av saltsyra enligt CLP

Faropiktogram	Faroangivelser (kod inom parentes)
	Orsakar allvarliga skador på hud och ögon (H314)
	Kan orsaka irritation i luftvägarna (H335)

Saltsyra är klassat i faroklass 3.2 *Frätande eller irriterande på huden* och 3.8 *Specifik organtoxicitet – enstaka exponering*. Ämnet märks med faropiktogrammen *Frätande* och *Skadlig*. Det får två faroangivelser: en från klass 3.2 (H314) och en från klass 3.8 (H335).

Exempel 2.4. Märkning av vätefluorid enligt CLP

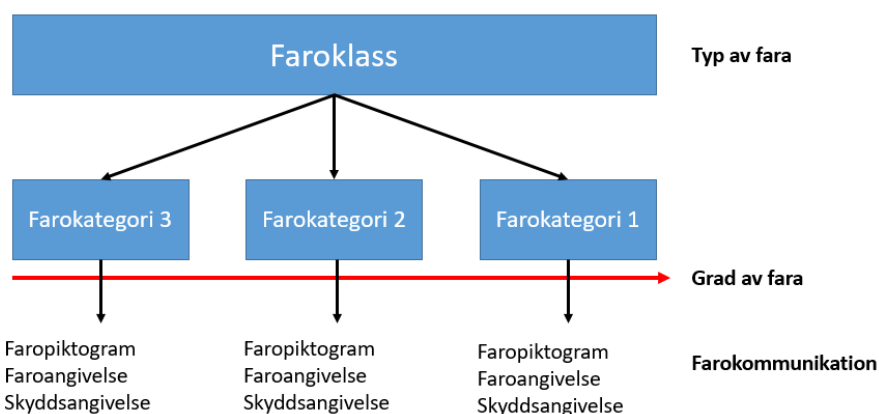
Faropiktogram	Faroangivelser (kod inom parentes)
	Dödlig vid förtäring (H300) Dödlig vid hudkontakt (H310) Dödligt vid inandning (H330)
	Orsakar allvarliga skador på hud och ögon (H314)

Vätefluorid är klassat i faroklass 3.1 *Akut toxicitet* och i faroklass 3.2 *Frätande eller irriterande på huden*. Ämnet märks med faropiktogrammen *Gifligt* och *Frätande*. Det får totalt fyra faroangivelser: tre från klass 3.1 (H300, H310, H330), och en från klass 3.2 (H314).

2.2.4 Mer om CLP

I CLP finns ytterligare en indelningsnivå mellan faroklasser och faroangivelser nämligen *farokategorier*. Farokategorierna anger graden av fara, där kategori 1 är den farligaste. Olika faroklasser har olika antal farokategorier, vissa bara en enda. För varje farokategori finns testkriterier som avgör i vilken kategori ämnet hamnar i. Inplaceringen i faroklass och farokategori genererar sedan farokommunikationen i form av faropiktogram och faroangivelser som beskrivits ovan, men också *skyddsangivelser*. Skyddsangivelser anger hur man ska skydda sig mot farorna. Exempel på en skyddsangivelse är *Skyddas från fukt*. Även skyddsangivelserna tilldelas en tresiffrig kod som här föregås av ett P.

Figur 2.1 illustrerar hierarkin för en faroklass med tre farokategorier.



Figur 2.1. Hierarkin för en faroklass med tre farokategorier.

2.3 ADR jämfört med CLP

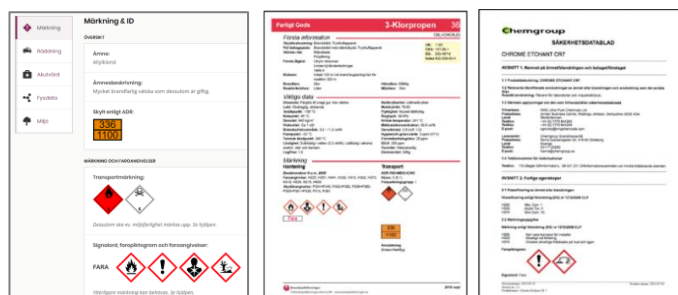
Många av faroklasserna i CLP motsvaras av en ämnesklass i ADR, och de testkriterier som används är i de flesta fall identiska. Det beror på att CLP och ADR båda har sitt ursprung i modellregelverk från FN.

Faror som inte är akuta, dvs. där den farliga effekten inte är omedelbar, har ingen motsvarighet i ADR. Detta eftersom ADR bara är inriktad på att varna för den fara som kan finnas vid transportolyckor, dvs. en enstaka exponering. Det finns alltså ytterligare information i CLP utöver det som kommuniceras av farlighetsnummer och varningsetiketter i ADR.

En annan skillnad mellan ADR och CLP är att i CLP används alltid testkriterier för att avgöra inplacering. I ADR är detta inte alltid fallet. Även om ADR och CLP till övervägande del har precis samma kriterier för klassificering av de faror som båda omfattar, kan ADR-klassificeringar ta hänsyn till andra aspekter än dessa kriterier. Det kan exempelvis vara erfarenheter från olyckor. Detta, tillsammans med att testkriterierna i vissa fall är olika, leder till att ett ämne kan få olika märkning i CLP och i ADR. Ett ämne som är märkt t.ex. giftigt i det ena systemet behöver inte vara det i det andra systemet eller vice versa.

I följande kapitel kommer vi att fokusera på varningsetiketter/farlighetsnummer och faropiktogram/faroangivelser eftersom det är dessa som kommunicerar riskerna med ett ämne. Det är också dessa som återfinns i beslutsstöden *MSB RIB* och Brandskyddsföreningens *Farligt gods*.

2.4 Märkning och beslutsstöd



Figur 2.2. Beslutsstöd: MSB RIB, Farligt Gods och säkerhetsdatablad.

Som nämndes inledningsvis kan man snabbt bilda sig en uppfattning om vilka risker som är förknippade med en transport eller en produkt, utifrån ADR-respektive CLP-märkningen. Ibland kan det dock vara så att märkning saknas, eller så kanske det inte är möjligt att ta sig fram till behållaren och läsa av märkningen p.g.a. rådande risker. Då får man ta reda på vilket ämne det rör sig om genom att fråga t.ex. chaufför eller verksamhetsansvarig, och sedan söka information om riskerna i något lämpligt beslutsstöd, t.ex. MSB RIB, Farligt Gods eller säkerhetsdatablad, se figur 2.2.

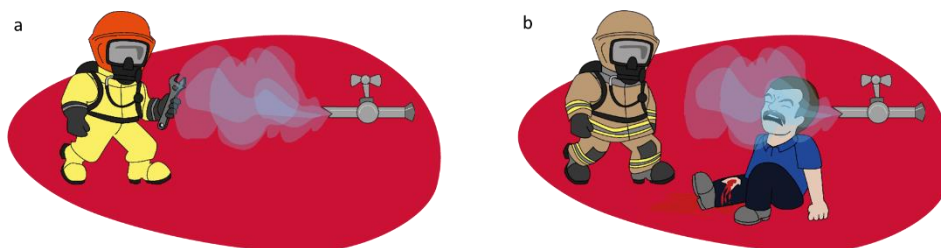
MSB RIB ges ut av MSB och innehåller information om ca 5000 ämnesposter. Farligt Gods ges ut av Brandskyddsföreningen och innehåller ca 900 ämnesposter. Säkerhetsdatabladerna är en del av CLP-regelverket. Företag som släpper ut kemiska produkter på marknaden är skyldiga att lämna säkerhetsdatablad till dem som använder produkten yrkesmässigt och till dem som säljer produkterna vidare.

I MSB RIB finns information om märkning av farligt gods enligt ADR och CLP. Informationen om märkning enligt ADR importeras från tabell A i ADR. Av tabellen framgår vilka varningsetiketter och farlighetsnummer som ska användas för olika ämnen vid transport. Här finns också information om t.ex. olika krav som ställs på tankar och andra emballage vid transport av ett visst ämne.

Informationen om märkning enligt CLP hämtas från bilaga VI till CLP-förordningen. Bilagan innehåller en förteckning över alla ämnen som har fått en harmoniserad klassificering och märkning enligt ett EU-gemensamt system. Det finns idag över 4600 ämnen eller ämnesgrupper förtecknade i bilaga VI. Informationen i MSB RIB är dock inte fullständig för alla ämnen. En del ämnen och produkter kan behöva klassificeras för flera faroklasser än de som ingår i den harmoniserade klassificeringen i bilaga VI. För dessa faroklasser ska företagen själva klassificera ämnet med hjälp av kriterierna i CLP. Sådan märkning framgår inte av MSB RIB.

3 Personlig skyddsutrustning

En viktig del av riskbedömningen vid en olycka med farliga ämnen, är att säkerställa att personalen har rätt skydd mot de risker som de utsätts för [ref. 5]. I detta kapitel beskrivs den personliga skyddsutrustning som krävs för att skydda insatspersonalen mot riskerna vid arbete i så kallad *het zon* vid en olycka med farliga ämnen, se figur 3.1. Här handlar det om arbete nära utsläppet för att t.ex. stoppa ett kemikalieutflöde eller förhindra vidare spridning. Ett sådant arbete kräver ofta särskild skyddsutrustning. Vid en livräddande insats kan man däremot tolerera lindriga och övergående skador hos personalen, t.ex. hudirritation om ånga eller gas tränger in genom branddräkten. Man kan också tolerera mindre mängder skadliga vätskor eller fasta ämnen på branddräkten, under förutsättning att det inte tränger in på huden och att man tar av sig dräkten i varm zon efter utförd livräddning.



Figur 3.1. (a) Arbete i het zon nära utsläppet för att t.ex. stoppa ett kemikalieutflöde eller förhindra vidare spridning kräver särskild skyddsutrustning, medan (b) livräddning oftast kan genomföras i branddräkt och andningsapparat.

Kan man alltid göra livräddande insats i branddräkt och andningsapparat?

Kan man alltid göra en livräddande insats i tätslutande larmställ och andningsapparat, om man ser till att man inte får vätska eller aerosol på sig? Ger larmstället tillräckligt skydd mot hudupptag av alla giftiga och frätande gaser och ångor vid exponering under en kortare tid på 10 minuter? Med tillräckligt skydd menar vi här att de skador som insatspersonalen eventuellt kan få är lindriga och övergående t.ex. hudirritation. Dessa frågor har ställts till representanter för FOI och Socialstyrelsens medicinska expertgrupp. Här gjordes bedömningen att så är fallet med följande undantag: organiska fosforföreningar (nervgaser) samt karbamater (kan t.ex. förekomma i vissa bekämpningsmedel) där man inte ville utesluta att permanenta skador kan uppstå.

3.1 Brand och explosion

Vid en olycka där det finns risk för brand eller explosion, måste man skydda kroppen mot värmestrålning, tryckvåg och splitter. Man måste också skydda andningsvägarna mot varma rökgaser.

Branddräkt och andningsapparat ger i de flesta fall ett gott skydd mot värme- strålning och rökgaser. Andningsapparaten tillsammans med en hjälm skyddar dessutom i viss mån ögon och huvud mot splitter. Vanligtvis finns ingen personlig skyddsutrustning att tillgå för att skydda kroppen mot splitter. Här får man istället ta skydd bakom kringliggande byggnader eller fordon. Detsamma gäller om det finns risk för tryckvåg.

Vid olyckor med brandfarliga vätskor måste man se till att vätskan inte sugs upp i branddräkten, eftersom kombinationen ”brandfarlig vätska och branddräkt” kommer att fungera ungefär som kombinationen ”tändvätska och grillkol”. Trots att branddräkten är flamskyddad kan den antändas om den fuktas med brandfarlig vätska. Man vill också undvika att huden kommer i direkt kontakt med vätskan, eftersom det kan ge ohälsosamma effekter. Om det finns risk för att brandfarlig vätska sugs upp i branddräkten, bör man därför använda en stänk-, vätske- eller gastät kemskyddsdräkt med branddräkt under, se avsnitt 3.6 *Kemskyddsdräkter*, eller om tillräckligt skydd uppnås, kan man nöja sig med t.ex. gummistövlar och kemskyddshandskar.

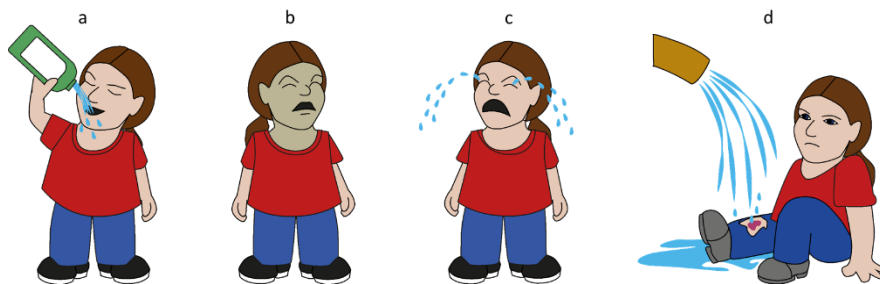
3.2 Syrebrist

Vid utsläpp av gas, kan luften trängas undan så att det uppstår syrebrist. Genom att använda andningsapparat skyddar man sig mot syrebrist, se avsnitt 3.5 *Andningsapparat och filtermask*. Observera att filtermask *inte* skyddar mot syrebrist.

3.3 Förgiftning och frätskador

Giftiga och frätande ämnen kan ta sig in i kroppen och skada personalen. Det gäller inte bara sådana ämnen som är *märkta* giftiga eller frätande. Även andra ämnen kan ge hälsoskadliga effekter, om än i lägre grad. I den följande texten använder vi därför begreppet *skadliga ämnen*, och avser då alla ämnen som inte är uppenbart ofarliga.

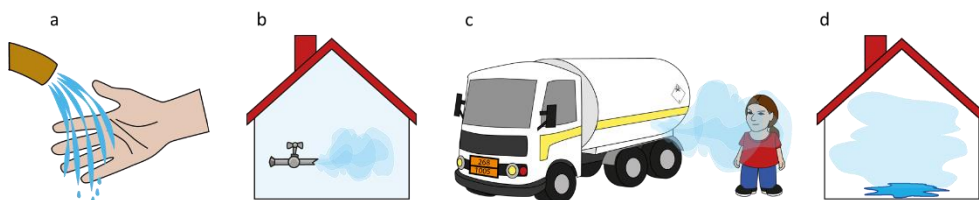
Skadliga ämnen kan tränga in i kroppen via fyra inträngningsvägar: förtäring, inandning, ögon och hud, se figur 3.2 sidan 21. Anledningen till att ögonen räknas som en särskild inträngningsväg är att de är fuktiga. Fukten gör att det blir lättare för ämnet att ta sig in i kroppen.



Figur 3.2. De fyra inträngningsvägarna: förtäring, inandning, ögon och hud

Förtäring av skadliga ämnen är oftast ett mindre förekommande problem för insatspersonal. Det kan dock förekomma tillfällen när branddräkt eller handskar blivit kontaminerade av ett skadligt ämne och att man sedan får kemikalien på händerna när man tar av sig brandsdräkten. Bristfällig avtvättning av händerna följt av att man äter kan då leda till att kemikalien hamnar i munnen. Samma sak kan inträffa vid bristfällig sanering av en kemskyddsdräkt innan den tas av.

Genom att använda andningsapparat, eller i vissa fall filtermask, kan man skydda sig mot inträngning via andningsorgan och ögon, se avsnitt 3.5 *Andningsapparat och filtermask*.



Figur 3.3. Inträngning via hud kan ske genom (a) direkt kontakt med vätskor och fasta ämnen, eller att man vistas i en miljö med höga koncentrationer av gas eller ånga, t.ex. (b) vid utsläpp av gas inomhus, (c) nära ett gasutsläpp utomhus, eller (d) vid utsläpp av vätska inomhus.

Upptag via huden kan ske genom direktkontakt med vätska eller fast ämne, eller genom att man blir utsatt för höga koncentrationer av gas eller ånga, se figur 3.3. Direkt kontakt med vätska eller fast ämne innebär t.ex. att man utsätts för stänk eller översköljning, att ämnet suggs upp i kläderna, eller att man befinner sig i ett aerosolmoln eller dammoln.

Om man vistas i höga koncentrationer av gas eller ånga kan ämnet tas upp via huden. Detta innebär en risk, framför allt när det gäller giftiga och frätande ämnen eftersom de normalt är skadliga redan vid mycket låga koncentrationer. Höga koncentrationer av gas eller ånga kan uppnås om utsläppet sker inomhus där luftomsättningen är låg. Man kan också förvänta sig höga koncentrationer nära ett gasutsläpp utomhus. Däremot blir koncentrationen av ånga generellt lägre vid ett vätskeutsläpp utomhus. Vid ett gasutsläpp har man ofta en hög källstyrka, medan avångning är en långsammare process. Vid ett gasutsläpp kan luften helt ersättas

av gasen, medan ångorna från en vätska aldrig kan uppnå en koncentration som är högre än mättnadskoncentrationen.

Branddräkten skyddar i viss utsträckning mot upptag av skadliga ämnen via huden, så länge man inte får så stora mängder kemikalier på sig att de tränger igenom branddräkten. Det kan dock vara svårt att bedöma olika ämnens förmåga att tränga genom branddräkten. Man bör därför alltid ha som utgångspunkt att personalen ska bära kemskyddsdräkt om det finns risk för direkt kontakt med fasta ämnen som är så finfördelade att de kan fastna i branddräkten, om det finns risk för direktkontakt med vätskor, eller om det finns risk för höga koncentrationer av gas eller ånga, se avsnitt 3.6 *Kemskyddsdräkter*. Detta gäller för alla skadliga ämnen, men framför allt för ämnen som är giftiga eller frätande.

3.4 Köldskador

Många gaser lagras på ett sådant sätt att de kan ge upphov till köldskador vid läckage. Detta beskrivs ingående i kapitel 6 *Utsläpp av kondenserade gaser*. Om en kondenserad gas läcker ut i vätskefas kan den personliga skyddsutrustningen behöva kompletteras med ett köldskydd, se avsnitt 3.6 *Kemskyddsdräkter*.

3.5 Andningsapparat och filtermask



A	Brun	Organiska gaser och ångor. Kokpunkt > 65 °C
AX	Brun	Organiska gaser och ångor. Kokpunkt < 65 °C
B	Grå	Oorganiska gaser och ångor
E	Gul	Sura gaser och ångor
K	Grön	Ammoniak och organiska aminer
Hg	Röd	Kvicksilver
P	Vit	Partiklar
CO	Svart	Kolmonoxid

Figur 3.4. Exempel på filter och dess märkning.

En andningsapparat skyddar mot att gaser, ångor, aerosoler, stänk och damm kan ta sig in i kroppen via andningsvägar och ögon. Andningsapparaten har en skyddsfaktor på minst 100.000. Det betyder att koncentrationen innanför masken är minst 100.000 gånger lägre än utanför masken.

Som alternativ till andningsapparaten kan man använda filtermask. De finns både som hel- och halvmasker. Helmasker är oftast att föredra då de även skyddar ögonen. Filtret till masken kan vara ett gas-, partikel-, eller kombinationsfilter (gas och partiklar), se figur 3.4.

Andningsapparaten stora fördel jämfört med filtermasken är den höga skyddsfaktorn, minst 100.000. Filtermasken har betydligt lägre skyddsfaktor, mindre än 10.000. Skäggväxt kan dessutom minska skyddsfaktorn avsevärt. Till skillnad från andningsapparaten saknar filtermasken övertryck. Det gör att skadliga ämnen i luften kan läcka in om filtermasken inte sluter helt tätt.

Andningsapparaten kan användas för att skydda andningsvägarna även om man inte vet vilket ämne och koncentration det är fråga om. Filtermasken är betydligt mer begränsad. Här krävs att ämnet är känt för att man ska kunna välja rätt filter. Koncentrationen får inte heller överstiga filtrets förmåga (t.ex. 1 vol-% för ett klass 3 filter). Om koncentrationen är för hög, eller om filtret används för länge, kan filtret bli mättat vilket gör att det slutar fungera. Ämnet bör också kunna förnimmas innan det blir ”farligt”, t.ex. vid otät mask eller om filtret blir mättat. För mer information om förnimbarhet, se avsnitt 7.3.3 *Näsan som indikeringsinstrument*. Andningsapparaten skyddar också andningsvägarna mot het luft och syrebrist, vilket filtermasken inte gör.

Fördelen med filtermasken jämfört med andningsapparaten är att filtermasken är smidig att bära och den har lång användningstid. Man kan dock koppla in extern luft till andningsapparaten och förlänga användningstiden på det sättet.

3.6 Kemskyddsdräkter

Kemskyddsdräkter klassificeras enligt en europastandard och delas in i typerna 1 till 6. Inom räddningstjänsten används vanligen typ 1a, 1b, 3 och 4, se figur 3.5, sidan 24. Dessa är godkända för kemdykning. Typ 1a ger ”bäst” skydd och typ 4 ”minst” skydd. Den skyddande förmågan avgörs av materialet i dräkten, men också av hur anslutningar mellan dräkt och handskar, stövlar, mask etc. är konstruerade. För att en dräkt ska vara t.ex. vätsketät krävs både vätsketätt material i dräkten och vätsketäta anslutningar mellan dräkt och handskar, stövlar, mask etc.

Typ 1-dräkterna är **gastäta** och ger högsta skydd mot genomträngning. Dräkterna definieras som gastäta, men skyddar även mot vätskor och fasta ämnen. De är också tåliga mot mekaniska påfrestningar. Det vanligaste sättet att skapa gastäthet i dräkten, är att leda in luft från andningsapparaten och skapa ett övertryck inne i dräkten, och på så sätt motverka inträngning av farliga ämnen. Typ 1-dräkterna delas in i tre underklasser:

- 1a - Andningsapparat på insidan av dräkten (så kallad helkapslad dräkt)
- 1b - Andningsapparat på utsidan av dräkten
- 1c - Extern luftförsörjning via slang

Typ 3-dräkterna är **vätsketäta**. De ska skydda mot vätskor som sprutas mot dräkten från olika vinklar under ett kortare tidsintervall.



Figur 3.5. Kemskyddsdräkter. Typ 1a – Gastät dräkt med andningsapparaten på insidan av dräkten, Typ 1b – Gastät dräkt med andningsapparaten på utsidan av dräkten, Typ 3 Vätsketät dräkt, Typ 4 Stänktät dräkt. Typ 1a, 3 och 4 kan bäras med branddräkt under och ger på så vis även skydd mot värmestrålning. (OBS att 1b-dräkten på bilden ovan måste kompletteras med en så kallad minihood eller ett översköjningskydd för att den ska vara certifierad som en 1b-dräkt).

Lite om handskar

I samband med egensanering efter en keminsats finns det risk att man kontaminerar sig själv när man tar av sig skyddsutrustningen. Det är därför lämpligt att använda undersökningshandskar (nitrilhandskar) under kemhandskarna. Om det handlar om livräddande personsanering är det också bra att komplettera med undersökningshandskar. På så sätt är man direkt utrustad med undersökningshandskar när man ska hantera patienten efter saneringen.

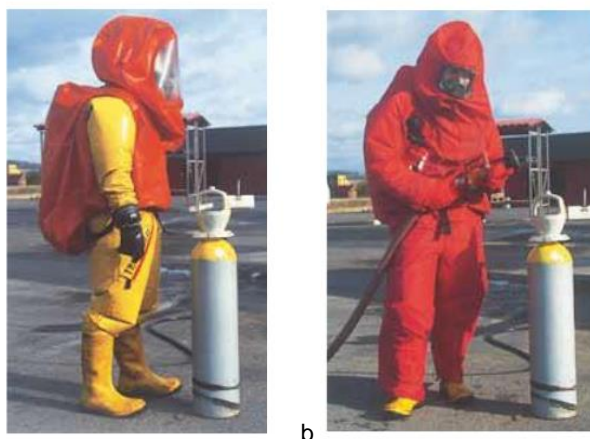
Om det finns risk att kemhandskarna skärs sönder vid arbetet, kan det vara bra att bära brandhandskar över kemhandskarna som extra skydd.

Typ 4-dräkterna är **stänktäta**. De ska skydda mot vätskor som sprayas/duschas mot dräkten.

Det finns en mängd olika fabrikat och modeller av kemskyddsdräkter. För att ge en uppfattning om dräktens kapacitet, anger en del tillverkare hur länge en kemskyddsdräkt skyddar mot specifika ämnen i så kallade resistentstabeller, se figur 3.6.

	4 tim	svavelsyra (95%)	1 tim	
	4 tim	saltsyra (35%)	4 tim	
	8 tim	salpetersyra (68%)	1 tim	
	4 tim	ättiksyra (100%)	4 tim	
	1 tim	acetone (100%)	20 min	

Figur 3.6. Exempel på resistentstabeller för kemskyddsdräkt av typ 1b (till vänster) och typ 4 (till höger).



Figur 3.7. (a) Apparatskydd för skydd mot stänk eller översköljning, (b) Köldskydd.

Vissa kemskyddsdräkter är anpassade för att man ska kunna bära branddräkt under dem. Om branddräkten får plats under kemskyddsdräkten, har man ett skydd mot både farliga ämnen och värmestrålning, se figur 3.5 sidan 24. Kemskyddsdräkten tål dock bara ett visst mått av värmestrålning. Om brand uppstår kan materialet i dräkten förstöras så att den inte längre ger något skydd. Typ 1b-dräkten rymmer inte en branddräkt, och ska därför inte användas om det finns risk för brand.

Om det finns risk för stänk eller översköljning av frätande vätskor bör man välja att arbeta med en kemskyddsdräkt där andningsapparaten bärs innanför

kemskyddsdräkten, eller kompletteras med ett översköljningsskydd utanpå dräkten, se figur 3.7a sidan 25. Vätskan kan annars ge frätskador på andningsapparaten och tränga in i skarven vid masken. Saneringen blir också betydligt enklare om luftpaketet skyddas.

Om det finns risk för kontakt med kalla vätskor kan kemskyddsdräkten behöva kompletteras med ett köldskydd som reducerar kontakt mellan dräkt och vätska, se figur 3.7b sidan 25. Dess primära uppgift är att skydda användaren mot köldskador. Detta är främst aktuellt när det gäller dräkten av typ 1b, eftersom de flesta andra dräkter bärs med branddräkt under, vilket skyddar användaren mot köldskador. Vid risk för kontakt med kalla vätskor bör man även bära köldskyddshandskar.

När ska man bära kemskyddsdräkt?

