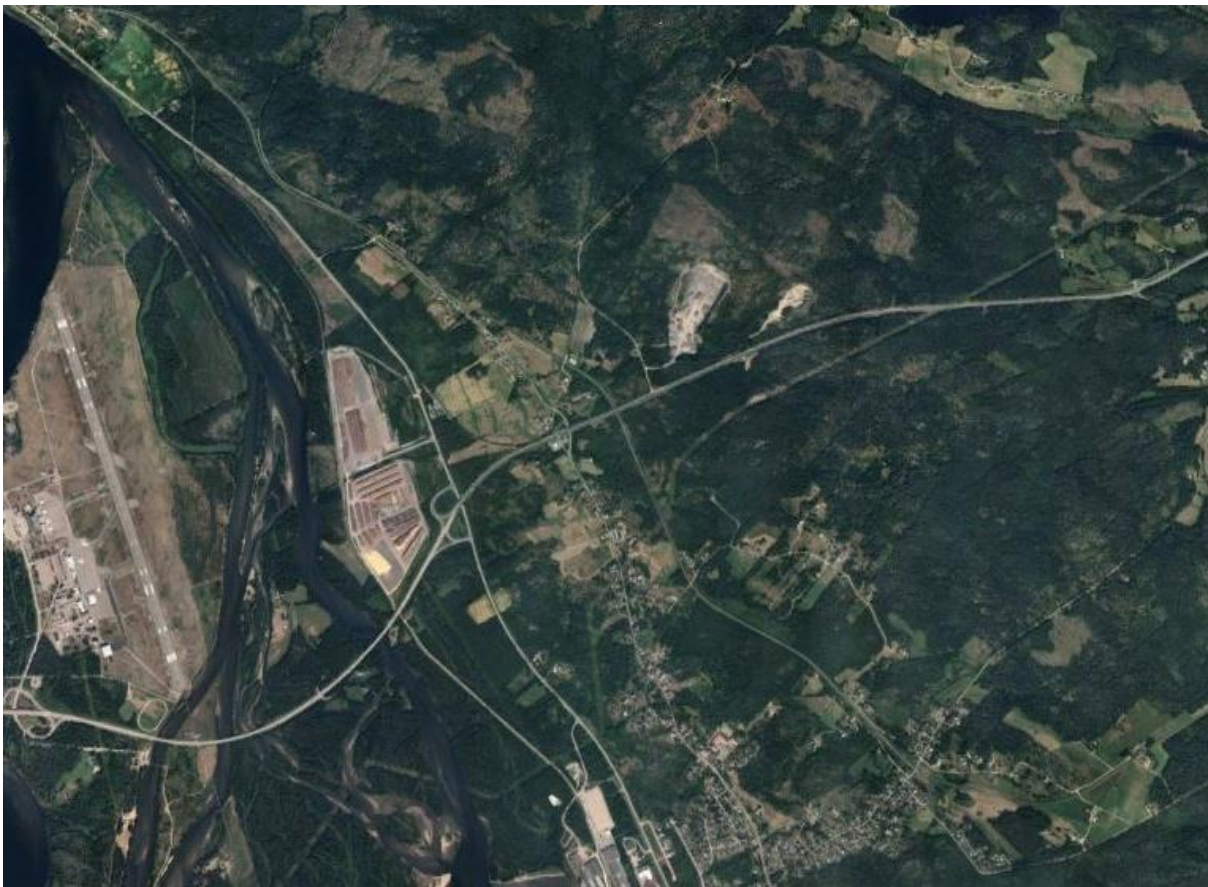


TIMRÅ INVEST AB

KVANTITATIV RISKBEDÖMNING

TORSBODA 1:2 MFL

2022-02-02



wsp

KVANTITATIV RISKBEDÖMNING

TORSBODA 1:2 MFL

Timrå

KUND

Timrå Invest AB

KONSULT

WSP Sverige AB

852 29 Sundsvall
Besök: Stuvarvägen 3
Tel: +46 10-722 50 00
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
wsp.com

KONTAKTPERSONER

Bo Eskebaek 010-722 66 69
Cecilia Nordenö 010-721 08 97

UPPDRAGSNAMN
Trafikutredning Torsboda Syd

UPPDRAGSNUMMER
10322949

FÖRFATTARE
David Angelsen, Cecilia Nordenö

DATUM
2021-11-25

ÄNDRINGSDATUM
2022-02-02

GRANSKAD AV
Gustav Nilsson

GODKÄND AV
Cecilia Nordenö

DOKUMENTHISTORIK OCH KVALITETSKONTROLL

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision A
Datum	21-11-25	22-02-02
Handläggare	David Angelsen	David Angelsen
Signatur	DA	DA
Granskare	Gustav Nilsson	Gustav Nilsson
Signatur	GN	GN
Godkänd av	Cecilia Nordenö	Cecilia Nordenö
Signatur	CN	CN
Uppdragsnummer	10322949	10322949

Revision A Kompletteringar med avseende på riskpåverkan på omgivningen.

Sammanfattning

WSP har av Timrå kommuns helägda bolag Timrå Invest AB fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med planering för industriell verksamhet på Torsboda 1:2 m.fl. i Timrå kommun. Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan-och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk, samt Länsstyrelsen Västernorrlands krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led. Riskbedömningen syftar också till att översiktligt bedöma förutsättningarna för att etablera en industriverksamhet inom området ur ett riskperspektiv.

Målet med riskbedömningen är att utreda och värdera riskpåverkan på planområdet och vid behov ge förslag på riskreducerande åtgärder. Lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan på omgivningen ska också bedömas.

Planområdet på cirka 79 hektar ligger i Torsboda och utgörs i dagsläget av skogsmark. Planområdet angränsar i väster till Ådalsbanan och i norr till E4. Det kortaste avståndet från planområdets gräns till Ådalsbanan är cirka 10–15 meter och till E4 cirka 10–15 meter. Området planeras att användas till industrietablering. Mellan järnvägen och planområdet kommer det, på grund av en höjdskillnad på drygt 20 meter, finnas en brant sluttning från planområdet ner mot järnvägen.

En kvantitativ riskbedömning har gjorts där individ- och samhällsrisknivåerna kopplade till farligt gods-transporter på E4 och Ådalsbanan samt urspårning på Ådalsbanan har beräknats. Beräknade risknivåer kopplade till E4 är acceptabla, förutsatt att ett skyddsavstånd på minst 27 meter hålls mellan bebyggelse och vägkanten. Individrisken med avseende på Ådalsbanan är acceptabel om ett skyddsavstånd på minst 40 meter hålls till järnvägen. Samhällsriskerna kopplade till järnvägen ligger inom ALARP-området. I beräkningarna har dock inga skyddseffekter till följd av höjdskillnaden mellan järnvägen och planområdet beaktats, vilket innebär att samhällsriskberäkningarna kan antas vara konservativa.

WSP bedömer att det ur risksynpunkt inte finns några hinder för att genomföra en industrietablering. Förutsatt att ett skyddsavstånd på minst 27 meter till E4 och 40 meter till järnvägen upprätthålls bedöms risknivåerna inom planområdet vara acceptabla och uppfylla Plan- och bygglagens samt Länsstyrelsens krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk. Förutsättningarna för industrietablering på området bedöms vara goda, även med avseende på tillkommande verksamhets eventuella riskpåverkan på omgivningen. Möjligheter till att reducera risker för omgivningen bör dock finnas i åtanke i vidare planering och disposition av planområdet.

För enskilda verksamheter som ämnar att bedriva farlig verksamhet behövs prövning göras utifrån andra regelverk såsom Sevesolagstiftningen, miljöbalken och lagen om brandfarliga och explosiva varor. Om sådan typ av verksamhet är aktuell för verksamhetsområdet behövs kompletterande detaljerade riskbedömningar upprättas då uppgifter om exempelvis kemikalimängder, utsläpp och säkerhetsrutiner inte prövas i en detaljplan.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	7
1.1	BAKGRUND	7
1.2	SYFTE OCH MÅL	7
1.3	OMFATTNING	7
1.4	AVGRÄNSNINGAR	8
1.5	PLANERINGSPROCESS, KOMMUNENS ANSVAR	8
1.6	STYRANDE DOKUMENT	9
1.7	SAMRÅD	10
1.8	UNDERLAGSMATERIAL	11
1.9	INTERNKONTROLL	11
2	OMRÅDESBESKRIVNING	12
2.1	OMGIVNING	12
2.2	PLANOMRÅDET	13
2.3	INFRASTRUKTUR	14
2.4	BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET	15
3	RISKIDENTIFIERING	16
3.1	IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR	16
3.2	TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ E4	16
3.3	MEKANISK PÅVERKAN I SAMBAND MED URSPÅRNING	16
3.4	TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ JÄRNVÄGEN	17
3.5	NY INDUSTRIETABLERING	17
3.6	SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER	17
4	RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING	18
4.1	INDIVIDRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ E4	20
4.2	SAMHÄLLSRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ E4	20
4.3	INDIVIDRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ ÅDALSBANAN	21
4.4	SAMHÄLLSRISKNIVÅ MED AVSEENDE ÅDALSBANAN	21
4.5	RISKBIDRAG FRÅN BÅDE VÄG OCH JÄRNVÄG	22
4.6	RISKPÅVERKAN FRÅN TILLKOMMANDE VERKSAMHET	22
4.7	KÄNSLIGHETSANALYS	23
5	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	26
5.1	SKYDDSAVSTÅND	26
5.2	HÖJDSKILLNAD/BARRIÄR	26
5.3	DISPOSITION AV PLANOMRÅDE	26
6	DISKUSSION	27

7	SLUTSATSER	28
BILAGA A.	METOD FÖR RISKHANTERING	29
BILAGA B.	STATISTISKT UNDERLAG	31
BILAGA C.	FREKVENSBERÄKNINGAR	34
BILAGA D.	KONSEKVENSBERÄKNINGAR	44
BILAGA E.	FREKVENSBERÄKNINGAR	49
BILAGA F.	KONSEKVENSBERÄKNINGAR	58

1 INLEDNING

WSP har av Timrå kommuns helägda bolag Timrå Invest AB fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med planering för industriell verksamhet i Torsboda i Timrå kommun. Riskbedömningen avser beskriva riskbilden för planområdet, och därmed utgöra en grund för att bedöma lämpligheten med detaljplanen, samt vid behov ge förslag på riskreducerande åtgärder.

1.1 BAKGRUND

Planområdet planeras att användas för industriverksamhet. Området utgörs idag av skogsmark i sluttande terräng med en yta på cirka 79 hektar. Norr om planområdet löper E4 och väster om planområdet löper Ådalsbanan som är del av järnvägssystemet. E4 är en rekommenderad primär väg för farligt gods [1] och på Ådalsbanan sker transporter av farligt gods på järnväg.

Enligt Länsstyrelsen Västernorrland ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led [2]. Med anledning av länsstyrelsens krav upprättas denna riskbedömning.

1.2 SYFTE OCH MÅL

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan-och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk, samt Länsstyrelsen Västernorrlands krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led. Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närhet till farligt gods-led.

Riskbedömningen syftar också till att översiktligt bedöma förutsättningarna för att etablera en industriverksamhet inom området ur ett riskperspektiv.

Målet med riskbedömningen är att utreda och värdera riskpåverkan på planområdet och vid behov ge förslag på riskreducerande åtgärder. Lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan på omgivningen ska också bedömas.

1.3 OMFATTNING

Riskbedömningen tar huvudsakligt avstamp i nedanstående frågeställningar:

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

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

1.4 AVGRÄNSNINGAR

I riskbedömningen belyses risker förknippade med transport av farligt gods på E4 och Ådalsbanan samt mekanisk påverkan från Ådalsbanan. Riskbedömningen avser också översiktligt belysa risker mot omgivningen som kan uppstå till följd av planerad markanvändning.

Riskerna avgränsas geografiskt till planområdets närmaste omgivning. Risker i tätorten Timrå har avgränsats bort eftersom avståndet bedöms vara för långt för att kunna ge någon riskpåverkan.

De risker som har beaktats är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, med andra ord risker som påverkar personers liv och hälsa. Bedömningen beaktar inte påverkan på egendom, miljö eller arbetsmiljö, personskador som följd av påkörning eller kollision eller långvarig exponering av buller, luftföroreningar samt elsäkerhet.

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

Planeringen av verksamhetsområdet befinner sig i ett tidigt skede och det är ännu inte klarlagt vilken specifik industriverksamhet som ska etableras inom området. Kompletterande riskutredningar kan därför behövas i ett senare skede när beslut om vilken typ av verksamhet som ska anläggas har fattats.

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

1.5 PLANERINGSPROCESS, KOMMUNENS ANSVAR

Fysisk planering handlar om hur mark och vattenområden bör användas, var bebyggelse och infrastruktur ska ligga och hur den bör vara utformad. Det är Plan- och bygglagen som styr kommunernas fysiska planering med tre typer av kommunala fysiska planer: översiktsplaner, detaljplaner och områdesbestämmelser [4].

- Översiktsplanen ska täcka hela kommunens yta. Den visar i grova drag hur kommunen vill att stad och land ska utvecklas, vilka områden som bedöms vara lämpliga för ny bebyggelse och var det inte bör byggas av olika skäl. Översiktsplanen vägleder detaljplanering och bygglov men är inte bindande.
- Detaljplaner upprättas i allmänhet när det ska byggas nytt i en tätort eller annan sammanhållen bebyggelse. De reglerar mer i detalj var nya byggnader får placeras och hur de ska utformas. Detaljplanen ger byggrätt och är bindande, det vill säga det som anges i detaljplanen är också det som blir en laglig rättighet att bygga.
- Områdesbestämmelser är ett mellanting mellan översiktsplan och detaljplan. Med dem kan kommunen reglera grunddragen i mark- och vattenanvändningen om det behövs för att säkerställa översiktsplanens syften eller tillgodose ett riksintresse. Områdesbestämmelser ger ingen byggrätt.

I kommunens ansvar med att planlägga mark- och vattenområden ingår att göra avvägningar mellan allmänna och enskilda intressen, men också mellan olika allmänna intressen. Hälsa, säkerhet, och risken för olyckor, översvämning och erosion är exempel på allmänna intressen vid denna avvägning.

Kommunen ska med en detaljplan pröva ett mark- eller vattenområdes lämplighet med hänsyn till den generella markanvändningen (för till exempel industri) och den verksamhet som ska bedrivas där. Hänsyn ska tas till verksamhetens eventuella påverkan på omgivning och befintlig bebyggelse. Hänsyn ska även tas till eventuell påverkan på planområdet från omgivningen.

Detta kan till exempel vara risk för olyckor kopplat till transport av farligt gods på angränsande vägar och järnväg eller Sevesoverksamheter i närheten av planområdet.

Att en detaljplan medger industri, innebär inte automatiskt att alla industri typer är lämpliga att anlägga. Särskilt inte om det kan uppstå dominoeffekter med omgivningen. Åtgärder som är förenliga med en detaljplan enligt PBL kan kräva tillstånd enligt annan lagstiftning. Enskilda verksamheter, med exempelvis uppgifter om kemikalimängder, utsläpp och säkerhetsrutiner, prövas inte i en detaljplan. Den prövningen görs istället enligt relevant lagstiftning för ansökning om verksamhetstillstånd, exempelvis enligt Sevesolagstiftningen, miljöbalken och lagen om brandfarliga och explosiva varor (LBE).

Att planlägga mark och vatten är ett kommunalt ansvar enligt ovan. I samband med kommunens planläggning ska länsstyrelsen särskilt bevaka frågor rörande till exempel riksintressen, miljö kvalitetsnormer, frågor som rör hälsa och säkerhet samt risken för olyckor. Länsstyrelsen ska utöva tillsyn över detaljplaner och ska överpröva kommunens beslut om det kan antas att kommunens beslut inte är förenligt med de frågor som länsstyrelsen särskilt har att bevaka.

1.6 STYRANDE DOKUMENT

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

1.6.1 Plan- och bygglagen

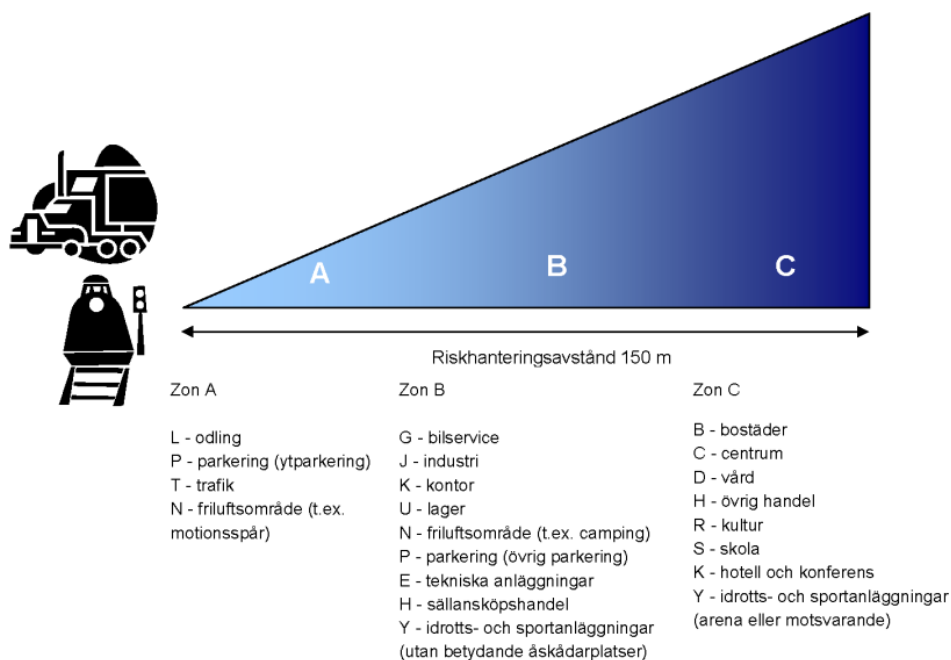
Plan- och bygglagen (2010:900) ställer krav på att bebyggelse lokaliseras till för ändamålet lämplig plats med syfte att säkerställa en god miljö för brukare och omgivning.

