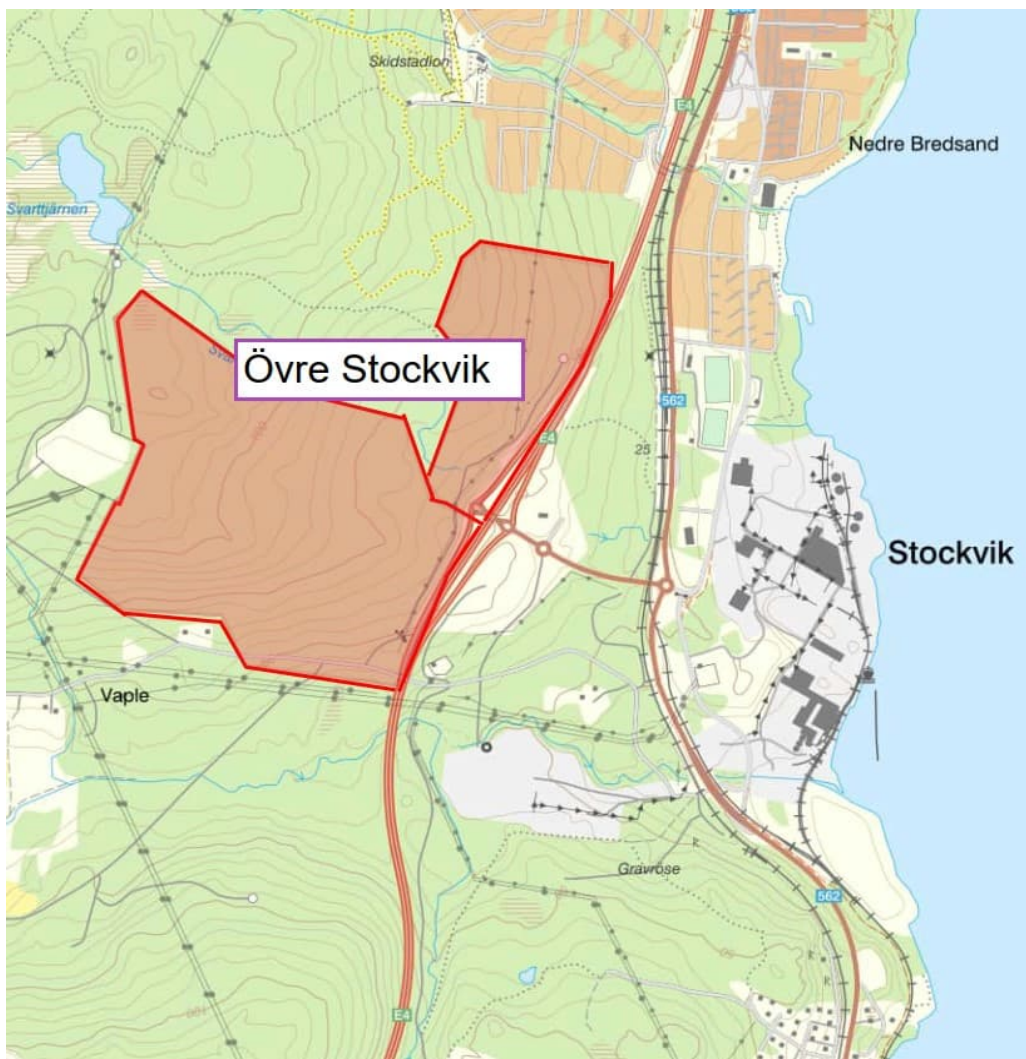


SUNDSVALLS KOMMUN

KVANTITATIV RISKBEDÖMNING

ÖVRE STOCKVIK INDUSTRI- OCH VERKSAMHETSOMRÅDE

2024-09-19



Kvantitativ riskbedömning

Övre Stockvik industri- och verksamhetsområde

Sundsvall

KUND

Sundsvalls kommun

KONSULT

WSP

Besök: Arenavägen 7

Tel: +46 10 7225000

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

Styrelsens säte: Stockholm

<http://www.wsp.com>

KONTAKTPERSONER

Susanna Sandin WSP, susanna.sandin@wsp.com

Emelie Laurin WSP, emelie.laurin@wsp.com

DOKUMENTHISTORIK OCH KVALITETSKONTROLL

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Anmärkning	-			
Datum	2024-09-18			
Handläggare	Susanna Sandin			
Signatur	SS			
Granskare	Emelie Laurin			
Signatur	EL			
Godkänd av	Cecilia Nordenö			
Signatur	CN			
Uppdragsnummer	10372171			

Sammanfattning

WSP har av Sundsvalls kommun fått i uppdrag att göra en riskbedömning som underlag för arbetet med en ny detaljplan för industriverksamhet i en del av Stockvik. Det aktuella området anses vara attraktivt ur kommunal planeringssynpunkt, tack vare närhet till stora kommunikationsleder, vilket ökar motivationen för exploatering och flera av regionens största industrier har redan sin verksamhet etablerad i närliggande områden. Området ligger i nära anslutning till transportleder för farligt gods (väg och järnväg), drivmedelsstation, väg där farligt avfall transporteras samt Sevesoverksamhet.

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

Målet med riskbedömningen är utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan och att efter behov ge förslag på riskreducerande åtgärder.

De riskkällor som identifierats i denna riskbedömning är:

- Farligt gods-transportleder
 - E4.an
 - Ostkustbanan
- Hantering av brandfarlig vätska på drivmedelstation
- Hantering av farliga ämnen på industrier (Nouryon Surface Chemistry)
- Transport av farligt avfall till Gansca Deponi AB (Vaplebacksvägen)
- Ställverket i Vaple

Av dessa riskkällor bedöms framför allt risker kopplade till transporter av farligt gods på E4.an samt farliga ämnen på Nouryon Surface Chemistry's industriområde ha påverkan på exploateringsområdet. Övriga identifierade riskkällor bedöms inte få någon betydande påverkan på exploateringsområdet på grund av befintliga skyddsavstånd eller för att riskkällorna inte bedöms utgöra någon betydande risk för omgivningen.

De beräkningar som genomförts visar att individrisknivån ligger högt inom ALARP-området upp till 27 meter från vägkanten på E4.an. Bortom 27 meter är risknivån acceptabel. Den dimensionerande risken upp till 27 meter är olycksscenarioer med pölbrand.

Gällande samhällsrisk visar beräkningarna att samhällsrisk i området ligger på acceptabel nivå. Samhällsrisk blir relativt låg, eftersom den planerade bebyggelsen och omgivningen inte medför någon hög persontäthet.

De riskkällor som behöver beaktas vid exploatering av området är främst E4.an där transporter av farligt gods sker, samt hanteringen av ammoniak, metylklorid och MMA inom det övre fabriksområdet.

Analysen visar att följande skyddsavstånd bör hållas till riskkällorna:

- 27 meter till E4.an
- 550 meter till ammoniakcisternerna, 400 meter till lagring av MMA samt 350 meter till lagring av metylklorid inom Nouryon Surface Chemistry.

Om dessa skyddsavstånd frångås behöver byggnadstekniskt brandskydd och ventilationsåtgärder vidtas. Med dessa förutsättningar bedöms planerad exploatering uppfylla Plan- och bygglagens krav på lämplig markanvändning samt Länsstyrelsens riktlinjer.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	6
1.1	SYFTE OCH MÅL	6
1.2	OMFATTNING	6
1.3	AVGRÄNSNINGAR	6
1.4	STYRANDE DOKUMENT	7
1.5	INTERNKONTROLL	10
2	OMRÅDESBESKRIVNING	11
2.1	OMGIVNING	11
2.2	PLANOMRÅDET	12
2.3	INFRASTRUKTUR	12
2.4	DRIVMEDELSSTATION	13
2.5	BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET	13
3	RISKIDENTIFIERING	14
3.1	IDENTIFIERING AV RISKKÄLLOR	14
3.2	BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR	14
3.3	SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER	17
4	RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING	18
4.1	RISKACCEPTANSKRITERIER	18
4.2	BERÄKNADE RISKNIVÅER	19
4.3	KÄNSLIGHETSANALYSER	21
5	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	24
5.1	ETABLERADE ÅTGÄRDER	24
5.2	REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER	24
6	DISKUSSION	26
7	SLUTSATSER	27
BILAGA A	METOD FÖR RISKHANTERING	28
BILAGA B	STATISTISKT UNDERLAG	30
BILAGA C	FREKVENSBERÄKNINGAR	33
BILAGA D	KONSEKVENSBERÄKNINGAR	46
BILAGA E	REFERENSER	52

1 INLEDNING

WSP har av Sundsvalls kommun fått i uppdrag att göra en riskbedömning som underlag för arbetet med en ny detaljplan för en del av Stockvik. Området är en strategisk punkt för exploatering för verksamheter ur ett kommunalt perspektiv, bland annat eftersom några av regionens största industrier redan har sin verksamhet i närliggande områden. Kommunen planerar i första hand att planlägga för industriverksamhet i det större området. I det mindre, nordliga området planerar kommunen att uppföra verksamheter. I nära anslutning till området finns till transportleder för farligt gods (väg och järnväg).

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. Detta innefattar även hantering av brandfarlig vätska på drivmedelstation, hantering av farliga ämnen på industrier, ställverk samt transport av farligt avfall.

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.

I riskbedömningen belyses främst risker förknippade med transport av farligt gods på närliggande transportleder samt risker kopplade till närliggande Sevesoanläggning och drivmedelsstation. De risker som beaktas är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa.

1.3 AVGRÄNSNINGAR

Bedömningen beaktar inte påverkan på egendom, miljö eller arbetsmiljö, personskador som följd av påkörning eller kollision, långvarig exponering av buller, luftföroreningar samt elsäkerhet.

Konsekvenser av naturliga omgivningsfaktorer (exempelvis ras, skred och erosion) samt övriga omgivningsfaktorer såsom extraordinära händelser, antagonistiska händelser eller klimatrelaterade risker hanteras inte i riskbedömningen.

Riskbedömningen utgår delvis från underlag från tidigare genomförd riskbedömning för angränsade område Nedre Stockvik [1] samt interna riskbedömningar från de närliggande industrierna. Det förutsätts att eventuella dominoeffekter mellan verksamheterna har beaktats i industriernas egna riskbedömningar och i kommunens plan för räddningsinsats [3].

Planeringen av området befinner sig i ett tidigt skede och det är ännu inte klarlagt vilka verksamheter som ska etableras inom området. Resultatet av riskbedömningen gäller därför under angivna förutsättningar. Om ändrade förutsättningar uppstår i ett senare skede kan riskbedömningen behöva uppdateras.

1.4 STYRANDE DOKUMENT

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

1.4.1 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§)

1.4.2 Riktlinjer avseende farligt gods

Länsstyrelsen Västernorrland och Länsstyrelsen Gävleborg har tagit fram en gemensam vägledning för riskhantering vid transportleder för farligt gods samt drivmedelsstationer och farliga verksamheter [4]. Vid bedömning av lämplig markanvändning intill transportled för farligt gods ska enligt vägledningen följande parametrar beaktas;

- Markanvändningens känslighet
- Avstånd till aktuell transportled
- Typ av transportled (väg, stor väg eller järnväg)

Vägledning för bedömning av markanvändningens känslighet redovisas i Tabell 1 och zonindelning för riskhanteringsavstånd i Tabell 2.

Tabell 1. Beskrivning av typiska bebyggelse typer.

Ej känslig	Mindre känslig	Normalkänslig	Känslig	Särskilt känslig
<i>Typiska bebyggelse typer</i>				
<ul style="list-style-type: none"> • P- Parkering (ytparkering) • T- Trafik • L- Odling • N- Friluftsområde (motionsspår) • Gata/väg • Natur • Prickmark (får ej uppmuntra till stadigvarande vistelse) 	Byggrätt för: <ul style="list-style-type: none"> • G- Drivmedelsförsäljning • J- Industri* • P- Parkering • Z- Verksamheter, lager • E- Tekniska anläggningar (ej samhällsviktiga) 	Byggrätt för: <ul style="list-style-type: none"> • B- Bostäder (enstaka, enkla utrymna) • C- Centrum (ej hotell) • H- Detaljhandel • K- Kontor • R- Besöksanläggning (utan omfattande åskådarpplats) 	Byggrätt för: <ul style="list-style-type: none"> • B- Bostäder • D- Vård • S- Skola • R- Besöksanläggningar, Idrotts- och sportanläggningar • O- Tillfällig vistelse (hotell) 	<ul style="list-style-type: none"> • D- Större vårdinrättningar och sjukhus • Fängelse • Mycket höga byggnader • Känslig verksamhet • Nattklubbar etc. • Samhällsviktig teknisk infrastruktur • Samhällsviktig verksamhet

* Notera att vissa typer av industri kräver miljötillstånd vilket kan innebära behov av större skyddsavstånd.

Tabell 2. Zonindelning för riskhanteringsavstånd. Zonerna representerar behov av verifiering av risknivå samt krav på riskreducerande åtgärder [4].

Mark-användning	Järnväg			Stor väg			Väg		
	Röd zon	Gul zon	Grön zon	Röd zon	Gul zon	Grön zon	Röd zon	Gul zon	Grön zon
Mindre känslig	0-30 meter	30-50 meter	50-150 meter	0-30 meter	30-50 meter	50-150 meter	0-30 meter	-	30-150 meter
Normal-känslig	0-30 meter	30-50 meter	50-150 meter	0-30 meter	30-50 meter	50-150 meter	0-30 meter	30-40 meter	40-150 meter
Känslig	0-30 meter	30-80 meter	80-150 meter	0-50* meter	50*-100 meter	100-150 meter	0-30 meter	30-60 meter	60-150 meter

* Observera att känslig verksamhet i kombination med korta skyddsavstånd innebär höga verifieringsbehov och stora krav på riskreducerande åtgärder.

De färgade zonerna representerar Länsstyrelsens erfarenhet av bebyggelse inom respektive zon, där högst krav på verifiering av risknivå ställs på bebyggelse inom röd zon och lägst krav inom grön zon. I riktlinjen redogörs checklistor för respektive zon för att säkerställa att riskhantering genomförs i tillräcklig omfattning.

1.4.3 Riktlinjer avseende drivmedelsstationer

I Länsstyrelsen i Gävleborgs och Västernorrlands läns vägledning *Riskhantering vid transportleder för farligt gods* [4] anges att för planläggning inom 100 meter från drivmedelsstation ska följande information framgå:

- Avstånd från respektive markanvändning till cisternpåfyllningsplatsen.
- Beskrivning av vilka risker som kan uppkomma utifrån föreslagen planering.
- Bedömning av ifall kvantitativ riskanalys är nödvändig.
- Ställningstagande ifall risken anses acceptabel.

I tillägg till vägledningen i Länsstyrelsens riktlinjer redovisas rekommenderade avstånd till drivmedelsstationer i MSBs handbok *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer* [5]. Avstånden beror av bebyggelsetyp och hanterade ämnen. Nedanstående riktvärden för avstånd utgår från cistern under jord med brandfarlig vara klass 1. Tabell 3 visar vilka avstånd (meter) som bör säkerställas.

Tabell 3. Avståndskrav i meter inom och runt om drivmedelsanläggning.

Objekt	Påfyllnings- anslutning till cistern	Mätarskåp	Pejl- förskruvning	Cistern- avluftningens mynning
Plats där människor vanligen vistas*	25	18	6	12
Stor brandbelastning, gnistbildande verksamhet	25	18	6	12
Plats där människor vanligen inte vistas** eller byggnad med låg brandbelastning	9	3	3	3
Förråd med lösa behållare med brandfarlig vara	12	3	3	6
Cistern ovan mark för brandfarlig vätska	3	3	-	-
Starkt trafikerad väg eller gata	3	3	3	3
Parkeringsplatser	6	3	3	6
Miljöstation	12	12	3	12

*Bostad, kontor, gatukök, butik, servering, busshållplats

**Fristående garage, förråd etc.

1.4.4 Riktlinjer avseende farlig verksamhet

För planläggning i närhet av farlig verksamhet (enligt Lag om skydd mot olyckor) som hanterar större mängder kemikalier behöver enligt Länsstyrelsens vägledning [4] kontakt tas med räddningstjänsten för att bedöma utredningsbehovet.

Utöver Länsstyrelsens vägledning finns även rekommendationer från MSB i *Samhällsplanering och riskhantering i anslutning till storskalig kemikaliehantering* [6]. Vägledningen fastställer bland annat att mark 100 meter från en Sevesoverksamhets fastighetsgräns generellt inte ska planläggas för etablering av ny bebyggelse för annat än industriändamål. Vidare bör ett riskhanteringsavstånd för verksamheten upprättas. Riskhanteringsavståndet representerar det avstånd från fastighetsgränsen inom vilket en olycka kan förorsaka dödsfall eller allvarliga skador på människor i omgivningen.

1.5 INTERNKONTROLL

Rapporten är upprättad av Susanna Sandin (masterexamen i Riskhantering) med Cecilia Nordenö (Civilingenjör Riskhantering) som uppdragsansvarig. 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 Emelie Laurin (Brandingenjör och Civilingenjör Riskhantering).

2 OMRÅDESBESKRIVNING

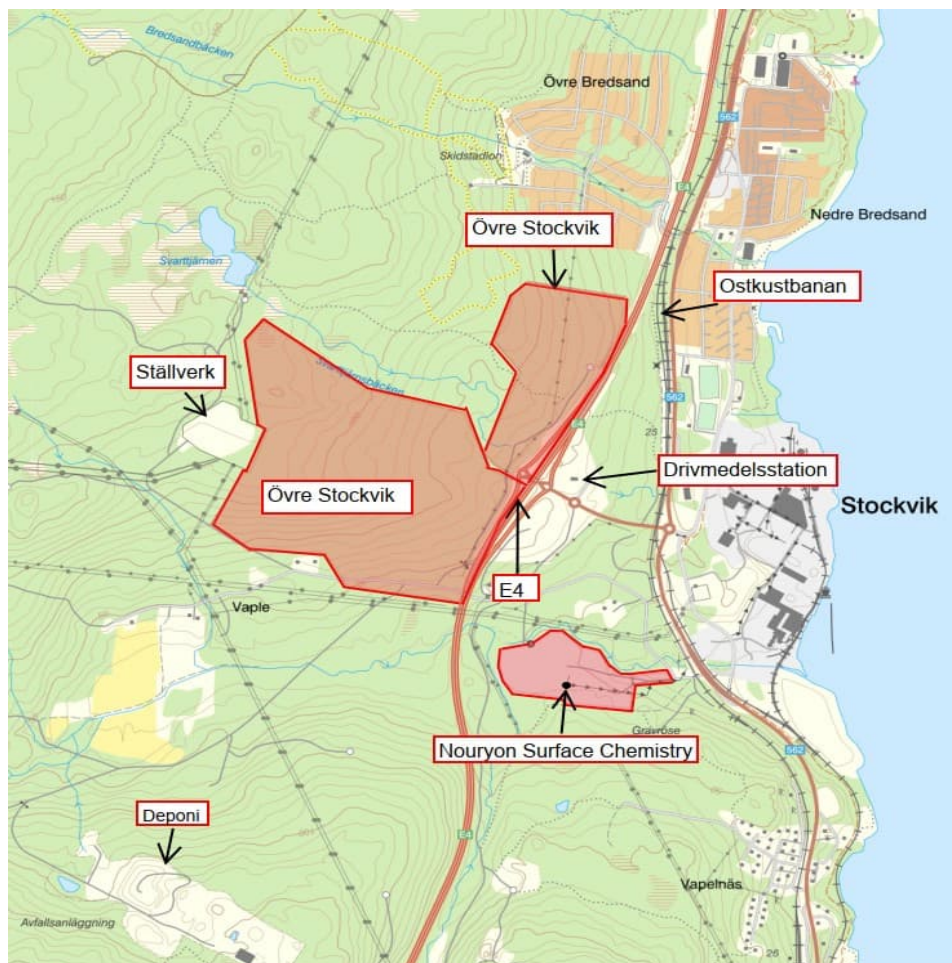
I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av exploateringsområdet och omgivningen med syfte att överskådligt tydliggöra de förutsättningar och konfliktpunkter som utgör grund för bedömningen.

2.1 OMGIVNING

Aktuellt exploateringsområde är beläget ca 6 km från Sundsvalls centrum. Omkringliggande omgivning består mestadels av skogsområden och industriområden. Norr om exploateringsområdet återfinns förutom skogsområden, bostadsområdet Övre Bredsand och i nordöst bostadsområdet Nedre Bredsand. Söder om exploateringsområdet finns en avfallsdeponi som nyttjas av industrierna i Stockvik.

Exploateringsområdet avgränsas av E4:an i öster. På andra sidan av E4:an pågår etablering av verksamhetsområdet Nedre Stockvik. Området söder om exploateringsområdet består framför allt av skog, förutom av enstaka fastigheter (Nolby). Exploateringsområdet och dess omgivning visas i Figur 1 [6].

Exploateringsområdet är avsett för J-industrier och eventuellt lager (Z-verksamhet). Hur området kommer att disponeras, samt vilken eller vilka typer av verksamheter som kan bli aktuella, är i dagsläget inte klarlagt.



Figur 1. Karta över exploateringsområde.

2.2 PLANOMRÅDET

Aktuellt utredningsområde består av ungefär 1 km² yta totalt, där området som betecknas Stockvik Vaple består av ca 0,79 km² yta och området som betecknas Stockvik består av ca 0,21 km² yta [6].

2.3 INFRASTRUKTUR

I detta avsnitt beskrivs den omgivande infrastrukturen.

2.3.1 E4.an

Avståndet mellan väg och planområde längst med sträckan på E4.an som löper i direkt anslutning längst med exploateringsområdets östra sida (se Figur 1) har en variation mellan ca 30–70 meter. Vägens hastighetsbegränsning är 110 km/h och som befintliga skyddsåtgärder på E4.an finns mitträcken samt avåkningskydd i form av vajerräcken. Nedan i Tabell 4 presenteras en jämförelse mellan trafikflöde från 2023 [7] och trafikprognos för 2045 [8].

Tabell 4. Trafikflöde på E4.an år 2023 och för prognos år 2045.

Trafikflöde	Trafik 2023 (ÅDT)	Trafikprognos 2045 (ÅDT)
Lätta fordon	18 825	20 736
Tunga fordon	2370	3774
Totalt	21 195	24 510

I exploateringsområdets södra del korsar E4.an Vaplevägen med en bro, där E4.an är belägen ovanför Vaplevägen. Ungefär i mitten av exploateringsområdet längst med E4.an finns av- och påfarter i både norr och södergående riktningar (trafikplats Stockvik) som bland annat leder till drivmedelsstationen. Gällande höjdskillnader varierar i denna del mellan 35–55 m.ö.h. längst med sträckan.

2.3.2 Ostkustbanan

I närheten av den norra delen av exploateringsområdet passerar Ostkustbanan. I nuläget är avståndet från plangräns till järnvägen ca 100 meter och den befintliga järnvägen är enkelspårig. Trafikverket planerar dock att bygga ut Ostkustbanan mellan Gävle och Sundsvall, där Dingersjö-Sundsvall är en av delsträckorna. I samband med utbyggnaden av järnvägsanläggningen kommer järnvägens position att ändras. På aktuell sträcka innebär detta att järnvägen kommer att flyttas västerut och hamna närmare exploateringsområdet. Den nya järnvägen kommer att vara nedsänkt i förhållande till omgivningen.

För att denna riskbedömning ska vara aktuell vid ett framtida scenario med dubbelspårig järnväg med nytt läge utgår denna riskbedömning från dessa förutsättningar. Då planerna att utöka järnvägsanläggningen till dubbelspår har funnits under en längre tid förutsätts att Trafikverkets trafikprognos för transporter på aktuell sträcka år 2040 [9] beaktar den ökade kapaciteten som erhålls då anläggningen byggs ut. Trafikeringen redovisas i Tabell 5.

Tabell 5. Trafikering på aktuell sträcka av Ostkustbanan [9].

Trafik (Dingersjö – Sundsvall)	Trafik 2021 (ÅDT)	Trafikprognos 2040 (ÅDT)
Persontåg	41	45
Godståg	10	21
Totalt	51	66

2.3.3 Vaplevägen

Exploateringsområdet avgränsas i söder av Vaplevägen. Detta är en väg med ett körfält i varsin körriktning som leder till ställverket. Vägen har bitvis mittmarkeringslinjer, men saknar vägrenar. Hastighetsbegränsningen är 70 km/h. Vägen är inte utpekad transportled för farligt gods och uppgifter angående antal trafikerade fordon på sträckan saknas på Trafikverkets hemsida.

2.3.4 Vaplebäcksvägen

Söder om exploateringsområdet återfinns Vaplebäcksvägen, som leder till Gansca Deponi AB. Denna väg har ett körfält i varje körriktning, här saknas både mittlinjemarkeringar och väggrenar. Hastighetsbegränsningen är 70 km/h. Vägen är inte utpekad transportled för farligt gods och uppgifter angående antal trafikerade fordon på sträckan saknas på Trafikverkets hemsida.

2.4 DRIVMEDELSSTATION

Vid trafikplats Stockvik ligger en drivmedelsstation som drivs av Circle K. På stationen finns bensin och diesel, samt möjlighet till elbilsladdning. På området finns också en bemannad stationsbyggnad samt biltvätt. Drivmedelsstationsområdet visas i Figur 1.

2.5 BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET

Exploateringsområdet ligger utanför tätorten där persontätheten generellt kan antas vara låg. Omgivningen består mestadels av industrier eller skogsområden. Personerna som befinner sig i området antas därför i första hand vara personer som arbetar på området eller tillfälliga besökare. Hur många personer det handlar om beror på hur området exploateras och vilka typer av verksamheter som anläggs.

Det uppskattas att persontätheten i området kommer att vara 1 500 pers/km² när området är fullt exploaterat. På nattid förväntas antalet personer inom området vara betydligt lägre och persontätheten halveras därför under 12 timmar av dygnet. Då detta är ett antagande med stora osäkerheter görs även en känslighetsanalys där en högre persontäthet ansätts.

3 RISKIDENTIFIERING

I detta kapitel redovisas den genomförda riskidentifieringen och därefter beskrivs de identifierade riskkällorna och deras potentiella påverkan på exploateringsområdet.

3.1 IDENTIFIERING AV RISKKÄLLOR

Riskkällor i exploateringsområdets omgivning har identifierats utifrån kartstudier [8], information om farliga verksamheter inom kommunen [3] samt utifrån tidigare genomförd riskbedömning för området Nedre Stockvik [9]. De identifierade riskkällorna är följande;

- Farligt gods-transportleder
 - E4.an
 - Ostkustbanan
- Hantering av farliga ämnen på industrier (Nouryon Surface Chemistry)
- Hantering av brandfarlig vätska på drivmedelstation
- Transport av farligt avfall till deponin på Vaplebacksvägen
- Ställverket i Vaple

Av de identifierade riskkällorna utreds farligt gods-transportlederna samt hantering av farliga ämnen på industriområdet Nouryon Surface Chemistry. Detta motiveras med att det geografiska läget för både farligt gods-lederna samt industriområdet Nouryon Surface Chemistry är så pass närliggande att olyckor kan ha påverkan på exploateringsområdet.

Riskkällan hantering av brandfarlig vätska på drivmedelsstationen avskrivs med motivering att skyddsavståndet uppfylls med mycket god marginal. Närmaste avstånd mellan drivmedelsstationen och exploateringsområdet är 160 meter. Enligt MSB:s vägledning [4] ska skyddsavståndet exempelvis vara minst 18 respektive 25 meter mellan riskkälla och exploateringsområde, vilka tillgodoses utan ytterligare åtgärder. Risker beaktas därför inte vidare.

Transporter av farligt avfall till deponin via Vaplevägen och Vaplebacksvägen beaktas inte heller vidare i riskbedömningen. Detta beror på att det avfall som transporteras generellt inte uppfyller större volymer, därför förväntas transporterna inte omfattas av ADR-S. Om stora mängder farligt avfall ska transporteras utgör transporterna en tillståndspliktig följdverksamhet till industrierna som nyttjar deponin, och ingår i sådant fall i industriernas egna riskbedömningar. En eventuell olycka i samband med transport av farligt avfall bedöms, utifrån avgränsningarna för denna riskbedömning, inte ge någon betydande påverkan på exploateringsområdet.

De riskfaktorer som kan kopplas till ställverket i Vaple är i första hand kopplade till elsäkerhet och sabotage eller risk för personskador vid intrång. Dessa typer av risker bedöms i första hand få lokala konsekvenser inom ställverkets område och därmed inte påverka planområdet. Ställverket beaktas inte vidare i denna rapport. Riskkällornas läge i förhållande till exploateringsområdet visas i Figur 1 ovan.

3.2 BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR

I detta avsnitt beskrivs riskerna kopplade till respektive riskkälla som nämnts i föregående avsnitt och hur dessa bedöms kunna ha betydande påverkan på exploateringsområdet. Möjligheterna för att kunna transportera farligt gods anses vara en viktig funktion för ett väl fungerande samhälle [3]. Nedan presenteras varje riskkälla var för sig.

3.2.1 E4.an

Antalet transporter av farligt gods på E4.an uppskattas utifrån trafikprognosen för år 2045 samt antagandet att 2,2 % av den tunga trafiken utgörs av farligt gods-transporter, vilket är baserat på ett nationellt genomsnitt [10]. Detta motsvarar ca. 83 farligt gods-transporter per dygn på E4.an år 2045.

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

- Explosiva ämnen (klass 1)
- Brandfarlig gas (klass 2.1)
- Giftig gas (klass 2.3)
- Brandfarlig vätska (klass 3)
- Oxiderande ämnen (klass 5.1)

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

3.2.2 Ostkustbanan

Antalet transporter av farligt gods på Ostkustbanan antas vara knappt 3 tåg per dygn i genomsnitt. Detta baseras på trafikeringen på aktuell sträcka, där 21 godståg förväntas per dygn år 2040 samt statistiskt underlag som visar att ca. 12 % av godståg kan förväntas innehålla farligt gods [12].

Statistiken baseras på en sammanställning av transport av farligt gods på järnväg i Sverige 2016–2021 [12]. Då inga specifika uppgifter för den aktuella järnvägssträckan har kunnat identifieras, tillämpas den nationella statistiken vad gäller andelen farligt gods av totala antalet godstransporter samt fördelningen mellan de olika farligt gods-klasserna.

Efter avståndet till Ostkustbanan är stort, som kortast ca. 100 meter, förknippas inte heller risken för mekanisk skada. Det bedöms därför inte heller nödvändigt att göra några uppdaterade beräkningar för detta område. För bedömning av risknivån kopplad till Ostkustbanan används de risknivåer som beräknats för exploateringsområdet intill, Nedre Stockvik [1].

Utifrån bedömning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med farligt gods, se Bilaga B samt punktlista ovan, bedöms samma klasser som för E4.an.

3.2.3 Hantering av farligt ämne på Nouryon Surface Chemistry

Enligt Räddningstjänstens kommunala plan för räddningsinsats [3] identifierar företagets riskanalys risker knutna till ett flertal olika ämnen. Av de identifierade riskerna har utsläpp av ammoniak, metylklorid och monometylamin (MMA) bedömts kunna orsaka skador på människor utanför fabriksområdet. De dimensionerande olycksscenarierna redovisas Tabell 6.

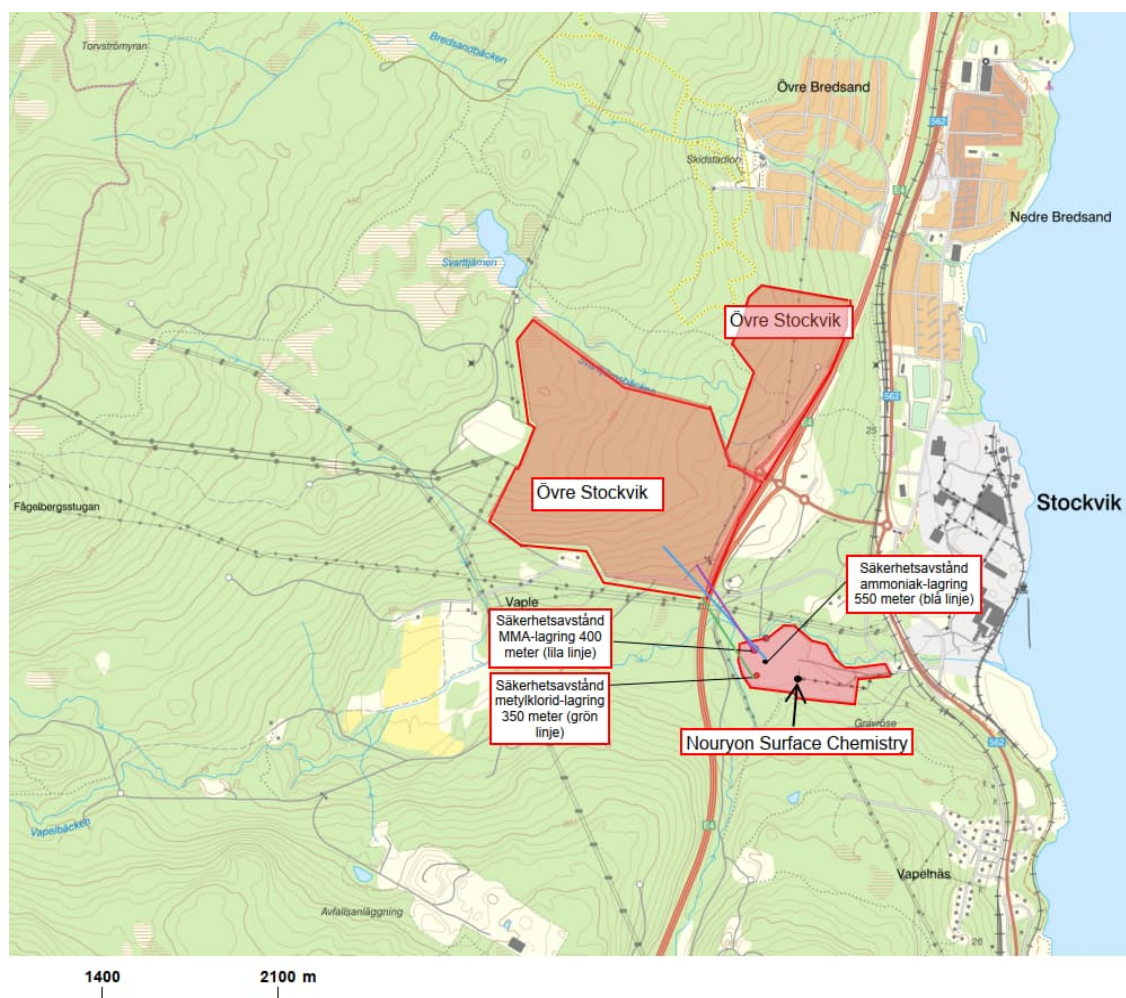
Tabell 6. Olycksscenarier kopplade till Nouryon Surface Chemistry

Olycksscenario	Frekvens [per år]	Konsekvensavstånd för dimensionerande scenario [m]
Utsläpp ammoniak	$1,63 \cdot 10^{-3}$	550
Utsläpp metylklorid	$2,53 \cdot 10^{-4}$	350
Utsläpp MMA	$2,53 \cdot 10^{-4}$	400

Avståndet till exploateringsområdet är som kortast ca. 270 meter från Nouryon Surface Chemistry industriområde. Avståndet till ammoniakcisternerna uppgår dock till ca. 400 meter, vilket innebär att enbart en begränsad del av exploateringsområdet skulle kunna påverkas.

Avståndet till lagringstank för MMA uppmäts till 320 meter till gränsen för exploateringsområdet, vilket understiger det beräknade konsekvensavståndet som är 400 meter. Detta innebär att 90 meter av etableringsområdet närmast Nouryon Surface Chemistry skulle kunna påverkas i händelse av kemikalieolycka.

Gällande avstånd till lagringstank för metylklorid uppmäts det till 356 meter till gränsen för exploateringsområdet, vilket överstiger det beräknade konsekvensavståndet. I Figur 2 redovisas aktuella avstånd till samtliga lagringstankar av kemikalier.



Figur 2. Avstånd mellan exploateringsområdets södra gräns och lagringstankar för ämnena i Tabell 6.

3.3 SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER

Baserat på beskrivningarna i avsnitt 3.2 bedöms följande riskkällor nödvändiga att utreda vidare i riskbedömningen:

- Farligt gods-transporter på E4.an
- Farligt gods-transporter på Ostkustbanan
- Risker kopplade till ammoniakcisternen samt lagring av MMA vid Nouryon Surface Chemistry

Utifrån de farligt gods-klasser som utreds vidare, har ett antal dimensionerade olycksscenarioer med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 7.

Tabell 7. Övergripande sammanställning över dimensionerande olycksscenarioer med farligt gods.

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 från kapitel 3.

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 [16]. 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.

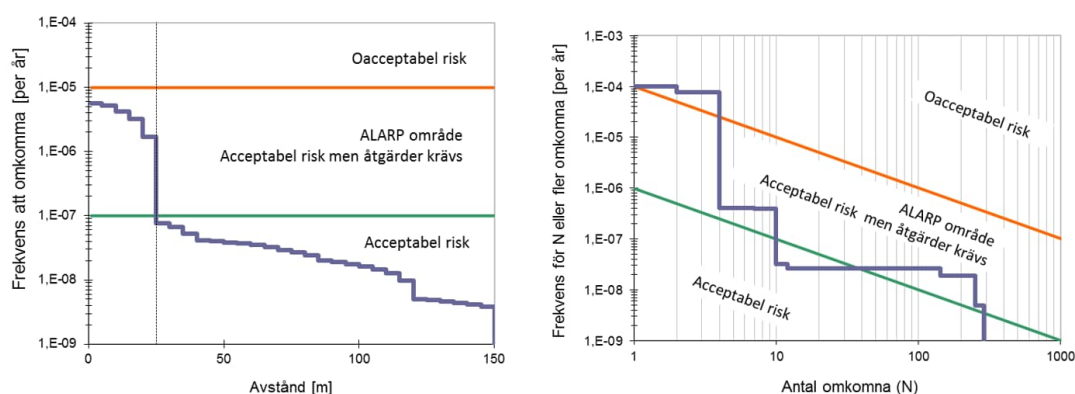
De risker som bedöms vara **acceptabla med åtgärder** behandlas enligt ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande 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 8 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.

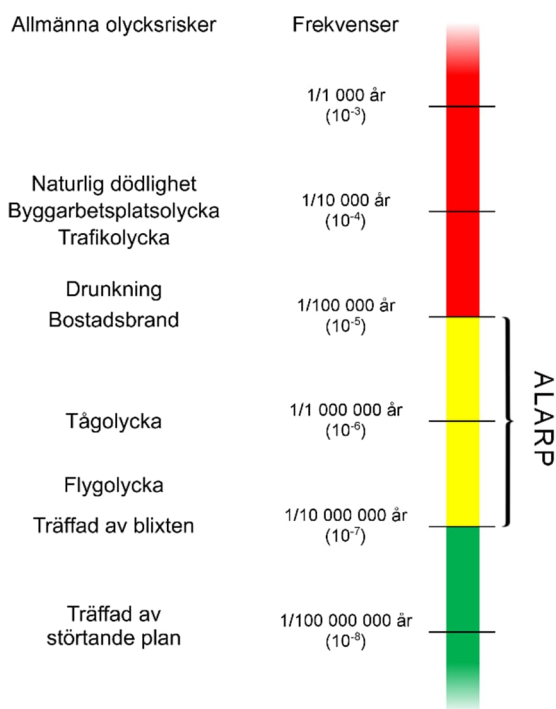
Tabell 8. Förslag till kriterier för värdering av individ och samhällsrisk enligt DNV.

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 [16].

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



Figur 4. Storleksordning på allmänna olycksrisker i förhållande till ALARP-området [17].

4.2 BERÄKNADE RISKNIVÅER

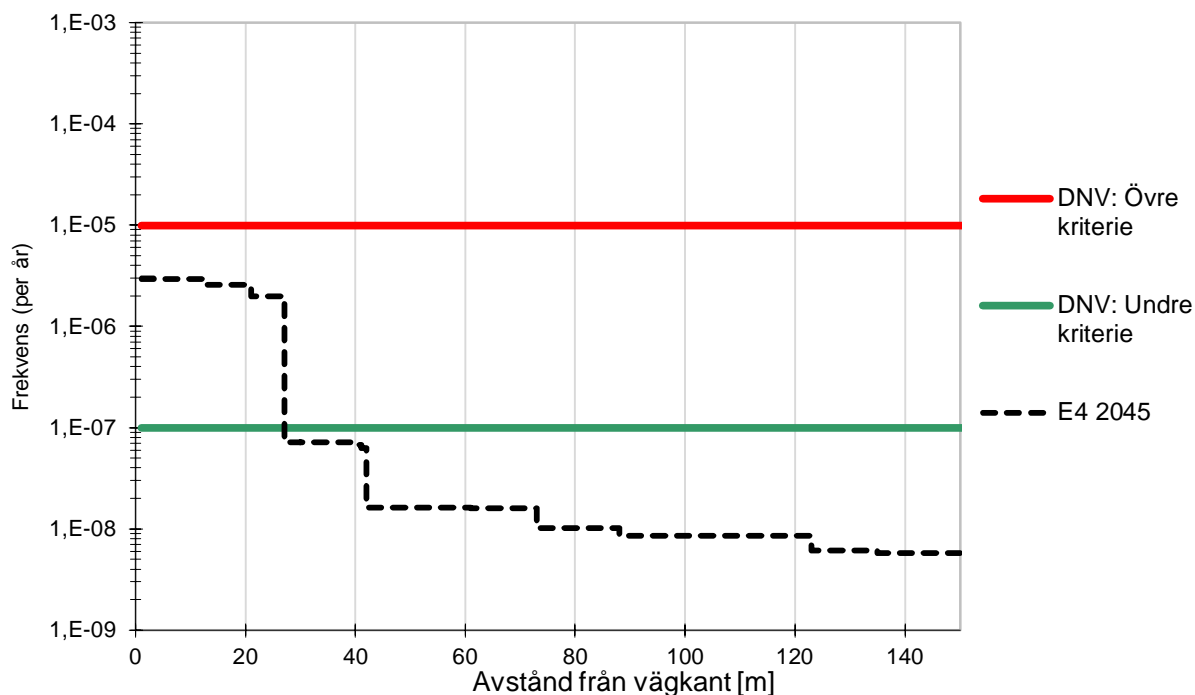
I detta avsnitt redovisas de beräknade risknivåerna. Individrisken redovisas separat för varje riskkälla då den visar risknivån på ett visst avstånd från en riskkälla.

4.2.1 Individrisknivå med avseende på E4:an

För uppskattning av risknivån har årsmedeladygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägvagnsnitt använts som indata. Med hjälp av Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skrift *Farligt gods – riskbedömning vid transport* [18] beräknas frekvensen för att en trafikolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på aktuellt vägvagnsnitt. 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.

I Figur 5 illustreras individrisknivån för aktuellt område längs E4. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området.

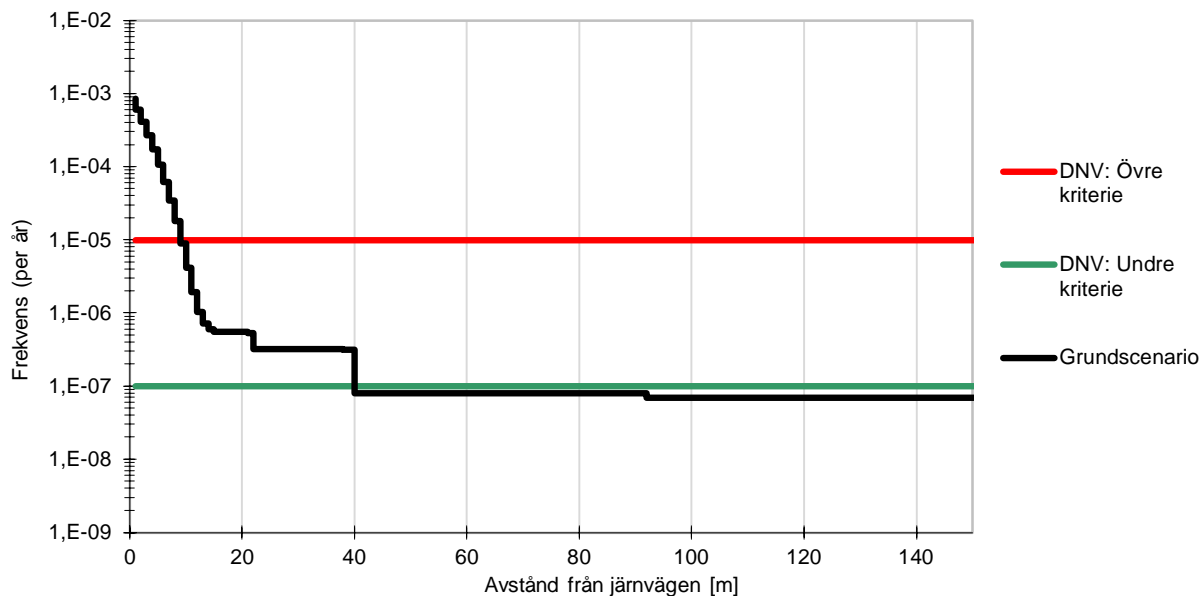


Figur 5. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på E4.an.

Figuren visar att individrisknivån ligger högt inom ALARP-området upp till 27 meter från väggkanten. Bortom 27 meter är risknivån acceptabel. Den dimensionerande risken upp till 27 meter är olycksscenarioer med pölbrand.

4.2.2 Individrisknivå med avseende på Ostkustbanan

I Figur 6 illustreras individrisknivån för aktuellt område längs Ostkustbanan. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området.



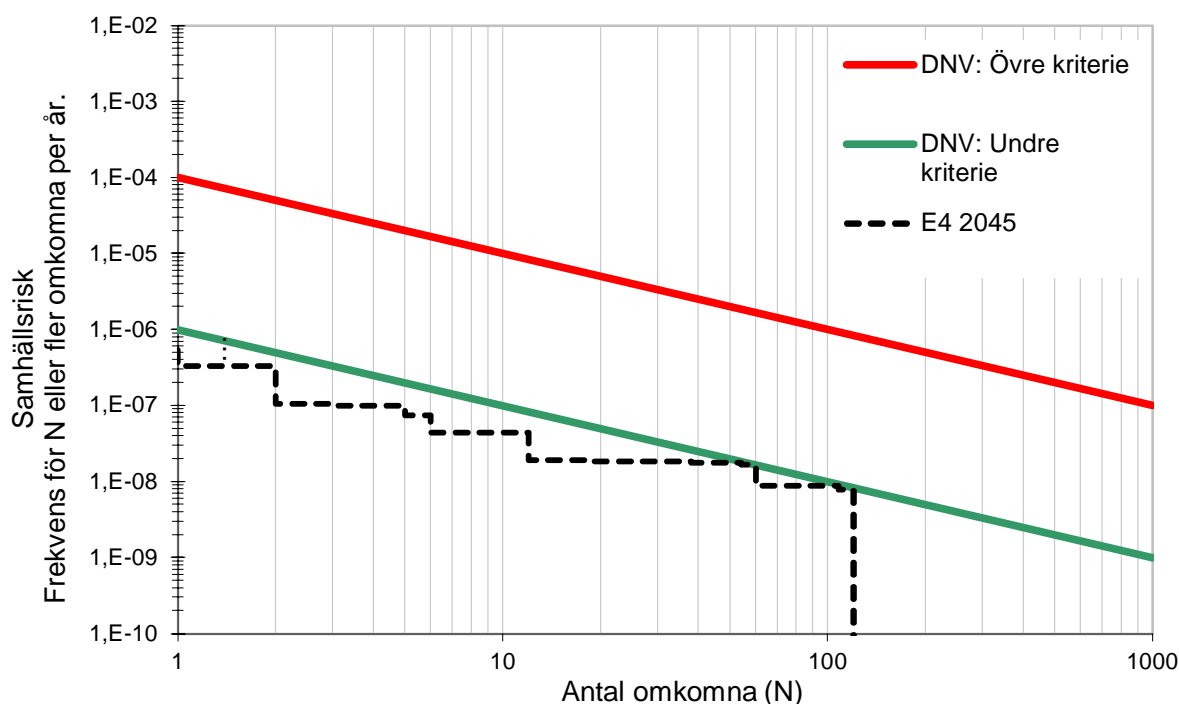
Figur 6. Individrisknivå med avseende på Ostkustbanan.

Ur Figur 6 kan utläsas att risken är oacceptabel upp till 9 meter från spårmit, inom ALARP-området mellan 9–40 meter och acceptabel bortom 40 meter från spårmit. Upp till 15 meter från spårmit domineras individrisken av urspårningsrisken. Därefter är det olycks scenarier kopplade till farligt gods som bidrar till risknivån.

Anledningen till att individrisknivån ligger nära DNV:s undre kriterie, även på stora avstånd, är på grund av ett relativt högt flöde av godståg med farligt gods på järnvägssträckan och riskscenarier kopplade till utsläpp av giftig gas.

4.2.3 Samhällsrisknivå

I Figur 7 illustreras samhällsrisknivån för det aktuella exploateringsområdet och omnejd. I beräkningarna har endast E4.an beaktats, då den kommer vara den dimensionerande riskkällan. Ett befolkningsfritt avstånd på 30 meter har ansatts och en persontäthet på 1 500 personer/km² under dagtid och 750 personer/km² under nattid antagits. Alla personer antas i beräkningarna befinna sig oskyddade utomhus. De diagonala linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området.



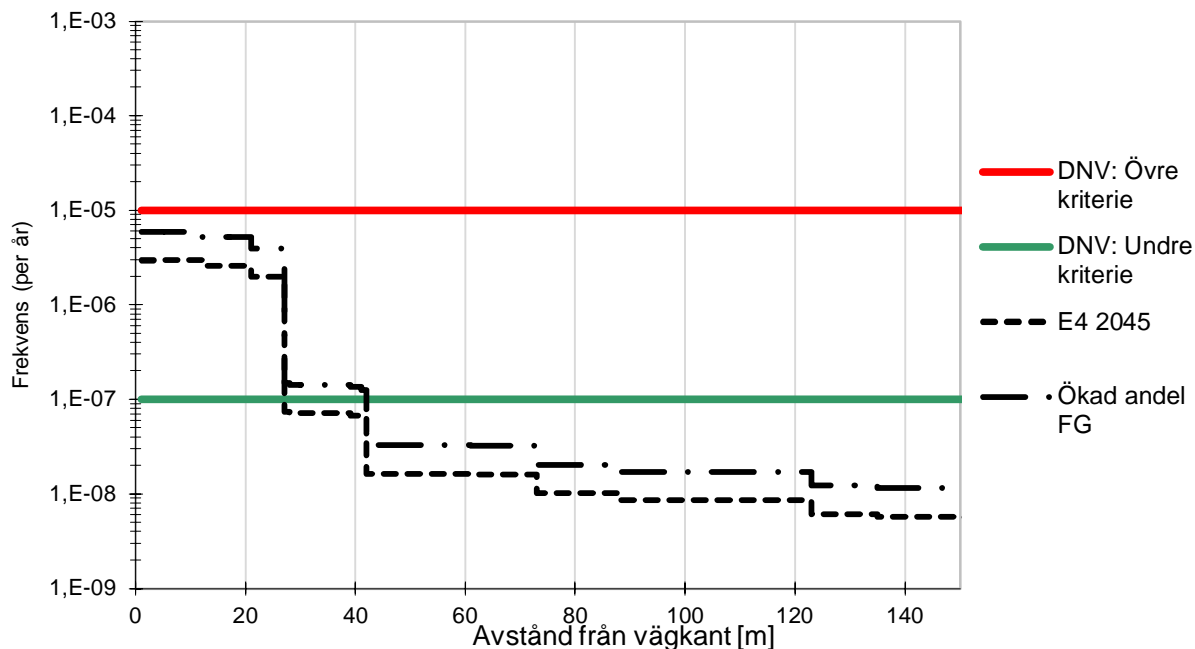
Figur 7. Samhällsrisknivå för exploateringsområdet.

Ur figuren kan utläsas att samhällsrisken ligger på acceptabel nivå. Samhällsrisken blir relativt låg, eftersom den planerade bebyggelsen inte medför hög persontäthet.

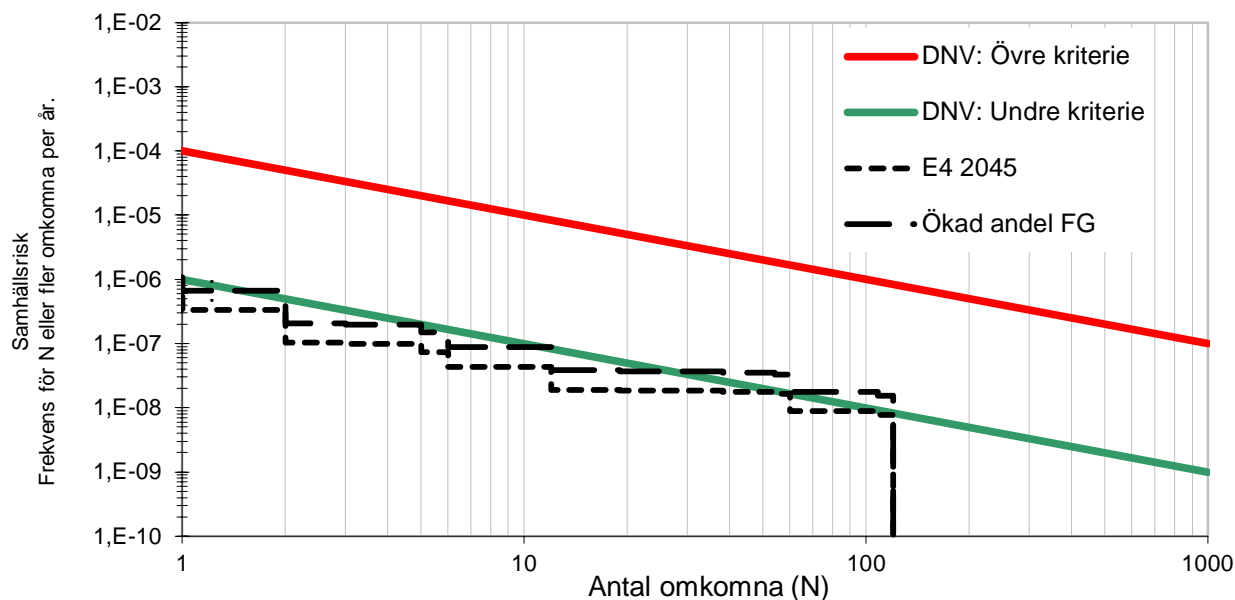
4.3 KÄNSLIGHETSANALYSER

I detta avsnitt presenteras känslighetsanalyser för hur risknivån inom exploateringsområdet skulle påverkas vid förändrade ingångsvärden gällande högre andel farligt gods på E4.an och ökad persontäthet inom planområdet.

Andelen farligt gods som transporteras på E4.an påverkar både individ- och samhällsrisk, medan andelen farlig gods enbart påverkar samhällsrisk. För att beakta en eventuell ökning av andelen farligt gods-transporter på E4.an i framtiden görs en känslighetsanalys där andelen farligt gods av tung trafik fördubblas. Resultaten på individrisken visas i Figur 8 och samhällsrisk i Figur 9 och Figur 10.



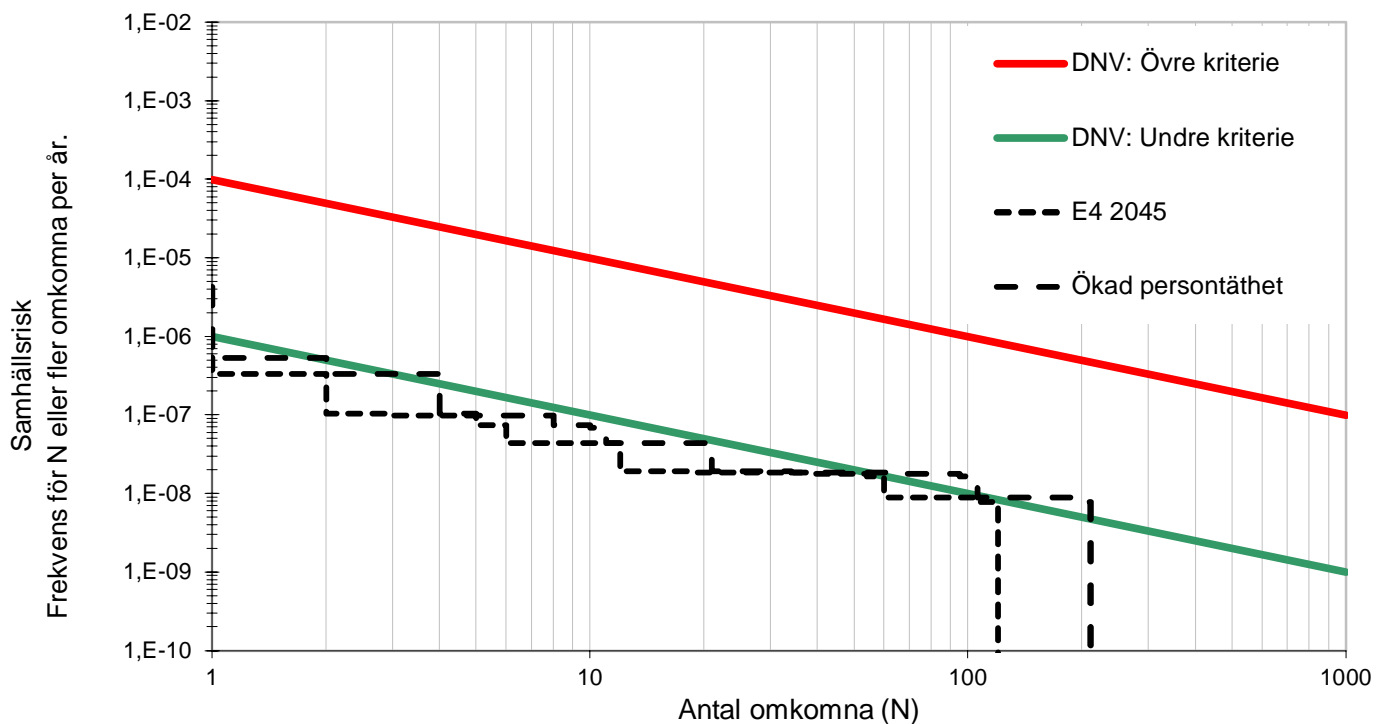
Figur 8. Känslighetsanalys på individrisken utmed E4.an med avseende på en ökad andel farligt gods.



Figur 9. Känslighetsanalys på samhällsrisk utmed Ostkustbanan med avseende på en ökad andel farligt gods.

Känslighetsanalysen visar att frekvensen för farligt gods-olycka ökar om andelen farligt gods ökar, och graferna hamnar således högre upp i diagrammet än i grundberäkningen. Risker ligger dock fortsatt mellan en acceptabel nivå och nedre ALARP-området.

I den andra känslighetsanalysen har persontätheten ökat till 3 000 personer/km², vilket anses vara ett mycket konservativt värde med avseende på den typ av bebyggelse som planeras. Detta redovisas i Figur 10.



Figur 10. Känslighetsanalys på samhällsrisken med avseende på en ökad andel farligt gods.

Om persontätheten ökar kraftigt kommer antal omkomna i respektive olycksscenario att öka. Risknivån är dock fortsatt låg.

5 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Om risknivån bedöms som ej acceptabel ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Exempel på vanligt förekommande riskreducerande åtgärder anges i Boverkets och Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [20], 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. För att rangordna och värdera åtgärders effekt kan med fördel kostnads-effekt- eller kostnads-nyttoanalys användas. Riskbilden efter de valda åtgärdernas genomförande bör verifieras.

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 *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [20]. 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 ETABLERADE ÅTGÄRDER

Parallellt med exploateringsområdets östra del där E4.an återfinns, förekommer höjdskillnader mellan exploateringsområdet och väggkant, vilket skapar ett dike. Vid uppkomst av läckage av brandfarligt vätska reduceras risk för spridning av dessa ämnen likväl som exempelvis pölbrandsutbredning.

5.2 REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER

I följande avsnitt presenteras de relevanta åtgärder som rekommenderas.

5.2.1 Skyddsavstånd

Åtgärden innebär att skyddsvärt objekt inte får placeras inom ett visst avstånd från en riskkälla. Följande skyddsavstånd rekommenderas för de olika riskkällorna:

- E4.an – 27 meter från exploateringsområde
- Ammoniakcisterner inom Nouryon Surface Chemistry – 550 meter
- Lagring av MMA, Nouryon Surface Chemistry – 400 meter
- Lagring av metylklorid, Nouryon Surface Chemistry – 350 meter

Inom ett skyddsavstånd kan mindre störningskänsliga verksamheter finnas, liksom skyddsanordningar, t.ex. vall och plank. Skyddsavstånd som riskreducerande åtgärd har hög tillförlitlighet och fungerar oberoende av andra åtgärder.

5.2.2 Disposition av byggnad

Åtgärden innebär disposition av lokaler i en byggnad för att uppnå ett skydd mot olyckor. Exempelvis planeras en byggnad så att inga eller få personer vistas i den del som är närmst godsleden alternativt Nouryon Surface Chemistry. Utrymningsvägar bör förläggas så att de inte mynnar mot riskkällan.

Dock kan åtgärden möjligen förbises vid ändring av byggnaden, och tillförlitligheten är sådant fall tveksam. Dessutom innebär åtgärden uppenbarligen en begränsning av byggnadens användning.

5.2.3 Disposition av planområde

Genom att reglera användandet av planområdets yta kan den optimeras baserat på risknivå. T.ex. kan ekonomibygnader eller garage utgöra barriär mot mer skyddsvärda byggnader som bostäder, skola eller sjukvård. För ytor med förhöjd risk kan användandet regleras till parkmark, teknikbyggnader eller annan verksamhet som inte ger upphov till stadigvarande vistelse.

5.2.4 Placering av friskluftsintag

Åtgärden gäller enbart vid byggnation inom angivna skyddsavstånd. Friskluftsintag placeras högt på den sida som är belägen längst ifrån riskkällan. Syftet med åtgärden 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. Åtgärdens effekt minskar om det finns andra öppningar i fasad, som fönster och dörrar.

5.2.5 Byggnadstekniskt brandskydd

Åtgärden gäller enbart vid byggnation inom angivna skyddsavstånd och innebär att ytterväggar, tak, fasad och/eller fönster utformas på ett sätt vilket reducerar konsekvensen i händelse av brandpåverkan till följd av pölbrand och/eller jetflamma.

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 eller jetflamma reduceras på ett tillfredsställande sätt. Observera att brandklassade väggar kan utformas med brännbara material och ytskikt.

Då brandklassad yttervägg ställer krav på täthet mot brandgaser är åtgärden även riskreducerande vid läckage av giftig gas.

6 DISKUSSION

Det finns flera skäl till att systematiska riskanalyser är att föredra framför andra mer informella eller intuitiva sätt att hantera den stora, men långt ifrån fullständiga, kunskapsmassa som finns beträffande riskerna med farligt gods. Användning av riskanalysmetoder av den typ som presenteras i VTI Rapport 389:1 och som använts i detta projekt innebär att befintlig kunskap insamlas, struktureras och sammanställs på ett systematiskt sätt så att kunskapsluckor kan identifieras. Detta medför att analysens förutsättningar kan prövas, ifrågasättas och korrigeras av oberoende. Metoden innebär också att de antaganden och värderingar som ligger till grund för olika skattningar tydliggörs för att undvika missförstånd vid information, diskussion och förhandling mellan beslutsfattare, transportörer och allmänhet. [21]

Riskbedömningar av detta slag är alltid förknippade med osäkerheter, om än i olika stor utsträckning. Ibland råder brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar och svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter som dessutom är mer eller mindre osäkra. 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
- Utformning och disposition av etableringar samt typ av verksamheter,
- Farligt gods-transporter förbi exploateringsområdet,
- Schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar och
- Antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadescenario.

Då utformningen av exploateringsområdet ännu inte är beslutad finns stora osäkerheter i hur byggnader kommer att placeras inom området, vilka verksamheter de kommer att nyttjas för och många människor som kommer att vistas på området.

Osäkerheter kring dessa antaganden har hanterats genom känslighetsanalys. Det finns också osäkerheter i antagna farligt gods-transporter förbi området. För E4.an och Ostkustbanan baseras antagandena om transporter av farligt gods på nationella snitt. De nationella snitten bedöms representativa för de aktuella primära transportlederna, men vissa variationer förväntas ändå beroende på var i landet transportleden går.

7 SLUTSATSER

I riskbedömningen har närliggande transportleder för farligt gods och risker kopplade till hantering av kemikalier inom Nouryon Surface Chemistry beaktats. De riskkällor som behöver beaktas vid exploatering av området är främst E4.an där transporter av farligt gods sker, samt hanteringen av ammoniak, metylklorid och MMA inom fabriksområdet.

Målet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten för planerad markanvändning utifrån riskpåverkan från aktuella riskkällor. WSP's uppdrag har innefattat att efter behov ge förslag på lämpliga åtgärder:

Kvantitativ analys visar att följande skyddsavstånd finnas mellan bebyggelse och riskkällorna:

- 27 meter till E4.an
- 550 meter till ammoniakcisternerna, 400 meter till lagring av MMA samt 350 meter till lagring av metylklorid inom fabriksområdet Nouryon Surface Chemistry.

Om dessa skyddsavstånd frångås behöver byggnadstekniskt brandskydd och ventilationsåtgärder vidtas. Ytterligare specifika skyddsåtgärder behöver utredas i varje enskilt fall, beroende på vilken verksamhet som planeras och på vilket skyddsavstånd denna verksamhet kommer uppföras. Med dessa förutsättningar bedöms planerad exploatering uppfylla Plan- och bygglagens krav på lämplig markanvändning samt Länsstyrelsens riktlinjer.

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.

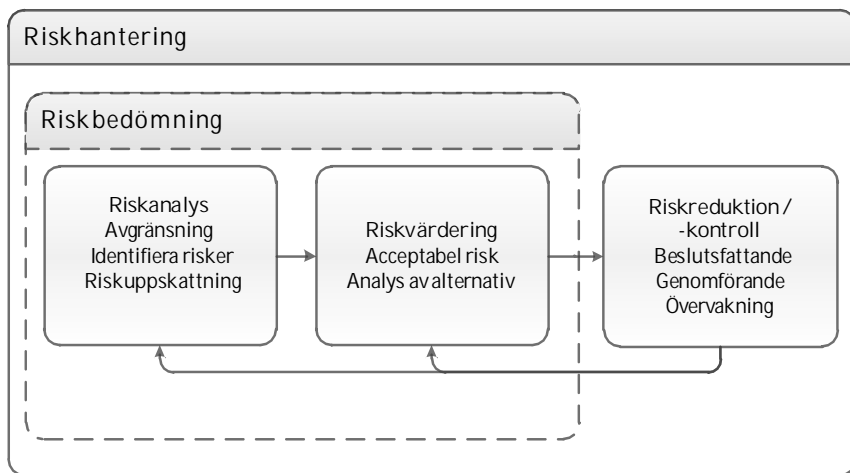
A.1 BEGREPP OCH DEFINITIONER

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 [22] [23], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 11.

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 11. 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

Nedan presenteras de olika metoder som kan användas vid riskbedömning. I det här projektet nyttjas den kvantitativa metoden.

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 [24].

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 [24].

A.2.3 Kvantitativa metoder

Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år [27].

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 OLYCKSFREKVENSENS

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport [18] 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 [28] 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 9. Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används prognos för trafikflödet år 2045.

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

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

Tabell 9. Indata till frekvensberäkning för farligt gods-olycka enligt *Farligt gods – riskbedömning vid transport*.

Indataparameter	E4.an 2022	E4.an 2045	Ökad persontäthet	Ökad andel FG
\dot{ADT}_{total}	21195	24510	24510	24510
\dot{ADT}_{FG}	52	83	83	116
Hastighetsgräns	110	110	110	110
Olyckskvot (OK)	0,26	0,26	0,26	0,26
Andel Singelolyckor (SiO)	0,6	0,6	0,6	0,6
Index	0,42	0,42	0,42	0,42
Frekvens FG-olycka	$6,9 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$2,18 \times 10^{-2}$

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 [29] 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 10 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 10. 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 [29].	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 [30].
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, gasmolnexplosion 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), karbid 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.

ADR-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
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 [28]. 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 11 redovisas den inbördes fördelningen i körda kilometer för de olika klasserna baserat på uppgifter från TRAFKA mellan åren 2018–2022 för hela landet [31]. Siffrorna anses representativa för utredd sträcka.

Tabell 11. Antalet farligt gods-transporter framräknat enligt beräkningsmodellen samt fördelning mellan ADR-S klasser baserat på körda kilometer för respektive alternativ.

	E4.an 2022	E4.an 2045	Ökad persontäthet	Ökad andel FG
ÅDT _{FG}	52	83	83	116
ADR-S klass 1	0,96%	0,96%	0,96%	0,96%
ADR-S klass 2.1	8,01%	8,01%	8,01%	8,01%
ADR-S klass 2.3	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%
ADR-S klass 3	38,66%	38,66%	38,66%	38,66%
ADR-S klass 5	4,10%	4,10%	4,10%	4,10%
ADR-S övriga	48,22%	48,22%	48,22%	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.

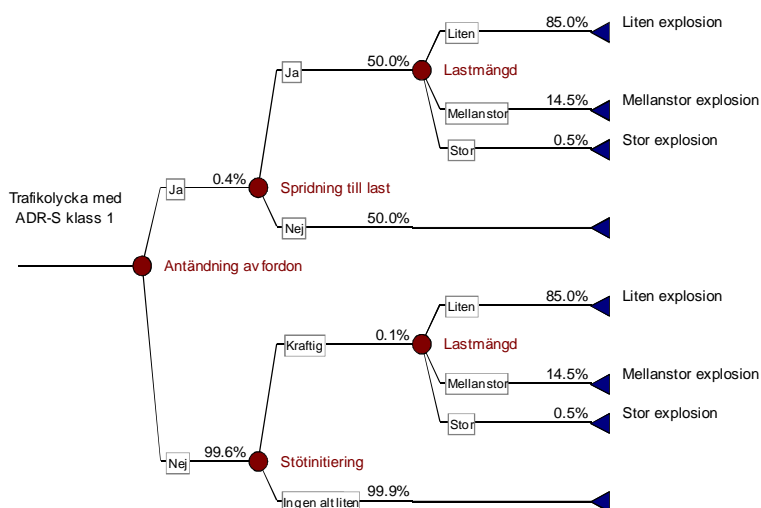
C.1 ADR-S KLASS 1 – EXPLOSIVA ÄMNE OCH FÖREMÅL

ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål [29]. 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.

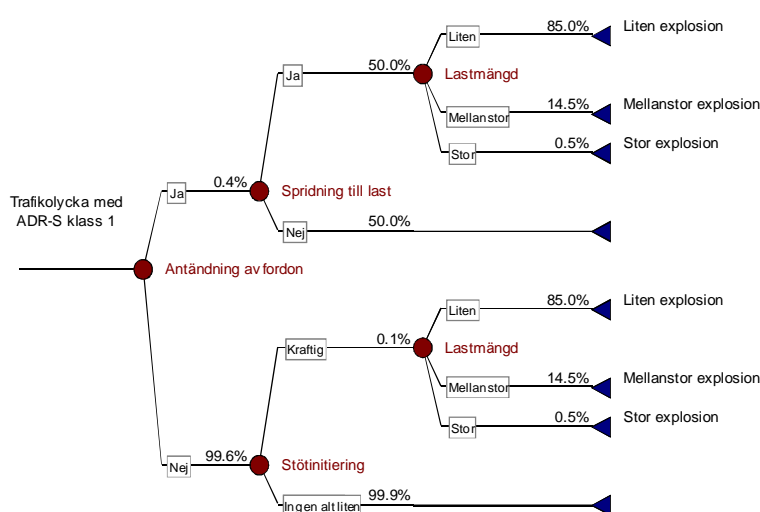
C.1.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) [32] utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexlosion). 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 massexploderbara varor som får transporteras på väg är 16 ton, men de flesta transporter innefattar endast små nettomängder av massexploderbara varor.

C.1.2 Händelseträd med sannolikheter



Figur 12 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 12. Händelseträdd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

C.1.3 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 [33]. Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna cirka 0,4 % [34] [35].

C.1.4 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 [36], 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 [37], att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

C.1.5 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 [38]. Det saknas dock kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. HMSO [39] 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.1.6 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 [40] [41].

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) [42] 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 [43]. Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Fördelningen mellan viktclasserna uppgår enligt Polisens [44] tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen enligt Tabell 12, för lastmängder av explosiva ämnen.

Tabell 12. 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) [29]. 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 [45]. 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 [37].

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.2.2 Gasläckage

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.

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet [46]. 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 [18].

C.2.3 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 [18] 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 % [18].

C.2.4 Antändning

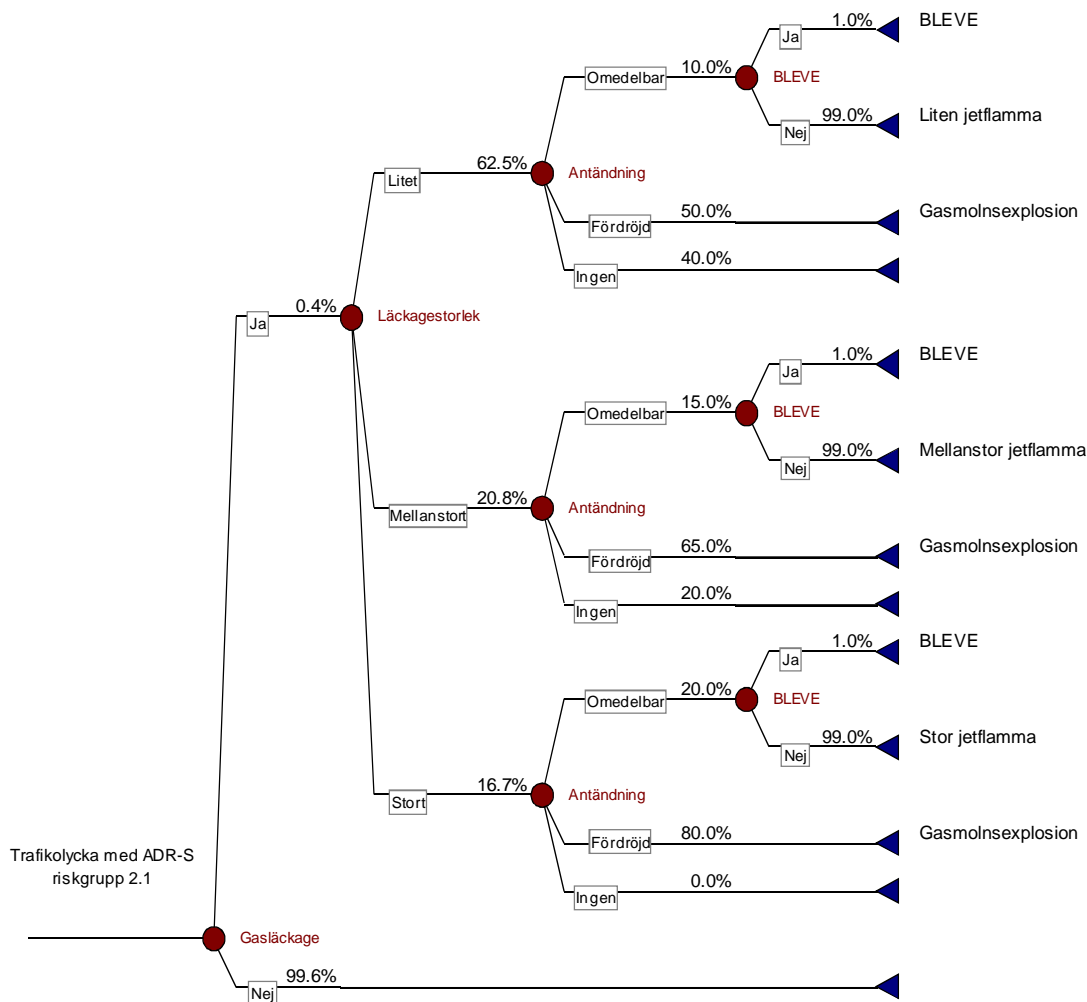
När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % [47], varför dessa värden kan antas gälla för *liten* 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.2.5 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 trycket. 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.2.6 Händelseträd med sannolikheter

Figur 13 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 13. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

C.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.3.1 Representativt ämne

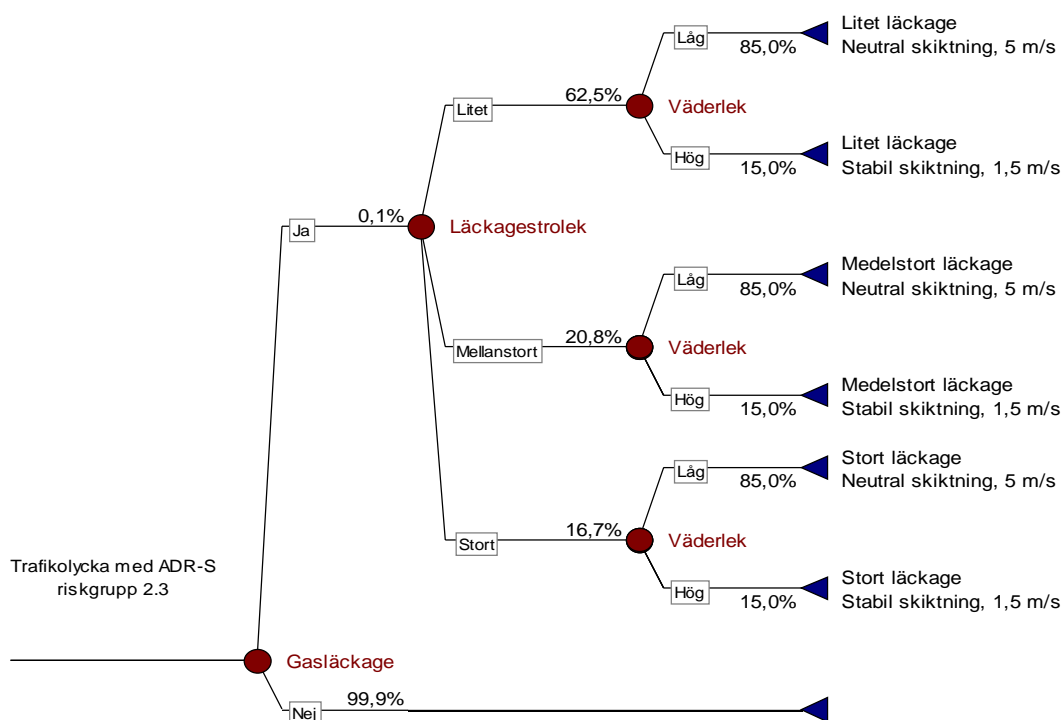
Svaveldioxid är den mest toxiska gas som transporteras på väg, varför ett konservativt antagande i att detta denna utgör dimensionerande ämne ansätts genomgående.

C.3.2 Toxikologiska 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.3.3 Händelseträäd med sannolikheter

Figur 14 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 14. Händelseträäd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

C.3.4 Gasläckage

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp [18]. Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet [46]. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 [18].

C.3.5 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 % [18].

C.3.6 Väderlek

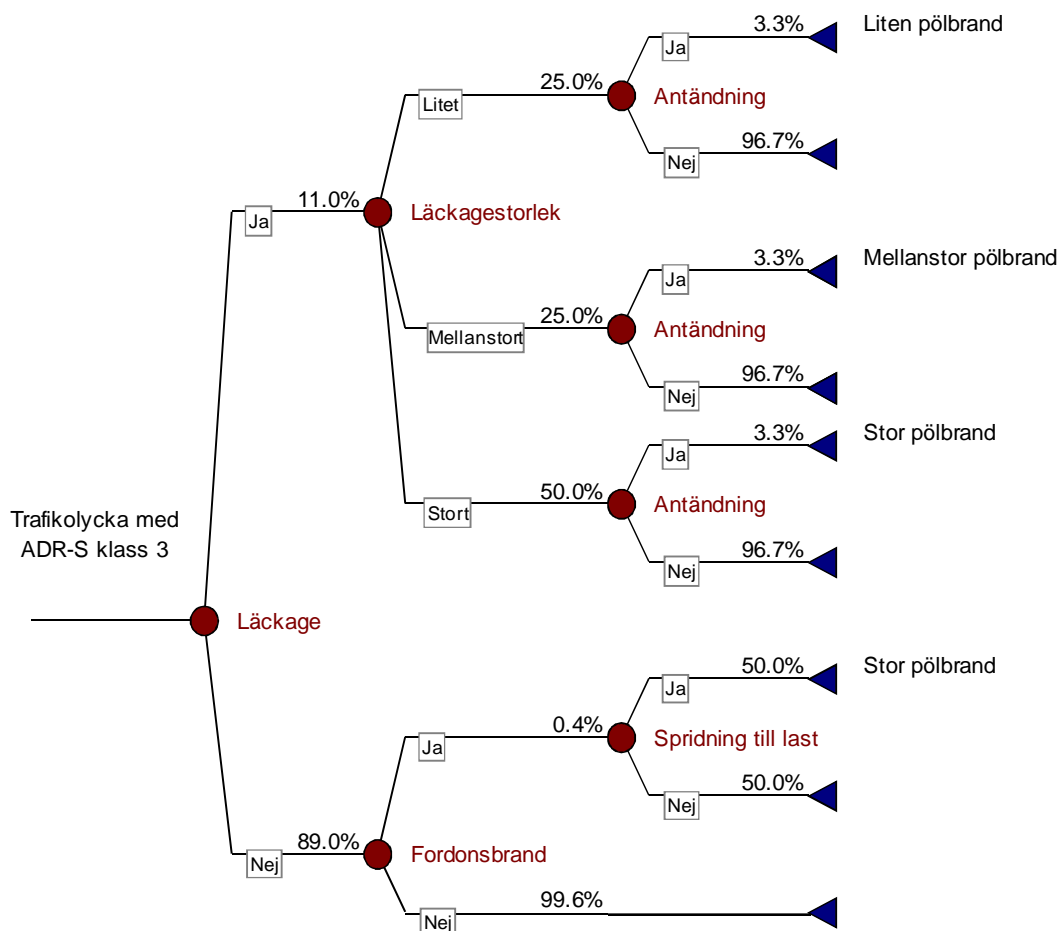
Gasspridning utomhus beror i stort av rådande väderlek där stabilitetsklass och vindhastighet har stor inverkan på resultatet. För att differentiera hur påverkan varierar med dessa parametrar varieras gasspridning i sex scenarier med olika förutsättningar, där ovan nämnda källstyrkor simuleras vid två 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.4 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.4.1 Händelseträäd med sannolikheter

I Figur 15 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 15. Händelse-träd med sannolikheter för ADR-S klass 3. Sannolikhet för läckage regleras av index, se Tabell 4

C.4.2 Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage definieras av sträckans farligt gods-index, se Tabell 9.

C.4.3 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 [48] [49]. Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % [18]. De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*).

C.4.4 Antändning

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 [50]. 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 % [39].

C.4.5 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.5 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.5.1 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 [29].

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 [51]. Baserat på uppgifter från Yara i Köping [52] och FOI [53] 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 [54].

C.5.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

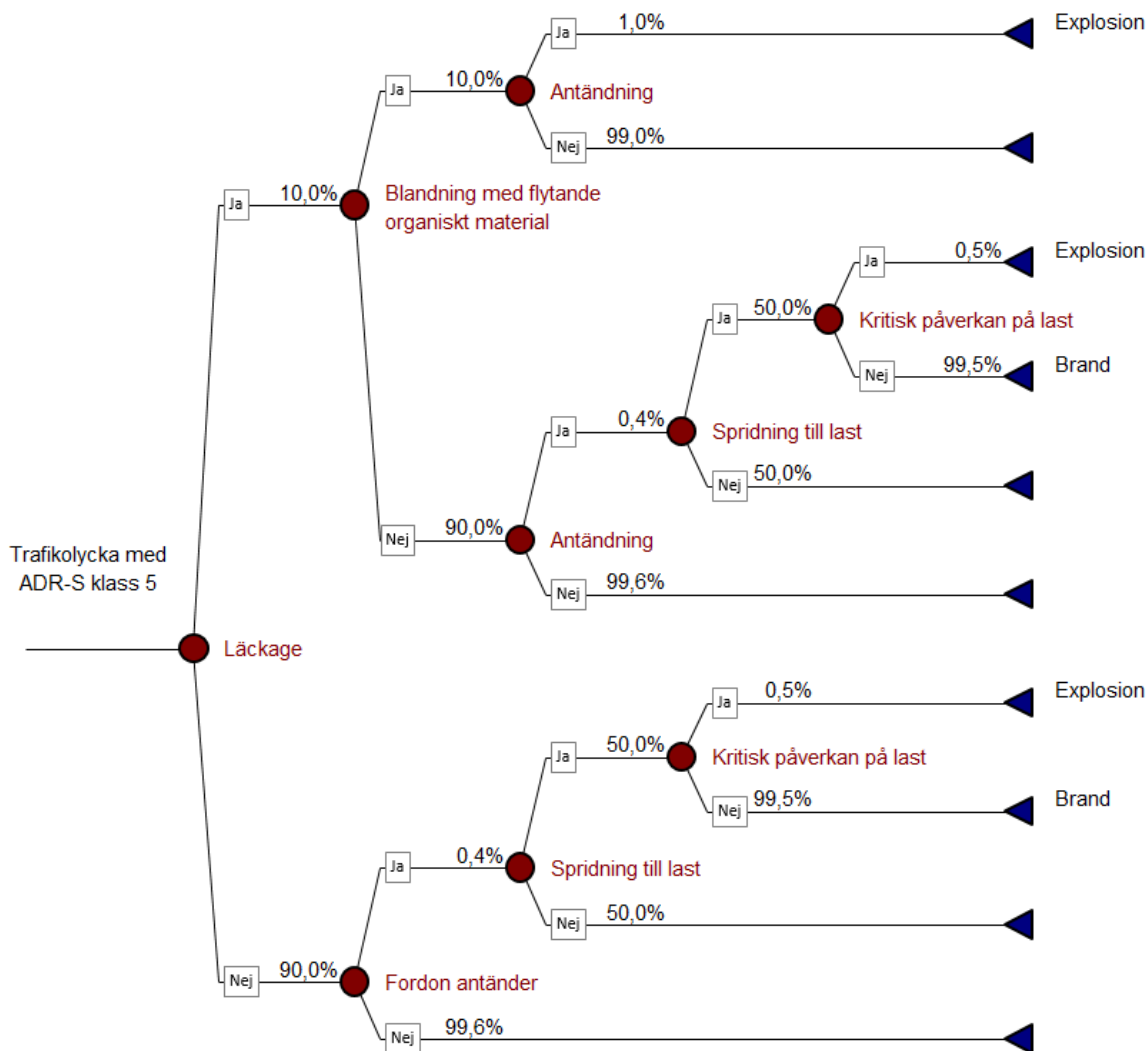
Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva, och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme och friktion som kontakt med främmande ämne [45]. I de fall peroxiden är innesluten i behållare kan explosion med tryckvåg och splinter 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.5.3 Transporterade mängder och representativt ämne

Enligt rekommendationer från holländska myndigheter [55], 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.5.4 Händelseträdd med sannolikheter

Figur 16 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 16. Händelsetråd med sannolikheter för ADR-S klass 5.

C.5.5 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 [56]. 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 tryckpåkning 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.6 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 de blandas under längre tid så att bränslet kan absorberas av ammoniumnitratet. Sannolikheten för att ammoniumnitratet ska kontamineras vid en transportolycka ansätts till 10 %.

C.6.1 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.6.2 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.6.3 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.6.4 Kritisk påverkan på last

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C [52]. 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 [51]. Vidare krävs möjlighet till tryckuppbyggnad för att termiskt sönderfall av ren ammoniumnitrat ska kunna övergå till explosivt sönderfall genom deflagration eller detonation [57]. Smälta av ammoniumnitrat tros kunna skapa dessa förutsättningar även om forskningen inom området är bristfällig [57]. Hypotesen är att vätskepelare av smälta kan skapa en egen inneslutning i vilken trycket kan bli så pass högt att reaktionsförloppet blir explosionsartat [57]. 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.7 ACKUMULERAD OLYCKSPÅVERKAN

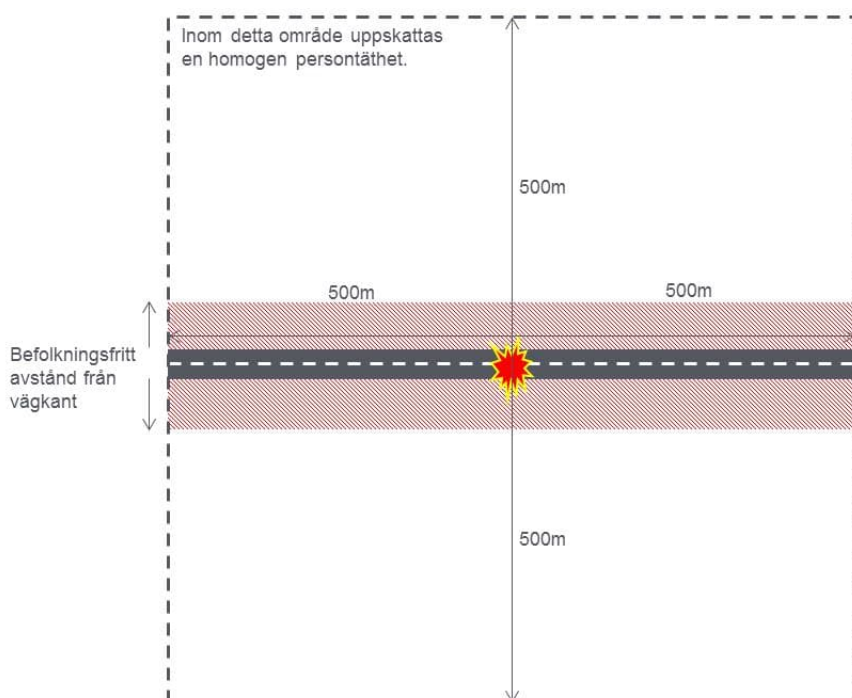
Grundfrekvensen för olyckorna gäller för 1 km vägsträcka, vilket får till följd att frekvensen måste justeras med hänsyn till hur stort konsekvensavstånd som varje olycksscenario ger upphov till (konsekvensavstånd redovisas i Bilaga D).

Bilaga D Konsekvensberäkningar

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

D.1 PERSONTÄTHET

I samhällsrisikberäkningar 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 17.



Figur 17. 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 samhällsrisikberäkningarna.

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.

D.2 ANTAGANDE OM OLYCKANS PLACERING

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

Om det finns en mittbarriär eller avståndet mellan två körriktningar är stort används ett differentierat konsekvensavstånd. Individriskkurvor från respektive körfält slås ihop till en, där det ena körfältets konsekvensavstånd korrigerats för att gälla för det ökade avståndet från väggkanten.

D.3 ADR-S KLASS 1 – EXPLOSIVA ÄMNEN

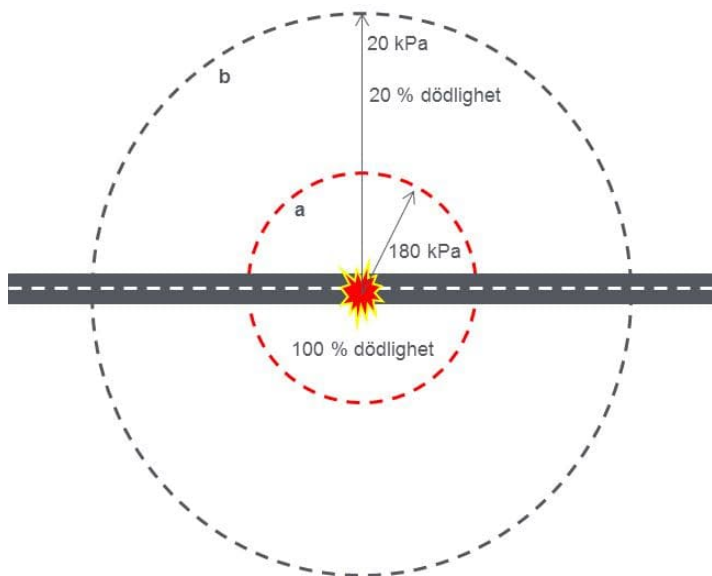
Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) [58].

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 [59]. 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 18.



Figur 18. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [60] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 13. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 13. 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 luftstöt vågen.

Konsekvens	Representativ mängd gods	Avstånd $P \geq 180 \text{ kPa}$	Avstånd $P \geq 20 \text{ kPa}$
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.4 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.4.1 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* [61] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [18] för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 14. Framräknad läckagestorlek för gasol.

Läckagestorlek	Massflöde, Q	Läckagestorlek, \varnothing	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.

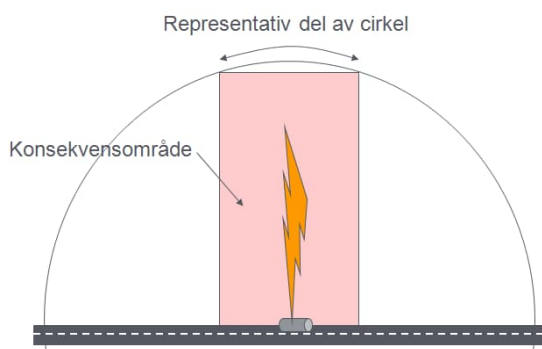
D.4.1.1 BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [59]. Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

D.4.1.2 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* [59], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [62] 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 jetflammans konsekvensområde inte är cirkulärt används en metod med en representativ del av en cirkel, enligt Figur 19.



Figur 19. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

D.4.1.3 Gasmolnsexplosion

En gasmolnsexplosion 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* [61] 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.

Gasmolnsexplosionen beräknas utifrån ett stort läckage. Beräknat konsekvensområde approximeras med en cirkelsektor enligt Figur 19.

D.4.2 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
- Gasmolnsexplosion 42 meter

D.4.3 ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmen Spridning Luft och med ALOHA för totalt 6 scenarier enligt Tabell 15. 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 ytråhet på 0,5 m.

Tabell 15. Konsekvensavstånd för plym av giftig gas.

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

D.5 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 [37] [63].

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 [37]. I Tabell 16 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 16. 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.6 ADR-S KLASS 5

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

D.6.1 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/dieselblandning kan bildas, som motsvarar upp till 4,1 ton trotyl [54]. 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.6.2 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.

Bilaga E Referenser

- [1] C. Nordenö, "Detaljerad riskbedömning Nedre Stockvik industri- och verksamhetsområde," WSP, Uppsala, 2022.
- [2] Medelpads Räddningstjänstförbund, *Kommunal plan för räddningsinsats*, 2017.
- [3] Länsstyrelserna i Gävleborgs och Västernorrlands län, "Riskhantering vid transportleder för farligt gods," 2022.
- [4] MSB, "Handbok - Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer," 2015.
- [5] MSB, "Samhällsplanering och riskhantering i anslutning till storskalig kemikaliehantering," Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB), 2017.
- [6] Lantmäteriet, "Min karta," [Online]. Available: <https://minkarta.lantmateriet.se/>. [Använd 12 juni 2024].
- [7] Sundsvalls Kommun, "Översiktskartor," [Online]. Available: <https://karta.sundsvall.se/op2040/>. [Använd 05 06 2024].
- [8] Trafikverket, "Vägtrafikflödeskarta," [Online]. Available: <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>. [Använd 05 06 2024].
- [9] Trafikverket, "Trafikuppräkningsstal för EVA 2019-2045-2065," Trafikverket, Borlänge, 2024.
- [10] Trafikverket, *Trafikuppgifter järnväg t21 och bullerprognos 2040*, 2021.
- [11] TRAFKA, "Lastbilstrafik 2018-2022 Swedish national and international road goods transport," Trafikanalys, 2023.
- [12] Trafikanalys, *Bantrafik 2021*, Trafikanalys, 2022-06-23.
- [13] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [14] Länsstyrelsen Hallands län, "Riskanalys av farligt gods i Hannalds län, Meddelande 2011:19," 2011.
- [15] Räddningsverket, Statens räddningsverk, 1996.
- [16] Räddningsverket och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
- [17] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [18] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneve: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [19] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [20] B. Mattsson, *Riskhantering vid skydd mot olyckor*, Karlstad: Räddningsverket, 2000.

- [21] F. Nystedt, *Riskanalyismetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
- [22] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [23] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [24] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [25] M. Gustavsson, *Muntligen 2008-01-10*, Räddningsverket, 2008.
- [26] H. Ingasson, A. Bergqvist, A. Lönnermark, H. Frantzich och K. Hasselrot, Statens Räddningsverk, 2005.
- [27] SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [28] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [29] PIARC, PIARC - World Road Association, 1999.
- [30] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [31] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [32] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [33] T. Daggård, *Muntligen 2010-01-11*, Orica Services Nora, 2008.
- [34] T. Pålsson, *Muntligen 2008-01-09*, Scanexplo EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
- [35] MSB, *Trafikflöde på väg [Elektronisk]. Hämtad 2010-08-11*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
- [36] Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik, *Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB*, 2007.
- [37] P. Jansson, *Muntligen 2008-01-16*, 2008.
- [38] S. Halmemies, Räddningsverket, 2000.
- [39] J. Wahlqvist, *Muntligen 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [40] 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.
- [41] R. Lindström, *Muntligen: 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [42] T. Gammelgård, *Muntligen: 2010-07-09*, OKQ8, 2010.
- [43] SPI, *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08*, Svenska Petroleum Institutet, 2010.

- [44] 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.
- [45] L.-H. Karlsson, *Muntligen: 2008-03-18*, Yara International ASA, Köping, 2008.
- [46] J. Magnusson, *Muntligen 2008-03-18*, FOI, Tumba, 2008.
- [47] R. Forsén, FOI, 2009.
- [48] VROM, Ministerier van VROM, 2005.
- [49] J. Havai, *Muntligen 2008-04-18*, Yara AB, Köping, 2008.
- [50] V. Babrauskas och D. Leggett, "Thermal decomposition of ammonium nitrate," *Fire and Materials* 2019;1-19, 2019.
- [51] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [52] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [53] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [54] MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
- [55] CCPS, Center for Chemical Process Safety, 1999.
- [56] BBR, Boverket, 2006.