Generellt sett kan det bli aktuellt att använda kemskyddsdräkter vid följande typer av situationer:

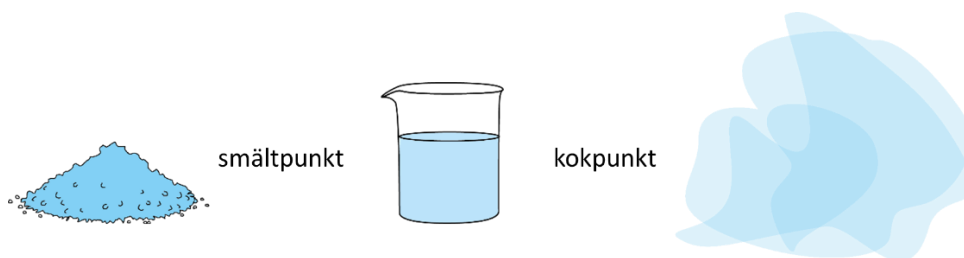
- Vid risk för direkt kontakt med vätskor eller finfördelade fasta ämnen
- Vid utsläpp av giftiga/frätande vätskor eller gaser inomhus där höga koncentrationer av ångor/gas kan förväntas
- Vid utsläpp av giftiga/frätande gaser utomhus i närheten av utsläppet där höga koncentrationer kan förväntas

Måste man alltid bära kemskyddsdräkt vid kemolyckor?

Nej, man måste inte alltid bära kemskyddsdräkt vid kemolyckor. Som framgår ovan beror det på vilken typ av ämne som har släppts ut och om det är i fast form, flytande form eller gasfas. Det beror också på mängden ämne som har släppts ut, omständigheterna på olycksplatsen och vad insatspersonalen ska göra. Ibland kan skyddsglasögon, gummistövlar och kemskyddshandskar ge tillräckligt skydd. Nitrilhandskar under kemskyddshandsken eller brandhandsken kan också ge ett extra skydd när det behövs.

4 Aggregationstillstånd

Vid bedömningen av riskerna med ett farligt ämne har det betydelse i vilket aggregationstillstånd ämnet befinner sig i, d.v.s. om ämnet är i fast, flytande eller i gasform. Gaser, vätskor och fasta ämnen har olika egenskaper och beter sig olika vid ett utsläpp. Gaser sprids t.ex. snabbare med luften än ett fast ämne, vilket medför större riskavstånd.



Figur 4.1 Vid smältpunkten övergår ämnet från fast fas till vätska och vid kokpunkten övergår ämnet från vätska till gas.

I vilken form ett ämne befinner sig i beror på dess temperatur (och tryck, se faktaruta nedan). Vid temperaturer under smältpunkten är ämnet i fast form. Mellan smält- och kokpunkt är ämnet flytande. Vid temperaturer över kokpunkten befinner sig ämnet i gasform, se figur 4.1.

Kokpunkt och tryck

Ämnets smältpunkt är stort sett detsamma oavsett vad trycket är. Kokpunkten däremot, är starkt beroende av trycket. Den kokpunkt som t.ex. anges i beslutsstödet MSB RIB gäller vid normalt atmosfärstryck, 101 kPa. Denna kokpunkt kallas ibland för ämnets *normala kokpunkt*.

4.1 Märkning enligt ADR och CLP

När man klassificerar ämnen som fasta, flytande eller gasformiga i ADR och CLP tittar man på vilken form ämnet har vid temperaturen 20 °C och så kallat normalt tryck, 101 kPa. I både ADR och CLP finns en del undantag från denna enkla princip. Det finns bland annat formuleringar som tar höjd för att en del ämnen eller blandningar kan ha en ”glidande” smältpunkt. Undantagen har för praktisk räddningstjänst liten betydelse och vi går därför inte närmre in på dessa tillägg och undantag.

Det finns inga särskilda märkningar inom ADR som anger om ett ämne befinner sig i gasfas, vätskefas eller fast form. Däremot har varningsetiketterna för gaser det gemensamt, att de är märkta med en 2:a nertill, se tabell 2.1 sidan 11. En del farlighetsnummer kan också ge information om aggregationstillståndet, t.ex. betyder en tvåa i början av farlighetsnumret att det är en gas.

I CLP-piktogrammen görs ingen skillnad mellan gasfas, vätskefas och fast form. Däremot märks trycksatta gaser med ett särskilt piktogram *Gas under tryck*, se tabell 2.3 sidan 15. Faroangivelserna ger ibland information om ämnet är fast, flytande eller i gasform.

5 Gaser

Riskerna med gaser är starkt förknippade med gasens koncentration i luften. För brandfarliga gaser jämförs koncentrationen i luft med gasens brännbarhetsområde, och för giftiga och frätande gaser jämförs koncentrationen med hygieniska gränsvärden, etc. Vid riskbedömningen bör man också väga in gasens densitetstal för att få en uppfattning om hur gasen sprider sig.

5.1 Koncentration i luft

Alla gaser är helt lösliga i luft. Hur snabbt gasen blandar sig med luften beror på vindförhållanden, om utsläppet sker utomhus, och på ventilationen och luftomsättningen om utsläppet sker inomhus. Om gasen en gång har blandats med luft kommer den aldrig att separeras ut från luften och öka i koncentration igen (jämför vätskor, avsnitt 8.4 Densitet och vattenlöslighet).

Man kan antingen *mäta* eller *beräkna* koncentrationen av gas i en gas-luftblandning. För att kunna mäta koncentrationen krävs avancerad indikeringsutrustning, vilket inte alltid finns att tillgå, och för att kunna beräkna koncentrationen krävs att man vet något om utsläppets källstyrka och gaskärlets volym. Om utsläppet sker utomhus är vindstyrka och vindriktning viktiga faktorer och vid utsläpp inomhus är luftomsättningen och luftvolym relevanta. Det kan alltså vara svårt att i stunden få fram helt korrekt information om gasens koncentration i luften. Man kan dock göra ganska enkla koncentrationsberäkningar om gasutsläppet sker inomhus. Genom att förstå dessa beräkningar skapar man sig också en förståelse för hur gaser fungerar.

Koncentrationen av en gas i en gas-luftblandning mäts i volymprocent (vol%). Om man t.ex. blandar 20 liter gasol och 60 liter luft får man totalt 80 liter gasblandning med en koncentration av gasol på $\frac{20}{80} = 0,25 = 25 \text{ vol\%}$. Om man skulle kunna räkna de enskilda molekylerna skulle detta innebära att 25 molekyler av 100 är gasolmolekyler, och de övriga 75 är syre- och kvävemolekyler (luft). Detta gäller förutsatt att gasolen och luften hunnit blanda sig till en jämn koncentration i rummet. I en verklig situation måste man även ta hänsyn till densitetstal och tid samt att det kan vara högre koncentration i närheten av utsläppet och lägre koncentration i närheten av t.ex. en öppen dörr. Se även exempel 5.1 *Gasutsläpp inomhus*, sidan 30.

Exempel 5.1 – Gasolutsläpp inomhus

I ett rum med stängda fönster och dörrar placeras en gasolflaska som rymmer så mycket gasol att om hela innehållet släpps ut, kan hela rummet fyllas med gasol flera gånger om. Det råder normalt atmosfärstryck i rummet (101 kPa) och temperaturen är 20 °C.

Innan gasolflaskan öppnas finns ingen gasol i rummet. *Gasolens koncentration i rummet är 0 vol%*. När gasolflaskan öppnas och det strömmar ut gasol, kommer koncentrationen av gasol i rummet att öka. Samtidigt ökar trycket i rummet. Om rummet hade varit helt tätslutande hade trycket fortsatt att stiga efterhand som mer gasol släpps ut. Men även ett rum med helt stängda fönster och dörrar är dock inte helt tätt i praktiken. Det finns alltid större eller mindre springor vid fönster och dörrar där luft och gaser kan strömma in eller ut. Det övertryck som uppkommer vid utsläppet av gasolen kommer därför att bli försumbart. Så fort ett övertryck uppstår kommer luft att strömma ut genom fönster och dörrspringor så att trycket i rummet återställs till samma tryck som råder utanför. Detta innebär att trycket i rummet hela tiden är 101 kPa. Efterhand som mer gasol släpps ut, ökar koncentrationen av gasol i luften och den gasblandning som strömmar ut genom springorna kommer att innehålla såväl gasol som luft.

Så småningom kommer praktiskt taget all den luft som från början fanns i rummet att ha trängts ut genom springorna och vi har i princip ren gasol i rummet. *Gasolens koncentration i rummet är 100 vol%*.

Oavsett vilken gas vi släpper ut i rummet, kommer koncentrationen i rummet så småningom att närma sig 100 vol%, förutsatt att det finns tillräckligt mycket gas i flaskan. Detta uttrycks ibland som att gaser har en mättnadskoncentration *på 100 vol%*.

Procent och ppm – Vad var det nu det var?

En procent är samma sak som en hundradel. Procent skrivs med tecknet %.

$$\text{En procent} = \frac{1}{100} = 1 \%$$

Ibland pratar man om vikt-% och vol-%. Då vill man ange om procentsatsen har beräknats på ämnets vikt eller volym. Om blandar lika volymer svavelsyra och vatten kommer blandningen ha koncentrationen 50 vol-%. Om koncentrationen istället beräknas på vikt, blir den 64 vikt-%, eftersom 1 liter svavelsyra väger 1,8 kg medan 1 liter vatten väger 1,0 kg.

En ppm är samma sak som en miljondel och skrivs som ppm vilket är en förkortning av engelskans "parts per million". När koncentrationen av en gas anges i ppm avses volymandelar.

$$\text{En miljondel} = \frac{1}{1\,000\,000} = 1 \text{ ppm}$$

Jämför vi procent och ppm ser vi att:

$$100 \% = 1\,000\,000 \text{ ppm}$$

$$1 \% = 10\,000 \text{ ppm}$$

$$1 \text{ ppm} = 0,0001 \%$$

Luftryck

I luften, precis som i alla andra gaser, är molekylerna i snabb rörelse. Hastigheten uppgår till flera hundra m/s. När luftens molekyler kolliderar med någon yta, t.ex. väggarna i ett rum, uppstår ett tryck. Luftrycket runt omkring oss kan variera lite beroende på om vi har lågtryck eller högtryck, men i räddningstjänstsammanhang kan vi alltid anse att luftrycket är 101 kPa (kilopascal), Detta kallas ibland för *normalt luftryck*. Ibland uttrycks luftrycket i enheten bar eller atmosfär:

1 bar = 100 kPa 1 atm \approx 1,01 bar = 101 kPa

5.2 Densitetstal

Densitetstalet beskriver hur tung en gas är jämfört med luft. Luftens densitetstal sätts till 1 och alla andra gaser jämförs med luft. En kubikmeter luft väger ungefär 1,20 kg vid en temperatur på 20 °C. En gas med densitetstalet 2 är dubbelt så tung som luft och väger alltså ca 2,40 kg per kubikmeter.

Densitetstalet har betydelse för spridningsförloppet vid utsläpp av gaser. En gas med densitetstal större än 1 sjunker nedåt medan en gas med ett densitetstal mindre än 1 stiger uppåt, se figur 5.1. Efterhand som gasen blandas ut med luft minskar betydelsen av densitetstalet.



Figur 5.1. Densitetstal. Om en gas med densitetstal mindre än 1 släpps ut nere vid golvet kommer den initialt att stiga uppåt medan en gas med densitetstal större än 1 ligger kvar vid golvet. Alla gaser blandas dock med luft med tiden.

5.3 Vattenlöslighet

Gaser kan vara mer eller mindre lösliga i vatten. Om man leder ner en någorlunda löslig gas i vatten (t.ex. genom en slang ner under vattenytan) kommer till att börja med nästan inga gasbubblor att nå ytan. Gasbubblorna försvinner på sin väg upp eftersom gasen löser sig i vattnet. Efterhand kommer emellertid fler och fler gasbubblor att nå ytan utan att lösa sig. När mängden upplöst gas ökar i vattnet blir det ”trögare” för gasen att lösa sig och en större andel gasbubblor når därför vattenytan. Till slut kommer all gas som leds ner i vattnet att komma upp till ytan

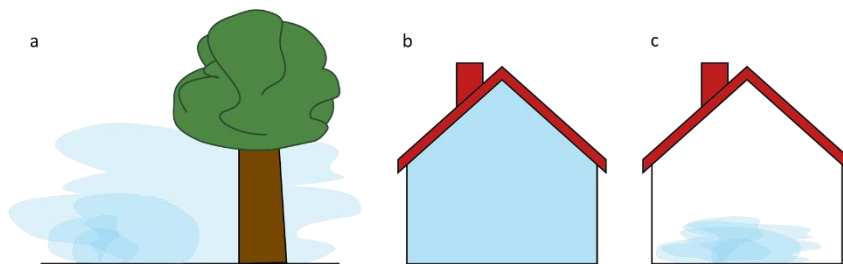
som gasbubblor, eftersom ingen mer gas löser sig i vattnet. Nu har gränsen för gasens löslighet i vatten nåtts.

Lösligheten för gaser anges i viktprocent (vikt-%). Antag t.ex. att man som mest kan lösa 25 gram av en gas i 100 gram vatten. Då får man en lösning som totalt väger 125 gram. Lösligheten i vatten är då $\frac{25}{125} = 0,2 = 20$ vikt-%.

Vattenlösligheten har mindre betydelse för riskbedömningen, men utnyttjas t.ex. vid så kallad nedtvättning. När man vattenbegjuter gasmolnet kommer gasen delvis att lösa sig i vattnet, vilket medför att spridningen av gasen begränsas. För att nedtvättning ska vara effektiv bör vattenlösligheten överskrida ca 10 vikt-%

5.4 Generella risker med gaser

Som redan nämnts är riskerna med gaser starkt förknippade med koncentrationen, och därmed också med luftinblandningen. Om utsläppet sker inomhus kan det bli höga koncentrationer i hela lokalen. Utomhus sker en naturlig luftinblandning och risken för höga koncentrationer är störst nära utsläppet, se figur 5.2.



Figur 5.2. Generella risker med gaser. (a) Utomhus är luftinblandningen god, vilket minskar riskerna. (b) Inomhus finns risk för högre koncentrationer av gasen, vilket ökar riskerna. (c) Om gasen har högt densitetstal finns risk för lokalt höga koncentrationer av gasen i lågt belägna utrymmen.

Man ska också vara medveten om effekten av gasens densitetstal. Om densitetstalet är högt kan det innebära att gasen letar sig neråt i hålrum eller källarutrymmen, och det kan lokalt bildas höga koncentrationer med ökade risker.

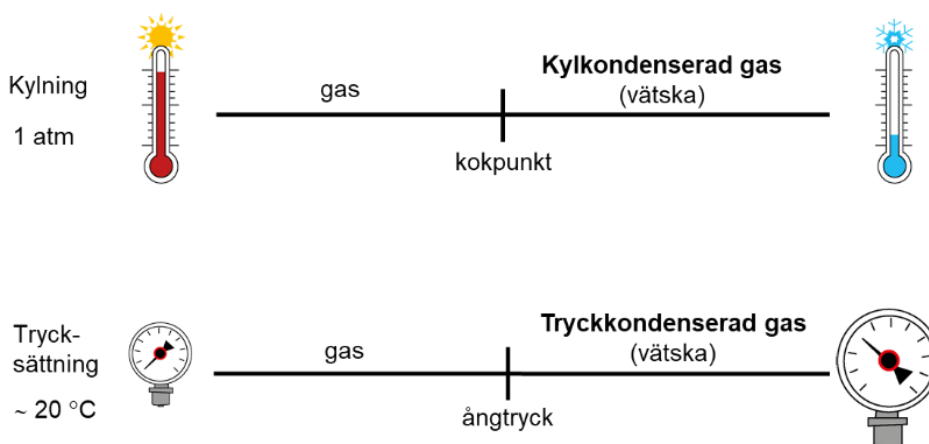
Det finns vissa generella risker med gaser, t.ex. kärleksprängning och risk för köldskador, som är kopplade till hur gasen är lagrad. Dessa risker beskrivs närmre i kapitel 6 och 7.

6 Lagrade gaser

Vid bedömningen av riskerna med en gas har det betydelse hur gasen är lagrad, d.v.s. hur gasen förvaras eller transporteras. Det finns olika sätt att lagra gaser. De två vanligaste sätten är kondensering och komprimering.

6.1 Kondenserade gaser

I en gas, till skillnad från en vätska eller ett fast ämne, upptar molekylerna en väldigt liten del av det totala utrymmet. Det mesta är tomrum. Eftersom gaser alltså tar väldigt stor plats, skulle det bli mycket dyrt och kräva stora utrymmen att transportera och förvara gasen som den är. Ett kilogram vätska upptar betydligt mindre volym än ett kilogram gas. När en vätska övergår till gas vid kokning ökar volymen typiskt mellan 300 och 1000 gånger. Det innebär att om man kan överföra gasen till vätska, räcker det med en 1-litersbehållare för vätskan, medan det behövs en behållare på en halv till en kubikmeter för gasen. På samma sätt räcker det att köra tankbilen en gång fram och tillbaka mellan producent och kund om man transporterar ämnet i vätskeform, istället för 300 till 1000 gånger om man transporterar ämnet i gasform.



Figur 6.1 Kylkondenserad och tryckkondenserad gas.

Det finns två olika sätt att överföra en gas till vätska, se figur 6.1. Om man kyler gasen till kokpunkten kommer gasen att övergå till vätska. Den här vätskan kallar man för *kylkondenserad gas*. Om man istället ökar gasens tryck så mycket att man passerar ångtrycket kommer gasen också att övergå till vätska. En sådan vätska kallar man för *tryckkondenserad gas*.

6.1.1 Kylkondenserade gaser

Kylkondenserad gas, även kallat djupkyld gas, erhålls genom att gasen kyls till kokpunkten så att gasen övergår till vätska. Gasen lagras och transporteras alltså som en vätska vid en temperatur som är lika med kokpunkten. Eftersom temperaturen inne i tanken är lägre än den omgivande luftens temperatur kommer värme strömma in genom tankens väggar och vätskan kommer efterhand att koka bort. En tank för kylkondenserad gas är därför alltid isolerad, ungefär på samma sätt som en termos.

Mindre behållare med kylkondenserad gas är försedda med en porös plugg, vilket innebär att trycket i en sådan behållare är lika med omgivande lufttryck, 101 kPa. I större tankar finns istället en säkerhetsventil som öppnar vid övertryck. Trycket i en sådan tank ligger alltså under ventilens öppningstryck, normalt upp till ca 600 kPa. Detta övertryck utnyttjas då man tappar ut vätska ur tanken. Den porösa pluggen eller säkerhetsventilen får aldrig blockeras. Detta skulle leda till tryckökning och så småningom en kärlsprängning eller dylikt.

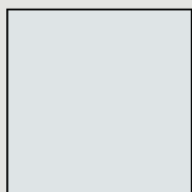
6.1.2 Tryckkondenserade gaser

Tryckkondenserad gas erhålls genom att gasen trycks ihop till en vätska. Man pumpar helt enkelt in en stor volym gas i en behållare med mindre volym. Till att börja med minskar volymen på samma sätt som för en komprimerad gas, se avsnitt 6.2 *Komprimerade gaser*. Men när trycket höjts till ångtrycket inträffar en skillnad. Då övergår gasen till vätska. Se även exempel 6.1 *Tryckkondenserad ammoniak*, sidan 35.

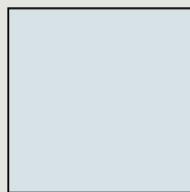
En flaska med tryckkondenserad gas är inte isolerad utan temperaturen på innehållet anpassar sig efter omgivningen. Om temperaturen i flaskan ökar pga. ökad omgivningstemperatur, kommer en liten del av vätskan att koka och övergå till gas så att trycket i flaskan stiger. Om temperaturen i flaskan däremot minskar på grund av minskad omgivningstemperatur, kommer en liten del av gasen att kondensera och bilda vätska så att trycket i flaskan sjunker. I båda fallen följer trycket ångtryckskurvan, se faktarutan sidan 35.

Om temperaturen i flaskan ökar, kommer också vätskan att utvidga sig, och så småningom fylla hela kärlet. Kärlet blir då stumfyllt. Om temperaturen höjs ytterligare stiger trycket i kärlet brant och det finns stor risk för att flaskan rämnar. En behållare med tryckkondenserad gas fylls därför aldrig till 100% med vätska utan den översta delen av kärlet utgörs av gas. Fyllnadsgraden varierar beroende på ämne. Fyllnadsgraden för gasol ligger t.ex. runt 85 % av behållarens volym vid 20 °C. Som regel får ett kärl inte fyllas med mer vätska än att den tål uppvärmning till 50 °C utan att bli stumfylld. Det har inträffat att flaskor fyllts för mycket av misstag och rämnat vid bara en måttlig temperaturhöjning.

Exempel 6.1 – Tryckkondenserad ammoniak



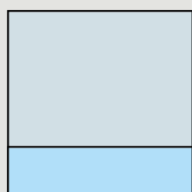
20 liter gas inpumad
200 kPa



40 liter gas inpumad
400 kPa



80 liter gas inpumad
800 kPa



Ca 1550 liter gas inpumad
857 kPa, 1/4 vätska



Ca 3050 liter gas inpumad
857 kPa, 1/2 vätska

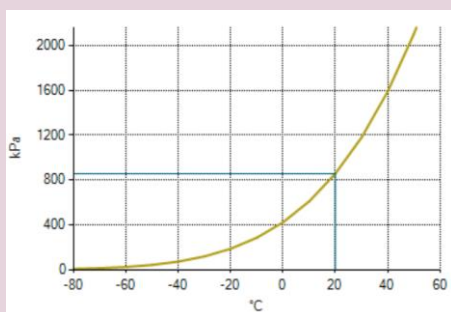


Ca 4500 liter gas inpumad
857 kPa, 3/4 vätska

Antag att en 10 liters behållare ska fyllas med ammoniak vid temperaturen 20 °C. Behållaren är från början evakuerad (ingen luft). När 20 liter gas har pumpats in blir trycket i behållaren ca 200 kPa. När totalt 40 liter gas pumpats in blir trycket ca 400 kPa och när 80 liter gas pumpats in är trycket ca 800 kPa. När ytterligare gas pumpas in, kommer emellertid gasen att övergå till vätska (kondenseras) och trycket kommer att stanna vid 857 kPa. Detta tryck är lika med ångtrycket för ammoniak vid 20 °C. Efterhand som mer gas pumpas in kommer vätskenivån i behållaren att stiga och inte förrän hela behållaren är full med vätskeformig ammoniak (stumfylld) stiger trycket över 857 kPa. Trycket i en behållare med tryckkondenserad gas beror alltså enbart på vilken gas det är och på temperaturen, inte på hur mycket vätska det finns i behållaren.

Ångtryckskurva

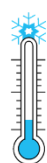
Ångtrycket för ett ämne varierar med temperaturen. Detta kan illustreras med hjälp av en ångtryckskurva. Figuren nedan visar ångtryckskurvan för vattenfri ammoniak. Figuren är hämtad från MSB RIB. Genom att följa ångtryckskurvan i figuren kan man avläsa ämnets ångtryck vid en viss temperatur. Vid 20 °C är ångtrycket för ammoniak 857 kPa.



6.2 Komprimerade gaser

Komprimerad gas erhålls genom att öka trycket på gasen. Dubblar man trycket till ca 200 kPa minskar volymen på 1 liter gas till $\frac{1}{2}$ liter. Detta kan t.ex. ske genom att man pumpar in 20 liter gas i en 10 liters behållare. Ökar man trycket fyra gånger till ca 400 kPa minskar volymen på 1 liter gas till $\frac{1}{4}$ liter o.s.v. För att man ska få lagringsekonomi måste trycket ökas 200-300 gånger. I räddningstjänstens luftpaket finns komprimerad luft med ett tryck på ca 30000 kPa (ca 300 bars tryck). Det motsvarar en tryckökning på ca 300 gånger. Ur ett luftpaket som rymmer 6,8 liter kan man då få ut $300 \times 6,8 \approx 2000$ liter luft.

6.3 Val av lagringssätt



Kylkondenserad

Syrgas (-183°C)
Kvävgas (-196°C)



Tryckkondenserad

Ammoniak (9 bar)
Klorgas (7 bar)
Svaveldioxid (3 bar)
Gasol (8 bar)



Komprimerad

Syrgas
Kvävgas
Vätgas
Luft
Argon
(200-300 bar)

Figur 6.2. Exempel på lagringssätt, temperatur och tryck för olika gaser. 1 bar motsvarar 100 kPa.

En gas upptar mindre volym om man kondenserar den jämfört med om man komprimerar den. Av den anledningen är det att föredra att kondensera en gas framför att komprimera den. Det blir marginell skillnad i volym vid kylkondensering jämfört med tryckkondensering. Däremot är det mer kostnadseffektivt att tryckkondensera jämfört med att kylkondensera. Av den anledningen kylkondenserar man aldrig en gas som kan tryckkondenseras. Det mest volym- och kostnadseffektiva sättet att lagra en gas, är alltså genom tryckkondensering.

Vissa gaser har dock sådana egenskaper att de inte går att tryckkondensera. Det spelar ingen roll hur högt trycket blir. De övergår ändå inte till vätska. Istället bildas en så kallad superkritisk fluid. Det har att göra med den så kallade *kritiska temperaturen*, en specifik egenskap för varje ämne. Om omgivningens temperatur är högre än ämnets kritiska temperatur går ämnet inte att tryckkondensera. Sådana gaser lagras normalt i kylkondenserad eller komprimerad form.

Vissa gaser, t.ex. giftiga gaser, bör inte kylkondenseras eftersom kylkondensering kräver att det finns någon form av övertrycksreglering. Det i sin tur innebär att små mängder av giftig gas läcker ut kontinuerligt.


Många gaser lagras både i kylkondenserad form och i komprimerad form, t.ex. kväve, syre och naturgas (LNG respektive CNG), se figur 6.2 sidan 36. Den komprimerade och kylkondenserade gasen har då olika UN-nummer. Fördelen med kylkondensering jämfört med komprimering är att volymen blir ca hälften så stor, vilket är ekonomiskt fördelaktigt. Men det krävs å andra sidan stora mängder energi för att kylkondensera en gas, vilket också är kostsamt.

Acetylen lämpar sig varken för att kylkondensera, tryckkondensera eller komprimera. Här får man istället lösa gasen i aceton för att minska volymen. För mer information om acetylen hänvisas till *Insatskort för acetyलगasflaskor* [ref. 6].

6.4 Märkning enligt ADR


När man klassificerar ämnen som gaser i ADR tittar man på vilken form ämnet har vid temperaturen 20 °C och normalt atmosfärstryck, 101 kPa. Detta innebär t.ex. att ammoniak som har en kokpunkt på -33 °C är klassat som en gas, även när den lagras under tryck i form av en vätska.

