

BEST FASTIGHET AB

KVANTITATIV RISKBEDÖMNING

TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ E18 FÖRBI LAKE LODGE

2024-07-03



wsp

Kvantitativ riskbedömning

Transport av farligt gods på E18 förbi Lake Lodge

Våtsjön - Halvarsviken

Karlskoga

KUND

BEST Fastighet AB

KONSULT

WSP

Besök: Arenavägen 7

Tel: +46 10 7225000

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

Styrelsens säte: Stockholm

<http://www.wsp.com>

KONTAKTPERSONER

Cecilia Nordenö, WSP, cecilia.nordeno@wsp.com

Henrik Selin, WSP, henrik.selin@wsp.com

Bosse Björk, Karlskoga kommun, bo.bjork@karlskoga.se

DOKUMENTHISTORIK OCH KVALITETSKONTROLL

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Anmärkning	-			
Datum	2024-07-03			
Handläggare	Cecilia Nordenö			
Signatur	CN			
Granskare	Göran Nygren			
Signatur	GN			
Godkänd av	Cecilia Nordenö			
Signatur	CN			
Uppdragsnummer	10370828			

Sammanfattning

WSP har av Best Fastighet AB fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med ändring av detaljplan för Våtsjön - Halvarsviken i Karlskoga kommun. Ändringen avser möjliggöra utveckling av befintlig restaurang- och övernattningsverksamhet samt att ge byggrätt åt befintligt pumphus.

Öster om planområdet löper E18 som är transportled för farligt gods. Kortaste avstånd mellan planerad bebyggelse och farligt gods-leden är cirka 25 meter.

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan-och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk, samt länsstyrelsens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led.

Målet med riskbedömningen är utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan. I ovanstående ingår att efter behov ge förslag på åtgärder.

En kvantitativ riskbedömning har upprättats med beräkningar av individ- och samhällsriskerna för området. Beräkningarna visar att individrisknivån ligger inom ALARP-området upp till 27 meter från väggkanten på grund av risk för pölbrand, men bortom 27 meter ligger individrisknivån på acceptabel nivå. Samhällsriskerna är acceptabel med avseende på den låga persontätheten i omgivningen.

I beräkningarna har det inte beaktats att E18 passerar i ett upphöjt läge i förhållande till planområdet. Höjdskillnaden är cirka 5 meter. Höjdskillnaden påverkar framför allt olycksscenarioer med pölbrand eftersom den brandfarliga vätskan skulle kunna rinna ner från vägen och in på planområdet. Det behöver också säkerställas att samtliga fordon, även tunga fordon lastade med farligt gods, kan kvarhållas på vägbanan i händelse av en trafikolycka då beräkningsmodellerna förutsätter att olyckan och det eventuella utsläppet av farligt gods sker på vägbanan och inte inne på planområdet.

Med avseende på individrisknivån samt att vägen ligger i ett upphöjt läge i förhållande till planområdet behöver följande åtgärder vidtas;

- Befintligt avåkningsräcke ersätts med högkapacitetsräcke utmed aktuell vägsträcka för att säkerställa att varken personbilar eller tunga fordon lämnar vägbanan i händelse av en olycka.
- Ett skyddsavstånd på 27 meter upprätthålls mellan väggkanten och planerad ny bebyggelse.
- Skydd mot pölbrand vidtas genom att antingen
 - o Uppföra en barriär i anslutning till vägen eller nedanför slutningen i anslutning till planområdet för att begränsa pölbrandens utbredning, eller
 - o Vidta byggnadstekniska brandskyddsåtgärder inom 40 meter från väggkanten för att ge ett fullgott skydd inomhus om pölbrandens utbredning inte kan begränsas med en barriär. Utrymningsvägar ska då placeras på sida som vetter bort från E18 och friskluftsintag placeras högt på samma sida.

De åtgärder som ligger i anslutning till vägen, högkapacitetsräcke och eventuell barriär, behöver förankras med väghållaren då dessa åtgärder inte kan regleras inom ramen för aktuell detaljplan.

Om åtgärderna ovan vidtas bedöms riskerna kopplade till pölbrand, vilka är dimensionerande för risknivån inom planområdet, ha reducerats så lågt som praktiskt och ekonomiskt rimligt. Planerad bebyggelse bedöms då uppfylla Plan-och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	5
1.1	SYFTE OCH MÅL	5
1.2	OMFATTNING	5
1.3	AVGRÄNSNINGAR	5
1.4	STYRANDE DOKUMENT	6
1.5	INTERNKONTROLL	7
2	OMRÅDESBESKRIVNING	8
2.1	PLANOMRÅDET OCH OMGIVNINGEN	8
2.2	BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET	9
3	RISKIDENTIFIERING	10
3.1	IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR	10
3.2	TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ E18	10
3.3	SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER	11
4	RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING	12
4.1	RISKACCEPTANSKRITERIER	12
4.2	BERÄKNINGSMETODIK	14
4.3	INDIVIDRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ E18	14
4.4	SAMHÄLLSRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ E18	15
5	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	16
5.1	HÖGKAPACITETSRÄCKE	16
5.2	SKYDDSAVSTÅND	16
5.3	SKYDD MOT PÖLBRAND	17
5.4	SAMMANSTÄLLNING AV BEHOV AV SKYDDSÅTGÄRDER	18
6	DISKUSSION	19
7	SLUTSATSER	20
	REFERENSER	21
BILAGA A.	METOD FÖR RISKHANTERING	24
BILAGA B.	STATISTISKT UNDERLAG	26
BILAGA C.	FREKVENSBERÄKNINGAR	29
BILAGA D.	KONSEKVENSBERÄKNINGAR	40

1 INLEDNING

WSP har av Best Fastighet AB fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med ändring av detaljplan för Våtsjön - Halvarsviken i Karlskoga kommun. Ändringen avser möjliggöra utveckling av befintlig restaurang- och övernattningsverksamhet samt att ge byggrätt åt befintligt pumphus. Öster om planområdet löper E18 som är transportled för farligt gods. Kortaste avstånd mellan planerad bebyggelse och farligt gods-leden är cirka 25 meter.

1.1 SYFTE OCH MÅL

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan-och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk, samt länsstyrelsens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led.

Målet med riskbedömningen är utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan. I ovanstående ingår att efter behov ge förslag på åtgärder.

1.2 OMFATTNING

Riskbedömningen tar huvudsakligt avstamp i nedanstående frågeställningar:

- Vad kan inträffa? (riskidentifiering)
- Hur ofta kan det inträffa? (frekvensberäkningar)
- Vad är konsekvensen av det inträffade? (konsekvensberäkningar)
- Hur stor är risken? (riskuppskattning)
- Är risken acceptabel? (riskvärdering)
- Rekommenderas åtgärder? (riskreduktion)

Mer djupgående beskrivning av riskhanteringsprocessens olika steg och de metoder som använts i riskbedömningen redogörs för i Bilaga A.

1.3 AVGRÄNSNINGAR

I riskbedömningen belyses risker förknippade med transport av farligt gods på E18. De risker som har beaktats är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa. Bedömningen beaktar inte påverkan på egendom, miljö eller arbetsmiljö, personskador som följd av påkörning eller kollision eller långvarig exponering av buller, luftföroreningar samt elsäkerhet.

Resultatet av riskbedömningen gäller under angivna förutsättningar. Vid förändring av förutsättningarna behöver riskbedömningen uppdateras.

1.4 STYRANDE DOKUMENT

I detta avsnitt redogörs för de dokument som huvudsakligen varit styrande i framtagandet och utformningen av riskbedömningen.

1.1.1 Plan- och bygglagen

Plan- och bygglagen (2010:900) ställer krav på att bebyggelse lokaliseras till för ändamålet lämplig plats med syfte att säkerställa en god miljö för brukare och omgivning.

Vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till [...] människors hälsa och säkerhet, ... (PBL 2010:900. 2 kap. 5§)

Vid planläggning och i ärenden om bygglov enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till [...] skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser, ... (PBL 2010:900. 2 kap. 6§)

1.1.2 Riktlinjer

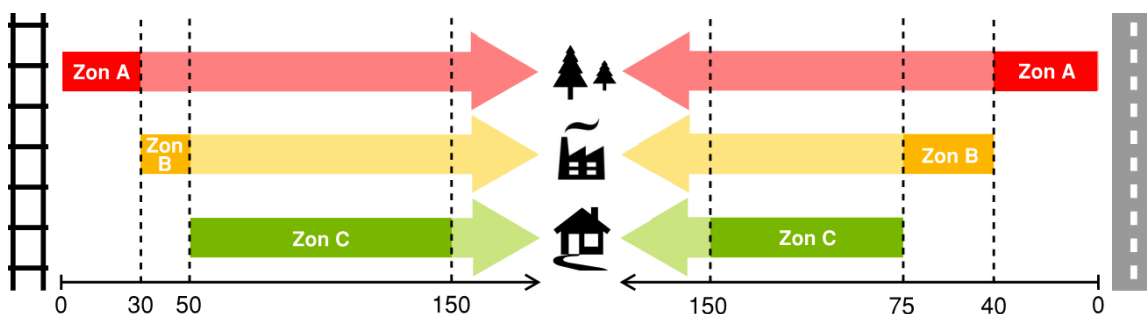
Länsstyrelsen i Örebro län har inte några egna fastslagna riktlinjer för riskhantering i planprocessen, utan hänvisar till riktlinjer framtagna av Länsstyrelsen i Stockholms län. Enligt Länsstyrelsen i Stockholms län ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led [1].

Länsstyrelsen i Stockholms län har gett ut rekommendationer som stöd i arbetet med att ta hänsyn till risker i planprocessen, till exempel:

- Riktlinjer för riskanalyser som beslutsunderlag [2].
- Riskhantering i detaljplaneprocessen [3].

Dessa dokument utgör generella rekommendationer beträffande vilka krav som bör ställas på riskanalyser i bl.a. planärenden. De skyddsavstånd och hänsynsregler som finns i dessa rekommendationer har beaktats vid genomförandet av denna riskbedömning.

Beträffande ny bebyggelse har Länsstyrelsen i Stockholms län gett ut *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* [1]. Riktlinjerna innebär kortfattat att länsstyrelsen rekommenderar ett bebyggelsefritt skyddsavstånd på 25 meter från vägar och järnvägar med farligt gods. Inom 30 meter ska ett antal åtgärder säkerställas beroende på typ av bebyggelse. Övriga rekommenderade avstånd till olika typer av bebyggelse illustreras i Figur 1 och Tabell 1.



Figur 1. Illustration av rekommendationer till olika typer av bebyggelse utmed väg och järnväg [4].

Tabell 1. Rekommenderad lokalisering av verksamhetstyper till respektive zon enligt Figur 1.

Zon A	Zon B	Zon C
G Drivmedelsförsörjning	E Tekniska anläggningar	B Bostäder
L Odling och djurhållning	G Drivmedelsförsörjning (bemannad)	C Centrum
P Ytparkering	J Industri	D Vård
T Trafik	K Kontor	H Detaljhandel
	N Friluftsliv och camping	O Tillfällig vistelse
	P Parkering (övrig)	R Besöksanläggningar
	Z Verksamheter	S Skola

1.5 INTERNKONTROLL

Rapporten är utförd av Cecilia Nordenö (Civilingenjör Riskhantering) med stöd av Henrik Selin (Civilingenjör i ekosystemteknik och riskhantering). I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten. Ansvarig för denna granskning har varit Göran Nygren (Brandingenjör och Civilingenjör Riskhantering).

2 OMRÅDESBESKRIVNING

I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av planområdet med omgivning med syfte att överskådligt tydliggöra de förutsättningar och konfliktpunkter som utgör grund för bedömningen.