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§)

1.6.2 Riktlinjer – Transportleder för farligt gods

Länsstyrelsen Västernorrland har tagit fram en riskpolicy, Riskhantering i detaljplaneprocessen [2], i vilken det framgår att riskhanteringsprocessen ska beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meters avstånd från en transportled för farligt gods. I Figur 1 illustreras lämplig markanvändning i anslutning till transportleder för farligt gods. Zonerna representerar möjlig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods – väg och järnväg. Zonerna har inga fasta gränser, utan det är riskbilden för det aktuella planområdet som är avgörande för markanvändningens placering. En och samma markanvändning kan därigenom tillhöra olika zoner.



Figur 1. Zonindelning för riskhanteringsavstånd. Zonerna representerar möjlig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods – väg och järnväg [2].

1.6.3 Riktlinjer – Storskalig kemikaliehantering

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har gett ut vägledningen Samhällsplanering och riskhantering i anslutning till storskalig kemikaliehantering [3]. Med storskalig kemikaliehantering avses i huvudsak verksamheter som omfattas av Sevesolagstiftningen och/eller 2 kap. 4 § i Lagen om skydd mot olyckor (2003:778). Vägledningen beskriver hur risker kopplat till storskalig kemikaliehantering kan hanteras vid etablering av nya verksamheter samt vid exploatering i nära anslutning till dessa. Vägledningens syfte är i första hand att vägleda i beslut enligt Plan- och bygglagen (PBL) och kan bli aktuell att beakta i den fortsatta planeringen av området beroende på typ av verksamhet.

Vägledningen fastställer att mark 100 meter från en Sevesoverksamhets fastighetshetsgräns generellt inte ska planläggas för etablering av ny bebyggelse för annat än industriändamål [3]. 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.

I vägledningen presenteras schabloniserade riskhanteringsavstånd för verksamheter med storskalig kemikaliehantering. Dessa avstånd baseras på vilken typ och mängden farliga ämnen som hanteras inom verksamheten. En kommun kan välja att inte applicera de schabloniserade riskhanteringsavstånden i vägledningen och istället ta fram egna utifrån de lokala förutsättningarna.

1.7 SAMRÅD

Samråd för detaljplan för Torsboda 1:2 m.fl. har genomförts under perioden 2021-12-01 till 2022-01-14.

1.8 UNDERLAGSMATERIAL

Arbetet baseras huvudsakligen på följande underlag:

- Trafikutredning Torsboda, WSP 2021-11-25
- Trafikflödesmätningar från Trafikverket [5]
- Trafikuppgifter järnväg från Trafikverket [6]
- Plankarta
- Kartunderlag från Lantmäteriet

1.9 INTERNKONTROLL

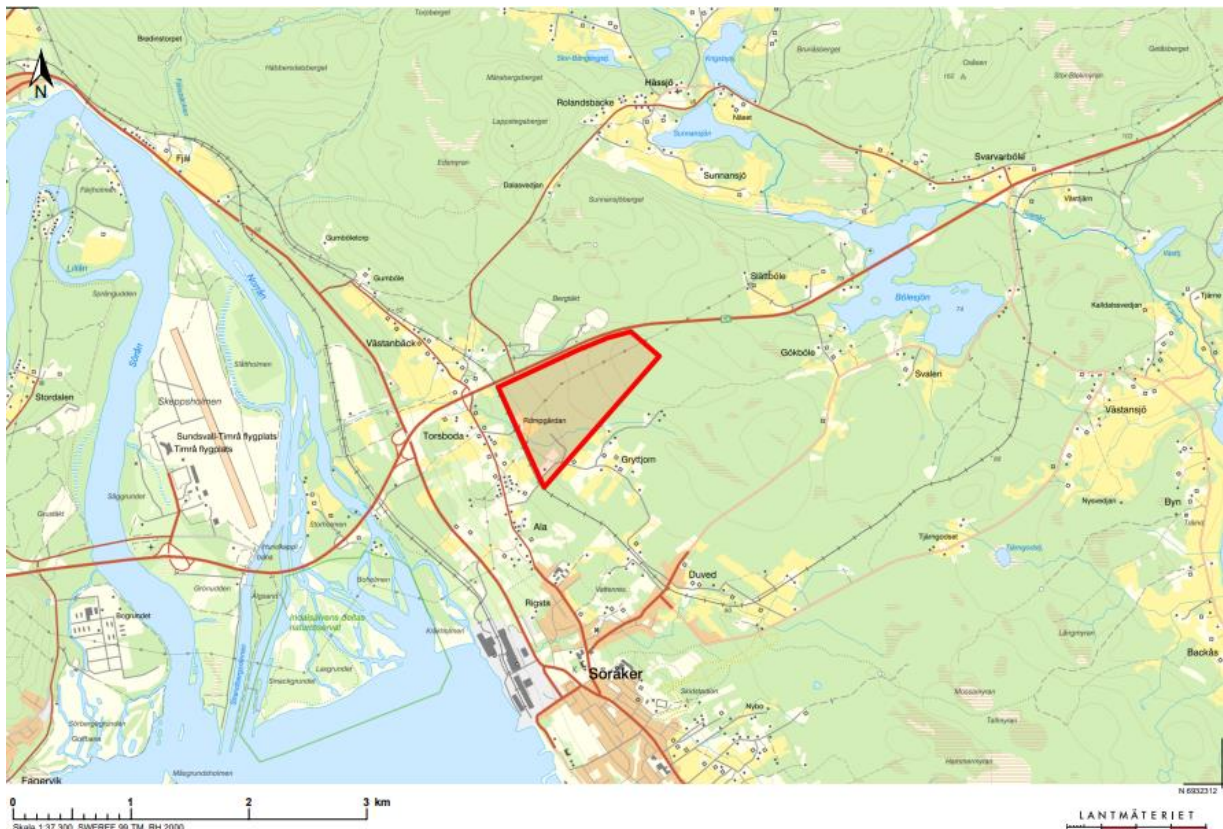
Rapporten är utförd av David Angelsen (med Cecilia Nordenö (Civilingenjör Riskhantering) som uppdragsansvarig. I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet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

2 OMRÅDESBESKRIVNING

Följande kapitel ger en översiktlig beskrivning av planområdet och dess omgivning med syfte att överskådligt tydliggöra de förutsättningar och konfliktpunkter som utgör grund för bedömningen.

2.1 OMGIVNING

Planområdet ligger i Timrå kommun, till öster om stadsdelen Torsboda och norr om Söråker, se Figur 2. Rakt söderut ligger området Gryttjom, med tioetalet bostadshus. I Torsboda finns viss utspridd bebyggelse och i Söråker är bebyggelsen tätare.



Figur 2. Översiktbild över omgivningen. Planområde markerat med rött [7].

I Torsboda finns en järnvägsterminal, Deltaterminalen, och en hamn. Avståndet fågelvägen från industriområdet till järnvägsterminalen är cirka 3 km och till hamnen cirka 3 km. Sundsvall-Timrå flygplats ligger cirka 3 km rakt västerut. Vid trafikplats Torsboda, cirka 300 meter från planområdet, finns en drivmedelsstation.

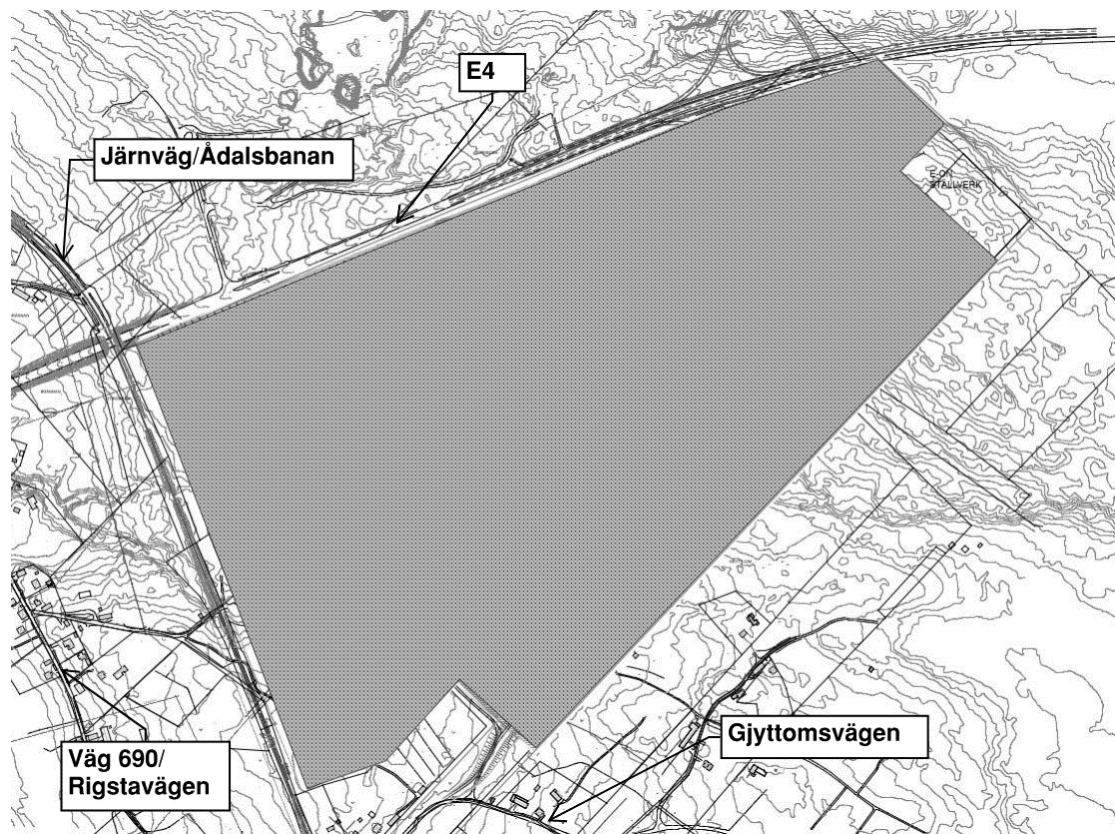
2.2 PLANOMRÅDET

Idag utgörs planområdet av skogsmark och har en yta på cirka 79 hektar. Planområdet angränsar i väster till Ådalsbanan och i norr till E4. Det kortaste avståndet från planområdets gräns till Ådalsbanan är cirka 10–15 meter och till E4 cirka 10–15 meter.

Terrängen inom området är sluttande längs områdets gräns mot E4 där höjdskillnaden mellan lägsta och högsta punkt är cirka 23 meter. Planområdet lutning går i östvästlig riktning med de lägre nivåerna närmast järnvägen. Området planeras dock att schaktas för att jämna ut marknivån.

Inom området finns det en endurobana med anslutning till E4. Den är stängd och håller på att avvecklas. Den södra delen av planområdet korsas av en bäck. Kraftledningar korsar i öst-västlig riktning centralt genom området.

En översiktlig bild av planområdet kan ses i Figur 3.



Figur 3. Översiktlig bild över planområdet (gråmarkerat) och omgivande infrastruktur.

2.3 INFRASTRUKTUR

I följande avsnitt beskrivs den infrastruktur som finns i anslutning till planområdet.

2.3.1 Vägar

Norr om planområdet löper E4 i östvästlig riktning. Vägen utgör motortrafikled i form av 2 + 1 väg med mitträcke mellan körfälten. Hastighetsbegränsningen för sträckan är 100 km/h. E4 är utpekad som primär transportled för farligt gods och samtliga farligt gods-klasser är tillåtna.

I höjd med planområdet finns påfart och avfart till och från området där endurobanan är belägen. I områdets södra del finns en anslutande skogsbilväg (enskild väg) som ansluter området via Gryttjomsvägen. För att komma till skogsbilvägen söderifrån sker passage över plankorsning med järnvägen.

Norr om området finns en befintlig anslutning, väg 685, till sydöstra sidan av E4 men den leder inte direkt in i planområdet.

Söder om bron (över järnvägen) på E4 finns trafikmätningar i Trafikverkets trafikflödeskarta [5]. ÅDT och andel tunga fordon antas vara lika på E4 utmed planområdet. Trafiken för år 2040 har beräknats med hjälp av prognosvärden från Trafikverket [8]. Tabell 1 visar senaste aktuella trafikmätning i form av ÅDT för 2019 och en prognostiserad ÅDT för 2040.

Tabell 1. Total årsdygnstrafik (ÅDT) i båda åkriktningar för E4, avsnitt 17740248.

Fordonsslag	ÅDT 2019 (antal fordon/dygn)	ÅDT 2040 prognostiserad (antal fordon/dygn)
Totalt	10 530	11 688
Personbilar	8 690	9 462
Lastbilar/tung trafik	1 840	2 226
Andel tung trafik	17,47%	19,05%

2.3.2 Järnväg

Väster om planområdet löper Ådalsbanan, vilken utgör transportled för farligt gods. Järnvägen går under E4 i nordsydlig riktning och är enkelspårig. Ådalsbanan ansluter med spår till Deltaterminalen i Torsboda.

Trafikverkets prognos för antal tåg som passerar aktuell järnvägssträcka mellan Timrå och Härnösand år 2040 redovisas i Tabell 2 [6].

Tabell 2. Total årsdygnstrafik på Ådalsbanan mellan Timrå och Härnösand.

Tågtyp	ÅDT 2040 prognostiserad (antal tåg/dygn)
Totalt	47,6
Persontåg	29,8
Godståg	17,8

2.4 BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET

Timrå kommun hade en befolkning på år 2020 på 17 963 innevånare och en befolkningstäthet på 22,9 invånare/km² [9]. Närmaste tätbebyggda område är Söråker söder om planområdet med en befolkning år 2020 på 2414 innevånare och en befolkningstäthet på 454 invånare/km² [9].

Ett hypotetiskt scenario används för att utreda effekter av etablering. För planområdet antas en industri anläggas och antalet anställda beräknas uppgå till mellan 2 000–3 000 personer. Eftersom de anställda antas jobba i skift förväntas aldrig mer än två tredjedelar av de anställda befinna sig på anläggningen samtidigt. Detta innebär att persontätheten inom planområdet uppskattas till 2 080 personer/km², baserat på 2 500 anställda och en yta på 0,8 km².

3 RISKIDENTIFIERING

Detta kapitel presenterar identifierade riskkällor samt en sammanställning av de olycksscenarioer som beaktas vidare i rapporten.

3.1 IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR

Följande riskkällor har identifierats:

- Olycka vid transport av farligt gods på E4
- Mekanisk påverkan i samband med urspårning
- Olycka vid transport av farligt gods på Ådalsbanan
- Påverkan på riksintressen eller människors liv och hälsa till följd av ny industrietablering

Inga övriga riskkällor, såsom farliga verksamheter, Sevesoverksamheter, et cetera har kunnat identifieras i områdets närhet.

3.2 TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ E4

För beräkningar har statistik gällande riksgenomsnitt för farligt godstransporter på väg använts. För uppskattning av risknivån har årsmedeldygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning et cetera för aktuella vägavsnitt använts som indata.

Med hjälp av Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skrift Farligt gods – riskbedömning vid transport [10] beräknas frekvensen för att en trafikolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på aktuellt vägavsnitt. För beräkning av frekvenser/ sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys.

Konsekvenserna av olika skadescenarioer uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar.

Utifrån bedömning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med farligt gods, se avsnitt B.2, bedöms följande farligt gods-kategorier vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen; klass 1, 2, 3 och 5. Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom i olycksfordonets omedelbara närhet.

3.3 MEKANISK PÅVERKAN I SAMBAND MED URSPÅRNING

Den dominerande risken (med avseende på sannolikhet) i anslutning till järnväg är urspårning. Konsekvenserna till följd av urspårning kan omfatta att människor förolyckas, antingen utomhus eller i intilliggande byggnader som påverkas av händelsen. Dock är den vanligaste konsekvensen av en urspårning materiella skador på järnvägsanläggningen och/eller på tåg. Risken för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg.

Det finns ett antal kända orsaker som var för sig eller tillsammans kan resultera i en urspårning, såsom växelpassager, kraftiga inbromsningar, spårlägesfel, solkurvor och sabotage. Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Konsekvenserna av en urspårning är direkt beroende av hur långt ifrån spåret som tåget hamnar. Urspårningar bedöms generellt ha ett konsekvensområde (med avseende på mekaniska skador) på maximalt cirka 30 meter från spåret, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom [11].

3.4 TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ JÄRNVÄGEN

För beräkningar har statistik över antal transporter på Ådalsbanan mellan Timrå och Härnösand använts [6]. Med hjälp av Banverkets (nuvarande Trafikverket) rapport [12] beräknas frekvensen för att en järnvägsolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på den aktuella sträckningen. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys.

Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar.

Utifrån bedömning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med farligt gods, se avsnitt B.2, bedöms följande farligt gods-kategorier vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen; klass 1, 2, 3 och 5. Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom i olycksfordonets omedelbara närhet.

3.5 NY INDUSTRIETABLIERING

Detaljplanen avser möjliggöra industrietablering inom området. Beroende på typ av industri kan etableringen medföra risker för omgivningen. Om det sker en olycka på industriområdet skulle människor som befinner sig i omgivningen samt närliggande infrastruktur, E4 och Ådalsbanan vilka dessutom utgör riksintressen, kunna påverkas.

Eftersom det i dagsläget inte är känt vilken typ av verksamhet som ska etableras kan riskerna inte kvantifieras. Riskbilden beskrivs således enbart kvalitativt i detta skede.

3.6 SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER

Baserat på de farligt gods-klasser som utreds vidare, har ett antal dimensionerande olycksscenarioer med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 3. Olycksscenarioer kopplade till den nya industrietableringen behöver utredas i ett senare skede när typ av industri är fastställd.

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

Explosiva ämnen	Brandfarlig gas	Giftig gas	Brandfarlig vätska	Oxiderande ämnen	Urspårning
Klass 1	Klass 2.1	Klass 2.3	Klass 3	Klass 5.1	
Liten explosion	BLEVE	Litet läckage	Liten pölbrand	Explosion	< 5 m
Medelstor explosion	Gasmolns-explosion	Medelstort läckage	Medelstor pölbrand	Brand	5–15 m
Stor explosion	Liten jetflamma	Stort läckage	Stor pölbrand		15–25 m
	Mellan jetflamma				25–30 m
	Stor jetflamma				

4 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING

Detta kapitel redovisar individrisknivån och samhällsrisknivån för planområdet med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med farligt gods-transport på både väg och järnväg.

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 [13]. 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.

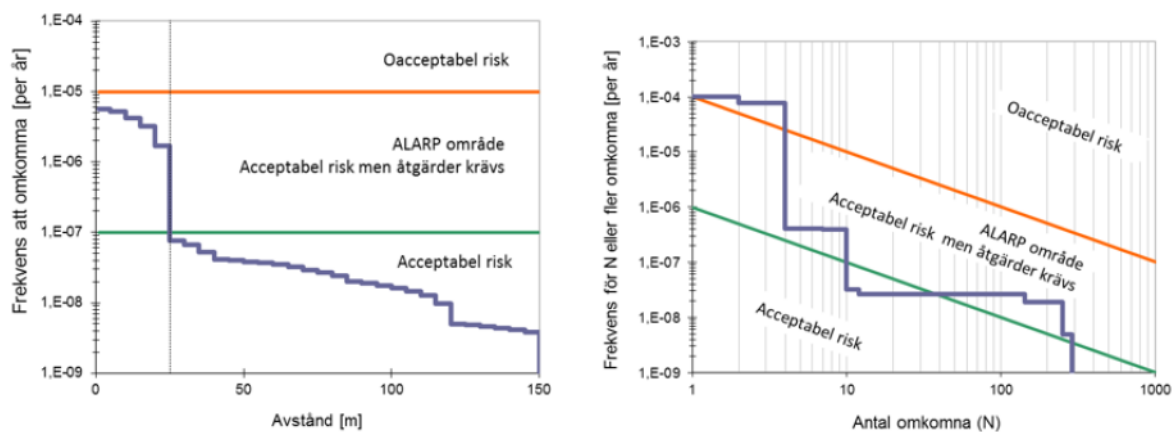
De risker som bedöms vara **acceptabla med åtgärder** behandlas enligt ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande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

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

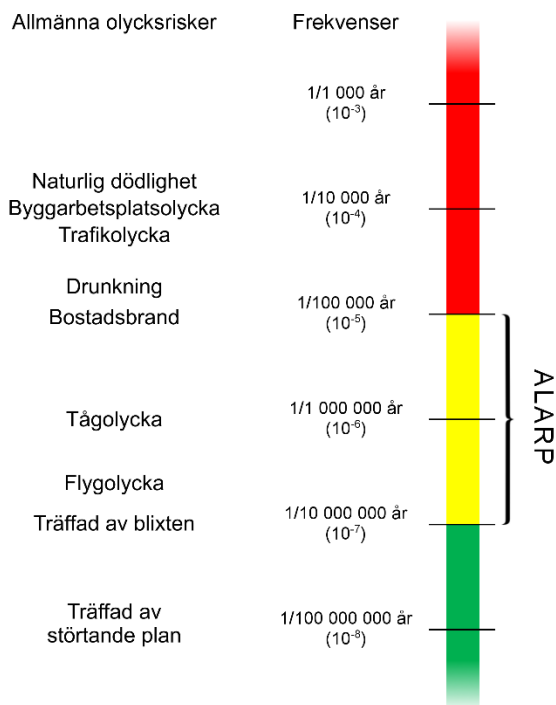
Tabell 4. Förslag till kriterier för värdering av individ och samhällsrisk enligt DNV.

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



Figur 4. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [13].

Som jämförelse illustreras i Figur 5 ett antal olycksrisker i samhället.



Figur 5. Storleksordning på allmänna olycksrisker i förhållande till ALARP-området [14].

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

Individerisk redovisas ofta med en individeriskprofil (t.v. i Figur 4) som beskriver frekvensen att omkomma som en funktion av avståndet till en riskkälla. Kan även redovisas som konturer på karta.

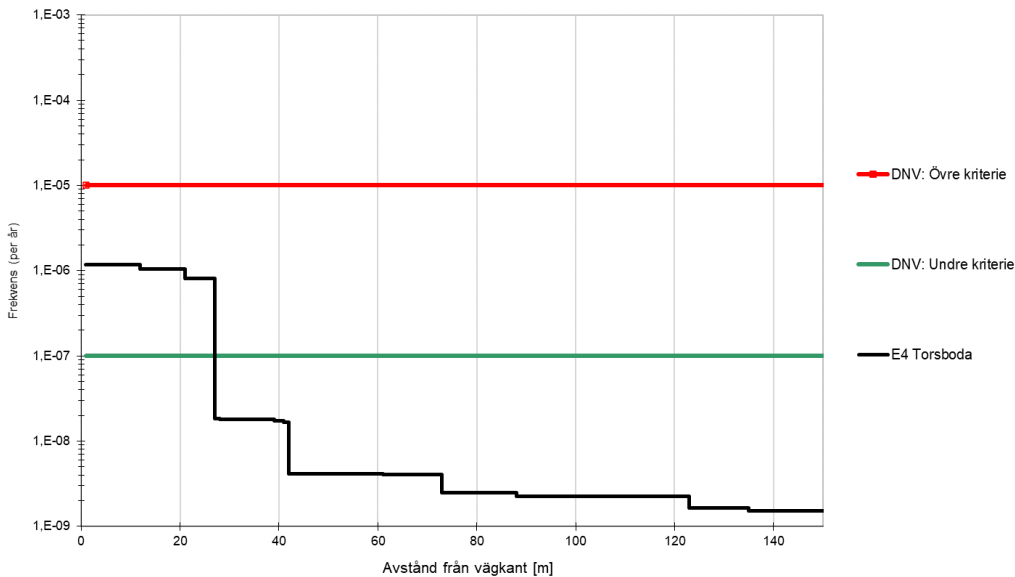
Samhällsrisk – Beaktar hur stor konsekvensen kan bli med avseende på antalet personer som påverkas vid olika scenarier där hänsyn tas till befolkningstätheten inom det aktuella området. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, som till exempel att persontätheten i området kan vara hög under en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

Samhällsrisk redovisas ofta med en F/N-kurva (t.h. i Figur 4) som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.

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

4.1 INDIVIDRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ E4

Individrisknivån för aktuellt område längs E4 horisontår 2040 illustreras i Figur 6. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området.

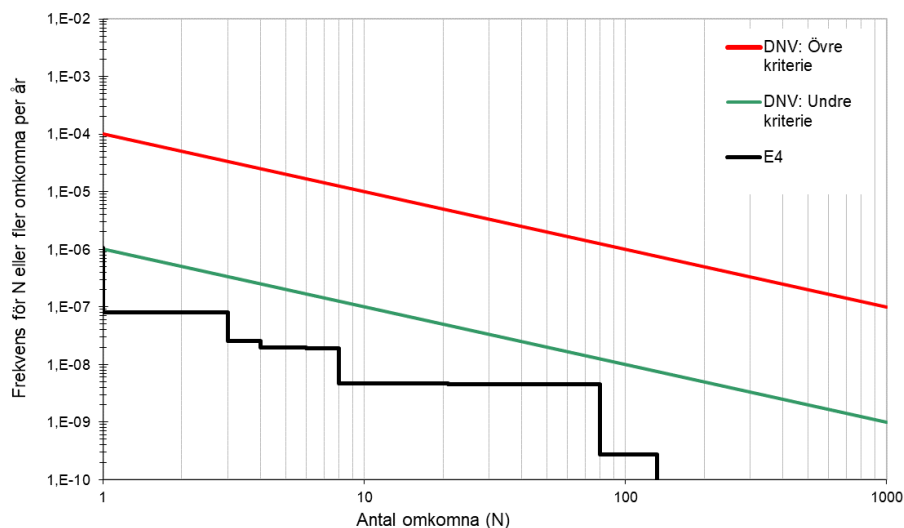


Figur 6. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på E4 år 2040.

Ur figuren kan utläsas att individrisken inom cirka 27 meter, mätt från väggkant för E4:s södra körbana ligger i mitten av ALARP-området. Inom detta avstånd är det största riskbidraget från olycksscenarioer med pölbrand. Bortom 27 meter från väggkanten är individrisken att betrakta som acceptabel.

4.2 SAMHÄLLSRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ E4

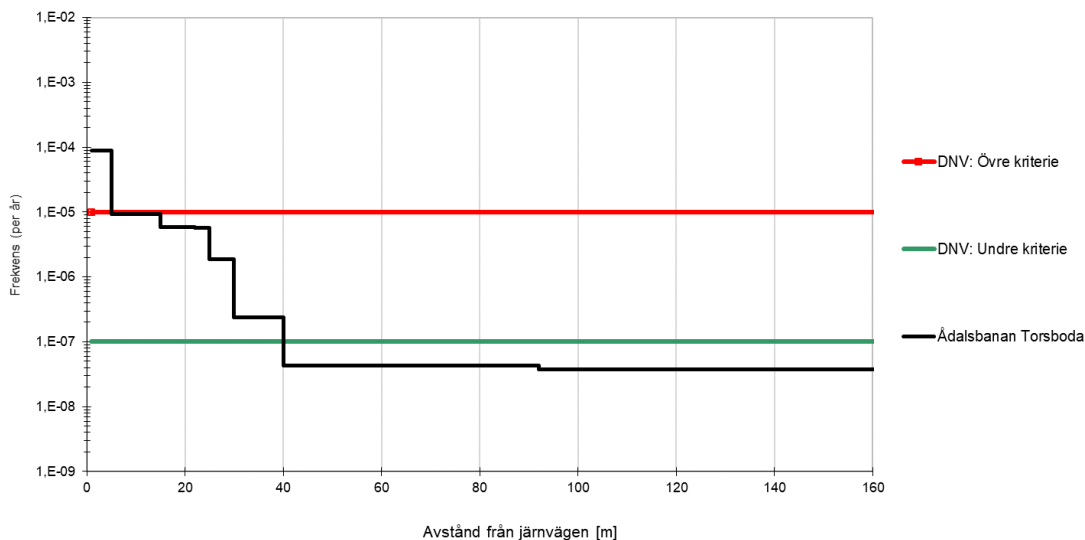
Samhällsrisknivån för aktuellt område längs E4 horisont år 2040 illustreras i Figur 7. Ur figuren kan utläsas att risken är acceptabel och ligger under ALARP vid ett bebyggelsefritt avstånd på 20 meter.



Figur 7. Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på E4 år 2040 vid ett befolkningsfritt avstånd på 20 meter.

4.3 INDIVIDRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ ÅDALSBANAN

Individeriskenivån för aktuellt område längs Ådalsbanan horisontår 2040 illustreras i Figur 8. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området.

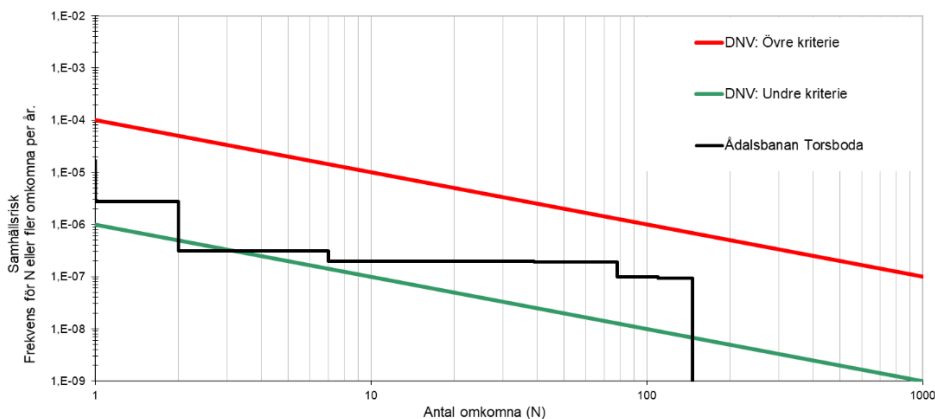


Figur 8. Individriskenivå med avseende på farligt gods-transporter på Ådalsbanan år 2040.

Ur figuren kan utläsas att individerisken är oacceptabel inom de fem första metrarna med anledning av urspårningsrisken. Denna risk bedöms dock inte ha någon betydande påverkan på planområdet med anledning av den stora höjdskillnaden mellan järnvägen och planområdet. Mellan fem och 40 meter ligger individerisken inom ALARP området. Bortom 40 meter från spåret bedöms individerisken ligga inom acceptabla nivåer.

4.4 SAMHÄLLSRISKNIVÅ MED AVSEENDE ÅDALSBANAN

Samhällsrisknivån för aktuellt område längs Ådalsbanan horisont år 2040 med ett bebyggelsefritt område på 20 meter illustreras i Figur 9.



Figur 9. Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på Ådalsbanan år 2040.

Ur figuren kan utläsas att risken ligger lågt eller i mitten av ALARP-området. De scenarier som ger högst bidrag till risknivåerna är urspårning och pölbrand vid olyckor med mindre konsekvenser och utsläpp av giftig gas vid olyckor med större konsekvenser. I beräkningarna har dock inga skyddseffekter till följd av höjdskillnaden mellan järnvägen och planområdet, vilken kraftigt reducerar påverkan från urspårningsrisk och pölbrand, beaktats. Att vistas inomhus i någon av anläggningens byggnader innebär också ett skydd mot bland annat giftigt gasutsläpp, men inte heller denna skyddseffekt har beaktats i beräkningarna. Den samhällsrisik som redovisas i Figur 9 kan således betraktas som mycket konservativ.

4.5 RISKBIDRAG FRÅN BÅDE VÄG OCH JÄRNVÄG

Inom planområdets nordvästra hörn kommer riskbidrag från både E4 och Ådalsbanan. Detta innebär att risknivåerna kopplade till E4 och Ådalsbanan adderas inom detta område. Risknivåerna kopplade till järnvägen är dominerande och riskerna kopplade till E4 ger endast en marginell ökning av dessa.

Individrisknivån inom detta område bedöms som acceptabel bortom 40 meter från järnvägen och 27 meter från vägen och samhällsrisiken bedöms ligga inom ALARP-området.

4.6 RISKPÅVERKAN FRÅN TILLKOMMANDE VERKSAMHET

Risker kopplade till framtida verksamhet inom området kommer att bero på vilken typ av industri som etableras. Riskpåverkan beror bland annat på om och vilka farliga ämnen som kan komma att användas inom anläggningen samt hur dessa hanteras. Vidare kommer den tekniska utformningen av anläggningen, exempelvis placeringen av eventuella lagringstankar och annan processutrustning, påverka riskbilden för omgivningen.

Vad gäller påverkan på närliggande infrastruktur bedöms sannolikheten vara låg. Större skador på E4 eller Ådalsbanan som medför att transportlederna måste hållas avstängda en längre tid skulle främst kunna uppstå vid en explosion eller BLEVE. Transportlederna skulle också kunna behöva stängas av om brand eller utsläpp av brandfarliga eller giftiga gaser skulle uppstå på industriområdet. Ett sådant scenario bedöms dock endast leda till kortare avstängning och inga långvariga effekter på väg- eller järnvägsanläggningen. Det kan dock påpekas att sannolikheten för att en industrianläggning ska orsaka skador på E4 eller Ådalsbanan troligtvis är lägre än sannolikheten för att skador uppstår i samband med exempelvis trafikolyckor eller bränder i trafikrummet.