Det finns tre varningsetiketter för gaser, en för brandfarlig gas, en för giftig gas, och en för ej giftig, ej brandfarlig gas, se figur 6.3, samt exempel 6.2 och 6.3 sidan 38. Ingen av dessa etiketter ger någon information om i vilken form gasen förvaras. Däremot kan farlighetsnumret ge viss upplysning om förvaringssättet. Alla ämnen som uppfyller kriteriet för att vara en gas, har ett farlighetsnummer som inleds med en 2:a. Gaser som lagras tryckkondenserade, komprimerade eller lösta, och inte har ytterligare farliga egenskaper, får farlighetsnumret 20. Om gasen har andra farliga egenskaper följs 2:an av ytterligare siffror t.ex. 23 (brandfarlig gas) och 26 (giftig gas). En kylkondenserad gas som inte har ytterligare farliga egenskaper, får farlighetsnummer 22. Om gasen har fler farliga egenskaper kan ännu en siffra tillkomma t.ex. 223 (brandfarlig kylkondenserad gas).


Varningsetiketter	Exempel på farlighetsnummer
	<p>2... Komprimerad, kondenserad eller löst gas</p> <p>22... Kylkondenserad gas</p>

Figur 6.3. Varningsetiketter och exempel på farlighetsnummer för gaser

Exempel 6.2. Märkning av komprimerad naturgas enligt ADR


	Brandfarlig gas
23	Brandfarlig gas

Exempel 6.3. Märkning av kylkondenserad väte enligt ADR

	Brandfarlig gas
223	Kylkondenserad brandfarlig gas



6.5 Märkning enligt CLP

I CLP märks gasbehållare med piktogrammet *gas under tryck* oavsett lagringssätt, se figur 6.4, samt exempel 6.4 och 6.5 sidan 39. Faroangivelse H281 anger att gasen är kylkondenserad. Övriga lagrade gaser har den gemensamma faroangivelsen H280. Giftighet, brandfarlighet och andra faror markeras med ytterligare piktogram, vilket beskrivs i kapitel 10-15.



Faropiktogram	Faroangivelser (kod inom parentes)
	<p><i>Innehåller kylad gas. Kan orsaka svåra köldskador (H281)</i> Denna faroangivelse används för kylkondenserad gas</p> <p><i>Innehåller gas under tryck. Kan explodera vid uppvärmning (H280)</i> Denna faroangivelse används för komprimerad, kondenserad eller löst gas</p>

Figur 6.4. Faropiktogram och faroangivelser för gaser

Exempel 6.4. Märkning av komprimerad naturgas enligt CLP

	Extremt brandfarlig gas (H220)
	Innehåller gas under tryck. Kan explodera vid uppvärmning (H280)

Exempel 6.5. Märkning av kylkondenserad naturgas enligt CLP

	Extremt brandfarlig gas (H220)
	Innehåller kyld gas. Kan orsaka svåra köldskador (H281)

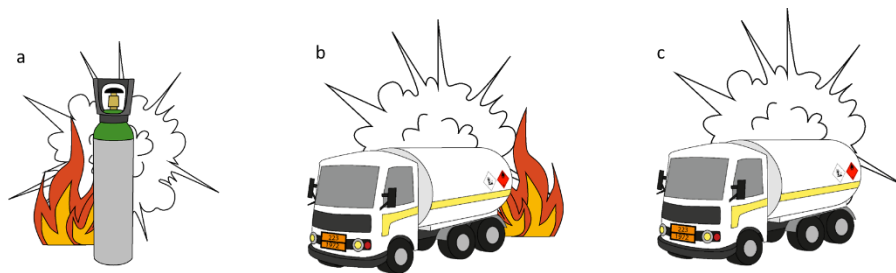
6.6 Information om lagringssätt

Som framgår i föregående avsnitt ger märkningen enligt ADR och CLP inte alltid fullständig information om hur gasen är lagrad. Följande gäller dock alltid:

- Om gasen har ett farlighetsnummer som börjar med 22, är gasen kylkondenserad.
- Om gasen har ett farlighetsnummer som börjar med en enkel 2:a är den antingen tryckkondenserad eller komprimerad.
- Acetylen lagras alltid i löst form.

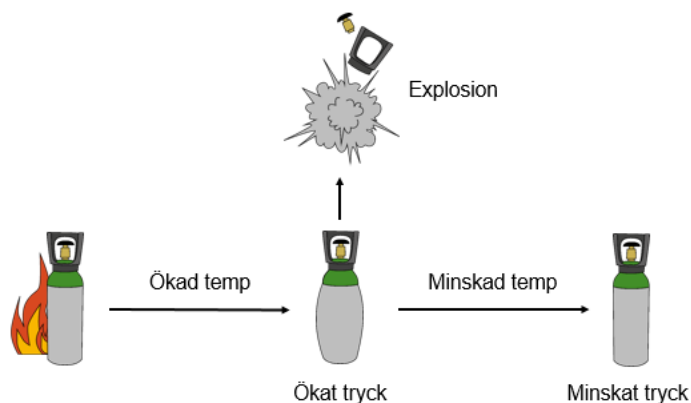
För att avgöra om gasen är tryckkondenserad eller komprimerad kan man behöva ta hjälp av beslutsstöd. I MSB RIB kan lagringssättet t.ex. utläsas vid rubriken Ämnesbeskrivning, som visas på räddningsfliken.

6.7 Risker med lagrade gaser



Figur 6.5. Generella risker med lagrade gaser. (a) Värmepåverkat trycksatt kärl - Risk för kärlsprängning. (b) Värmepåverkad tank med tryckkondenserad gas - Risk för BLEVE. (c) Skadad isolering i tank med kylkondenserad gas - Risk för explosion.

Om en gas som förvaras i ett tryckkärl utsätts för värmepåverkan finns det risk att flaskan sprängs, så kallad kärlsprängning, se figur 6.5a och 6.6. Oavsett vilken gas som finns i kärlet, och oavsett om gasen är komprimerad eller tryckkondenserad, stiger trycket i behållaren vid ökad temperatur. Om trycket stiger tillräckligt mycket kommer behållaren att explodera, med tryckvåg och splitter som följd. Om gasen i behållaren är brandfarlig och om den antänds vid explosionen, tillkommer dessutom värmestrålning och risk för antändning av annat brännbart material.



Figur 6.6. Tryck och temperatur i en gasflaska. Om en gasflaska utsätts för värme kommer gasen (och vätskan) inne i flaskan att expandera vilket gör att trycket i flaskan ökar. Om flaskan värms tillräckligt mycket, kommer trycket i flaskan att öka så mycket att flaskan exploderar. Om flaskan däremot kyls innan det har gått så långt att den exploderar, kommer trycket i flaskan att minska igen.

En del, men långtifrån alla, stora tankar med gaser är försedda med någon form av säkerhetsanordning, t.ex. säkerhetsventil, sprängbleck eller smältbleck, för att avlasta om det uppstår ett övertryck i behållaren och på så sätt förhindra explosion. Även vissa gasflaskor, t.ex. gasol och kolsyresläckare, är försedda med en säkerhetsventil. Gasol i kompositflaskor och aluminiumflaskor har dessutom ett smältbleck. Dessa anordningar är dock ingen garanti för att kärlsprängning inte kan ske. En säkerhetsventil klarar inte hur höga brandbelastningar som helst. Detta gäller speciellt om flaskan ligger ner så att vätska strömmar ut genom

säkerhetsventilen som är konstruerad för gasutsläpp. Flertalet gasflaskor på svenska marknaden saknar dock säkerhetsanordningar.

Trycket i behållaren sjunker också med sjunkande temperaturen, se figur 6.6 sidan 40. Det innebär att om en brandbelastad behållare inte exploderar när temperaturen är som högst, kommer den inte göra det i ett senare skede heller, t.ex. när branden är släckt eller har brunnit ut av sig själv. Däremot ska man vara observant på om flaskan läcker i anslutningen vid ventilen eller om den blivit försvagad, och hantera flaskan försiktigt. Observera att detta *inte* gäller för acetylenflaskor! Acetylen lagras i löst form eftersom gasen är instabil och sönderfaller redan vid 150 kPa. Om en acetylenflaska utsatts för värme kan ett självaccelererande sönderfall starta i flaskan och den kan då explodera även efter att omgivningens temperatur börjat sjunka. Se *Insatskort för acetylenflaskor* [ref. 6].

Om en behållare med tryckkondenserad gas sprängs uppkommer ett fenomen som kallas BLEVE, Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion, se figur 6.5b sidan 40. När behållaren sprängs kommer vätskan att slungas ut och omedelbart koka och övergå till gas, vilket ger en stor expansion som kan ske med explosionsartad hastighet och därmed orsaka stora skador på omgivningen. Om gasen är brännbar kan den antändas vilket leder till ytterligare expansion. För större tryckkärl kan detta ge ett riskavstånd på upp till 1000 m.

Även större behållare som innehåller kylkondenserad gas, t.ex. på tankbilar, löper under vissa förhållanden risk att sprängas om de utsätts för värmepåverkan, se figur 6.5c sidan 40. Dessa behållare är uppbyggda av två skal där man pumpat ut luften i utrymmet mellan skalerna (vakuum), vilket ger en bra isolering. Ventilerna för tryckavlastning på dessa behållare är dimensionerade för att detta vakuum är intakt, så att de ska räcka till att tryckavlasta avkokningen som sker vid normalt inflöde av värme genom skalet. Om skalet har skadats vid en olycka så att luft kommer in i mellanrummet, ökar inflödet av värme från den omgivande luften så mycket att bara efter några timmar är trycket så högt i tanken att risk för sprängning föreligger. Ventilerna klarar inte av att tryckavlasta vid detta höga värmeinflöde. Det är alltså oerhört viktigt att ha koll på behållarens tryckmätare då en skada inte alltid är synbar.

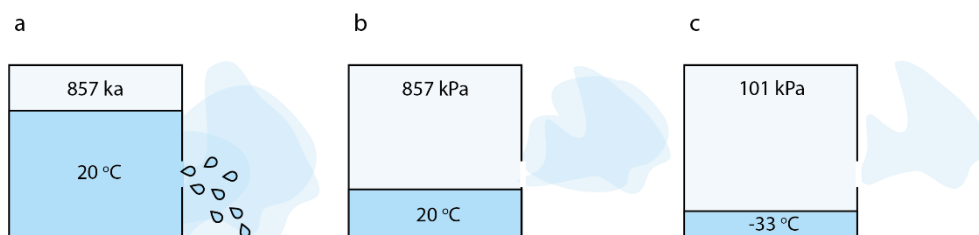
7 Läckage av kondenserad gas

Det finns särskilda risker förknippade med utsläpp av kondenserade gaser, dels för att volymerna ofta är mycket stora, men också för att utsläppen många gånger kan ha mycket låga temperaturer och därmed orsaka köldskador.

Om det uppstår en läcka i en behållare med kondenserad gas, kommer antingen gas eller vätska att strömma ut, beroende på om hålet ligger över eller under vätskenivån. Källstyrkan (kg/s) vid ett vätskefasutsläpp kommer att bli betydligt större än vid ett gasfasutsläpp. Detta beror på att vätskans densitet är betydligt högre än gasens. Vätskefasutströmningen kommer att fortsätta till dess att vätsketytan i behållaren kommer i höjd med läckan. Därefter kommer gas att strömma ut.

7.1 Händelseförlopp inne i tanken

Antag att det uppstår en läcka under vätskenivån i en tank med tryckkondenserad gas. Så länge vätska strömmar ut, kommer trycket inne i tanken att hålla sig konstant, ungefär lika med vätskans ångtryck, se figur 7.1a. Temperaturen kommer inte heller att förändras påtagligt utan vara ungefär lika med omgivningstemperaturen.



Figur 7.1 Händelseförlopp vid utsläpp av tryckkondenserad ammoniak (ångtryck 857 kPa, kokpunkt -33 °C). Omgivningstemperatur 20 °C. (a) Vätskefasutsläpp i form av aerosoler och gasmoln. Tryck och temperatur förblir konstant inne i tanken så länge vätskefasutsläppet pågår. (b) När vätskenivån sjunkit under hålet, övergår utströmningen till gasfasutsläpp. (c) Trycket inne i tanken minskar till omgivningens tryck och temperaturen på vätskan sjunker ner till kokpunkten. Utflödet avstannar.

När vätskenivån har sjunkit ner under hålet i tanken kommer utsläppet övergå till gasfasutsläpp, se figur 7.1b. Efterhand som gasen strömmar ut, kommer vätskan inne i tanken att koka för att upprätthålla ångtrycket inne i tanken. När vätskan kokar tar den värme ifrån sig själv, eftersom det kostar energi att övergå från vätska till gas. Det gör att temperaturen på vätskan sjunker efterhand som förångningen sker. Samtidigt som vätskan kyls ner, sjunker också ångtrycket och därmed källstyrkan. Så småningom när temperaturen på vätskan har sjunkit ner till kokpunkten, kommer trycket i tanken att vara samma som för omgivningen, alltså 101 kPa, och källstyrkan blir därför nästan noll, se figur 7.1c. Hur stor del av vätskan som då kokat bort beror på vilket ämne det är, på vätskans ursprungliga temperatur, och dess kokpunkt. Som exempel kan nämnas ammoniak, lagrad vid

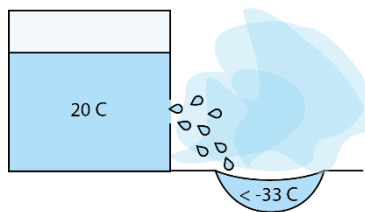
en temperatur på 20 °C. När ca 17 % av vätskans volym har övergått till gas, kommer ammoniaken ha kylts från 20 °C ner till kokpunkten vid -33 °C.

Vad som händer inne i tanken beror också på hur stort hålet är. Om hålet är stort kommer vätskan inne i tanken att ånga av mycket snabbt, och man får så kallad stötkokning. Om hålet istället är litet kommer vätskan inne i tanken att ånga av i långsammare takt. Det innebär att vätskan inte kyler ner sig själv lika effektivt. Nedkylningen kommer dessutom att motverkas av den värme som börjar strömma in via kärlets yta. Vätskan når därför aldrig ner till kokpunkten utan stabiliseras på en nivå mellan ytttemperaturen och kokpunkten. Ju mindre hål desto närmre omgivningens temperatur.

Om hålet istället uppstår ovanför vätskenivån i tanken, kommer gas strömma ut direkt och förloppet bli det samma som beskrivs i figur 7.1c, sidan 42.

I en tank med kylkondenserad gas är det något svårare att förutspå det exakta förloppet inne i tanken, eftersom faktorer som ventiler och övertryck spelar in. I grova drag är förloppet dock det samma som för tryckkondenserad gas, med den skillnaden att vätskan redan från början är mycket kall.

7.2 Händelseförlopp utanför tanken



Figur 7.2 Utsläpp av tryckkondenserad ammoniak. Inne i behållaren är temperaturen 20 °C. Utanför behållaren sjunker temperaturen snabbt till under kokpunkten (-33 °C). Små droppar förångas helt medan större droppar av kondenserad ammoniak kan landa på marken och bilda en vätskepöl. I pölen är temperaturen under - 33 °C.

En tryckkondenserad gas som läcker ut i vätskefas lämnar öppningen under högt tryck (ångtrycket) och med hög hastighet. Den strömmar delvis ut i form av en aerosol men också som större vätskedroppar. Utanför behållaren börjar vätskan omedelbart att koka eftersom den inte längre är under tryck, se figur 7.2. Eftersom det kostar energi att övergå från vätskefas till gasfas, tar vätskan värme ifrån sig själv, vilket gör att temperaturen på vätskan i dropparna sjunker ner till sin egen kokpunkt. Detta förlopp sker väldigt snabbt i omedelbar anslutning till läckan. För 20-gradig ammoniak förångas ca 20 % omedelbart.

Vätskedropparna kommer emellertid att fortsätta att förångas (avdunsta) även efter den nått sin kokpunkt. Temperaturen fortsätter därför att falla och kan bli så låg som mer än 30 °C under kokpunkten i aerosolmolnet. Av denna anledning kan

även utsläpp av tryckkondenserade gaser i vätskefas alltså ge köldskador, även om temperaturen på den kondenserade gasen inne i tanken är ca 20 °C.

Små droppar kan hinna avdunsta fullständigt innan de faller till marken och bildar då ett osynligt gasmoln. Lite större droppar kan hinna landa på marken, speciellt om utsläppet är nära marken och riktat nedåt. I början kommer dropparna att förångas vid kontakt med den ”varma” marken, men efterhand kommer marken att kylas ned, och det kommer att bildas en vätskepöl. Vätskepölen kommer att fortsätta att ta upp värme från mark och luft och förångas ytterligare, men i ett långsammare tempo. Temperaturen i pölen ligger under kokpunkten.

Även vid utsläpp av kylkondenserad gas kan man också förvänta sig att den utströmmande vätskan bildar aerosoler, eftersom det ofta råder ett visst övertryck i en tank med kylkondenserad gas.

7.3 Fältmässiga gaslagen

Vid en olycka med kondenserad gas kan det vara intressant att veta hur stort gasmoln som bildas om gasen läcker ut i vätskeform. En generell tumregel är att en liter vätska ger 0,5 till 1 kubikmeter gas. Vill man veta mer exakt, kan man använda den *fältmässiga gaslagen*, se faktaruta nedan. Fältmässiga gaslagen bygger på den så kallade *allmänna gaslagen*, som beskriver sambandet mellan tryck, volym, temperatur och substansmängd hos gaser. Genom att multiplicera vätskans volym och densitet, samt dividera med gasens densitetstal och en faktor på 1,2, får man gasens volym. Se även exempel 7.1 *Beräkning av gasvolym för en liter kondenserad väteklorid*, sidan 45.

Fältmässiga gaslagen

$$V_{gas} = \frac{V_{vätska} * d_{vätska}}{1,2 * D_{gas}}$$

V_{gas} = Gasens volym

D_{gas} = Densitetstalet för gasen

$V_{vätska}$ = Vätskans volym

$d_{vätska}$ = Vätskans densitet

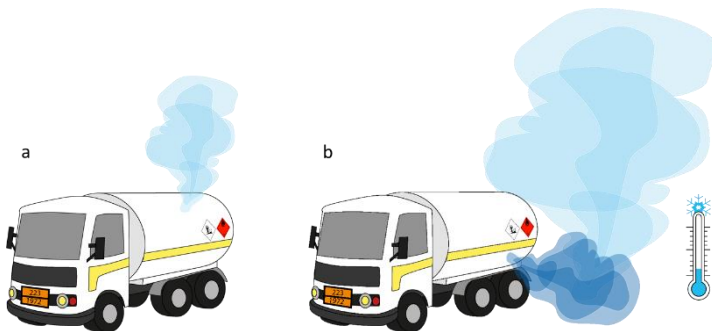
Exempel 7.1. Beräkning av gasvolym för en liter kylkondenserad klorväte

$D_{gas} = 1,3$
 $V_{vätska} = 1 \text{ liter}$
 $d_{vätska} = 1193 \text{ kg/m}^3$

$$V_{gas} = \frac{V_{vätska} * d_{vätska}}{1,2 * D_{gas}} = \frac{1 \text{ l} * 1193 \text{ kg/m}^3}{1,2 \text{ m}^3/\text{kg} * 1,3} = 764 \text{ l} \approx 0,8 \text{ m}^3$$

En liter kylkondenserad väteklorid (vätskeform) ger 0,8 kubikmeter gas.

7.4 Risker vid läckage av kondenserad gas



Figur 7.3. Generella risker vid utsläpp av kondenserade gaser: (a) Utsläpp i gasfas medför risker som är specifika för den aktuella gasen. (b) Utsläpp i vätskefas medför dessutom högre källstyrka (större gasmoln) och risk för köldskador.

Riskbilden är oftast betydligt värre om ett utsläpp av kondenserad gas sker i vätskefas jämfört med om utsläppet sker i gasfas, se figur 7.3. Vid identiskt stora hål är källstyrkan (kg/s) betydligt högre vid vätskefasutsläpp jämfört med gasfasutsläpp. Varje liter vätska som lämnar tanken motsvarar mellan en halv och en kubikmeter gas.

Ett utsläpp i vätskefas kan också leda till köldskador. Det gäller både för kylkondenserade och tryckkondenserade gaser. De kylkondenserade gaserna är lagrade vid sin kokpunkt som ligger väldigt lågt. Kylkondenserad kväve har t.ex. en temperatur av $-196 \text{ }^\circ\text{C}$. Tryckkondenserade gaser förvaras visserligen vid samma temperatur som omgivningen, men kan ändå ge upphov till köldskador, se avsnitt 7.2. Observera att det i första hand är vätskefasen (inklusive aerosolmoln) som ger köldskador.

8 Vätskor

Många av riskerna med vätskor är förknippade med de ångor som avges. Vätskans förmåga att ånga av beskrivs genom *mättnadskoncentration* och *ångtryck*. Ångans densitetstal kan ge information om hur ångorna sprids, på samma sätt som för gaser. Vid riskbedömningen bör man också väga in vätskans densitet och löslighet för att få en uppfattning om hur ämnet sprider sig i vatten och mark.

8.1 Mättnadskoncentration

Att vätskor avger ångor och avdunstar långt under kokpunkten är bekant från vardagslivet. En vätska luktar beroende på att den efterhand avdunstar och ångorna når vår näsa. Avdunstningen innebär att vätskan har övergått till gasform, eller som det också kallas; *ånga*. Egentligen är det ingen skillnad på en ångmolekyl och en gasmolekyl, men de molekyler som avdunstar från en vätska brukar kallas ånga medan man talar om en gas när man är över kokpunkten.

Exempel 8.1 – Acetonutsläpp inomhus

I ett rum med stängda fönster och dörrar håller vi ut aceton (en vätska med kokpunkt 56 °C) på golvet, lite i taget. Det råder normalt atmosfärstryck i rummet (101 kPa) och temperaturen är 20 °C.

Innan acetonen hålls ut finns inga acetonångor i rummet. *Acetonångornas koncentration i rummet är 0 vol%*. När den första skvätten aceton hålls ut, kommer den att avdunsta och så småningom försvinner vätskan helt och hållet. Samtidigt som acetonen avdunstar, ökar trycket i rummet. Men precis som i fallet med gasolutsläppet i exempel 5.1, kommer luften att sippra ut genom otätheter, och trycket i rummet förblir 101 kPa. Efterhand som mer aceton tillförs, ökar koncentrationen av aceton i luften och den gasblandning som strömmar ut genom springorna kommer att innehålla såväl aceton som luft. Det finns emellertid en väsentlig skillnad mellan acetonutsläppet och gasolutsläppet i exempel 5.1. När så mycket aceton har avdunstat att koncentrationen av acetonångorna i rummet har uppnått 24 vol% kommer inte mer aceton att avdunsta (utom för att ersätta ångor som läcker ut genom otätheter i lokalen) oavsett hur mycket vätska som hålls ut på golvet. Pölen kommer alltså inte att försvinna. Denna koncentration, 24 vol%, är den största koncentration vi kan ha av acetonångor i luft när temperaturen i rummet är 20 °C. Detta uttrycks som att *mättnadskoncentrationen för aceton är 24 vol% vid 20 °C*.

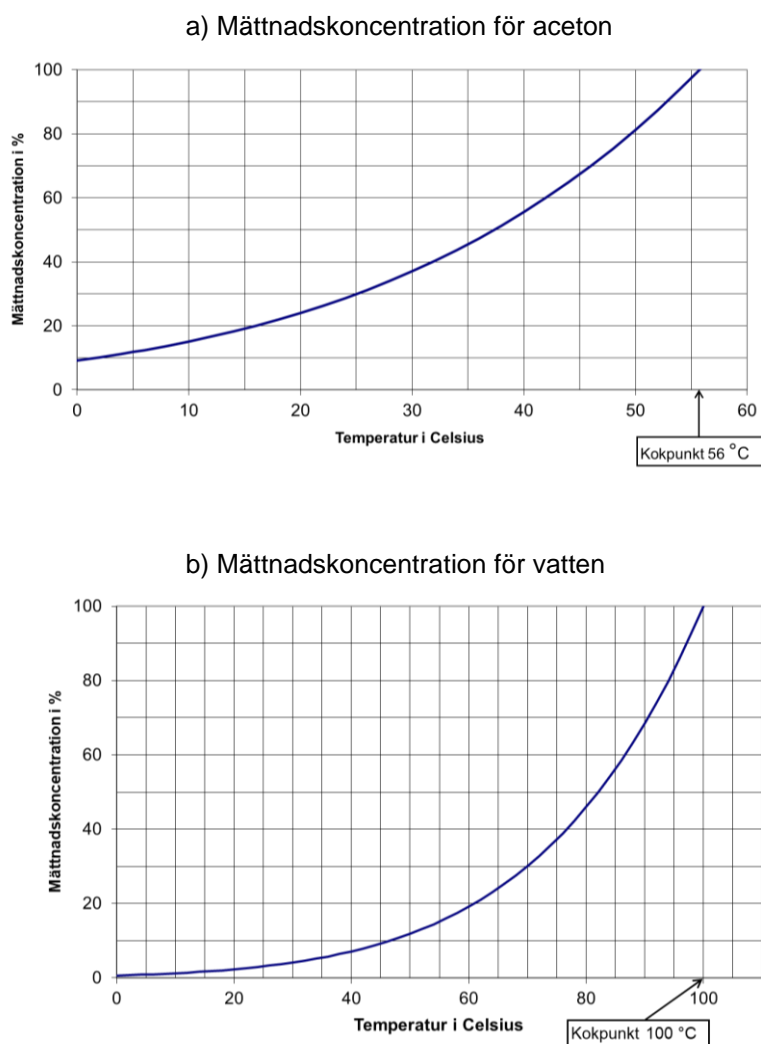
Oavsett vilken vätska vi håller ut i rummet, kan koncentrationen av ånga i luften aldrig överskrida mättnadskoncentrationen för ämnet vid den aktuella temperaturen.

Om man håller ut tillräckligt mycket av en vätska i ett rum och väntar en stund, kommer det till slut att bli en jämn koncentration av ånga i hela rummet. I början ökar koncentrationen av ångan, men när ångan har kommit upp i en viss koncentration slutar ökningen. Avångningen fortsätter, men lika många molekyler som avdunstar varje sekund, återvänder tillbaka till vätskeform. Det har uppstått en jämvikt. Den koncentration som nu uppnåtts kallas för *mättnadskoncentrationen*.

Observera att mättnadskoncentrationen bara kan uppnås om det finns tillräckligt mycket vätska i rummet. Om vätskepoolen är liten kommer den att torka ut, och koncentrationen i rummet kommer att stanna under mättnadskoncentrationen.

Mättnadskoncentrationen är olika för olika ämnen och beror dessutom på temperaturen. Ju varmare vätskan är, desto högre blir mättnadskoncentrationen. Vid vätskans kokpunkt är mättnadskoncentrationen 100 vol%. Detta är en nödvändighet eftersom vätskan övergår till gasform vid kokpunkten. Se även exempel 8.1 *Acetonutsläpp inomhus* sidan 46 och jämför med motsvarande gasutsläpp i exempel 5.1 *Gasutsläpp inomhus* sidan 30.