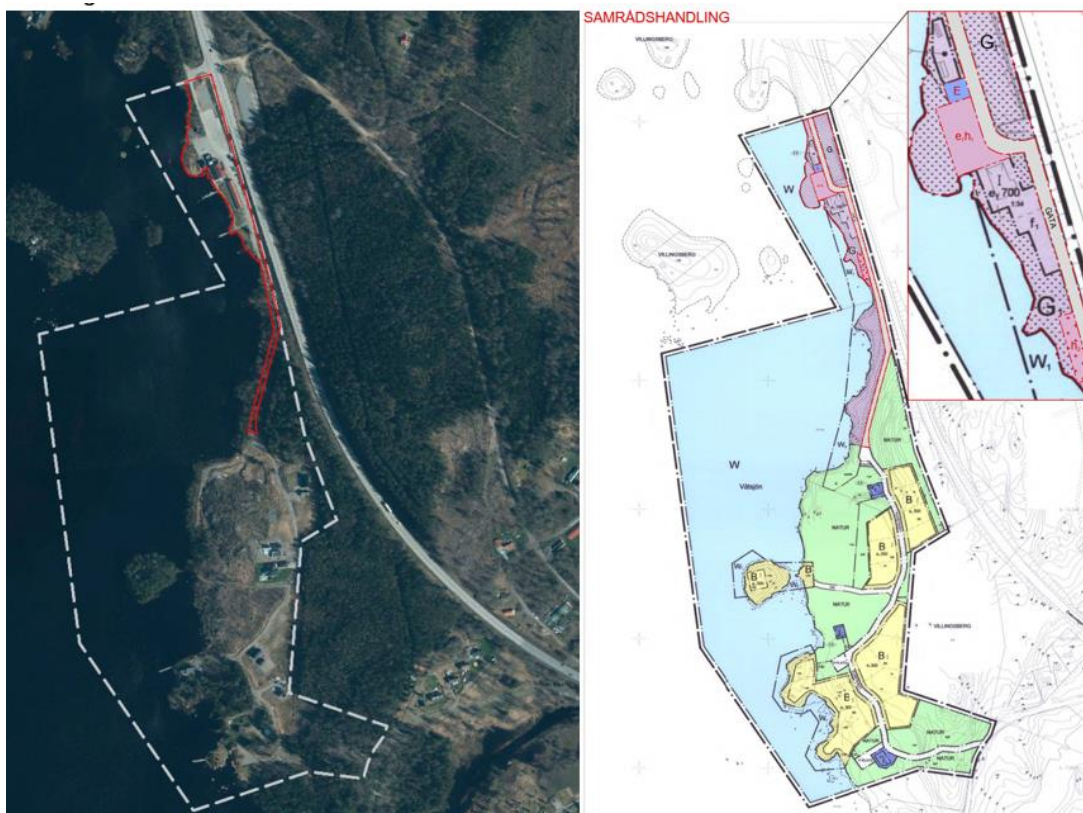
2.1 PLANOMRÅDET OCH OMGIVNINGEN

Föreslagen markanvändning innebär en ändring av detaljplan Våtsjö – Halvarsviken som omfattar cirka 27 hektar mark. Planändringsområdet är dock betydligt mindre och ligger inom fastigheten Villingsberg 1:34. Syftet med ändringen är att ge byggrätt åt befintlig pumpstation samt att möjliggöra utveckling av restaurangverksamhet och övernattningsmöjligheter.

Området ligger mellan Våtsjön och E18 i Karlskoga kommun, några kilometer öster om tätorten. Området har under lång tid använts som rastplats utmed E18. I nuläget består ytan främst av hårdgjord yta med parkering, en lokalgata och viss bebyggelse. Bebyggelsen består av en restaurang- och konferensverksamhet med tillhörande övernattningsmöjligheter, samt ett pumphus som tillhör det kommunala vatten- och avloppsnätet.

Närliggande bebyggelse består av ett antal villor, fritidsboenden och lantbruksfastigheter. Cirka 1 kilometer öster om planområdet ligger Villingsbergs skjutfält som är riksintresse för det militära totalförsvaret. Örebro flygplats ligger cirka 2 mil öster om planområdet.

I Figur 2 visas aktuellt planändringsområde till vänster och planerad användning av området till höger.



Figur 2. Plankarta från samrådsunderlag. Det lila området visar planändringsområdet. I den förstörade bilden visas pumpstationen med blått och de lila området med streckad röd kant intill visar på planerad ny bebyggelse. Övriga byggnader i plankartan är befintlig bebyggelse.

Nuvarande användningsbestämmelse, vägre Restaurang med övernattningsmöjligheter, kommer att kvarstå men möjliggöra utveckling av befintlig verksamhet. I figuren till höger visas pumphuset med en blå ruta markerad med "E" och planerad utveckling av restaurang- och konferensverksamhet till den lila ytan bredvid markerad med "e_{1h1}".

2.2 BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET

Omgivningen kring rastplatsen är glesbefolkad. Det finns ett fåtal bostadshus, men i övrigt består omgivningen mest av skogsmark. Lake Lodges verksamhet innebär att relativt många människor kan komma att vistas på fastigheten samtidigt, exempelvis i samband med konferens, och även att ett antal människor kan övernatta.

Detta gäller dock en mycket begränsad yta. Persontätheten generellt i omgivningen bedöms vara låg. Persontätheten ansätts till 500 personer/km² med avseende på Lake Lodge verksamhet och omgivningen. I dagsläget är detta en överskattning, men vid eventuell framtida exploatering i omgivningen kan persontätheten i området omkring Lake Lodge öka.

Persontätheten kan förväntas vara högre dagtid medan restaurangen har öppet och trafikflödet på E18 är högre, men då övernattningsmöjligheter finns och eventuellt kommer att utökas görs ingen särskiljning av persontätheten dagtid respektive nattid.

3 RISKIDENTIFIERING

I detta kapitel redovisas riskidentifieringen.

3.1 IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR

Denna riskbedömning är avgränsad till att beakta risker kopplade till E18 som passerar utmed planområdets östra sida. Hastighetsbegränsningen på aktuell vägsträcka är 100 km/h. Vägen har två filer, en i vardera riktningen, som avgränsas med ett mitträcke. Vägen har också avåkningsräcke på båda sidor.

Vägen ligger på aktuell plats i upphöjt läge. Höjdskillnaden mellan E18 och den hårdgjorda ytan där befintlig bebyggelse ligger är cirka 5 meter.

Trafiken på aktuell vägsträcka har uppmätts år 2023. Antalet personbilar och antalet tunga fordon per genomsnittsdyn (ÅDT) redovisas i Tabell 2. I tabellen finns även en prognos för trafiken år 2045. Prognosen är gjord med hjälp av Trafikverkets uppräkningsstal för personbil respektive lastbil till år 2045 [5].

Tabell 2. Uppmätt trafikflöde år 2023 [6] och trafikprognos för 2045.

	ÅDT 2023	ÅDT 2045
Persontrafik	11 699	12 275
Tung trafik	1 440	1 706
Totalt	13 139	13 981

Av tung trafik antas 2,2 % utgöras av transporter med farligt gods i enlighet med det nationella genomsnittet [7].

3.2 TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ E18

Utifrån bedömning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med farligt gods, se avsnitt B.2, bedöms följande farligt gods-kategorier vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen;

- Klass 1, explosiva ämnen
- Klass 2, brandfarlig gas
- Klass 3, giftig gas
- Klass 5, oxiderande ämnen

Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom i olycksfordonets omedelbara närhet.

3.3 SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER

Baserat på de farligt gods-klasser som utreds vidare, har ett antal dimensionerande olycksscenarioer med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 3.

Tabell 3. Övergripande sammanställning över dimensionerande olycksscenarioer baserat på rådande förutsättningar.

Explosiva ämnen Klass 1	Brandfarlig gas Klass 2.1	Giftig gas Klass 2.3	Brandfarlig vätska Klass 3	Oxiderande ämnen Klass 5.1
Liten explosion	BLEVE	Litet läckage	Liten pölbrand	Explosion
Medelstor explosion	Gasmolns-explosion	Medelstort läckage	Medelstor pölbrand	Brand
Stor explosion	Liten jetflamma Mellan jetflamma Stor jetflamma	Stort läckage	Stor pölbrand	

4 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING

I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för området med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med farligt gods-transport.

4.1 RISKACCEPTANSKRITERIER

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas förslag på kriterier för individ- och samhällsrisk [8]. Risker kan kategoriskt delas upp i;

- oacceptabla
- acceptabla med åtgärder och
- acceptabla

Risker som klassificeras som **oacceptabla** värderas som oacceptabelt höga och tolereras ej. Dessa risker kan vara möjliga att reducera genom att åtgärder vidtas.

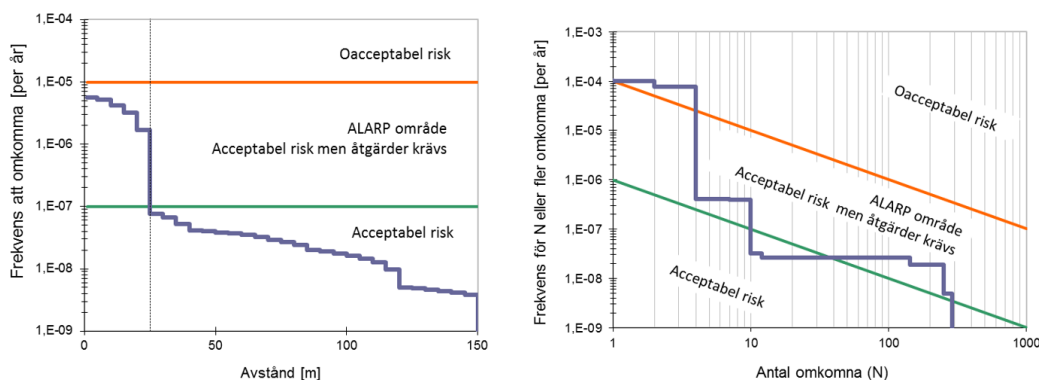
De risker som bedöms vara **acceptabla med åtgärder** behandlas enligt ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör inte lika hårda krav ställas på riskreduktion, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-nyttoanalys.

De risker som kategoriseras som låga kan värderas som **acceptabla**. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas där åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

I Tabell 4 redogörs för DNV:s uppställda kriterier för värdering av individ- och samhällsrisk enligt ovan nämnd kategorisering. Kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Gränserna markeras med streckade linjer enligt Figur 3.

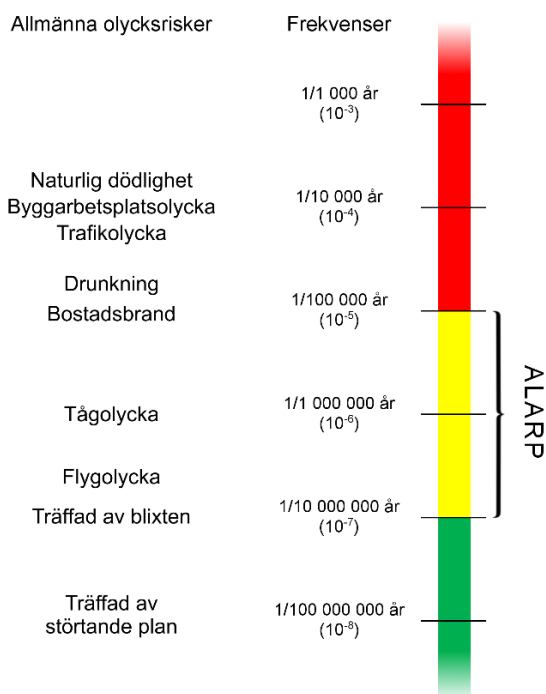
Tabell 4. Förslag till kriterier för värdering av individ och samhällsrisk enligt DNV.

Riskmått	Acceptabel risk	ALARP	Oacceptabel risk
Individrisk	$< 10^{-7}$	10^{-7} till 10^{-5}	$> 10^{-5}$
Samhällsrisk	$< 10^{-6}$	10^{-6} till 10^{-4}	$> 10^{-4}$



Figur 3. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [8].

Som jämförelse illustreras i Figur 4 ett antal olycksrisker i samhället.



Figur 4. Storleksordning på allmänna olycksrisker i förhållande till ALARP-området [9].

Individerisk – Sannolikheten att en individ som kontinuerligt vistas på en specifik plats omkommer. Individerisken är platsspecifik och oberoende av hur många personer som vistas inom det givna området. Syftet med riskmålet är att kvantifiera risken på individnivå för att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabel risk.

Individerisk redovisas ofta med en individeriskprofil (t.v. i Figur 3) som beskriver frekvensen att omkomma som en funktion av avståndet till en riskkälla. Kan även redovisas som konturer på karta.

Samhällsrisk – Beaktar hur stor konsekvensen kan bli med avseende på antalet personer som påverkas vid olika scenarier där hänsyn tas till befolkningstätheten inom det aktuella området. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året och låg under andra tider.

Samhällsrisk redovisas ofta med en F/N-kurva (t.h. i Figur 3) som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.

Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmåten, individerisk och samhällsrisk, vid uppskattning av risknivån i ett område så att risknivån för den enskilde individen tas i beaktande samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som samtidigt påverkas.

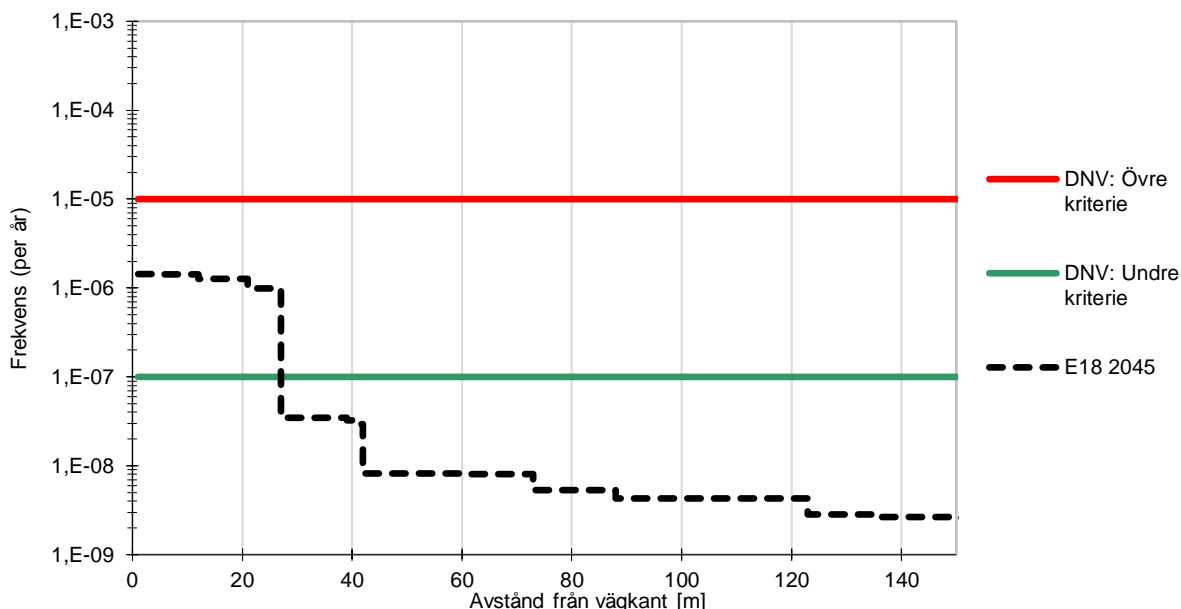
4.2 BERÄKNINGSMETODIK

För uppskattning av risknivån har årsmedeladygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägvsnitt använts som indata. Med hjälp av Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skrift Farligt gods – riskbedömning vid transport [10] beräknas frekvensen för att en trafikolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på aktuellt vägvsnitt. För beräkning av frekvenser/ sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys, se Bilaga C.

Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar redovisas mer omfattande i Bilaga D.

4.3 INDIVIDRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ E18

I Figur 5 illustreras individrisknivån för aktuellt område längs E18. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området.



Figur 5. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på E18.

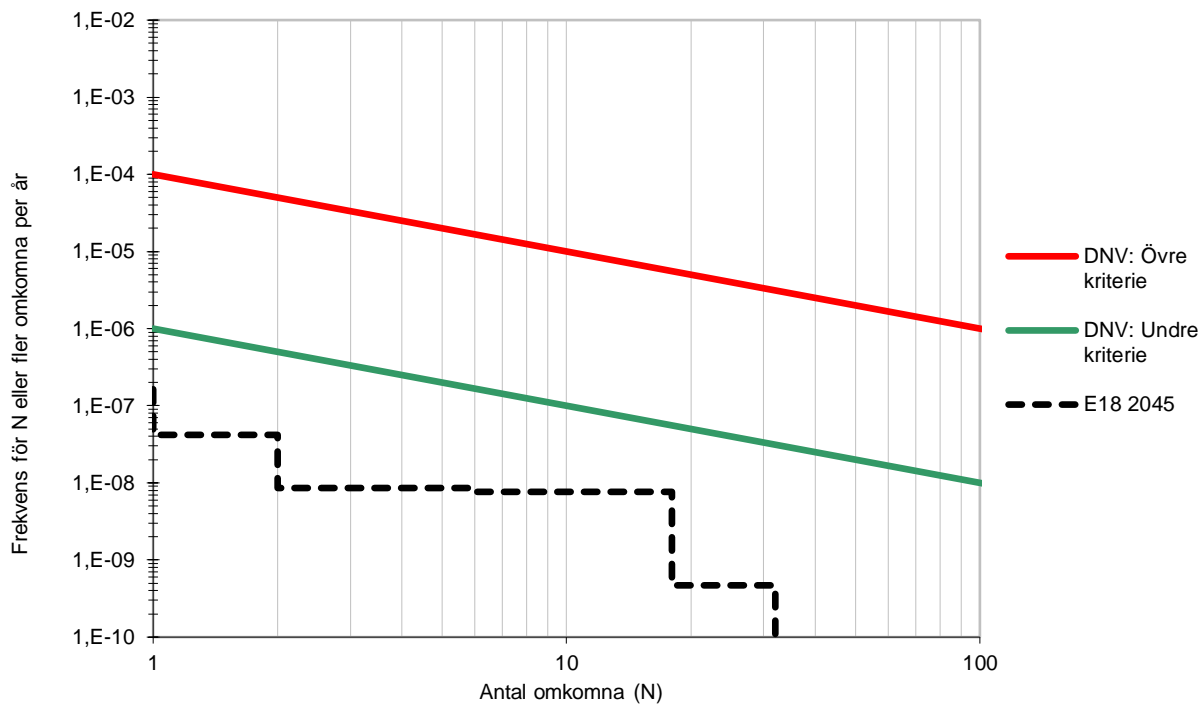
Ur figuren kan utläsas att risken ligger inom mitten av ALARP-området upp till 27 meter från väggkanten. Den dimensionerande risken på detta avstånd är utsläpp av brandfarlig vätska som bildar en pölbrand. På avstånd större än 27 meter från vägen är individrisken acceptabel.

Det bör dock påpekas att dessa beräkningar utgår från att det inte finns några höjdskillnader mellan vägen och planområdet. Eftersom det finns en relativt brant sluttning från vägen ner till planområdet skulle ett läckage av brandfarlig vätska kunna rinna ner för sluttningen och leda till att konsekvensavstånden blir större än vad som antagits i beräkningarna. Effekterna av detta diskuteras vidare i kapitel 5 och 6.

4.4 SAMHÄLLSRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ E18

I Figur 6 illustreras samhällsrisknivån för aktuellt område längs E18. De diagonala linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området.

I beräkningarna har ett befolkningsfritt avstånd på 25 meter ansatts.



Figur 6. Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på E18.

Den beräknade samhällsrisknivån ligger på en acceptabel nivå. Detta beror främst på att befolkningstätheten i omgivningen är låg.

5 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Då samhällsrisken är acceptabel är individrisken dimensionerande för behovet av riskreducerande åtgärder. Primärt handlar åtgärderna om att minska konsekvenserna i händelse av en olycka med transport av brandfarlig vätska som leder till pölbrand.

Exempel på vanligt förekommande riskreducerande åtgärder anges i Boverkets och Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport *Säkerhetskörande åtgärder i detaljplaner* [11], vilken är lämplig att använda som utgångspunkt. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som bedöms ge störst bidrag till risknivån utifrån de lokala förutsättningarna.

Åtgärderna kan antingen vara sannolikhetsreducerande eller konsekvensbegränsande. I samband med fysisk planering är det utifrån Plan- och bygglagen svårt att reglera sannolikhetsreducerande åtgärder, eftersom riskkällorna och åtgärderna i regel är lokaliserade utanför området, eller regleras med andra lagstiftningar. De åtgärder som föreslås kommer därför i första hand vara av konsekvensbegränsande art. Åtgärdernas lämplighet och riskreducerande effekt baserar sig i huvudsak på bedömningar gjorda i *Säkerhetskörande åtgärder i detaljplaner* [11]. De åtgärder som bedöms lämpliga att genomföra givet projektets förutsättningar och beräknade risknivåer presenteras och diskuteras nedan. Observera att avsnittet utgör ett diskussions- och beslutsunderlag för vidare planering och således inte har formulerats som konkreta planbestämmelser.

5.1 HÖGKAPACITETSRÄCKE

Det finns avåkningsräcke utmed hela sträckan som är dimensionerat för att hålla kvar en personbil på vägbanan. Dessa avåkningsräcken är däremot inte dimensionerade för att kvarhålla tunga fordon vilket innebär att ett tungt fordon, eventuellt lastat med farligt gods, skulle kunna forcera vägräcket och köra ner på planområdet.

Beräkningarna som har utförts förutsätter att olycksplatsen är begränsad till vägbanan, vilket innebär att åtgärder måste vidtas för att säkerställa att det olycksdrabbade fordonet inte kör ner på planområdet. Den delsträcka av E18 där det finns bebyggelse (ej parkeringsplatser) bör därför utrustas med högkapacitetsräcken. Detta måste dock förankras med väghållaren då åtgärden inte kan vidtas inom ramen för aktuell detaljplan.

5.2 SKYDDSAVSTÅND

Genom att reglera användandet av planområdets yta kan den optimeras baserat på risknivå. Åtgärden innebär att skyddsvärt objekt inte får placeras inom ett visst avstånd från en riskkälla. Inom ett skyddsavstånd kan mindre störningskänsliga verksamheter finnas, som t.ex. ytparkering. Skyddsavstånd som riskreducerande åtgärd har hög tillförlitlighet och fungerar oberoende av andra åtgärder.

För den aktuella planändringen rekommenderas ett skyddsavstånd på 27 meter från väggkanten. Åtgärden bör kompletteras med en åtgärd för att avgränsa eventuella utsläpp av brandfarlig vätska, se stycke 5.3.1.

5.3 SKYDD MOT PÖLBRAND

För att minska konsekvenserna inom planområdet i händelse av en pölbrand på vägen bör något skydd mot pölbrand implementeras. Två alternativ redovisas nedan.

5.3.1 *Avgränsning av utsläpp av brandfarlig vätska*

Eftersom det aktuella området är beläget lägre än E18 finns det risk för att ett utsläpp av brandfarlig vätska rinner ner för sluttningen och sprids över en större yta än vid ett utsläpp på plan mark. För att säkerställa att konsekvensavståndet för en pölbrand inte underskattas kan någon typ av barriär uppföras för att förhindra spridning av brandfarlig vätska in på området. Detta kan exempelvis göras med en barriär som placeras antingen i anslutning till vägen eller mellan sluttningen från vägen och befintlig parkeringsyta. Barriären behöver vara tät mot marken, men inte särskilt hög. Om barriären placeras intill vägkanten behöver åtgärden förankras med väghållaren för att säkerställa att den inte utgör ett hinder för exempelvis underhållsarbete.

5.3.2 *Byggnadstekniskt brandskydd*

Om rekommenderade skyddsavstånd inte kan upprätthållas eller om en fysisk barriär inte kan uppföras är byggnadstekniskt brandskydd en alternativ skyddsåtgärd. Åtgärden innebär att ytterväggar, tak, fasad och/eller fönster utformas med krav på brandteknisk klass vilket reducerar konsekvensen i händelse av brandpåverkan till följd av pölbrand.

Obrännbara fasadmateriell och takyttskikt kan användas för att försvåra brandspridning till byggnaden, men innebär inte explicit att brand- eller brandgasspridning in i byggnaden till följd av ledning eller otätheter förhindras. Brandtekniskt klassade ytterväggar och fönster kan användas som komplement till obrännbara fasadmateriell för att förhindra brand- och brandgasspridning till inomhusmiljön. Genom att utforma ytterväggar inom 30 meter från väg i lägst brandteknisk klass EI 30 och fönster i lägst klass EW 30 görs bedömning att risken för brandspridning in i byggnaden i händelse av pölbrand reduceras på ett tillfredsställande sätt. Observera att brandklassade väggar kan utformas med brännbara materiell och yttskikt.

Åtgärden bör även kompletteras med ventilationsåtgärder som innebär att friskluftsintag placeras högt på oexponerad sida, d.v.s. bort från riskkällan samt att utrymningsvägar finns på sida som vetter bort från riskkällan. Syftet med ventilationsåtgärden är att minska den mängd gas som kommer in i byggnaden via ventilationssystemet. Åtgärden minskar konsekvensen för personer som vistas inomhus vid utsläpp av brandgaser och andra giftiga gaser. Syftet med att placera utrymningsvägar på sida vänd bort från E18 är att säkerställa att säker utrymning kan ske i riktning bort från vägen i händelse av en olycka.

Åtgärderna bör tillämpas på bebyggelse med stadigvarande vistelse (d.v.s. inte pumphuset, förrådsbyggnader eller liknande) inom 40 meter från vägen förutsatt att ingen barriär uppförs så att spridning av brandfarlig vätska kan ske till planområdet.

5.4 SAMMANSTÄLLNING AV BEHOV AV SKYDDSÅTGÄRDER

Utifrån dimensionerande risk och de förutsättningar som diskuteras ovan behöver följande åtgärder vidtas:

- Befintligt avåkningsräcke ersätts med högkapacitetsräcke utmed aktuell vägsträcka
- Skyddsavstånd på 27 meter mellan vägen och planerad ny bebyggelse upprätthålls
- Skydd mot pölbrand vidtas genom antingen
 - o Barriär i anslutning till vägen eller nedanför slutningen i anslutning till planområdet, eller
 - o Byggnadstekniskt brandskydd inom 40 meter från vädkanten samt utrymningsvägar som vetter bort från E18

Om åtgärderna ovan vidtas bedöms riskerna kopplade till pölbrand, vilka är dimensionerande, ha reducerats så lågt som praktiskt och ekonomiskt rimligt.

6 DISKUSSION

Riskbedömningar av detta slag är alltid förknippade med osäkerheter, om än i olika stor utsträckning. Osäkerheter som påverkar resultatet kan vara förknippade med bl.a. det underlagsmaterial och de beräkningsmodeller som analysens resultat är baserat på. De beräkningar, antaganden och förutsättningar som bedöms vara belagda med störst osäkerheter är:

- Personantal inom området,
- farligt gods-transporter förbi planområdet,
- schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar,
- antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadescenario och
- sluttnings påverkan på uppskattade konsekvenser vid respektive skadescenario.

De antaganden som har gjorts har varit konservativa så att risknivån inom området inte ska underskattas.

I beräkningarna har inga skyddseffekter beaktats. Personer som vistas inomhus kan antas ha ett visst skydd mot bland annat pölbränder, olyckor med brännbara gaser eller utsläpp av giftig gas. Om skyddsåtgärder som byggnadstekniskt brandskydd används kan detta skydd antas vara fullgott, men även utan byggnadstekniskt brandskydd erhålls en viss skyddseffekt.

Hur risknivån inom planområdet påverkas av höjdskillnaden är svårt att kvantifiera. Det kommer också att variera beroende på olycksscenario. Höjdskillnaden bedöms få störst påverkan på olycksscenarioer med brandfarlig vätska och därför läggs störst fokus på att begränsa konsekvenserna vid en sådan olycka. För övriga olycksscenarioer bedöms det upphöjda läget inte ha betydande påverkan på de uppskattade konsekvenserna av respektive olycka. Genom att antingen uppföra en barriär eller genom att vidta byggnadstekniska brandskyddsåtgärder bedöms osäkerheterna kopplade till höjdskillnaden vara hanterade.

Samhällsrisker påverkas i stor utsträckning av den uppskattade persontätheten inom planändringsområdet och omgivningen. Samhällsrisker beräknas generellt för en kvadratkilometer med riskkällan placerad i mitten. Vid den aktuella delsträckan av E18 kommer denna kvadratkilometer till stor del bestå av skogsområden och Våtsjön, där persontätheten kan förväntas vara närmare noll. Vid Lake Lodges verksamhet, som ligger nära intill E18, kan däremot många personer vistas periodvis. Detta innebär att konsekvenserna vid en olycka precis på den vägsträcka som går utmed planområdet (cirka 250 meter) skulle kunna få potentiellt stora konsekvenser, medan en olycka på resten av vägsträckan som beaktas (750 meter) sannolikt inte skulle medföra några konsekvenser för tredje man. Genom att ansätta en persontäthet på 500 personer/km² antas det att dessa människor är jämnt fördelade över en kvadratkilometer, vilket är en generalisering. Antagandet bedöms dock ge likvärdiga resultat som om samhällsrisker hade beräknats för endast det aktuella planområdet (grupprisk).

7 SLUTSATSER

En kvantitativ riskbedömning har upprättats för att utreda riskerna kopplade till farligt gods-transport på E18 förbi planområdet. Riskbedömningen visar att samhällsriskerna är acceptabel, men att individrisknivån ligger inom ALARP upp till 27 meter. Med avseende på individrisknivån, samt att vägen ligger i ett upphöjt läge i förhållande till planområdet behöver följande åtgärder vidtas;

- Befintligt avåkningsräcke ersätts med högkapacitetsräcke utmed aktuell vägsträcka för att säkerställa att varken personbilar eller tunga fordon lämnar vägbanan i händelse av en olycka.
- Ett skyddsavstånd på 27 meter upprätthålls mellan vägkanten och planerad ny bebyggelse.
- Skydd mot pölbrand vidtas genom att antingen
 - o Uppföra en barriär i anslutning till vägen eller nedanför slutningen i anslutning till planområdet för att begränsa pölbrandens utbredning, eller
 - o Vidta byggnadstekniska brandskyddsåtgärder inom 40 meter från vägkanten för att ge ett fullgott skydd inomhus om pölbrandens utbredning inte kan begränsas med en barriär. Utrymningsvägar ska då placeras på sida som vetter bort från E18 och friskluftsintag placeras högt på samma sida.

Om åtgärderna ovan vidtas bedöms riskerna kopplade till pölbrand, vilka är dimensionerande, ha reducerats så lågt som praktiskt och ekonomiskt rimligt. Planerad bebyggelse bedöms då uppfylla Plan-och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk.

REFERENSER

- [1] Länsstyrelsen Stockholm, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods," Länsstyrelsen Stockholm, Stockholm, 2016.
- [2] Länsstyrelsen i Stockholms Län, Stockholm: Länsstyrelsen, 2003.
- [3] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, *Riskhantering i Detaljplanprocessen*, Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
- [4] Länsstyrelsens i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer," 2000.
- [5] Trafikverket, "Trafikuppräkningsstal för EVA 2019-2045-2065," Trafikverket, Borlänge, 2024.
- [6] Trafikverket, "Vägtrafikflödeskartan," Trafikverket, 2024. [Online]. Available: <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>. [Använd 07 Juni 2024].
- [7] TRAFKA, "Lastbilstrafik 2018-2022 Swedish national and international road goods transport," Trafikanalys, 2023.
- [8] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [9] Länsstyrelsen Hallands län, "Riskanalys av farligt gods i Hallands län, Meddelande 2011:19," 2011.
- [10] Räddningsverket, Statens räddningsverk, 1996.
- [11] Räddningsverket och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
- [12] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneva: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [13] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [14] B. Mattsson, *Riskhantering vid skydd mot olyckor*, Karlstad: Räddningsverket, 2000.
- [15] F. Nystedt, *Riskanalysmetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
- [16] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [17] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [18] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [19] M. Gustavsson, *Muntligen 2008-01-10*, Räddningsverket, 2008.
- [20] H. Ingasson, A. Bergqvist, A. Lönnermark, H. Frantzich och K. Hasselrot, Statens Räddningsverk, 2005.
- [21] SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.

- [22] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [23] PIARC, PIARC - World Road Association, 1999.
- [24] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [25] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [26] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [27] T. Daggård, *Muntligen 2010-01-11*, Orica Services Nora, 2008.
- [28] T. Pålsson, *Muntligen 2008-01-09*, Scanexplo EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
- [29] MSB, *Trafikflöde på väg [Elektronisk]. Hämtad 2010-08-11*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
- [30] Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik, *Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB*, 2007.
- [31] P. Jansson, *Muntligen 2008-01-16*, 2008.
- [32] S. Halmemies, Räddningsverket, 2000.
- [33] J. Wahlqvist, *Muntligen 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [34] G. Purdy, "Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 3 (1993), pp. 229-259, 1993.
- [35] R. Lindström, *Muntligen: 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [36] T. Gammelgård, *Muntligen: 2010-07-09*, OKQ8, 2010.
- [37] SPI, *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08*, Svenska Petroleum Institutet, 2010.
- [38] G. Marlair och Kordek, M-A, "Safety and security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers," *Journal of Hazardous Materials*, pp. A123. pp 13-28, 2005.
- [39] L.-H. Karlsson, *Muntligen: 2008-03-18*, Yara International ASA, Köping, 2008.
- [40] J. Magnusson, *Muntligen 2008-03-18*, FOI, Tumba, 2008.
- [41] R. Forsén, FOI, 2009.
- [42] VROM, Ministerier van VROM, 2005.
- [43] J. Havai, *Muntligen 2008-04-18*, Yara AB, Köping, 2008.
- [44] V. Babrauskas och D. Leggett, "Thermal decomposition of ammonium nitrate," *Fire and Materials* 2019;1-19, 2019.

[45] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.

[46] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.

[47] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.

[48] MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.

[49] CCPS, Center for Chemical Process Safety, 1999.

[50] BBR, Boverket, 2006.

Bilaga A. Metod för riskhantering

Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som använts.

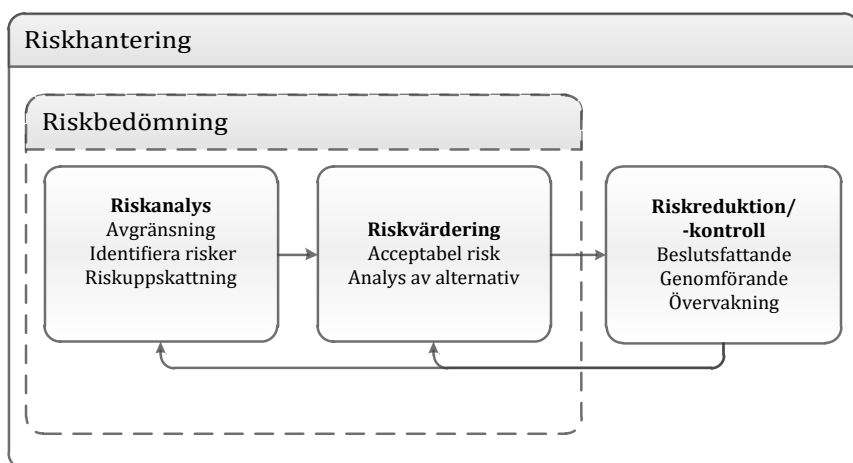
A.1. Begrepp och definitioner

Begreppet risk avser kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser. Sannolikheten anger hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och kan beräknas om frekvensen, d.v.s. hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, är känd.

Riskanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system [12] [13], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 7.

Riskidentifieringen är en inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser, medan riskuppskattningen omfattar en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.

Sannolikhet och frekvens används ofta synonymt, trots att det finns en skillnad mellan begreppen. Frekvensen uttrycker hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, t.ex. antalet bränder per år, och kan därigenom anta värden som är både större och mindre än 1. Sannolikheten anger istället hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och anges som ett värde mellan 0 och 1. Kopplingen mellan frekvens och sannolikhet utgörs av att den senare kan beräknas om den första är känd.



Figur 7. Riskhanteringsprocessen.

Efter att riskerna analyserats görs en riskvärdering för att avgöra om riskerna kan accepteras eller ej. Som en del av riskvärderingen kan det även ingå förslag till riskreducerande åtgärder och verifiering av olika alternativ. Det sista steget i en systematisk hantering av riskerna kallas riskreduktion/-kontroll. I det skedet fattas beslut mot bakgrund av den värdering som har gjorts av vilka riskreducerande åtgärder som ska vidtas.

Riskhantering avser hela den process som innehåller analys, värdering och reduktion/-kontroll, medan riskbedömning enbart avser analys och värdering av riskerna.

A.2. Riskanalysmetoder

I detta avsnitt beskrivs några vanliga riskanalysmetoder. I denna riskbedömning har en kvantitativ metod använts.

A.2.1 *Kvalitativa metoder*

I kvalitativa metoder används beskrivningar av typen stor, mellan eller liten, utan försök att närmre precisera sannolikheter för olika utfall utan, eftersom det primära syftet med klassificeringen är att jämföra riskerna med varandra [14].

A.2.2 *Semi-kvantitativa metoder*

De semi-kvantitativa metoderna är mer detaljerade än de renodlat kvalitativa metoderna, och innehåller delvis numeriska riskmått. De numeriska måtten behöver inte vara precisa, utan kan beteckna storleksordningar för att jämföra olika alternativ. En riskmatris är ett exempel på ett semi-kvantitativt verktyg [14].

A.2.3 *Kvantitativa metoder*

Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år [15].

Bilaga B. Statistiskt underlag

I denna bilaga redovisas det statistiska underlag för transporter av farligt gods som utgjort grund för genomförda bedömningar och beräkningar.

B.1. Beräkning av olycksfrekvens

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport [10] presenteras metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt gods-transport på väg. Rapporten är en sammanfattning av Väg och- transportforskningsinstitutets rapport [16] och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarioer med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka kan två olika metoder användas. Antingen kan en olyckskvot uppskattas utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I denna riskanalys används det andra av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

Generellt gäller att vägtyper som tillåter högre hastighet är utformade på ett sätt vilket medför en lägre olyckskvot än där lägre hastighetsbegränsning råder. Korsningar, cirkulationsplatser och dylika utformningar ger högst olyckskvot. Antalet singelolyckor och sannolikheten att en olycka leder till en konsekvens med farligt gods (index) ökar med hastigheten. Antalet trafikolyckor med transport av farligt gods som leder till konsekvens mot omgivningen beräknas enligt nedanstående metodik med indata enligt Tabell 5. Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används prognos för trafikflödet år 2045.

$$Olyckor_{Total}(O) = \dot{A}DT_{Total} \cdot 365 \cdot Sträcka(km) \cdot OK$$

$$Olyckor_{FG} = O \cdot \left[\left(SiO \cdot \frac{\dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{Total}} \right) + (1 - SiO) \left(\frac{2 \cdot \dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{Total}} - \frac{\dot{A}DT_{FG}^2}{\dot{A}DT_{Total}^2} \right) \right] \cdot Index$$

Tabell 5. Indata till frekvensberäkning för farligt gods-olycka enligt *Farligt gods – riskbedömning vid transport*.

Indataparameter	E18 2045
$\dot{A}DT_{total}$	13 981
$\dot{A}DT_{FG}$	37,53
Hastighetsgräns	100 km/h
Olyckskvot (OK)	0,33
Andel Singelolyckor (SiO)	0,48
Index	0,31
Frekvens FG-olycka	$6,77 \cdot 10^{-3}$

B.2. Fördelning mellan de olika ADR-S klasserna

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [17] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på väg delas in i nio olika klasser enligt ADR-S-systemet där kategorisering baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. Detta innebär inte att ett ämne inte kan ge upphov till typkonsekvenser motsvarande de för en annan klass. T.ex. transporteras vätefluorid under klass 8 eftersom dess primära risk utgörs av frätskador. Ämnet är dock mycket giftigt och kan ge upphov till dödliga konsekvenser över relativt stora avstånd. I Tabell 6 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 6. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

ADR-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [17].	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppemot 700 m [18].
Klass 2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karnbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
Klass 5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 120 m.

Klass 6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.
Klass 7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
Klass 8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [16]. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

År 2022 genomfördes omkring 450 000 inrikes transporter med farligt gods med svenska lastbilar och den totala mängden farligt gods var drygt 10 miljoner ton, fördelat på en total sträcka av cirka 77 miljoner kilometer. Av samtlig tung trafik står farligt gods-transporter för drygt 2 % av den totalt tillryggalagda sträckan baserat på ett genomsnitt från 2018-2022. I Tabell 7 redovisas den inbördes fördelningen i körda kilometer för de olika klasserna baserat på uppgifter från TRAFKA mellan åren 2018-2022 för hela landet [7]. Siffrorna anses representativa för utredd sträcka.

Tabell 7. Antalet farligt gods-transporter framräknat enligt beräkningsmodellen samt fördelning mellan ADR-S klasser baserat på körda kilometer för respektive alternativ.

	E18 2045
ÅDT _{FG}	37,53
ADR-S klass 1	0,96
ADR-S klass 2.1	8,01
ADR-S klass 2.3	0,05
ADR-S klass 3	38,66
ADR-S klass 5	4,10
ADR-S övriga	48,22

Bilaga C. Frekvensberäkningar

I frekvensberäkningarna beräknas en grundfrekvens för olyckor med transporter av farligt gods på en 1 km lång vägsträcka enligt VTI-modellen. Med händelseträdsmetodik beräknas sedan frekvenser för respektive olycksscenario för de olika klasserna. Händelseträden utvecklas i kommande avsnitt för varje ADR-S klass. Vid behov anpassas frekvenser till analysens geografiska avgränsningar.

C.1. ADR-S Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

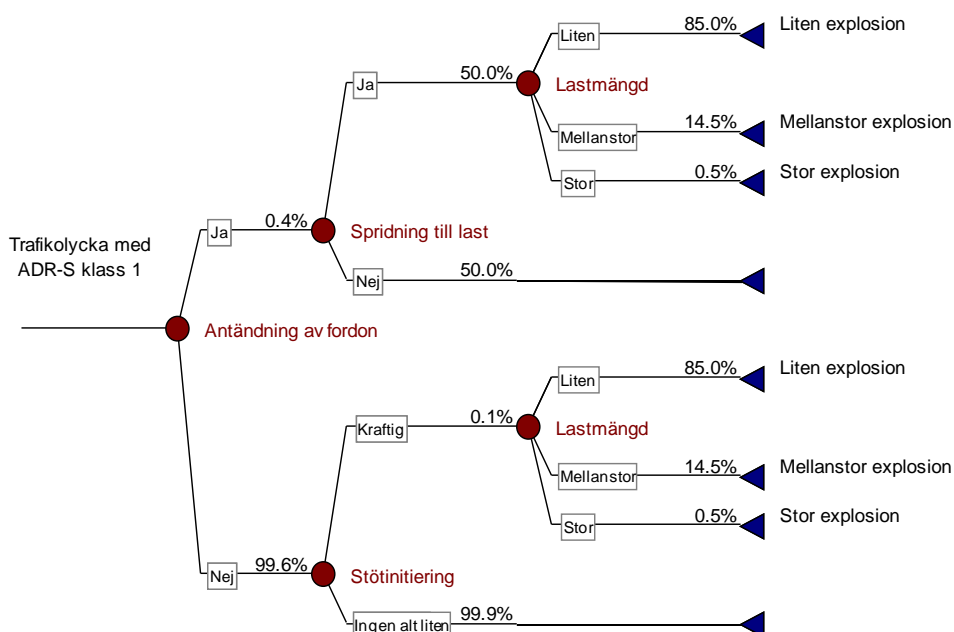
ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål [17]. Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen genom värme, ljus, ljud, gas, dimma eller rök. För att en sådan reaktion ska initieras krävs att tillräcklig energi tillförs ämnet. Vid ett olyckstillfälle kan en kraftig stöt eller en brand tillföra sådan energi till explosivämnet att det detonerar.

C.1.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) [19] utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexplosion). Vid beräkningar används riskgrupp 1.1 som representant för vidare utredning av ämnen i ADR-S klass 1. Detta bedöms vara ett konservativt antagande. Transporterad mängd är avgörande för explosionsverkan. Maximal mängd massexplosiva varor som får transporteras på väg är 16 ton, men de flesta transporter innefattar endast små nettomängder av massexplosiva varor.

C.1.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 8 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett involverande ett fordon lastat med explosiva ämnen. Dessa sannolikheter ligger till grund för frekvensberäkningar och motiveras i texten.



Figur 8. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

C.1.2.1. Antändning av fordon

De brandscenarier som kan leda till påverkan på lasten bedöms i huvudsak kunna uppkomma om transporten är involverad i en olycka som föranleder brand eller till följd av fordonsfel som leder till brand, till exempel överhettade bromsar eller elektriska fel.

Tillgänglig statistik över omfattningen av bränder inom transportsektorn är begränsad. Utifrån tillgänglig statistik från olika länder (bland annat Japan och Tyskland) anges en olyckskvot på cirka 1 fordonsbrand per 10 miljoner fordonskilometer [20]. Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna cirka 0,4 % [21] [22].

C.1.2.2. Brandspridning till lasten

Sannolikheten för spridning till last och detonation beror på vilken typ av ADR-S klass som involveras, vilket ämne, brandens storlek, mängden transporterat ämne med mera.

En fransk studie av fordonsbränder i tunnlar visar att 4 av 10 bränder släcks av personer på plats [23], med hjälp av enklare släckutrustning. Sådan släckutrustning finns dock sällan tillgänglig på ytvägnäten, men regelverken för transporter av farligt gods ställer krav på transportören att ha handbrandsläckare, och andelen släckta bränder i ADR-S klassade transporter bedöms vara något högre än vid andra olyckor. Resterande bränder antas bli släckta av räddningstjänsten, men då osäkerheter råder om insattiden kan det inte förutsättas att räddningstjänsten alltid förhindrar att branden sprider sig till den explosiva lasten. Utifrån detta resonemang görs samma bedömning som i Göteborgs fördjupade översiktsplan [24], att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

C.1.2.3. Stöt

Med stöt avses sådan med intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s [25]. Det saknas dock kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. HMSO [26] anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. Med hänsyn till den utveckling som skett inom fordonsutformning och trafiksäkerhet de senaste 20 åren antas sannolikheten för en stötinitierad detonation vara lägre än de 0,2 % som HMSO anger. Utifrån ovanstående bedöms sannolikheten för att en stöt initierar en detonation vara 0,1 %.

C.1.2.4. Fördelning mellan lastmängder

Genomfartstrafik respektive transporter till centrallager bedöms vanligen utgöras av maximalt lastade fordon, vilket motsvarar en last på 16 ton med fordon av EX/III-klass. Detta har framkommit i intervjuer med tillverkare och transportörer av explosiva ämnen [27] [28].

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) [29] anger att genomfartstrafik utgör omkring 0,5 % av alla transporter med farligt gods. Transporter med 16 ton antas därmed utgöra mindre än 0,5 % av samtliga transporter i klass 1. Detta överensstämmer med uppgifter från tre stora transportörer, som anger att andelen transporter med så stora lastmängder utgör mindre än 1 % av det totala antalet transporter med explosiva varor [30]. Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Fördelningen mellan viktklasserna uppgår enligt Polisens [31] tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen enligt Tabell 8, för lastmängder av explosiva ämnen.

Tabell 8. Fördelning mellan lastmängder vid vägtransport av ADR-S klass 1.

Lastmängd	Inkluderat viktintervall	Andel	Representativ lastmängd för konsekvensberäkningar
Mycket stor	(16 000 kg)	0,5 %	16 000 kg
Mellanstor	(500-5000 kg)	14,5 %	1 500 kg
Liten	(<500 kg)	85 %.	150 kg

C.2. ADR-S Klass 2 – Gaser

ADR-S klass 2 omfattar rena gaser, gasblandningar och blandningar av en eller flera gaser med ett eller flera andra ämnen samt föremål innehållande sådana ämnen.

Gaser tillhörande ADR-S klass 2 är indelade i olika riskgrupper beroende på dess farliga egenskaper; brandfarliga gaser (riskgrupp 2.1.), icke brandfarliga, icke giftiga gaser (riskgrupp 2.2) samt giftiga gaser (riskgrupp 2.3) [17]. Volymen per transport kan, beroende på fordon och ämne, uppgå till cirka 30 ton. Störst skadeverkan vid vådautsläpp orsakar kondenserade gaser (i flytande form vid förhöjt tryck), brandfarliga gaser eller giftiga gaser. Nedan beskrivs riskgrupp 2.1 och riskgrupp 2.3 närmre.

C.2.1 ADR-S Riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

ADR-S riskgrupp 2.1 omfattas av brandfarliga gaser, exempelvis väte, propan, butan och acetylen. Här utgör brand den huvudsakliga faran, och gaserna är vanligtvis inte giftiga¹. Brandfarliga gaser är ofta luktfria [32]. Gasol ansätts som dimensionerande ämne att basera beräkningarna på, eftersom gasol på grund av dess låga brännbarhetsgräns samt att den transporteras tryckkondenserad och i stor utsträckning gör ämnet till ett konservativt val [24].

För brandfarliga gaser bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Nedanstående avsnitt beskriver hur en olycka med gods i klass 2.1 kan ta uttryck, samt vilka dimensionerande scenarier och tänkbara skadehändelser som kan uppträda.

C.2.1.1. Gasläckage

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet [33]. Erfarenheter från utländska studier visar att sannolikheten för läckage av det transporterade godset då sänks till 1/30 av värdet för läckage i tankbil med ADR-S klass 3 [10].

C.2.1.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där utsläppsstorlekarna är definierade i [10] utifrån massflöde: 0,09 kg/s (*litet*), 0,9 kg/s (*medelstort*) respektive 17,9 kg/s (*stort*). Med gasol som gas har arean på läckaget beräknats till 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %, 20,8 % och 16,7 % [10].

C.2.1.3. Antändning

När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma

¹ Vissa giftiga gaser, som exempelvis ammoniak, är vid höga koncentrationer även brandfarliga. De beaktas i huvudsak med avseende på de giftiga egenskaperna, vilka ger upphov till längre konsekvensavstånd än de brandfarliga egenskaperna.

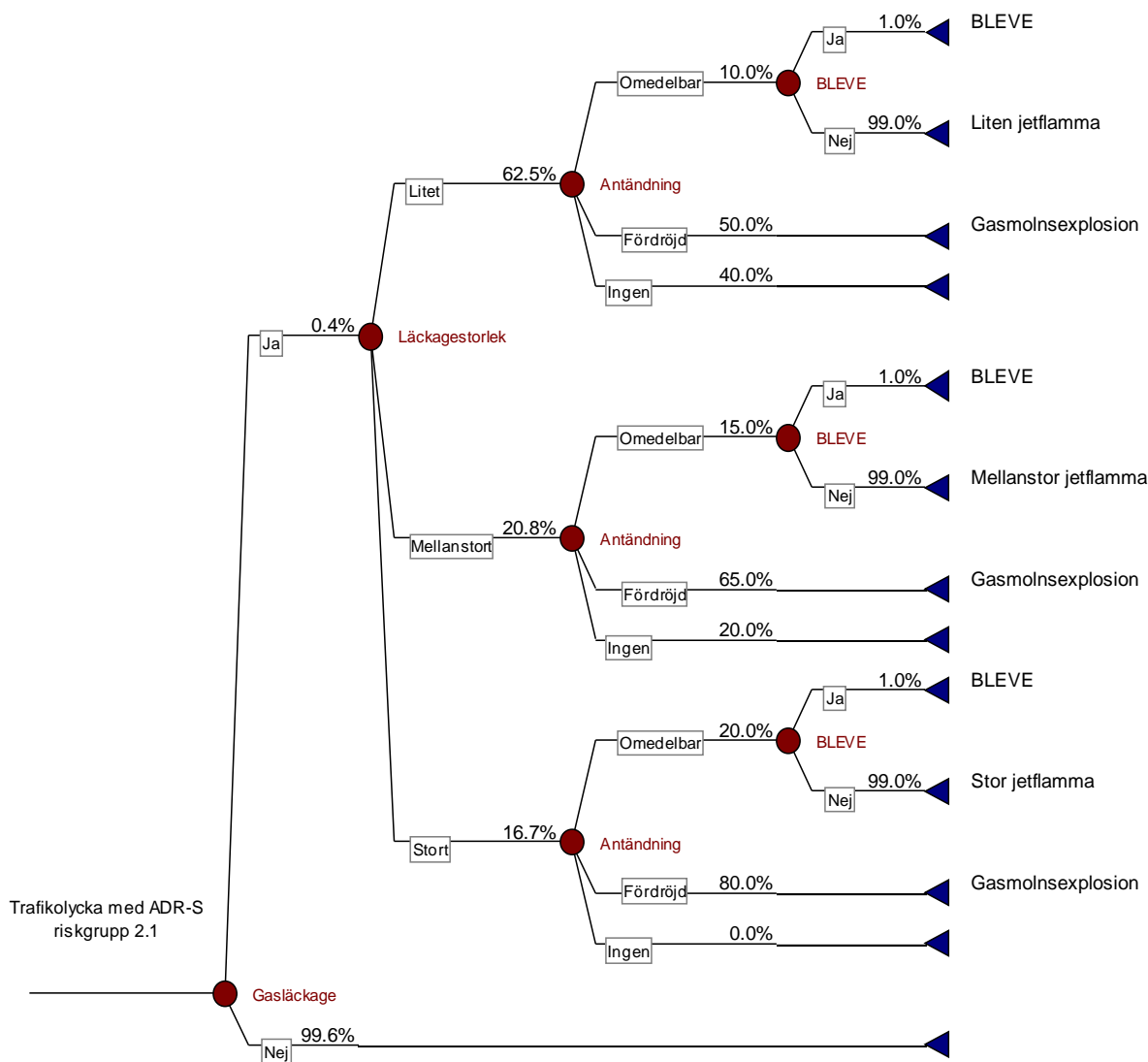
uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % [34], varför dessa värden kan antas gälla för *litet* läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

C.2.1.4. BLEVE

En BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) kan inträffa om en tank med tryckkondenserad gas värms upp så snabbt att tryckökningen leder till att tanken rämnar. Detta resulterar i att den kokande vätskan (tryckkondenserad gas) momentant släpps ut och antänds. Detta resulterar i ett mycket stort eldklot. En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank, utan fungerande säkerhetsventil eller där säkerhetsventilen inte snabbt nog hinner avlasta tycket. Det krävs då att en direkt antändning har skett vid en intilliggande tank och orsakat jetflamma som är riktad direkt mot den oskadade tanken. Sannolikheten för att ovan givna förutsättningar ska infalla samtidigt och leda till en BLEVE bedöms vara liten, uppskattningsvis 1 %.

C.2.2 *Händelseträd med sannolikheter*

Figur 9 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 9. Händelsetråd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

C.2.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

ADR-S riskgrupp 2.3 omfattar giftiga gaser, exempelvis ammoniak, kolmonoxid, klor, klorväte, svaveldioxid, svavelväte, cyanväte och kvävedioxid. Vissa giftiga gaser är också brandfarliga, som exempelvis ammoniak.

C.2.3.1. Representativt ämne

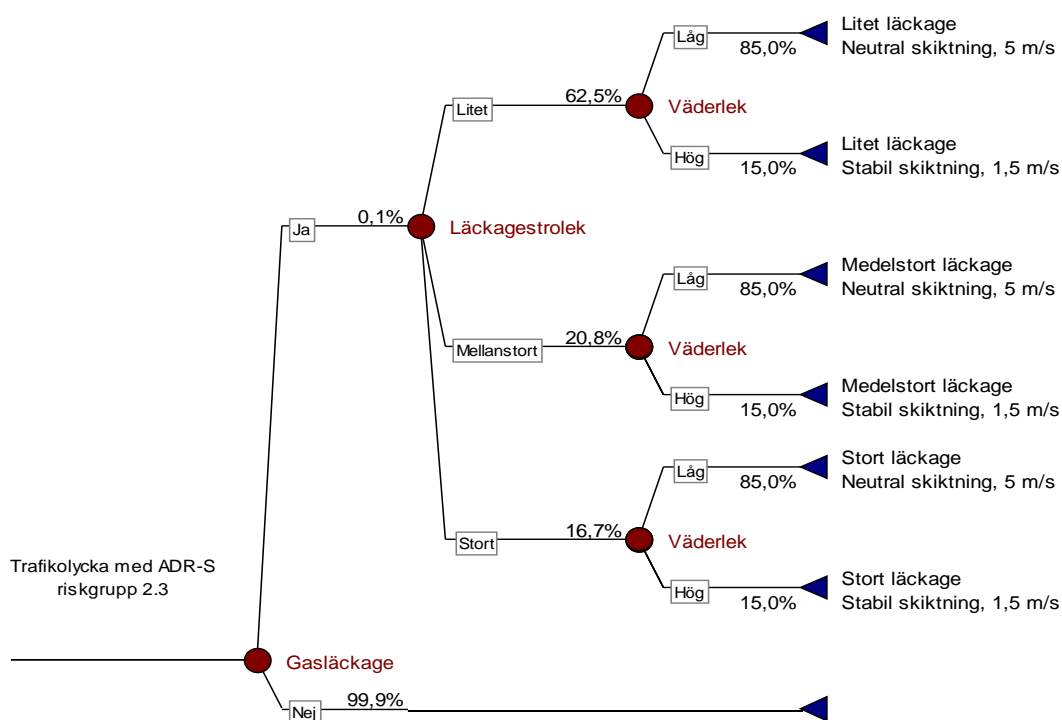
Svaveldioxid är den mest toxiska gas som transporteras på väg, varför ett konservativt antagande i att detta denna utgör dimensionerande ämne ansätts genomgående.

C.2.3.2. Tokikologiska gränsvärden

För att kvantifiera skadeutfallet vid exponering av ett giftigt ämne finns en rad olika gränsvärden. Då riskbedömningen baseras på frekvensen för dödsfall görs ansätts LC₅₀ som dimensionerande gränsvärde. LC₅₀ är den koncentration där mortaliteten i en normalfördelad population är 50 % för en given exponeringstid. I beräkningarna ansätts konservativt att skadeutfallet inom beräknat konsekvensområde är 100 %.

C.2.4 Händelsetråd med sannolikheter

Figur 10 redovisar sannolikheterna i händelsetrådet som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 10. Händelsetråd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

C.2.4.1. Gasläckage

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp [10]. Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet [33]. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 [10].

C.2.4.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av giftig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där storlekarna är definierade utifrån utsläppets källstyrka. Storleken på läckaget är samma som för ADR-S klass 2.1 det vill säga 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %; 20,8 % och 16,7 % [10].

C.2.4.3. Väderlek

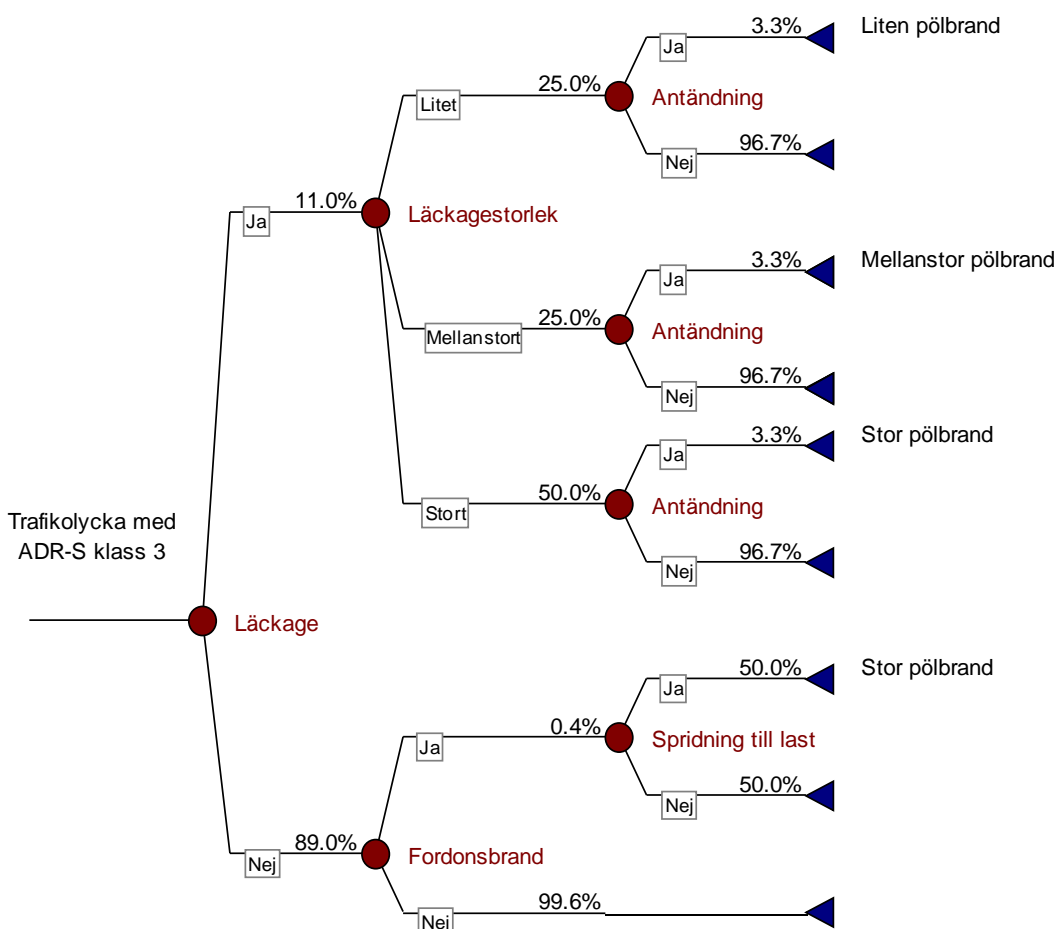
Gasspridning utomhus beror i stort av rådande väderlek där stabilitetsklass och vindhastighet har stor inverkan på resultatet. För att differentiera hur påverkan varierar med dessa parametrar varierar gasspridning i sex scenarier med olika förutsättningar, där ovan nämnda källstyrkor simuleras vid två typer av väderlek – Neutral atmosfärisk skiktning D med en vindhastighet på 5 m/s samt med en Extremt stabil skiktning F med en vindhastighet på 1,5 m/s. Den förstnämnda representerar genomsnittligt väder, vilket förekommer omkring 85 % av tiden, och den sistnämnda representerar ogynnsamt väder vilket ansätts råda under resterande 15 %.

C.3. ADR-S Klass 3 – Brandfarliga vätskor

ADR-S klass 3 omfattar brandfarliga vätskor, exempelvis bensin, E85, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel etc. De flesta transporter av farligt gods utgörs av brandfarliga vätskor.

C.3.1 Händelseträäd med sannolikheter

I Figur 11 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 11. Händelseträäd med sannolikheter för ADR-S klass 3. Sannolikhet för läckage regleras av index, se Tabell 4.

C.3.1.1. Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage definieras av sträckans farligt gods-index, se Tabell 5.

C.3.1.2. Läckagestorlek

Storleken på läckaget varierar beroende på tankbilens storlek och typ. Enligt uppgifter från transportbolagen, när det gäller klass 3-produkter, är det vanligast att tankbilar med släp transporterar godset [35] [36]. Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % [10]. De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*).

C.3.1.3. Antändning

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 [37]. Sannolikheten för antändning av läckage med diesel på väg är mycket låg på grund av dess höga flampunkt, medan sannolikheten för antändning av ett bensinläckage är större. Förenklat (och konservativt) antas samtliga transporter av brandfarlig vätska vara bensin. Sannolikheten att antändning sker givet läckage av bensin, oberoende av om det är litet, mellanstort eller stort, är 3,3 % [26].

C.3.1.4. Fordonsbrand

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt C.1.2) är denna cirka 0,4 %. Fordonsbranden kan sprida sig till lasten, och denna sannolikhet uppskattas till 50 %.

C.4. ADR-S Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

ADR-S klass 5 är indelad i två riskgrupper; oxiderande ämnen (riskgrupp 5.1) och organiska peroxider (riskgrupp 5.2).

C.4.1 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.1

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera eller understödja brand i andra ämnen, samt i vissa fall detonera [17].

Ett vanligt förekommande ämne är ammoniumnitrat (AN) som ingår i många gödningsmedel och tillhör riskgrupp 5.1. Ammoniumnitrat kan i samband med vissa omständigheter sönderfalla explosivt genom detonation. Detta kan ske genom ett brandförlopp där ämnet är inneslutet och värms upp under tryckuppbyggnad, eller om det blandas med organiskt material [38]. Baserat på uppgifter från Yara i Köping [39] och FOI [40] kan en detonation uppstå om ammoniumnitrat blandas med ett flytande organiskt material såsom diesel, bensin, vegetabiliska oljor, eller om ett annat explosivämne detonerar i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. För att en blandning mellan ammoniumnitrat och organiskt material ska detonera krävs en homogen blandning samt tillförsel av tillräckligt stor energi. Natriumklorat är ett annat ämne som ingår i ADR-S riskgrupp 5.1 och har liknande egenskaper [41].

C.4.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

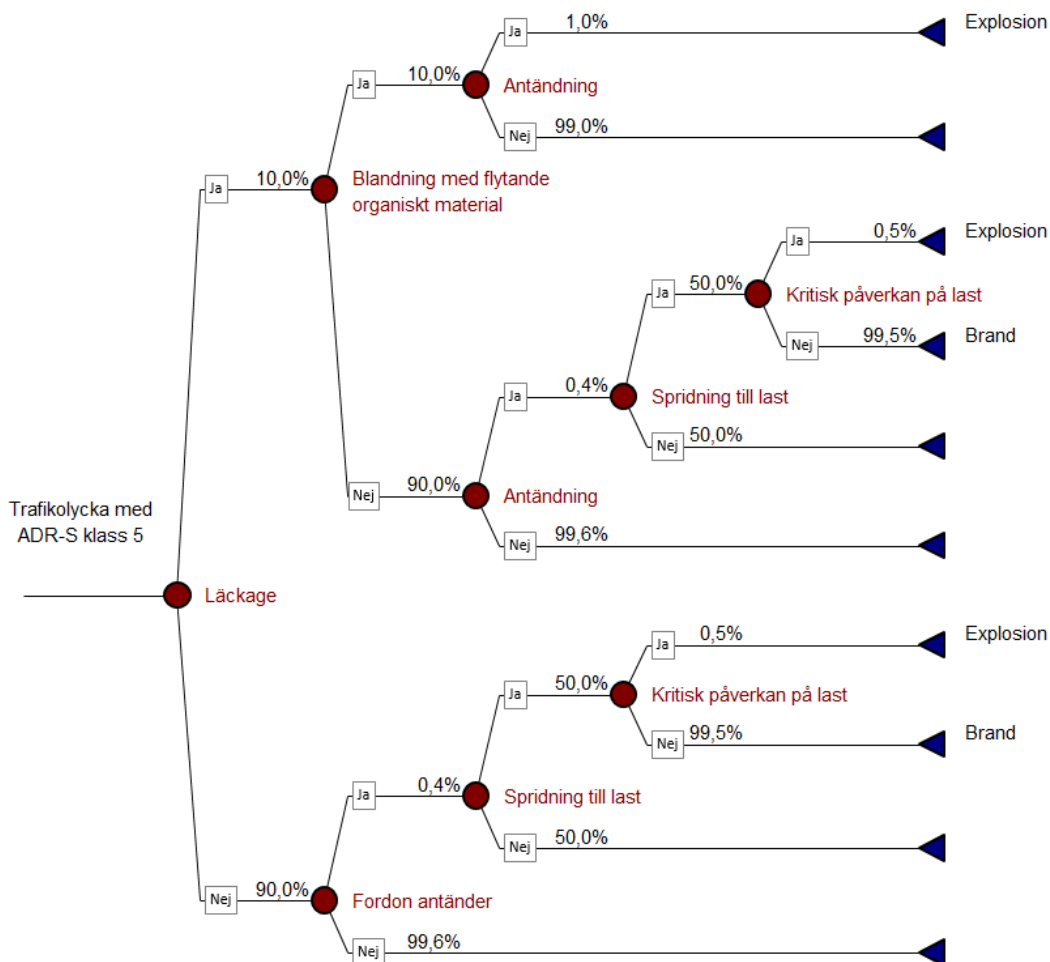
Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva, och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme och friktion som kontakt med främmande ämne [32]. I de fall peroxiden är innesluten i behållare kan explosion med tryckvåg och splitter uppstå, men detta gäller endast för en av de sex typer av ämnen som finns i riskgruppen. De övriga fem typerna av ämnen bedöms inte kunna leda till ett explosionsartat förlopp.

C.4.2.1. Transporterade mängder och representativt ämne

Enligt rekommendationer från holländska myndigheter [42], bedöms ammoniumnitrat vara ett representativt ämne för hela ADR-S klass 5. Det är ett av de oxiderande ämnen som har störst oxiderande effekt och som transporteras mest frekvent och i störst mängd.

C.4.2.2. Händelsetråd med sannolikheter

Figur 12 redovisar ett händelsetråd som utvecklar förloppet efter att ett fordon lastat med ammoniumnitrat varit inblandat i en trafikolycka. De sannolikheter som anges i figuren motiveras i efterföljande textavsnitt.



Figur 12. Händelsetråd med sannolikheter för ADR-S klass 5.

C.4.2.3. Läckage

Sveriges enda producent av ammoniumnitrat utgörs i dagsläget av Yara AB i Köping. Ammoniumnitrat transporteras som prillade produkter (fasta korn), paketerade i säckar om 1000 kg. Transporterade mängder med bil omfattar ca 36 ton [43]. Säckarna utgörs av två lager, en tjock innersäck av plast samt en yttre av väv, vilka är sammansvetsade upp till. Då ett utsläpp endast bedöms kunna ske om säcken påverkas av ett vasst föremål eller av en stor tryckpåkänning antas sannolikheten för utsläpp uppgå till 10 %. Detta bedöms som en konservativt vald siffra, och styrks av att utsläpp av ammoniumnitrat i samband med transportolycka inte förekommit på Yara under de 12 år som verksamheten har bedrivits.

C.4.2.4. Blandning med flytande organiskt material

Antändning och sönderfall genom deflagration eller detonation kan ske i samband med en olycka som involverar ammoniumnitrat om det blandas med ett organiskt flytande ämne såsom bensin. Idealt för att ett explosivt förlopp ska inträffa är att ammoniumnitratet blandas med bränslet homogent eller att det blandas under längre tid så att bränslet kan absorberas av ammoniumnitraten. Sannolikheten för att ammoniumnitratet ska kontamineras vid en transportolycka ansätts till 10 %.

C.4.2.5. Antändning av blandning

För att blandningen av ammoniumnitrat och bränsle ska explodera krävs att energi tillförs. I denna bedömning har explosion till följd av olyckan antagits ske med en sannolikhet av 1 %. Antagandet baseras på statistik avseende antändning av ett utsläpp med brandfarlig vätska och bedöms vara en konservativ uppskattning då brandfarlig vätska antas vara mer lättantändlig.

C.4.2.6. Antändning av oblandat gods

Sannolikheten för en antändning efter ett utsläpp av lasten, men utan att den blandats med organiskt material, bedöms utifrån ämnets egenskaper vara lika stor som sannolikheten att fordonet i sig fattar eld vid olyckan, det vill säga 0,4 %.

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt C.1.2) är denna cirka 0,4 %.

C.4.2.7. Brandspridning till lasten

För att ett explosivt förlopp ska ske i detta fall krävs tillförsel av energi i form av antingen en brand eller detonation i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. Sannolikheten för att fordonsbranden ska sprida sig till lastutrymmet beror bland mycket annat på fordonets utformning och hur lasten förvaras. Enligt tidigare resonemang antas sannolikheten för brandspridning till lasten vara 50 %.

C.4.2.8. Kritisk påverkan på last

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C [39]. Antändning av ammoniumnitrat/bränsleblandning kan övergå till ett självunderhållande sönderfall (som behandlats ovan) medan ren ammoniumnitrat är så stabil att ett eventuellt sönderfall upphör då värmekällan avlägsnas [38]. Vidare krävs möjlighet till tryckuppbyggnad för att termiskt sönderfall av ren ammoniumnitrat ska kunna övergå till explosivt sönderfall genom deflagration eller detonation [44]. Smälta av ammoniumnitrat tros kunna skapa dessa förutsättningar även om forskningen inom området är bristfällig [44].

Hypotesen är att vätskepelare av smälta kan skapa en egen inneslutning i vilken trycket kan bli så pass högt att reaktionsförloppet blir explosionsartat [44]. Denna typ av olycksförlopp bedöms vara relativt långsamma och förutsätter troligtvis att ammoniumnitratet utsätts för en relativt kraftig och långvarig brandpåverkan. Detta är något som även erhållen olycksstatistik kan styrka då det vid en majoritet av olyckorna anges brinntider på cirka 1-16 timmar innan detonation har inträffat. Sannolikheten för att en brand som spridit sig till lasten påverkar denna så allvarligt att det leder till en explosion innan samtliga personer i omgivningen hunnit utrymma området bedöms vara lägre än vid antändning av blandning och ansätts till 0,5 %.

C.5. Ackumulerad olyckspåverkan

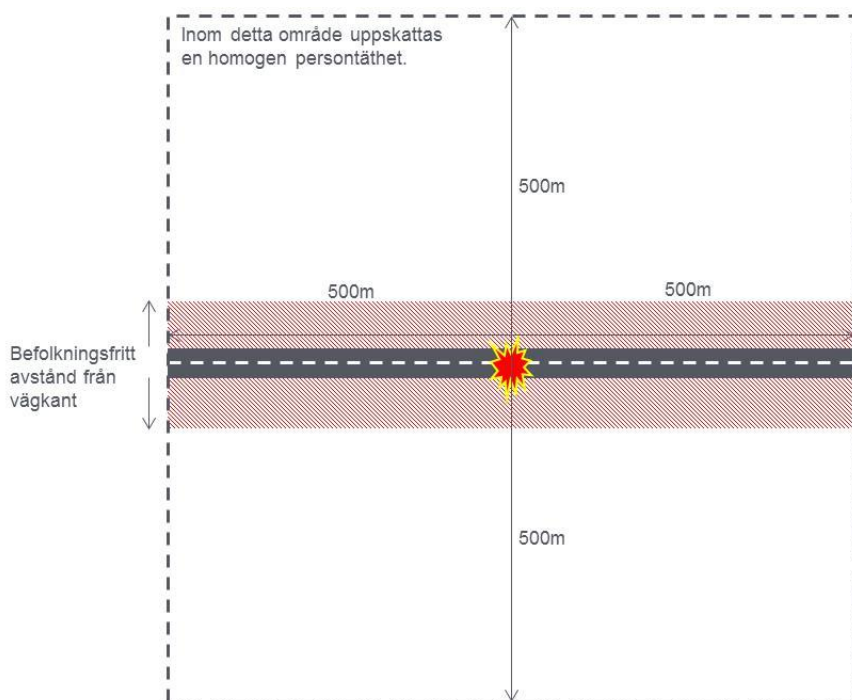
Grundfrekvensen för olyckorna gäller för 1 km vägsträcka, vilket får till följd att frekvensen måste justeras med hänsyn till hur stort konsekvensavstånd som varje olycksscenario ger upphov till (konsekvensavstånd redovisas i Bilaga D).

Bilaga D. Konsekvensberäkningar

I detta avsnitt beskrivs hur konsekvensområdet och det förväntade skadeutfallet för olika klasser kvantifierats. Beräkningarna redogörs separat för respektive ADR-S klass.

D.1. Persontäthet

I samhällsrisksberäkningar tas hänsyn till hur många personer som kan antas uppehålla sig i området kring vägen, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer. Riskbedömningen grundar sig på att analysera olyckor med centrum i aktuell riskkälla samt åt 500 meter i vardera riktningen enligt Figur 13.



Figur 13. Principskiss för hur persontätheten har räknats fram. Personerna inom hela området antas befinna sig jämt utspridda över ytan.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan, även närmast väggkant. Detta antagande är grovt varför en befolkningsfri yta baserad på avståndet till väg ansätts i beräkningarna. Detta innebär att personantalet inom detta område subtraheras från resultatet för varje olycksscenario i samhällsrisksberäkningarna.

För individrisken är detta avstånd oväsentligt, eftersom riskmättet anger hur stor frekvensen är att en fiktiv person som uppehåller sig på ett givet avstånd under ett års tid omkommer.

Konsekvenser som uppstår vid olycksscenerierna antas utgå från väggkant närmast området.

D.2. ADR-S klass 1 – Explosiva ämnen

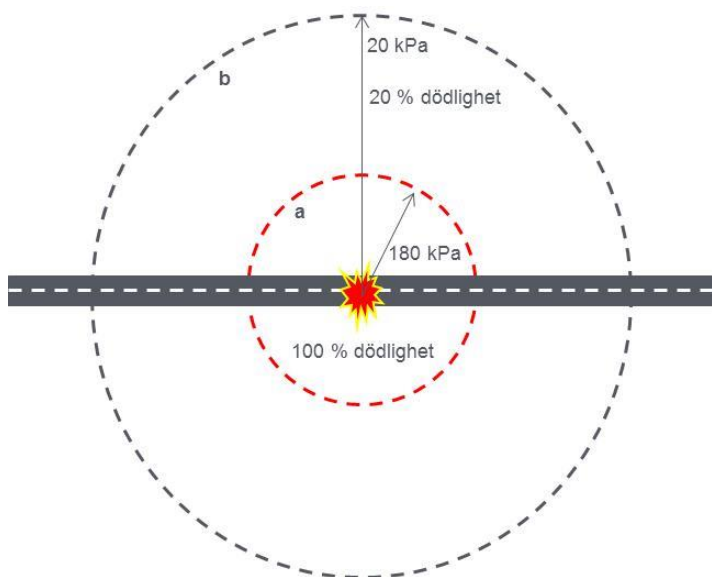
Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) [45].

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splitterverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splitterverkan vara försumbart. Vad gäller trycknivåer, och de direkta skador som de ger upphov till, går gränsen för lungskador vid omkring 70 kPa och direkt dödliga skador kan uppkomma vid 180 kPa [46]. Dessa värden avser dock direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet, och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa. 20 kPa bedöms vara ett representativt medelvärde för när byggnader skadas.

Sammantaget bedöms det lämpligt att dela upp konsekvensberäkningarna i två zoner, med hänsyn till de stora skillnaderna i trycknivåer som kan leda till dödlig påverkan, beroende på vilken effekt som studeras. Följande antaganden har gjorts vad gäller konsekvenserna:

- Inom det område där trycket överstiger 180 kPa antas 100 % av personerna omkomma.
- Inom det område där trycket hamnar i intervallet 20-180 kPa antas 20 % av personerna omkomma.

Skadeverkan vid varje explosionsscenario har därför delats upp i två delkonsekvenser, a och b, beroende på avstånd till trycknivåerna 180 respektive 20 kPa enligt Figur 14.



Figur 14. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [47] har avstånd, dit tryckvägen överstiger 180 respektive 20 kPa, tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 9. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 9. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av ADR-S klass 1 gods. Explosionen antas vid vägtransport vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstötvägen.

Konsekvens	Representativ mängd gods	Avstånd $P \geq 180$ kPa	Avstånd $P \geq 20$ kPa
Liten explosion	150 kg	13 meter	41 meter
Mellanstor explosion	1 500 kg	28 meter	88 meter
Stor explosion	16 000 kg	62 meter	193 meter

D.3. ADR-S klass 2 – Gaser

En viktig faktor för spridningen av en gas vid ett läckage är påverkan av vinden, både för scenarier med brandfarliga och giftiga gaser. De huvudsakliga konsekvenserna uppkommer i vindriktningen från utsläppet. Eftersom konsekvenserna drabbar ett mindre område reduceras frekvensen för respektive scenario med hänsyn till vilken ungefärlig spridningsvinkel som konsekvensområdet får.

Samtliga vindriktningar antas ha samma sannolikhet, vilket innebär att konsekvensområdets utbredning har samma sannolikhet i alla riktningar från läckaget.

D.4. ADR-S riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

Vid beräkning av konsekvenserna av en farligt gods-olycka med utsläpp av brandfarlig gas (gasol) uppskattas det grovt att samtliga transporter utgörs av tankbilar, och att mängden gas i en tankbil är 25 ton.

Programvaran *Spridning Luft* [48] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [10] för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 10. Framräknad läckagestorlek för gasol.

Läckagestorlek	Massflöde, Q	Läckagestorlek, Ø	Läckagestorlek, A
Litet	0,09 kg/s	0,32 cm	0,08 cm ²
Mellanstort	0,9 kg/s	1,03 cm	0,83 cm ²
Stort	17,9 kg/s	4,56 cm	16,4 cm ²

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

- Gasen antas vara propan (gasol).
- Hålet antas vara intryckt utifrån.
- En jetflamma antas vara horisontell.

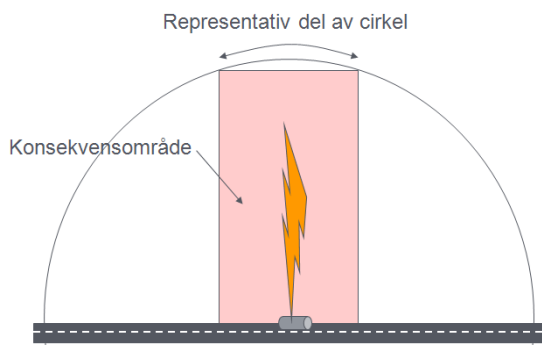
D.5. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [46]. Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

D.6. Jetflamma

En jetflamma kan uppstå om ett utsläpp av en brännbar gas antänds och förbränns direkt i anslutning till själva läckaget. En mycket kraftig stående flamma uppstår då när gasen trycks ut från kärlet.

Konsekvenserna av en jetflamma har beräknats utifrån exempel 11.3.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [46], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [49] används sedan för att beräkna ett riskavstånd dit 50 % antas få dödliga skador av strålningen inom tiden $t = 10$ s. För frekvensreducering med hänsyn till att en jetflammas konsekvensområde inte är cirkulärt används en metod med en representativ del av en cirkel, enligt Figur 15.



Figur 15. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

D.7. Gasmolnexplosion

En gasmolnexplosion kan uppstå vid en fördröjd antändning av en utsläppt gasmassa som hunnit sprida sig och inte längre befinner sig under tryck. Konsekvensområdet beror på hur gasen sprids i omgivningen, vilket i sin tur beror på en mängd faktorer som vind, stabilitetsförhållanden, hinder, utströmmande flöde och densitet, med mera.

Vid en antändning förbränns hela den gasvolym som befinner sig inom brännbarhetsområdet. I det fysiska område där detta sker blir konsekvenserna mycket allvarliga med dödliga förhållanden. Utanför detta område förväntas dock konsekvenserna bli lindriga, men strålningspåverkan kan uppkomma.

Programvaran Spridning Luft [48] används för spridningsberäkningarna där avståndet till halva den undre brännbarhetsgränsen beräknas. Detta avstånd beräknas är för att på ett konservativt sätt ta hänsyn till strålningspåverkan, som kan ske även utanför den gasvolym som förbränns.

Gasmolnexplosionen beräknas utifrån ett stort läckage. Beräknat konsekvensområde approximeras med en cirkelsektor enligt Figur 15.

D.8. Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

Nedan sammanställs de framräknade konsekvensavstånden för ADR-S klass 2.1.

- | | |
|-----------------------|-----------|
| • BLEVE | 170 meter |
| • Liten jetflamma | 5 meter |
| • Medelstor jetflamma | 17 meter |
| • Stor jetflamma | 73 meter |
| • Gasmolnexplosion | 42 meter |

D.9. ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmen Spridning Luft och med ALOHA för totalt 6 scenariereenligt Tabell 11. Redovisat konsekvensavstånd för respektive scenario utgörs genomgående av det högre värdet från simulering med de båda programmen. Indata till beräkningarna utgörs av underlag enligt Bilaga C och med en yrtråhet på 0,5 m.

Tabell 11. Konsekvensavstånd för plym av giftig gas.

Utsläpp	Väderlek	Avstånd till LC50@30 min	Spridningsvinkel
Litet	Stabilitetsklass D, 5 m/s	10 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	30 meter	30°
Mellanstort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	30 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	150 meter	30°
Stort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	135 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	690 meter	30°

D.10. ADR-S klass 3

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m². Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [24] [50].

De pölstorlekar som antas kunna bildas vid läckage av brandfarlig vätska har för olycka på väg antagits till 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) respektive 400 m² (*stort*). All brandfarlig vätska (bensin, diesel och E85) antas i beräkningarna utgöras av bensin, vilket bedöms vara konservativt.

Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av handberäkningar [24]. I Tabell 12 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

 Tabell 12. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m²) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Avstånd till 15 kW/m ² från pölkant
Litet utsläpp	50 m ²	12 meter
Mellanstort utsläpp	200 m ²	21 meter
Stort utsläpp	400 m ²	27 meter

D.11. ADR-S klass 5

Två typer av olycksscenarioer med påverkan på omgivningen har identifierats i samband med olyckor med oxiderande ämnen och organiska peroxider: Explosion och brand.

D.11.1.1. Explosion

Konsekvenserna av en explosion i en last med ammoniumnitrat beror till stor del på mängden som deltar i explosionen. I de flesta fall kan man anta att det är tillgången på organiskt material (exempelvis fordonsbränsle) som är den begränsande faktorn. En normal lastbil antas medföra 400 liter diesel i tanken, vilket leder till att en ammoniumnitrat/dieselmixtur kan bildas, som motsvarar upp till 4,1 ton trotyl [41]. Utifrån detta används sedan 4,1 ton trotyl som dimensionerande explosion för dessa scenarier, med samma beräkningsmetod som används för explosioner i klass 1.

Resultaten visar att personer i omgivningen omkommer inom drygt 30 meter, medan byggnader skadas inom drygt 120 meter.

D.11.1.2. Brand

En brand som inkluderar ämnen i ADR-S klass 5 är mycket intensiv, eftersom dessa ämnen är brandunderstödjande. Grovt antas en sådan brand motsvara en stor pölbrand så som den beaktas inom ADR-S klass 3 ovan. Konsekvensavståndet blir därmed 30 meter.