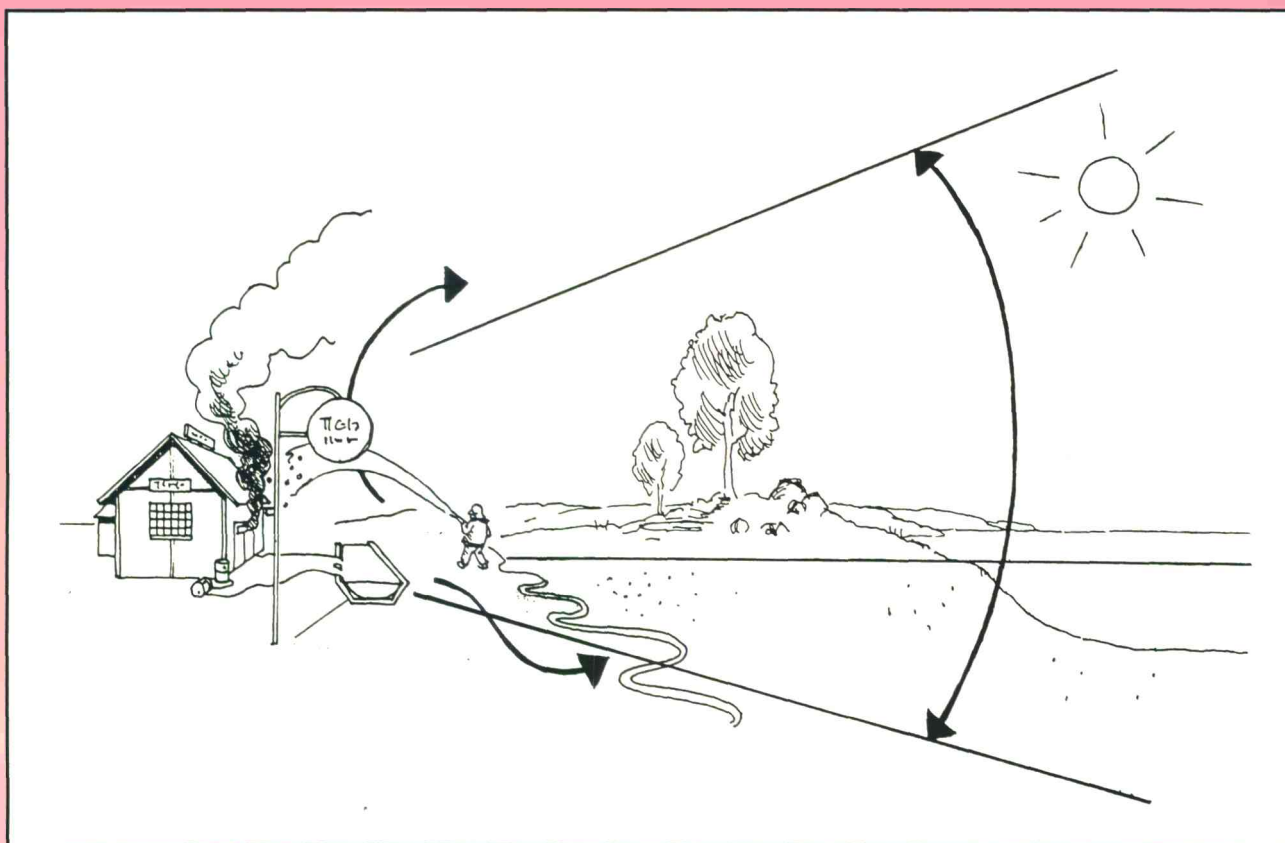


YTTRE FAKTORERS INVERKAN PÅ MILJÖKONSEKVENSER VID OLYCKOR

FoU RAPPORT P21-158/96



**RÄDDNINGS
VERKET**

YTTRE FAKTORERS INVERKAN PÅ MILJÖKONSEKVENSER VID OLYCKOR

Rapporten har utarbetats av
Birgitta Liljedahl, FOA, Umeå
Författaren svarar för innehållet i rapporten

Illustratör: Hans Lundholm

Räddningsverkets kontaktperson:
Björn Albinson, Enheten för miljö och kärnenergi, tfn dir 054-10 42 98, vx 054-10 40 00

1996 Statens räddningsverk, Karlstad
Risk- och miljöavdelningen
ISBN 91-88890-45-7

Beställningsnummer P21-158/96
1996 års utgåva

Abstract

The Swedish Rescue Service is investigating and giving support concerning oil accidents and other accidents with **major** environmental impact. The aim of this paper is to give a brief overview of some parameters, which are crucial for the severeness of an environmental accident. The paper also describes how these parameters in turn are influenced by the climate and weather conditions at the time of the accident. The concept "environmental impact" is briefly discussed with respect to *local impact on the recipient, impact on the "13 environmental threats"* (as defined by the Swedish National Environment Protection Board) and *impact on local environment goals*.

Four factors will be of importance for the severeness of an environmental accident. 1) *The amount of spill* 2) *The hazardousness of the released substance(s)* 3) *The possibilities of dispersion* and 4) *The sensitivity of the recipient*. It is observed that the rescue work as well as the pollution prevention can significantly influence all these factors. However, the paper focuses on how these four factors are also affected by natural weather conditions and the surrounding environment at the time of the accident.

A large number of parameters will act together (and counteract) in the very complex process that finally will determine the severeness of an environmental accident, e. g. leakage, toxicity, infiltration, biological degradation, evaporation, wind speed and turbulence. These factors are changing dynamically depending on how temperature, sun flux, deposition, oxygen saturation and pH vary during the day and the year. The sensitivity of the recipient will also change with the time of the year.

In spite of the complexity of all these factors that will determine the consequences of an environmental accident, there are good prospects of systematically investigating and deepening the understanding of how a similar accident can cause different environmental damage. It is of great importance that the rescue service, the environmental offices and others are supplied with tools to simplify the identification of accidents with **major** environmental impact. There is also a need for a fast routine to evaluate **which factors** that have caused the severeness of the accident. In this work, different simple, well validated models and methods can be of use. The tools can be used for education as well as planning purposes.

Fire causes approximately 48 % of all accidents while "spill only" is the second form of accident with 37 %. A spill can be expected to be relatively predictable, and is realistic for scenarios where different environmental impacts are studied with respect to winter and summer conditions or different rescue tactics. Pollution prevention, rescue work as well as weather and other local conditions for the accident should always be included in the evaluation of an environmental accident or in the creation of a realistic scenario. More unpredictable accidents, such as fires, do not yet seem as relevant to investigate thoroughly, since knowledge of the basic properties of this kind of accidents is still limited.

Innehållsförteckning

Abstrakt	1
Innehållsförteckning.....	3
1. Sammanfattning.....	5
2. Syfte	6
3. Bakgrund	6
4. Avgörande faktorer för miljöpåverkan	6
4.1 Skadebegränsande åtgärder	8
4.2 Räddningstjänstens insats	9
4.3 Yttre faktorer	11
4.4 Miljökonsekvenser – olika definitioner	12
5. Yttre faktorerers inverkan på omfattningen av en miljöolycka	13
5.1 Källstyrka.....	14
5.2 Ämnets farlighet	14
5.3 Spridningsförutsättningar	16
5.4 Känslighet / skyddsvärde hos biotop	19
5. Svåra miljökonsekvenser vid olyckor – kunskapsbehov	21

1. SAMMANFATTNING

Räddningsverket skall utreda och ge förslag till samhällets beredskap rörande oljeolyckor och andra olyckor med **svåra** miljökonsekvenser. Denna rapport syftar till att ge en översikt över ett antal viktiga faktorer som kan vara avgörande för svårighetsgraden av en miljöolycka. Rapporten beskriver vidare hur dessa faktorer i sin tur kan påverkas av bl a de yttre förhållanden som råder vid olyckstillfället. Begreppet miljökonsekvens diskuteras kort, utifrån lokal påverkan på *recipienten*, påverkan på Naturvårdsverkets "*13 miljöhot*" samt påverkan på *lokala miljömål*.

Fyra faktorer är avgörande för miljökonsekvensen av en olycka *1. Källstyrkan* hos utsläppet, *2. Ämnets (ämnenas) farlighet*, *3. Spridningsförusättningarna* på platsen för olyckan samt *4. Känsligheten hos recipienten* som drabbas av utsläppet. Det konstateras att både räddningstjänstens insats och skadeförebyggande åtgärder i flera avseende kan påverka alla dessa faktorer. Rapporten fokuserar på hur de 4 faktorerna, (och därmed miljökonsekvensen) även kan påverkas av de **naturliga, yttre förhållanden** som råder vid olyckstillfället.