I figur 8.1 visas hur mättnadskoncentrationen för aceton (kokpunkt 56 °C) och vatten (kokpunkt 100 °C) varierar med temperaturen.

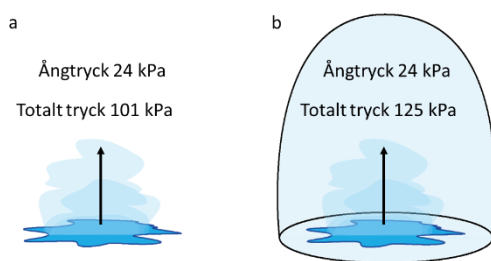


Figur 8.1 Mättnadskoncentrationens variation med temperaturen för (a) aceton och (b) vatten. Vid kokpunkten är mättnadskoncentrationen 100 %. Mättnadskoncentrationen för aceton vid 20 °C är 24 vol%, och mättnadskoncentrationen för vatten vid 20 °C är 2,3 vol%.

8.2 Ångtryck

När en vätska avdunstar i ett utrymme som inte är lufttätt, kommer ångorna att tränga ut en del av luften. Trycket från luften kommer då att sjunka medan trycket från ångorna ökar, så att det totala trycket hela tiden är 101 kPa (normalt atmosfärstryck). Det tryck som utövas av vätskans ånga när mättnadskoncentrationen är uppnådd kallas för vätskans *ångtryck*. Trycket över en vätska som står i kontakt med atmosfärens luft kan aldrig överstiga 101 kPa, se figur 8.2. Ångtrycket och mättnadskoncentrationen kommer att ha ungefär samma siffervärde när de uttrycks i kPa resp. vol%. Kurvorna över hur ångtrycket och mättnadskoncentrationen varierar med temperaturen kommer därför att se likadana ut.

Situationen blir dock en annan om vätskan är innesluten i ett utrymme. I det slutna utrymmet sker ingen tryckutjämning mot omgivningen, vilket innebär att det uppstår ett övertryck från ångorna. Se även *exempel 8.2 Acetonutsläpp i slutet utrymme*.



Figur 8.2 Ångtryck och totalt tryck vid utsläpp av aceton i ett utrymme som är (a) öppet och i kontakt med omgivningen, och (b) slutet. Ångtrycket för aceton är 24 kPa och atmosfärstrycket är 101 kPa.

Ångtrycket kan inte mätas individuellt med en tryckmätare. Man kan bara mäta det totala trycket, dvs summan av luftens och ångans tryck.

Exempel 8.2 – Acetonutsläpp i slutet utrymme

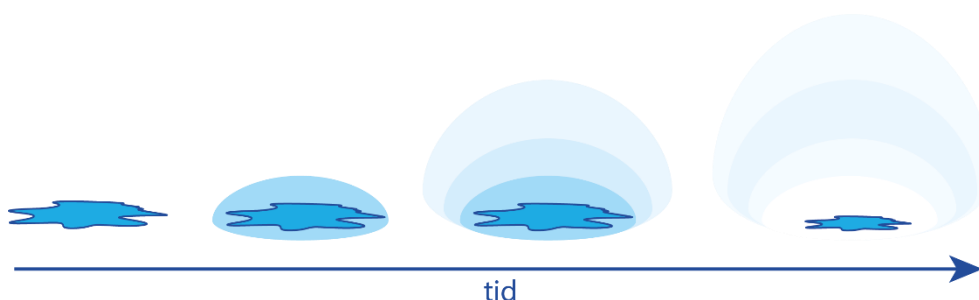
I ett rum med temperaturen är 20 °C håller vi ut aceton på golvet. Omedelbart när acetonen hållts ut finns inga acetonångor i rummet. *Trycket ovanför vätskepoolen är 101 kPa (normalt atmosfärstryck).*

Innan det har hunnit bildas några acetonångor, stänger vi in vätskepoolen med ett tätslutande lock. Ingenting kan läcka ut, varken vätska, luft eller ånga. Acetonen avdunstar och efter en stund uppnås mättnadskoncentrationen i det slutna utrymme. Eftersom ingen luft kan pysa ut, bildas det ett övertryck inne i det slutna utrymme. Vi har dels trycket från luften, som är 101 kPa, men också trycket från acetonångorna, det så kallade *ångtrycket* som är 24 kPa. *Det totala trycket ovanför vätskepoolen blir alltså 125 kPa.*

Oavsett vilken vätska vi håller ut i rummet, genereras ett tryck från vätskans ånga. Ångtrycket varierar precis som mättnadskoncentrationen med temperaturen och är specifikt för varje ämne. Ångtrycket beror däremot inte på totaltrycket, vilket mättnadskoncentrationen gör.

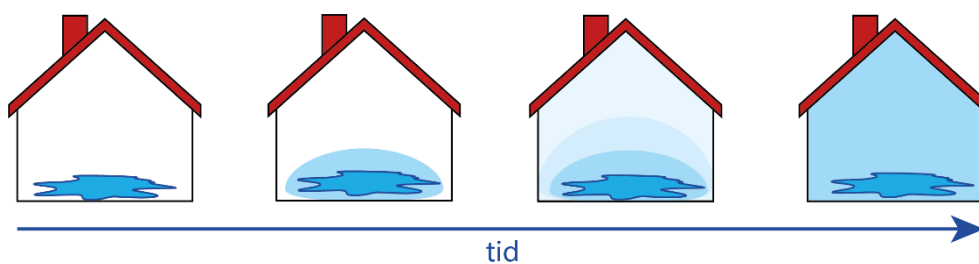
8.3 Luffinblandning och koncentration

Vid ett utsläpp av en vätska utomhus kan man räkna med att mättnadskoncentrationen uppnås precis i närheten av pölens yta. Koncentrationen avtar sedan snabbt med avståndet från pölen. Figur 8.3 visar schematiskt hur koncentrationen avtar med avståndet från pölen i det idealiserade fallet att det är helt vindstilla.



Figur 8.3. Spridning av ångor från en vätskepöl utomhus. Mättnadskoncentrationen uppnås precis i närheten av pölens yta och avtar sedan snabbt med avståndet från pölen. Med tiden kommer pölen att torka ut och koncentrationen minskar nära pölen och utåt.

Inomhus blir situationen annorlunda. Koncentrationen ökar efterhand som tiden går, ända tills mättnadskoncentrationen uppnås, förutsatt att inte hela spillet avdunstat, se figur 8.4. Ventilationen i lokalen spelar också roll för hur mycket av de bildade ångorna som förs bort, var det sker och hur fort detta sker. Den tid som förflutit efter spilllets uppkomst är också en faktor. Man kan alltså få en situation där koncentrationen av ångor varierar både i tid och i rum.



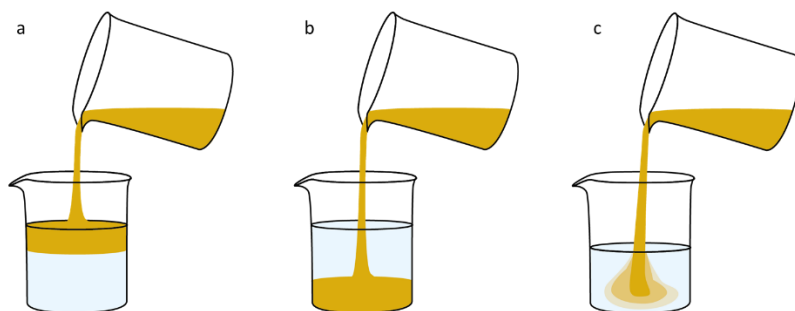
Figur 8.4. Spridning av ångor från en vätskepöl inomhus. Koncentrationen ökar efterhand som tiden går, ända tills mättnadskoncentrationen uppnås, förutsatt att inte hela spillet avdunstat.

8.4 Densitetstal

I avsnitt 5.2 beskrivs densitetstalet för gaser. Densitetstalet gäller även för ångor och beskriver på samma sätt hur tunga ångorna är jämfört med luft. Om vätskan har låg mättnadskoncentration kommer inblandningen av luft dock göra att densitetstalet för blandningen ligger nära luft, vilket gör att densitetstalet får mindre betydelse för hur ångorna rör sig.

8.5 Densitet, vattenlöslighet och viskositet

Densiteten beskriver hur tung en vätska är och anges i kg/m^3 . Om man häller bensin i vatten, skakar om och låter blandningen stå, kommer bensinen efterhand att flyta upp och lägga sig i ett skikt ovanpå vattnet. Detta beror dels på att bensin är svårlöslig i vatten och dels på att bensin har lägre densitet än vatten. Bensin är alltså ”lättare” än vatten.



Figur 8.5. Densitet och vattenlöslighet. (a) Ej vattenlöslig vätska med densitet lägre än vatten. (b) Ej vattenlöslig vätska med densitet högre än vatten. (c) Vattenlöslig vätska.

Om man istället blandar T-sprit med vatten kommer emellertid ingen skiktning att ske, hur länge man än väntar, trots att T-sprit har lägre densitet än vatten. Detta beror på att T-spriten är helt löslig i vatten. Se även figur 8.5.

Lösligheten för vätskor anges precis som för gas i vikt% och beräknas på samma sätt. Om en vätska hälls ner i vatten under omrörning kommer vätskan till en början att lösa sig i vattnet. När så mycket vätska hällts i att lösligheten i vatten har uppnåtts, kommer ytterligare tillsatt vätska att lägga sig i ett eget skikt, antingen över eller under vattnet beroende på densitet. En del vätskor är helt lösliga i vatten, t.ex. T-sprit som nämndes ovan. Med detta menar man att oavsett hur lite eller mycket av vätskan man häller ner i en viss mängd vatten, så kommer vätskan aldrig att lägga sig i ett eget skikt utan blanda sig med vattnet. Detta kan också uttryckas som att lösligheten i vatten är 100 %. Se även exempel 8.3 *Densitet och löslighet i vatten*.

Exempel 8.3 – Densitet och löslighet i vatten

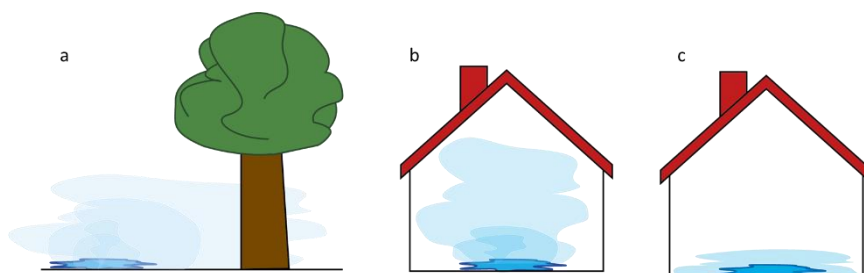
Vi gör följande experiment. Vi blandar en liter dietyleter med en liter vatten.

Densiteten för dietyleter är $713 \text{ kg}/\text{m}^3$. En liter dietyleter väger alltså 713 gram. Densiteten för vatten är ca $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$. En liter vatten väger alltså ca 1000 gram. Lösligheten för dietyleter i vatten är ca 8 vikt%.

Ca 87 gram dietyleter ($\frac{87}{1000+87} \approx 0,08 = 8\%$) kommer att lösa sig i vattnet. Resten av dietyletern, ca 626 gram, kommer att bilda ett eget skikt. Skiktet kommer att lägga sig ovanpå vattnet eftersom densiteten för dietyleter är lägre än vattnets densitet.

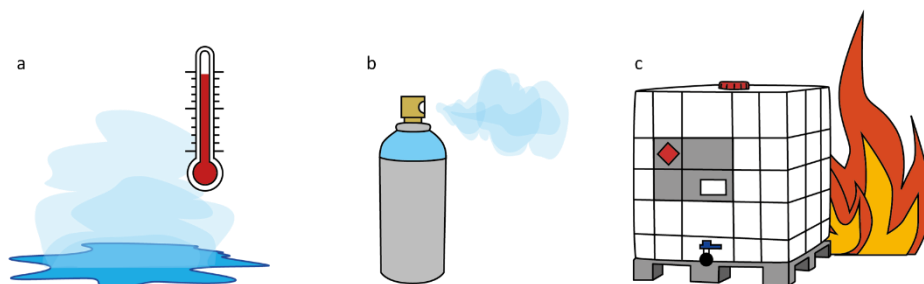
Viskositet är en fysikalisk egenskap som används för att beskriva hur trögflytande en vätska är. Viskositeten anges i mm^2/s , vilket också kallas centistoke (cSt). Vatten har en viskositet på $1 \text{ mm}^2/\text{s}$. Ett annat exempel är rumsvarm sirap som har en viskositet på ca $9000 \text{ mm}^2/\text{s}$.

8.6 Generella risker med vätskor



Figur 8.6. Generella risker med vätskor. (a) Utomhus är luftinblandningen god, vilket minskar riskerna. (b) Inomhus finns risk för högra koncentrationer av ångor, vilket ökar riskerna. (c) Om ångorna har högt densitetstal finns risk för lokalt höga koncentrationer av ångor i lågt belägna utrymmen.

Precis som för gaser, är många av riskerna med vätskor förknippade med ångornas koncentration, och därmed också med luftinblandningen. Riskbilden är oftast betydligt värre om ett utsläpp sker inomhus, jämfört med om utsläppet sker utomhus där ångorna snabbare spås ut av luften, se figur 8.6. Om ångorna har högt densitetstal finns risk för lokalt höga koncentrationer av ångor i lågt belägna utrymmen.

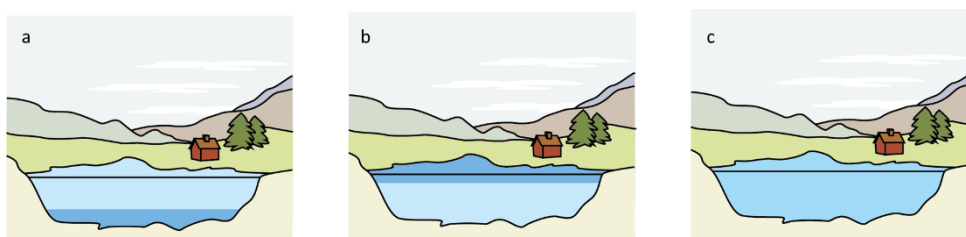


Figur 8.7. Fler generella risker med vätskor. (a) Ökad uppvärmning medför ökad avångning, ökad mättnadskoncentration, och ökade risker. (b) Aerosolmoln ökar risken för snabb avångning. (c) Uppvärmning av sluten behållare kan leda till stumfyllning och att behållaren brister.

Riskerna ökar också om vätskan värms upp. När temperaturen ökar, ökar också mättnadskoncentrationen, se figur 8.7a. En annan faktor som ökar riskerna med vätskor, är om de sprutar ut i form av ett aerosolmoln, se figur 8.7b. Aerosolmoln kan t.ex. bildas när en vätska sprutar ut ur ett litet hål i en tank under högt tryck. Vätska som kommer ut i form av ett aerosolmoln har betydligt större yta mot omgivningen, jämfört med samma volym vätska som t.ex. bildar en pöl på marken. Det innebär att det går betydligt fortare för ett aerosolmoln att förångas jämfört

med en vätskepöl med samma volym. Och precis som innan, ju högre koncentration av ånga, desto större är riskerna. Till skillnad från de flesta gaser är aerosoler synliga i form av en dimma.

Slutna behållare med vätskor som utsätts för värmepåverkan riskerar att brista till följd av det ökade trycket när vätskan utvidgas, så kallad *stumfyllning*, se figur 8.7c sidan 51. Vid transporter får man därför inte fylla tanken med mer vätska än att den tål en uppvärmning till 50 °C utan stumfyllnad. Det innebär att om en sådan behållare värms upp till en temperatur över 50 °C, kan den brista till följd av stumfyllning. En tank med etanol får t.ex. inte får fyllas till mer än till 95% om den fylls vid 20 °C. Vid 50 °C kommer etanolen att utvidgas så mycket att den fyller 100 % av tanken.



Figur 8.8. Densitet och vattenlöslighetens inverkan på spridning i vatten. (a) Ej vattenlöslig vätska med densitet högre än vatten lägger sig på sjöns botten. (b) Ej vattenlöslig vätska med densitet lägre än vatten lägger sig på ytan av sjön. (c) Vattenlöslig vätska blandar sig med vattnet.

Vattenlösligheten och viskositet påverkar hur ämnet sprids i mark. Ett vattenlösligt ämne kan snabbt sprida sig via släckvatten, nederbörd, vattendrag och liknande. Vätskor med låg viskositet sprider sig lättare än vätskor som har hög viskositet, helt enkelt för att de är mer lättflytande och lättare tar sig in i markens små hålrum.

Vid utsläpp i vatten har vätskans densitet och vattenlöslighet stor betydelse för ämnets spridning och därmed också för riskbedömningen, se figur 8.8. Ett utsläpp som inte är vattenlösligt kommer att flyta ovanpå vattnet om densiteten är lägre än vattnets densitet, eller sjunka till botten om densiteten är högre än vattnets densitet. Ett utsläpp som är vattenlösligt kommer att blanda sig med vattnet och blir därför svårt att samla upp.

Självfallet är det fler faktorer vätskans fysikaliska data (densitet, vattenlöslighet och viskositet) som påverkar hur vätskan sprids i mark och vatten. Temperatur, vattenflöde och tid är exempel på andra viktiga faktorer som påverkar spridningsförloppet.

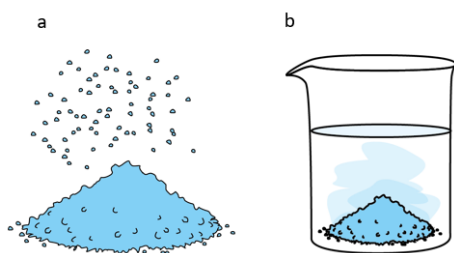
9 Fasta ämnen

Även fasta ämnen avger ångor och avdunstar. Men eftersom mättnadskoncentrationen oftast är väldigt låg för fasta ämnen, kommer avdunstningen att ske mycket långsamt. Man får därför inte någon synbar effekt på samma sätt som för t.ex. ett glas vatten där hela innehållet kan avdunsta på några veckor. I praktiken får egenskaper som mättnadskoncentration och ångtryck därför ingen särskild betydelse vid riskbedömningen när det gäller fasta ämnen.

Densiteten för fasta ämnen anges precis som för vätskor i kg/m^3 . Men inte heller densiteten har generellt sett någon större inverkan på riskbedömningen. Däremot kan lösligheten ge information om ämnets benägenhet att sprida sig i mark och vatten. Lösligheten för fasta ämnen anges i vikt%, precis som för flytande ämnen.

9.1 Generella risker med fasta ämnen

De generella riskerna med fasta ämnen är normalt mindre än för gaser och vätskor. Det beror dels på att fasta ämnen har betydligt lägre ångtryck och därmed ångar av mindre. Fasta ämnen har inte heller samma benägenhet att sprida sig som gaser och vätskor.



Figur 9.1. Generella risker med fasta ämnen. (a) Dammoln medför ökad risk. (b) Risken för spridning ökar med vattenlösligheten.

Fasta ämnen i form av damm innebär betydligt större risker än fasta ämnen som inte dammar. Damm virvlar lätt upp och sprider sig med luften och kan ta sig in i kroppen genom andningsvägarna, eller fastna i branddräkten. Precis som aerosolmoln har ett dammoln också en mycket större yta mot omgivningen, jämfört med ett fast ämne som inte dammar. En stor yta ökar t.ex. risken för antändning av brandfarliga ämnen, och reaktionshastigheten vid kemisk reaktion med annat ämne.

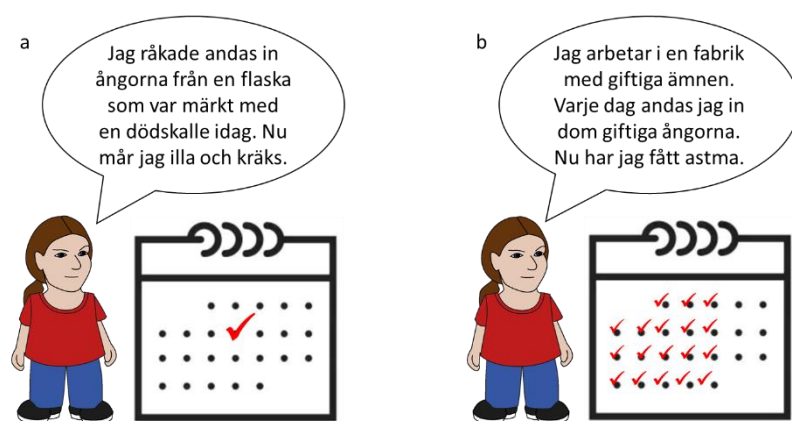
Ökad vattenlöslighet medför ökad risk för spridning via släckvatten, nederbörd, vattendrag och liknande, även när det gäller fasta ämnen som är kan sprida sig se figur 9.1.

10 Giftiga ämnen

Många ämnen som används inom industrin har giftiga egenskaper. Det kan t.ex. gälla råvaror, lösningsmedel och andra tillsatser inom färg- och plasttillverkning, metallindustrin och andra typer av kemiska industrier. Vissa giftiga ämnen används som bekämpningsmedel och desinfektionsmedel, t.ex. epiklorhydrin, metanol och vätecyanid. Här utnyttjar man just egenskapen att ämnet är giftigt.

Alla ämnen är skadliga för den mänskliga organismen, om man exponeras för tillräckligt mycket av ämnet. Karakteristiskt för de ämnen som är klassade som giftiga, är att det krävs *små* mängder för att de ska orsaka skada. Som exempel på ett mycket giftigt ämne kan nämnas arsenik, där det krävs i storleksordningen 100 till 200 milligram för att döda en människa. Detta kan jämföras med t.ex. vanligt koksalt, som inte klassas som giftigt. Här krävs flera hundra gram för att uppnå dödlig dos.

Giftiga ämnen tränger in i kroppen och fördelas via blodet ut i hela kroppen, där de påverkar t.ex. organ, andning, nerver m.m. En del gifter verkar på de flesta celler i kroppen. Ett sådant exempel är cyanider som hämmar cellandningen, d.v.s. kroppens celler kan inte länge tillgodogöra sig syret i inandningsluften. Andra gifter påverkar endast vissa strukturer i kroppen, t.ex. nervgaser och insektsbekämpningsmedel, vilka ger kraftiga störningar i nervsystemet som kan leda till att musklerna krampar och andningsuppehåll. Ett giftigt ämne kan tränga in i kroppen utan att det ger upphov till smärta eller retningar där det tränger in (jämför med frätande ämne som oftast orsakar stark smärta). Ett exempel är gasen kolmonoxid som är särskilt farlig eftersom den är både färg- och luktlös och inte ger någon retande effekt på andningsorganen. Låga koncentrationer ger yrsel och huvudvärk, medan högre koncentrationer ger kramper, andnings- och cirkulationssvikt.



Figur 10.1. Olika typer av gifter: (a) akut giftiga ämnen och (b) ämnen som ger skador vid upprepad exponering under lång tid.

Man skiljer mellan ämnen som är akut giftiga (påverkan vid enstaka tillfälle under en kort tid), och ämnen som ger skador vid upprepad exponering under lång tid, se figur 10.1 sidan 54. Akuta skador kan t.ex. vara illamående, kräkningar eller död, medan skador till följd av upprepad exponering oftast är av typen allergisk reaktion, astmasymptom, organskador, cancer, genetiska defekter, skadad fertilitet, etc.



Många giftiga ämnen är också miljöfarliga, i synnerhet sådana som ger långsiktiga skador av typen organskador, cancer, genetiska defekter, skadad fertilitet, etc. Miljögifter karakteriseras bland annat genom att de är giftiga i kombination med att de är stabila och svårnedbrytbara. Det innebär att de bioackumuleras, vilket betyder att de stannar kvar i kroppen under lång tid och att halten i kroppen ökar allt eftersom man exponeras för ämnet. Man mäter ofta ämnens miljöfarlighet genom att studera effekterna på vattenlevande organismer. Att man studerar just vattenlevande organismer beror på att det sedan länge finns bra tester och mycket information om effekter hos t.ex. fiskar, alger och kräftdjur. En annan anledning är att många kemikalieutsläpp når sjöar, hav och grundvatten. Vatten är på många sätt skyddsvärda ekosystem, inte minst våra dricksvattentäkter.




10.1 Märkning enligt ADR

Giftiga ämnen omfattar ämnen för vilka det av erfarenhet är känt eller efter djurförsök kan befaras att de vid påverkan vid ett enstaka tillfälle eller under kort tid av relativt små mängder, genom inandning, hudabsorption eller förtäring, kan vara hälsoskadliga eller leda till döden hos människor. (ADR 2.2.61.1.1)

Det finns två varningsetiketter i ADR för giftiga ämnen: en för giftiga gaser och en för giftiga flytande och fasta ämnen, se figur 10.2 sidan 55 och exempel 10.1. Endast siffran 2 respektive 6 längst ner på etiketten skiljer dem åt. Miljöfarliga ämnen har en särskild etikett.

Exempel 10.1. Märkning av kvicksilver(II)klorid enligt ADR

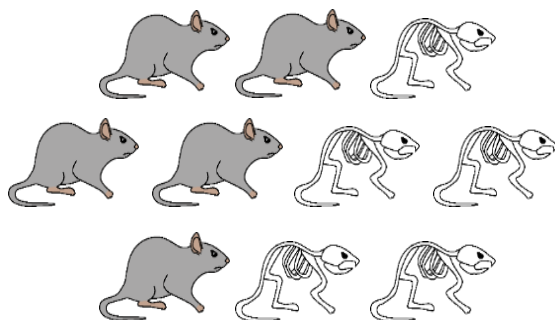
	Giftig fast eller flytande ämne
	Miljöfarligt ämne
60	Giftigt ämne

Varningsetiketter		Exempel på farlighetsnummer
	Giftig gas	26
	Giftigt fast eller flytande ämne	60, 66
	Miljöfarligt ämne	90

Figur 10.2. Varningsetiketter och exempel på farlighetsnummer för giftiga ämnen

I ADR avser giftighet så kallad akut giftighet, d.v.s. påverkan vid enstaka tillfälle under en kort tid. Effekter av långvarig och upprepad exponering omfattas alltså inte. När giftigheten bedöms tittar man på hur på hur stor mängd av ämnet som krävs vid förtäring och hudabsorption för att en utsatt person ska dö. Vid inandning tittar man på vilken koncentration som krävs i inandningsluften. Finns inte sådana erfarenheter utvärderar man djurförsök. Man utgår då från hur stor dos, respektive koncentration i luften, som behövs för att 50 % av de försöksdjur som används ska dö, s.k. LD₅₀ resp. LC₅₀-värden, se figur 10.3 sidan 57. Det räcker att ett ämne är giftigt via en av de tre inträngningsvägarna (inandning, hudabsorption, förtäring) för att det ska klassificeras som giftigt.

