



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R99:1990

**Risicanalys av järnvägs-
transporter**

En pilotstudie

Erik Eklund

John Lepic

Bygghforskningsrådet

R99:1990

RISKANALYS AV JÄRNVÄGSTRANSPORTER

En pilotstudie

Erik Eklund
John Lepic

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 990711-3
från Statens råd för byggnadsforskning till Lunds
tekniska högskola, Inst för brandteknik, Lund.

REFERAT

Rapporten inleds med en redovisning av de allmänna säkerhetsfilosofiska aspekter som kan läggas på transporten av farligt gods på järnväg. Olika kvalitativa och kvantitativa metoder för riskanalyser presenteras liksom resultaten från några sådana studier som genomförts. En systematisk genomgång görs sedan av de faktorer som påverkar händelseförloppet vid järnvägsolyckor. En beskrivning ges av några allvarliga historiska olyckor, olyckstyper och olyckssekvenser. I en sammanfattande avslutande del påpekas nödvändigheten av att fortsatta säkerhetsstudier genomförs som kan bilda underlag för den fysiska planeringen på kommunal, regional och nationell nivå. Utkast lämnas till lämpliga nya forskningsprojekt.

I Byggnadsforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R99:1990

ISBN 91-540-5282-3
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

gotab Stockholm 1990

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	FÖRORD	4
	SAMMANFATTNING	5
1	INLEDNING	6
1.1	<u>Litteraturhänvisningar</u>	6
2	SÄKERHETSFILOSOFISKA ASPEKTER	7
2.1	<u>Jämförelse mellan järnvägstrafik och andra samhällsaktiviteter med avseende på risk</u>	9
3	PRESENTATION AV OLIKA METODER FÖR RISKANALYS	10
3.1	<u>Kvalitativa metoder</u>	11
3.2	<u>Kvantitativa metoder</u>	12
3.3	<u>Risکانalyser av transporter av farligt gods på järnväg</u>	15
3.3.1	Identifiering av problemställningar	20
3.3.2	Särskilda erfarenheter	20
3.3.3	Slutsatser	21
4	TILLÄMPNING PÅ JÄRNVÄG	
4.1	<u>Händelseförlopp vid järnvägsolyckor</u>	23
4.1.1	Olycksorsaker	23
4.1.2	Olyckshändelser	25
4.1.3	Olyckseffekter	25
4.1.4	Olyckskonsekvenser	26
4.1.5	Förluster	26
5	NÅGRA ALLVARLIGA OLYCKOR	27
5.1	<u>Svenska olyckor</u>	27
5.2	<u>Utländska olyckor</u>	28
6	BESKRIVNING AV OLYCKSKONSEKVENSER	31
6.1	<u>Olyckor utan utsläpp</u>	31
6.2	<u>Olyckor med utsläpp</u>	32
6.2.1	Brandfarliga och explosiva gaser och vätskor.....	32
6.2.2	Giftiga gaser och vätskor.....	34
6.2.3	Frätande gaser och vätskor.....	34
7	UTKAST TILL FORTSATT FORSKNING	35
8	REFERENSLITTERATUR	37
9	LITET RISKBEGREPPSLEXIKON	38

FÖRORD

För en allmän syn på säkerhet rörande järnvägsdrift hänvisas till rapporten "Järnvägar och säkerhet", länsstyrelsen i Malmöhus län, 1989, genomförd på uppdrag av statens räddningsverk (SRV) och som bör läsas i samband med denna rapport och vice versa.

Denna rapport som har bekostats av statens råd för byggnadsforskning, utgör en fristående del av studien "Järnvägar och säkerhet". Ytterst syftar studien till att visa hur man bör planera järnvägar med tanke på säkerhet och skydd för människor, egendom och miljö.

Rapporten syftade ursprungligen till att bilda underlag för bedömning av lämpliga säkerhetsavstånd och lämplig markanvändning längs järnvägar. Under arbetets gång har framkommit att en sådan bedömning kräver grundläggande teorier för riskanalys och säkerhetsfilosofi varför rapporten kommit att behandla dessa områden. Materialet är stort och delvis svåråtkomligt. Ekonomiska och tidsmässiga ramar har lett till en ofullständig rapport, som snarast får ses som en inledning till fortsatta studier. I rapportens slut lämnas förslag till sådana.

Projektansvarig och handledare har varit Sven-Erik Magnusson, professor i brandteknik vid Lunds Naturvetenskapliga och Tekniska Högskola, vars fackkunskaper varit av stor betydelse för arbetet. Initiativtagare och projektledare har varit Erik Eklund, biträdande länsarkitekt vid länsstyrelsen i Malmöhus län. Utredare har varit John Lepic, landskapsarkitekt LAR.

Arbetet har följts av en referensgrupp vars synpunkter har arbetats in i materialet. Referensgruppen har utgjorts av:

Kjell Olsson	(Statens väg- och trafikinstitut, Järnvägsenheten)
Lars Hansson	(Statens Järnvägar, Staben för strategisk utveckling)
Bo Zetterström	(Statens räddningsverk)

Synpunkter har lämnats av:

Sten Björk	(Länsstyrelsen i Malmöhus län, försvarsenheten)
Jan Holmberg	(Malmö Banregion, regionkontoret)
Nils Olof Sandberg	(Räddningsverket)
Hartmuht Pauldrach	(Statens plan- och bostadsverk),

till vilka härigenom riktas ett tack.

Lund september 1990

SAMMANFATTNING

Statistiskt sett är järnvägstransporter säkrare än landsvägstransporter. Järnvägstrafiken går emellertid till skillnad från landsvägstrafiken i hög grad genom tätbebyggda områden. En olycka på järnväg kan få avsevärt större konsekvenser, såväl materiellt som vad gäller antalet inblandade människor, än motsvarande olycka på landsväg. Inför en eventuell transportöverföring av farligt gods till järnväg är det därför väsentligt att klarlägga bl a järnvägstrafikens säkerhetsprofil samt vilka åtgärder som kan vidtagas i säkerhetshöjande syfte. Till de senare hör höjd teknisk/materiell standard, förebyggande åtgärder inom fysisk planering samt förstärkning av den lokala räddningstjänsten. Då olycksutvecklingen bl a är en funktion av tågets hastighet, kan till ovan nämnda åtgärder även läggas sänkt hastighet alternativt förbifartsspår.

Olyckor med farligt gods kan få omfattande konsekvenser. Närbelägen egendom kan ödeläggas och människor, även på stort avstånd, kraftigt påverkas. Mark och vatten kan förgiftas för oöverskådlig tid. Kostnaderna för att överbygga effekterna av sådana skador kan bli synnerligen dryga.

Risken för sådana omfattande allvarliga olyckor i järnvägsdrift är relativt liten medan konsekvenserna - om de uppstår - kan bli mycket stora. Denna typ av risk kallas inom riskanalysmetodik för "låg-sannolikhet/hög-konsekvens"-olyckor.

Populärt kan sägas att en förhindrad katastrof skulle kunna bekosta en avsevärd höjning av säkerheten i form av utökade säkerhets- och varningssystem, förbifartsspår m m.

Det finns ett stort antal metoder för riskanalyser framtagna för olika processer och system. De olika metoderna har en högre eller lägre grad av osäkerhet och objektens förutsättningar för analys varierar. I riskanalyser kombineras för det mesta flera metoder, då den verklighet de avser att beskriva är ytterst komplicerad. Vidare generaliseras och bedöms det analyserade systemets grundförutsättningar i riskhänseende.

Flera metoder syftar till att finna särskilt känsliga punkter i ett system och hur dessa skall kunna avhjälpas.

Principiellt finns två typer av analysmetodik, kvantitativ och kvalitativ. Kvalitativa metoder innebär i regel en analys av systemet baserad på tillgänglig erfarenhet och kunskap. Slutprodukten är i regel en mer eller mindre specificerad riskbedömning av systemet och/eller dess delar.

Kvantitativa metoder kräver användbar statistik och förtrogenhet med aktuellt system. Slutprodukten är i regel en beräkning av sannolikheten för att olika risker eller konsekvenser skall inträffa.

Riskutvärdering och fastställandet av acceptabel risknivå är en kontroversiell men väsentlig del av all riskanalys.

Hanteringen av farligt gods relaterar sig till frågor om liv och död och stora materiella värden. Ansvarsfrågorna är betydelsefulla. Två ansvars- och problemförhållanden bör särskilt uppmärksammas: **individ-samhälle** och **kommun-stat**.

1 INLEDNING

Denna rapport beskriver några allvarliga historiska olyckor, olyckstyper och olyckskonsekvenser, ger en överblick av olika metoder för riskbedömning, återger väsentliga tankegångar i några gjorda studier samt redovisar säkerhetsfilosofiska aspekter som kan läggas på transporter av farligt gods på järnväg. En sammanställning av problemkomplexen redovisas i form av ett olycksschema på sidan 23. Schemat är ett exempel på hur problemställningarna kan struktureras.

Denna rapport behandlar främst olyckor med kondenserade gaser då de kan orsaka den största skadan för såväl järnvägen som dess omgivning. Olyckor utan farligt gods behandlas i begränsad omfattning.

Studier av genomförda riskanalyser är betydelsefulla. Utvecklingen inom ämnesområdet är snabb, mycket p g a det ökande antalet allvarliga olyckor med farligt gods. Dessa föranleder myndigheter världen över att i allt större utsträckning kräva noggranna analyser som underlag för beslut om hur "högkonsekvens"-risker skall hanteras. (8:357)

Av denna anledning har en inventering av aktuell svensk och utländsk litteratur och metodik gjorts. Referenslitteraturlistan representerar de viktigare, under arbetets gång funna, arbetena.

I Sverige sker årligen 150-200 uttryckningar i samband med transporter av farligt gods på olika transportslag. Flertalet olyckor/tillbud sker i tätort, 37% sker i samband med petroleumtransporter, 20% med annan tanktransport och 43% med styckegods. (12:27)

Den ökade medvetenheten om transporter av farligt gods har lett till att Riksrevisionsverket uppmanat myndigheter att ta itu med de risker som är förknippade med dessa: "*RRV anser att länsstyrelserna bör verka för att det görs riskinventeringar/bedömningar där hänsyn tas till de transporter av farligt gods som passerar länet.*" (12:10)

Genom räddningstjänstlagen, bl a § 43, har samhället skaffat sig ett instrument för att kunna ingripa mot allmänvådlig verksamhet. Den är tillämplbar även på lastning/lossning och rangering av farligt gods.

1.1 Litteraturhänvisningar

Hänvisning till referenser har valts på följande sätt: Siffror före kolon inom parentes hänvisar till numreringen i referenslitteraturlistan; siffror efter kolon inom parentes är hänvisning till sidnummer.

Riskutvärdering består i att fastställa en uppskattad risks betydelse med tanke på i vilken utsträckning den kan accepteras. Tillvägagångssätten för detta är kort sagt varierande. Risker med en bestämd vådlig aktivitet kan t ex jämföras med olika alternativ. Värdet av och kostnaderna för nedbringande av riskerna till en lägre nivå kan jämföras med kostnaderna för eventuella förluster. Problemen med att definiera kriterier för en vådlig aktivitets acceptabla risker har i vårt samhälle hitintills varit olösliga trots överflödet av undersökningar och förslag till utvecklande av dylika kriterier. (2:45)

Eftersom människan i regel successivt blir medveten om de risker hon har i sin omgivning, skapas efterhand fler och fler säkerhetssystem som skydd mot allvarliga olyckor. Idag pekar utvecklingen mot två distinkt olika risknivåer: *en högrisknivå med låg konsekvens* och *en lågrisknivå med hög konsekvens*. Exempel på den förra är de många urspårningar i låg hastighet, som årligen äger rum inom SJ, och som sällan innebär andra konsekvenser än ett tillfälligt avbrott i rutinerna. Exempel på den senare risknivån är olyckor som Harrisburg, Seveso och Tjernoby. Lågrisk/högriskkonsekvensolyckor sker inom järnvägsdriften (se kap 5).

Flera synsätt kan anläggas på den riskhantering som sker överallt omkring oss. Ett är att inget borde vara viktigare än att värna om alla de livsformer som vår planet hyser och att allt lidande bör undvikas så långt det är möjligt. En motsatt ståndpunkt är att "utvecklingen" måste framåt, att vi alltid har levt i en riskfylld tillvaro och att vi kommer att öka vår tolerans för dessa moderna, så att säga produktiva risker. Ett tredje synsätt är att risk i likhet med energi är konstant och alltså varken kan skapas eller förstöras. (2:54)

En uppenbar svårighet med medvetet risktagande är värderingen av de förluster en olycka kan medföra. Att kalkylera materiella förluster låter sig i regel göras, men värderingar av människoliv eller ekologiska system - med eller utan utrotningshotade arter - är inte invändningsfria.

Många riskanalyser tenderar att prioritera den samhällseliga och mänskliga säkerheten. I riskutvärderingar ställs individuell säkerhet ofta mot en samlad bild av olika systems risker och nytta för hela samhället, även för ernående av klarhet i de totala riskerna med transporter av farligt gods. (2:54)

Frågan om av vilken anledning vi tar dessa risker måste ställas. Primärt kan de betraktas som samhällsnyttiga, eljest borde de aldrig tillåtas, men nivåen bör urskiljas. Varje produkt eller företeelse kan placeras på någon av följande tre nivåer av samhällsnytta: **livsnödvändig**

nödvändig

onödig.

Lågrisk/högriskkonsekvensolyckor skapar särskilda problemställningar då de kan utrota livsbetingelserna på stora arealer.

Det är uppenbart att samhällsplanerande myndigheter mer medvetet måste kalkylera med de konsekvenser en lågrisk/högriskkonsekvensföreteelse innebär och ställa den i relation till den verkliga nyttan. Att t ex begränsa risker förbundna med onödiga aktiviteter bör ses som angeläget ur samhälls-ekonomisk synpunkt.

I den fortsatta riskhanteringen bör man samlat försöka analysera alla risksystem i samhället. En sådan analys bör ta hänsyn till alla led i en ämneskedja som produktion, halvförädling, förädling, konsumtion, restprodukter och omhändertagande av dessa. Mellan och inom dessa led sker transport och lagring av aktuella ämnen.

En sådan analys bör också innefatta ett studium av alternativa ämnen, produktionsmetoder, transportsätt etc.

I samhällsplaneringen bör beaktas vad som är risk på kort och på lång sikt. En hantering av ett farligt ämne kan innebära en omedelbar och uppenbar risk men själva framställningen och existensen av ett sådant ämne kan utgöra ett långsiktigt hot mot miljö, genetik etc. En samlad riskanalys bör ta hänsyn till dylikt.

I samhällsplaneringen bör klargöras exakt vad som kan inträffa och vad/vem som är utsatt. I olika riskanalysmetoder räknar man i regel med *värsta tänkbara olycka med största möjliga förluster*, en metod som också visat sig realistisk. (2:45)

Att bestämma den lokala/nationella ansvarsnivån är angeläget icke minst med tanke på att skillnaden i närhetsupplevelse skapar olika förutsättningar för att konkret handskas med och förbereda sig för risker (1:19). För hur mycket man än ägnar sig åt statistiska sannolikhetsberäkningar och ett sk produktivt risktagande måste man betänka två faktum: dels att den som skördar nyttan av risktagandet sällan eller aldrig är den som drabbas av risktagandets konsekvenser, dels att vad som är statistik på nationell/global nivå är en fullt identifierbar och oerhört betydelsefull risk eller katastrof på lokal nivå. (1:1)

Den nya Plan- och bygglagen ger kommunerna en ökad grad av självbestämmande. Detta kan innebära att det efter den riskmedvetenhetshöjning, som en lågrisk/högkonsekvensolycka troligtvis medför, sker att en kommun eller region efter överväganden vägrar tillåta fortsättandet av aktuell riskhantering eller kräver skärpa regler.

Exempel finns i USA där delstater krävt och genomfört ansträngningar för riskreduktion. I Californien finns motorvägspatruller, sorterande under polisen, med rätt att granska säkerheten i alla operationer med farligt gods. Lagarna i New Mexico tillåter polisen att eskortera transporter med farligt gods. New York City har utfärdat lagar som begränsar transporter av radioaktiva material, vilka dock (förmodligen endast temporärt) hindras från att träda i laga kraft av den federala domstolen. En maximumhastighet för transporter av farligt gods har fastställts i New Jersey. (1:39)

Frågan om rätten att utsätta individen för dessa risker kräver en djup analys av de medborgerliga rätt- och skyldigheterna. Det etiskt försvarliga eller oförsvarliga i att utsätta människor som aldrig bett om de risker eller haft intresse av de förmåner som hanteringen av farligt gods innebär måste utredas.

Det är väsentligt att uppmärksamma behovet av ett gemensamt kriteriesystem för riskhanteringen i samhället. Idag har mer eller mindre varje säkerhetsregel sitt eget kriteriesystem vilket skapar förvirring. Med tanke på det mänskliga felhandlandets stora andel av olycksorsakerna bör ett konsekvent genomtänkt regel- och säkerhetssystem minska den totala risknivån i samhället. (1:10)

Det mänskliga felhandlandet, den mänskliga faktorn, står enligt tillgänglig statistik för drygt 50% av olycksorsakerna inom högriskområdena flyg, kärnkraft och kemihantering. (11:73)

Sammanfattningsvis kan sägas att det primära vid utövandet av vådliga aktiviteter är en hög teknisk och materiell säkerhet. Eftersom detta inte utplånar risken, bör denna åtföljas av en hög planteknisk standard. I de fall uppfyllandet av dessa krav inte är tillfyllest, bör samhället ha en hög räddningstjänstberedskap.

- 1 HÖG TEKNISK OCH MATERIELL SÄKERHET**
- 2 HÖG PLANTEKNISK STANDARD**
- 3 HÖG RÄDDNINGSTJÄNSTBEREDSKAP**

2.1 Jämförelse mellan järnväg och andra samhällsaktiviteter med avseende på risk

Transportsystem kan, med utgångspunkt från sannolikhet för olycka, rankas enligt följande: vägfordon - tåg - båt - flyg (SRVs riskhandbok). Järnvägs-transporter är enligt uppgift från Trafiksäkerhetsverket 20 gånger säkrare än landsvägstransporter, räknat på godstransporter i tonkilometer.

Farligt gods (naturgas) transporteras även i pipe-lines. För naturgasnätet finns ett utvecklat säkerhetstänkande, delvis beroende på att nätet introducerats betydligt senare än övriga här nämnda transportslag. Markanvändningen kring naturgasnätet är jämförelsevis hårt reglerad.

Järnvägen bör betraktas som ett högriskområde p g a de konsekvenser som har uppstått och kan uppstå vid järnvägsolyckor (7:335). Detta gäller såväl järnvägens stomlinjenät som dess ersättningsnät.

”De stora talens lag” kallas ett statistiskt fenomen som kan sägas innebära att när en företeelses omfattning överskrider en viss tröskel så är den inte längre kontrollerbar. Ett exempel är den ofrånkomliga risken att någon blir överkörd av en bil. Möjligheten att eliminera risken genom kontroll av alla bilar och förare har så att säga passerats.

Idag transporteras en mängd farligt gods på landsväg och järnväg i Sverige vilket hitintills accepterats (c:a nnn respektive nnn tonkilometer). Omfattningen av farligt gods har under 80-talet ökat med c:a nn% (se fig nn i rapporten ”Järnvägar och Säkerhet”). Omfattningen av kända och okända farliga ämnen ökar dessutom, vilket leder till att tröskeln för ”de stora talens lag” förr eller senare nås. Överföring av alla transporter av farligt gods på järnväg skulle med tanke på den lägre olycksfrekvensen relativt landsväg kunna uppfattas som något självklart. Möjligheten att en sådan stor omläggning av transporter skulle överskrida nyss nämnda tröskel måste dock beaktas.

3 PRESENTATION AV OLIKA METODER FÖR RISKANALYS

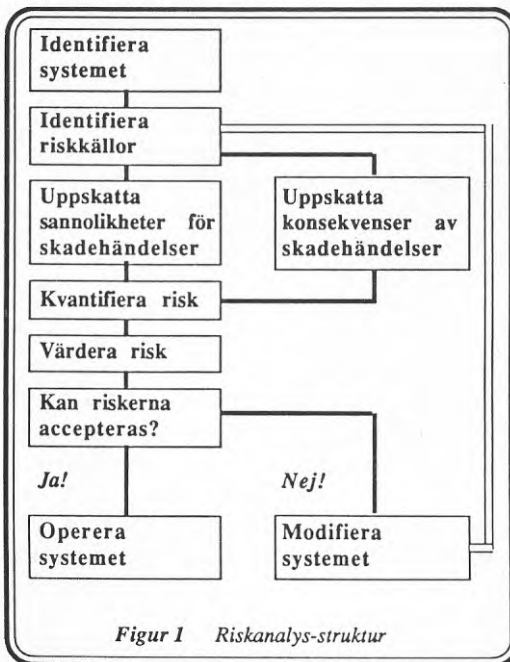
Riskanalysen kan med fördel delas upp i två separata och till stor del oberoende aktiviteter: riskuppskattning och riskutvärdering. Den kvantitativa riskuppskattningen föregås alltid av en kvalitativ beskrivning och strukturering av riskpanoramata, innebärande att bidragande faktorer identifieras och händelsesekvenser fastställs. Riskuppskattning kan definieras som en kvantitativ uppskattning av definierad risk med användning av statistiska och/eller analytiska modeller. Beräkning av risknivå kan ske med bruk av en eller flera metoder som t ex statistisk inferens, (bruk av historiska data), felträdsmetodik, analytiska/fysikaliska modeller/metoder, subjektiv uppskattning. Använda grovanalys-metoder inkluderar t ex checklistor, indexmetoder, s k "what-if-analys", felmoders-feleffektsanalys (se sid 11f).

Riskutvärdering kan bestå i att jämföra uppskattad risk med en "socialt accepterad" sådan, med risk beräknad för en alternativ systemutformning eller i att beräkna värdet av eller kostnaderna för åtgärder som minskar uppskattad risk. Riskutvärderingen utgör vanligen den mest kontroversiella aspekten av riskanalysen och kräver att begrepp som acceptabel risk, likvärdig risk och kostnad-effektivitet analyseras från en etisk och socioekonomisk grundsyn.

De olika riskanalysmetoderna delas vanligen in i kvalitativa och kvantitativa metoder.

Kvalitativ riskanalys bestämmer säkerhetsmarginaler och företeelser som förväntade störningar och konstruktionsstörande konsekvenser.

Den grundar sig på erfarenheter av system, tillgänglig statistik och subjektiva erfarenhetsbedömningar.



Figur 1 Riskanalys-struktur

Kvantitativ riskanalys visar svaga länkar i ett system och är relaterad till tillförlitlighetsteknik och driftssäkerhet. Den kvantitativa riskanalysen ger en statistisk och analytisk beräknad sannolikhet för olika händelser. Väsentligt är att definiera sannolikheten som kan relateras till såväl sannolikheten för att något skall ske som till sannolikheten för att olika konsekvenser skall uppstå. Kvantitativ riskuppskattning föregås alltid av kvalitativ identifiering och strukturering av riskpa-

normat. Betänkas bör att en enda katastrof kan kasta alla sannolikhetskal-
kyler överända.

Det finns sätt att testa en metod som t ex att identifiera en statistiskt känd
risk, utföra riskanalys och sannolikhetsbedömning av den och se om resul-
taten av riskanalysen stämmer med statistiken. (2:53)

För att öka tillförlitligheten vid riskanalys bör flera metoder användas och
det bör vara flera som utför analysen. Allmänt bör så många uppgiftsbaser
som möjligt användas. (2:53)

3.1 Kvalitativa metoder

Relativ-riskuppskattningsmetoder gör jämförelser mellan olika risker.
De behandlar inte risker i detalj, utan söker ett allmänt förhållande mellan
historisk riskinformation och nuvarande händelser. Dessa metoder upp-
skattar inte absolut risk, men är användbara för problemlösningsmetoder. (1:13)

Kansas State Model är en förenklad relativ-riskuppskattningsmetod.
Modellen består av 14 steg som leder till en riskbestämning (steg 1-11) och
en utvärdering av räddningsresurser vid nödsituationer och val av en an-
svarsplan (steg 12-14).

- steg 1 Anskaffa kartor och tillgängliga fotografier.
2 Gör en översikt av organisationen för fabrikation och lagring av vådliga ämnen.
3 Anskaffa uppgifter för pipe-lines, skepp, flyg och tåg.
4 Märk ut one-miles-segments-korridorer.
5 Märk ut uppgifter om fabrikation och lagerhållning på kartor.
6 Gör en trafiköversikt.
7 Bestäm underfaktorer av risk. (Bestäm trafiktäthet för transporter av farligt gods
på olika transportvägar.)
8 Bestäm riskfaktor. (Omvandla steg 7 till en riskfaktor med hjälp av lämplig tabell.)
9 Bestäm konsekvensers underfaktorer. Tag befolkningstäthet och omgivningars
villkor med i beräkningen för bestämning av konsekvensers möjliga omfattning.
Bestäm fabriktäthets- och lagringsindicierna och anställdas riskexponering.
10 Bestäm konsekvensfaktor. (Summera erhållna värden i steg 9.)
11 Bestäm riskindex. (Omvandla erhållna indicier till en hög-, medel- eller låg-
risknivå.)
12-14 Utvärdering av räddningsresursers kapacitet. (1:13)

Riskindexmetoder ger efter statistiska och subjektiva bedömningar en
gradering av olika ämnens och hanteringars relativa farlighet.

Subjektiv riskuppskattning. När situationer uppstår där inga tillgängliga
data eller metoder visar sig användbara återstår slutligen möjligheten att
tillsätta en grupp experter som kan förväntas applicera sina erfarenheter och
kunskaper på den nya situationen. Utlåtanden som baseras på subjektiv
riskuppskattning anses ha låg tillförlitlighet jämfört med andra riskanalysme-
toder. (2:48)

Riskreduktionskostnadsanalys. En analys som innebär att kostnaderna
för riskreduktion ställs i relation till förtjänsten av minskat antal olyckor.
Exempelvis ger en analys av olyckors **inledande händelser** ett förhållan-
devis gott ekonomiskt utslag.

3.2 Kvantitativa metoder

Statistisk interferens är den mest regelbundet använda proceduren för uppskattning av sannolikheten för inträffande av olyckor och tillbud. Den är dock endast brukbar om det finns tillgänglig och tillräckligt differentierad statistik på olika riskkällor inom systemet. En förutsättning är också att systemets olika egenskaper inte har förändrats i så hög grad att de historiska uppgifterna inte längre stämmer överens med nuläget och framtiden. Eventuellt kan förändringars konsekvenser beräknas så att de historiska uppgifterna kan användas i en analys av nu- och framtidsläge. Under alla omständigheter bör tidigt klargöras i vilka avseenden och i vilken omfattning som systemet har förändrats.

En uppträdande svårighet är att de historiska uppgifterna sällan eller aldrig är sammanställda på ett sådant sätt att de direkt är brukbara. I regel fordras en omfattande genomgång av uppgifter och rapporter som är mycket olikartade till kvalitet och innehåll. De kan också vara mer eller mindre otillgängliga och spridda, hemliga, gömda eller glömda. (2:47)

Felmods-feleffektanalys (FMEA) innebär en systematisk genomgång av ett system med avseende på funktion, felsätt och felkonsekvens. Metoden kräver stor förtrogenhet med aktuellt system och tar ej hänsyn till kombinationseffekter av olika olycksorsaker, -effekter och -konsekvenser. (11:9)

Regressionsmodeller använder mätbara parametrar för att utveckla ett mått av sannolikhet för antalet olyckor per enhet (t ex antalet olyckor per miljon tonkilometer) och fordonsslag. Sannolikheten kombineras med en konsekvensvärdering (bestämning av riskexponering).

Metoden är ruttspecifik (grundar sig på uppgifter om särskild vägsträckning) och baseras på regressionskvationer som använder dels aktuella statistiska uppgifter för sina variabler, dels konstanter som sätts antingen genom bedömningar eller genom korrelation med aktuella omständigheter och känd olyckshistoria för bestämd vägsträckning.

Möjligheten att beöma sällsynta ("låg-risk/hög-konsekvens"-) olyckor ges dock i regel inte utifrån historiska uppgifter.

Dessa metoder är användbara för bestämning av alternativa vägsträckningars relativa risk, men ej för att ge en översiktlig eller specifik riskredovisning för ett område eller ett system. (1:11)

PRA-metoden (Probabilistic Risk Assessment) använder olyckors betingade sannolikhet och storleksordningen av dessas konsekvenser som två parametrar. De olika PRA-modellerna skiljer sig åt genom hur de kombinerar de två parametrarna, vilken detaljeringsnivå som väljs vid uppgiftsanskaffning, och vilka metoder som används för att ta fram uppgifter och modellparametrar. Andra metoder som felträd och "botten-upp"-riskuppskattning kan ingå PRA-analyser. (1:11)

"Botten-upp"-riskuppskattningsmetoder. Vanligtvis delas en vägsträckning upp i segment där vart segment analyseras i riskhänseende på en hög detaljeringsnivå. Sannolikheten för olika olycksmoment multipliceras för varje segment, och slutligen adderas alla riskvärden för de olika segmenten för att få ett riskmått för hela vägsträckningen.

Svårigheten att få en uppfattning om den absoluta risken är stor. Osäkerheterna för alla faktorens sannolikhet multipliceras vid bestämning av varje

segments riskvärde. Därefter adderas dessa osäkerheter vid riskbestämning av hela vägsträckan. (1:12)

Analytisk och simulerande modellering börjar med funktionsbeskrivning av aktuellt system. Systemets olika delar uttrycks därefter i lämpliga parametrar som återspeglar deras funktion relativt systemet och dess andra delar. Omständigheterna, under vilka olyckor och incidenter sker, förbinds sedan med specifika kombinationer av parametervärden. Sannolikheten för olika händelser och dessas konsekvenser bestäms i nästa steg genom sannolikhetsbedömningar via olika formler [analytisk modellering], genom numerisk uppsamling av data som erhålls via upprepade körningar av olika händelseutvecklingar i scenarios [simulerande modellering], eller genom en kombination av dessa båda procedurer.

De huvudsakliga problemen med analytisk modellering är det behov av acceptabla förenklade antaganden som formlerna vanligtvis kräver och svårigheten att få de modellerade faktorerna att stämma med fysiska fakta. Simuleringar är i detta sammanhang bättre såtillvida att de försöker avbilda verkliga (fysiska) faktorer men komplexiteten ökar avsevärt härigenom och många köringar måste göras för att få användbar olycksstatistik. (2:48)

”Upp-ner”-riskuppskattningsmetoder använder historiska uppgifter för att utvärdera särskilda situationer. Genom regressions- och korrelationsmetoder försöker man finna samband mellan orsak och verkan för att få fram mått på olika olyckskonsekvensers sannolikhet. I brist på historiska uppgifter kan modeller användas för att förklara samband mellan orsak och verkan. En del av dessa hypotetiska modeller kan testas. Modeller för sällsynta händelser (t ex lågrisk/högkonsekvens-olyckor) är dock inte möjliga att testa.

Beståndsdelar och ordning i en Upp-Ner-Absolut-Riskuppskattning:

1 Utveckling av orsakstermer

A Identifikation av transporterade material.

B Klassbestämning av hot

a Explosiva

b Frätande

c Andra

C Transportmedel

a Transportsätt

b Fordonsklass

D Materialmängd per fordonstyp

a Enhetlig last

b Blandad last

2 Utveckling av trafikmönster

A Trafiktypsmängd för varje last

B Aktuella rutter

a Ruttlängder för varje ruttklass

b Rutters trafikproblem

c Befolkningskorridorer

d Försörjnings- och lagringsproblem

3 Historiska uppgifter om risk

A Antal olyckor för varje transporttyp

a Fordonsklass

b Ruttklass

B Olyckskonsekvenser för 3.A.a-b i olika lastklasser

C Beräkning av genomsnittliga olycksgrader

4 Analys av sällsynta händelser

A Bruk av modeller för att utvärdera olyckssekvenser

a Tänkbara sekvenser

b Identifikation av minimal säkerhetsmarginal

c Händelse-/felträdsanalyser

B Utvärdering av modellerna

a Konsekvenser

b Sannolikheter

c Analys av bevarandegrad

5 Kombination av historiska och aktuella fall för att bilda en riskbestämning

A Uppskattning av risknivåerna för vart fall

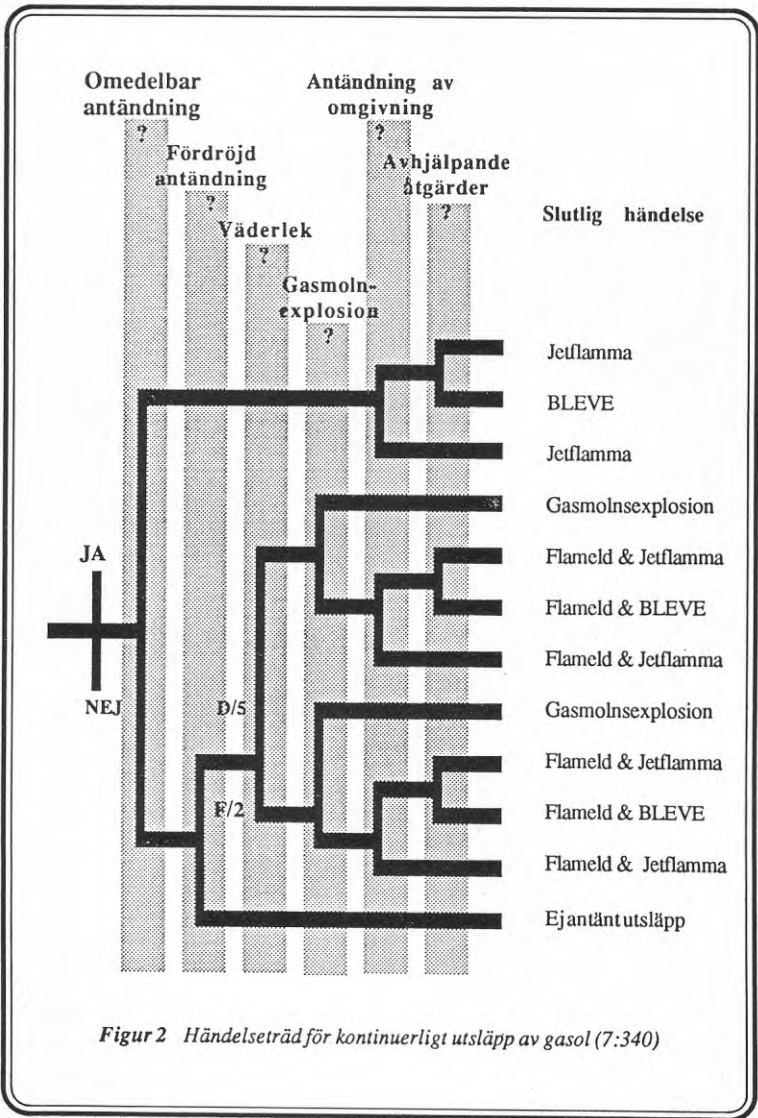
B Identifiering av högrisksituationer

C Risksummeringar

(1:12)

Nätverks- och distributionsmodeller baseras på utveckling av ett nätverk för transportvägar och -förbindelser. I regel används nationella uppgifter. De fastställer den nationella eller regionala risken för ett visst transportsätt. Vissa modeller använder sig av uppgifter om befolkningstäthet. (1:11)

Felträds- eller händelseträdsmetoden är ingen egentlig analysmetod men ytterst åskådliggörande. Metoden ingår ofta som en av flera metoder i riskanalyser. Den ger tidsföljd, topphändelse, ett logiskt diagram och mångfald men osäkerhet. För att vara brukbar krävs att alla betydelsefulla konsekvenser kan spåras tillbaka till inledande händelser genom alla möjliga olycksförlopp. Eftersom det finns så många slags olyckor och olika faktorer i regel samverkar vid dessa är det inte möjligt att använda felträdsmetoden för att få mått på sannolikhet. (2:47 & 11:20)



Figur 2 Händelseträd för kontinuerligt utsläpp av gasol (7:340)

3.3 Risicanalyser av transporter av farligt gods på järnväg

Det har gjorts flera utländska studier av risker förbundna med transporter av farligt gods. De behandlar framförallt transporter av kondenserade gaser. Allmänt behandlas gasol och/eller klor, dels för att de svarar för en stor del av den totala transportmängden farligt gods, dels för att de representerar två olika typer av risk. Gasol är högexplosiv och klor är giftig och frätande. Gasol, klor och ammoniak har varit inblandade i mer än 50% av alla olyckor med farligt gods i USA. (1:2)

Här nedan presenteras i punktform huvudsakliga tankegångarna och slutsatser i sju riskanalyser. Det har varit svårt att finna riskanalyser som enbart behandlar transporter av farligt gods på järnvägar. I nedanstående redovisning är riskanalys 3, 5 och 7 hänförliga till transport på järnväg, 1 och 2 avser metodik/problematik, medan lagring/fabrikation etc behandlas i riskanalys 4 och 6.

1 'Processer för fastställande av risker med transporter av farligt gods' (1)

* Strategiutvecklingen för att komma till rätta med transportrisker bör ske i tre steg:

- 1 identifikation och uppskattning av risker med farligt gods;
- 2 handlingsprogram för förhindrande och minskande av risker;
- 3 upprättande av riktlinjer för minskad riskexponering. (1:1)

* 1971-80 rapporterades 111.000 olyckor i USA där farligt gods var inblandat. Dessa ledde till 248 döda, 6.873 skadade och orsakade materiell skada för 120 miljoner \$. (1:5)

* Motorvägsolyckorna svarade för 90% av de totala olyckorna och järnvägen för 8%. 80% av dödsfallen var hänförliga till motorvägar och 18% till järnvägar. (Uppgifter om transportmängder saknas) (1:5)

2 'Transporter av farligt gods' (2)

* För katastrofer finns ingen statistik. (2:46)

* Kronisk riskexponering kan ske av följande olyckor:

- 1 Utsläpp av giftig vätska som tränger igenom jorden och förgiftar grundvattnet.
- 2 Utsläpp av ämne i vattenområde som inte kan assimilera ämnet, det giftiga ämnet blir där och skadar mer eller mindre allvarligt ekosystem, vattenbrukare etc.
- 3 Extremt giftiga ämnen kan förgifta jord, byggnader, etc och visa sig omöjliga att till fullo sanera (jmf Seveso 1976). (2:50)

* Riskfastställande för transporter av farligt gods innebär:

- 1 Val av lämpliga metoder för aktuellt problem och anskaffande av faktaunderlag till dessa.
 - 2 Applikation och implementation av riskfastställandets resultat.
 - 3 Analys av innebörden i begreppet "säkerhet" och av de etiska ståndpunkter som passivt kan tänkas understödja riskaccepterandet.
- * Förenklade metoder för riskfastställande lider generellt av mindre preci-

sion. (2:54)

- * Att testa olika komponenter är det bästa och billigaste sättet att fastställa hållbarheten för olika behållare och säkerheten i olika hanteringar av farligt gods. (2:49)

3 "Nya framsteg i forskningen av transporter av farligt gods" (3)

I denna samlingsvolym finns en uppsats av Raj och Glickman där förutom en metodik också en rad intressanta statistiska data redovisas. Metodiken har stora likheter med den som beskrivs i riskanalys 5 nedan. Man betraktar en sträckning som sammansatt av ett antal segment S, som kan vara en bandel eller bangårdsdel, och skriver

$$F(I_x) = s_s F_s P_s(I_x) \text{ där}$$

$F(I_x)$ är den förväntade frekvensen per år av olyckor i vilket I_x vagnar har ett utsläpp av X,

X betecknar farligt gods material som klor eller LPG,

F_s är den förväntade frekvensen per år för olycka på segment S,

$P_s(I_x)$ är sannolikheten att I_x vagnar släpper ut X på sträckan S.

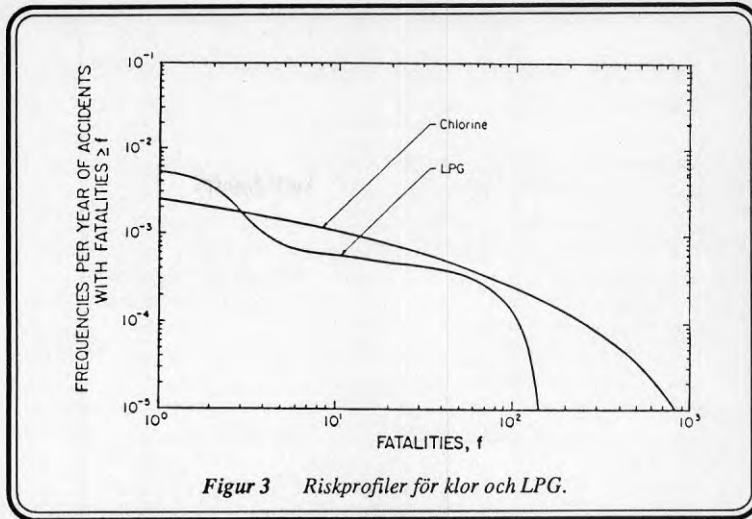
Värdet av F_s härleds från statistiska data på antal olyckor samt trafikflöde. Vanligen är F_s grundat på genomsnittsvärden för ett helt trafiknät. I uppsatsen används ett värde $F_s = 0,83/\text{BGMTM}$ (miljarder gross tonne miles).

Sannolikheten $P_s(I_x)$ uppskattas sedan genom en rad beräkningar med villkorliga sannolikheter. I dessa tas hänsyn till totala antalet vagnar, placering av vagnar med farligt gods i ett tågsätt, hur många vagnar som spårar ur och följdverkningarna på farligt-godsvagnarna av en urspårning. Sannolikheten att en slumpmässigt vald vagn vid urspårning skall släppa ut material X betecknas P_x . Från statistiska data hämtas sambandet $P_x = 0,013 Vv$ med hastigheten v uttryckt i miles/hour. Sannolikheten att ett visst antal N_D vagnar spårar ur är en faktor av totala antalet vagnar N_T och hastigheten v. För $N_T > 25$ gäller att medel- eller förväntningsvärdet av N_D , $E(N_D)$ är oberoende av N_T och ges av sambandet $E(N_D) = 1,7 Vv$.

Spridningen kring detta medelvärde är emellertid mycket stor. Beräkningen av sannolikheten att ett visst antal vagnar med lasten X spårar ur, slutligen, beräknas med utgångspunkt från tre antaganden: att varje vagn är lika sannolik att orsaka en urspårning, att alla vagnar innehållande X är kopplade tillsammans och att enbart omedelbart hopkopplade vagnar spårar ur.

Med sannolikheten för ett utsläpp av en viss storlek beräknad används nu en rad konsekvensmodeller för att beräkna riskareor. De erhållna resultaten sammanfattas i nedanstående tabeller. Det kan observeras att totala riskarean vid klorutsläpp är c:a 100 gånger större än den för LPG-utsläpp.

En järnvägssträcka på totalt 570 miles (920 km) delades upp i 28 segment med varierande trafikvolym och kringliggande befolkningstäthet. Beräknad samhällsrisik framgår av nedanstående figur, som kan jämföras med den som redovisas i riskanalys 7 nedan. Det kan noteras att LPG är en större risk på denna sträcka om hänsyn tages enbart till mindre olyckor, men att klor är en allvarligare risk om hänsyn enbart tages till olyckor med katastrofdimensioner (>50 omkomna). Det största antalet förväntade omkomna vid en klorolycka är 613 med en frekvens av 0.000052/år; d v s c:a en gång vart 20.000:e år. Vid en jämförelse mellan de båda figurerna bör bl a observeras att sträcklängden i den engelska undersökningen enbart är 100 km.



Figur 3 Riskprofiler för klor och LPG.

- * Det primära målet är ökad separering av befolkning och transportleder för farligt gods. (3:52)

- * Beräknad riskyta vid klorutsläpp från en tankvagn: (tabell 2, 3:56)

UTSLÄPPSORSAK	betingad sannolikhet x riskyta (km ²) = riskyta (km ²)		sannolikhetsberäknad riskyta (km ²)	
	betingad sannolikhet	riskyta (km ²)	sannolikhet	riskyta (km ²)
Övertrycksventil och ovandelar	0,442	0,0055	0,00243	
Bottendelar och nödventil när vagnen är uppochner	0,138	0,0151	0,00208	
Skal- och huvudpunktering	0,319	1,2	0,383	
Eldexponering och katastrofutsläpp	0,200	1,8	0,360	

- * Beräknad riskyta vid LPG-utsläpp från en tankvagn: (tabell 3, 3:58)

UTSLÄPPSORSAK	betingad sannolikhet x riskyta (km ²) = riskyta (km ²)		sannolikhetsberäknad riskyta (km ²)	
	betingad sannolikhet	riskyta (km ²)	sannolikhet	riskyta (km ²)
Fackeleld	0,580	0,00012	0,000070	
Poolfire	0,288	0,09	0,026	
Ångeld	0,026	0,38	0,0099	
Ångmolnsexplosion	0,006	3,8	0,023	
BLEVE med eldklot	0,050	0,087	0,0044	
BLEVE med sprängd tankvagn	0,035	0,0022	0,000077	
Träffande "missilspillar"	0,015	0,012	0,00018	

Finska förhållanden: (3:61f)

- * Vid kollision från sidan kan klortankar gå av vagnunderredet vid en hastighet av 18 km/h.
- * Tanken riskerar rämna vid en hastighet av 40 km/h vid kollision eller sammanstötning.
- * Vid brand rämna en klorvagn efter 6-7 minuter, varför en separering av brandfarliga vätskor och övriga kondenserade gaser bör ske.
- * Den mest utsatta delen av tankvagnen är huvudet.
- * Den uppskattade sannolikheten för en klorläcka uppskattades till 0,008 per år i tågtrafik och till 0,009 vid växling.
- * Inget farligt gods bör fraktas i de första fyra och de sista två vagnarna.

4 'Risker med och skydd av trycklagring och transporter av LPG'

(6)

- * Riskkällorna vid kemikalietransporter är eld, explosion och giftiga utsläpp, gifter kan vara "konventionellt" giftiga eller ultragiftiga. (6:780)
- * Vid landsvägstransporter i USA gäller särskilda krav för följande kemikalier: (4:786)

1 Svaveltrioxid	4 Organiska peroxider	7 Bromin
2 Blyalkyder	5 Ämnen som kan polymerisera	
3 Hydrogena peroxider	6 Ämnen som transporteras i smält tillstånd	

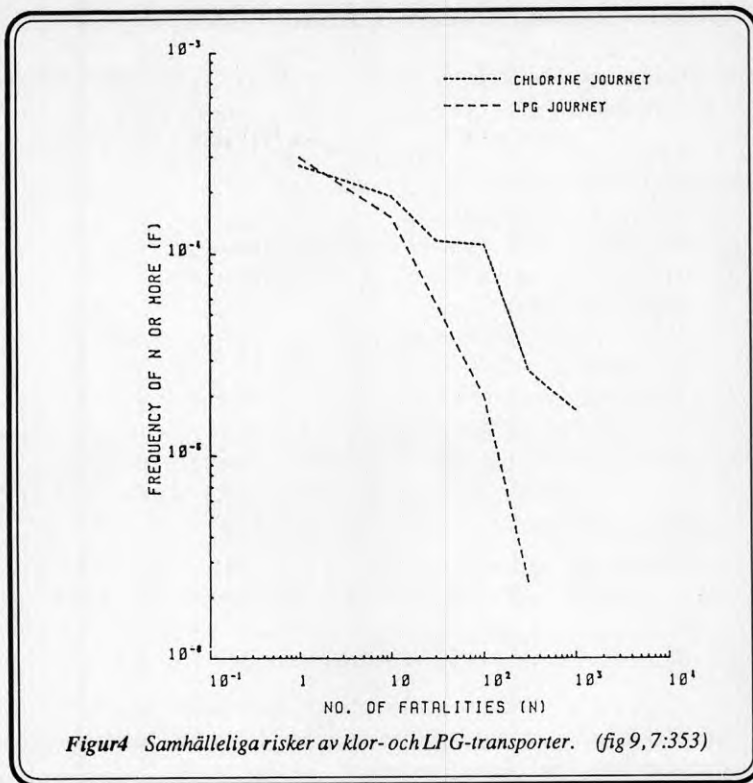
- * Följande gaser har bedömts som särskilt farliga i Västtyskland då de 1971 förbjöds att transporteras i större mängder på landsväg: (4:786)

RID-klass		RID-klass		RID-klass	
aceton-derivat	6	allylderivat	6	ammoniak	2
anilin	6	bromin	8	fosgen	2
gasol	2	hydrogen bromid	2	hydrogen klorid	2
hydrogen fluorid	2	hydrogen sulfid	2	karbondisulfid	3
kemiska bekämpningsm.	6	klor	2	klorider	8
org. fosforsubstanser	6	propan	2	propylen	2
svaveldioxid	2	syre	2	vinylklorid	2

5 'En analys av uppkomna risker vid transport av kondenserade gaser i Storbritannien'

(7)

- * Händelser som inbegriper utsläpp från två eller flera tankvagnar samtidigt sker inte.
- * I ett olycksförlopp kan en annan tankvagn drabbas men utsläppt kvantitet överskrider inte ett tankinnehåll.
- * Händelser sker i relativt öppen och flat terräng.
- * Utsläppet sker antingen vid vindhastighet 5 m/s vid neutral skiktning (D/5) som antages råda 80% av tiden, eller vid 2 m/s vid stabil skiktning (F/2) som antages råda 20% av tiden. (Se fig 2)
- * Allmänheten är utomhus 10% av tiden i D/5-väderlek och 1% i F/2-väderlek.
- * Nattetid råder stabilt väder, få människor är utomhus och de flesta fönster är stängda.
- * Man skiljer på urbana (tätorter), suburbana (förorter), bebyggd landsorts- och landsortsområden, och beräknar en genomsnittlig befolkningstäthet för dessa som används i ekvationer för fastställande av befolkningens riskexposition längs olika spåravsnitt.
- * I detaljgenomgången av olika spåravsnitt studeras om befolkningen är ensidigt fördelad på ena sidan av spårområdet, vilket i så fall antas halvera risknivån. (7:337)
- * Man skiljer på kontinuerligt (långsamt) och omedelbart utsläpp av gasen, och uppställer två olika händelsesträd som resulterar i olika olyckseffekter. (Se fig 3.2.2.a)
- * De olika olyckseffekterna analyseras därefter utifrån antaganden om ingående mängder.



6 'Fastställande av risk för installationer där LPG lagras i tankar ovan mark' (8)

- * Sannolikheterna för att ett utsläpp riktas mot marken eller mot luften är lika stora, 50%. (8:362)
- * Sannolikheten för att ett utsläpp antänds omedelbart och ger upphov till ett eldskott eller en BLEVE är 5%. (8:362)

7 'Uppskattning av skador från LPG-läckage vid transportolyckor' (9)

- * Tankvagnar utsätts för krafter som kan orsaka läckage i 15% av alla kollisioner och urspårningar. (9:377)
- * Uppskattningsvis 25% av alla urspårade vagnar välter. (9:377)
- * Uppskattningsvis har 18% av alla punkteringar skett i tankväggar och 82% i tankvagnshuvudena. (9:377)
- * Tre generella typer av olycksutveckling kan orsakas av ett LPG-utsläpp under transport:
 - 1 Kontinuerligt utsläpp p g a mekanisk skada på behållare.
 - 2 Plötsligt utsläpp p g a mekanisk skada på behållare.
 - 3 Plötsligt utsläpp p g a upphettning av behållare. (9:379)

3.3.1 Identifiering av problemställningar

Farligt gods klassificeras lämpligen i tre grupper: brandfarliga/explosiva, giftiga och frätande.

Järnvägstransporter ger upphov till skilda problemställningar vid följande situationer som alltså bör särskiljas vid en riskanalys:

- * *Rörelse längs transportvägen,*
- * *Stillastående på stickspar och rangerbangårdar*
- * *Lastning/lossning vid källan/destinationen och* (7:336)
- * *Omlastning till/från färja.*
- * *Plankorsningar och växlar är en ytterligare differentiering som lämpar sig vid en riskanalys.* (3:49)

Lastning/lossning svarar för en stor del av det totala antalet LPG-olyckor (6:15). Flera allvarliga olyckor har t ex orsakats av att tankar överfyllts (se kap 2:1). Kopplingar mellan vagnar och fast utrustning är en mycket svag länk i LPG-distributionsnätet. Lätt löskopplingsbara kopplingar har visat sig vara det bästa tillsammans med utbildning av personalen. (6:7)

Järnvägsolyckor där utsläpp av farliga ämnen förekommer orsakas mest av tågkrascher och urspårningar. Mekaniska fel i rullande materiel och spårfel är vanliga olycksorsaker. En annan fara för järnvägar är brand längs banan orsakad av gnistor från motor eller bromsklossar. (4:787)

Generellt sett är befolkningstätheten högre längs järnvägar än annorstädes, vilket bl a har sin grund i järnvägens lämplighet för masstransporter av personer och gods. (3)

Transportvägar för farligt gods bör separeras från folktäta områden och farligt gods bör endast föras in i tätbebyggelse som är destinationsort. (3:52)

3.3.2 Särskilda erfarenheter

I USA har antalet LPG-olyckor på järnvägar minskat till följd av de skärpta krav som infördes efter stora olyckor i början av 70-talet. Kopplingar och huvudsköldar har förbättrats och tankvagnarna har isolerats för att förhindra överhettning om de skulle utsättas för eld. Efter reglernas införande har flera LPG-vagnar varit involverade i urspårningar utan att ge upphov till någon BLEVE. (6:6)

En undersökning av mänskligt felhandlande i industrin visar följande fördelning på olika orsaker i Storbritannien: (4: 843)

1 Felaktig attityd	14%	8 Dålig syn	4%
2 Bristande uppmärksamhet på potentiell fara	12%	9 Sjukdom	4%
3 Felaktig bedömning av hastighet och avstånd	12%	10 Långsam reaktion	4%
4 Impulsivitet	10%	11 Högt blodtryck	2%
5 Ansvarslöshet	8%	12 Senilitet	2%
6 Bristande förmåga till konstantuppmärksamhet	8%	13 Oro och depressioner	2%
7 Nervositet och rädsla	6%	14 Trötthet	2%
		15 Felriktad uppmärksamhet	2%
		16 Oerfarenhet	2%
		17 Övriga orsaker	6%

Intressant är att jämföra den statistik för orsaker till olyckor med farligt gods i Sverige 1986 och 1987 som Riksrevisionsverket presenterar: (12:27)

1	Förarmisstag (slarv, hög hastighet)	29%
2	Brister beträffande godset (emballaget)	17%
3	Fordonet	10%
4	Annat (övrig trafikmiljö, vägförhållande etc)	23%
5	Vet ej	21%

3.3.3 Slutsatser

Järnvägsolyckor bör, med tanke på närområdet, indelas i grupper med utgångspunkt från deras påverkan på omgivningen. Med en sådan utgångspunkt kan persontågsolyckor sammanföras med vissa godstågsolyckor inklusive sådana som transporterar visst farligt gods. Farligt gods utgör nämligen i sig ingen enhetlig lastgrupp ur risksynpunkt, utan kan delas upp i undergrupper med hänsyn till effekter på omgivningen vid olyckor - d v s de olika ämnena kan klassindelas med utgångspunkt från sina riskprofiler. Riskprofilen kan vidare variera beroende av var i transportkedjan olyckan kan tänkas inträffa. Av de redovisade rapporterna kan följande slutsatser dras:

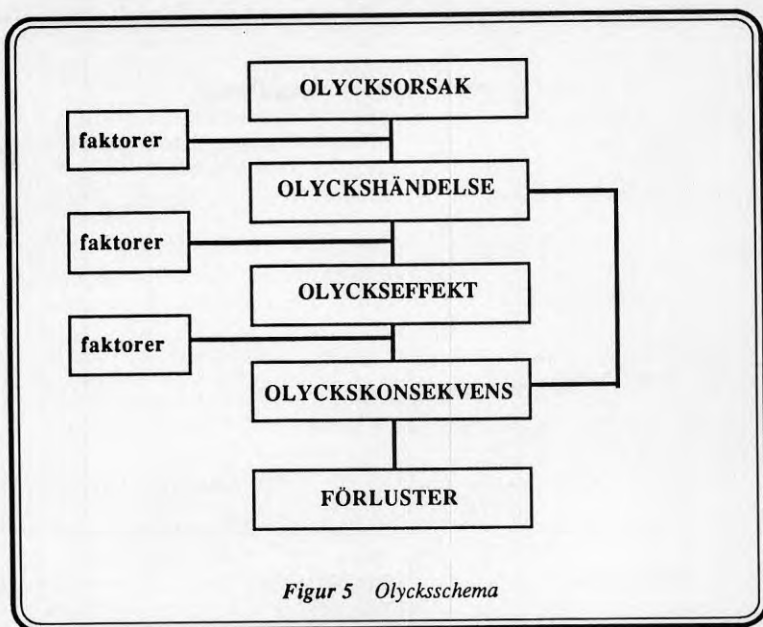
- * Transporter och hantering av kondenserade gaser kräver så stora skyddsavstånd att dessa verksamheter är olämpliga i tätort.
- * Den dynamiska utvecklingen såväl inom samhällslivet som inom näringslivet förändrar ständigt riskprofilerna längs transportlederna.
Å ena sidan ökar mängder och antal transporter av farligt gods årligen, och även transporthastigheten ökar succesivt samtidigt som mängden av ett visst farligt gods kan variera över tiden. Dessa variationer kan vara svåra att förutsäga och kan bero av många olika faktorer. Exempelvis är gasol nu billigare än naturgas vilket sannolikt ger en avsevärd höjning av antalet transporter med gasol såväl på landsväg som på järnväg.
Å andra sidan ökar riskmedvetandet i samhället, reglerna skärps, förpackningar och transportbehållare görs hållbarare och ny teknik införs för att minska räddningstjänstens insatstider vid olyckor.
- * Den mänskliga faktorn har stor betydelse för uppkomsten av olyckor överhuvudtaget. Det gäller inte bara själva hanterandet av t ex järnvägs-transporter utan hela kedjan av ingående komponenter. Rålbrott p g a bristande materialkontroll vid tillverkningen, ett tillfälligt slarv vid rälsmontering, en felräkning av en konstruktionsdetalj, etc. Då den mänskliga faktorn således inte kan uteslutas hur förfinad teknik och utomordentliga övervakningssystem som än tillämpas är det nödvändigt att ett grundskydd tillskapas. Detta bör i stor utsträckning kunna ske med hjälp av fysisk planering. Där kan nämligen separation av verksamheter regleras och erforderliga skydds- och säkerhetsavstånd läggas ut.

- * Olyckor med frätande eller giftiga vätskor med låg viskositet torde i initialskedet ha en relativt liten spridning i sidled, 15 à 20 meter vid plan mark. Den sekundära spridningen kan emellertid bli avsevärd framförallt i genomsläppliga jordarter och vid vattenområden, och medföra skador bl a för naturmiljön och grundvattnet. För att förhindra en sådan händelseutveckling behöver kompletterande åtgärder vidtagas, t ex anbringande av tätande markskikt. Vid angränsande vattenområden och andra ekologiskt känsliga områden torde behov av avskärande diken föreligga.

Även vattenlösliga ämnen kan i samband med regn övergå i flytande form och sekundärt sprida sig på samma sätt. Spridningen i sidled är emellertid även i detta fall begränsad och håller sig sannolikt inom samma spridningsområde som ovanstående exempel.

Inom denna typ av riskzon bör det givetvis inte finnas människor eller egendom som kan komma till skada. Dessutom behöver räddningstjänsten passage- och verkansutrymme utanför det kontaminerade området varför säkerhetszonen, mätt från spårmit, kan behöva ökas ytterligare.

- * Farligt gods bör mot bakgrund av järnvägstransporternas relativt större säkerhet, så långt möjligt, transporteras på järnväg. Järnvägslaster är emellertid större än lastbilslaster varför, även om olyckor sker mer sällan på järnväg, konsekvenserna av en järnvägsolycka blir avsevärt större. Förhållande "lågrisk/högkonsekvens" gör att transporter med farligt gods genom tätbebyggda områden måste undvikas. En nära liggande lösning vore därför huvudspår för trafik med farligt gods på landsbygden och infartsspår till berörda tätorter och spårområden.
- * Transporternas hastighet har stor betydelse för uppkomst och utveckling av olyckor. Där transporter av farligt gods oundvikligen måste ske inom tätbebyggd närzon till järnvägen bör därför låg hastighet tillämpas. Hastigheter över 40 km/h kan med ledning av den finska utredningen tolkas som olämpliga (3:61f).



4.1 Händelseförlopp vid järnvägsolyckor

Följande är en sammanställning av olika händelser och inverkande faktorer vid händelseförlopp vid järnvägsolyckor.

4.1.1 Olycksorsaker

1 MÄNSKLIGT FEL

a rutiner

b utbildning

c medvetenhet

2 TEKNISKT FEL

a varningssystem

De flesta olyckor orsakas av den mänskliga faktorn.

Felaktiga rutiner kan etableras. Dessa kan orsaka eller medverka till en olycka. Goda rutiner är mycket betydelsefulla för att olyckor inte skall inträffa och för att de omedelbart skall kunna åtgärdas då de inträffar.

Brister i utbildning och/eller erfarenhet kan inleda eller medverka till en olycka.

Utöver goda rutiner och en bra utbildning/erfarenhet krävs i krissituationer en vidgad uppmärksamhet och handlingsberedskap. Denna faktor kan vara utslagsgivande för en olyckas tillblivelse.

Då järnvägen blir alltmer beroende av tekniken kan tekniska fel komma att spela en allt större roll i framtiden. Funktioner som förr upprätthölls av människor tas över av instrument och maskiner.

Varnings- eller skyddssystem som inte fungerar är en förekommande olycksorsak, t ex att bromsarna inte fungerar och att varningssystemet som skall meddela föraren detta inte fungerar.

- | | | |
|----------|-------------------------------|--|
| b | vagn | Hjulringar och bromsslängor kan lossna. Utländska vagnar kan vara i sämre skick. |
| c | lok | Fel på lok är troligtvis en mindre vanlig olycksorsak främst beroende på att loken omfattas av en noggrannare kontroll samt att förare direkt kan uppmärksamma fel och vidtaga åtgärder. |
| d | växel | Fel på växlar förekommer som inledande händelse. |
| e | spår | Fel på spår förekommer som inledande händelse. |
| f | banvall | Underminerade banvallar kan inleda en olycka. |
| g | säkerhetsanordningar | Bommar vid plankorsningar kan drabbas av fel. |
| 3 | <u>FABRIKATIONSFEL</u> | Fabrikationsfel kan orsaka olyckor. |
| a | vagn | Fabrikationsfel kan vidlåda såväl lok som vagn. |
| b | detaljer | Fabrikationsfel kan vidlåda mindre enheter. |
| 4 | <u>NÅGOT PÅ SPÅR</u> | Tåg är känsliga även för små hinder på spår. |
| a | tungt fordon | Buss, lastbil, traktor el dyl kan förekomma på spår. Tyngre fordon orsakar i regel allvarligare skador än lättare fordon. |
| b | personbil | Personbilar på spår förekommer som olycksorsak. |
| c | människa/djur | Människor liksom vilda och tama djur kan förekomma på spår. |
| d | större föremål | Omkullfallet träd, tappat gods eller dylikt kan inleda en olycka. |
| e | mindre föremål | Mindre föremål som stenar kan orsaka urspårning eller punktera en tank eller annan viktig detalj på lok eller vagnar. |
| 5 | <u>SABOTAGE</u> | Sabotage kan drabba järnvägen som är ytterst känslig till följd av spårbundenhet och långa bromssträckor. |

Faktorer

Följande faktorer medverkar till en olyckas uppkomst och omfattning.

- | | | |
|----------|-------------------------------|---|
| 1 | <u>HASTIGHET</u> | Kraften i massa ökar med kvadraten på hastigheten, vilket leder till bl a ökad bromssträcka, ökad sannolikhet för urspårningar med påföljande konsekvenser. |
| 2 | <u>TÅGTYP</u> | Tågtypen har betydelse för olyckans händelse. |
| a | persontåg | Olika typer av persontåg, vagnslängd. |
| b | godståg | Längd på godståg, ingående gods. Eventuellt innehåll av farligt gods. |
| 3 | <u>BANKONSTRUKTION</u> | Bankonstruktionen kan spela stor roll för en olyckas uppkomst och omfattning. |
| a | räl | Temperaturkänslighet, materialutmattning. |
| b | syll | Material. |
| c | spårradie | För snäv radie i förhållande till hastigheten. |
| d | växlar | Risk för tekniskt fel och igensättning (snö, jord etc) |
| e | plankorsningar | Risk för igensättning. |
| f | bankropp | Risk för underminering, fel ballast. |
| 4 | <u>UNDERHÅLL</u> | Underhållet är en viktig faktor för att olyckor inte skall uppstå. Då olyckor uppstår kan eftersatt underhåll vara den dimensionerande faktorn. |
| a | banvall | Vissa bandelar kan p g a lägre frekvens ha ett sämre underhåll. |

- | | | |
|---|-----------------------|--|
| b | spår | Byte av räl i tid. Kontroll av infästning i syll, samt ballasttäckning. |
| c | vagn | Kontroll av bromssystem och eventuella hjulringar. |
| d | varningssystem | Avsaknad av dubblerat system. Brist i kontroll av system. |
| 5 | <u>PLANKORSNINGAR</u> | Befintliga plankorsningar innebär en betydande risk. |
| a | fordonstrafik | Olika typer av bevakning. Bristande siktavstånd till annalkande tåg. |
| b | gång- och cykeltrafik | |
| 6 | <u>VAGNSTYP</u> | Utländska vagnar kan ha sämre standard. Godsvagnar kan ha olika utförande beroende på lasttyp. |
| 7 | <u>VÄGYAL</u> | Olika vägar kan ha olika befolkningstäthet, olika bandstandard etc. |
| 8 | <u>TEKNIK</u> | Olika tekniska lösningar kan inverka olika i ett olycksförlopp, t ex olika säkerhetsventiler. |
| 9 | <u>MÄNSKLIGT FEL</u> | Se punkt 1 i detta avsnitt. |

4.1.2 Olyckshändelser

- | | | | | | |
|---|-----------------------|---|-------------------|---|----------------------|
| 1 | <u>KOLLISION</u> | 3 | <u>URSPÅRNING</u> | 5 | <u>LÄCKAGE</u> |
| a | tungt fordon | a | ett axelpar | a | otäta ventiler |
| b | personbil | b | vagn | b | mindre hål / spricka |
| c | människa / djur | c | flera vagnar | c | större hål |
| d | större föremål | | | d | rämning |
| e | mindre föremål | | | | |
| 2 | <u>SAMMANSTÖTNING</u> | 4 | <u>BRAND</u> | 6 | <u>ANNAN OLYCKA</u> |
| a | tåg i rörelse | a | i vagn | | |
| b | stillastående tåg | b | i gods | | |

Faktorer

- | | | | |
|---|--------------------|---|-----------------------|
| 1 | <u>HASTIGHETER</u> | 2 | <u>MÄNSKLIGT FEL</u> |
| a | tåg | 3 | <u>SKYDDSSYSTEM</u> |
| b | annat fordon | 4 | <u>VARNINGSSYSTEM</u> |

4.1.3 Olyckseffekter

- | | | | | | |
|---|------------------------|---|-------------------|---|-----------------------|
| 1 | <u>LINJEBLOCKERING</u> | 2 | <u>ANTÄNDNING</u> | 3 | <u>LÄCKAGE AV F-G</u> |
| a | hela vagnar | a | brand | a | brandfarliga ämnen |
| b | delar av vagnar | b | explosion | b | giftiga ämnen |
| c | last | c | BLEVE | c | frätande ämnen |
| 4 | <u>SPLITTER</u> | | | | |

Faktorer

1 OMGIVNING

- a topografi
- b permeabilitet
- c persontäthet
- d bebyggelse
- e ekol. känsliga områden
- f närhet till vatten
- g tillgänglighet
- h närhet till räddningstjänst
- i räddningstjänstresurser

2 METEOROLOGI

- a temperatur
- b vindriktning
- c vindhastighet
- d fuktighet
- e nederbörd
- f väderlek
- g luftskiktning

3 ÄMNESEGENSKAPER

- a spridningsbild
- b spridningshastighet
- c densitet
- d kemisk aktivitet / löslighet
- e kondenserbarhet
- g giftighet
- h flambarhet
- i explosivitet
- j förångningshastighet

4 MÄNSKLIGT FEL

4.1.4 Olyckskonsekvenser

1 MILJÖSKADA

- a ekologisk skada
- b vattenförorening
- c markförorening
- d luftförorening

2 PERSONSKADA

- a personal
- b passagerare
- c utomstående

3 MATERIALSKADA

- a bana
- b lok och vagnar
- c gods
- d hus
- e annan materiel

4 RESURSINSATSER

4.1.5 Förluster

1 MÄNNISKOR

- a dödade
- b skadade
- c drabbade

2 MILJÖ

- a dött ekosystem
- b skadat ekosystem
- c markskador
- d vattensskador

3 MATERIAL

- a varor
- b ekonomi

4 KRONISK SKADA

5 ARBETSFÖRLUST

5 NÅGRA ALLVARLIGA OLYCKOR

Detta kapitel redovisar de två senaste större svenska olyckorna, en sammanställning av de allvarligaste utländska järnvägsolyckorna med farligt gods samt de konsekvenser olyckor med farligt gods kan ge upphov till.

5.1 Svenska olyckor

1. 1986-06-16, i Vattjom norr om Sundsvall.

Ett godståg med 37 vagnar avgår från Sundsvall mot Ånge. Vagnarna 8-10 innehåller vardera 80 m³ bensin, vagnarna 11-14 vardera 60 m³ dieselolja. Vid Rude i Vattjom spårar vagnarna strax bakom loket ur. Vagn 10 och 11 rämnar, innehållet antänds och en kraftig brand uppstår. Intelliggande vagnar upphettas, och efter ca 18 minuter rämnar vagn 8 med en våldsam explosion som följd. Efter ytterligare 10 minuter rämnar och exploderar vagn 9. Explosionerna utvecklar en våldsam hetta och en ca 200 meter hög eldpelare med ett eldklot om ca 100 meters diameter på toppen bildas. 220 m³ bensin och 120 m³ olja brinner upp.

2. 1988, utanför Habo station mellan Göteborg och Jönköping.

Omkring kl 02.30 får ett godståg med 15 tankvagnar, varav fyra lastade med mellan 60 och 85 m³ bensin vardera, varmgång i hjullagren på en av bensintankvagnarna. En kilometer före Habo station lossnar hjullagren på vagn 8. Strax efter Habo station spårar tankvagnen bakom den trasiga bensintankvagnen ur. Bromstrycksslangen slits av och framförvarande vagnar och lok nödbromsar. Lokföraren upptäcker att det brinner och larmar kl 02.57 via tåggradion.

Habo räddningskår anländer efter sex minuter och evakuerar fyra personer från två närbelägna hus. Av sju urspårade vagnar har tre vält. Runt två vagnar brinner det kraftigt. Räddningsmanskaper börjar kyla ned tankvagnarna på båda sidorna av branden och skyddar en närbelägen fabriksbyggnad. Förstärkning begärs från Jönköpings räddningskår och Luftfartsverket som transporterar dit en skumkanon. Skumkanonen med en kapacitet på 2000 l/min och en kastlängd på 30-40 meter utnyttjas för att släcka branden runt de två vagnarna. Släckningen påbörjas efter 60-70 minuter och tar ca 5 minuter. Anmärkningsvärt är att SJs vagnsdataregister tar 45 minuter på sig för att lämna besked om vagnarnas innehåll. Saneringen av olycksplatsen tar fem dagar och stora massor förgiftad jord transporteras bort.

5.2 Utländska olyckor

1. 1943-07-29, Ludwigshafen, Tyskland.

En tankvagn innehållande en blandning av 80% butadien och 20% butylen överfylls. Vagnen överhettas i sommarvärmen, rämnar och släpper ut 16,52 ton. Efter 20 sekunder antänds gasmolnet. Explosionen orsakar stor skada inom en radie av 50-100 meter. En gasbehållare drygt 200 meter därifrån skadas och släpper ut acetylen.

Förlusterna uppgår till omkring 60 miljoner \$ (räknat i 1986 års penningvärde) och 60-80 människor dödas. (6:7)

2. 1948-07-28, Ludwigshafen, Tyskland.

En tankvagn överfylls med dimetyleter och rämnar i sommarvärmen. Det utsläppta gasmolnet antänds inom 6 sekunder av en svetsoperation. Det blir totalförstörelse inom en radie av 170-230 meter och stor skada inom en radie av 520-570 meter.

Förlusterna uppgår till omkring 30 miljoner \$ (räknat i 1986 års penningvärde) och 209 människor dödas. (6:8)

3. 1951-07-07, Port Newark, New Jersey, USA.

115 m³ propan lastas över från ett skepp till tankvagnar. En läcka uppstår av okänd anledning i en rörledning nära en grupp vagnar. Antändning sker omedelbart. Omkring tre minuter senare lyckas operatörerna aktivera en nödstängningsanläggning som stänger ventilerna på alla tankvagnar. Trots detta rämnar strax en tankvagn och inom de följande två timmarna rämnar ytterligare alla 70 tankvagnar i samma grupp.

Tankdelar slungas upp till 800 meter anställande skada och punkterande andra tankvagnar i närliggande anläggningar. Ingen av tankvagnarna i intilliggande grupp 107 meter bort rämnar. Brandmännen lyckas kontrollera flera flänsläckor i denna grupp. De förhindrar också en grupp allvarligt utsatta tankvagnar på ett intilliggande sidospår att rämna genom att täcka dem med isolerande korkmaterial.

Förlusterna uppgår till 4,5 miljoner \$ (räknat i 1986 års penningvärde). (6:8)

4. 1969-09-11, vid Black Bayou nära Glendora, Mississippi, USA

Kl 14.45 blir en fotgängare påkörd. Nödbromsen slås till vilket leder till att 15 vagnar spårar ur, varav 8 tankvagnar innehållande vinylklorid.

Kl 15.30 informeras vinylkloridsfabrikatören att hans kemikalier är inblandade i en olycka och kl 17.00 att 8 vagnar är urspårade samt att en läcker. En teknisk expert begärs till platsen och fabrikatören sänder fabriken superintendent med 25 års erfarenhet av vinylklorid.

Kl 20.00 rämnar en tank och vinylklorid läcker ut.

Kl 22.00 antänds läckan. En tung dimma iakttas över platsen och man befarar att det härrör från vinylkloriden. Järnvägledningen konstaterar via handböcker att fosgen (senapsgas) kan alstras vid vinylkloridsbrand. De ringer fabriken som säger att fara från fosgen är högst osannolik och att den största faran troligen utgörs av saltsyra bildad [HCl] och rök. Dock oroar sig järnvägsledningen, polisen, räddningstjänsten och civilförsvaret allt framgent över fosgenfaran, varför civilförsvaret kontaktar högsko-

lekemister som säger att brinnande vinylklorid kan alstra fosgen vilket utgör en livsfara på en radie av 55 km. Följdaktligen evakuerar polisen och räddningstjänsten alla närbelägna städer inom 30 kms radie, ungefär 30 000 människor.

Kl 06.45 nästa dag sker en explosion som demolerar en vinylkloridvagn vilken får en annan att rämna och läcka. Efter släckning återstår 5 hela vagnar. Inga människor drabbas. (4:900)

5. 1970-06-21, inne i staden Crescent City, Illinois, USA.

Kl. 06.30 spårar ett godståg ur. Nio tankvagnar med propan är bland de urspårade vagnarna. Kraften i urspårningen får den vagn 27 i tåget att fortsätta över framförvarande vagnar vilket leder till att dess koppling träffar och punkterar vagn 26. Propan strömmar ut och antänds. Säkerhetsventilerna i de andra propanvagnarna fungerar och släpper p g a övertrycket ut propan som ger elden näring.

Kl 07.33 exploderar den vagn 27 och delar av tanken slungas åt olika håll upp till ett avstånd av 225 meter.

Kl 09.40 exploderar vagn 28 och slungar iväg en tankdel som stannar på 480 meters avstånd.

Kl 09.45 exploderar vagn 30.

Kl 10.55 rämnar vagn 32 och 33 vilket skadar vagn 34 och 35 som börjar läcka propan.

Den främsta skadeorsaken vid denna olycka var att exploderande och brinnande tankvagnar kastade massiva fragment och eldklot med drygt hundra meters diameter upp till 250 meter från olycksplatsen.

Förlusterna uppgår till 66 skadade människor och stora materiella skador. (4:901)

6. 1971-10-19, vid Mykawa Station, 16 km söder om Huostons centrum, Texas, USA.

Kl 13.44 spårar 20 godsvagnar ur, varav sex innehåller vinylklorid och två butadien och acetone. Två vinylkloridvagnar punkteras vilket leder till explosion och att eldsvåda utbryter.

Kl 14.30 exploderar en vagn med 45 ton vinylklorid våldsamt. Vagnsdelar slungas omkring och ett stort eldklot bildas. Fler tankar rämnar som ger näring åt elden och slungar fler fragment.

En brandman dödas och ett femtiotal skadas - flera av dem brandmän. Då området är glest befolkat och bebyggt orsakas inte mycket skada. (4:904)

7. 1972-01-22, rangerbangård nära East St. Louis, Illinois, USA.

Kl 06.20 sammanstöter en propylentankvagn med en stationsvagn. Tankvagnen kommer i för hög hastighet från inslussningen. Stationsvagnens utstickande koppel punkterar tankvagnen som fortsätter rulla. Propylen strömmar ut ur ett 100-600 mm stort hål och bildar ett 20.000 m² stort ångmoln. Ångmolnet antänds, troligen av en kupévärmare eller en kylanläggning, och två explosioner sker.

230 människor bland både personal och intillboende skadas. Skadorna uppgår till 20 miljoner \$ (räknat i 1986 års penningvärde).

Senare konstaterar en undersökning att olyckan orsakats av fel i broms-

systemet vid klassificeringsdelen av bangården och att personalen rutinmässigt accepterat för höga hastigheter där. Denna och andra snarlika olyckor ledde till bestämmelser om fler säkerhetsanordningar på tankvagnar vilket tillsammans med skärpta regler medfört färre olyckor med LPG-tankvagnar. (6:9, 4:904)

8. 1978-02-24, i byn Waverly, Tennessee.

En urspårad 45-tons tankvagn med propan exploderar. Fragment slungas omkring och en stor BLEVE bildas. Tjugo byggnader antänds och människor med brinnande kläder flyr ur byggnaderna. Tjugo människor dödas och ett femtiotal skadas. (4:911)

9. 1978-02-26, nära staden Youngstown, Florida.

Ett godståg med klorvagnar spårar ur. Klor läcker ut och bildar ett moln som driver iväg över en intilliggande motorväg. Molnet upplöses mycket sakta då dimma och stiljte råder. Åtta människor dödas och ett femtiotal skadas. Omkring 2 500 människor evakueras. (4:912)

6. BESKRIVNING AV OLYCKSKONSEKVENSER

Tre typer av järnvägsolyckor kan särskiljas: persontågs- och godstågsolyckor med eller utan utsläpp av farliga ämnen. Dessa ger helt olika olycksbilder och -konsekvenser även om vissa likheter självfallet existerar, som t ex att alla vagnar kan skada omgivningen vid urspärning. En olycka får i regel olika konsekvenser beroende på om den sker i rangering eller på linjen, i tätbebyggelse eller på landsbygd.

6.1 Olyckor utan utsläpp

Olyckor med godståg utan last av farligt gods kan få följande huvudsakliga konsekvenser:

- 1 Linjblockering
- 2 Skada av medförd last
- 3 Skada av tågmateriel
- 4 Fysisk skada på omgivningen
byggnader
anläggningar
andra fordon
- 5 Personskador vid plankorsningsolyckor
vid olyckor i befolkade områden
tågpersonal vid rangering

Olyckor med persontåg kan utöver listan ovan ge upphov till omfattande skador för passagerare.

Någon rapport som behandlar de fysiska konsekvenserna av tågolyckor utan farligt gods har inte kunnat lokaliseras vid litteratursökandet. Av detta följer att något underlag för en bedömning av hur stor säkerhetszon för angränsande bebyggelse som erfordras med anledning av denna olyckstyp sannolikt ännu inte tagits fram. Ett par exempel från 80-talet kan emellertid illustrera vad som kanske bör vara dimensionerande avstånd vid bansträckningar där hastigheter upp till 160 km/h är tillåtna.

Vid en urspärningsolycka den 8:e juli 1985 i staden Saint-Pierre-du-Vauvray i Normandie i Frankrike kom en personvagn att ställa sig vinkelrätt ut från spåret och med sin ytterända tränga in i ett bostadshus. Tågets hastighet vid urspärningstillfället var 160 km/h. Vid olyckan omkom 12 personer och skadades 44. (En tidningsbild till olyckan finns återgiven på omslaget till plan- och bostadsverkets PBL/NRL-underlag nr 28 "Hälsa och säkerhet" dnr 400-1127/89.)

Den längsta svenska vagn som tillåts för högre hastigheter är 26,5 meter lång. En säkerhetszon, som dimensioneras med utgångspunkt från denna bakgrund och som också tar hänsyn dels till splitterspridning (sekundär olycka) dels till räddningstjänstens behov av verkansutrymme på platsen, skulle vid plan mark komma att behöva vara ca 40 meter.

I Danmark inträffade den 25:e april 1989 vid Sorö på centrala Själland en urspärningsolycka där en passagerarvagn lade sig vinkelrätt över spåret och kom att sticka ut med halva sin längd på båda sidor om spåret. Ingen bebyggelse fanns i järnvägens omedelbara närhet. Vid olyckan omkom 8 personer och ett 70-tal skadades. Tågets hastighet vid olyckstillfället var 100 km/h enligt uppgift från Sveriges Radio och TV.

Den omständigheten att Sverige inte haft någon med dessa två exempel jämförbar urspårningsolycka på senare tid kan inte tas till intäkt för att vi inte heller i framtiden kan drabbas av något liknande.

6.2 Olyckor med utsläpp

Olyckor med godståg innehållande farligt gods kan få betydande konsekvenser för människor, miljö och ekonomi.

All kemikaliehantering är i princip ett hot mot sin omgivning, dock kan tre huvudsakliga typer av farligt gods urskiljas p g a omfattning och vådlighet:

1 Brandfarliga och explosiva gaser och vätskor

2 Giftiga gaser och vätskor

3 Frätande gaser och vätskor

Vätskor och gaser är särskilt vådliga p g a sin utbredningsförmåga och åtföljande saneringsvårigheter. Av dessa utgör trycklagrade/kondenserade gaser det största hotet mot omvärlden p g a att de innehåller enorma mängder gas - 1 m³ LPG t ex förångas till 245-275 m³ gas. Av fasta ämnen torde vattenlösliga och giftiga kemikalier utgöra det största hotet mot omvärlden.

6.2.1 Brandfarliga och explosiva gaser och vätskor

Här följer en kort beskrivning av de konsekvenser som kan uppstå med brandfarliga/explosiva gaser/vätskor vid järnvägsolyckor. Eftersom olika ämnen dessutom ger upphov till olika karaktär hos nedanstående olyckstyper bör detta ses som en översiktlig beskrivning.

Utsläpp

Sju olika typer av utsläpp kan särskiljas om lasten består av gas. De täcker såväl kondenserade som icke-kondenserade gaser under tryck. Typ 1 och 2 nedan avser naturgasliknande fall och typ 3 till 7 gasolliknande fall.

1 Tryckbehållare för gas som får ett rörbrott eller flänsläckage,

2 Tryckbehållare för gas som momentant brister.

3 Tryckbehållare med kondenserad gas. Hål under vätskeytan. Vätskan strömmar ut utan flash, d v s momentan förångning.

4 Tryckbehållare med kondenserad gas. Hål under vätskeytan. Vätskan strömmar ut med flash.

5 Tryckbehållare med kondenserad gas. Hål över vätskeytan. Enbart gasfas läcker ut.

6 Tryckbehållare med kondenserad gas. Hål över vätskeytan. Både gas- och vätskefas läcker ut p g a överkokning.

7 Tryckbehållare med kondenserad gas. Behållaren brister momentant med stort utsläpp av vätskeformigt bränsle.

Spridning

Fyra spridningstyper beaktas. Spridningsbilden är beroende av när antändning äger rum.

- 1 Spridning från en gasformig jet, d v s stråle, av lätta eller tunga gaser.
- 2 Spridning av lätta och tunga gaser i rum. Inverkan av rumskonfiguration, ventilation och läckagets placering beaktas.
- 3 Spridning från vätskespill i rum.
- 4 Spridning från gas- och vätskespill utomhus. Inverkan av vind beaktas. Brännbarhets- och toxicitetsområde beräknas.

Förbränning

Här redovisas olika typer av förbränning som kan bli aktuella vid en olycka.

Fackelbrand [torch fire] uppstår av relativt små läckor i en LPG-tankvagn som antänds. Fackelbranden blir mellan 100 och 200 gånger hålets diameter i längd och kan upphetta andra tankvagnar. (3:56)

Jetflamma [jetflame] uppstår om en antändningskälla finns i omedelbar anslutning till utsläppet. Värmen från flammen kommer att förångas all utsläppt vätska. Jetflamman har en relativt liten snittarea men kan nå en ansenlig längd. Temperaturen för propan ligger i området 1040°-1180°C. Om flamriktningen är sådan att flammen träffar t ex en propantank (näraliggande tank eller primär utsläppskälla) kan tankens tryckupptagande förmåga snabbt minska och hela tanken rämna, vilket ger upphov till eldklot eller BLEVE.

Gasbrand eller flamförbränning. Förblandad gasförbränning uppstår när antändning sker på en punkt där gaskoncentrationen ligger inom brännbarhetsområdet. Flammen antages i regel vandra i riktning utåt från antändningspunkten. De låga flamspridningshastigheterna (vanligen i området 0,4-4,0 m/s) ger upphov till ofarliga övertryck. Gasbrandens storlek bestäms av den volym gas som ligger innanför brännbarhetsområdet. De flesta gasspridningsmodeller ger ellipsformade brandareor.

Om större delen av gasmassan ligger ovanför brännbarhetsgränsen kan antändning leda till flamspridning med spridningshastigheten kontrollerad av lufttransport till förbränningszon och hur snabbt inblandningen av luft sker. Processen är i regel relativt långsam.

Vätskebrand [poolfire] kan uppstå när innehållet i en LPG-tank hastigt töms p g a mekaniskt orsakat läckage. En del av innehållet övergår i gasform medan resten rinner längs marken i vätskeform. Om vätskan antänds blir den till en vätskebrand som expanderar. Den främsta risken med detta fenomen är värmestrålningen, som kan orsaka våda och död på stort avstånd beroende på ingående mängder. (3:57)

Gasmolnexplosion [VCE, vapour cloud explosion]. Utsläpp av en större gasmängd i atmosfären resulterar i en gasmolnexplosion. För att en gasmolnexplosion skall kunna ske krävs att två villkor uppfylls, dels att det finns en stor mängd gas i rätt utspädningsförhållande med luft dels att det finns en antändningskälla. Alla kända VCE har omfattat minst 100 kg antändlig gas, medan 1-10 ton varit den vanligaste mängden. Etylen, propan och butan är de vanligast förekommande gaserna i VCE. (5:101)

Fri gasmolnsexplosion [UVCE unconfined vapour cloud explosion]. Ett större gasutsläpp kombinerat med en spridnings- och luftinblandningsprocess och med fördröjd antändning kan resultera i gasexplosion. Praktiska erfarenheter visar att en explosion kräver ett utsläpp av storleksordningen 5 ton, att läckaget måste vara stort (1 ton/min eller mer) och att antändningen måste vara fördröjd minst 30 sekunder. Flamspridningshastigheten i storleksordningen 150-200 m/s alstrar detonation och tillräckliga övertryck för att skada människor och byggnader både innanför och utanför gasmolnet.

Eldklot [fireball] & **BLEVE** [Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion]. Skillnaden mellan eldklot och BLEVE är att gasen i det senare fallet förblandas med luft vilket leder till ett häftigt eldklot, medan den i det förra fallet sakta blandas med luften och förbränns.

En LPG-tank som utsätts för eld kan orsaka både eldklot och BLEVE. Först strömmar den upphettade gasen ut genom säkerhetsventilen. Denna gasutströmning antänds och formar en eldfackla. Gasen i behållaren är flytande men när temperaturen stiger över kokpunkten övergår den i gasform och skapar ett än större övertryck. Dessutom börjar stålet i tankväggarna att försvagas vid 200°C för att rämna vid 425-540°C oberoende av inre tryck. Bristningar i tankväggarna är plötsliga, tanken rämna med omedelbar tömning av återstående innehåll som antänds. Denna antändning leder till formandet av ett eldklot. Eldklotets radie bestäms av ekvationen $r = 1,93 M_v^{1/3}$, där r är radien i meter, och M_v är LPGs massa i kilogram. Det antas att den utsläppta mängden är liten i förhållande till laddningsmassan, att ungefär 60 % av den utsläppta mängden förångas (d v s vätskan i tanken har en temperatur av omkring 50 °C just innan utsläpp), samt att den dödliga värmestrålningssonen sträcker sig ungefär 100 meter utanför eldklotets rand. (5:103 & 6:4)

6.2.2 Giftiga gaser och vätskor

Många olika slags giftiga gaser och vätskor transporteras på järnväg. De ger olika typer av konsekvenser vid en olycka, som orsakar ett utsläpp, och konsekvenserna är i sin tur beroende på hur en lång rad faktorer spelar in. Topografin spelar t ex en stor roll om gasen är tyngre än luften. Generellt spelar vindriktning och vindhastighet stor roll för gasers spridningsbilder.

Giftiga vätskor och gaser som vid kontakt med vatten bildar giftiga vätskor utgör främst ett hot mot miljön, vilket i sin tur kan ge földverkningar för såväl ekosystem som samhälle. Markens infiltrationsbenägenhet spelar härvidlag en väsentlig roll för spridningsbilden och möjligheten att sanera olycksplatsen.

6.2.3 Frätande gaser och vätskor

Flera typer av frätande gaser och vätskor transporteras dagligen på svenska järnvägar. Beträffande spridningsbild och inverkan faktorer gäller i stora drag vad som sagts ovan om giftiga ämnen. Gränsen mellan giftiga och frätande ämnen är något diffus i så motto att vissa ämnen, som t ex klor, är både giftiga och frätande.

7 UTKAST TILL FORTSATT FORSKNING

Denna rapport är en sammanställning av risker förbundna med transporter av farligt gods på järnväg och av lämpliga metoder för att få klarhet över dem. Tillsammans med rapporten "Järnvägar och Säkerhet" kan den betraktas som en första beskrivning av problemens omfattning och betydelse.

Den risk som transporter av farligt gods utgör manar till fortsatta studier och analyser med sikte på nödvändigt faktaunderlag för lämpliga anvisningar för fysisk planering längs järnväg.

Här nedan lämnas de utkast till fortsatta projekt som kommit fram under arbetets gång.

- 1 En statistisk studie av transporter av farligt gods på järnvägar bör göras. I brist på tillgänglig svensk statistik bör utländska erfarenheter och data utnyttjas. Studien bör bl a följande behandla följande frågeställningar:
 - * Vilken trend har användning och transporter av farligt gods?
 - * Vilket mängder olika sorter farligt gods transporteras på järnväg idag i Sverige?
 - * Vilka konsekvenser kan olyckor med dessa ämnen ge upphov till?
 - * Vilka inverkan faktorer bör särskilt studeras?
 - * Vilka händelsesituationer kan bli aktuella?
 - * Hur inverkar hastigheten på olyckskonsekvenser?

- 2 Uppskattningsvis två tredjedelar av allt farligt gods på järnväg passerar Malmöhus län. Länet är ett av Sveriges befolkningstätaste områden och bör betraktas som ekologiskt känsligt, då cirka hälften av landets alla känsliga djur- och växtarter endast finns där. En riskstudie utifrån "Kansas-state-modellen" och "botten-upp-riskuppskattningsmetoden" föreslås.

- 3 De säkerhetsfilosofiska och samfundsetiska aspekterna på transporter och hantering av farligt gods bör utvecklas. Samhällets hittillsvarande bedömningar av befolkningens säkerhetsbehov bör studeras och klargöras. En bakgrund till riskanalys av stora olyckor bör göras med bl a följande innehåll.
 - * Fastställa termers innebörd.
 - * Definiera risker, exempelvis individuell och samhällelig risk, tolerabel och acceptabel risk, etc.
 - * Dimensioner och karakteristika i begreppet risk. Psykologiska faktorer. Orsaker till divergerande uppfattningar mellan experter och allmänhet.
 - * Tröskelvärder för risker, användning av ekvivalenta risknivåer, historisk utveckling.
 - * Erfarenheter av några genomförda riskanalyser, speciellt med avseende på kostnad och tillförlitlighet.
 - * Allmänna etiska och filosofiska aspekter av riskanalys.

- 4 En jämförande riskanalys och miljökonsekvensbeskrivning av transporter på järnväg och landsväg bör göras. Följande punkter bör ingå:
 - * Tillgänglig statistik om inträffade olyckor på landsväg respektive järnväg.
 - * Transporterade mängder av farligt gods på respektive transportslag.
 - * Graden av riskexponering förbunden med respektive transportslag, t ex befolkningstäthet, tillgänglighet, infiltrationsbenägen mark, närhet till vatten och andra ekologiskt känsliga områden, etc.

- 5 En sammanställning och studie av svenska olyckor och tillbud bör göras.

- 6 Sverige står inför introduktion av snabbtågstransporter av personer och gods. Samhället avser att avsätta betydande belopp på den infrastruktur som järnvägssystemet utgör. En studie av utländska erfarenheter bör därför göras. Denna studie bör inkludera de regelsystem som finns för fysisk planering i samband med transporter av farligt gods i olika länder.

- 7 En studie bör göras av vilka konsekvenser omläggningar av olika försörjningssystem får för transporter av farligt gods.

- 1 Risk Assessment Processes for Hazardous Materials Transportation.
William D. Rowe. National Cooperative Highway Research Program Synthesis of Highway Practice 103 (Transportation Research Board. National Research Council. Washington D.C., nov 1983)
- 2 Transportation of Hazardous Materials. Towards a national strategy.
- 3 Recent Advances in Hazardous Materials Transportation Research.
N. C. Harris, G. G. Roodbol & B. J. M. Ale, An International Exchange. State of the Art, Report 3. (Transportation Research Board. National Research Council)
- 4 Loss Prevention in the Process Industries. Hazard Identification, Assessment and Control, Volume 2.
Frank P. Lees. Butterworth & Co Ltd., London 1980, reprinted 1986.
- 5 SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering.
Philip J. DiNenno, Craig L. Beyler, Richard L. P. Custer, W. Douglas Walton, John M. Watts Jr, National Fire Protection Association, USA september 1988.
- 6 Hazards and Protection of Pressure Storage and Transport of LP-Gas.
John A. Davenport. Journal of Hazardous Materials, 20 (1988) 3-19. (Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam)
- 7 An Analysis of the Risks Arising from the Transportation of Liquefied Gases in Great Britain.
G. Purdy, H. S. Campbell, G. C. Grint & L. M. Smith. Journal of Hazardous Materials, 20 (1988) 335-355. (Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.)
- 8 Risk Assessment for Installations where Liquefied Petroleum Gas (LPG) is Stored in Bulk Vessels above Ground.
G. Purdy, H. S. Campbell, G. C. Grint & L. M. Smith. Journal of Hazardous Materials, 20 (1988) 357-374. (Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.)
- 9 Estimating the Impacts of L.P.G. spills during Transportation Accidents.
M. van Aerde, A. Stewart & F. Saccomanno, Journal of Hazardous Materials, 20 (1988) 375-392. (Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.)
- 10 Riskhantering 3, Teknisk Säkerhetsgranskning. En vägledning för identifiering, värdering och begränsning av risker vid industriell kemikaliehantering. Utarbetad av Kemikontorets arbetsgrupp för processsäkerhet, Stockholm dec 1987.
- 11 Kursprogram i Riskanalys, LTH. Sydskraft, L. Thuring 88 09 13.
- 12 Transport av farligt gods. Revisionsrapport Dnr 1987:1486. Riksrevisionsverket.
- 13 Uppkomst och utbredning av explosiva och giftiga gasmoln. In ventering av kunskapsläge och forskningsbehov.
Lennart Thuring, Stellan Winter & Kenneth Nyrén. (FOA Rapport E40036, okt 1988)

9 LITET RISKBEGREPPSLEXIKON

En stringent teoriuppbbyggnad kräver ett klart språkbruk. Nedanstående begrepp är ofta oklara i normalt språkbruk och används synonymt. De definitioner där anglosaxisk text angetts inom parentes under begreppet är hämtade ur referenslitteraturen och har i viss mån bearbetats och anpassats till övriga begrepp vid översättningen.

Absolut risk [absolute risk]	En bestämning av sannolikheten för en händelse med specificerade konsekvenser vilka baseras på uppmätta data eller modeller. Till exempel antalet olyckor per år i plankorsningar med järnväg. (1:8)
Acceptabel risk [acceptable risk]	En vådlig aktivitets risknivå som av vissa samhällsgrupper bedöms som tillfredsställande låg för att aktiviteten skall få företagas eller fortsätta. Andra samhällsgrupper kan komma fram till en annan bedömning. Processen som leder fram till bedömningen kallas riskutvärdering. (2:44)
BLEVE	Förkortning av "Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion", d v s kokande vätska som expanderar till gasexplosion.
Fel [fault or failure]	En oönskad eller önskad men utebliven händelse i ett system, en anläggning, utrustning, komponent eller motsvarande hos en eller flera människor. (2:44)
Förlust [loss]	Följden av en olycka uttryckt i termer som förolyckade människor eller drabbade miljöer, skada på egendom eller minskade livsutsikter för människor, miljöer och material. (2:44)
Högrisk	Med högrisk avses bl a hantering, transport och bruk av större mängder farligt gods enligt RIDs definitioner. (se kap 3.2.1)
Högriskområde	Område inom vilket verksamheter kan ge upphov till omfattande skadegörelse eller katastrof som innebär att människor, miljö och material drabbas i hög grad.
Högriskverksamhet	Verksamhet inom vilken en olycka kan ge upphov till omfattande skadegörelse eller katastrof inom såväl verksamhetsområdet som dess omgivning.
Individuell risk	Sannolikheten för att en viss konsekvens skall drabba någon enskild i en exponerad befolkning.
Inledande händelse [basic event]	Upprädandet av fel i ett system eller en yttre händelse som inleder eller medverkar i en olyckshändelse. Synonymt med olycksorsak. (2:44)
LPG	Förkortning av "Liquified Petroleum Gas", d v s kondenserad petroleumgas. Bland dessa ingår propan, butan, propylen och blandningar av dem, bl a gasol. 1 m ³ LPG förångas till 245-275 m ³ gas. LPG ger 2-3 gånger mer värme än naturgas.
Olycka [accident]	Fel i ett system som resulterar i förlust. Synonymt med olyckshändelse. (2:44)

Olyckseffekt [terminal event]	Händelse orsakad av olycka som leder till en beaktansvärd konsekvens, t ex en gasolvagn som exploderar p g a brand i bromssystemet. (2:44)
Olycksförlopp [accident sequece]	Det kausala och tidsmässiga sammanhanget i en olyckshändelse (Domino-effekt).
Olyckshändelse	Se "olycka".
Olyckskonsekvens [consequence]	Resultat av en olycka som t ex utsläpp och spridning av ett farligt ämne, skada på en järnvägsvagn eller drabbade människor. (2:44)
Olycksorsak	Se "inledande händelse".
Relativ risk [relative risk]	Ett mått på skillnaden av sannolikhet för olyckshändelse med åtföljande konsekvenser mellan en bestämd risk och en annan. Exempelvis är risken med gasoltransporter större än den med koltransporter beräknat på en gemensam enhet som t ex olyckor per tonkilometer. (1:8)
Risk [risk]	Risk används huvudsakligen med två innebörder: ¹⁾ Sannolikheten för att en olycka med en specifik konsekvens eller förlust skall orsakas av ett fel eller en yttre händelse. (2:44) ²⁾ En funktion av en konsekvens storleksordning och sannolikheten för att den skall äga rum (= grad av riskexponering x sannolikhet för inträffande). (1:8)
Riskanalys	En systematisk identifiering och värdering av risker förbundna med ett system. Värderingen kan göras kvantitativ men normalt ger kvalitativa analyser tillräckligt underlag för riskhantering. I regel kombineras flera metoder. (10:6)
Riskbestämning [risk assesment]	Den integrerade analysen av riskerna i ett system och deras betydelse i ett bestämt sammanhang. Riskbestämning inbegriper riskuppskattning och riskvärdering. (2:44)
Riskexponering [vulnerability/exposure]	En verksamhet som orsakar närhet i tid och rum till en riskkälla. En funktion av den uppskattade risken och möjligheterna att handskas med eventuella konsekvenser. (1:8)
Riskhantering [risk management]	Beslutsprocess som leder till accepterande, minskande eller eliminerande av en bestämd risk eller fara. Processen kan innefatta kalkyler av ökade kostnader, lagförslag på erfordringar, effektivitetsanalyser av ändrade utformningar eller omskolningar, installation av varnings- eller säkerhetsanordningar, förfaringsmässiga ändringar, eller räddningsberedskap för eventuella händelser. (2:44) Riskhantering kan också beskrivas som ett företags hela säkerhets- och skyddsarbete, d v s administration, kontroll och verkställighet av skadeförebyggande och skadebegränsande arbeten för att skydda företaget och omgivningen mot skador och förluster. (10:6)
Riskjämförelse	Jämförande av alternativa situationers risker och konsekvenser, som t ex två alternativa transportvägar eller transportsätt.
Riskkälla [hazard]	En uppsättning interna eller externa omständigheter inbyggda i ett system som kan förorsaka eller förvärra en olycka. Riskkällor innefattar farliga energikällor, möjliga omständigheter som kan leda till ett oönskat frisläppande av energi eller förhindra ett önskat frisläppande av energi - som t ex energin till säkerhetsutrustning eller en kontrollsignal. (1:8)

	En riskkälla innebär ett hot om möjlig skada/förlust. Synonymt med fara och vådlighet. (10:6)
Riskuppskattning [risk estimation]	Den statistiska och/eller analytiska modelleringsprocess som leder till en kvantitativ uppskattning av en bestämd risk. (2:44)
Riskutvärdering [risk evaluation]	Utvärdering av vad det betyder att ett bestämt mått kvantitativ eller kvalitativ risk finns i ett system. Utvärderingen kan t ex göras genom jämförelse av väntat antal missöden per år i systemets verksamhet med antalet missöden orsakade av andra allmänt accepterade risker; eller genom att riskuppskatta systemets missöden och förhålla dem till den samhällsekonomiska nyttan av att acceptera dem. (2:44)
Samhällelig risk [societal risk]	Sannolikheten för att ett visst antal individer kommer att drabbas av en viss konsekvens.
Sannolikhet [probability]	Utsikterna för slumpmässiga händelsers inträffande. Görs i regel på basis av tillgängliga statistiska uppgifter och/eller kvalificerade subjektiva bedömningar.
Skada [loss]	Sannolikheten för skada eller minskade livsutsikter (livslängd) för människor, miljö eller egendom. (2:44)
Skydd	Till skillnad från säkerhet frånvaron av yttre risk i ett system, exempelvis är ett skyddsavstånd det avstånd en verksamhet kräver för att inget yttre skall påverka verksamheten, medan ett säkerhetsavstånd är det avstånd omgivningen behöver för att tryggas mot en verksamhets risker.
System	En företeelse och/eller verksamhet vars omfattning definitionsmässigt har bestämts. Exempelvis utgör järnvägsdriften ett system som omfattar transporter på järnvägsnätet inklusive anläggningar och situationer som är nödvändiga härför som t ex stationsbyggnader och lastning/lossning av farligt gods på rangerbangårdar. Ett system kan också omfatta en mindre del av ett större system, t ex skilda komponenter eller funktioner. Till ett system räknas även drift och underhåll. (10:6)
Säkerhet [safety]	Omständigheten av frihet från oacceptabel risk som det värderats av samhällsansvarligas <i>consensus</i> ("samstämmighet"). Säkerheten berör vad som befinner sig utanför ett system till skillnad från skydd. (2:44)
Tillbud [incident]	Händelse som kan ge upphov till skada men inte gör det eftersom olycksförloppet avbryts. En tillbud kan ske p g a olycka, misskötsel eller ovanliga påfrestningar under normala förhållanden. (2:44)
Tankvagnshuvud	Med tankvagnshuvud menas i regel tankvagnens armatur.
Tillförlitlighet	Allmänt graden av sannolikhet för att ett system, en anläggning, utrustning, komponent, person eller grupp inte skall ge upphov till tillbud och/eller förluster. Tillförlitlighet är en egenskap hos en enhet eller ett system som anger dess förmåga att utföra en bestämd prestation i ett givet tidsintervall. Tillförlitligheten är alltid knuten till en bestämd driftsmiljö och en fastställd underhålls lösning. (11:3)
Ämnen som transporteras i smält tillstånd [Substances carried fused]	Somliga substanser som vid normal temperatur är fasta som t ex svavel, fosfor, alkaliska metaller och naftalin transporteras ofta i smält form i isolerade övertryckstankar. (4:786)

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 880711-3
från Statens råd för byggnadsforskning till Lunds
tekniska högskola, Inst för brandteknik, Lund.

R99:1990

ISBN 91-540-5282-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6801099

Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirkapris: 41 kr exkl moms