Planområdet är till största del omgivet av skogsmark. Det finns viss utspridd bebyggelse i den närliggande omgivningen, men närmaste tätbebyggda område är Söråker som ligger ca. 1,5 km söderut. Detta innebär att persontätheten i omgivningen är låg och detta talar för att samhällsrisiken kopplad till den tillkommande verksamheten skulle bli låg. Det finns inte heller några närliggande farliga verksamheter som skulle kunna medföra kumulativa effekter, d.v.s. att en olycka på den ena industrin initierar eller förvärrar en olycka på den andra.

Sammantaget bedöms det finnas goda förutsättningar för att anlägga industriverksamhet inom området utan att den tillkommande verksamheten medför oacceptabla risknivåer för omgivningen. Med avseende på planområdets storlek finns också goda förutsättningar att disponera ytan på ett sådant sätt att riskpåverkan på omgivningen kan hanteras.

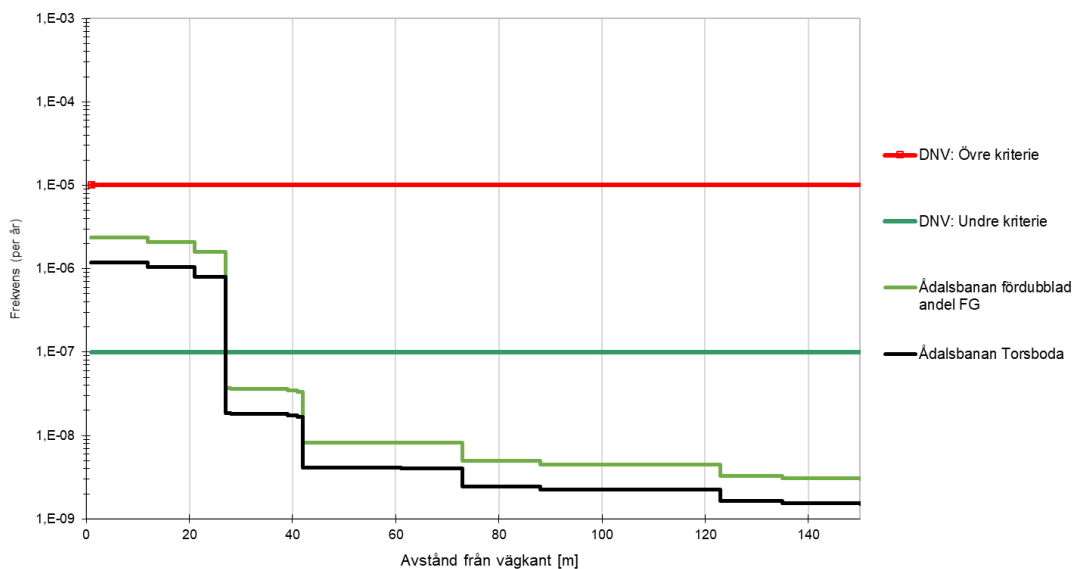
Beroende på vilken typ av verksamhet som anläggs kan vidare riskutredningar behövas i samband med prövning för tillstånd enligt exempelvis Miljöbalken, Sevesolagstiftningen och LBE.

4.7 KÄNSLIGHETSANALYS

Genom att göra en känslighetsanalys undersöks resultatets robusthet. I känslighetsanalysen varieras värden på parametrar som präglas av osäkerheter för att studera hur resultatet påverkas av förändringar i ingångsdata. I denna riskbedömning har antalet farligt gods-transporter förbi området och uppskattad persontäthet bedömts vara sådana parametrar. Individrisken påverkas endast av antalet farligt gods-transporter medan samhällsrisken påverkas av både persontätheten och antalet transporter med farligt gods.

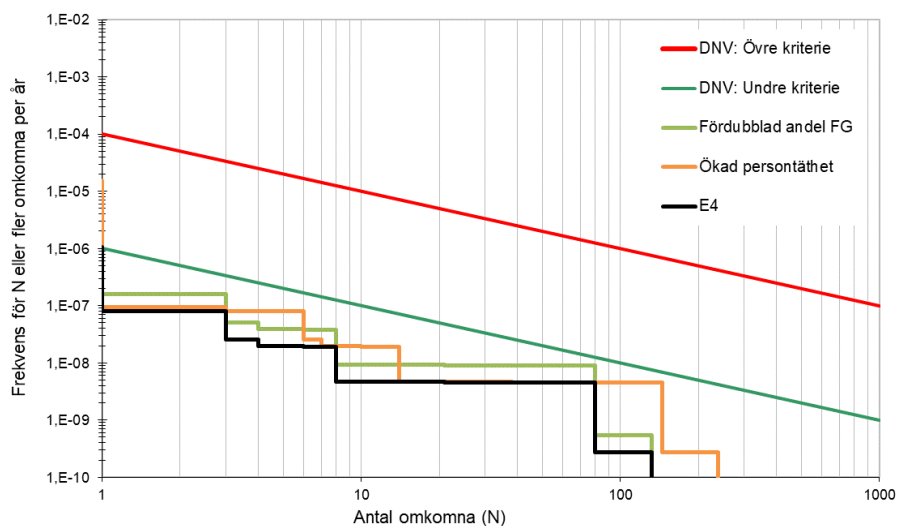
4.7.1 Känslighetsanalys med avseende på E4

I Figur 10 visas individrisken med avseende på E4 för grundscenariot samt ett scenario där andelen tung trafik som fraktar farligt gods har fördubblats. Resultatet visar att sannolikheten för att en olycka inträffar ökar något, men risknivån ligger fortfarande inom ALARP-området upp till 27 meter från vägkanten och är därefter acceptabel.



Figur 10. Känslighetsanalys av individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på E4 år 2040.

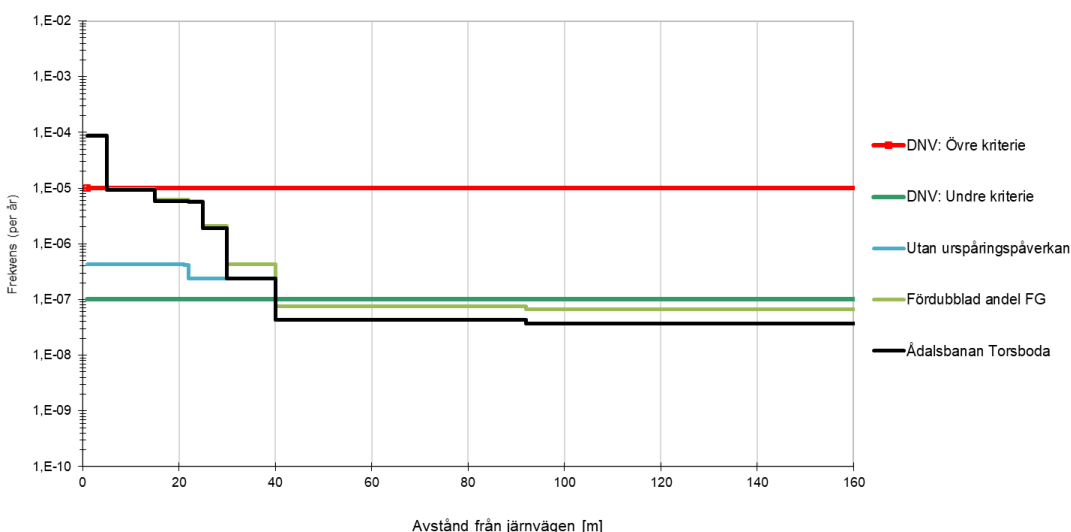
Känslighetsanalysen på samhällsrisken med avseende på E4, se Figur 11, visar att risken är acceptabel även vid fördubblad andel tung trafik med farligt gods och en ökning av persontätheten med drygt 50%.



Figur 11. Känslighetsanalys av samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på E4 år 2040.

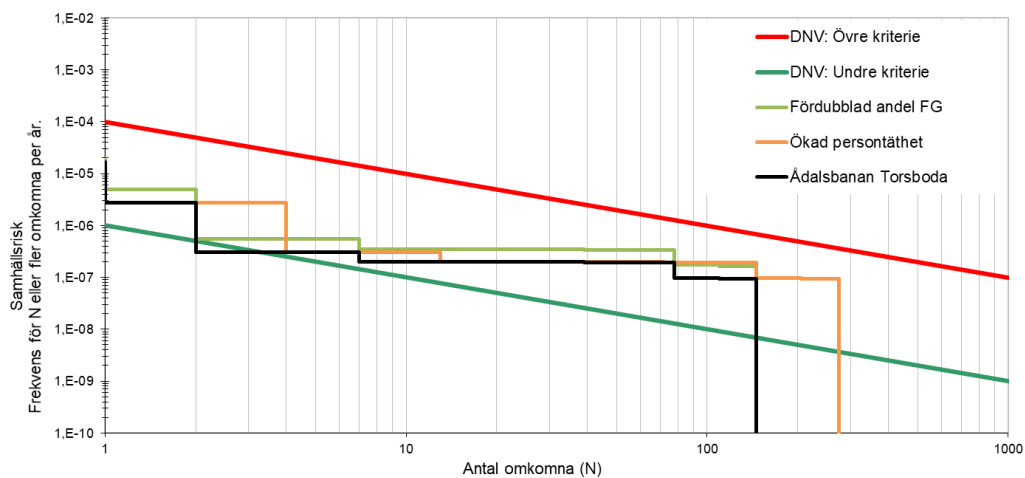
4.7.2 Känslighetsanalys med avseende på Ådalsbanan

Figur 12 visar känslighetsanalysen på individrisken med avseende på Ådalsbanan. En fördubbling av andelen tung trafik med farligt gods innebär att risknivån hamnar närmre DNV:s undre kriterium på avstånd större än 40 meter, men ligger fortfarande på en acceptabel nivå. Att risknivån på kortare avstånd än 30 meter inte påverkas av ökningen av farligt gods-transporter beror på att riskbidraget de 30 meterna närmast spåret främst beror på urspårningsrisken. På grund av höjdskillnaden mellan järnvägen och planområdet har en känslighetsanalys som inte beaktar påverkan från urspårning också gjorts. Figuren visar att individrisken närmast spåret blir betydligt lägre om höjdskillnaden antas ge fullt skydd mot urspårningspåverkan, men risknivån ligger fortfarande inom ALARP-området upp till 40 meter från spåret.



Figur 12. Känslighetsanalys av individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på Ådalsbanan år 2040.

Känslighetsanalysen på samhällsrisknivå med avseende på Ådalsbanan visas i Figur 13. Resultatet visar att framförallt en ökad persontäthet bidrar till en högre samhällsrisk, men risknivåerna ligger fortfarande inom ALARP-området. Det bör också påpekas att inga skyddseffekter från höjdskillnaden eller inomhusvistelse har beaktats i beräkningarna.



Figur 13. Känslighetsanalys av samhällsrisiknivå med avseende på farligt gods-transporter på Ådalsbanan år 2040.

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 [15], vilken är lämplig att använda som utgångspunkt. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som bedöms ge störst bidrag till risknivån utifrån de lokala förutsättningarna.

Åtgärderna kan antingen vara sannolikhetsreducerande eller konsekvensbegränsande. I samband med fysisk planering är det utifrån Plan- och bygglagen svårt att reglera sannolikhetsreducerande åtgärder, eftersom riskkällorna och åtgärderna i regel är lokaliserade utanför området, eller regleras med andra lagstiftningar. De åtgärder som föreslås kommer därför i första hand vara av konsekvensbegränsande art. Åtgärdernas lämplighet och riskreducerande effekt baserar sig i huvudsak på bedömningar gjorda i Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner [15]. De åtgärder som bedöms lämpliga att genomföra givet projektets förutsättningar och beräknade risknivåer presenteras och diskuteras nedan.

5.1 SKYDDSAVSTÅND

Åtgärden innebär att skyddsvärt objekt inte får placeras inom ett visst avstånd från en riskkälla. Inom ett skyddsavstånd kan mindre störningskänsliga verksamheter finnas, liksom skyddsanordningar, till exempel vall och plank. Skyddsavstånd som riskreducerande åtgärd har hög tillförlitlighet och fungerar oberoende av andra åtgärder.

För detta planområde rekommenderas följande skyddsavstånd:

- 40 meter till Ådalsbanan
- 27 meter till E4

5.2 HÖJDSKILLNAD/BARRIÄR

Höjdskillnaden mellan järnvägen och planområdet utgör en naturlig barriär. Höjdskillnaden innebär bland annat att påverkan från urspårning samt olycksscenarier med brandfarlig vätska reduceras kraftigt.

5.3 DISPOSITION AV PLANOMRÅDE

Genom att reglera användandet av planområdets yta kan den optimeras baserat på risknivå. Om planområdet disponeras så att parkeringsytor och interna vägar hamnar närmast farligt gods-lederna kan risker inom planområdet reduceras eftersom skyddsavståndet ökar.

I vidare planering av disposition av planområdet bör även risker för omgivningen finnas i åtanke. Detta kan exempelvis innebära att hantering och lagring av eventuella farliga ämnen samt särskilt farliga aktiviteter och processer disponeras till ytor så långt ifrån omgivande bebyggelse och infrastruktur som möjligt.

6 DISKUSSION

Riskbedömningar av detta slag är alltid förknippade med osäkerheter, om än i olika stor utsträckning. Osäkerheter som påverkar resultatet kan vara förknippade med bland annat 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
- Trafikprognoser för horisontåret 2040
- Farligt gods-transporter förbi planområdet
- Schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar
- Antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadesscenario

Vid analyser av detta slag råder ibland 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. Dessa svårigheter innebär att olika riskanalyser/riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata [16].

De antaganden som har gjorts har varit konservativa så att risknivån inom området inte ska underskattas. Det har dessutom gjorts olika känslighetsanalyser för att ta höjd för eventuella förändringar, dels gällande ökad andel farligt gods transporter, dels ökad persontäthet på området. Känslighetsanalyserna visar på ett robust resultat där risknivåerna ligger kvar på en acceptabel nivå även om farligt gods transporter skulle öka eller om persontätheten skulle bli högre.

Markförhållandena som medför att järnvägen ligger lägre än planområdet har i sig en skyddande effekt på urspårning och olycksscenarioer med farligt gods. Det är också troligt att många av de anställda kommer att befinna sig inne i någon utav byggnaderna under arbetstiden, vilket också innebär ett visst skydd mot flera riskscenarier. Riskerna är sannolikt lägre med dessa förutsättningar.

Vilken industrityp som kommer att anläggas inom verksamhetsområdet är i dagsläget okänt, vilket gör det svårt att värdera riskerna för omgivningen. Genomförd kvalitativ bedömning av risknivåerna är endast översiktlig och behöver verifieras i ett senare skede när typ av verksamhet har beslutats.

7 SLUTSATSER

Utifrån genomförd analys bedömer WSP att det ur risksynpunkt inte finns några hinder för att etablera en industri på planområdet. Förutsatt att ett skyddsavstånd på 27 meter till E4 och 40 meter till Ådalsbanan upprätthålls bedöms risknivåerna för både individ- och samhällsrisk vara acceptabla.

Förutsättningarna för industrietablering på området bedöms vara goda, även med avseende på tillkommande verksamhets eventuella riskpåverkan på omgivningen. Möjligheter till att reducera risker för omgivningen bör dock finnas i åtanke i vidare planering och disposition av planområdet.

För enskilda verksamheter som ämnar att bedriva farlig verksamhet behövs prövning göras utifrån för verksamheten relevant regelverk såsom Sevesolagstiftningen, Miljöbalken eller Lagen om brandfarliga och explosiva varor. Om sådan typ av verksamhet är aktuell för verksamhetsområdet behövs kompletterande detaljerade riskbedömningar upprättas då uppgifter om exempelvis kemikalimängder, utsläpp och säkerhetsrutiner inte prövas i en detaljplan.

Med ovanstående förutsättning bedöms resultatet av riskutredningen uppfylla Plan-och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk, samt Länsstyrelsen Västernorrlands krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led.

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.

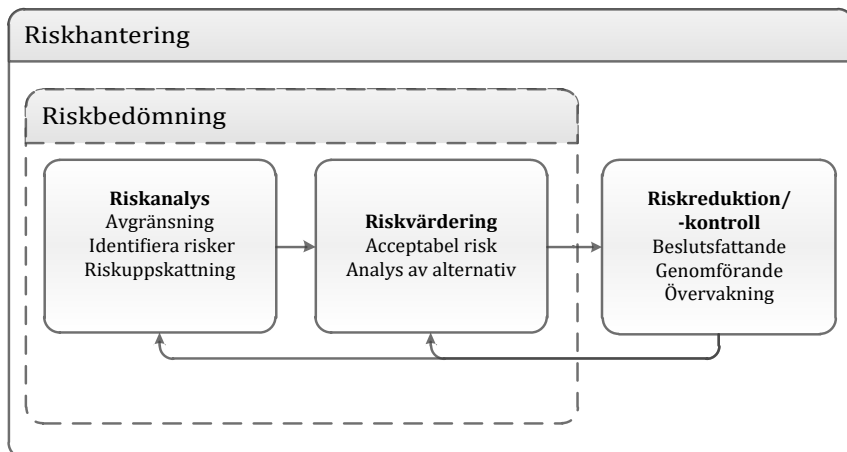
A.1. BEGREPP OCH DEFINITIONER

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.

Risicanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system [17] [18], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 14.

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, till exempel 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 14. 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

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 [19].

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 [19].

A.2.3 *Kvantitativa metoder*

Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år [20].

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 OLYCKSFREKVENNS

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport [10] presenteras metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt gods-transport på väg. Rapporten är en sammanfattning av Väg och- transportforskningsinstitutets rapport [21] och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarioer med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka kan två olika metoder användas. Antingen kan en olyckskvot uppskattas utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I denna riskanalys används det andra av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

Generellt gäller att vägtyper som tillåter högre hastighet är utformade på ett sätt vilket medför en lägre olyckskvot än där lägre hastighetsbegränsning råder. Korsningar, cirkulationsplatser och dylika utformningar ger högst olyckskvot. Antalet singelolyckor och sannolikheten att en olycka leder till en konsekvens med farligt gods (index) ökar med hastigheten.

Antalet trafikolyckor med transport av farligt gods som leder till konsekvens mot omgivningen beräknas enligt nedanstående metodik med indata enligt Tabell 5. Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används prognos för trafikflödet år 2040.

$$\begin{aligned}
 Olyckor_{Total}(O) &= \dot{A}DT_{Total} \cdot 365 \cdot Sträcka(km) \cdot OK \\
 Olyckor_{FG} &= O \cdot \left[\left(SiO \cdot \frac{\dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{Total}} \right) + (1 - SiO) \left(\frac{2 \cdot \dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{Total}} - \frac{\dot{A}DT_{FG}^2}{\dot{A}DT_{Total}^2} \right) \right] \cdot Index
 \end{aligned}$$

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

Indataparameter	E4 2040	Känslighetsanalys 1	Känslighetsanalys 2*
$\dot{A}DT_{total}$	11688	11688	11688
$\dot{A}DT_{FG}$	23,41	46,75	23,41
Hastighetsgräns	100	100	100
Olyckskvot (OK)	0,34	0,34	0,34
Andel Singelolyckor (SiO)	0,5	0,5	0,5
Index	0,34	0,34	0,34
Frekvens FG-olycka	$4,35 \cdot 10^{-3}$	$8,66 \cdot 10^{-3}$	$4,35 \cdot 10^{-3}$

*I känslighetsanalys 2 har samma indata som grundscenariö, men persontätheten har ökats.

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 [22] 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. Till exempel transporteras vätefluorid under klass 8 eftersom dess primära risk utgörs av frätskador. Ämnet är dock mycket giftigt och kan ge upphov till dödliga konsekvenser över relativt stora avstånd. I Tabell 6 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

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

ADR-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [22].	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 [23].
Klass 2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karnbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
Klass 5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 120 m.
Klass 6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

Klass 7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
Klass 8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [21]. 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 2015 genomfördes omkring 540 000 inrikes transporter med farligt gods med svenska lastbilar och den totala mängden farligt gods var drygt 16 miljoner ton, fördelat på en total sträcka av cirka 55 miljoner kilometer. Av samtlig tung trafik står farligt gods-transporter för omkring 2,5 % av den totalt tillryggalagda sträckan baserat på ett genomsnitt från 2013–2017. I Tabell 7 redovisas den inbördes fördelningen i körda kilometer för de olika klasserna baserat på uppgifter från TRAFKA mellan åren 2013–2017 för hela landet. Siffrorna anses representativa för utredd sträcka.

Tabell 7. Antalet farligt gods-transporter framräknat enligt beräkningsmodellen samt fördelning mellan ADR-S klasser.

	Fördelning
ÅDT _{FG}	23,41
ADR-S klass 1	0,32
ADR-S klass 2.1	6,73
ADR-S klass 2.3	0,04
ADR-S klass 3	47,32
ADR-S klass 5	2,62
ADR-S övriga	42,96

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 ÄMNINGAR OCH FÖREMÅL

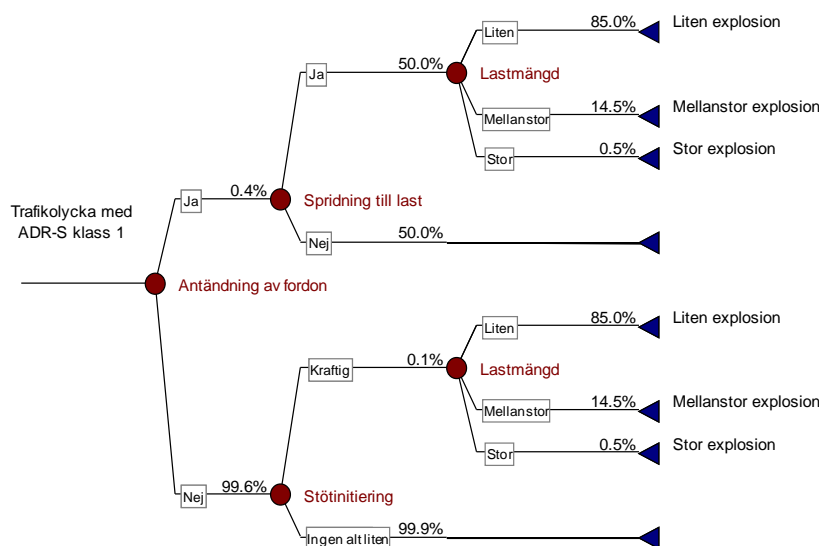
ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål [22]. Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen 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) [24] 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 15 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 15. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

C.1.2.1. ANTÄNDNING AV FORDON

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

Tillgänglig statistik över omfattningen av bränder inom transportsektorn är begränsad. Utifrån tillgänglig statistik från olika länder (bland annat Japan och Tyskland) anges en olyckskvot på cirka 1 fordonsbrand per 10 miljoner fordonskilometer [25]. Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna cirka 0,4 % [26] [27].

C.1.2.2. BRANDSPRIDNING TILL LASTEN

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

En fransk studie av fordonsbränder i tunnlar visar att 4 av 10 bränder släcks av personer på plats [28], 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 [29], att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

C.1.2.3. STÖT

Med stöt avses sådan med intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s [30]. Det saknas dock kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. HMSO [31] anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. Med hänsyn till den utveckling som skett inom fordonsutformning och trafiksäkerhet de senaste 20 åren antas sannolikheten för en stötinitierad detonation vara lägre än de 0,2 % som HMSO anger. Utifrån ovanstående bedöms sannolikheten för att en stöt initierar en detonation vara 0,1 %.

C.1.2.4. FÖRDELNING MELLAN LASTMÄNGDER

Genomfartstrafik respektive transporter till centrallager bedöms vanligen utgöras av maximalt lastade fordon, vilket motsvarar en last på 16 ton med fordon av EX/III-klass. Detta har framkommit i intervjuer med tillverkare och transportörer av explosiva ämnen [32] [33].

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) [34] 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 [35]. Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Fördelningen mellan viktklasserna uppgår enligt Polisens [36] tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen enligt Tabell 8 på nästa sida, för lastmängder av explosiva ämnen.

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

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

C.2. ADR-S KLASS 2 – GASER

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

Gaser tillhörande ADR-S klass 2 är indelade i olika riskgrupper beroende på dess farliga egenskaper; brandfarliga gaser (riskgrupp 2.1.), icke brandfarliga, icke giftiga gaser (riskgrupp 2.2) samt giftiga gaser (riskgrupp 2.3) [22]. 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 [37]. 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 [29].

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

C.2.1.1. GASLÄCKAGE

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet [38]. Erfarenheter från utländska studier visar att sannolikheten för läckage av det transporterade godset då sänks till 1/30 av värdet för läckage i tankbil med ADR-S klass 3 [10].

C.2.1.2. LÄCKAGESTORLEK

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

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.

C.2.1.3. ANTÄNDNING

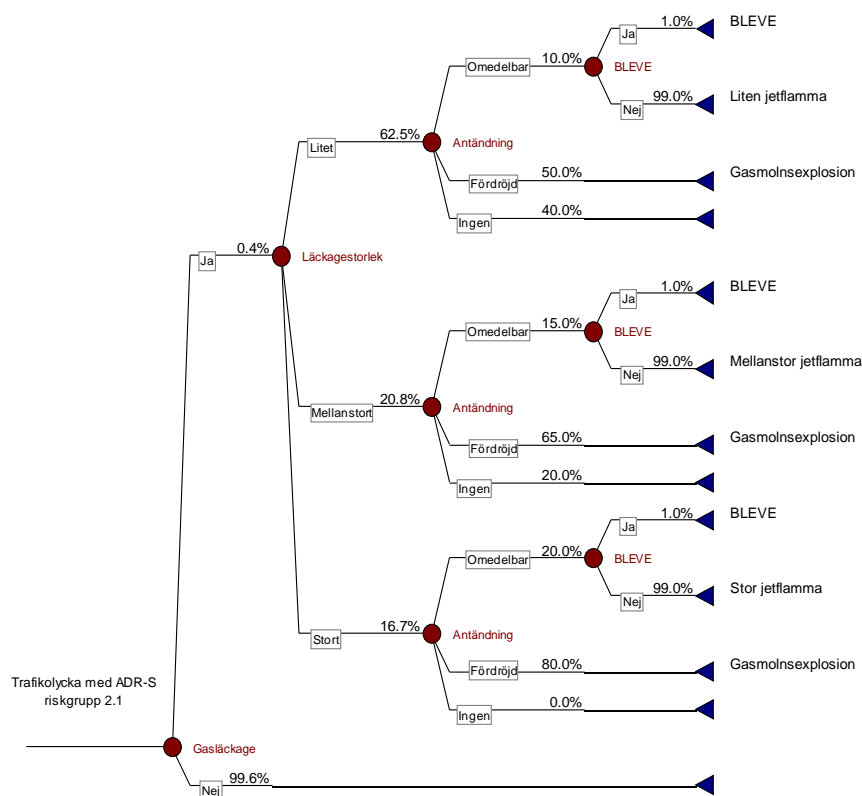
När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % [39], varför dessa värden kan antas gälla för *litet* läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

C.2.1.4. BLEVE

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

C.2.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 16 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 16. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

C.2.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

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

C.2.3.1. REPRESENTATIVT ÄMNE

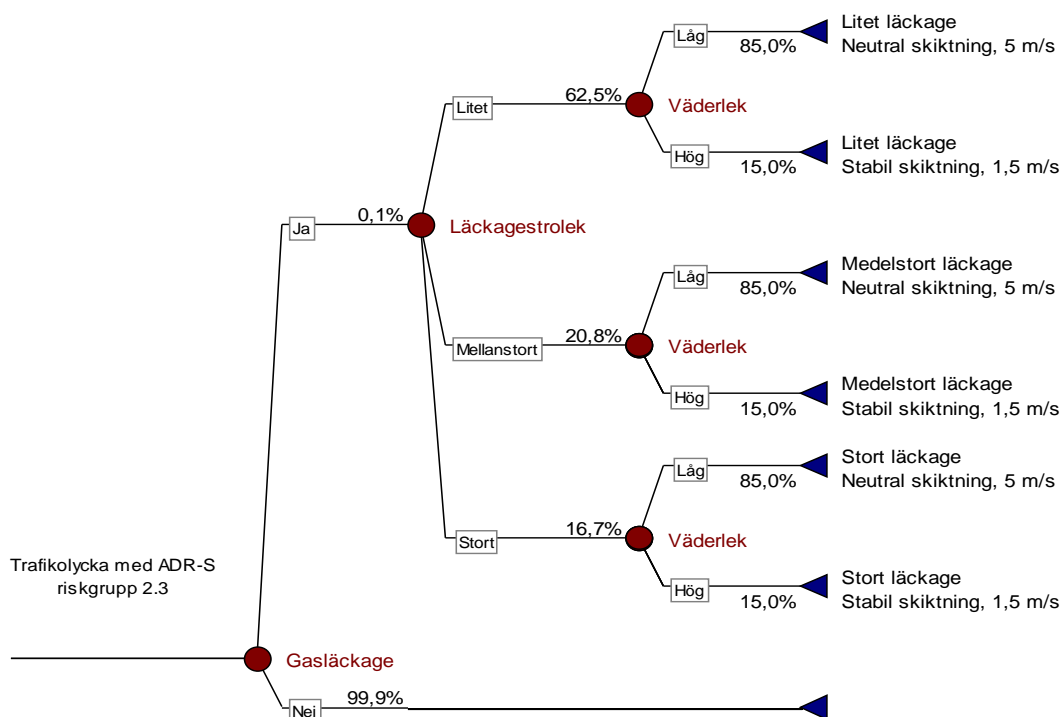
Svaveldioxid är den mest toxiska gas som transporteras på väg, varför ett konservativt antagande i att detta denna utgör dimensionerande ämne ansätts genomgående.

C.2.3.2. 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.2.4 Händelseträd med sannolikheter

Figur 17 redovisar sannolikheterna i händelseträdets som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 17. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

C.2.4.1. GASLÄCKAGE

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp [10]. Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet [38]. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 [10].

C.2.4.2. LÄCKAGESTORLEK

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

C.2.4.3. VÄDERLEK

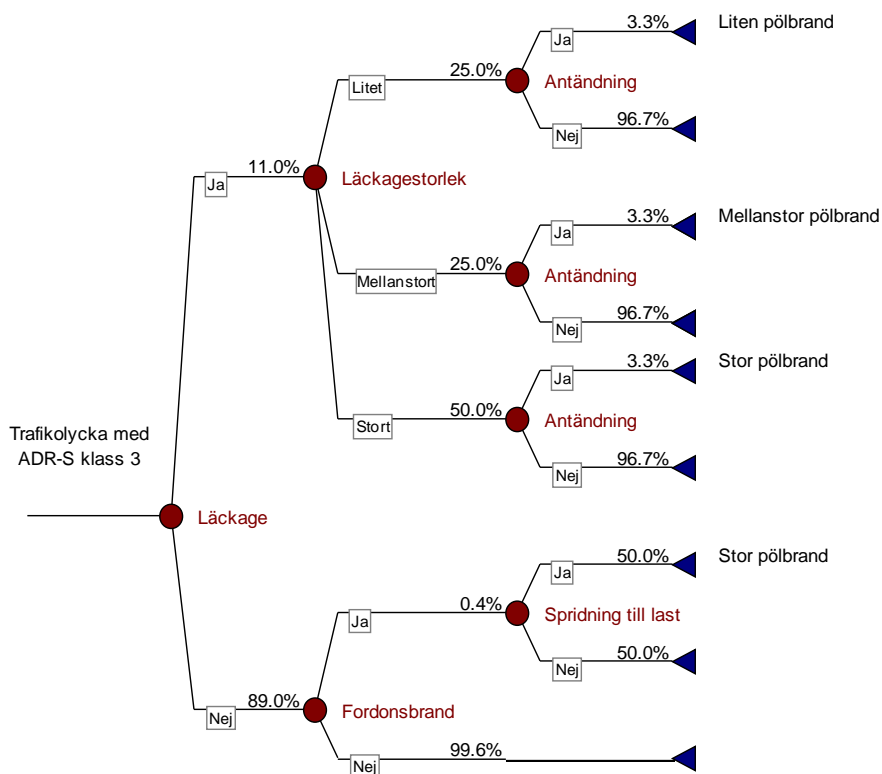
Gasspridning utomhus beror i stort av rådande väderlek där stabilitetsklass och vindhastighet har stor inverkan på resultatet. För att differentiera hur påverkan varierar med dessa parametrar varierar gasspridning i sex scenarier med olika förutsättningar, där ovan nämnda källstyrkor simuleras vid två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

C.3. ADR-S KLASS 3 – BRANDFARLIGA VÄTSKOR

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

C.3.1 Händelseträäd med sannolikheter

Figur 18 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 18. Händelseträäd med sannolikheter för ADR-S klass 3. Sannolikhet för läckage regleras av index, se Tabell 4.

C.3.1.1. LÄCKAGE

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

C.3.1.2. LÄCKAGESTORLEK

Storleken på läckaget varierar beroende på tankbilens storlek och typ. Enligt uppgifter från transportbolagen, när det gäller klass 3-produkter, är det vanligast att tankbilar med släp transporterar godset [40] [41]. Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % [10]. De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*).

C.3.1.3. ANTÄNDNING

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 [42]. 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 % [31].

C.3.1.4. FORDONSBRAND

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

C.4. ADR-S KLASS 5 – OXIDERANDE ÄMNER OCH ORGANISKA PEROXIDER

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

C.4.1 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.1

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera eller understödja brand i andra ämnen, samt i vissa fall detonera [22].

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 [43]. Baserat på uppgifter från Yara i Köping [44] och FOI [45] 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 [46].

C.4.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva, och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme och friktion som kontakt med främmande ämne [37]. I de fall peroxiden är innesluten i behållare kan explosion med tryckvåg och splitter uppstå, men detta gäller endast för en av

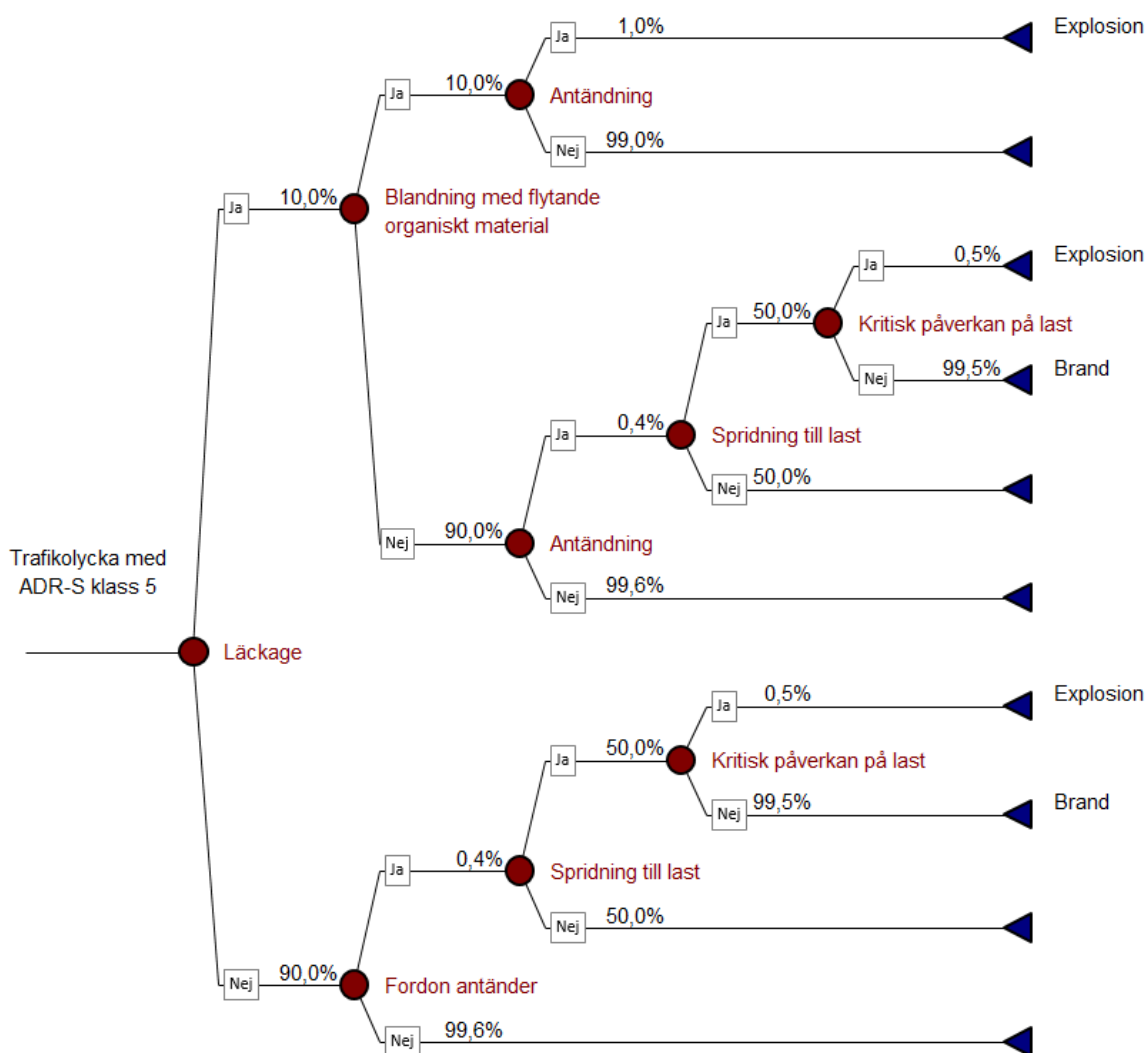
de sex typer av ämnen som finns i riskgruppen. De övriga fem typerna av ämnen bedöms inte kunna leda till ett explosionsartat förlopp.

C.4.2.1. TRANSPORTERADE MÄNGDER OCH REPRESENTATIVT ÄMNE

Enligt rekommendationer från holländska myndigheter [47], bedöms ammoniumnitrat vara ett representativt ämne för hela ADR-S klass 5. Det är ett av de oxiderande ämnen som har störst oxiderande effekt och som transporteras mest frekvent och i störst mängd.

C.4.2.2. HÄNDELSETRÄD MED SANNOLIKHETER

Figur 19 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 19. Händelsetråd med sannolikheter för ADR-S klass 5.

C.4.2.3.LÄCKAGE

Sveriges enda producent av ammoniumnitrat utgörs i dagsläget av Yara AB i Köping. Ammoniumnitrat transporteras som prillade produkter (fasta korn), paketerade i säckar om 1000 kg. Transporterade mängder med bil omfattar ca 36 ton [48]. 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.4.2.4.BLANDNING MED FLYTANDE ORGANISKT MATERIAL

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

C.4.2.5.ANTÄNDNING AV BLANDNING

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

C.4.2.6.ANTÄNDNING AV OBLANDAT GODS

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

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

C.4.2.7.BRANDSPRIDNING TILL LASTEN

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

C.4.2.8.KRITISK PÅVERKAN PÅ LAST

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C [44]. 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 [43]. Vidare krävs möjlighet till tryckuppbyggnad för att termiskt sönderfall av ren ammoniumnitrat ska kunna övergå till explosivt sönderfall genom deflagration eller detonation [49]. Smälta av ammoniumnitrat tros kunna skapa dessa förutsättningar även om forskningen inom området är bristfällig [49]. Hypotesen är att vätskepelare av smälta kan skapa en egen inneslutning i vilken trycket kan bli så pass högt att reaktionsförloppet blir explosionsartat [49]. Denna typ av olycksförlopp bedöms vara relativt långsamma och förutsätter troligtvis att ammoniumnitratet utsätts för en relativt kraftig och långvarig brandpåverkan. Detta är något som även erhållen olycksstatistik kan styrka då det vid en majoritet av olyckorna anges brinntider på cirka 1-16 timmar innan detonation har inträffat.

Sannolikheten för att en brand som spridit sig till lasten påverkar denna så allvarligt att det leder till en explosion innan samtliga personer i omgivningen hunnit utrymma området bedöms vara lägre än vid antändning av blandning och ansätts till 0,5 %.

C.5. ACKUMULERAD OLYCKSPÅVERKAN

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

BILAGA D. KONSEKVENSBERÄKNINGAR

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

D.1. PERSONTÄTHET

I 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 norr om planområdet.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan, även närmast vägkant. 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 vägkant närmast området.

D.3. ADR-S KLASS 1 – EXPLOSIVA ÄMNEN

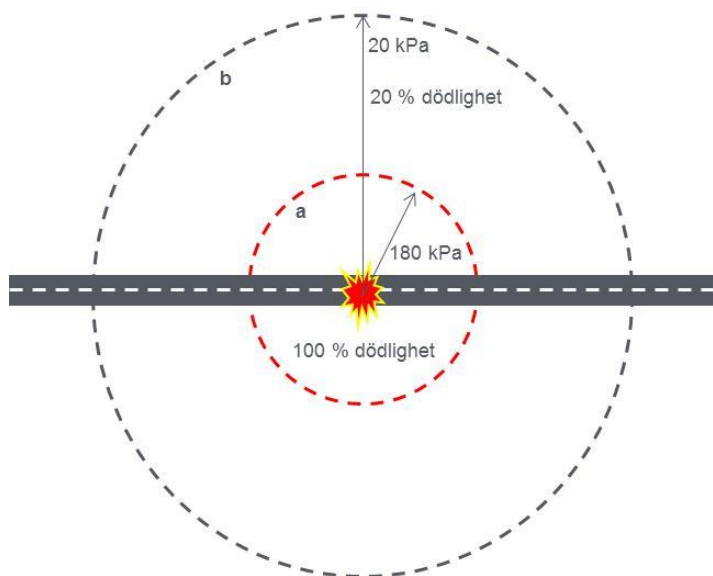
Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) [50].

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splittersverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splittersverkan 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 [51]. 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 20.



Figur 20. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika. Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [52] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 9. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

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

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.5. 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* [53] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [10] för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 10. Framräknad läckagestorlek för gasol.

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

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

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

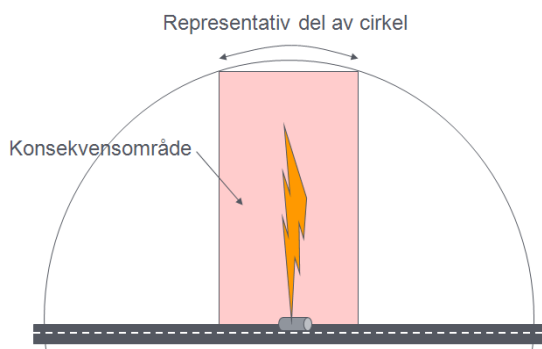
D.6. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [51]. Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

D.7. 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* [51], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [54] används sedan för att beräkna ett riskavstånd dit 50 % antas få dödliga skador av strålningen inom tiden $t = 10$ s. För frekvensreducering med hänsyn till att en jetflammas konsekvensområde inte är cirkulärt används en metod med en representativ del av en cirkel, enligt Figur 21.



Figur 21. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

D.8. GASMOLNEXPLOSION

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

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

Programvaran Spridning Luft [53] 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 21.

D.9. 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.10. ADR-S RISKGRUPP 2.3

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

Tabell 11. Konsekvens avstånd för plym med giftig gas.

Utsläpp	Väderlek	Avstånd till LC _{50@30 min}	Spridningsvinkel
Litet	Stabilitetsklass D, 5 m/s	10 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	30 meter	30°
Mellanstort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	30 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	150 meter	30°
Stort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	135 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	690 meter	30°

D.11. 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 [29] [55].

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 [29]. I Tabell 12 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

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

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Avstånd till 15 kW/m ² från pölkant
Litet utsläpp	50 m ²	12 meter
Mellanstort utsläpp	200 m ²	23 meter
Stort utsläpp	400 m ²	30 meter

D.12. 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.12.1.1. EXPLOSION

Konsekvenserna av en explosion i en last med ammoniumnitrat beror till stor del på mängden som deltar i explosionen. I de flesta fall kan man anta att det är tillgången på organiskt material (exempelvis fordonsbränsle) som är den begränsande faktorn. En normal lastbil antas medföra 400 liter diesel i tanken, vilket leder till att en ammoniumnitrat/dieselblandning kan bildas, som motsvarar upp till 4,1 ton trotyl [46]. 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.12.1.2. BRAND

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

BILAGA E. FREKVENSBERÄKNINGAR

För att kunna kvantifiera risknivån i området behövs ett mått på frekvensen för de skadescenarier som identifierats och bedömts kunna inträffa på den planerade järnvägssträckningen i höjd med studerat område. Denna frekvens beräknas enligt Trafikverkets (tidigare Banverkets) *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [56]. Därefter används händelseträdsmetodik för att bedöma frekvenserna för de scenarier som kan få konsekvensen att minst en person skadas allvarligt eller omkommer. Det bör påpekas att det är frekvensen för järnvägsolycka (antal olyckor per år) och inte sannolikheten som skattas med denna modell.

E.1. SANNOLIKHET FÖR URSPÅRNING

De indata som krävs för att kunna skatta frekvensen för järnvägsolycka är:

- Den studerade sträckans längd (km) som bestäms av den sträcka på vilken en olycka kan påverka planområdet. Studerad sträcka är i detta fall en km.
- Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (tåg/år) är cirka 17386.
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år), vilket är cirka 164947.
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.
- Antal växlar på den studerade sträckan uppgår till 0 st.
- Antal plankorsningar på den studerade sträckan uppgår till 0 st.

E.1.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell 13 [56]:

Tabell 13. Ingående parametrar vid beräkning av sannolikhet för urspårning.

Identifierade olyckstyper för urspårning	Frekvens (per år)	Enhet
Rålsbrott	$5,00 \cdot 10^{-11}$	vagnaxelkm (godståg)
Solkurvor	$1,00 \cdot 10^{-5}$	spårkm
Spårlägesfel	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (godståg)
Växel sliten, trasig	$5,00 \cdot 10^{-9}$	antal tågpassager
Växel ur kontroll	$7,00 \cdot 10^{-8}$	antal tågpassager
Vagnfel		
Persontåg	$9,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (persontåg)
Godståg	$3,10 \cdot 10^{-9}$	vagnaxelkm (godståg)
Lastförskjutning	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (godståg)
Annan orsak	$5,70 \cdot 10^{-8}$	tågkm
Okänd orsak	$1,40 \cdot 10^{-7}$	tågkm (godståg)

E.1.2 Sammanstötningar

I denna grupp innefattas sammanstötningar mellan rälsburna fordon, som t.ex. sammanstötning mellan två tåg, mellan tåg och arbetsfordon etc. Sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje antas vara så låg att den inte är signifikant [56] och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

E.1.3 Resultat

Notera att vissa olyckstyper i Tabell 13 som kan resultera i en urspårning är specifikt kopplade till godstrafik, exempelvis vagnfel godståg och lastförskjutningar. Olycksfrekvenserna för dessa olyckstyper allokeras därmed enbart till händelsen urspårning godståg. Frekvensbidraget från olyckstyper som inte specifikt rör godståg fördelas genom att vikta för andelen tåg av respektive trafikslag som förekommer på sträckan enligt nedanstående exempel:

$$\varphi(\text{Godståg, rälsbrott}) = \varphi(\text{rälsbrott}) \cdot \text{Andel godståg}$$

$$\text{Andel godståg} = \frac{\text{Antal godståg}}{\text{Antal godståg} + \text{Antal persontåg}}$$

I Tabell 14 redovisas hur olycksfrekvenserna har fördelats över respektive trafikslag.

Tabell 14. Fördelning av olycksfrekvenser för respektive trafikslag.

Urspårning godståg	Frekvens (per år)
Vagnfel godståg	3,10E-09
Lastförskjutning	4,00E-10
Okänd orsak	1,40E-07
Spårlägesfel	1,48E-10
Solkurvor	3,70E-06
Växel sliten, trasig	1,85E-09
Växel ur kontroll	2,59E-08
Rälsbrott	1,85E-11
Annan orsak	2,11E-08
Σ	2,50E-03

Urspårning persontåg	Frekvens (per år)
Vagnfel persontåg	9,00E-10
Solkurvor	6,30E-06
Spårlägesfel	2,52E-10
Växel sliten, trasig	3,15E-09
Växel ur kontroll	2,59E-08
Rälsbrott	3,15E-11
Annan orsak	3,59E-08
Σ	8,70E-04

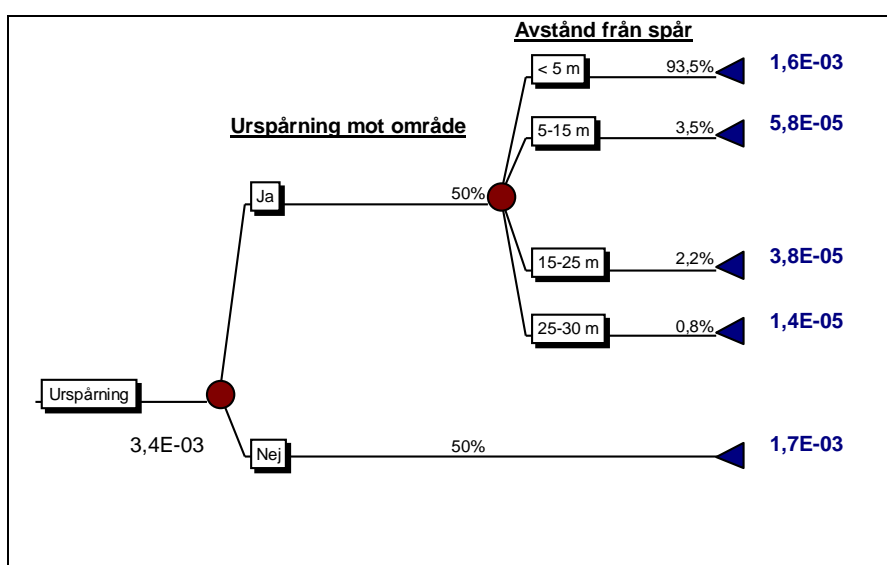
E.1.4 Avstånd från spårmittpunkt för urspårande vagnar

Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. I Tabell 15 nedan redovisas fördelningen för avstånd från spårmittpunkt som vagnar förväntas hamna efter urspårning, fördelat på trafikandelar (63% persontåg och 37% godståg) [56].

Tabell 15. Avstånd från spårmit (m) för urspårade vagnar.

Avstånd från spårmit	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Resandetåg	77,53%	17,98%	2,25%	2,25%	0,00%
Godståg	70,33%	19,78%	5,49%	2,20%	2,20%
Viktat medel efter andel	74,58%	18,65%	3,46%	2,23%	0,82%

Sannolikheten att en vagn hamnar så långt som 25 meter från spårmit vid urspårning är mycket liten [57]. Enligt Tabell 15 ovan varierar sannolikheten för respektive konsekvensavstånd något beroende på vilken tågtyp som går på det aktuella spåret. En sammanvägning (viktning) av dessa sannolikheter används tillsammans med den totala urspårningsfrekvensen för både gods- och resandetåg för att beräkna riskbidraget från urspårande tåg. Ett händelseträd som beskriver detta presenteras i Figur 22.



Figur 22. Händelseträd med sannolikheter för urspårningar.

E.2. JÄRNVÄGSOLYCKA MED TRANSPORT AV FARLIGT GODS

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 [22] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på järnväg delas in i nio olika klasser enligt RID-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 16 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 16. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

RID-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [22].	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 [23].
Klass 2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), 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.
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 [21]. 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.

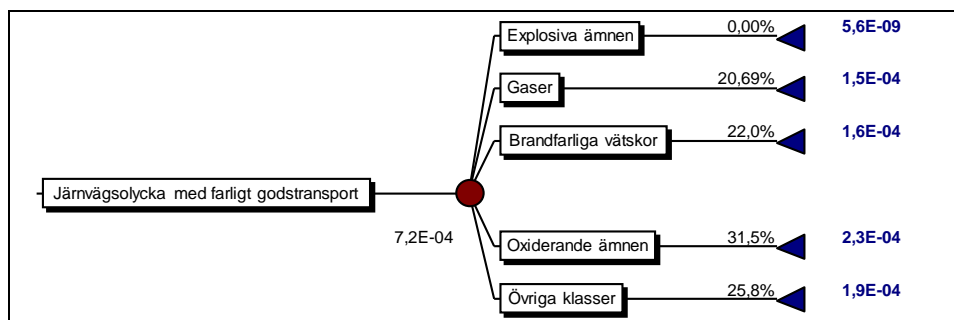
Enligt tidigare resonemang bedöms inte alla farligt gods-klasser relevanta vid uppskattning av risknivån på det aktuella området. Således är de RID-S-klasser som beaktas mer detaljerat i riskuppskattningen därför explosiva ämnen (klass 1), gaser (klass 2), brandfarliga vätskor (klass 3) samt oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5).

Frekvensen för en olycka med godståg är enligt avsnitt E.2 beräknad till $7,25 \cdot 10^{-4}$ per år. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar [58]. Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är då:

$$1-(1-X)^{3,5}$$

Där X är andelen vagnar med farligt gods som framförs på sträckan per år.

I händelseträdet, se Figur 23, redovisas frekvensen för olycka med transport av aktuella farligt gods-klasser inblandade utifrån uppskattad andel av respektive klass.



Figur 23. Händelsetråd med sannolikhet för olycka med farligt gods.

E.3. OLYCKSSCENARIER – HÄNDELSETRÄDSMETODIK

I denna del av bilagan redovisas frekvensberäkningar som genomförts med hjälp av händelseträdsmetodik.

E.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

Inom EU är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras på väg 16 ton, och små mängder begränsas till 50-100 kg. Dock tillåts större mängder på järnväg, varför 25 ton antagits som maximal transportmängd.

Transport av RID-S klass 1 på järnväg förekommer i väldigt liten mängd. RID-S klass 1 utgjorde under tidsperioden 2006-2010 endast 0,015 % av den totala transportmängden farligt gods i Sverige som helhet [59]. Det finns flera olika transportörer och de flesta hänvisar till sekretess, dels av företagsmässiga och dels av säkerhetsmässiga skäl. Enligt samtal med ett av de största transportbolagen på järnväg utfördes endast tre transporter med klass 1 i Sverige under hela 2011. Ingen uppgift om total mängd explosiver finns att tillgå eftersom även emballage och annat räknas in i transportvikten. Uppskattningsvis var ingen av de tre transportererna på mer än 500 kg explosivt ämne [60].

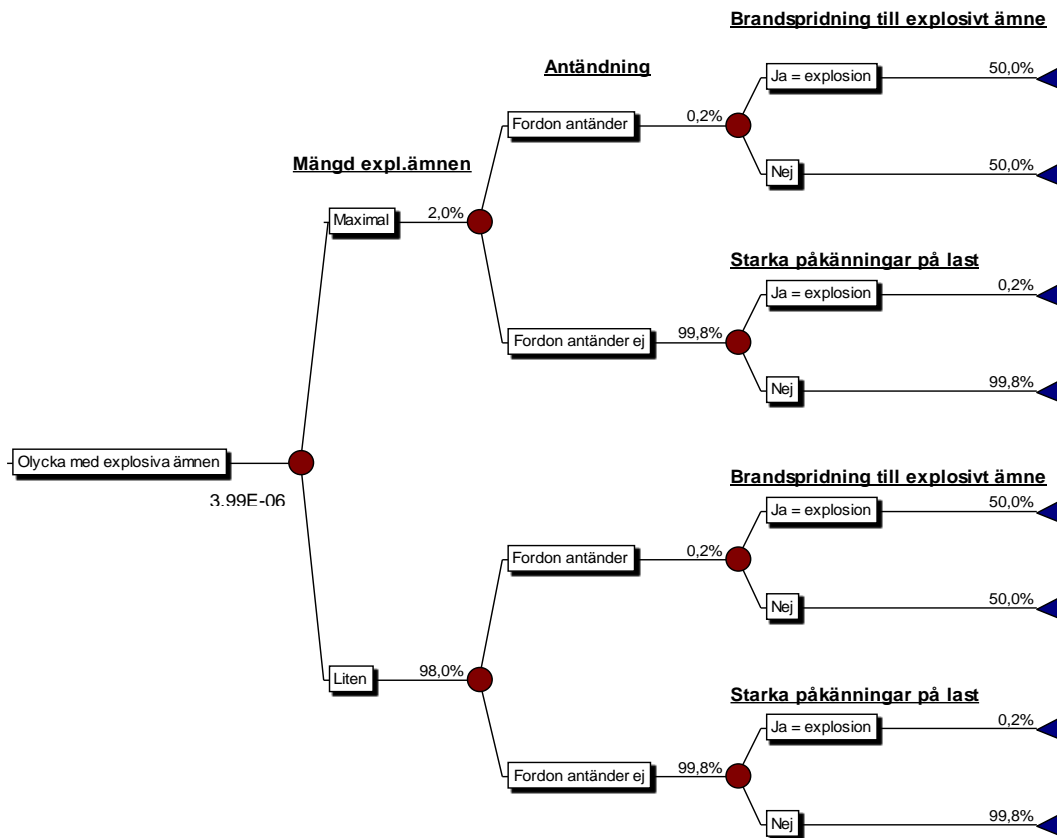
En grov uppskattning är att laster på 25 ton utgör cirka 2 % av antalet transporter med RID-S klass 1, och övriga 98 % antas i beräkningarna förenklat utgöra mindre laster om 150 kg.

En explosion antas kunna inträffa dels om olyckan leder till brand i vagn, dels om de mekaniska påkänningarna på vagnen blir tillräckligt stora, d.v.s. om lasten utsätts för en stöt. Eftersom det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen ska förpackas och hanteras vid transport görs bedömningen att det är liten sannolikhet för att olycka vid transport av explosiva ämnen leder till omfattande skador på det transporterade godset på grund av påkänningar.

Sannolikheten för att en vagn inblandad i en olycka ska börja brinna uppskattas till 0,2 %, vilket är hälften av motsvarande sannolikhet för vägolycka [26] [27]. Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % [61].

Med stöt avses sådan stöt som har den intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s [30]. Till skillnad från i fallet med brand så

saknas kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. Som ett jämförelsevärde att förhålla sig till anger HMSO [31] att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 24 redovisas möjliga scenarier.



Figur 24 Händelsetråd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

E.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 [62], antas 87 % av transportererna inom RID-S-klass 2 utgöras av brandfarliga gaser. 13 % antas vara giftiga gaser.

Sannolikheten för att en olycka leder till läckage av farligt gods antas variera beroende på om det rör sig om en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för stort respektive litet läckage (punktering) som följd av en olycka är för tjockväggiga vagnar 1 % i båda fallen [56]. Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 98 %.

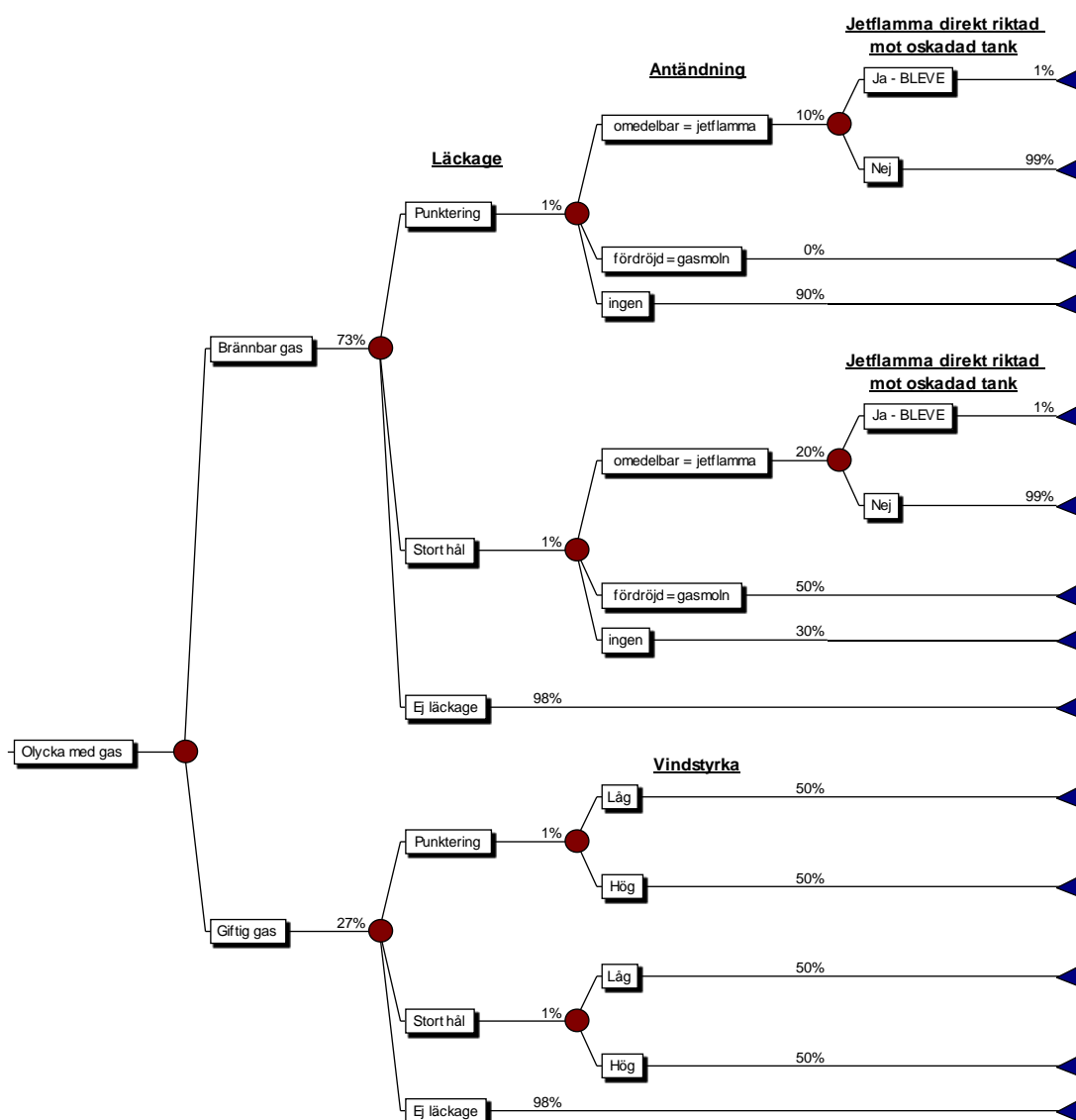
För *brännbara gaser* bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning. Om den trycksatta gasen antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot, BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), är mycket ovanligt och kan endast inträffa om vagnen saknar säkerhetsventil och tanken utsätts för en omfattande brand. En BLEVE kan då uppkomma om tanken utsätts för kraftig brandpåverkan under en längre tid.

För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter [63] för:

- omedelbar antändning (jetflamma): 10 %
- fördröjd antändning (brinnande gasmoln): 0
- ingen antändning: 90 %

För ett stort utsläpp (stort hål) är motsvarande siffror 20 %, 50 % och 30 % [63]. En BLEVE antas enbart kunna uppstå i intilliggande tank om eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken under en lång tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma är mycket liten. Konservativt ansätts 1 %.

För olycka med *giftiga gaser* påverkar vindstyrkan utsläppets konsekvenser på omgivningen. Vindstyrkan antas vara antingen hög (8 m/s) eller låg (3 m/s) med lika stor sannolikhet. I Figur 25 redovisas olika scenarier för en olycka med gas.

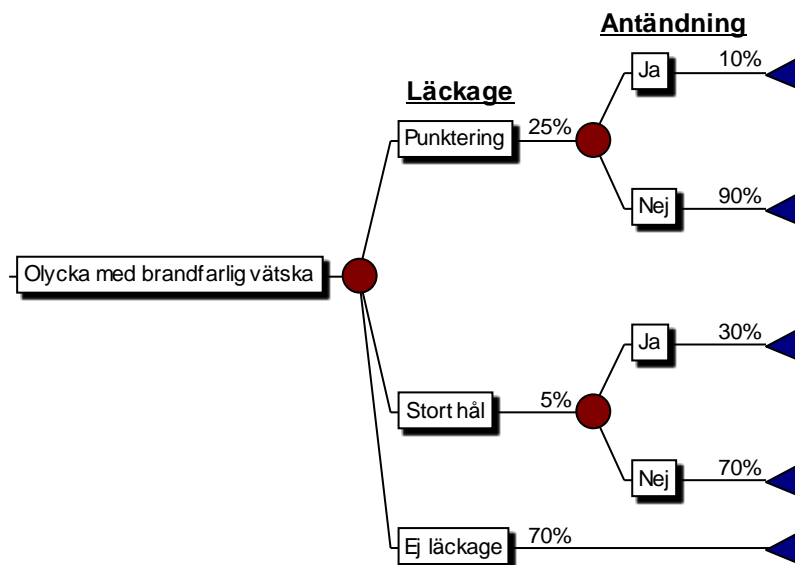


Figur 25. Händelse-träd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

E.3.3 RID-S-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Brandfarliga vätskor antas oftast transporteras i tunnväggiga tankar, och sannolikheten för ett litet läckage (punktering) respektive stort läckage vid urspårning är 25 % och 5 % [56]. I 70 % av fallen förekommer inget läckage.

Sannolikheten för att ett litet respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg ska antändas antas vara 10 % respektive 30 % [56]. I Figur 26 redovisas olika scenarier för en olycka med brandfarlig vätska. Scenariot stor pölbrand bedöms som mycket konservativt om underlaget vid järnvägsbanken består av makadam som är ett lättgenomsläppligt material, vilket försvårar bildandet av pölar vid utsläpp.



Figur 26. Händelseträd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

E.3.4 RID-S-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

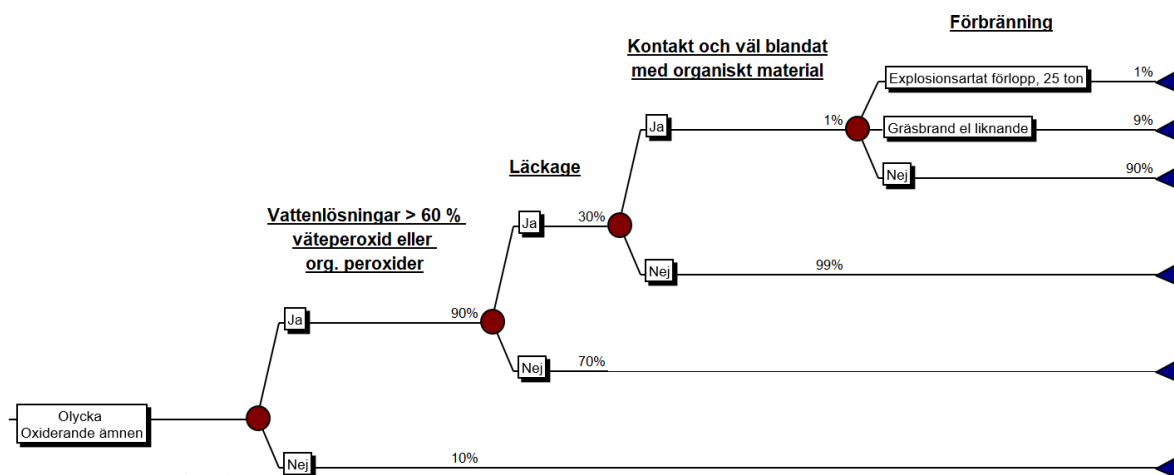
Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. bensin, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända. Vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid bedöms kunna leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp och detsamma gäller för organiska peroxider. Vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid bedöms däremot inte kunna leda till explosion.

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera brand eller understödja brand i andra ämnen, t.ex. brand i vegetation kring banvallen. Explosion kan inträffa i vissa fall.

Vissa organiska peroxider är så känsliga att de endast får transporteras under temperaturkontrollerade förhållanden. Dessa ämnen får ej transporteras på järnväg enligt RID.

Transportstatistik [59] anger att 93 % av transporterna i RID-S-klass 5 utgörs av oxiderande ämnen, och 7 % av organiska peroxider. En huvuddel av de oxiderande ämnen som transporteras i Sverige bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Utifrån detta antas 90 % av transporterna med klass 5 kunna leda till explosionsartade förlopp.

Oxiderande ämnen antas bli transporterade i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 30 % (se ovan i avsnitt E.3.3 avseende litet respektive stort läckage). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med väl blandat och organiskt material har i aktuellt fall antagits till 1 % [61]. Givet att blandning skett antas en antändning uppstå med sannolikheten 10 %. 10 % av fallen då blandningen antänt antas gå till detonation, medan resterande 90 % antas utvecklas till en kraftig brand. I Figur 27 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur 27. Händelseträ för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

E.4. ANPASSNING AV SANNOLIKHETEN AVSEENDE KONSEKVENSAVSTÅND

För individriskberäkningarna görs en frekvensreducering med avseende på att vissa scenarier har konsekvensavstånd som inte sträcker sig över hela den studerade sträckan. En specifik plats drabbas bara av olyckans konsekvenser om den inträffar på en viss sträcka i närheten. Längden på denna sträcka antas vara det uppskattade konsekvensavståndet multiplicerat med en faktor 2. Detta värde dividerat med den totala studerade sträckan ger därmed en frekvensreduktionsfaktor för respektive scenario.

Även för samhällriskberäkning anpassad till planområdet tillämpas en typ av frekvensanpassning. Konsekvenserna i antal döda uppskattas utifrån att olyckan inträffar så att konsekvenserna riktas mot planområdet (exempelvis att jetflamman eller utsläppet är riktat mot planområdet). Därför kan frekvensen i samhällriskberäkning anpassad till planområdet halveras då jetflamman (med flera) som är riktade bort från planområdet inte ska bidra till grupprisken för planområdet. Förfarandet bedöms vara konservativt, då vissa scenarier har ett spridningsområde (andel av cirkulärt område) som är mindre än 50 % - vilket de i praktiken nu får. För olycksscenarioer med cirkulärt konsekvensområde (ex. explosioner) görs ingen sådan reduktion.

BILAGA F. KONSEKVENSBERÄKNINGAR

De riskmått som används i denna riskbedömning är individrisk och samhällsrisk. Indata till beräkningar är bl.a. avståndet inom vilket personer antas omkomma, med avseende på respektive skadescenario.

Alla konsekvensavstånd för olyckor med farligt gods har beräknats utifrån att olyckan inträffar mitt på spåret, från vilket alla konsekvensavstånd sedan uppskattas. Vid beräkning av mekanisk skada orsakad av urspårning har dock de urspårande vagnarnas avstånd från spårmit beaktats.

F.1. PERSONTÄTHET

I samhällsriskberäkningar tas hänsyn till hur många personer som kan antas uppehålla sig i området kring järnvägen, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer.

Riskbedömningen grundar sig på att analysera olyckor med centrum i aktuell riskkälla.

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

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.

F.2. MEKANISK SKADA VID URSPÅRNING

I samband med urspårningar antas dödlig påverkan uppstå på alla människor som befinner sig inom det avstånd på vilket tåget hamnar. Riskerna för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg. Riskerna begränsas till området närmast banan, cirka 25-30 m, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom.

F.3. UPPSKATTADE KONSEKVENSER FÖR OLYCKOR MED FARLIGT GODS

Eftersom egenskaperna hos ämnena i de olika farligt gods-klasserna skiljer sig mycket från varandra har olika metoder använts för att uppskatta konsekvenserna för de scenarier som beskrivs i Tabell 3. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts.

F.3.1 *RID-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) [50].

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 [51]. 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 % omkomma.
- Inom det område där trycket uppgår till 20–180 kPa antas 20 % omkomma.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [52] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, beräknats för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 17. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 17. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av RID-S klass 1 gods. Explosionen antas vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstöt vågen.

Konsekvens	Representativ mängd gods	Avstånd $P \geq 180$ kPa	Avstånd $P \geq 20$ kPa
Liten explosion	150 kg	13 meter	41 meter
Stor explosion	25 000 kg	74 meter	221 meter

F.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Gaser indelas i brännbara, inerta och giftiga. Det är endast de brännbara (RID-S-klass 2.1) och giftiga gaserna (RID-S-klass 2.3) som antas kunna innebära dödliga konsekvenser för omgivningen vid olycka.

Brännbar gas, RID-S-klass 2.1

Konservativt antas att det är tryckkondenserad gasol i samtliga vagnar, eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns, vilket antas medföra att antändning kommer att kunna inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen. Mängden gas i en järnvägsvagn antas till cirka 40 ton [64].

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) [65]. För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* [66], dels eventuell jetflammas längd vid omedelbar antändning, dels det brännbara gasmolnets volym samt området som påverkas vid en BLEVE. För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, direkt alternativt fördröjd antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. De värsta konsekvenserna bedöms uppstå om utsläppet sker nära vätskeytan och därför antas det konservativt att detta är fallet.

För värmestrålning antas en rimlig kritisk nivå där människor förväntas omkomma vara 15 kW/m² (vilket orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering).

De indata som använts i *Gasol* för att simulera konsekvensområden för jetflamma och gasmoln presenteras nedan:

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck
- Utströmmingskoefficient (Cd): 0,83 (Rektangulärt hål med kanterna fläktat utåt)
- Tankdiameter: 2,5 m (jvg)
- Tanklängd: 19 m (jvg)

- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens vikt tom: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4*designtrycket
- Lufttryck: 760 mmHg
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Relativ fuktighet: 50 %
- Molnighet: Dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

I Tabell 18 visas de avstånd inom vilka personer antas omkomma för respektive scenario vid olika typer av utsläpp. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat. För brinnande gasmoln antas det att gasmolnet antänds då det fortfarande befinner sig vid tanken och inte har hunnit spädas ut ytterligare. Det brännbara molnets volym bedöms där vara som störst. Det skadedrabbade området, med avseende på brinnande gasmoln, uppskattas vara molnets storlek plus avståndet där tredje gradens brännskada kan uppnås från gasmolnsfronten.

Tabell 18. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier med brännbara gaser.

Scenario	Källstyrka	Antändning	Konsekvensavstånd
BLEVE	-	-	Cirkulärt 200 m radie
Punktering	2,4 kg/s	Jetflamma	18 m
		Gasmoln	18 m
Stort hål	60 kg/s	Jetflamma	91 m
		Gasmoln	21 m

Giftig gas, RID-S-klass 2.3

Den icke brännbara men giftiga gasen antas vara klor som är en av de giftigaste gaserna som transporteras på järnväg i Sverige. Att använda klor som representativt ämne bedöms vara konservativt, jämfört med exempelvis ammoniak eller svaveldioxid. Med simuleringsprogrammet *Spridning luft* [67] beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (utomhus). Använt gränsvärde för dödliga skador (LC₅₀²) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton [67]. Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) [67].

Gasens spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. *Spridning luft* visar spridningskurvor och uppskattningar av hur stor andel av befolkningen inom området som förväntas omkomma. Denna andel avtar med avståndet både i längd med och vinkelrätt mot gasmolnets riktning, se Tabell 19.

De indata som använts i *Spridning luft* för att simulera konsekvensområden för utsläpp av giftig gas presenteras nedan. Vindstyrkan kommer att varieras från 3–8 m/s och simuleringar kommer att göras med olika stora utsläppsmängder, men i övrigt hålls faktorerna konstanta:

- Kemikalie: Klor
- Emballage: Järnvägsvagn (65 000 kg)
- Bebyggelse: Bebyggt
- Lagringstemperatur: 15°C
- Omgivningstemperatur: 15°C

² Värdet för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

- Molnighet: vår, dag och klart

Tabell 19. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma vid farligt godsolycka med giftig gas i lasten.

Scenario	Källstyrka	Vindstyrka	Konsekvensavstånd
Punktering	0,45 kg/s	3 m/s	38 m
		8 m/s	34 m
Stort hål	112 kg/s	3 m/s	755 m
		8 m/s	880 m

F.3.3 RID-S-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m², vilket 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 [65].

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt gods-olycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensen. Uppskattningsvis rymmer en järnvägsstank cirka 45 ton bensen. Vanligtvis är tankar dock uppdelade i mindre fack, och därför är sannolikheten för att all bensen läcker ut mycket liten. Beroende på utsläppsstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas, vilket leder till olika mängder värmestrålning. Ett stort läckage antas bilda en 400 m² pöl medan en punktering grovt antas bilda en 100 m² pöl.

Strålningsberäkningarna har genomförts med hjälp av handberäkningar. Använda formler och samband är etablerade och har använts under många år vid bedömning av olika typer av brandförlopp [68].

I Tabell 20 redovisas skadeområden inom vilka personer kan omkomma vid olika stora pölbränder. Eftersom strålningsberäkningarna utgår från pölens kant är det viktigt att även räkna med pölradien för att få det aktuella avståndet med utgångspunkt från olycksplatsen, eftersom den brandfarliga vätskan kan spridas över ett relativt stort område beroende på topografi med eventuella diken osv. I detta fall antas konservativt att pölen breddas ut cirkulärt med centrum vid olycksplatsen på spåret.

Tabell 20. Skadedrabbat område, inom vilket personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med brandfarlig vätska i lasten.

Scenario	Pölradie	Avstånd från pölkant till kritisk strålningsnivå	Konsekvensområde
Liten pölbrand bensen (100 m ²)	5,6 m	17 m	22 m
Stor pölbrand bensen (400 m ²)	11 m	29 m	40 m

Om spridning av urspårade fordon samt utbredningen av vätskespill begränsas av lokala faktorer, exempelvis vid en betydande höjdskillnad/slänt mellan spårrområde och omgivningen, kan konsekvensavståndet för olycksscenarioer med RID-klass 3 samt RID-klass 5 (gräsbrand etc.) reduceras. Om avståndet mellan närmsta spårcentrumlinje och slänten understiger 11,3 meter kan följande reduktion i konsekvensavstånd för scenariot stor pölbrand genomföras:

Konsekvensavstånd stora pölbrand bensen/gräsbrand etc. RID-klass 5 (400 m²) = 29 meter + X, där X = avstånd mellan närmsta spårcentrumlinje och slänten. Kan användas då X < 11,3 meter.

Om avståndet mellan närmsta spårcentrumlinje och slänten understiger 5,6 meter kan följande reduktion i konsekvensavstånd för scenariot liten pölbrand genomföras:

Konsekvensavstånd liten pölbrand bensin (100 m²) = 17 meter + Y, där Y = avstånd mellan närmsta spårcentrumlinje och slänten. Kan användas då Y < 5,6 meter.

I de fall då spåren är ballasterade och utsläpp av brandfarliga vätskor begränsas till spårområdet kommer sannolikt även pölarean att reduceras. Detta då banvallens genomsläpplighet kommer att reducera pölarean vid eventuella utsläpp.

Figur . Situation där järnvägen går i skärning genom landskapet. Höjdskillnad mellan spårområde och omgivningen begränsar spridning av fordon samt utbredning av vätskespill.

F.3.4 RID-S-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Vid olycka med oxiderande ämne antas personer i omgivningen kunna omkomma om det oxiderande ämnet kommer i kontakt med organiskt material och ger upphov till förbränning. Förbränning antas leda till explosionsartade förlopp alternativt till kraftiga bränder i vegetation eller liknande i banvallens närhet.

Vid transport kan en vagn med 25 ton gods av RID-S-klass 5 vid urspårning kollidera med en vagn innehållande någon form av brännbart ämne som t.ex. bensin. Den blandning som då bildas kan motsvara 25 ton massexplösiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med massexplösiva varor [61], se vidare avsnitt E.3.1.

Om det utläckande godset inte exploderar utan istället fungerar brandunderstödjande och bidrar till vegetationsbrand eller liknande antas att konsekvensområdet blir liknande det för stor pölbrand enligt avsnitt E.3.3.

Tabell 21. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Avstånd till dödliga förhållanden
Explosion 25 ton	250 m
Gräsbrand etc.	40 m

F.4. UPPSKATTNING AV ANTAL OMKOMNA I RESPEKTIVE SCENARIO

För att uppskatta antalet omkomna i respektive olycksscenario, enligt avsnitt E.3, multipliceras aktuellt konsekvensområde, enligt avsnitt F.3, med den persontäthet som antagits i området, enligt avsnitt F.1. Samtliga personer inom den area som utsätts för dödliga konsekvenser antas omkomma i grundberäkningen.

REFERENSER

- [1] Trafikverket, "Nationell vägdatas, " [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>. [Använd 12 11 11].
- [2] Länsstyrelsen Västernorrland, *Riskhantering i detaljplaneprocessen*, 2010, p. 6.
- [3] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, *Samhällsplanering och riskhantering i anslutning till storskalig kemikaliehantering*, 2015.
- [4] Boverket, *Kommunal fysisk planering - <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/kommunal-planering/>*, Hämtad 2021-12-06.
- [5] Trafikverket, "Vägflödeskartan," [Online]. Available: <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>. [Använd 11 11 2021].
- [6] Trafikverket, "Trafikuppgifter järnväg t21 och bullerprognos 2040," 2021.
- [7] "hitta.se," Mapbox, Lantmäteriet/Metria, [Online]. Available: <https://www.hitta.se/kartan!~62.52489,17.50189,13.049055538762163z/tr!i=QGHCzm4k/search!q=timr%C3%A5!b=62.51021:17.46215,62.53956:17.54162!sg=true!t=combined?usergeo=1>. [Använd 18 11 21].
- [8] Trafikverket, "Trafikuppräkningsstal för EVA 2014-2040-2060," Trafikverket, Borlänge, 2016.
- [9] Statistiska centralbyrån, "Statistikdatabasen," 2020. [Online]. [Använd 12 11 2021].
- [10] Räddningsverket, Statens räddningsverk, 1996.
- [11] Länsstyrelsens i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer," 2000.
- [12] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [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 och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
- [16] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [17] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneva: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [18] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [19] B. Mattsson, *Riskhantering vid skydd mot olyckor*, Karlstad: Räddningsverket, 2000.
- [20] F. Nystedt, *Riskanalysmetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.

- [21] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [22] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [23] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [24] M. Gustavsson, *Muntligen 2008-01-10*, Räddningsverket, 2008.
- [25] H. Ingasson, A. Bergqvist, A. Lönnermark, H. Frantzich och K. Hasselrot, Statens Räddningsverk, 2005.
- [26] SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [27] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [28] PIARC, PIARC - World Road Association, 1999.
- [29] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [30] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [31] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [32] T. Daggård, *Muntligen 2010-01-11*, Orica Services Nora, 2008.
- [33] T. Pålsson, *Muntligen 2008-01-09*, Scanexplor EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
- [34] MSB, *Trafikflöde på väg [Elektronisk]. Hämtad 2010-08-11*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
- [35] Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik, *Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB*, 2007.
- [36] P. Jansson, *Muntligen 2008-01-16*, 2008.
- [37] S. Halmemies, Räddningsverket, 2000.
- [38] J. Wahlqvist, *Muntligen 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [39] 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.
- [40] R. Lindström, *Muntligen: 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [41] T. Gammelgård, *Muntligen: 2010-07-09*, OKQ8, 2010.
- [42] SPI, *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08*, Svenska Petroleum Institutet, 2010.
- [43] 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.
- [44] L.-H. Karlsson, *Muntligen: 2008-03-18*, Yara International ASA, Köping, 2008.

- [45] J. Magnusson, *Muntligen 2008-03-18*, FOI, Tumba, 2008.
- [46] R. Forsén, FOI, 2009.
- [47] VROM, Ministerier van VROM, 2005.
- [48] J. Havai, *Muntligen 2008-04-18*, Yara AB, Köping, 2008.
- [49] V. Babrauskas och D. Leggett, "Thermal decomposition of ammonium nitrate," *Fire and Materials* 2019;1-19, 2019.
- [50] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [51] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [52] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [53] MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
- [54] CCPS, Center for Chemical Process Safety, 1999.
- [55] BBR, Boverket, 2006.
- [56] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [57] Banverket och Räddningsverket, "Säkra järnvägstransporter av farligt gods," 2004.
- [58] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2," 1994.
- [59] Trafik analys - TRAFKA, "Bantrafik 2010, Statistik 2011:24," 2011.
- [60] J. Pettersson, Interviewee, *Säkerhetsansvarig Green Cargo*. [Intervju]. 2012.
- [61] Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, "Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.," 1997.
- [62] MSB, "Trafikflödet på järnväg – 2006.," 2013-08-09.
- [63] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous materials*, 33, 1993.
- [64] Svenska gasföreningen, "Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter," 2004.
- [65] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4," 1994.
- [66] Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, "Datorprogrammet Gasol".
- [67] RIB, Statens räddningsverk, *Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank*.
- [68] Brandteknik, Lunds tekniska högskola, "Brandskyddshandboken, Rapport 3161," Lund, 2012.

VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 50 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Så tar vi ansvar för framtiden.

wsp.com

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen

Besök: Arenavägen 7

T: +46 10-722 50 00

wsp.com