Ett giftigt fast eller flytande ämne utan andra farliga egenskaper tilldelas farlighetsnummer 60 (giftigt) eller 66 (mycket giftigt), se figur 10.2. För farlighetsnummer 66 krävs en mindre mängd/koncentration för dödsfall än för farlighetsnummer 60. Om ett ämne har olika giftighetsgrad vid inandning, hudabsorption respektive förtäring, sätts farlighetsnumret efter den högsta giftighetsgraden. Farlighetsnumret för en giftig gas som inte har andra farliga egenskaper är 26. Dubbla sexor förekommer inte för gaser.







Figur 10.3. LD₅₀ resp. LC₅₀-värden. LD betyder "Lethal dose", alltså dödlig dos, och 50 anger att värdet motsvarar den dos då 50 % av försöksdjuren har dött. LC betyder "Lethal concentration" och gäller på motsvarande sätt för koncentration i luften. Det finns även EC₅₀-värden som betyder "Effective concentration". EC₅₀ anger den koncentration då en viss toxisk (giftig) effekt uppvisas hos 50 % av försöksdjuren.

Med miljöfarliga ämnen avses i ADR huvudsakligen ämnen som är giftiga för vattenlevande organismer, men även andra ämnen som t.ex. asbest och ämnen som kan bilda dioxiner (ett mycket toxiskt miljögift) vid brand ingår i kategorin. I ADR finns en tabell med ca 3000 ämnen listade, där det anges bland annat vilka varningsetiketter ett ämne ska märkas med. Här finns dock inte etiketten för miljöfarliga ämnen angiven. Bedömningen får göras av transportören, genom jämförelse mot kriterierna i ADR eller i samråd med avsändaren eller med hjälp av ämnets säkerhetsdatablad. Kriterierna består t.ex. av LC₅₀-värden för fisk och EC₅₀-värden för kräftdjur, se figur 10.3. Ett miljöfarligt ämne tilldelas farlighetsnummer 90 om det inte har någon annan farlig egenskap, se figur 10.2, sidan 56.





10.2 Märkning enligt CLP

Det finns fyra CLP-piktogram för ämnen med giftverkan: *Giftigt*, *Hälsöfarligt*, *Skadligt* och *Miljöfarligt*, se figur 10.4 och exempel 10.2, sidan 58. Samma faropiktogram används oavsett om ämnet är fast, flytande eller gasformigt. Gaser känns dock igen genom att de också märks med faropiktogrammet *Gaser under tryck*, se avsnitt 6.5. Med hjälp av faroangivelser specificeras typ och grad av giftighet. Faroangivelserna kan också ge information om vilken inträngningsväg det gäller.

Faropiktogrammet *Giftigt* motsvarar i stort sett varningsetiketterna för giftig gas och giftiga vätskor och fasta ämnen i ADR, d.v.s. akut giftiga ämnen. I CLP går man dock strikt efter testkriterierna med LD₅₀-värden från djurförsök, medan i ADR kan även andra faktorer vägas in. För fasta och flytande ämnen avser akut giftighet exponering vid ett eller ett fåtal tillfällen och för gaser och ångor exponering under fyra timmar. Vid tilldelning av faroangivelser skiljer man mellan dödligt och giftigt. Man anger också om det gäller vid inträngning via förtäring, inandning eller hudkontakt. Som exempel kan nämnas att om LD₅₀-värdet vid hudupptag är mindre än 200 mg/kg kroppsvikt får ämnet faroangivelsen H310 - Dödligt vid hudkontakt. Detta motsvarar 20 g för en person som väger 100 kg.

Faropiktogram	Faroangivelser (kod inom parentes)
 Giftigt	Dödligt vid förtäring (H300) Giftigt vid förtäring (H301) Dödligt vid hudkontakt (H310) Giftigt vid hudkontakt (H311) Dödligt vid inandning (H330) Giftigt vid inandning (H331)
 Hälsosfarligt	Kan orsaka allergi- eller astmasymptom eller andningssvårigheter vid inandning (H334) Kan orsaka genetiska defekter (H340) Kan orsaka cancer (H350) Kan skada fertiliteten eller det ofödda barnet (H360) Kan skada spädbarn som ammas (H362) Orsakar organskador (H370)
 Skadligt	Skadligt vid förtäring (H302) Skadligt vid hudkontakt (H312) Kan orsaka allergisk hudreaktion (H317) Skadligt vid inandning (H332) Kan orsaka irritation i luftvägarna (H335) Kan göra att man blir dåsig eller omtöcknad (H336)
 Miljöfarligt	Mycket giftigt för vattenlevande organismer (H400) Mycket giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter (H410) Giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter (H411)

Figur 10.4. Faropiktogram och exempel på faroangivelser enligt CLP

Exempel 10.2. Märkning av kvicksilver(II)klorid enligt CLP	
	Dödligt vid förtäring (H300)
	Orsakar allvarliga frätskador på hud och ögon (H314)
	Misstänks kunna orsaka genetiska defekter (H341) Misstänks kunna skada fertiliteten (H361f) Orsakar organskador genom lång eller upprepad exponering (H372)
	Mycket giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter (H410)

Faropiktogrammet *Hälssofarlig* används för ämnen som kan ge långsiktiga skador vid upprepad exponering, t.ex. ämnen som orsakar cancer, ämnen som kan ge allergisk reaktion, astmasymptom, genetiska defekter, skada fertiliteten, ge skador på vissa organ m.m. Detta piktogram med tillhörande faroangivelser saknar motsvarighet i ADR.

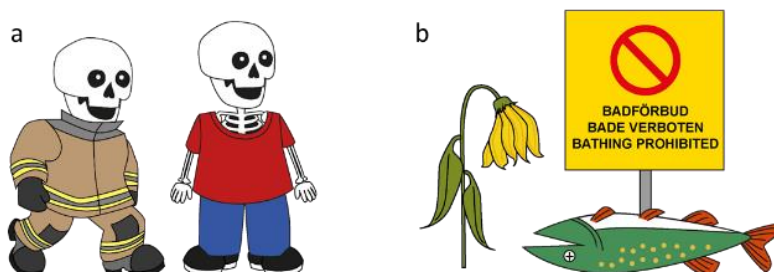
Faropiktogrammet *Skadligt* används för ämnen med en lägre giftighetsgrad, både för ämnen som är akut skadliga och för ämnen som kan ge långsiktiga skador vid upprepad exponering. Detta piktogram med tillhörande faroangivelser saknar också motsvarighet i ADR, eftersom ADR bara tar hänsyn till akuta faror som kan uppkomma vid en transportolycka.

Faropiktogrammet *Miljöfarlig* motsvarar i stort sett av varningsetiketten för miljöfarligt ämne i ADR. Vid kategoriseringen utgår man från ämnets giftiga egenskaper för vattenlevande organismer på ungefär samma sätt som i ADR. Om en av följande faroangivelser finns fastställda för ett ämne enligt CLP, så uppfyller ämnet kriterierna för ett miljöfarligt ämne:

- Mycket giftigt för vattenlevande organismer (H400)
- Mycket giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter (H410)
- Giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter (H411)

Om man jämför exempel 10.1 sidan 55 och 10.2 på sidan 58 ser man att det finns betydligt mer information att hämta i CLP jämfört med ADR när det gäller giftighet. Detta gäller speciellt för miljöfarliga ämnen.

10.3 Risker med giftiga ämnen



Figur 10.5. Risker med giftiga ämnen: (a) Förgiftning av människor (personal och allmänhet) och (b) akut och långsiktig skada på miljön.

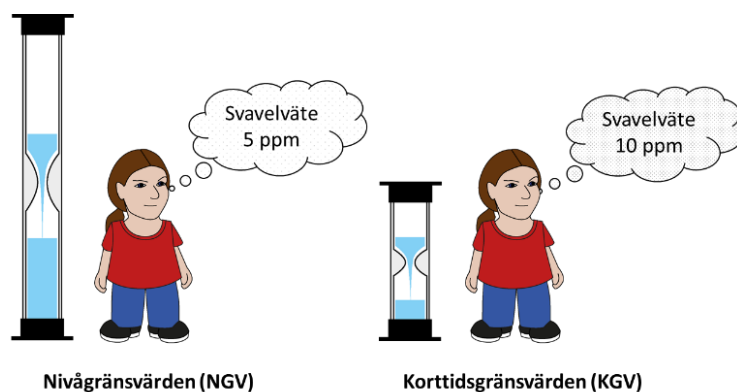
Risken med giftiga ämnen är naturligtvis att människor (personal och allmänhet), djur och natur kommer till skada, se figur 10.5. Vid utsläpp av giftiga vätskor ska man vara medveten om att även ångorna är giftiga, och därmed kan ge skador t.ex. vid inandning.

För att bedöma omfattningen av riskerna vid en olycka med en giftig gas eller ånga måste man veta något om koncentrationen i inandningsluften, både för den egna personalen och för allmänheten. Man måste också veta något om vilka halter som är skadliga. Till stöd för detta finns så kallade hygieniska gränsvärden och andra

riktvärden, se avsnitt 10.3.1 och 10.3.2. För att veta den exakta koncentrationen av ämnet i inandningsluften krävs avancerad indikeringsutrustning. För vissa ämnen kan näsan dock fungera som indikeringsinstrument, se avsnitt 10.3.3. Om man kan lukta ämnet innan det är farligt har man en indikering på att man ska backa eller ta på skyddsutrustning. Man kan också använda sig av beräkningsmodeller för att uppskatta spridningen av ämnet. I beslutsstödet MSB RIB finns beräkningsmodeller för spridning av ångor från vätskor i luft: *Risikostånd kem*, samt för spridning av tryckkondenserade gaser: *Spridning Luft*.

För att bedöma omfattningen av riskerna vid hudkontakt med en giftig vätska eller fast ämne krävs att man vet något om vilken mängd av ämnet man riskerar att få på sig. Detta är oftast mycket svårt att bedöma. Man ska därför undvika all hudkontakt med giftiga ämnen, och om personal eller skadad får ämnet på sig ska man omedelbart vidta livräddande personsanering, se t.ex. *Åtgärdskalendern* [ref. 7].

10.3.1 Hygieniska gränsvärden



Figur 10.6. Nivågränsvärde och korttidsgränsvärde för svavelväte.

Arbetsmiljöverket ger ut särskilda föreskrifter med gränsvärden för luftföroreningar i inandningsluften i arbetsmiljön, *AFS 2018:1 Hygieniska gränsvärden* [ref. 8]. Föreskrifterna gäller all verksamhet, där luftföroreningar i form av damm, rök, dimma, gas eller ånga kan antas förekomma. Föreskrifterna gäller alltså även för räddningstjänsten, både vid insats och i det förebyggande arbetet. Syftet med gränsvärdena är att säkerställa att exponeringen på arbetsplatsen inte medför någon oacceptabel hälsorisk för den enskilde arbetstagaren. När gränsvärdena fastställs omfattas endast sådana grupper som ska förekomma på arbetsplatserna. Äldre, barn, och andra extra känsliga individer ingår alltså inte.

Nivågränsvärdet (NGV) anger den högst tillåtna genomsnittliga koncentrationen i luft under en arbetsdag på 8 timmar, och korttidsgränsvärdet (KGV) anger den högsta tillåtna genomsnittliga koncentrationen i luft under en period på 15 minuter, se figur 10.6. För vissa särskilt giftiga ämnen anges KGV för kortare tider, på 5 minuter eller 1 minut. Korttidsgränsvärdet är vanligtvis högre än nivågränsvärdet eftersom det rör sig om exponering under en kortare tidsperiod.

Nivågränsvärdena är bindande krav som arbetsgivaren måste följa. Korttidsgränsvärdena kan vara antingen bindande eller vägledande. Observera att föreskriften och gränsvärdena även gäller räddningstjänstpersonal under en pågående räddningsinsats. Koncentrationen av ett ämne i luften ska därför inte överskrida de hygieniska gränsvärdena i den kalla zonen där oskyddad personal befinner sig.

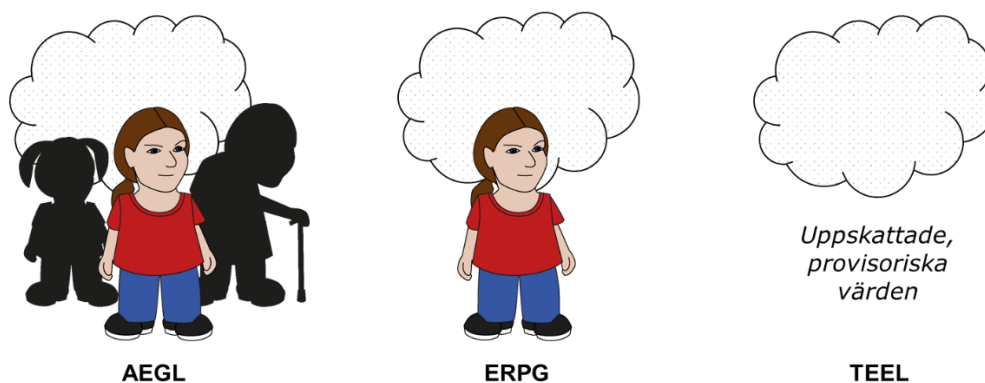
10.3.2 Andra riktvärden

Ibland kan det finnas behov av andra riktvärden än de hygieniska gränsvärdena vid en räddningsinsats. Det kan t.ex. vara av värde att veta vilken koncentration som medför ett livshotande tillstånd. Det finns en hel del sådana gränsvärden. De flesta hälsobaserade riktvärden anger tröskelnivåer över vilka effekter börjar uppkomma och är ofta uppdelade i tre allvarlighetsnivåer:

Nivå 1: Risk för lindriga effekter. Om ämnets koncentration i luft överstiger detta gränsvärde kan exponerad befolkning uppleva besvär, irritation eller vissa effekter som inte ger symtom. Effekterna är dock övergående och påverkar inte personens förmåga att agera. Exempel på lindriga effekter är irritation i ögon och luftvägar.

Nivå 2: Risk för allvarliga effekter. Om ämnets koncentration i luft överstiger detta gränsvärde kan drabbade personer få irreversibla eller andra allvarliga och långvariga hälsoeffekter eller en nedsatt förmåga att fly från exponeringen. Exempel på allvarliga effekter är försämrad lungfunktion eller påverkan på nervsystemet.

Nivå 3: Risk för dödsfall. Om ämnets koncentration i luft överstiger detta gränsvärde kan livshotande tillstånd eller dödsfall uppstå.



Figur 10.7 Hälsobaserade riktvärden. AEGL baseras på studier av den allmänna befolkningen, inklusive känsliga individer. ERPG baseras på studier av den allmänna befolkningen, exklusive känsliga individer. TEEL är uppskattade provisoriska värden som kan användas om AEGL och ERPG saknas.

I MSB RIB används riktvärdena AEGL, ERPG och TEEL för akut exponering, se figur 10.7. De kommer alla från USA. De olika riktvärdena baseras på studier av olika populationer. Vissa delar av en befolkning kan vara mer känsliga för akut

exponering än medelålders friska vuxna, vilka ofta utgör normen i riskbedömningar. Riktvärdena skiljer sig också åt genom att de anges för olika exponeringstider. Hur lång tid exponeringen pågår påverkar också vilka effekter som uppkommer. Här sammanfattas riktvärdenas inbördes skillnad:

AEGL (Acute Exposure Guideline Levels) tar hänsyn till äldre och barn, samt andra extra känsliga individer. Riktvärden finns för fem olika exponeringstider: 10 min, 30 min, 1 tim, 4 tim, 8 tim.

ERPG (Emergency Response Planning Guidelines) tar inte någon hänsyn till att vissa personer kan vara särskilt känsliga. Riktvärden finns för exponeringstiden 1 tim.

TEEL (Temporary Emergency Exposure Limits) är provisoriska gränsvärden som kan användas i brist på bättre data. De är inte alls kvalitetssäkrade på samma sätt som till exempel AEGL och ERPG. Riktvärden finns för exponeringstiden 15 min.

MSB och Socialstyrelsen är överens om att AEGL-värdena är de som har högst kvalitet. MSB RIB redovisar därför i första hand AEGL-värden om sådana finns fastställda för ämnet. I andra hand anges ERPG-värden. TEEL-värden visas om varken AEGL- eller ERPG-värde finns.

Ytterligare en typ av riktvärde är **IDHL** (Immediately Dangerous To Life or Health). IDLH är värden utvecklade av amerikanska arbetsmiljöverket (OSHA) och arbetsmiljöinstitutet (NIOSH). Det huvudsakliga syftet med IDLH är att vara vägledande vid val av skyddsutrustning och flyktvägar på arbetsplatser. IDLH är anpassat för friska yrkesarbetande personer som förutsätts ha tillgång till adekvat skyddsutrustning och träning i att agera vid olyckor.

IDLH finns endast för en faronivå, livshotande fara vid exponering under 30 minuter, och definieras som den koncentration i luft av ett ämne med giftiga, frätande eller kvävande egenskaper, som utgör en omedelbar livsfara eller skulle orsaka irreversibla eller fördröjda effekter eller skulle försvåra en individs förmåga att sätta sig i säkerhet.

För ytterligare läsning hänvisas till rapporten *Riktvärden vid akut exponering för kemiska ämnen*, Karolinska Institutet, 2008 [ref. 9].

10.3.3 Näsan som indikeringsinstrument

Den lägsta koncentrationen av ett ämne som en människa kan känna kallas för ämnets förnimbarhetsgräns. Under förnimbarhetsgränsen känner vi ingen lukt. Över förnimbarhetsgränsen känner de flesta av oss en lukt. Om vi vill använda näsan som ett indikeringsinstrument, måste vi jämföra förnimbarhetsgränsen med gränsen för vad som är skadligt, t.ex. Arbetsmiljöverkets nivågränsvärde (NGV). Om förnimbarhetsgränsen är *lägre* än NGV, innebär det att vi kan lukta ämnet *innan* det är skadligt, och vi kan alltså använda näsan som indikeringsinstrument. Om förnimbarhetsgränsen är *högre* än NGV, kommer ämnet vara skadligt *innan* vi

kan lukta det, se exempel 10.3,63. Man ska dock vara medveten om att vi har olika känsliga luktsinnen. Förmärksamhetsgränsen är alltså inte ett definitivt värde för alla i alla sammanhang. Luktsinnet kan även bli avtrubbat av vissa ämnen, så att man inte uppfattar lukten även om koncentrationen är hög. Luktsinnet skall därför användas som indikeringsinstrument med omdöme och försiktighet.

Exempel 10.3. Förmärksamhet och nivågränsvärde

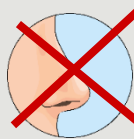


Brom

Förmärksamhetsgräns = 0,003 ppm

Nivågränsvärde (NGV) = 0,1 ppm

Brom luktar innan NGV överskrids. Näsan kan användas som indikeringsinstrument.



Epiklorhydrin

Förmärksamhetsgräns = 10 ppm

Nivågränsvärde (NGV) = 0,5 ppm

För epiklorhydrin överskrids NGV innan det luktar. Näsan kan inte användas som indikeringsinstrument.

10.4 Personlig skyddsutrustning

För giftiga ämnen gäller följande tumregler vid arbete nära utsläppet:

- Skydda ögon och andningsorgan med andningsapparat eller filtermask.
- Använd stänkskydd eller vätsketät kemskyddsdräkt (typ 1a, 1b, 3 eller 4) vid direkt kontakt med vätskor eller fasta ämnen.
- Använd gastät dräkt (typ 1a eller 1b) vid utsläpp av gaser eller vätskor *inombus* där höga koncentrationer av gas eller ånga kan förväntas.
- Använd gastät dräkt (typ 1a eller 1b) vid utsläpp av gaser *utombus i närheten av utsläppet* där höga koncentrationer av gasen kan förväntas.
- Komplettera med översköljningsskydd eller köldskydd vid utsläpp av kondenserad gas i vätskefas.

11 Frätande ämnen

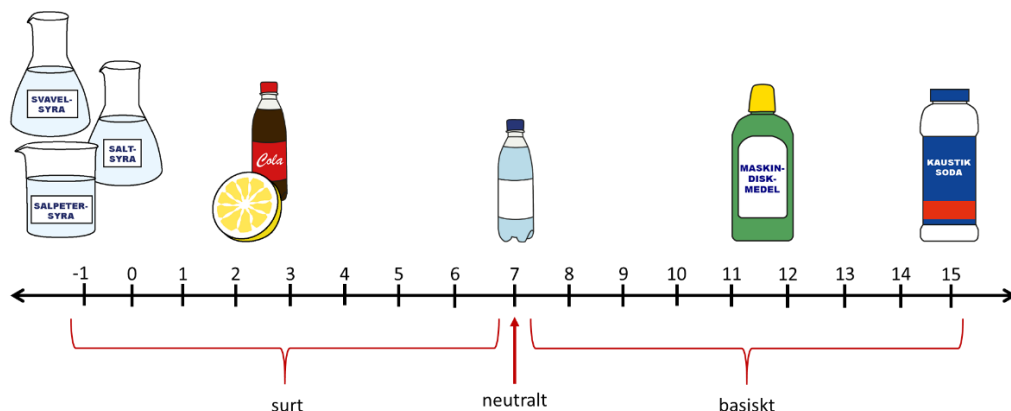
Frätande ämnen används inom många olika områden, t.ex. vid tillverkning av plast och färg, gödningsmedel, sprängämnen, textil, kosmetika och livsmedel, samt vid bearbetning av metall. Vanliga frätande ämnen inom industrin är t.ex. ammoniak, natriumhydroxid (lut), saltsyra, svavelsyra, salpetersyra och väteperoxid. Det finns även andra användningsområden för frätande ämnen. Ammoniak används t.ex. som kylmedel i ishallar. De frätande ämnenas skadliga egenskaper utnyttjas t.ex. i bekämpningsmedel (epiklorhydrin, vätecyanid), desinfektionsmedel (formaldehyd, klor, väteperoxid, klorin), och vid vattenrening (svavelsyra, saltsyra).

Ett frätande ämne är ett ämne som orsakar frätskador på hud, ögon och andningsorgan. Effekten av ett frätande ämne ska inte blandas ihop med hur giftiga ämnen verkar på kroppen. Ett giftigt ämne tränger in i kroppen och påverkar kroppens olika organ och funktioner, medan frätande ämnen verkar på ytan. Skadan är lokal. Den ger oftast upphov till smärta, som ibland kan vara fördröjd. Om exponeringstiden är tillräckligt lång kan frätskadorna leda till att vävnaden förstörs, så kallad fullständig vävnadsdöd. Särskilt allvarligt är stänk i ögonen som snabbt kan leda till allvarliga ögonskador eller blindhet. Om stora delar av huden utsätts för ett frätande ämne kan detta leda till döden av ungefär samma anledning som när man fått kraftiga brännskador.

Även utrustning, speciellt delar av metall, kan förstöras genom frätskador. Stål och järn får rostliknande skador.

11.1 pH-värde

För de flesta frätande ämnen beror den frätande förmågan på ämnets pH-värde. Sur ämnen har pH-värden under 7 och basiska ämnen har pH-värden som är större än 7, se figur 11.1 sidan 65. Ju lägre pH-värde en sur lösning har, och ju högre pH en basisk lösning har, desto mer frätande är den. Typiska starka syror som är vanligt förekommande inom industrin är svavelsyra, saltsyra och salpetersyra. Natriumhydroxid och kaliumhydroxid är exempel på typiska starka basiska ämnen. Man kan som en fältmässig regel säga att koncentrerad saltsyra, salpetersyra och svavelsyra har ett pH-värde på -1 medan koncentrerad natrium- och kaliumhydroxid har ett pH-värde på 15. Det finns dock några ämnen som är frätande trots att dess pH-värde ligger nära 7. Ett sådant exempel är väteperoxid vars frätande egenskaper hänger samman med dess oxiderande förmåga. Ett annat exempel är formaldehyd som bl.a. används som desinfektionsmedel.



Figur 11.1. Några olika produkter och deras pH

För att få en känsla för hur pass frätande ämnen med olika pH är, kan man titta på några olika produkter som man stöter på i vardagen, se figur 11.1. Saften från en citron har ett pH som ligger ungefär på 2,0 och en Cola har ett pH-värde på ungefär 2,3. Det går alltså utmärkt att dricka en vätska med dessa pH-värden utan att få frätskador på slemhinnorna i munhåla och svalg (under förutsättning att den inte har andra farliga egenskaper). Någon större påverkan vid några minuters hudkontakt blir det inte heller. Hud är generellt sett mindre känslig än slemhinnor. Ögonen är däremot betydligt känsligare. Citronsaft i ögonen ger t.ex. upphov till kraftig sveda. Bikarbonatpulver är exempel på en basisk produkt. Det har ett pH på ungefär 8,3 om det löses i vatten. Flytande maskindiskmedel kan ha pH-värde upp till 14. När det späds med vatten i diskmaskinen hamnar man på ca 11-12.

För starka syror (t.ex. saltsyra, svavelsyra, salpetersyra) ligger pH under 0. För motsvarande baser (t.ex. natriumhydroxid, kaliumhydroxid) ligger pH över 14. Om man jämför koncentrerad saltsyra med citronsaft, kan man konstatera att det krävs att man späder en liter koncentrerad saltsyra med ca tusen liter vatten för att uppnå pH 2.

11.2 Koncentrerade syror och baser

När man anger en koncentration av en kemikalie i en vattenlösning menar man hur stor andel av kemikalien det finns i 100 gram av lösningen. Om man t.ex. blandar 20 gram vattenfri ättiksyra (isättika) med 80 gram vatten får man totalt 100 gram lösning. Genom att dela andelen ättiksyra med totala mängden lösning får vi koncentrationen $\frac{20}{100} = 0,20$. Koncentrationen blir alltså 20 %.

När man säger att en syra eller en bas är ”koncentrerad” menar man oftast att de innehåller ett minimum av vatten. Koncentrerad saltsyra, som är en lösning av gasen väteklorid i vatten, innehåller ca 36% väteklorid, vilket motsvarar den maximala mängden gas som kan lösas i vatten. Försöker man lösa mer kommer gasen att bubbla igenom utan att stanna kvar i lösningen. Koncentrerade lösningar av natrium- eller kaliumhydroxid, som är fasta ämnen, har en koncentration av ca

50 %. Det är inte möjligt att lösa mer av det fasta ämnet i vatten. Försöker man lösa mer lägger det sig på botten utan att lösa sig. När det gäller salpetersyra brukar den 65 %-iga lösningen dock benämnas som koncentrerad, trots att det går att tillverka salpetersyra med högre koncentration.