Ett stort antal parametrar samverkar (och motverkar) varandra i det komplexa förlopp som tillsammans kommer att avgöra svårighetsgraden av en miljöolycka. Exempelvis utströmningsfaktor, giftighet, infiltration, biologisk nedbrytning, förångning vindstyrka och turbulens. Dessa faktorer kan variera på ett dynamiskt sätt, beroende på hur bl a temperatur, solens in/utstrålning, nederbörd, syreförhållandet och pH varierar under dygns- och årstidsväxlingarna. Känsligheten hos recipienten kommer också att variera under olika tider på året.

Trots komplexiteten hos alla de faktorer som styr den slutliga miljökonsekvensen, finns det goda förutsättningar för att på ett systematiskt vis studera och fördjupa kunskapen kring hur en och samma olycka kan orsaka varierande miljöpåverkan. Det är viktigt att räddningstjänst, miljökontor och andra berörda tillhandahåller redskap i utbildnings- och planeringsarbetet för att lättare kunna identifiera vilka olyckor som kan förväntas ge **svåra** miljökonsekvenser, och för att snabbt se **vilka faktorer** som orsakat olyckans svårighetsgrad. Till detta kan olika förenklade, väl validerade metoder behövas.

Bränder utgör ca 48% medan "enbart utsläpp" är den näst vanligaste olycksformen med ca 37% av alla olyckor. De senare kan väntas ha ett relativt förutsägbart förlopp, och är relevanta för scenarier där varierande svårighetsgrad av miljöpåverkan beräknas vid exempelvis vinter- och sommarförhållanden eller för olika insatstaktik. Vid utvärdering av miljöolyckor eller utarbetande av realistiska scenarier, bör dessa omfatta såväl det skadeförebyggande steget, räddningsinsatsen och de yttre förhållandena vid olyckstillfället. Mer oförutsägbara olyckor bedöms (ännu) inte som lika meningsfulla att fördjupa, då kunskapsuppbyggandet om deras "basförutsättningar" fortfarande pågår.

2. SYFTE

Rapporten syftar till att ge en översikt över ett antal viktiga faktorer som kan vara avgörande för hur miljön påverkas vid en olycka. Rapporten syftar även till att översiktligt beskriva hur dessa faktorer i sin tur kan variera med yttre förhållanden vid olyckstillfället, som klimat och årstid.

3. BAKGRUND

Räddningsverket skall utreda och ge förslag till samhällets beredskap rörande oljeolyckor och andra olyckor med **svåra** miljökonsekvenser. Som underlag för utredningen krävs en kunskap och förståelse för hur förebyggande åtgärder, räddningsinsatsen och de yttre förhållanden som råder vid olyckstillfället tillsammans påverkar miljökonsekvensen av olyckan.

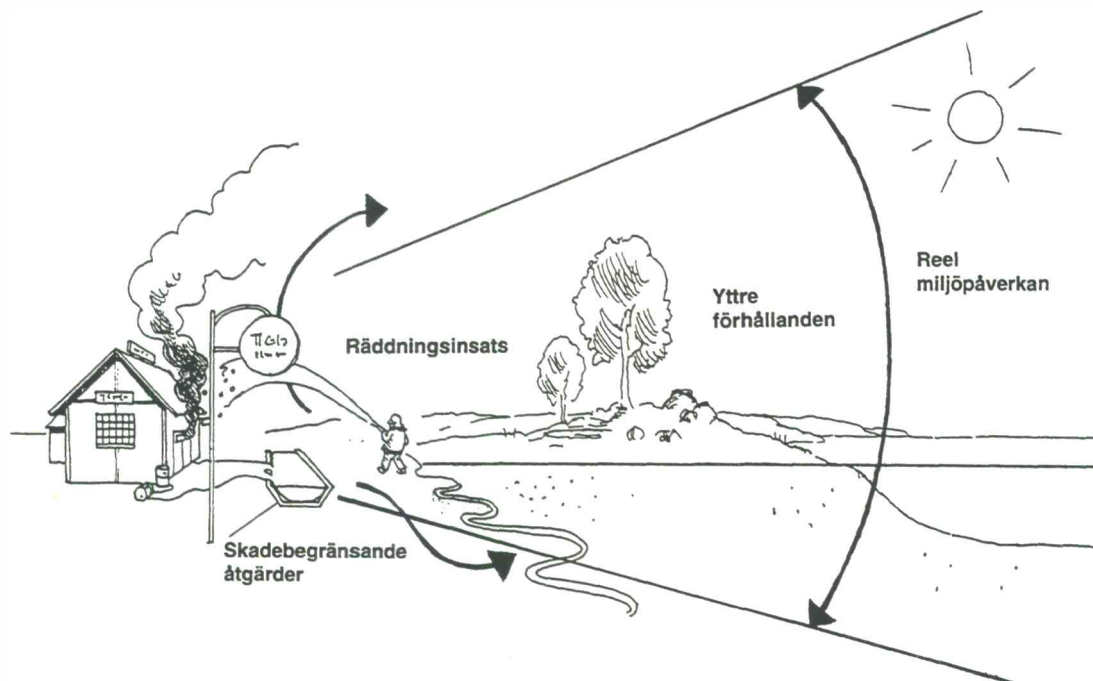
Ett antal komplexa faktorer kommer att styra dels giftigheten, källstyrkan och spridningsbilden hos utsläppet, dels känsligheten hos recipienten vid olyckstillfället. Först genom en sammanvägning av dessa faktorer kan omfattningen av en olyckas miljöpåverkan bedömas. Ett behov finns av att sammanställa olika styrande faktorer och översiktligt identifiera de variabler som i sin tur styr dem. Denna rapport bygger i första hand på tidigare publikationer.

4. AVGÖRANDE FAKTORER FÖR MILJÖPÅVERKAN

Miljökonsekvensen av ett utsläpp kan enligt Naturvårdsverket mfl (1996) styras av fyra faktorer, vilka i här sammanfattas under benämningen "Yttre förhållanden".

- KÄLLSTYRKA
- ÄMNETS FARLIGHET
- SPRIDNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR (på platsen)
- KÄNSLIGHET/SKYDDSVÄRDE (vattentäkt/biotop etc)

Vid en akut olycka gäller speciella omständigheter. Olycksscenariot kan betrakta i tre faser; 1. Skadebegränsande åtgärder, 2. Räddningstjänstens insats vid olyckan samt 3. Yttre förhållanden. Sambandet illustreras i figur 1. Sett ur olycksscenariosynpunkt kan fas 1 och 2, dvs de skadebegränsande åtgärder som gjorts och räddningstjänstens insats, påverka vilken *källstyrka* och vilka *spridningsförutsättningar* som i realiteten fås för olyckan. Också *ämnets farlighet* och *känsligheten hos recipienten* kan påverkas i detta skede. Räddningsinsatsen kan med andra ord påverka flera av de faktorer som är avgörande för miljökonsekvenserna vid en olycka. Dessa fyra "yttre förhållanden" illustreras i figur 2.



Figur 1. En olyckas miljökonsekvenser avgörs i tre faser; 1) Skadebegränsande åtgärder, 2) Räddningsinsatsen och 3) Yttre förhållandena vid olyckstillfället

I denna rapport behandlas räddningsinsats och förebyggande åtgärder summariskt. Rapporten fokuserar på hur omfattningen av miljökonsekvensen kan förändras redan beroende på yttre förhållanden, som klimatvariationer vid olyckstillfället, årstid och väderlek.

Det totala utsläppet från en olycka kan sägas ha "tre källor". Primärutsläppet, frigörandet av artefakter och sekundärutsläppet ("Miljökonsekvenser av olyckor" SRV 1996). "Primärutsläpp" innebär det direkta utsläppet från lagret, transporten eller fabriken - exempelvis utsläpp av järnklorid från en vält tankvagn. Med "frigörande av artefakter" menas det komplexa utsläpp som skapas vid primärutsläppets blandning med släckvatten eller av de produkter som frigörs vid en brand. "Sekundärutsläppet" slutligen hänser till utsläpp som kommit lös i samband med att lagringstankar rämnat eller brunnit upp på grund av olyckan - exempelvis sekundärt läckage av natriumhydroxid som rinner ut och blandas med släckvattnet och höjer dess pH. I denna rapport särskiljs inte dessa olika källor. Det kan dock noteras att de resonemang som förs nedan är enklare att tillämpa i diskussioner om primärutsläpp och sekundärutsläpp, medan det komplexa frigörandet av artefakter i många avseenden kräver fördjupade utredningar.

I samma rapport konstateras också att man i viss mån kan särskilja mellan "förutsägbara och oförutsägbara" olyckor då det gäller förväntat olycksförlopp och därmed också miljöpåverkan. Till mer förutsägbara olyckorna hör transportolyckor och haverier vilka utgör ca 37% av landets olyckor under ett år. Till de oförutsägbara olyckorna hör bl a bränder i lokaler där samlagring sker. Dessa utgör ca 48%. Diskussionen nedan kan relativt enkelt tillämpas på de "förutsägbara" olyckorna. Det kan exempelvis ses som meningsfullt att studera hur miljöpåverkan för en olycka kan variera beroende på vid vilken årstid den sker. Kunskapen om de oförutsägbara olyckorna är idag begränsad, och det har inte förefallit meningsfullt att här behandla dem på något fördjupat sätt innan "basförutsättningarna" för denna typ av olyckor blivit mer kända.

4.1 SKADEBEGRÄNSANDE ÅTGÄRDER

Den 6 oktober 1987 utbröt en brand vid AB Indutricrome i Anderstorp. Huvvuddelen av byggnaden förstördes av branden. Där förvarades stora mängder giftiga kemikalier. Räddningsledaren valde mellan två onda ting. Att släcka och förorena närbelägna vattendrag, eller att låta det brinna med risk för att branden skulle spridas till ett närliggande kemikalieförråd. Beslut fattades om att släcka branden. Om räddningsledningen haft full kännedom om vilka kemikalier som förvarades i industrianläggningen och var i lokalerna gasflaskor till svetsaggregat fanns, hade man förmodligen avstått från mera omfattande vattenbegjutning och i stället inriktat sig på att skydda närbelägna byggnader.

Den 8 juni brann en fabrik nordost om Tours i Frankrike. Branden spred sig mycket snabbt på grund av dålig separation mellan lagrade brandfarliga och giftiga ämnen. Vid brandbekämpningen användes stora mängder vatten som kom att blandas med kemikalier. De dammar som byggdes för att hindra släckvattnet från att nå floden Brenne var inte lämpade för lösliga produkter och därför ineffektiva.

Ibland kan skadebegränsande åtgärder ha vidtagits i förebyggande syfte. Åtgärderna kan ha tillkommit för att underlätta ett ingripande eller skapa ett skydd där riskerna bedömts som särskilt stora. De skadeförebyggande åtgärderna/ avsaknaden av dem, kan vara av stor betydelse för olyckans omfattning, karaktär och förlopp, och därmed också för den miljöpåverkan som kan uppstå. Det är avgörande att räddningstjänsten snabbt får en kunskap om vilka säkerhetsförebyggande åtgärder som finns vid olycksplatsen. Informationsrutiner som fungerar under normala omständigheter, kan i vissa fall ha allvarliga svagheter om olyckan exempelvis sker nattetid, eller om nyckelpersoner i företaget är bortresta. Några viktiga säkerhetsåtgärder som kan få avgörande betydelse för olyckans miljöpåverkan är (efter "Brand och Miljö" SBF Brandförsvarsförbundet).

Tekniska säkerhetsåtgärder - lagring

- 1 **Lagring med farliga kemikalier** bör ske i egna brandceller, dvs utrymmen som är åtskilda från varandra genom brandavskiljande byggnadsdelar.
- 2 **Separering av kemikalier.** Ämnen som kan ge farliga reaktioner tillsammans bör ej lagras i samma brandcell.
- 3 **Tillåtna lagringsmängder** och en god tillgänglighet för räddningstjänsten.
- 4 **Uppsamling av släckmedel**, anlagda uppsamlingsbassänger.
- 5 **Fasta larm- och släckanläggningar** som a) Begränsning av brandcellens storlek b) Automatiska alarmeringssystem c) Automatiska släckanläggningar samt d) Slagkraft och effektivitet hos den lokala räddningstjänsten och/eller industribrandförsvaret.
- 6 **Särskilda lagringssystem**, exempelvis undvikande av lagra kemikalier i höga staplar ovanpå varandra på små golvytor.

Tekniska säkerhetsåtgärder - produktion

- 1 **Substitution** av miljöfarliga ämnen.
- 2 **Utrustning för en första insats.** Observera dock att det finns vissa kemikalier som är så farliga att personal utan specifik utbildning och skyddsutrustning inte får göra någon insats.
- 3 **Rutiner och materiel för hantering av miljöfarligt avfall.**
- 4 **Interna transporter.** Lastning, lossning och omlastning utgör de största riskerna vid transport av farliga ämnen. Det är därför viktigt att det finns en fast organisation med rutinerad personal för internt transporter och att de sker enligt fastställda planer.

Organisatoriska säkerhetsåtgärder

- 1 **Juridiska säkerhetskrav.** Vilka juridiska krav gäller för verksamheten? Är de kända, rätt tolkade och har åtgärder vidtagits för att följa dem?
- 2 **Delegering av uppgifter och ansvar.** Ansvar för brandskyddsfrågor och handläggningen av ärenden om miljörisker skall vara organiserat. Det är viktigt att ansvarsfördelningen är klar och befogenheterna är kopplade till ansvaret. Informationen skall finnas i hela organisationen.
- 3 **Utbildning och övning.** Hela personalen skall utbildas och övas i bl a brandsläckning, livräddning, larmning och miljöskadebegränsning.
- 4 **Operativa rutiner.** Finns det bättre rutiner för att minska miljöriskerna? Finns det instruktioner för dessa rutiner och är dokumentationen tillgänglig?
- 5 **Information till och kommunikation med allmänheten.** Klar och korrekt.
- 6 **Katastrofplanering** omfattande a) intern och extern larmning
b) utrymningsplaner c) samarbete intern och extern räddningstjänst
d) ledaransvar e) handlingsplaner och taktiker för brandbekämpning
f) information till allmänheten / evakueringsplaner.

4.2 RÄDDNINGSTJÄNSTENS INSATS

Lucianatten 1992 brann en plastfabrik i Kil. När räddningsinsatsen påbörjades låg rökplymen väl samlad i ett stråk ut över Vänern, med nedslag i vattnet. Vattenbegjutningen medförde emellertid att röken blev tyngre och tenderade att slå ned i Kil. Eftersom man inte kände till vilka råvaror som användes eller förvarades i fabriken, avstod man från att släcka fabriksbranden och inriktade sig i stället på att förhindra brandspridningen. Man kunde på detta sätt klara Kil från röknedslag, vilket i stället kom att ske i Vänern.

Tänkbart scenario: En tankbil med diesel välter i skyddsområde för kommunens enda grundvattentäkt. Risk för en förorening av vattentäkten under en lång period framöver är stor. Räddningstjänsten beslutar att antända dieseln innan den tränger ned i marken. Grundvattentäkten räddas. Hur utreds försäkrings- och ansvarsfrågan?

Räddningstjänstens insats kommer i flera avseenden att påverka de slutliga miljökonsekvenserna vid en olycka. Några exempel på hur viktiga faktorer kan styras av insatsen nämns här:

Ämnets farlighet kan variera bl a beroende på förbränningstemperatur. Vid en släckningsinsats med begränsad vattenförbrukning och där en hög och jämn temperatur hålls under lång tid, kan man förvänta att mindre mängder komplexa föreningar tillförs omgivningen per tidsenhet. Vid en snabb brandsläckning med stor volym släckvatten, kan en brandrök med mycket komplex och eventuellt giftigare karaktär bildas p.g.a den låga och ojämna förbränningstemperatur som vattnet gett uppehov till. Frågan beskrivs bl a i "Släckvatten" (Högskolan i Karlstad" 1996).

Källstyrkan från olyckan, dvs vilken mängd som släppts ut, avgörs av hur snabbt en läcka blir tätad. Källstyrkan är i därför praktiken direkt kopplad till flera olika delar i räddningsarbetet:

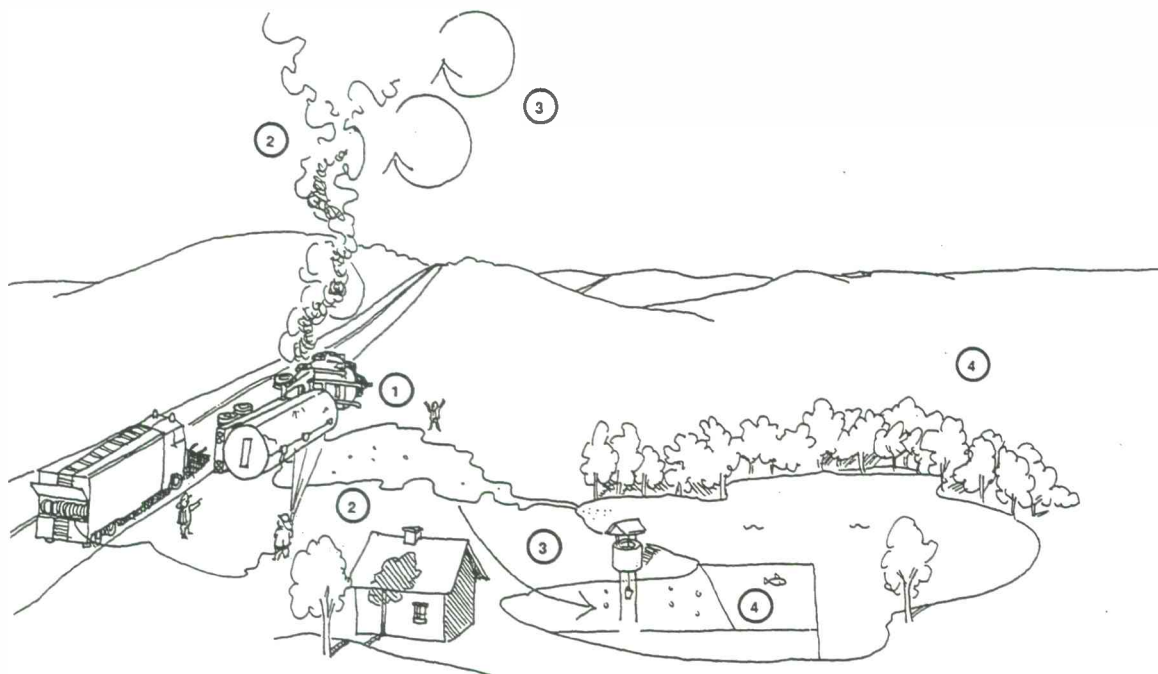
- upptäckt
- larmtid
- insatstid

Spridningsförutsättningarna kan på olika sätt påverkas av räddningsarbetet. Genom valet av taktik avgörs om restprodukterna kommer att avgå med släckvatten till mark och vatten, eller till luft via brandrök. Spridningen av släckvatten kan styras eller begränsas exempelvis genom användande av länsor, invallning eller uppsamling.

Känslighet/skyddsvärde hos omgivningen kan påverkas indirekt, då insatsen till viss grad kan styra vilken biotop som blir recipient för släckvattnet. Hottas en vattentäkt kan den skyddas genom att man låter brandförloppet fortgå och undviker släckvatten. Hottas en känslig biotop av giftmoln kan återkondensering ske, så att föroreningen går till mark och vatten i stället för till luft. En känslig biotop eller vattentäkt kan ibland helt undvikas som recipient genom en väl planerad räddningsinsats.

Det står idag klart att räddningsinsatsen kan ha en stor betydelse för vilken grad av miljöpåverkan som uppstår vid en olycka. Detta såväl genom val av taktik med hänsyn till omständigheter som genom avvägning mellan att rädda människor, egendom och miljö. Det kan därför finnas ett behov av att utreda hur räddningsinsatsens betydelse för miljöpåverkan belyses i exempelvis

- resurser
- kunnande
- insatsplanering



Figur 2. Ett antal viktiga faktorer som kan påverka svårighetsgraden av en miljöolycka 1) Källstyrkan 2) Ämnets farlighet 3) Spridningsförutsättningar och 4) Känsligheten hos recipienten.

4.3 YTTRE FAKTORER

De förutsättningar - källstyrka, ämnets farlighet, spridningsförutsättningar och känslighet/skyddsvärde hos recipienten - som ges vid olyckan kan även variera beroende på yttre förhållanden som väderlek, årstid och tid på dygnet. Drivande parametrar är främst temperatur- och nederbördsförhållanden. Frågan fördjupas i kapitel 5.

4.4 MILJÖKONSEKVENSER - OLIKA DEFINITIONER

Miljökonsekvensen och svårighetsgraden av en olycka kan diskuteras utifrån flera infallsvinklar. Ibland kan det dock finnas intresse att diskutera miljökonsekvenser från andra infallsvinklar. I denna rapport diskuteras olyckans svårighetsgrad dels i relation till en lokal påverkan dels i förhållande till Naturvårdsverkets identifierade tretton miljöhot.

Med en lokal påverkan menas hur den lokala biotopen (recipienten) drabbas av utsläppet. Exempelvis effekter på vegetation, djur, fisk eller bottenfaunabestånd vid olycksplatsen. Föroreningar av mark eller grund- och ytvatten, eller påverkan på skogsbruk och jordbruk. Känsligheten hos recipienten varierar från plats till plats. Generellt kan sägas att en recipient med känsliga arter, eller restbiotoper med begränsad utbredning, kommer att drabbas hårdare av ett akut utsläpp, än en "normal" biotop. Anledningen är att möjligheten för återinvandring av arterna till olycksområdet från omgivningen är små eller obefintliga. Sker en olycka i en sådan känslig biotop, exempelvis ett vattendrag med den skyddsvärda flodpärlmusslan, kan konsekvensen bli att musselbeståndet helt slås ut, medan vanliga arter av fisk och bottenfauna kan väntas återinvandra från opåverkade floddelar. Återkolonisationen kan då ske inom en säsong, såväl gällande artsammansättning som täthet och åldersfördelning. Samma resonemang gäller generellt även för landvegetationen.

Påverkan på de tretton miljöhoten avser:

1. Klimatpåverkande gaser
2. Uttunnning av ozonskitet
3. Försurning av mark och vatten pga nedfall
4. Marknära ozon
5. Tätortens luftföroreningar och buller
6. Övergödning av vatten och mark
7. Påverkan genom metaller
8. Påverkan genom organiska gifter
9. Introduktion och spridning av främmande organismer
10. Nyttjande av mark och vatten som resurs
11. Exploatering av mark och vatten för bebyggelse, anläggningar och infrastruktur
12. Anspråk mot särskilt värdefulla områden
13. Brutna kretslopp, avfall och miljöfarliga restprodukter

Ett sätt att ställa en olyckas miljöpåverkan i relation till de 13 miljöhoten, är att se hur stor procent av den årliga belastningen i landet som härrör från olyckor i förhållande till andra utsläpp (industriutsläpp under ett år, utsläpp från transporter eller uppvärmning). I "Brand och miljöeffekter" (SRV 1996) konstaterats att hus- och bilbränders totala bidrag till utsläppen i atmosfären är betydelsefulla främst avseende stoft. Det årliga utsläppet är i normalfall i storleksordningen med stoftutsläppen från det samlade användandet av lastfordon. Övriga utsläpp, som CO₂, CO, NO_x, SO₂, HCl och HCN är försumbara jämfört med andra utsläpp. Å andra sidan kan brandens utsläpp ge stora *lokala* skador, i form av försurning och deposition av cyanider.

Olyckor till havs kan ge omfattande miljökonsekvenser i form av fågeldöd, skador på marina floran och faunan, reproduktionsområden och obrukbara stränder. Påverkan kan sträcka sig över flera år. Olyckorna är relativt frekventa, och en fördjupad kunskap i dessa frågor är nödvändig.

Ett tredje sätt att betrakta svårighetsgraden av miljökonsekvensen, är att sätta skadan som uppstått i relation till de lokala, politiska miljömål som satts upp i den kommun eller region där olyckan inträffat. Miljömålen grundar sig på de ovan beskrivna 13 miljöhoten, men har stark prägel av de förhållanden som råder i bygden.

Tänkbart scenario: För att återvända till flodpärlmusslan. I en kommun har stora resurser lagts ned på bevarandet av en reproducerande musselbiotop i vissa vattendrag. Fabriker och annan industri i omgivningen har ålagts att ändra vissa processrutiner för att minska risken för belastning på musselbeståndet. Särskilda förbyggande åtgärder i form av skyddsdammar har byggts i händelse av haveri eller driftstörningar. Viss verksamhet har förbjudits med hänvisning till risken för störningar på de skyddsvärda biotoperna. Svårighetsgraden av en olycka som skadat flodpärlmusslebeståndet i kommunen kan mot denna bakgrund ses som allvarlig.

5. YTTRE FAKTORERS INVERKAN PÅ OMFATTNINGEN AV EN MILJÖOLYCKA

Ovan har kort beskrivits vilken betydelse förebyggande- och insatsåtgärder kan ha för miljöpåverkan. I detta kapitel fokuseras frågan på hur också naturliga, *yttre omständigheter* kan avgöra vilken omfattning miljöpåverkan av en olycka får.

Tänkbart scenario1

Olycka med vält tankbil en förmiddag i april vid trafikplats längs motorvägen in mot Sundsvall. En tankbil lastad med 20 ton svaveldioxid kolliderar med en lastbil och en reva uppstår i tanken. Ett utflöde på 1kg/s svaveldioxid (gasfas) uppstår. Efter 30 minuter tätas läckan. Cirka 150 meter norr om olycksplatsen finns en stadspark med skyddsvärd vegetation. Vegetationen har delvis slagit ut. Väderförutsättningarna är typiska för årstiden, mulen och atmosfärsstabiliteten neutral. Temperatur ca +10 C. Vindriktningen är OSO, medelvindstyrkan 2 m/s. **Förlopp:** Utsläppet har en kort men hög koncentration; från 2000 ppm och lägre. Svaveldioxiden sprids i gasfas och molnet når stadsparken. **Konsekvenser:** Den vegetation som slagit ut, skadas svårt av molnet då svaveldioxiden angriper enzymssystem i cellerna. Lavar kan slås ut helt. Konsekvenserna för ej utslagen vegetation är okänd, liksom återhämtningstiden för den högre vegetationen. Regional försurningspåverkan.

Tänkbart scenario2

Samma olycka som ovan, en förmiddag i januari. Temperaturen är -10C. Snödjupet är ca 50 cm samt tjäle. Väderförutsättningarna i övrigt som ovan. **Förlopp:** Svaveldioxiden avgår som en högflyktig (ej kokande) vätska. Snötäcket gör att avdunstning reduceras. Under 30 minuter sjunker svaveldioxiden som en mättad "plugg" med hög konstant hastighet genom snötäcket och breder sedan ut sig utefter gränsen snö-underlag. När tillrinningen upphört fortsätter spridningen långsammare i sidled. **Konsekvens:** Växternas fina rötter och mikroorganismer under plymen kan eventuellt skadas. Lokal försurningspåverkan.

Exemplen illustrerar hur samverkan mellan olika faktorer kommer att avgöra om en olycka får svåra miljökonsekvenser eller ej. I vilken form avgår föroreningen? Hur sprids den? Hur känslig är omgivningen vid olyckstillfället? Nedan följer en diskussion om hur de fyra huvudfaktorerna *1. Källstyrka (utsläppt mängd) 2. Ämnets farlighet 3. Spridningsförutsättningar och 4. Känsligheten hos skyddsvärdet* kommer att bero av ett antal viktiga parametrar. I tabellform ges en översiktlig genomgång av de huvudprocesser som är av betydelse för en olyckas miljökonsekvenser. En generell identifiering görs av yttre variabler som i sin tur påverkar huvudprocesserna.

5.1 KÄLLSTYRKA

Källstyrkan begränsas av den totalt lagrade eller transporterade mängden kemikalie eller ämne. Insattiden, dvs den tid det tar innan läckan är tätad, kommer som nämnts I kap. 4.2 att vara avgörande för utsläppsmängden. Betydelsen av yttre förhållanden vid olyckstillfället, gäller i första hand för utströmningsfaktorn. En kondenserad gas kommer t.ex uppträda olika beroende på årstid och väderlek vid utsläppet (tabell 1).

Huvudfaktor	Variabel	stys av bl a
Utströmningsfaktor	förekomstform	tryck, temperatur
Tid till insats	insatsrutiner	dygnsberoende?
Tillgänglig mängd	lagringsrutiner	produktion/säsong?
Skadans storlek och form	materialegenskaper	ev temperatur

Tabell 1. Yttre faktorer som påverkar KÄLLSTYRKAN hos ett utsläpp

5.2 ÄMNETS FARLIGHET

De två större fenol-olyckor som inträffat i Sverige är tankhaveriet i Skarvikshamnen i Göteborg 1973 och den liknande olycka med tankhaveri i Sundsvall i februari 1986. Olyckorna inträffade vintertid. Årstiden underlättade räddningsinsatsen, då den varma fenolen snabbt kylde av och stelnade. Större problem med fenol i gasform uppstod därför inte. Räddningsarbetet kunde i stället inriktas på att sanera den fenol som, trots vintern, rann ut i diken och avloppsledningar.

Vid bedömning av ett ämnes farlighet görs en sammanvägning av dess giftighet, dess nedbrytning/ omvandling i miljön, dess rörlighet i miljön, bioackumulation och dess gödande egenskaper. Vid en blandning av flera kemikalier med kända akuttoxiciteter, kan den sammanlagda giftigheten öka, minska eller vara oförändrad, jämfört med summan av ämnens giftighet var för sig. I denna rapport avser ämne ett enskilt ämne, och inte blandningar. Detta innebär en uppenbar förenkling av verkligheten eftersom olyckor i praktiken ofta omfattar fler

än en kemikalie och släckvatten i sig innehåller kemikalier som kan reagera med ämnet i fråga (frigörande av artefakter). Dessutom har recipienten alltid en bakgrundshalt av exempelvis metaller som kan förändra den verkliga toxiciteten. Slutligen varierar känsligheten för en kemikalies giftighet mycket kraftigt mellan de olika arterna i ett ekosystem.

Släckvattnets karaktär, om det blir giftigt (och i så fall hur giftigt), kommer alltså att vara unik för varje olycka. Det finns ändå anledning att ge en struktur åt de faktorer som kommer påverka ämnets farlighet. Det kan samtidigt konstateras att även den unika, komplexa "slutprodukten" (primärutsläpp + artefakter + sekundärutsläpp) vid en olycka, också kommer att påverkas av dessa faktorer.

Vid en olycka måste ämnets rörlighet i miljön ses ur två tidsperspektiv. Det akuta inledningsskedet där en mer eller mindre utspädd kemikalie snabbt sprids, och långtidsperspektivet, då kemikalien utspädd i jord, luft eller vatten och långsamt sprids vidare. (S. Fischer, SBF 1994). Mekanismerna för de två spridningsperspektiven är olika och några enkla samband finns inte. Idag styr främst den inledande rörligheten räddningsinsatsen. Om man kan förutse att kemikalien i ett längre tidsperspektiv kan orsaka miljöskador bör naturligtvis även detta vägas in i ett tidigt skede. Initialt avgörs nedtransporten i mark av ämnets viskositet och densitet. Vid ett större utflöde av ex en oljeprodukt, ökar risken för nedtransport i mark med minskande viskositet eller ökande densitet. Vid en brand är kemikaliens vattenlöslighet och flyktighet av avgörande betydelse; risken för att grundvattnet skall förorenas är större ju mer vattenlöslig och lågflyktig kemikalien är. Om kemikalien däremot är upplöst i vatten kommer densitetet och viskositet att sakna betydelse. Kemikaliens spridningsbenägenhet kommer då att avgöras av dess förmåga att binda till markpartiklar.

I tabell 2a) ges en översikt över hur ett ämnes farlighet avgörs av att antal faktorer, och hur

Huvudfaktor	Variabel	stys av bla
Akut giftighet	Omgivningskemi	pH, redoxpotential
Rörlighet i miljön - initialt vid brand - initial nedträngning i mark - i vattenlösning	Förekomstform: gas, vätska eller fast ämne tryck, temp Vattenlöslighet Flyktighet Brännbarhet Viskositet Densitet Benägenhet att binda till markpartiklar	pH, temp ångtryck, temp,pH temp temp
Nedbrytning/omvandling i miljön	Reaktivitet Hydrolysstabilitet Biologisk nedbrytbarhet Ljusstabilitet pH-känslighet	
Gödande/syretärande förmåga Bioackumulerbarhet	vattenomsättning	tempgradient

Tabell 2a). Yttre faktorer som påverkar ÄMNETS FARLIGHET

dessas faktorer i sin tur kan påverkas av varierande förhållanden i omgivningen. Som illustration visas i tabell 2b) hur pH kan inverka på vattenlöslighet, flyktighet och giftighet hos metallföreningar, aminer, fenoler och karboxylsyror. Ämnen som däremot *inte* påverkas av pH i dessa avseenden, är exempelvis alkaner, alkener, alkoholer, aldehyder, etrar, ketoner, amider och nitriler.

	vattenlöslighet	flyktighet	giftighet
metallföreningar	ökande	-	ökande
aminer	ökande	minskande	minskande
fenoler	minskande	ökande	ökande
karboxylsyror	minskande	ökande	ökande

Tabell 2b) *pH betydelse för vattenlöslighet, flyktighet och giftighet hos några kemikaliegrupper (efter "Tolkning av miljödata" S. Fischer 1994)*

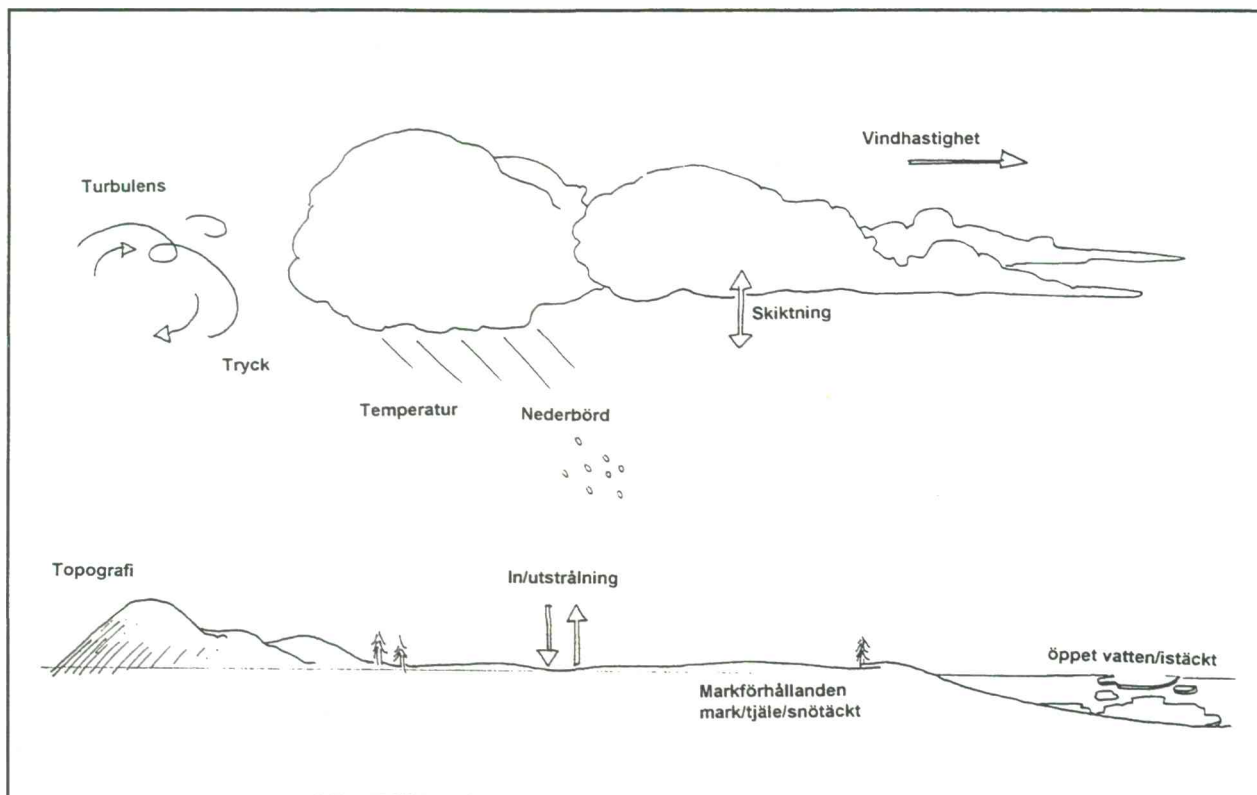
5.3 SPRIDNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR

Tänkbart scenario: På grund av den rikliga nederbörden tidigare under veckan var marken vid olyckstillfället mättad. Infiltrationen i marken blev därför begränsad, och huvuddelen av släckvatten avrann i stället som ytvatten direkt till en närbelägen bäck.

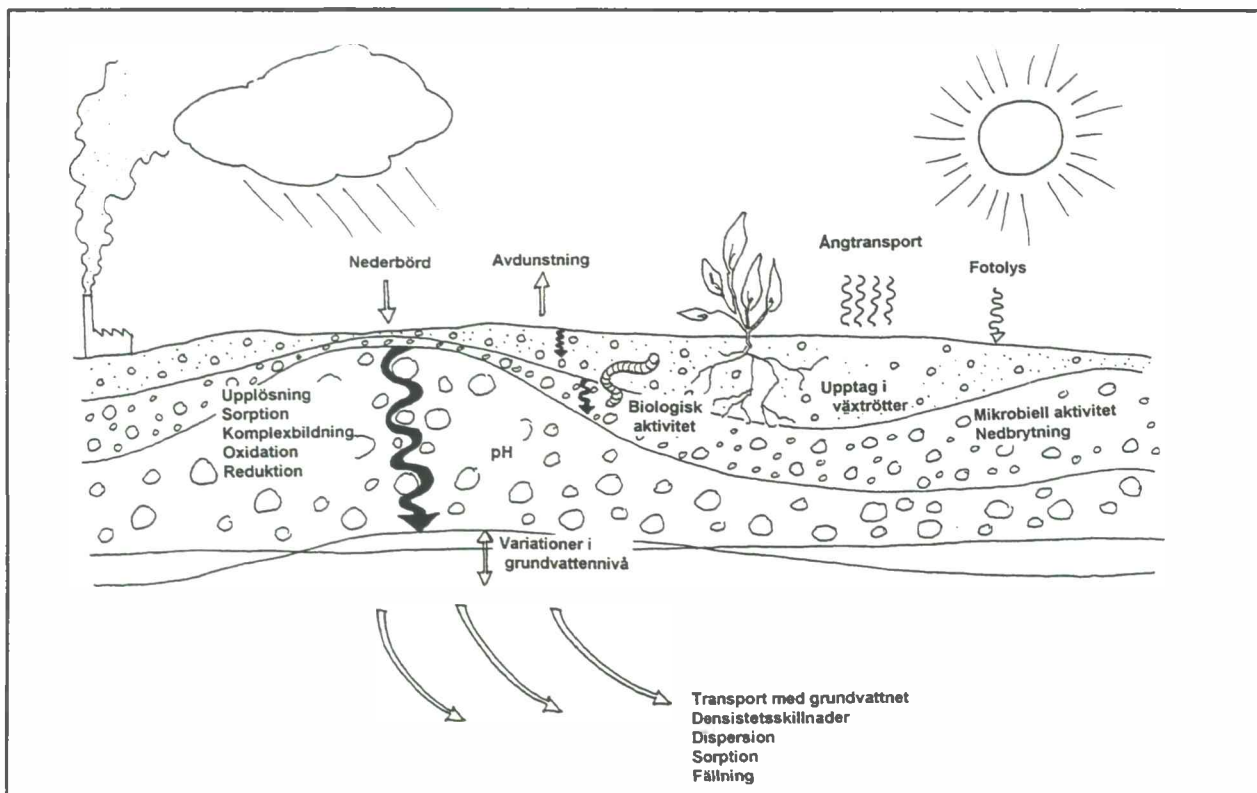
Tänkbart scenario: Genom förmiddagens höga solinstrålning var vindstyrkan vid olyckstillfället stark, och en kraftig uppblandning av luftmassorna fick koncentrationen av ammoniak att snabbt nå en ofarlig nivå.

De naturliga förhållandena vid olyckstillfället kommer på olika vis att påverka vilka spridningsförutsättningar som blir aktuella vid en olycka. Figur 3 a-c illustrerar några av de viktigaste faktorerna som avgör en förorenings spridning i mark, vatten respektive luft. Hur dessa "huvudfaktorer" i sin tur är styrda av ett flertal variabler, sammanfattas i tabell 3. Det kan konstateras att många av faktorerna är dynamiskt beroende av variabler knutna till väderleken och årstiden; *temperatur, tryck, nederbörd*.

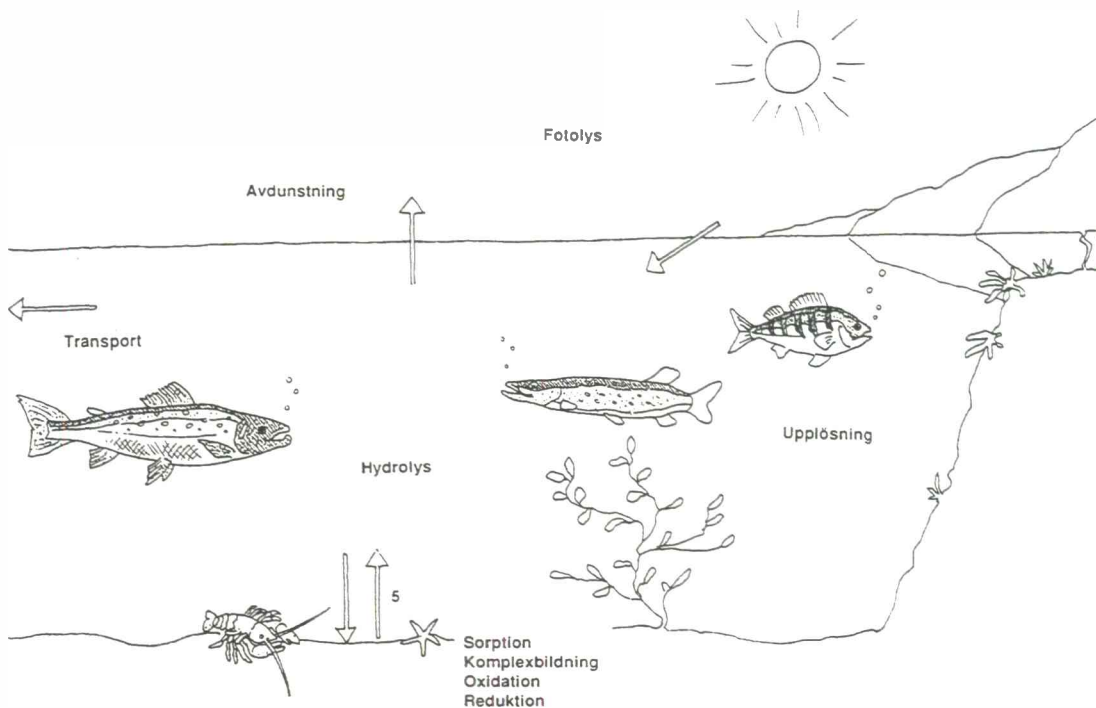
När det gäller brandrökens miljöeffekter är vindstyrkan, turbulensen i luften och rökens nedslag mot marken av avgörande betydelse (L. Thaning, muntl. uppg.). Med svaga vindar och, under det ogynnsammaste förhållandet inversion, kan rök transporteras med liten utspädning. Om nedslagsplatsen sedan är distinkt, kan miljöpåverkan bli avsevärd. Med mer turbulenta förhållanden späds röken snabbt och depositionsytan blir dessutom mer diffus. Koncentrationerna av ämnen i nedslagsområdet kan i sådana fall väntas bli begränsade. Spridningsförutsättningarna är olika under sommar- och vinterhalvåret. Under kalla vinterdagar tenderar röken att söka en viss höjd med hjälp av det termiska plymlyftet, stabil skiktning. Begränsad turbulens ger långsam nedblandning. Nedslagsplatsen blir då relativt distinkt.



Figur 3a). Viktiga processer som påverkar spridningsförhållanden i luft



Figur 3b). Viktiga processer som påverka spridningsförhållanden i mark



Figur 3c). Viktiga processer som påverkar spridningsförhållanden i vatten

Sommartid kan röken blandas ut bättre med atmosfären. Då blir spridningen större och depositionsplatsen mindre tydlig. Även tid på dygnet kan avgöra spridningsbilden. Med en grov generalisering kan man nattetid förvänta en spridningsbild som ofta liknar "vinter-fallet" ovan, eftersom instrålningen är låg och atmosfärsskiktningen som regel stabil. Dagtid har solinstrålningen ökat turbulensen i luften och chansen för utspädning ökar.

Släckvattnets eller en kemikalies miljöeffekter avgörs i hög grad av hur snabbt det når grundvattnet eller ytvattnet. Den faktiska transporten kommer bli att avgöras av infiltrationen, hur mycket som binds i komplex eller fälls ut i jorden och hur mycket som tas upp i biologisk aktivitet. De processer som verkar i marken är många och komplexa (figur 3b). Här nämns kort några av dem. Viktiga markegenskaper som påverkar transporthastigheten är markens porositet (kornstorlek), vattenhalt och mullhalt (organsikt material). Porositeten och mullhalten är relativt konstant vid en viss plats, medan vattenhalten kan variera från tidpunkt till tidpunkt beroende på nederbörden. Skillnaden på genomtränglighet mellan en sand och mjäla, kan exempelvis få nedtransporten av kemikalien anilin till 3 meters djup att gå på ca en timme i sand, medan samma transport i mjäla kan 20 månader. Om den utsläppta kemikalien i stället är bensen, kan 3 meters transport ta ca en kvart i sanden och ca 5 månader i mjälan. Orsaken är skillnaden i viskositet - anilin är mer trögflytande. I princip går transporten snabbare för en grovkornig jord än för en finkornig, det går snabbare i en vattenrik jord än i en torr, och det går långsammare om mullhalten är hög i jorden än om den är liten (S.Fischer, SBF 1994). Om nederbörden varit så riklig att jorden är helt mättad med vatten, kommer föroreningen inte kunna tränga ner utan transporteras bort som ytvatten (A.Rodhe, 1991).

Huvudfaktor	Variabel	stys av bl a
<u>Mark</u>		
Jordens genomtränglighet - hårdgjord yta	jordart: porositet, tjocklek asfalt	fältkapacitet, nederbörd, temp (tjäle)
Infiltration - fastläggning - komplexbildning.	markemi organisk halt	pH, redoxpotential biologisk aktivitet/årstid
Kapillär transport	vattenmättnad	nederbörd/avdunstning/ångtransport
Transport	grundvattenflöde	nederbörd
Fällning	mark/grundvattenkemi	temp, pH
Djup till grundvattenytan	grundvattenytans variationer	nederbörd, tryck
Grundvattenytans lutning	mot brunn, sjö, vattendrag	tryck
Grundvattenytans riktning	topografi, dikning	
<u>Vatten</u>		
Avdunstning till luft		temp
Kemisk nedbrytning		temp, pH, redox, organisk halt
Utspädning	vattenflöde	nederbörd
Sedimentation/resuspension	strömhastighet	tryck, vattenflöde, temp
Bioack./bio nedbrytn	biologisk aktivitet (årstid)	pH, temp, redox, näring
<u>Luft</u>		
Hastighet	årstid, natt/dag	in/utstrålning, temp, tryck
Turbulens	topografi, skiktning	in/utstrålning, temp, tryck, vind
Utfällning/resuspension	markförhållanden	skrovlighet, temp, snö, is, tjäle, fukt
Deposition	luftfuktighet	nederbörd
Termisk plymlyft	luftskiktning, konc., vind	in/utstrålning

Tabell 3. Faktorer och variabler som styr en förorenings spridning i omgivningen

5.4 KÄNSLIGHET / SKYDDSVÄRDE HOS BIOTOP

Recipienten, eller den omgivning som slutligen påverkas av miljökonsekvenserna från olyckan, indelas här i två delar. Den lokala miljön och den övergripande miljön som beskrivs i Naturvårdsverkets 13 miljöhot. Kunskapen om faktisk miljöpåverkan från olyckor är idag liten ("Miljökonsekvenser..." SRV 1996). Få olyckor följs upp ur miljöhänseende, och de undersökningar som görs begränsar sig ofta till närtiden för olyckan. En relevant undersökning bör omfatta platsen för olyckan och dess (opåverkade) omgivning, dels strax efter olyckstillfället, dels efter 1-2 års återhämningsperiod. Enstaka större olyckor, som Sandozolyckan 1986, har följts upp (Högskolan Karlstad, 1996). I det fallet konstaterades en total återhämtning av ekosystemen i floden Rhen redan några månader efter ett omfattande kemikalieutsläpp där stora delar av bland annat fisk och ålbeståndet slagits ut. Den troligaste orsaken till att skadornas omfattning inte blev mer större var antagligen flodens kroniskt höga föroreningsbelastning sedan en lång tid; de känsligare arterna var redan innan olyckan utrotade. Vid oljeolyckor till havs, har i vissa fall en flerårig påverkan registrerats. Med bakgrund av den bristfälliga kunskapen inom detta område, skall resonemangen nedan och noteringarna i tabell 4a) och 4b) snarast ses som diskussionsunderlag. Vilka frågetecken är angelägna att rätta ut?

Känsligheten hos lokala biotoper kan varieras mellan olika tidpunkter. Känsligheten styrs bl.a av reproduktions- och livcykelbilden hos växtligheten, vattenfaunan eller djuren. Den kritiska tidpunkten för påverkan är reproduktionsperioden, vilken för de flesta arter infaller under våren/ försommaren. En känslig faktor hos vegetationen är klyvöppningarna hos bladen, vilka kan vara öppna eller stängda beroende på solintensitet mm. Om olyckan sker vid ett tillfälle då klyvöppningarna är stängda kan skador från ämnen som klor eller svaveldioxid väntas bli mindre omfattande. Andra ämnen, som ammoniak, tränger i stället in genom porerna, och skadans omfattning blir då oberoende av om klyvöppningarna var öppna eller slutna vid olyckstillfället ("Skadliga effekter på träd vid vådautsläpp..." rapp. under publ., FOA 1996).

Avgörande för om den lokala miljöpåverkan blir svår i ett längre tidsperspektiv, är som nämnts möjligheten för återkolonisation. Om arterna finns representerade i närområdet, kan en återinvandring väntas ske, och biotopen kan generellt sett förväntas bli intakt både då det gäller antalet arter, åldersfördelning och täthet hos arterna. Detta gäller såväl till land som i marina miljöer. Om biotopen är "särskilt skyddsvärd" kan bilden bli en helt annan. Arten återfinns då oftast bara i ett fåtal exemplar, och någon ny invandring kan ej ske. Beståndet slås ut.

Huvudfaktor	exempelvis	styrs av bla
1. Klimatpåverkande gaser	CO ₂ , CO, NO _x	temp, tryck
2. Uttunning av ozonskitet	CFC, HCFC, haloner lösningsmedel, brandsläckn	bildande av artefakter
3. Försurning av mark och vatten pga nedfall	SO ₂ , NO _x	temp, nederbörd
4. Marknära ozon	NO _x , VOC	bildande av artefakter temp.
5. Tätortens luftföroreningar och buller	CO, CO ₂ , SO ₂ mm	
6. Övergödning av vatten och mark	Kväve, fosfor	biologisk aktivitet
7. Påverkan genom metaller	Cu, Pb, Zn, Hg, Ar mm	pH, organisk halt
8. Påverkan genom organiska gifter	PAH mm	
9. Introduktion och spridning av främmande organismer	PBC, DDT mfl	
10. Nyttjande av mark och vatten som resurs	vattentäcker, rekreation skogs- och jordbruk mm	årstid, vattennivå
11. Exploatering av mark och vatten för bebyggelse, anläggningar och infrastruktur		
12. Anspråk mot särskilt värdefulla områden	naturreservat mm	årstid
13. Brutna kretslopp, avfall och miljöfarliga restprodukter		

Tabell 4a) Faktorer av betydelse för en olyckas påverkan på de 13 Miljöhoten

Huvudfaktor	Variabel	styr av bl a
<u>Vegetation</u> lövegetation barrveg. lavar o mossor våtmarker ängs- och hagmarker jordbruk/skogsbruk	öppna klyvöppningar utslagen vegetation (vissa gaser går direkt genom porer-ej beroende av klyvöppningars status)	tid på dygnet årstid
<u>Djurliv</u> vilt fågel insekter	reproduktionsperiod -annat?	årstid
<u>Fisk/bottenfauna</u>	reproduktionsperiod vattenflöde (koncentration)	årstid nederbörd
<u>Vattentäkter</u>	grundvattennivå infiltration/tjäle	nederbörd årstid,temperatur,
<u>Andra skyddsvärda objekt</u> Reningsverk biosteg	utspädning av dagvatten	nederbörd

Tabell 4b) Faktorer och variabler som styr den lokala RECIPIENTENS KÄNSLIGHET

5. SVÅRA MILJÖKONSEKVENSER VID OLYCKOR - KUNSKAPSBEHOV

Med utgångspunkt från de diskussioner som förts ovan kan exempel på scenarior skissas, där de yttre förutsättningarna vid olyckstillfället gjort miljökonsekvenserna svårare än de skulle ha varit under andra omständigheter. I tabell 5 skissas i grova drag konsekvenserna för olyckor med några slumpvis utvalda ämnen vilka skett under - för dessa ämnen - särskilt ogynnsamma omständigheter. Av tabellen framgår hur svårighetsgraden av en olycka kan vara störst under en varm sommar för vissa ämnen, medan andra kan ämnen kan få sin allvarligaste miljöpåverkan om olyckan sker under en tidig vår. Exempelen är i ingen mån fullständigt utredda, utan syftar tvärt om till att belysa vikten av att olika olyckor utreds på ett fördjupat sätt. I exemplen har ingen hänsyn tagits till eventuella skadebegränsande åtgärder, eller val av insatstaktik.

ÄMNE	Ogynnsam tidpunkt	Ogynnsam plats	Förväntat förlopp	Exempel på miljökonsekvenser	Återhämtning - exempel
Diesel	regnig sommar, hög grundvattennivå	grundvattentäkt i grus-sand med linser av mo/ mjåla, låg mullhalt	dieseln tränger snabbt ned i marken (liten fastläggning) en fastläggning sker i mo/mjållagren	grundvattentäkten obrukbar under månader - år / NV-hot 10	dieseln "fastnar" i mo/mjållagren, läckaget från dessa ökar påverkan upp till 30 år
Metall-föreningar	vårsmältning med lågt pH i vattendrag, reproduktions-period	mindre vattendrag med skyddsvärda biotoper känsliga för metall-påverkan	det låga pH-värdet ökar giftigheten och lösligheten hos metallerna	den känsliga biotopen slås ut, ingen återinvandring kan ske / NV-hot 7, 12, 13	ingen återhämtning
Fenoler	sommar/vår, lågt pH	närhet till naturreservat med känslig vegetation och vattendrag	spridning främst till luft då lågt pH ger ökad flyktigheten och minskad vattenlöslighet, giftigheten i vattnet ökar	giftpåverkan från gas, lokal giftverkan på vattenmassan / NV-hot 12	återhämtning inom en årscykel
Fosfor/kväve-föreningar	sommar, hög temperatur, låg vattenomsättning i sjöar	grund, näringsfattig sjö, låg syrehalt	övergödning ger kraftig alg tillväxt, syrefria vatten och svavelvätebildning	fiskdöd pg syrebrist, svavelväte dödare högre i livsformer / NV-hot 6	det "näringsfattiga" ekosystemet kollapsar, igenväxning av sjön till ett kärr
Ämnen som reagerar, med vatten ex tionylklorid	snörikt vinter, inversion	tätort, försurnings-känsligt område ex- Västkusten	vätskan reagerar med snön, bildar svaveldioxid och avgår i gasform, ingen omvandling koncentrerat nedslag	belastning på försurning och tätortens luftföroreningar / NV-hot 3, 5	begränsat tillskott till totalbelastningen
Oljeutsläpp	vår, lugnt väder, kallt vatten	kustband med fågel och reproduktions-områden, reservat	oljebältet driver in mot kusten utan att brytas ner biologisk eller blandas ut av vattenmassor	massiv fågeldöd, störningar i reproduktionsområden / NV-hot 11, 12	flerårig tid för återhämtning

Tabell 5. Scenario - hur yttre förhållanden vid olycksstillfallet kan påverka olika kemikalieolyckors miljöpåverkan

Det noteras att miljökonsekvensen även av sk ”förutsägbara olyckor” i hög grad är beroende av lokala förhållanden. En reflektion blir att ett realistiskt, fördjupat arbete för att hitta former för att begränsa miljökonsekvenserna vid framtida olyckor, endast kan fås genom ett nära samarbete och kunskapsutbyte mellan de inblandade; räddningstjänsten, miljökontoren, planenheter, industrin, försäkringsbolagen, kemikaliekontoret och andra berörda parter.

Ett kunskapsbehov finns idag i vissa viktiga frågor:

1. Det finns ett behov av att definiera begreppet miljökonsekvens kopplat till en olycka. En utgångspunkt kan vara de tre infallsvinklar som diskuterats ovan, **1) lokal påverkan på recipienten, 2) påverkan på de 13 miljöhoten och 3) påverkan på lokala miljömål**. Ett alternativ kan vara att, som i tabell 5, redovisa flera av infallsvinklarna vid olika olyckscenarier. (En uppföljande värdering av miljökonsekvensen ligger däremot inte inom Räddningsverkets ansvarsområde).
2. Behov finns vidare för en fortsatt systematisk genomgång av olika typolyckor. Vanligt förekommande olyckor som bränder i hus och bilar har studerats medan utredningar om bl a miljökonsekvenser från skogsbränder, svaveldioxid- och klorutsläpp pågår i SRV's regi.
3. I takt med att kunskapen om svårighetsgraden av olika miljöolyckor ökar, kan arbetet med att fokusera miljöförbättrande åtgärder till rätt områden inom exempelvis insatsplaner, skadeförebyggande åtgärder och planering, fortgå.

Komplexiteten hos de faktorer som påverkar miljökonsekvensen av en olycka, lyfter fram behovet av förenklade, väl valierade metoder för att även i det praktiska arbetet kunna beräkna en förväntad miljökonsekvens från en olycka. Det har inte legat inom ramen för denna rapport att fördjupa frågan om vilka behov som finns.

Referenser

Stridsman D., Andersson J., Svedung I,
Släckvatten, Arbetsrapport 96:2, Högskolan i Karlstad, 1996

Berg Per EO
Miljökonsekvenser vid olyckshändelser, Statens Räddningsverk, Risk- och
miljöavdelningen P23-143/96, 1996

Fischer Stellan
Tolkning av miljödata i Farligt Godskorten, Svenska Brandförsvarsföreningen, 1994

Naturvårdsverket mfl
Förorenade områden, Vägledning för översiktliga inventeringar och riskklassningar
(preliminär version), NV,SGU,ITM,IMM, 1996

SBF
Brand och miljö, SBF Brandförsvarsföreningen, 1990

Flemberg S, Henrysson M
Skadliga effekter på träd vid vådautsläpp av industrikemikalier (gaser). Uppläggning
av experimentella försök (rapport under publicering), FOA

Thaning Lennart
Muntlig diskussion, FOA ABC-skydd

Räddningsverkets bibliotek
Karlstad



26152001399

ISBN 91-88890-45-7

Beställningsnummer P21-158/96

Tfn 054-10 42 86, fax 054-10 42 10



RÄDDNINGSS
VERKET

4974

Ps: u h

Yttre faktorer...