11.3 Märkning enligt ADR

Frätande ämnen är ämnen som, genom kemisk inverkan, orsakar oåterkalleliga skador på huden, eller, som vid läckage, kommer att väsentligt skada, eller till och med förstöra, annat gods eller transportmedlet. Ämnen som först vid kontakt med vatten bildar frätande vätskor eller med naturlig luftfuktighet utvecklar frätande ånga eller dimma omfattas också.


Begreppet frätande på hud avser upphov av irreversibel skada på huden, det vill säga synlig nekros (vävnadsdöd) genom epidermis (överhud) och i dermis (läderhud) som inträffar efter att huden exponerats för ett ämne eller en blandning.

(ADR 2.2.8.1.1-2)

Frätande ämnen märks med varningsetikett 8, se figur 11.2 samt exempel 11.1 och 11.2 sidan 67. Samma etikett används oavsett om ämnet är fast, flytande eller gasformigt.

Frätande fasta och flytande ämnen utan andra farliga egenskaper tilldelas farlighetsnummer 80 (frätande) eller 88 (starkt frätande). När det gäller frätande gaser märks de t.ex. med farlighetsnummer 268 (giftig, frätande gas) eftersom det i praktiken inte finns några gaser som enbart är frätande. Dubbla åttor förekommer inte för gaser. Farlighetsnumret tilldelas bland annat utifrån hur fort ämnet förorsakar irreversibel skada på intakt hudvävnad. Ett ämne med farlighetsnummer 88 orsakar irreversibel skada fortare än ett ämne med farlighetsnummer 80. Men även andra faktorer beaktas, till exempel vilka krav som ställs på tankbilen vid transport av ämnet. Två vanligt förekommande ämnen som har farlighetsnummer 80 men som skulle fått farlighetsnummer 88 om man bara tagit hänsyn till tiden för irreversibel skada är koncentrerad svavelsyra och koncentrerad salpetersyra. Inplaceringen görs på erfarenhetsunderlag, men som en fingervisning kan man ha att när nya ämnen ska tilldelas farlighetsnummer går skiljelinjen mellan 80 och 88 vid en exponeringstid av 3 min för irreversibel skada.

De flesta ämnen märkta med varningsetikett 8 är frätande på mänsklig hud men här finns även ämnen som enbart förstör ”annat gods”. Ett sådant exempel är metalliskt kvicksilver.

Varningsetiketter	Exempel på farlighetsnummer		
	268	80	88

Figur 11.2. Varningsetiketter och exempel på farlighetsnummer för frätande ämnen

Exempel 11.1. Märkning av ammoniaklösning (10-35 %) enligt ADR



	Frätande ämne
	Miljöfarligt ämne
80	Svagt frätande ämne

Exempel 11.2. Märkning av tryckkondenserad vattenfri ammoniak enligt ADR

	Giftig gas
	Frätande ämne
	Miljöfarligt ämne
268	Giftig och frätande gas



11.4 Märkning enligt CLP

Det finns två CLP-piktogram för frätande ämnen: *Frätande* och *Skadligt*, se figur 11.3 samt exempel 11.3 och 11.4 sidan 68. Faropiktogrammet *Frätande* motsvarar stort sett varningsetiketten för frätande ämnen i ADR, men med den skillnaden att man i CLP strikt går efter testkriterierna för vävnadsdöd på mänsklig hud respektive korrosiv effekt på metaller. Faropiktogrammet *Skadligt* används vid lindrigare effekter och saknar motsvarighet i ADR. Som framgår av figur 11.3 anger faroangivelserna om ämnet är frätande på metaller, hud och/eller ögon.



Faropiktogram	Faroangivelser
	H290 Kan vara korrosivt för metaller H314 Orsakar allvarliga frätskador på hud och ögon H318 Orsakar allvarliga ögonskador
	H315 Irriterar huden H319 Orsakar allvarlig ögonirritation

Figur 11.3. Faropiktogram och faroangivelser för frätande ämnen

Exempel 11.3. Märkning av ammoniaklösning (10-35 %) enligt CLP

	Orsakar allvarliga frätskador på hud och ögon (H314)
	Mycket giftigt för vattenlevande organismer (H400)

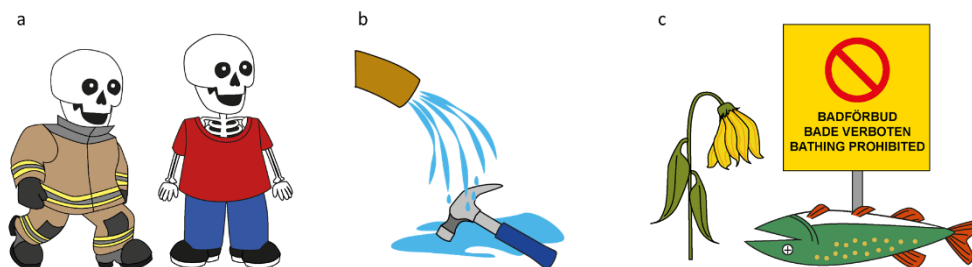
Exempel 11.4. Märkning av tryckkondenserad vattenfri ammoniak enligt CLP

	Innehåller gas under tryck. Kan explodera vid uppvärmning (H280)
	Brandfarlig gas (H221)
	Giftigt vid inandning (H331)

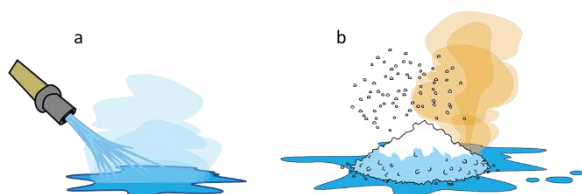
11.5 Risker med frätande ämnen

Risken med frätande ämnen är precis som med giftiga ämnen att människor, djur eller natur kommer till skada. Vid utsläpp av frätande vätskor ska man vara medveten om att även ångorna är frätande, och därmed kan ge skador t.ex. vid inandning. Frätande gaser och ångor från frätande vätskor tränger lätt genom

kläder och kan orsaka frätskador på huden. Detta gäller speciellt om ämnet är vattenlösligt då det löser upp sig på fuktiga delar av huden och får då en större frätande förmåga. Frätande ämnen kan också orsaka frätskador på egendom och material, t.ex. utrustning och förvaringskärl. Se figur 11.4.



Figur 11.4. Risker med frätande ämnen: (a) Frätskador på människor (personal och allmänhet), (b) frätskador på egendom, och (c) akut och långsiktig skada på miljön.



Figur 11.5. Fler risker med frätande ämnen: (a) värmeutveckling vid spädning kan inledningsvis ge ökad avångning, (b) kemisk reaktion.

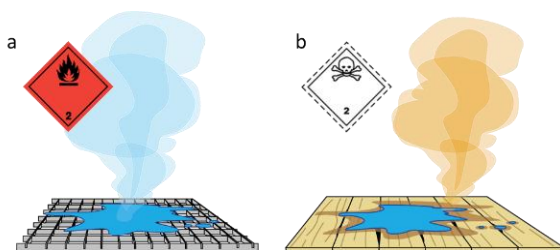
Det finns också vissa risker förknippade med spädning av syror, se figur 11.5. Ibland vill man späda en syra med vatten för att sänka avångningen eller mildra en kemisk reaktion med något annat ämne. När syror späds med vatten utvecklas mer eller mindre värme. Det innebär att man inledningsvis kan få en ökad avångning, men efterhand som vatten påförs sjunker temperaturen igen och avångningen minskar. För de flesta syror utgör detta inget större problem, om spädningen görs långsamt och kontrollerat. Man ska dock vara särskilt uppmärksam vid spädning av koncentrerad svavelsyra. Här kan temperaturen stiga upp till över 130 °C. Om vatten påförs för snabbt kan det förutom ökad avångning initialt också leda till kokning, stänk och aerosolbildning. Se även kapitel 16 *Kemisk reaktion*.

Frätande ämnen är oftast mycket reaktiva. De kan också reagera och bilda nya ämnen som har andra farliga egenskaper än de ämnen som reagerar, se figur 11.5b och nästa avsnitt.

11.5.1 Vanliga kemiska reaktioner med frätande ämnen

De flesta syror ger vätgas tillsammans med metaller, dock inte koppar. Ju mer finfördelad metallen är och ju högre koncentration syran har, desto fortare sker vätgasbildningen. Normalt frigörs vätgasen dock inte lika fort som t.ex. vid utsläpp av komprimerad vätgas. Därför utgör detta oftast ingen fara utomhus. Den bildade

gasen sprids fort med vinden och området med brännbar blandning blir väldigt litet. Inomhus kan det dock uppstå brännbar blandning med luft, speciellt vid dålig ventilation. Man ska då beakta att vätgas är en väldigt lättantändlig gas. En statisk gnista kan tända en luft/gas-blandning i hela brännbarhetsområdet.



Figur 11.6. Vanliga kemiska reaktioner med frätande ämnen: (a) många syror och baser ger brandfarlig vätgas tillsammans med många metaller (b) salpetersyra bildar giftiga nitrösa gaser med t.ex. metaller och trä.

Salpetersyra ger inte vätgas tillsammans med metaller. Här bildas istället mycket giftiga, men icke brännbara, nitrösa gaser. Det gäller även vid reaktion med koppar.

Basiska ämnen, som t.ex. ammoniak och natriumhydroxid, ger vätgas med zink och aluminium, men inte med järn och koppar.

En del syror reagerar med organiska material, t.ex. trä, och kan ge upphov till giftiga gaser. Det kan då också bli så varmt att spontan antändning kan ske. Ett exempel på detta är när salpetersyra reagerar med trä eller bark. Då bildas giftiga nitrösa gaser. Man ska därför ha som grundregel att inte använda organiska absorptionsmedel baserade på bark, sågspån etc., för att suga upp frätande ämnen.

11.6 Personlig skyddsutrustning

För frätande ämnen gäller samma tumregler som för giftiga ämnen vid arbete nära ett utsläpp:

- Skydda ögon och andningsorgan med andningsapparat eller filtermask.
- Använd stänkskydd eller vätsketät kemskyddsdräkt (typ 1a, 1b, 3 eller 4) vid direkt kontakt med vätskor eller fasta ämnen.
- Använd gastät dräkt (typ 1a eller 1b) vid utsläpp av gaser eller vätskor *inomhus* där höga koncentrationer av gas eller ånga kan förväntas.
- Använd gastät dräkt (typ 1a eller 1b) vid utsläpp av gaser *utombus i närheten av utsläppet* där höga koncentrationer av gasen kan förväntas.
- Komplettera med köldskydd vid utsläpp av kondenserad gas i vätskefas.
- Komplettera med apparatskydd (översköljningsskydd) om andningsapparaten bärs utanpå kemskyddsdräkten för att undvika frätskador på utrustningen.

Vattenlösningar och beslutsstöd

Ämnen som förekommer både i ren form och som vattenlösning har oftast två eller flera poster i beslutsstöden (MSB RIB, Farligt gods, etc.), en post för det rena ämnet och en eller flera poster för vattenlösningar i olika koncentrationer. Många gånger har det rena ämnet och vattenlösningarna också olika UN-nummer.

Exempel 1: Ammoniak förekommer både i form av vattenfri tryckkondenserad gas (UN 1005) och i form av vattenlösning (UN 2672). Vid en insats är det oerhört viktigt att ha klart för sig vilket det är frågan om. Vid läckage i en behållare med tryckkondenserad ammoniak har vi ett trycksatt kärl, och det blir ett utsläpp av gas eller aerosol, vilket kan ge stora riskavstånd. Vid läckage i en behållare med en ammoniaklösning blir riskavståndet normalt betydligt mindre. Här är det ångorna från vätskepoelen som avgör hur stort riskavståndet blir.

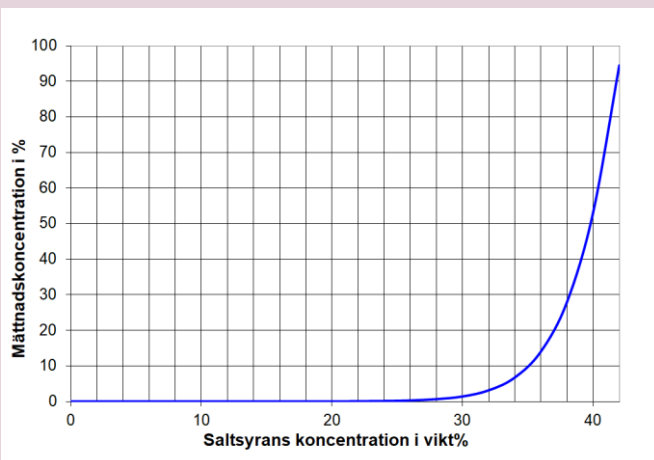
Exempel 2: Natriumhydroxid förekommer både som fast ämne (UN 1823) och som vattenlösning (UN 1824). Det fasta ämnet och vattenlösningen medför olika risker. Om det fasta ämnet dammar kan det vara skadligt vid ögonkontakt och inandning. Vattenlösningen kan ge frätande ångor och den kan penetrera genom branddräkten och skada huden.

Koncentration och mättnadskoncentration för saltsyra

Saltsyra är en lösning av gasen väteklorid i vatten. Den maximala lösligheten av gasen i vatten är ca 36%, och därför förekommer inte saltsyra med högre koncentration än så.

Mättnadskoncentrationen är kraftigt beroende av syrans koncentration. 36% syra har en mättnadskoncentration på 14 % (= 140000 ppm). KGV för saltsyra ligger på 4 ppm, och AEGL-3, 10 min (risk för dödsfall) ligger på 620 ppm. I en lokal där koncentrerad saltsyra spills ut når koncentrationerna alltså snabbt ohälsosamma nivåer.

Mättnadskoncentrationen sjunker dock snabbt vid utspädning med vatten. 32% syra har en mättnadskoncentration på 3,1%. Om 1 del syra späds med 3 delar vatten så att ca 9% syra erhålls, har mättnadskoncentrationen sjunkit till endast 0,0003 % (= 3 ppm), vilket ligger under KGV = 4 ppm.



Koncentration och mättnadskoncentration för svavelsyra

Av tillverkningstekniska skäl har koncentrerad svavelsyra en koncentration på ca 98%. Svavelsyra har vid rumstemperatur en väldigt låg mättnadskoncentration, endast ca 0,05 ppm. Detta värde ligger under såväl förnimbarhetsgränsen som de hygieniska gränsvärdena. Man kan alltså även vid ett spill inomhus gå in utan andningsskydd. Detta är dock inte tillrådligt eftersom reaktioner med t.ex. organiskt skräp på golvet kan ge giftiga gaser.

Mättnadskoncentrationen stiger emellertid brant vid ökad temperatur och redan vid 70 grader ligger den på 10 ppm vilket ger en kraftig retning av andningsorganen. Vid spädning av svavelsyra med vatten kan temperaturen stiga till upp mot 150 grader. Visserligen minskar alltid mättnadskoncentrationen vid spädning med vatten, men den kraftigt ökande temperaturen gör att summaeffekten blir en *ökning* av mättnadskoncentrationen så länge syran är het. Vid avsvälning sjunker värdet till under det ursprungliga.

Koncentration och mättnadskoncentration för salpetersyra

Av tillverkningstekniska skäl har koncentrerad salpetersyra en koncentration på ca 68%.

För salpetersyra ligger gränsvärdena för inandning också långt under mättnadskoncentrationen vilket gör att riskerna med ångorna måste beaktas. Även här minskar mättnadskoncentrationen betydligt vid utspädning.

Koncentration och mättnadskoncentration för natriumhydroxid och kaliumhydroxid

Natriumhydroxid och kaliumhydroxid är fasta ämnen som ger basiska vattenlösningar. Lösligheten i vatten ligger för båda dessa ämnen strax över 50%. Vattenlösningarna kallas ibland natronlut respektive kalilut eller enbart "lut".

Som i de flesta fall när man har en lösning av ett fast ämne i vatten, är mättnadskoncentrationen av det lösta ämnet försumbar. Om man t.ex. löser koksalt i vatten och låter lösningen stå, kommer så småningom allt vatten att ha avdunstat medan saltet ligger kvar i kärlet.

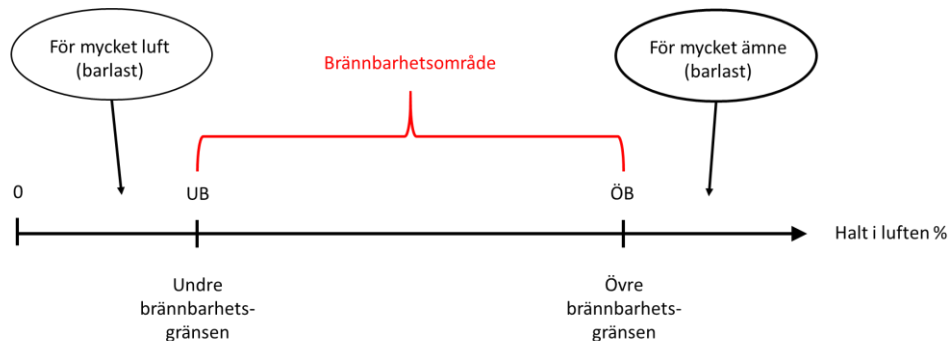
Försök med ammoniak på MSB: s övningsområde i Revinge

De hygieniska gränsvärden som anges i t.ex. MSB RIB avser alla inandning. Det finns inga hygieniska gränsvärden eller andra gränsvärden för upptag via huden. Huden tål dock betydligt högre koncentrationer än andningsorganen. Som exempel kan ges att i Revinge hade vi under många år en övning där man gick in i en container med ammoniakgas iklädd branddräkt och andningsapparat i ca 10 minuter. Erfarenheterna härifrån ger att vid ca 5000 ppm är påverkan på huden obefintlig. När man kommer upp över ca 10000 ppm kan man få lite sveda på känsliga hudpartier t.ex. i armhålorna. Dessa effekter var emellertid snabbt övergående. Dessa koncentrationer kan då jämföras med AEGL-2, 10 min (risk för allvarliga effekter) för inandning, som ligger på 220 ppm. Det krävs alltså betydligt högre koncentrationer i luften för att åstadkomma skador genom upptag via huden jämfört med via inandning.

Försöken gjordes med ammoniak, men samma sak gäller för andra gaser och ångor.

12 Brandfarliga gaser

Många brandfarliga gaser används som bränsle, t.ex. LNG (Liquified Natural Gas), gasol och vätgas, och inom industrin, t.ex. vätgas, metan, etan, eten, och så vidare. Andra typiska användningsområden är köldmedium (t.ex. etan och propan), drivgas i sprayflaskor (t.ex. propan och butan) och vid svetsning och gasskärning (t.ex. acetylen och propan).



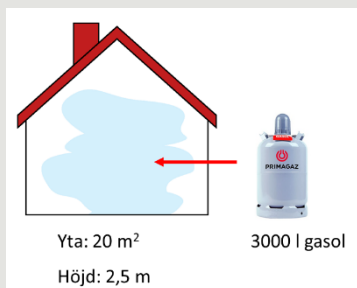
Figur 12.1. Brännbarhetsområdet, undre brännbarhetsgräns (UB) och övre brännbarhetsgräns (ÖB)

För att en brandfarlig gas ska börja brinna krävs att det finns en brännbar blandning, d.v.s. rätt förhållande mellan gas och luft, se figur 12.1. Om koncentrationen av gasen är för låg kommer luften fungera som termisk barlast och förhindra att gasen börjar brinna. Om koncentrationen av gasen istället är för hög kommer gasen fungera som termisk barlast och förhindra att det börjar brinna. Koncentrationer däremellan kallas för brännbarhetsområdet. Den undre gränsen för brännbarhetsområdet kallas för undre brännbarhetsgränsen (UB) och den övre kallas för övre brännbarhetsgränsen (ÖB). (Gränserna benämns Lower Explosion Limit (LEL) och Upper Explosion Limit (UEL) på engelska). Vid ideal blandning (IB) är gasens koncentration sådan att all gas förbränns och allt syre förbrukas vid en antändning, d.v.s. vare sig gas eller syre finns i överskott. Se även exempel 12.1 sidan 75.

För att den brännbara blandningen ska antändas krävs också att det finns någon form av tändkälla. Olika gaser kräver olika hög tändenergi. Tre gaser som kräver väldigt liten tändenergi bör noteras: vätgas, acetylen och eten. Det räcker med en statisk gnista orsakad av en uppladdad människa för att tända dessa gaser i hela brännbarhetsområdet. En uppladdad människa kan dock tända alla brännbara gaser om gas/luft-blandningens sammansättning ligger tillräckligt nära ideal blandning.

Vid mycket höga temperaturer kan gasen självantända. Det betyder att gasen har så hög energi att det inte ens behövs en tändkälla för att den ska börja brinna. Självantändning kan ske om temperaturen är högre än den *termiska tändpunkten*. Den termiska tändpunkten är en specifik egenskap för ämnet precis som kokpunkt och fryspunkt.

Exempel 12.1 Är det brännbar blandning i rummet?



I ett rum på 20 m² har 3000 liter gasol läckt ut. Det motsvarar ungefär en halv flaska av typen P11. Takhöjden i rummet är 2,5 meter. För att ta reda på om det är brännbar blandning i rummet behöver vi veta rummets volym och gasens volym. Volymerna måste anges i samma enhet:

$$\text{Gasens volym} = 3000 \text{ liter} = 3 \text{ m}^3$$

$$\text{Rummets volym} = 20 \text{ m}^2 \times 2,5 \text{ m} = 50 \text{ m}^3$$

Om vi antar att gasolen fördelar sig jämnt i rummet kan vi beräkna gasens koncentration:

$$\text{Gasens koncentration} = \frac{\text{Gasens volym}}{\text{Rummets volym}} = \frac{3}{50} = 0,06 = 6\%$$

Brännbarhetsområdet för gasol är 1,7 till 10,1 vol%. Alltså kan vi räkna med att det är brännbar blandning i rummet.

Observera att en beräkning av koncentrationen endast ger en fingervisning om huruvida det är brännbar blandning i lokalen! Även om beräkningen hade gett ett värde under UB, kan koncentrationen vara högre lokalt beroende på luftomsättning, densitetstal, etc.

12.1 Märkning enligt ADR

Brandfarliga gaser är gaser som vid 20 °C och normaltrycket 101,3 kPa:

(a) har en undre brännbarhetsgräns på högst 13 volymprocent, eller

(b) har ett brännbarhetsområde i luft om minst 12 procentenheter oberoende av den undre brännbarhetsgränsen. (ADR 2.2.2.1.5)

Brandfarliga gaser märks med varningsetikett 2.1, se figur 12.2 och exempel 12.2 sidan 76. Brandfarliga gaser utan andra farliga egenskaper tilldelas farlighetsnummer 23. Dubbla treor förekommer inte.


Varningsetiketter	Exempel på farlighetsnummer
-------------------	-----------------------------



23


Figur 12.2. Varningsetiketter och exempel på farlighetsnummer för brandfarliga gaser

Exempel 12.2. Märkning av tryckkondenserad propan enligt ADR

	Brandfarlig gas
23	Brandfarlig gas



12.2 Märkning enligt CLP

Brandfarliga gaser märks med faropiktogrammet ”Brandfarligt” i kombination med faropiktogrammet *Gaser under tryck*, se figur 12.3 och exempel 12.3 sidan 77. Det finns två faroangivelser, *Extremt brandfarlig gas* (H220) och *Brandfarlig gas* (H221). De allra flesta brandfarliga gaser har faroangivelsen H220. Det är stort sett bara ammoniak som har H221, se faktarutan om ammoniak sidan 78.

Faropiktogram	Faroangivelser
	Extremt brandfarlig gas (H220)
Inget piktogram	Brandfarlig gas (H221)

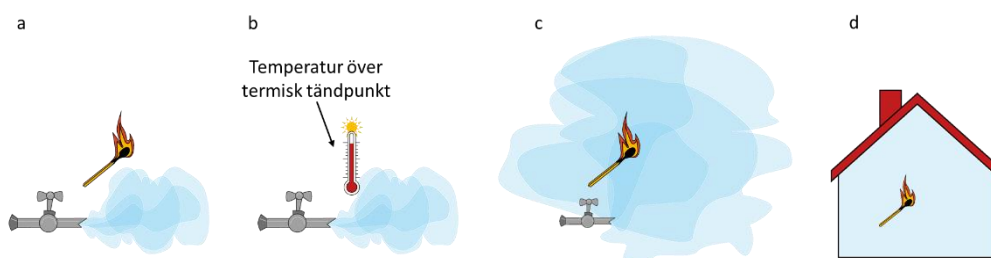
Figur 12.3. Faropiktogram och faroangivelser för brandfarliga gaser

Exempel 12.3. Märkning av tryckkondenserad propan enligt CLP

	Innehåller gas under tryck. Kan explodera vid uppvärmning (H280)
	Extremt brandfarlig gas (H220)

12.3 Risker med brandfarliga gaser

Risken med brandfarliga gaser är att de antänds och börjar brinna. För att gasen ska kunna antändas krävs att koncentrationen ligger inom brännbarhetsområdet. Gasblandningen kan antändas, antingen av en tändkälla, eller genom att temperaturen ligger över den termiska tändpunkten, se figur 12.4.



Figur 12.4. Risker med brandfarliga gaser: (a) antändning med tändkälla (b) självantändning vid temperaturer över den termiska tändpunkten (c) gasmolnsexplosion, (d) explosion vid antändning av gas i ett slutet utrymme. För att antändning ska ske krävs brännbar blandning.

Själva antändningen är en snabb process där stora mängder energi frigörs och strålningsvärme genereras. Om antändningen sker i ett slutet utrymme, t.ex. en tank eller en byggnad, kommer detta generera en tryckuppbyggnad, som kan leda till explosion med tryckvåg och splitter till följd, då t.ex. fönster, dörrar och även väggar blåser ut. Här kan det bli frågan om stora riskavstånd. Även utomhus kan det finnas risk för explosionsartad förbränning. Om situationen är sådan att ett gasmoln antänds, kan gasmolnet att expandera väldigt fort och det genereras en tryckvåg förutom värmestrålningen. Ett gasmoln kan t.ex. byggas upp genom att stora mängder gas släpps ut på kort tid, genom att en gas läcker ut i ett halvslutet utrymme som ett öppet garage eller liknande, eller genom att det är fråga om en tung gas som kryper längs marken.

Vid olyckor med lagrade gaser finns risk för kärlsprängning om behållaren utsätts för värmepåverkan och eventuellt köldskador vid läckage av kondenserad gas, se kapitel 6. *Lagrade gaser* och kapitel 7. *Läckage av kondenserade gaser*.

Lite om ammoniak och brandfarlighet

Ammoniak är inte klassad som brandfarlig i ADR. I CLP är ammoniak klassad i den lägre kategorin för brandfarliga gaser och har faroangivelsen *H221 Brandfarlig gas*, utan faropiktogram. Detta kan tyckas motsägelsefullt, med tanke på att brännbarhetsområdet ligger mellan 15 och 28 %.

Ammoniak skiljer sig från många andra brännbara ämnen, genom att det krävs en väldigt hög tändenergi för att antända en ammoniak/luft-blandning. Man måste också vara nära ideal blandning (21 %) för att antändning ska ske. Detta innebär att man i stort sett kan bortse från antändningsrisken utomhus, medan antändning kan ske inomhus om koncentrationen ligger nära ideal blandning och det finns en kraftig tändkälla (ej statisk elektricitet).

Eftersom ideal blandning ligger på 21% och UB ligger på 15% är oftast relativt lätt att ventilera ut så att koncentrationen sjunker ner under UB. Om en tändning trots allt skulle ske, är brandförloppet betydligt långsammare än vid t.ex. antändning av gasol. Trycket kan därför avlastas via öppna dörrar och fönster på ett helt annat sätt än vid en tändning av naturgas eller gasol m.m.

12.4 Personlig skyddsutrustning

Följande tumregel gäller vid utsläpp av brandfarliga gaser:

- Använd branddräkt och andningsapparat vid risk för antändning.

Vid risk för explosion (tryckvåg och splitter) finns oftast inte någon personlig skyddsutrustning att tillgå, förutom hjälm och andningsmask eller skyddsglasögon). Man kan därför behöva använda sig av andra medel, som t.ex. restriktioner eller att ta skydd bakom byggnader etc.

13 Brandfarliga vätskor

Brandfarliga vätskor förekommer på många ställen i samhället. Bensin, diesel, samt E85 och ED95 (etanolbaserade bränslen) är vanliga drivmedel i fordon. Dessa ämnen utgör en väldigt stor del av alla farligt gods-transporter på väg. Brandfarliga lösningsmedel, t.ex. etanol, aceton, etylacetat och isopropanol, är vanliga i kemisk processindustri. Inom plast- och färgindustrin används t.ex. akrylnitril, allylklorid, koldisulfid och propenoxid som råvaror. En del bekämpningsmedel och desinfektionsmedel är också brandfarliga, t.ex. epiklorhydrin, vätecyanid (cyanväte), metanol, etanol och isopropanol.

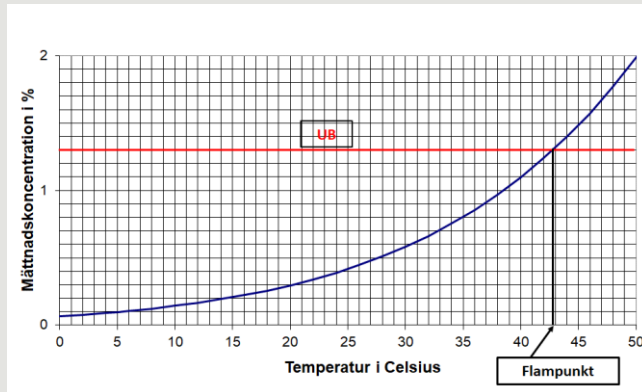
När en vätska brinner är det egentligen inte själva vätskan som brinner utan de ångor som den avger. Om strålningsvärmen från de antända ångorna genererar nya ångor i tillräckligt snabb takt, kommer branden att fortgå. I vardagligt tal säger man då att vätskan brinner.

En ånga/luft blandning är bara brännbar om koncentrationen av ånga i luften ligger mellan UB och ÖB, d.v.s. inom brännbarhetsområdet. För att en sådan blandning ska kunna bildas måste vätskans *mättnadskoncentration* ligga över UB. Mättnadskoncentration är den högsta koncentration som ångorna kan ha vid en viss temperatur, se avsnitt 8.1 *Mättnadskoncentration*. Mättnadskoncentrationen är temperaturberoende och ökar med ökande temperatur. Vid en viss temperatur kommer mättnadskoncentrationen vara så hög att den når upp till UB. Denna temperatur är den lägsta temperatur då en vätska avger ångor som bildar en antändbar blandning med luft. Denna temperatur kallas för vätskans *flampunkt*, se exempel 13.1 sidan 80. Flampunkten är en specifik egenskap för varje vätska precis som kokpunkt, fryspunkt och termisk tändpunkt.

När det gäller brandfarliga vätskor behöver man alltså inte räkna fram koncentrationen i rummet för att veta om det kan finnas brännbar blandning. Det räcker att jämföra vätskans temperatur med vätskans flampunkt. Om temperaturen är *högre* än flampunkten kan det finnas brännbar blandning, se exempel 13.2 sidan 80.

I praktiken brukar man använda en säkerhetsmarginal och betrakta vätskan som antändningsbar vid temperaturer som är något lägre än flampunkten. En säkerhetsmarginal på ca 5 °C tar höjd för att det finns en viss felmarginal i själva flampunktsbestämningen [ref. 10]. Vissa produkter består av blandningar av olika ämnen (t.ex. bensin, diesel, etc.). Flampunkten för sådana produkter varierar med sammansättningen. I beslutsstöden, t.ex. MSB RIB, anges flampunkten därför ofta som ett intervall. För sådana produkter kan man behöva öka säkerhetsmarginalen upp till 15 °C [ref. 10].

Exempel 13.1. Mättnadskoncentration och flampunkt för 1-pentanol

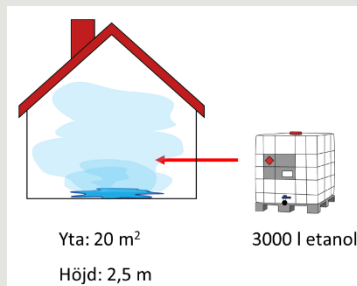


Undre brännbarhetsgränsen (UB) för 1-pentanol är 1,3 vol%.

Vid 20 °C är mättnadskoncentrationen för 1-pentanol 0,3 vol%. Det innebär att ångorna från 1-pentanol inte kan antändas vid rumstemperatur.

Om temperaturen på vätskan höjs till 43 °C ökar mättnadskoncentration till 1,3 %, d.v.s. är precis lika med UB. Eftersom detta är den lägsta temperatur där ångorna kan antändas är vätskans flampunkt alltså 43 °C.

Exempel 13.2 Är det brännbar blandning i rummet?



I ett rum på 20 m² har 3000 liter etanol läckt ut ur en IBC-behållare. Takhöjden i rummet är 2,5 meter. Temperaturen i rummet är 20 °C. För att ta reda på om det är brännbar blandning i rummet behöver vi veta något om vätskans temperatur och vad etanol har för flampunkt:

- Vätskans temperatur är samma som rumstemperaturen, d.v.s. 20 °C.
- Flampunkten för etanol är 13 °C.

Vätskans temperatur är *högre* än flampunkten. Det innebär att mättnadskoncentrationen vid 20 °C är *högre* än UB. Alltså kan vi räkna med att det är brännbar blandning i rummet.

I själva verket är mättnadskoncentrationen för etanol 5,6 vol% vid 20 °C och UB är 3,3 vol%.

De flesta vätskor antänds vid tillräckligt hög temperatur och är därför i någon mening brännbara. Men när vi här pratar om en brandfarlig vätska, avser vi en vätska som har en flampunkt under 60 °C, vilket är den gemensamma definitionen i ADR och CLP. Med andra ord, om det krävs högre temperaturer än 60 °C för att vätskan ska kunna antändas, räknas vätskan inte som brandfarlig enligt ADR och CLP. Observera dock att i föreskriften MSBFS 2010:4, som sorterar under *Lagen (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor (LBE)*, definieras brandfarliga vätskor enligt andra kriterier, [ref. 11].

13.1 Märkning enligt ADR

Ämnesklass 3 omfattar sådana ämnen som är vätskor vid 20 °C och 101,3 kPa, och har en flampunkt på högst 60 °C (ADR 2.2.3.1.1). Observera att texten är förenklad jämfört med ordalydelsen i ADR.

Brandfarliga vätskor märks med varningsetikett 3, se figur 13.1 och exempel 13.3. Observera att brandfarliga gaser har en snarlik etikett. Endast siffran 3 skiljer etiketten från brandfarlig gas som är märkt med en 2:a. En brandfarlig vätska utan andra farliga egenskaper tilldelas farlighetsnummer 30 eller 33. Om flampunkten ligger mellan 23 och 60 °C blir farlighetsnumret 30. Om flampunkten ligger under 23 °C, blir farlighetsnumret 33. Vätskor med flampunkt över 60 °C klassificeras inte som brandfarliga i ADR. Diesel (UN 1202) utgör ett undantag och klassificeras som en brandfarlig vätska med farlighetsnummer 30 upp till en flampunkt på 100 °C.

Varningsetiketter	Exempel på farlighetsnummer
	<p>30 Flampunkt: 23 till 60 °C</p>
	<p>33 Flampunkt <23 °C</p>


Figur 13.1. Varningsetiketter och exempel på farlighetsnummer för brandfarliga vätskor

Exempel 13.3. Märkning av acetaldehyd enligt ADR	
	Brandfarlig vätska
33	Mycket brandfarlig vätska

13.2 Märkning enligt CLP

Brandfarliga vätskor märks med faropiktogrammet ”Brandfarligt”, se figur 13.2 och exempel 13.4. Det finns tre faroangivelser: *Extremt brandfarlig vätska och ånga* samt *Mycket brandfarlig vätska och ånga* motsvarar farlighetsnummer 33 i ADR, och *Brandfarlig vätska och ånga* motsvarar farlighetsnummer 30.

Diesel (UN 1202) med en flampunkt upp till 75 °C är precis som i ADR ett undantag, och får (men måste inte) märkas med faropiktogrammet ”brandfarligt” och faroangivelsen *Brandfarlig vätska och ånga*.

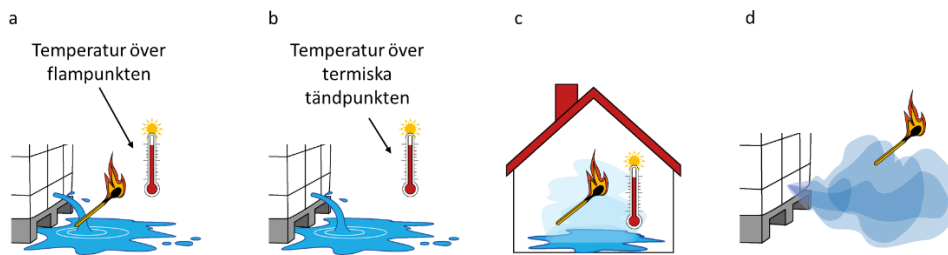
Faropiktogram	Faroangivelser (kod inom parentes)
	Extremt brandfarlig vätska och ånga (H224) Mycket brandfarlig vätska och ånga (H225) Brandfarlig vätska och ånga (H226)

Figur 13.2. Faropiktogram och faroangivelser för brandfarliga vätskor

Exempel 13.4. Märkning av acetaldehyd enligt CLP	
	H224 Extremt brandfarlig vätska och ånga
	H319 Orsakar allvarlig ögonirritation H335 Kan orsaka irritation i luftvägarna
	H351 Misstänks kunna orsaka cancer

13.3 Risker med brandfarliga vätskor

Risken med brandfarliga vätskor är att de kan avge ångor som antänds och börjar brinna. Precis som för brandfarliga gaser, krävs brännbar blandning och en tändkälla för att antändningen ska ske, eller att vätskan självantänder, se figur 13.3a sidan 83. Brännbar blandning kan uppnås om vätskans temperatur är högre än flampunkten. I praktiken brukar man dock räkna med en säkerhetsmarginal, se sidan 79.



Figur 13.3. Risker med brandfarliga vätskor: (a) antändning med tändkälla vid temperatur över flampunkten (b) självantändning vid temperaturer över den termiska tändpunkten (c) antändning av aerosolmoln, (d) explosion vid antändning av ångor i ett slutet utrymme.

Om vätskans temperatur är högre än den termiska tändpunkten kan vätskan självantända, se figur 13.3b. En sådan situation kan t.ex. uppkomma vid trafikolyckor. Ett avgasrör kan vara ungefär 550 grader varmt, och vissa motordelar, som t.ex. katalysatorn, kan bli så varma som 800 grader. Mer om tändkällor och självantändning finns att läsa i kapitel 12. *Brandfarliga gaser*.

Om utsläppet sker utomhus, och vätskans temperatur ligger över flampunkten, kan man räkna med att det finns brännbar blandning i närheten av pölens yta. Koncentrationen avtar sedan snabbt med avståndet från pölen. Om ångorna ovanför pölen antänds, sker först en snabb process där stora mängder energi frigörs och strålningsvärme genereras. Men eftersom koncentrationen är måttlig utomhus, och eftersom det inte blir någon tryckuppbyggnad i utomhusmiljön, kommer antändningen snart att övergå i ett lugnare brandförlopp.

Om utsläppet däremot sker inomhus, kan det finnas risk för explosion, se figur 13c. Om pölens avdunstningsyta och volymen på utsläppet är tillräckligt stort kan det finnas brännbar blandning hela lokalen. Om dessa ångor antänds, kan man räkna med ett explosionsartat antändningsförlopp, med tryckvåg och splitter till följd, då t.ex. fönster, dörrar och även väggar blåser ut. Men man kan också tänka sig en situation med ett mindre vätskeutsläpp inomhus, där brännbar blandning bara uppnås vid pölytan, precis som i fallet utomhus. En antändning av dessa ångor leder inte nödvändigtvis till tryckuppbyggnad och explosion. Pölen kan också torka ut innan koncentrationen i lokalen har nått upp till den undre brännbarhetsgränsen. Då kan ångorna inte antändas alls. Eller så är koncentrationen i lokalen så hög att den ligger *över* den övre brännbarhetsgränsen, och ångorna kan inte antändas av den anledningen. I praktiken räcker det dock att en dörr öppnas för att ångorna ska spädas ut och att det någonstans ska finnas en region där koncentrationen hamnar inom brännbarhetsområdet och där antändning kan ske.

Ytterligare en situation som kan uppkomma är antändning av brandfarliga ångor i en sluten behållare. Om vätskans temperatur ligger över flampunkten, kan två situationer uppstå:

- Mättnadskoncentrationen för ämnet ligger *inom* brännbarhetsområdet. Ångorna inuti behållaren kan antändas (gäller t.ex. etanol vid 20 °C). Man

kan tänka sig ett scenario där en liten reva har uppstått i gasfasen varvid brännbara ångor läcker ut. Om dessa antänds kan lågan propagera in i behållaren. Detta leder i bästa fall till en eldkvast ut genom revan och i sämsta fall till att hela behållaren exploderar.

- Mättnadskoncentrationen för ämnet ligger *över* brännbarhetsområdet (gäller t.ex. bensin vid 20 °C). Ångorna inuti behållaren kan inte antändas.

Om den brandfarliga vätskan förekommer i form av ett aerosolmoln kan antändning ske även om omgivningens temperatur ligger under flampunkten, se figur 13.3d sidan 83. Ett aerosolmoln består av en dimma av mycket små vätskedroppar. Eftersom vätskedropparna är så små, krävs det inte särskilt mycket energi för att värma upp och förånga dem. Det gör att de kan antändas även om temperaturen ligger under flampunkten. Detta ska dock inte tolkas som att mättnadskoncentration eller flampunkt förändras, utan fenomenet beror på att tändkällans värme inte leds bort lika effektivt som om man försöker tända vätskan i sin ursprungliga form. Av samma anledning går det också väldigt fort när ett aerosolmoln antänds, vilket i sin tur kan ge upphov till en tryckvåg.

En brännbar vätska uppsugen i ett absorptionsmedel (eller i en branddräkt, se nästa avsnitt) kan också antändas även om vätskans temperatur är under flampunkten. Avledningen av värmen från tändkällan försämras och man får en lokal upphettning till en temperatur över flampunkten.

13.4 Personlig Skyddsutrustning

Följande tumregler gäller vid arbete nära utsläpp med brandfarliga vätskor:

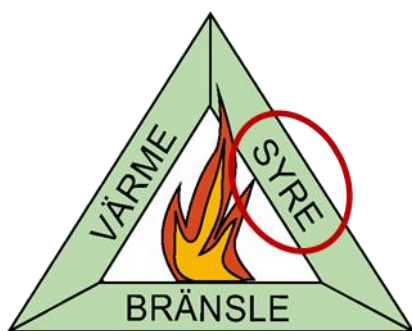
- Använd branddräkt och andningsapparat vid risk för antändning.
- Använd stänk- eller vätsketät kemskyddsdräkt (typ 1a, 3 eller 4) vid direkt kontakt med vätskor.

Vid risk för explosion (tryckvåg och splitter) finns oftast inte någon personlig skyddsutrustning att tillgå, förutom hjälm och andningsmask eller skyddsglasögon. Man kan därför behöva använda sig av andra medel, som t.ex. restriktioner eller att ta skydd bakom byggnader etc.

14 Oxiderande ämnen

Ett av de vanligaste oxiderande ämnena är syrgas. Det används i många olika sammanhang inom industrin, och t.ex. på sjukhus. Andra exempel är väteperoxid som t.ex. används vid desinfektion, och kalciumhypoklorit som t.ex. används för att rena vatten i badhus.

De flesta oxiderande ämnen är ämnen som innehåller ett överskott av syreatomer. Det gör att oxiderande ämnen lätt reagerar med andra ämnen. De fungerar också som syresättare vid brand, och man säger därför att de är *brandunderstödjande*, se figur 14.1. Det finns även syrefria oxiderande ämnen (t.ex. klorgas). Oxiderande ämnen är inte brännbara i sig. De kan inte brinna i luft. För att en brand ska uppstå måste det finnas ett brännbart eller ett potentiellt brännbart ämne involverat. Ofta får branden en intensiv vit låga och man hör ett sprakande ljud.




Figur 14.1. Oxiderande ämnen innehåller (oftast) syre men inget bränsle. Oxiderande ämnen är därför brandunderstödjande men inte brännbara i sig.

14.1 Märkning enligt ADR

Oxiderande ämnen omfattar ämnen som inte nödvändigtvis är brännbara, men som kan orsaka brand eller underhålla brand hos andra ämnen, oftast genom att avge syre, samt föremål som innehåller sådana ämnen. (ADR 2.2.51.1.1)



I ADR görs klassificeringen av oxiderande ämnen utifrån dess brandunderstödjande effekt. Klassificeringen görs genom att studera hur ämnet påverkar brand i cellulosa. Ju fortare cellulosan brinner, desto högre oxiderande effekt har ämnet. Till oxiderande gaser räknas gaser som bidrar till högre förbränningshastighet jämfört med förbränning i ren luft.

Oxiderande ämnen märks med varningsetikett 5.1, se figur 14.2 och exempel 14.1 sidan 86. Etiketten gäller både för gaser, vätskor och fasta ämnen. Oxiderande ämnen utan andra farliga egenskaper tilldelas farlighetsnummer 50 (oxiderande) eller 55 (starkt oxiderande). En oxiderande gas utan andra farliga egenskaper tilldelas farlighetsnummer 25. Dubbla femmor förekommer inte för gaser.

Varningsetiketter	Exempel på farlighetsnummer		
	25	50	55


Figur 14.2. Varningsetiketter och exempel på farlighetsnummer för oxiderande ämnen

Exempel 14.1. Märkning av komprimerad syrgas enligt ADR

	Icke brandfarlig, icke giftig gas
	Oxiderande ämne
25	Oxiderande gas



14.2 Märkning enligt CLP

Kriterierna för oxiderande ämnen är samma i CLP som i ADR. Det finns ett gemensamt faropiktogram för oxiderande ämnen, se figur 14.3. För gaser finns endast en faroangivelse, medan det för vätskor och fasta ämnen finns två stycken som används beroende på hur starkt oxiderande ämnet är. Gaserna kan skiljas från fasta och flytande ämnen genom att gasen även märks med faropiktogrammet *Gaser under tryck*, se exempel 14.2 sidan 87.

Faropiktogram	Faroangivelser (kod inom parentes)
	<p>Gaser Kan orsaka eller intensifiera brand. Oxiderande (H270)</p> <p>Flytande och fasta ämnen Kan orsaka brand eller explosion. Starkt oxiderande (H271) Kan intensifiera brand. Oxiderande (H272)</p>

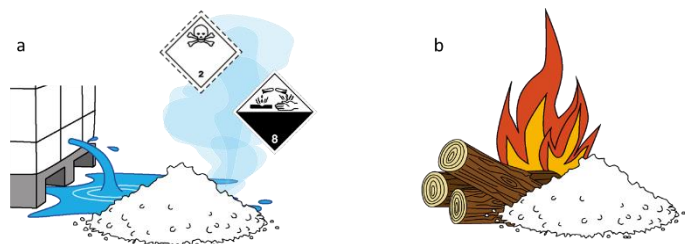
Figur 14.3. Faropiktogram och faroangivelser för oxiderande ämnen

Exempel 14.2. Märkning av komprimerad syrgas enligt CLP

	Innehåller gas under tryck. Kan explodera vid uppvärmning (H280)
	Kan orsaka eller intensifiera brand. Oxiderande (H270)

14.3 Risker med oxiderande ämnen

Oxiderande ämnen är reaktiva och brandunderstödjande, vilket medför tre huvudsakliga risker: oönskad kemisk reaktion med andra ämnen, antändning av brännbart material och intensifiering av brand, se figur 14.4.



Figur 14.4. Risker med oxiderande ämnen: (a) oönskad kemisk reaktion, (b) antändning av brännbart material och intensifierad brand.

Även om det oxiderande ämnet varken är giftigt eller frätande i sig, kan det utvecklas giftiga och frätande gaser om ämnet kommer i kontakt med andra ämnen. Ett exempel är när det oxiderande ämnet kaliumpermanganat reagerar med saltsyra, som är obrännbart. Då bildas den giftiga gasen klorgas.

Om ett oxiderande ämne reagerar med ett brännbart material kan det brännbara materialet självantända. Normalt när man talar om brand, menar man att det brännbara materialet reagerar med luftens syre, men här är det alltså en reaktion med det oxiderande ämnet. Självantändningen kan ske vid temperaturer långt under den termiska tändpunkten, eftersom den termiska tändpunkten är bestämd utifrån materialets reaktion med luftens syre och alltså inte gäller för denna situation. Av denna anledning ska man inte använda organiska absorptionsmedel, t.ex. bark, sågspån etc., för att samla upp oxiderande vätskor, eftersom det i värsta fall kan leda till självantändning. Även flampunkten för brandfarliga vätskor fastställs utifrån ämnets reaktion med luftens syre. Det innebär på motsvarande sätt att brandfarliga vätskor kan antändas trots att temperaturen är lägre än flampunkten för vätskan. Observera att även material som vi normalt inte betraktar som brännbara kan antändas eller självantända vid kontakt med oxiderande ämnen.

Brandförloppet kan påverkas på flera olika sätt vid närvaro av oxiderande ämne. Först och främst kan branden intensifieras genom tillförsel av extra syre, vilket ger en högre effektutveckling. Det behöver totalt sett inte innebära att mer energi frigörs i brandförloppet, men energin frigörs under en kortare tid, och därmed fås högre effektutveckling. Om brandförloppet blir tillräckligt snabbt kan det övergå i en explosion. En vit låga och ett knastrande ljud är tecken som tyder på att ett oxiderande ämne är involverat i en brand och ska tas som ett varningstecken, speciellt vid en större brand där oxiderande ämnen finns närvarande i större mängder.

14.4 Personlig skyddsutrustning

Följande tumregler gäller vid arbete nära utsläpp med oxiderande ämnen:

- Använd branddräkt och andningsapparat vid risk för antändning.
- Använd stänk- eller vätsketät kemskyddsdräkt (typ 1a, 1b, 3 eller 4) vid direkt kontakt med vätska eller fast ämne.
- Använd gastät dräkt (typ 1a eller 1b) vid höga koncentrationer av gas eller ånga.
- Komplettera med översköljningsskydd eller köldskydd vid behov.

Vid risk för explosion (tryckvåg och splitter) finns oftast inte någon personlig skyddsutrustning att tillgå, förutom hjälm och andningsmask eller skyddsglasögon. Man kan därför behöva använda sig av andra medel, som t.ex. restriktioner eller att ta skydd bakom byggnader etc.

Antändning av diesel vid temperaturer under flampunkten

Vid en olycka 1988 på E18 inom Köpings kommun totalförstördes en lastbil efter en explosion som följde på en kollision mellan en tankbil lastad med det fasta oxiderande ämnet natriumklorat och en lastbil. Flera ton natriumklorat hade före explosionen runnit ut på vägbanan och där blandats med hundratals liter diesel från drivmedelstanken. Här blev det en omfattande explosion eftersom det rörde sig om stora mängder av både brandfarligt ämne och av oxiderande ämne.

Lite om väteperoxid

Väteperoxid används som blekmedel inom industrin, huvudsakligen för pappersmassa. Det används också som drivmedel till raketer och turbiner.

Väteperoxid skiljer sig från "vanliga" oxiderande ämnen genom att den kan sönderfalla spontant. Vid sönderfall bildas syrgas och vatten. Detta sönderfall kan t.ex. utlösas av små mängder föroreningar eller av för lågt eller för högt pH-värde. Vid sönderfallet utvecklas värme vilket leder till en temperaturhöjning. Detta leder i sin tur till att sönderfallshastigheten ökar, vilket ger ytterligare temperaturhöjning o.s.v. Processen kan starta långsamt men ökar så småningom i hastighet. När temperaturen nått strax över 100 grader förångas även det bildade vattnet och den återstående väteperoxiden vilket leder till ytterligare gasbildning.

Om väteperoxiden befinner sig i en sluten behållare kan sönderfallet leda till kärlsprängning. Det är inte möjligt att ha säkerhetsventiler eller liknande med en kapacitet som är så stor att de kan avlasta ett långt gånget sönderfall.


Se även avsnitt 16.2 Sönderfall och polymerisering.

15 Icke giftiga icke brandfarliga gaser

I ADR definieras en grupp av gaser som ”icke giftiga, icke brandfarliga”. Det finns inga specifika kriterier som ska uppfyllas, förutom att gaserna inte får vara giftiga eller brandfarliga. Typiska gaser som hör den denna grupp är luft, syrgas, kvävgas och koldioxid. Dessa gaser är vanligt förekommande på t.ex. laboratorier och på sjukhus. Flytande kväve används exempelvis för att kyla olika delar i utrustningen och syrgas och lustgas för inandning. Många av dessa gaser, t.ex. kvävgas, är relativt inerta, vilket betyder att de inte gärna reagerar med andra ämnen.


15.1 Märkning enligt ADR och CLP

Icke giftiga, icke brandfarliga gaser märks med varningsetikett 2.2 och tilldelas farlighetsnummer 20, se figur 15.1 och exempel 15.1. Det finns ingen motsvarighet till denna grupp av gaser i CLP. Som framgår av exempel 15.2, märks gaserna därför bara med faropiktogrammet för gaser under tryck.


Varningsetiketter	Exempel på farlighetsnummer
	20

Figur 15.1. Varningsetiketter och exempel på farlighetsnummer för icke giftiga, icke brandfarliga gaser

Exempel 15.1. Märkning av komprimerad kväve enligt ADR

	Icke brandfarlig, icke giftig gas
20	Kvävningsframkallande gas

Exempel 15.2. Märkning av komprimerad kväve enligt CLP

	Innehåller gas under tryck. Kan explodera vid uppvärmning (H280)
---	--

15.2 Risker med icke giftiga, icke brandfarliga gaser

Icke giftiga, icke brandfarliga gaser kan vara skadliga för människan vid höga koncentrationer i och med att de är syreundanträngande. Vid en gaskoncentration på 15 % (150000 ppm) har koncentrationen av syrgas i luften sjunkit till 18 % och det finns risk för medvetslöshet. Risken för höga koncentrationer är betydligt större inomhus än utomhus till följd av luftomsättningen.

15.3 Personlig skyddsutrustning

Vid höga koncentrationer av syreundanträngande gaser gäller följande tumregler vid arbete nära ett utsläpp:

- Använd andningsapparat för att skydda mot syrebrist.
- Komplettera med köldskydd vid utsläpp av kondenserad gas i vätskefas.

16 Kemisk reaktion

En kemisk reaktion innebär att ett eller flera ämnen reagerar med varandra så att nya ämnen bildas. Riskerna med kemiska reaktioner kan vara många. Även om ett ämne i sig är ofarligt, kan fara uppstå om ämnet kommer i kontakt med andra ämnen. Det kan bildas nya ämnen med farliga egenskaper, t.ex. giftiga eller brandfarliga gaser. Reaktionen kan också ge kraftig värmeutveckling eller explosion. Även om ämnet inte kommit ut ur sin behållare kan oönskade reaktioner äga rum. Det inträffar att kemikalier pumpas in i fel behållare vid leverans, eller att behållare inte är ordentligt rengjorda när man byter innehåll. Ämnet kan då reagera med resterna av det tidigare innehållet i behållaren.

En kemisk reaktion kan ske på flera olika sätt. Det man oftast tänker på när man talar om kemisk reaktion, är när ett ämne reagerar med ett annat. Ett fall som är särskilt intressant vid räddningsinsatser, är när ett av ämnena som reagerar är vatten, se avsnitt 16.1 nedan. Vissa ämnen är särskilt reaktiva. Till dessa ämnen hör t.ex. frätande ämnen, se kapitel 11, och oxiderande ämnen, se kapitel 14. Det finns emellertid en del ämnen där andra spelregler gäller, t.ex. ämnen som kan sönderfalla och ämnen som kan polymerisera, se avsnitt 16.2 nedan. Oavsett vilket fall det än är frågan om, är det viktigt att försöka reda ut vilket ämne som reagerar och med vad, för att sedan kunna rådfråga expertis.

Ytterligare en typ av reaktion är *mikrobiell nedbrytning*. Kolmonoxid kan till exempel bildas i silos eller lastutrymmen på fartyg som innehåller spannmål och träpellets. När mikroorganismer bryter ner spannmålet eller träpelletsen under syrebrist bildas kolmonoxid som är en giftig gas. Vid nedbrytning av avloppsvatten, avloppsslam och latrin i stillastående avloppsanläggningar kan det bildas skadliga gaser som svavelväte, metan och ammoniak.

Kemisk reaktion och brand

Brand är det mest välkända exemplet i räddningstjänstssammanhang på en kemisk reaktion, där branden gör att faror uppkommer, dels på grund av strålningsvärme, heta brandgaser och sekundär antändning, men också genom att brandgaserna är giftiga. Vid en kemisk reaktion reagerar två ämnen med varandra och nya ämnen bildas. Vid en brand reagerar det brännbara ämnet med luftens syre. När två ämnen reagerar vid en kemisk reaktion reagerar ämnena i vissa bestämda proportioner. Vid brand brukar man prata om en bränslekontrollerad och en ventilationskontrollerad brand. Det som finns i underskott av bränsle och syre bestämmer brandens intensitet och hur snabbt förbränningsprodukterna bildas.

När man blandar en brännbar gas med luft brukar man tala om en ideal blandning då mängden syre i blandningen precis räcker till för att förbränna all gas till koldioxid och vatten då blandningen antänds. En ökning av antingen mängden luft eller brännbar gas leder inte till mer utvecklad energi och förbränningsprodukter. Denna princip gäller inte bara vid förbränning utan för alla kemiska reaktioner.

Kemisk reaktion – Saltsyra och magnesium

När metallen magnesium reagerar med det frätande ämnet saltsyra, bildas den brandfarliga gasen vätgas. Om ett kilo magnesium blandas med 7 liter koncentrerad saltsyra bildas 1000 liter vätgas. Om mängden magnesium ökas till 2 kg bildas det fortfarande bara 1000 liter vätgas. Samma sak om man blandar 1 kg magnesium med en större volym saltsyra, t.ex. 20 liter. Då bildas det fortfarande inte mer än 1000 liter vätgas. Detta beror på att de ursprungliga mängderna är sådana att bägge ämnena reagerar och förbrukas fullständigt ("ideal blandning"). Att då öka mängden av något av ämnena leder inte till att mer vätgas bildas. Det ämne som är i "underskott" bestämmer hur mycket produkt, i det här fallet vätgas, som bildas.

Man kan relativt enkelt räkna ut vilka proportioner det ska vara mellan de ingående ämnena för att få en "ideal" blandning men det är oftast tillräckligt vid en insats att vara medveten om att det är mängden av det ämnet som det finns "lite av" som avgör hur mycket produkt det bildas, och att reaktionen avtar när det ämne som finns i underskott har förbrukats. Ibland kan reaktionen ske väldigt snabbt och vara över på minuter men ibland kan förloppet vara långsammare.

16.1 Reaktion med vatten

Av speciellt intresse är kemikalier som reagerar med vatten. Det kan vara helt odramatiskt och det är inte säkert att några nya farliga ämnen bildas. Men ibland kan våldsamma reaktioner äga rum. Detta framgår då av farlighetsnumret som föregås av ett X. Ett exempel är när vatten påförs natrium (farlighetsnummer X423). Då utvecklas vätgas och temperaturen kan bli så hög att vätgasen själv-antänder under explosionsartade former. Samtidigt bildas en lösning av det frätande ämnet natriumhydroxid. Ett annat exempel är om man påför vatten till kalciumkarbid (farlighetsnummer 423). Då bildas brännbar acetylen. Här sker vanligtvis ingen självantändning.

När en vattenlöslig vätska blandas med vatten (späds) är det vanligtvis *inte* frågan om en kemisk reaktion. Det bildas alltså *inte* något nytt ämne vid spädning. En spädning kan vara helt odramatisk. Ett exempel på detta är när etanol blandas med vatten (jämför tillblandning av en grogg). Ibland kan det dock utvecklas värme vid spädning med vatten och det kan bli en tillfälligt ökad avgasning och ibland till och med kokning. Exempel på detta är spädning av syror med vatten. I en del fall blir det måttliga temperaturhöjningar (t.ex. koncentrerad saltsyra) medan i andra fall kan kokpunkten uppnås (t.ex. koncentrerad svavelsyra) med följande stänk och tillfälligt ökad avgasning. Spädning av framför allt koncentrerade syror bör därför alltid göras långsamt och med försiktighet. Det finns dock några få syror som inte bör spädas med vatten eftersom det kan leda till explosionsartad kokning. Dessa har X som inledande symbol i farlighetsnumret. Den vanligast förekommande är rykande svavelsyra (oleum) med farlighetsnummer X886. Denna värmeutveckling är dock inget problem vid personsanering. Vid sanering är mängden vatten är mycket större än mängden ämne som ska sköljas bort, vilket gör att temperaturhöjningen blir försumbar.

16.2 Sönderfall och polymerisering

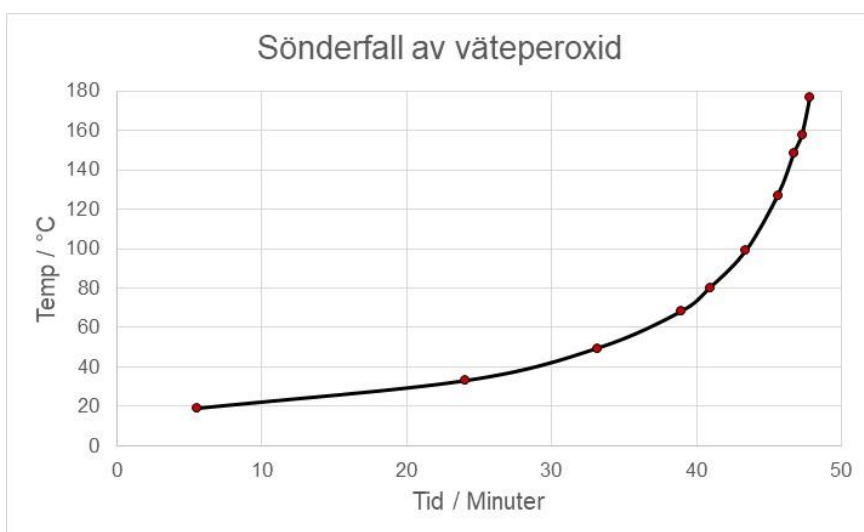
Sönderfall innebär att ämnet går sönder i mindre molekyler. Ett exempel på ett vanligt förekommande ämne som kan sönderfalla är väteperoxid, som bildar syre och vatten under kraftig värmeutveckling, se faktaruta i avsnitt 14.4. Ett annat exempel är ammoniumnitrat som sönderfaller till bl.a. giftiga nitrosa gaser vid kraftig upphettning.

Polymerisering innebär att flera molekyler av samma ämne binds till varandra och bildar jättemolekyler. Ett exempel på detta är när styren polymeriserar och bildar polystyren (en plast).

För den här typen av ämnen är faran oftast inte de ämnen som bildas vid sönderfallet eller polymeriseringen utan att reaktionerna oftast brukar vara förenade med kraftig värmeutveckling. När temperaturen ökar, ökar också reaktionshastigheten, vilket leder till ytterligare temperaturhöjning och därmed ännu snabbare reaktion o.s.v. Processen avstannar då inte av sig själv förrän allt ämne har sönderfallit eller polymeriserats. Om ämnet är lagrat i ett slutet kärl kan det här leda till kärlsprängning antingen på grund av att det bildas gas vid reaktionen eller genom att kokpunkten uppnås. I båda fallen kan behållaren sprängas till följd av den kraftiga tryckökning som uppstår.

Sönderfall och polymerisering kan sätta igång av olika orsaker. Vanligast är att det kommit in en olämplig förorening i behållaren som triggar igång förloppet. Vissa av de här ämnena kräver återkommande tillsats av ett ämne som ska förhindra sönderfall eller polymerisation, en så kallad inhibitor. Om denna av någon anledning inte tillsätts regelbundet kan processen starta av sig själv.

Sönderfall och polymerisering startar ofta långsamt med en långsam temperaturhöjning som tilltar efterhand. Nedan visas en typisk kurva över hur temperaturen kan öka med tiden. Här är det frågan om sönderfallande väteperoxid.



Figur 16.1 Värmeutveckling vid sönderfall av väteperoxid (exempel)

Ämnen som kan sönderfalla eller polymerisera har oftast en 9:a som andra eller tredje siffra i farlighetsnumret, t.ex. 39, 339 eller 559. Som vanligt är emellertid inte allting svart eller vitt. Även ämnen som inte har 9:an kan genomgå dessa processer. Väteperoxid med över 60 % koncentration har en 9:a i farlighetsnumret, till skillnad från väteperoxidlösningar med lägre koncentrationer än 60 %. Det innebär inte att faran inte finns vid lägre koncentrationer, bara att det behövs mer för att trigga igång det.

Lite om ammoniumnitrat

Den största andelen ammoniumnitrat (AN) används som kvävekälla i mineralgödsel och som ingrediens i sprängämnen.

Ammoniumnitrat är svagt oxiderande och inte brännbart. Vid kraftig upphettning sönderfaller det, varvid giftiga brun-orangea nitrösa gaser (NO_x) bildas. Sönderfallet kan eskalera, särskilt om det sker under inneslutning, och resultera i en explosion (en detonation). Vissa föroreningar kan sänka tröskeln för att AN ska sönderfalla. Om AN blandas med brännbara ämnen uppstår ett sprängämne som är betydligt känsligare för explosion än AN självt, och dessutom exploderar det med mycket större kraft.

Eftersom AN och mineralgödsel baserade på AN ofta lagras i mycket stora mängder (tusentals ton) kan konsekvenserna av explosion bli katastrofala, trots att det inte är något effektivt sprängämne. De flesta större olyckor har börjat med en omfattande brand i närheten, som lett till sönderfall av AN och påföljande explosion. Det är därför mycket viktigt att undvika att en större brand kan uppstå.

Texten är hämtad från MSB:s hemsida där det även finns mer att läsa om AN.

16.3 Tecken på kemisk reaktion

Märkning kan ge viss information om olika ämnens benägenhet att reagera på olika sätt. Men för att veta om en kemisk reaktion faktiskt sker måste man använda ögonen eller ta hjälp av instrument. Typiska tecken på kemisk reaktion som kan observeras med ögat är att det bubblar och fräser vid gasbildning, att behållaren är uppsvälld, eller att en säkerhetsventil eller liknande har öppnat. Använd värmekameran för att undersöka om det sker någon värmeutveckling. Visar mätningen en förhöjd temperatur? I så fall, ökar temperaturen? Om temperaturen ökar, ta reda på om det "bara" rör sig om en "vanlig" kemisk reaktion där förloppet avstannar när det förorenande ämnet är förbrukat, eller om det rör sig om ett självreaktivt ämne där reaktionen kan tänkas eskalera.

17 Referenser

1. Planering och samverkan vid händelser med farliga ämnen, Rikspolisstyrelsen, Socialstyrelsen, Räddningsverket, Socialstyrelsen 2008-130-4, 2008
2. Räddningstjänst vid olyckor med explosiva ämnen, Gunnar Ohlén och Niklas Larsson, MSB 0108-10, 2011
3. Räddningstjänst vid olyckor med radioaktiva ämnen, Hans Källström och Tor-Leif Runesson, MSB 504, 2012
4. Transport av farligt gods - Väg och järnväg, MSB 1755, maj 2021
5. Teknik vid olyckor med farliga ämnen, Hans Källström och Conny Jebens, MSB308, 2011
6. Insatskort för acetylengasflaskor, Egardt Erik och Levein Magnus, MSB-MSB RIB, 2017
7. Åtgärdskalender - Först på plats vid händelser med farliga ämnen CBRNE, MSB1423, september 2019
8. AFS 2018:1 Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om hygieniska gränsvärden
9. Riktvärden vid akut exponering för kemiska ämnen, Mattias Öberg et al., Karolinska Institutet, IMM-Rapport nr 1/2008
10. Handbok av icke bindande natur för god praxis med avseende på genomförandet av direktiv 1999/92/EG, Europeiska Kommissionen, 2003
11. MSBFS 2010:4 Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om vilka varor som ska anses utgöra brandfarliga eller explosiva varor

Bilaga 1. Farlighetsnummer i ADR

20	kvävningsframkallande gas eller gas utan sekundärfara
22	kyld kondenserad gas, kvävningsframkallande
223	kyld kondenserad gas, brandfarlig
225	kyld kondenserad gas, oxiderande (brandunderstödjande)
23	brandfarlig gas
238	brandfarlig gas, frätande
239	brandfarlig gas som spontant kan leda till en häftig reaktion
25	oxiderande (brandunderstödjande) gas
26	giftig gas
263	giftig gas, brandfarlig
265	giftig gas, oxiderande (brandunderstödjande)
268	giftig gas, frätande
28	frätande gas
30	brandfarlig vätska (flampunkt minst 23 °C och högst 60 °C) eller brandfarlig vätska eller fast ämne i smält tillstånd med flampunkt över 60 °C, uppvärmd till en temperatur lika med eller över flampunkten, eller självupphettande vätska
323	brandfarlig vätska som reagerar med vatten så att brandfarliga gaser bildas
X323	brandfarlig vätska som reagerar farligt med vatten så att brandfarliga gaser bildas
33	mycket brandfarlig vätska (flampunkt under 23 °C)
333	självantändande vätska
X333	självantändande vätska som reagerar farligt med vatten
336	mycket brandfarlig vätska, giftig
338	mycket brandfarlig vätska, frätande
X338	mycket brandfarlig vätska, frätande, som reagerar farligt med vatten
339	mycket brandfarlig vätska som spontant kan leda till en häftig reaktion
36	brandfarlig vätska (flampunkt minst 23 °C och högst 60 °C), mindre giftig, eller självupphettande vätska, giftig
362	brandfarlig vätska, giftig, som reagerar med vatten så att brandfarliga gaser bildas
X362	brandfarlig vätska, giftig, som reagerar farligt med vatten så att brandfarliga gaser bildas
368	brandfarlig vätska, giftig, frätande
38	brandfarlig vätska (flampunkt minst 23 °C och högst 60 °C), frätande
382	brandfarlig vätska, frätande, som reagerar med vatten så att brandfarliga gaser bildas
X382	brandfarlig vätska, frätande, som reagerar farligt med vatten så att brandfarliga gaser bildas
39	brandfarlig vätska som spontant kan leda till en häftig reaktion
40	brandfarligt eller självreaktivt eller självupphettande fast ämne eller polymeriserande ämne
423	fast ämne som reagerar med vatten så att brandfarliga gaser bildas, eller brandfarligt fast ämne som reagerar med vatten så att brandfarliga gaser bildas, eller självupphettande fast ämne som reagerar med vatten så att brandfarliga gaser bildas

X423	fast ämne som reagerar farligt med vatten så att brandfarliga gaser bildas, eller brandfarligt fast ämne som reagerar farligt med vatten så att brandfarliga gaser bildas, eller självupphettande fast ämne som reagerar farligt med vatten så att brandfarliga gaser bildas
43	självantändande (pyrofort) fast ämne
X432	självantändande (pyrofort) fast ämne som reagerar farligt med vatten så att brandfarliga gaser bildas
44	brandfarligt fast ämne i smält tillstånd vid förhöjd temperatur
446	brandfarligt fast ämne, giftigt, i smält tillstånd vid förhöjd temperatur
46	brandfarligt eller självupphettande fast ämne, giftigt
462	giftigt fast ämne som reagerar med vatten så att brandfarliga gaser bildas
X462	fast ämne som reagerar farligt med vatten så att giftiga gaser bildas
48	brandfarligt eller självupphettande fast ämne, frätande
482	frätande fast ämne som reagerar med vatten så att brandfarliga gaser bildas
X482	fast ämne som reagerar farligt med vatten så att frätande gaser bildas
50	oxiderande (brandunderstödjande) ämne
539	brandfarlig organisk peroxid
55	starkt oxiderande (brandunderstödjande) ämne
556	starkt oxiderande (brandunderstödjande) ämne, giftigt
558	starkt oxiderande (brandunderstödjande) ämne, frätande
559	starkt oxiderande (brandunderstödjande) ämne, som spontant kan leda till en häftig reaktion
56	oxiderande (brandunderstödjande) ämne, giftigt
568	oxiderande (brandunderstödjande) ämne, giftigt, frätande
58	oxiderande (brandunderstödjande) ämne, frätande
59	oxiderande (brandunderstödjande) ämne, som spontant kan leda till en häftig reaktion
60	giftigt eller mindre giftigt ämne
606	smittförande ämne
623	giftig vätska, som reagerar med vatten så att brandfarliga gaser bildas
63	giftigt ämne, brandfarligt (flampunkt minst 23 °C och högst 60 °C)
638	giftigt ämne, brandfarligt (flampunkt minst 23 °C och högst 60 °C), frätande
639	giftigt ämne, brandfarligt (flampunkt högst 60 °C), som spontant kan leda till en häftig reaktion
64	giftigt fast ämne, brandfarligt eller självupphettande
642	giftigt fast ämne som reagerar med vatten så att brandfarliga gaser bildas
65	giftigt, oxiderande (brandunderstödjande) ämne
66	mycket giftigt ämne
663	mycket giftigt ämne, brandfarligt (flampunkt högst 60 °C)
664	mycket giftigt fast ämne, brandfarligt eller självupphettande
665	mycket giftigt ämne, oxiderande (brandunderstödjande)
668	mycket giftigt ämne, frätande
X668	mycket giftigt ämne, frätande, som reagerar farligt med vatten
669	mycket giftigt ämne som spontant kan leda till en häftig reaktion
68	giftigt ämne, frätande

69	giftigt eller mindre giftigt ämne som spontant kan leda till en häftig reaktion
70	radioaktivt ämne
768	radioaktivt ämne, giftigt, frätande
78	radioaktivt ämne, frätande
80	frätande eller svagt frätande ämne
X80	frätande eller svagt frätande ämne som reagerar farligt med vatten
823	frätande vätska som reagerar med vatten så att brandfarliga gaser bildas
83	frätande eller svagt frätande ämne, brandfarligt (flampunkt minst 23 °C och högst 60 °C)
X83	frätande eller svagt frätande ämne, brandfarligt (flampunkt minst 23 °C och högst 60 °C), som reagerar farligt med vatten
836	frätande eller svagt frätande ämne, brandfarligt (flampunkt minst 23 °C och högst 60 °C) och giftigt
839	frätande eller svagt frätande ämne, brandfarligt (flampunkt minst 23 °C och högst 60 °C), som spontant kan leda till en häftig reaktion
X839	frätande eller svagt frätande ämne, brandfarligt (flampunkt minst 23 °C och högst 60 °C), som spontant kan leda till en häftig reaktion och som reagerar farligt med vatten
84	frätande fast ämne, brandfarligt eller självupphettande
842	frätande fast ämne som reagerar med vatten så att brandfarliga gaser bildas
85	frätande eller svagt frätande ämne, oxiderande (brandunderstödjande)
856	frätande eller svagt frätande ämne, oxiderande (brandunderstödjande) och giftigt
86	frätande eller svagt frätande ämne, giftigt
88	mycket frätande ämne
X88	mycket frätande ämne som reagerar farligt med vatten
883	mycket frätande ämne, brandfarligt (flampunkt minst 23 °C och högst 60 °C)
884	mycket frätande fast ämne, brandfarligt eller självupphettande
885	mycket frätande ämne, oxiderande (brandunderstödjande)
886	mycket frätande ämne, giftigt
X886	mycket frätande ämne, giftigt, som reagerar farligt med vatten
89	frätande eller svagt frätande ämne, som spontant kan leda till en häftig reaktion
90	miljöfarligt ämne; övriga farliga ämnen
99	olika farliga ämnen som transporteras vid förhöjd temperatur

Bilaga 2. Faroangivelser i CLP

H200	Instabilt explosivt.
H201	Explosivt. Fara för massexplosion.
H202	Explosivt. Allvarlig fara för splitter och kaststycken.
H203	Explosivt. Fara för brand, tryckvåg eller splitter och kaststycken.
H204	Fara för brand eller splitter och kaststycken.
H205	Fara för massexplosion vid brand.
H220	Extremt brandfarlig gas.
H221	Brandfarlig gas.
H222	Extremt brandfarlig aerosol.
H223	Brandfarlig aerosol.
H224	Extremt brandfarlig vätska och ånga.
H225	Mycket brandfarlig vätska och ånga.
H226	Brandfarlig vätska och ånga.
H228	Brandfarligt fast ämne.
H240	Explosivt vid uppvärmning.
H241	Brandfarligt eller explosivt vid uppvärmning.
H242	Brandfarligt vid uppvärmning.
H250	Spontanantänder vid kontakt med luft.
H251	Självpufftande. Kan börja brinna.
H252	Självpufftande i stora mängder. Kan börja brinna.
H260	Vid kontakt med vatten utvecklas brandfarliga gaser som kan självantända.
H261	Vid kontakt med vatten utvecklas brandfarliga gaser.
H270	Kan orsaka eller intensifiera brand. Oxiderande.
H271	Kan orsaka brand eller explosion. Starkt oxiderande.
H272	Kan intensifiera brand. Oxiderande.
H280	Innehåller gas under tryck. Kan explodera vid uppvärmning.
H281	Innehåller kylig gas. Kan orsaka svåra köldskador.
H290	Kan vara korrosivt för metaller.
H300	Dödligt vid förtäring.
H301	Giftigt vid förtäring.
H302	Skadligt vid förtäring.
H304	Kan vara dödligt vid förtäring om det kommer ner i luftvägarna.
H310	Dödligt vid hudkontakt.
H311	Giftigt vid hudkontakt.
H312	Skadligt vid hudkontakt.
H314	Orsakar allvarliga frätskador på hud och ögon.
H315	Irriterar huden.
H317	Kan orsaka allergisk hudreaktion.
H318	Orsakar allvarliga ögonskador.

H319	Orsakar allvarlig ögonirritation.
H330	Dödligt vid inandning.
H331	Giftigt vid inandning.
H332	Skadligt vid inandning.
H334	Kan orsaka allergi- eller astmasymtom eller andningssvårigheter vid inandning.
H335	Kan orsaka irritation i luftvägarna.
H336	Kan göra att man blir dåsig eller omtöcknad.
H340	Kan orsaka genetiska defekter
H341	Misstänks kunna orsaka genetiska defekter
H350	Kan orsaka cancer
H350i	Kan orsaka cancer vid inandning.
H351	Misstänks kunna orsaka cancer
H360	Kan skada fertiliteten eller det ofödda barnet
H360F	Kan skada fertiliteten.
H360D	Kan skada det ofödda barnet.
H360FD	Kan skada fertiliteten. Kan skada det ofödda barnet.
H360Df	Kan skada det ofödda barnet. Misstänks kunna skada fertiliteten.
H360Fd	Kan skada fertiliteten. Misstänks kunna skada det ofödda barnet.
H361	Misstänks kunna skada fertiliteten eller det ofödda barnet
H361f	Misstänks kunna skada fertiliteten.
H361d	Misstänks kunna skada det ofödda barnet.
H361fd	Misstänks kunna skada fertiliteten. Misstänks kunna skada det ofödda barnet.
H362	Kan skada spädbarn som ammas.
H370	Orsakar organskador
H371	Kan orsaka organskador
H372	Orsakar organskador genom lång eller upprepad exponering
H373	Kan orsaka organskador genom lång eller upprepad exponering
H400	Mycket giftigt för vattenlevande organismer.
H410	Mycket giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter.
H411	Giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter.
H412	Skadliga långtidseffekter för vattenlevande organismer.
H413	Kan ge skadliga långtidseffekter på vattenlevande organismer.



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap