

Riskbedömning för detaljplaner

Transport av farligt gods på väg och järnväg

Södra Ängshagen – Bostadsområde (2019/741)

Del av Ängshagen – Verksamhetsområde (2018/957)

Ängshagen, Sala, Riskanalys detaljplan

Underlag till planhandling

Version 1

Datum: 2021-05-17

Beställare: Ensucon AB för Sala kommun

Uppdrag: 7073

Uppdragsansvarig: Magnus Åkerlind

E-post: magnus.akerlind@bricon.se

Telefon: 070-635 26 11

Handläggare: Martin Thomasson

E-post: martin.thomasson@bricon.se

Telefon: 073 374 73 60

Sammanfattning

Bricon AB har på uppdrag av Ensucon AB upprättat en riskbedömning för Sala kommuns planläggning av detaljplaneområden Södra Ängshagen (2019/741) och Del av Ängshagen (2018/957). Detaljplaneområden angränsar österut till Riksväg (Rv) 56 som utgör primär transportled för farligt gods, samt till järnvägslinje mellan Sala och Västerås på vilken det förekommer transporter av farligt gods.

Syftet med riskbedömningen är att uppfylla Plan- och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk enligt 2 kap. 5 § punkt 5.

Målet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning baserat på riskpåverkan samt att vid behov föreslå riskreducerande åtgärder.

För att bedöma lämpligheten med planerad markanvändning beräknas individ- och samhällsrisknivåer för planområdena med hänsyn till transporter av farligt gods på Rv 56 och järnvägsspår utanför Sala.

Utifrån beräknade risknivåer för planområdena med hänsyn till transport av farligt gods på Rv 56 och järnvägsspår utanför Sala bedömer Bricon att planerad exploatering inom planområdena Södra Ängshagen och Del av Ängshagen är genomförbar ur risksynpunkt givet att följande riskreducerande åtgärder vidtas:

- **Placering av friskluftsintag.** Friskluftsintag placeras högt på sida av byggnad /takdel som vetter bort från Rv 56 och järnvägen. Placeringen gäller för bostäder med kanalbunden tilluft som t.ex. flerbostadshus.
- **Avstängningsbar ventilation.** Tilluftsdon i fasad utformas med möjlighet att stängas av de boende vid t.ex. ett VMA (Viktigt Meddelande till Allmänheten) tillsammans med dörrar och fönster. Avstängningen gäller för bostäder med tilluftsdon i fasad och enskild ventilation såsom friliggande villor, radhus etc.

Ovanstående åtgärder införs som funktionsbaserade planbestämmelser i detaljplanen.

Observera att föreslagna åtgärder ovan förutsätter att en bebyggelsefri zon på minst **30** meter närmast Rv 56 upprätthålls genom markbaserad planbestämmelse i detaljplanen tillsammans med följande utformning enligt planförslag:

- Dike intill väkant för Rv 56.
- Gång- och cykelväg närmast Rv 56.
- Tät skärm av bebyggelse mot Rv 56.

Bullervall anses ge försumbar riskreducerande effekt vid placering 200 meter från Rv 56.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
1 Inledning	5
1.1 Syfte och mål	5
1.2 Avgränsningar	5
1.3 Styrande dokument	5
1.4 Samråd	6
1.5 Underlagsmaterial	6
1.6 Revideringar	6
2 Teoretisk bakgrund	7
2.1 Definition av risk	7
2.2 Riskhanteringsprocessen	7
2.3 Riskhänsyn inom samhällsplanering	12
3 Metod	13
4 Områdesbeskrivning	14
4.1 Planområdet	14
4.2 Planerad verksamhet	16
4.3 Befolkningstäthet	16
4.4 Infrastruktur	17
5 Riskanalys	18
5.1 Riskidentifiering	18
5.2 Riskuppskattning och riskvärdering	21
5.3 Riskreducerande åtgärder	24
5.4 Rekommenderade åtgärder	26
6 Diskussion	29
7 Slutsats	30
8 Referenser	31
Bilaga 1 Frekvensberäkningar väg	36
Bilaga 2 Frekvensberäkningar järnväg	48
Bilaga 3 Konsekvensberäkningar väg	56

Bilaga 4	Konsekvensberäkningar järnväg	64
Bilaga 5	Skyddseffekter	70
Bilaga 6	Känslighetsanalys	72

1 Inledning

Bricon AB har på uppdrag av Ensucon AB upprättat en riskbedömning för Sala kommuns planläggning av detaljplaneområden Södra Ängshagen (2019/741) och Del av Ängshagen (2018/957). Detaljplaneområden angränsar österut till Riksväg (Rv) 56 som utgör primär transportled för farligt gods [1], samt till järnvägslinje mellan Sala och Västerås på vilken det förekommer transporter av farligt gods [2].

Riskbedömningen utgör beslutsunderlag för bedömning av lämpligheten med planerad markanvändning utifrån beskriven riskbild för fastigheterna. Rapporten utgör även en riktlinje för fortsatt exploatering av planområdena utifrån risksynpunkt och baserat på planerade verksamheter. Utredningen ger även förslag på utformning av bebyggelse och planområde för att hantera identifierade risker.

1.1 Syfte och mål

Syftet med riskbedömningen är att uppfylla Plan- och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk enligt 2 kap. 5 § punkt 5.

Målet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning baserat på riskpåverkan samt att vid behov föreslå riskreducerande åtgärder.

1.2 Avgränsningar

Riskbedömningen behandlar risker förknippade med transport av farligt gods på Rv 56 och järnvägslinjen mellan Västerås och Sala. Riskerna som beaktas är plötsligt inträffade olyckshändelser med livshotande konsekvenser för personer inom planområdet (tredje man). Därmed beaktas ej medvetet planerade skadehändelser som till exempel sabotage, terrordåd etc. Vidare beaktar riskbedömningen ej heller påverkan på egendom, miljö eller arbetsmiljö, personskador som följd av påkörning, kollision eller långvarig exponering för buller, luftföroreningar samt elsäkerhet.

Resultatet av riskbedömningen gäller endast vid angivna förutsättningar. Vid förändring av förutsättningarna behöver riskbedömningen revideras.

1.3 Styrande dokument

Plan- och bygglagen (2010:900) har varit styrande för framtagande av denna rapport.

Länsstyrelsen i Västmanland saknar riktlinjer för transport av farligt gods inom länet.

1.4 Samråd

Sala kommun har haft samråd med Länsstyrelsen i Västmanlands län gällande betydande miljöpåverkan enligt miljöbalken. Länsstyrelsen uppger att man delar kommunens syn på att planförslaget inte medför betydande miljöpåverkan [3].

1.5 Underlagsmaterial

Riskbedömningen baseras på följande underlag:

- Plan- och genomförandebeskrivning, Detaljplan för del av Ängshagen (2018/957), upprättad av Plan- och utvecklingsenheten inom Sala kommun [2].
- Samrådsyttrande från Länsstyrelsen Västmanlands län, daterat 2018-09-07 [3].
- Offertförfrågan avseende riskanalys, upprättad av Plan- och utvecklingsenheten inom Sala kommun, daterad 2021-03-11 [4].
- Utkast (arbetsmaterial) till plankarta från Sala kommun, daterat 2021-04-06 [5].
- Trafikbullerutredning Ängshagen inklusive bilagor, upprättad av Brekke & Strand Akustik AB, daterad 2021-02-26 [6].

1.6 Revideringar

Detta dokument utgör en första version (1.0) och innehåller därmed inga revideringar.

Version	Datum	Omfattning	Handläggare	Kvalitetsgranskare
1.0	2021-05-14	Ängshagen, Sala	Martin Thomasson	Katarina Linde

Vid revideringar markeras ändringar med kantlinje i dokumentet.

2 Teoretisk bakgrund

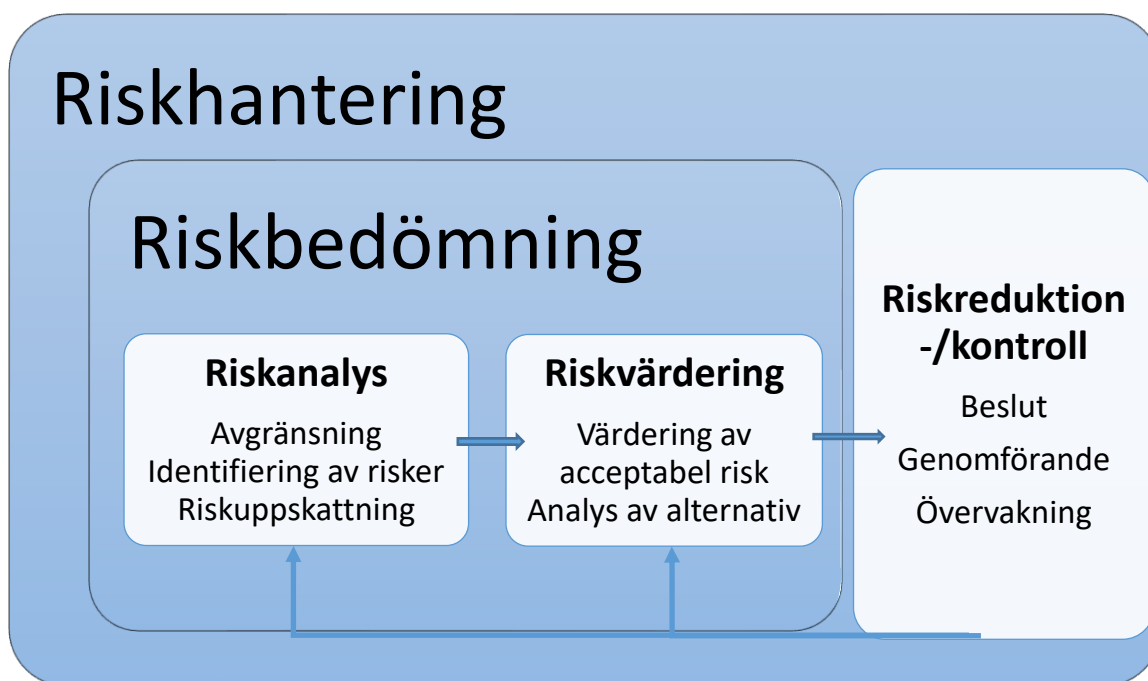
I detta kapitel presenteras en kort teoretisk bakgrund till rapporten.

2.1 Definition av risk

I denna riskbedömning definieras risk i enlighet med Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps (MSB:s) definition som en sammanvägning av sannolikheten för en händelse och de negativa konsekvenser som händelsen kan leda till [7].

2.2 Riskhanteringsprocessen

I Figur 1 illustreras riskhanteringsprocessen enligt internationella standarder [8] [9].

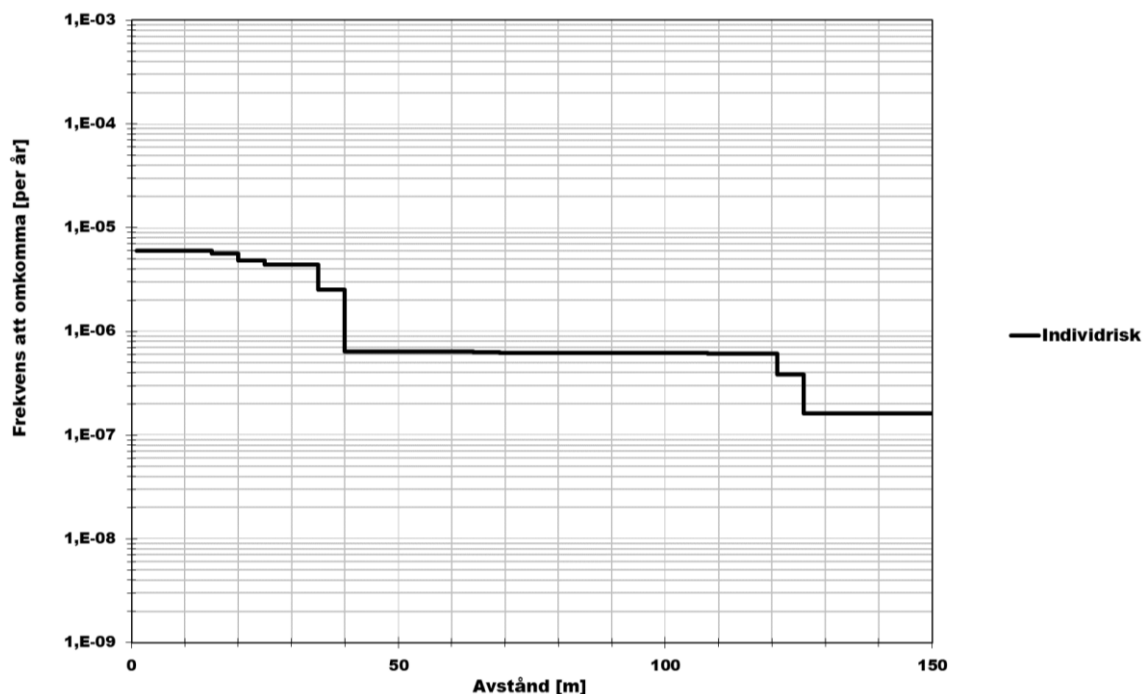


Figur 1. Riskhanteringsprocessen.

2.2.1 Riskanalys

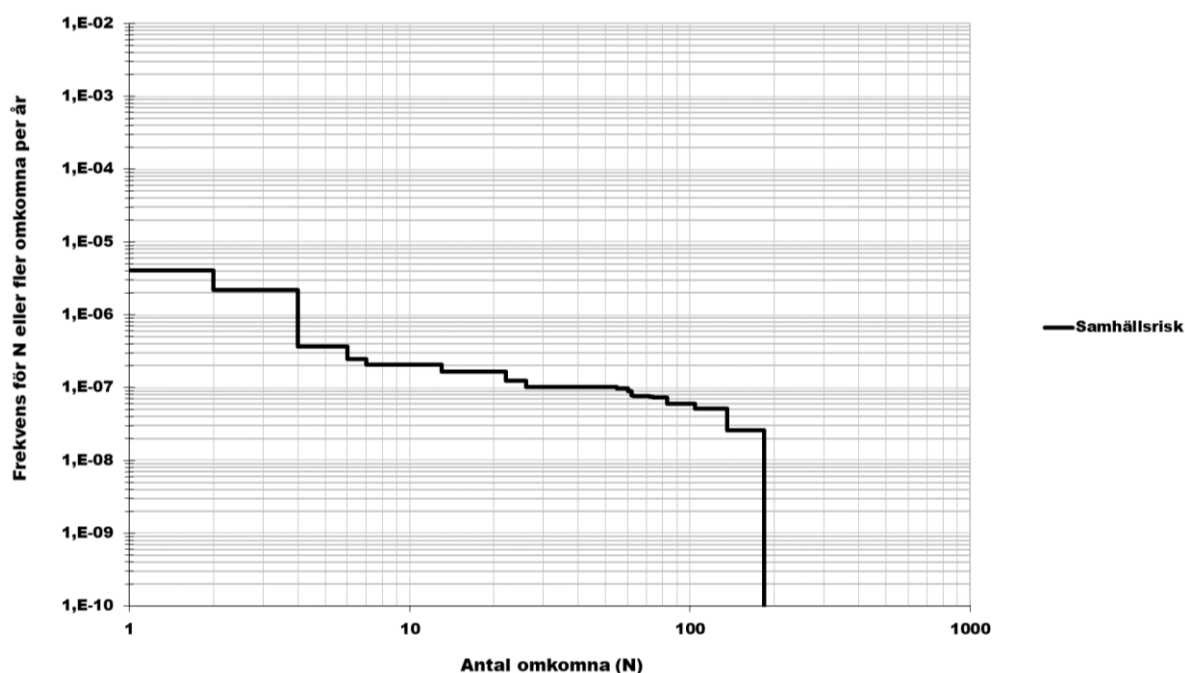
Riskanalysen beskriver var och hur olyckor kan inträffa, hur ofta de kan ske och vilka potentiella konsekvenser som kan uppstå. Beskrivningarna kan utgå från deterministiska (konsekvensbaserade) metoder vilka endast fokuserar på värsta tänkbara konsekvens av olycksscenarioer alternativt från probabilistiska (riskbaserade) metoder vilka tar hänsyn till såväl sannolikhet som konsekvens av olycksscenarioer. Analyserna kan ske kvalitativt, semi-kvantitativt (t.ex. riskmatriser) eller kvantitativt beroende på syfte med analysen, tillgängliga resurser och skede av riskhanteringsprocessen. Kvalitativa riskanalyser kallas ofta för grovriskanalyser medan kvantitativa riskanalyser ofta har förkortningar såsom QRA (Quantitative Risk Analysis) eller PRA (Probabilistic Risk Analysis). I kvantitativa riskanalyser presenteras beräknade risknivåer ofta i form av olika mått för individrisk och samhällrisk, vilka avslöjar riskens storlek och specifika karaktär. [10]

Individrisken avser sannolikheten för en individ att omkomma inom effektzonen för en eller flera olyckor om individen befinner sig på en och samma plats under ett år. Risken är därmed platsspecifik och uttrycks som frekvensen att omkomma per år, samt påverkas inte av antalet personer som befinner sig inom området för olyckan. Syftet med detta riskmått är att visa på att enskilda individer inte utsätts för icke acceptabla risknivåer. Individrisken presenteras i form av individriskprofiler som visar frekvensen för en fiktiv individ att omkomma per år som en funktion av avståndet från riskkällan (Figur 2). [11]



Figur 2. Individriskprofil.

Samhällsrisk avser risken för en grupp människor som befinner sig inom effektzonen för en eller flera olyckor och tar hänsyn till antalet personer som kan påverkas av olyckan. Syftet med detta riskmått är att visa på att befolkningen inom ett område inte utsätts för icke acceptabla risknivåer. Samhällsrisk presenteras ofta i form av F/N kurvor som visar den ackumulerade frekvensen (F) för antalet omkomna personer (N) per år (Figur 3). Risken kan även presenteras med ett punktvärde som visar förväntat antal omkomna per år. [11]



Figur 3. F/N kurva.

2.2.2 Riskvärdering

Riskvärdering innebär att beslut tas om huruvida den beskrivna risken kan accepteras eller inte. Vid värderingen används ofta kriterier att jämföra den beskrivna risken mot. På grund av olika upplevelser av risker samt kostnad-nytta aspekter innefattar dock beslut om risker ofta fler aspekter att ta hänsyn till än enbart fastställda kriterier. Riskkriterier kan därför fungera som en vägledning för värderingen men för att kommunicera resultat av riskanalyser till olika beslutsfattare är det av stor vikt att det finns en samsyn gällande tillämpningen av riskkriterierna. [10]

I Sverige saknas nationellt fastställda kriterier för riskvärdering inom planprocessen [10]. Praxis vid riskvärdering i Sverige är att använda kriterier från konsultfirman Det Norske Veritas (DNV) för individ- och samhällsrisk [10]. Enligt DNV:s kriterier kan risker delas in i tre kategorier [10]:

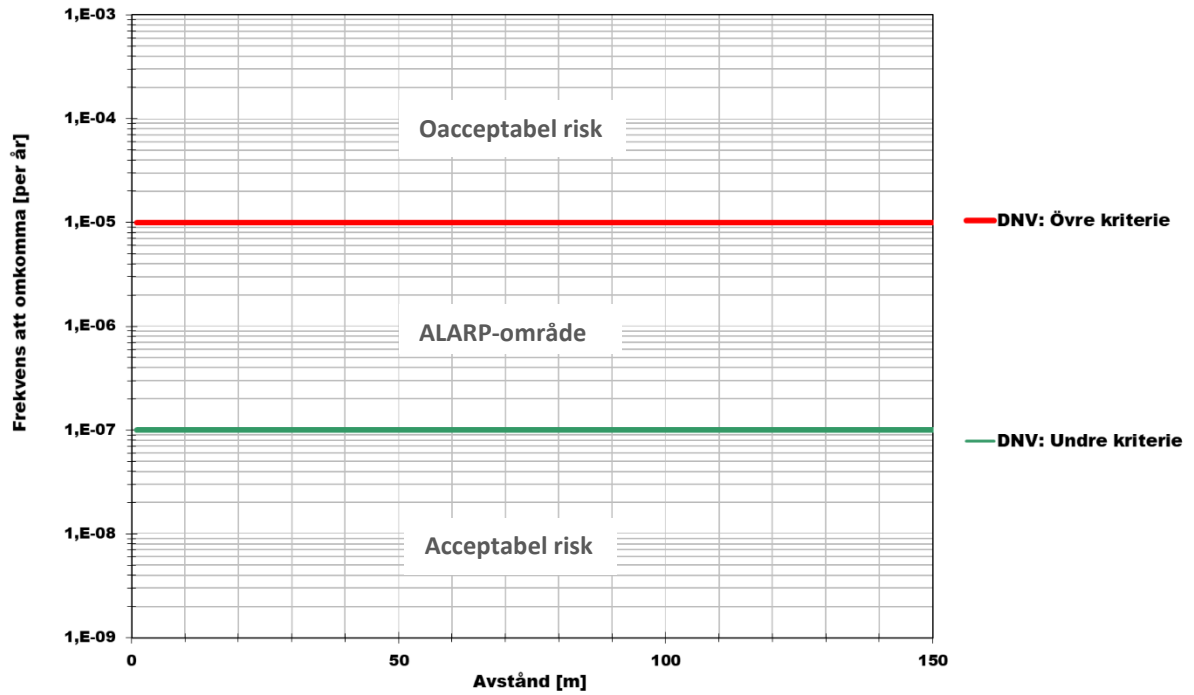
- **Oacceptabla risker** klassificeras som oacceptabelt höga och accepteras ej. Risker som hamnar i denna kategori kräver åtgärder till riskreduktion för att minska risknivåerna.
- **Acceptabla med restriktioner** är en kategori av risker som kan accepteras enligt ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable) om åtgärder till riskreduktion vidtas med hänsyn till kostnad och nytta för verksamheten. Risker som hamnar i den övre delen av ALARP-området, nära området med oacceptabla risker accepteras endast om nyttan med åtgärden anses vara mycket stor och det inte är praktiskt möjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av ALARP-området ställs inte samma krav på riskreduktion, men rimliga åtgärder till riskreduktion ska ändå beaktas. För att avgöra rimligheten i föreslagna åtgärder kan kostnad-nyttoanalys genomföras.
- **Acceptabla risker** klassificeras som låga och kan accepteras utan åtgärder till riskreduktion.

I Tabell 1 redovisas DNV:s kriterier för individ- och samhällsrisk för respektive kategori av risker beskrivna ovan. Kriterierna används för bedömning av huruvida erhållna risknivåer är acceptabla eller ej. Gränserna för ALARP-området markeras med heldragna linjer i Figur 2 (individrisk) och Figur 3 (samhällsrisk).

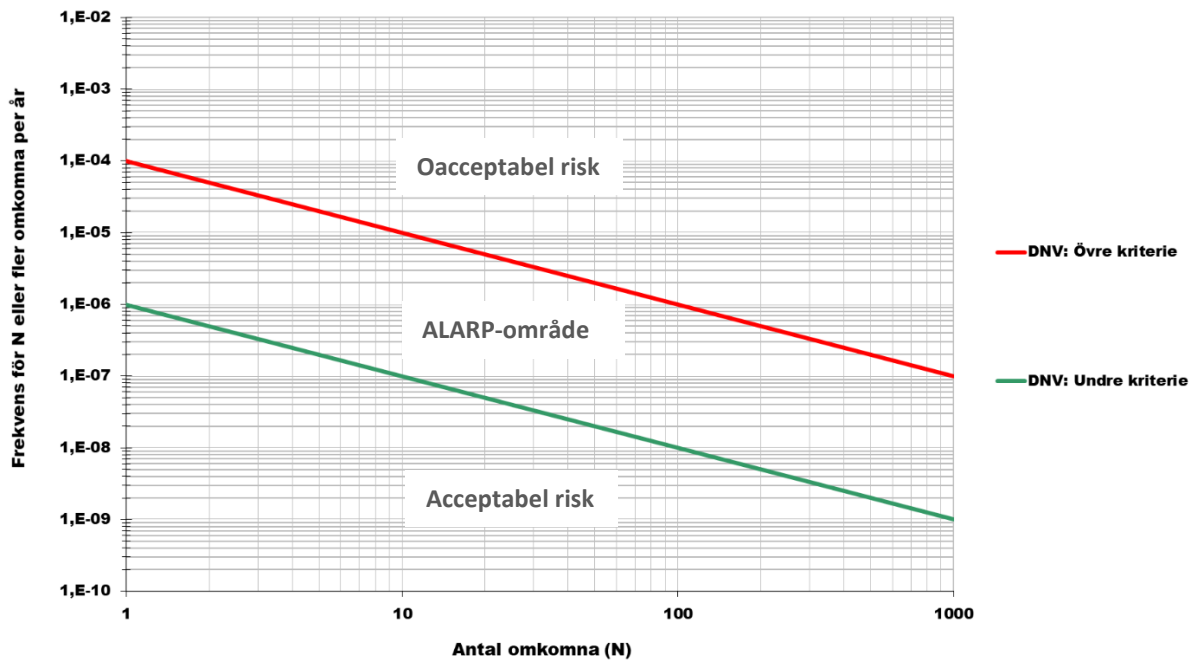
Tabell 1. DNV:s kriterier för riskvärdering [10].

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

*ALARP-området för samhällsrisk illustreras med två linjära kurvor med lutning -1.



Figur 4. Acceptanskriterier för individrisk.



Figur 5. Acceptanskriterier för samhällsrisk.

2.3 Riskhänsyn inom samhällsplanering

Inom samhällsplanering regleras planläggning intill transportleder för farligt gods av Plan- och bygglagen (2010:900) samt interna riktlinjer från olika Länsstyrelser [12].

2.3.1 Definition av farligt gods

Farligt gods definieras i enlighet med MSB:s handbok [13] som ämnen och föremål som kan orsaka skada på miljö, hälsa, liv eller egendom under transport, som en direkt följd av deras kemiska och fysikaliska egenskaper.

2.3.2 Transport av farligt gods

Transport av farligt gods regleras inom Lagen om transport av farligt gods (2006:263). Farligt gods delas in i nio olika klasser med avseende på deras farliga egenskaper enligt MSB:s föreskrifter för transport på väg (ADR-S) [14] och järnväg (RID-S) [15] (Tabell 2).

Tabell 2. Farligt gods-klasser och egenskaper.

ADR-S/RID-S klass	Egenskaper
1	Explosiva ämnen och föremål
2	Gaser
3	Brandfarliga vätskor
4	Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen, självantändande ämnen m.m.
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider
6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen
7	Radioaktiva ämnen
8	Frätande ämnen
9	Övriga farliga ämnen och föremål

3 Metod

I detta kapitel presenteras en övergripande beskrivning av använd metodik i rapporten.

Inledningsvis beskrivs planområdet och planerad verksamhet, samt anges översiktligt förutsättningar för riskpåverkan från aktuella riskkällor.

I riskidentifieringen identifieras riskerna från aktuella riskkällor och dimensionerande olycksscenarioer tas fram för respektive riskkälla baserat på de farliga egenskaperna för transporterade klasser av farligt gods.

I riskuppskattningen beräknas individ- och samhällsrisknivåer inom planområdet utifrån en kvantifiering av sannolikheter och konsekvenser för dimensionerande olycksscenarioer. Kvantifiering av sannolikheter och konsekvenser genomförs med vedertagna modeller för sannolikhets- och frekvensberäkning, händelseförloppsanalys och konsekvensberäkning, se Bilaga 1 - Frekvensberäkningar väg, Bilaga 2 - Frekvensberäkningar järnväg, Bilaga 3 – Konsekvensberäkningar väg och Bilaga 4 - Konsekvensberäkningar järnväg.

I riskvärderingen jämförs beräknade individ- och samhällsrisknivåer mot kriterier från DNV för att avgöra behov av riskreducerande åtgärder och bedöma markens lämplighet för planerad exploatering.

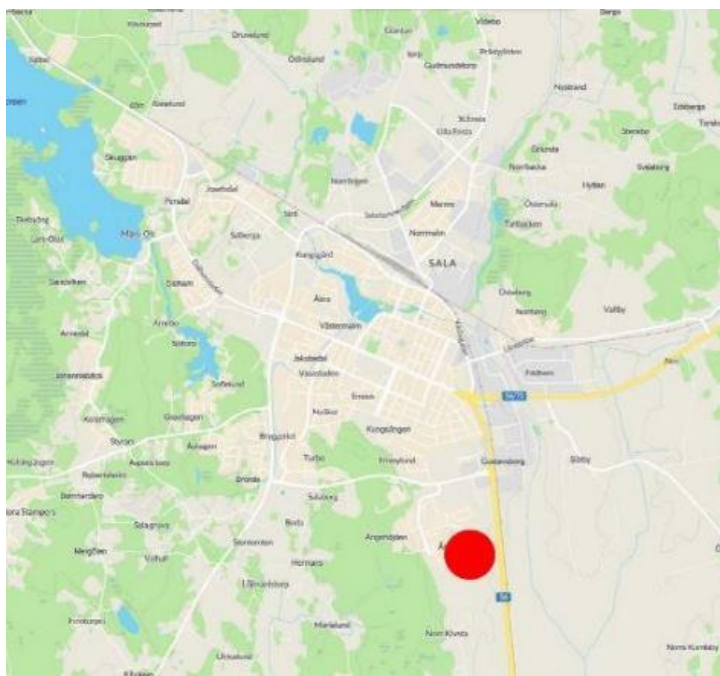
Slutligen föreslås en lämplig utformning av planområdet och planerad bebyggelse för att hantera riskerna från aktuella riskkällor.

4 Områdesbeskrivning

I detta kapitel beskrivs planområdet översiktligt för att redovisa förutsättningarna för riskbedömningen.

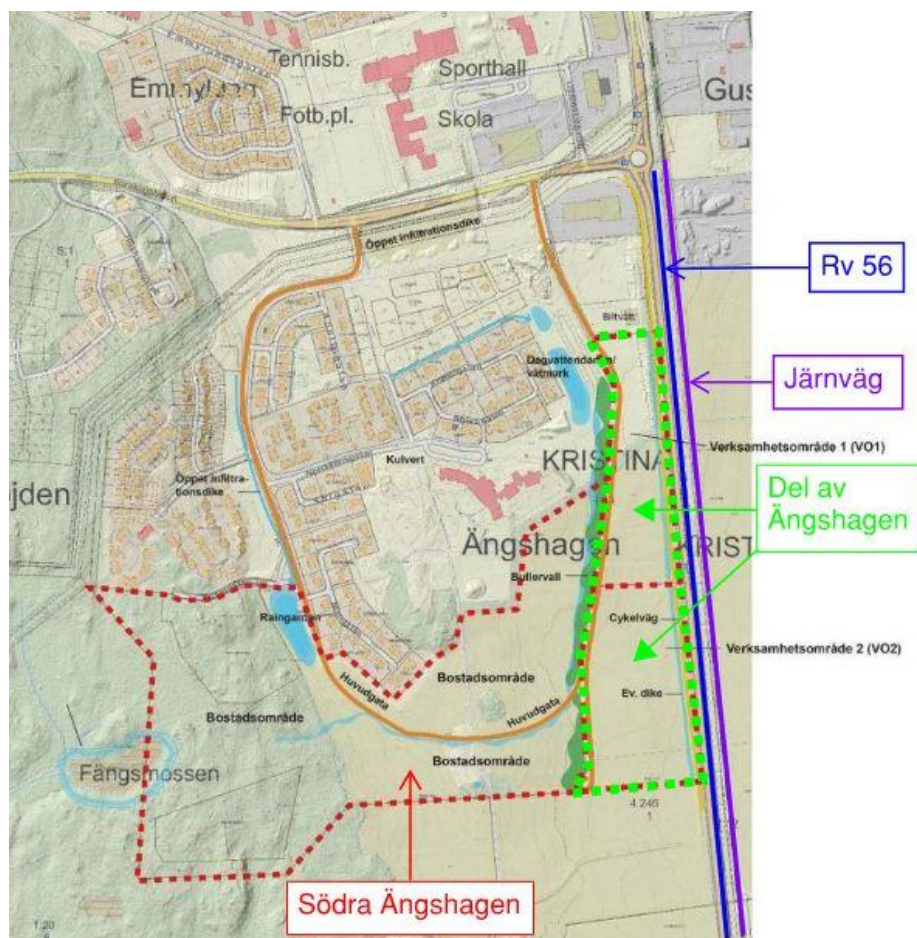
4.1 Planområdet

Södra Ängshagen och Del av Ängshagen är två planområden belägna söder om tätorten Sala i Västmanlands län (Figur 6). Planområdena upptar tillsammans en areal om cirka 0,32 km² och omges av skogsmark i väster, åker- och jordbruksmark i söder och öster, samt av Sala i norr. [2]



Figur 6. Planområdenas läge relativt Sala [2].

Planområdena angränsar i öster till Riksväg (Rv) 56 och järnvägslinjen mellan Sala och Västerås [5] (Figur 7). På både Rv 56 och järnvägslinjen transporteras farligt gods [2].



Figur 7. Planområdenas läge relativt angränsande riskkällor [2].

Närmast Rv 56 planeras för en cykelväg och ett dike som sträcker sig längs hela planområdet Del av Ångshagen och båda verksamhetsområdena. Diket begränsar utbredning av en vätskepöl vid olycka som orsakar pölbrand eller avdunstning från vätskepöl, vilket är positivt ur risksynpunkt. Marken runt både Rv 56 och järnvägen består dessutom av genomsläpplig gräsmark som gör att utbredning av vätskespill ytterligare begränsas. Det finns också planer på att utforma verksamhetsområdena inom Del av Ångshagen med en tät skärm av bebyggelse mot Rv 56, vilket ger visst skydd mot olyckor på Rv 56 och järnvägen. Mellan verksamhetsområdena inom Del av Ångshagen och bostadsområdet inom Södra Ångshagen planeras även för en bullervall längs hela planområdet. Den planerade bullervallen kan beroende på utformning ge visst skydd för bostadsområdet inom Södra Ångshagen. Verksamhetsområdena närmast Rv 56 ligger i jämnhöjd med Rv 56 och järnvägen [2].

4.2 Planerad verksamhet

Planerad verksamhet inom verksamhetsområden närmast Rv 56 och järnväg utgörs av mindre störande verksamheter (Z). Dock har kontor (K), detaljhandel (H) och centrum (C) diskuterats. Planerad verksamhet för bostadsområde inom Södra Ängshagen utgörs av bostäder (B) och förskola (S). [2] [4]

4.3 Befolkningstäthet

Sala kommun har idag en genomsnittlig befolkningstäthet på cirka 20 personer per km² [16]. Då planområdena är relativt små till ytan (total yta: 0,32 km²) och planer finns på relativt tät bebyggelse antas dock en betydligt högre befolkningstäthet för planområdena. Befolkningstätheten inom planområdena antas vara cirka 4100 personer per km², vilket är representativt för tätort [17]. Det antas att hälften av dygnet räknas som dagtid (12 h) och att resten av dygnet räknas som natt (12 h) samt att transporter av farligt gods är jämnt fördelade över hela dygnet under hela året. Då bostäder (B) utgör dominerande verksamhet inom planområdena är andelar för inomhus-/utomhusvistelse baserade på bostäder som verksamhet. I enlighet med RIKTSAM antas att 10 % av personerna inom planområdena vistas utomhus på dagen och 90 % inomhus samt att 1 % vistas utomhus på natten och 99 % vistas inomhus [12]. Antaganden om befolkningstäthet och andelar inomhus-/utomhusvistelse redovisas i Tabell 3.

Tabell 3. Befolkningstäthet och andelar inomhus-/utomhusvistelse.

Tid	Befolkningstäthet [pers/km ²]	Andel inomhus [%]	Andel utomhus [%]
Dag	2000	90	10
Natt	1000	99	1

4.4 Infrastruktur

Riksväg 56 är primär transportled för farligt gods [1] och på järnvägen mellan Sala och Västerås transporteras farligt gods [2]. Från vägkant för närmaste körfältet av Rv 56 mot planområde Del av Ängshagen finns en bebyggelsefri zon på 30 meter som eventuellt kan utökas till 40 meter från vägkant [2] [4]. Avståndet mellan spårmittpunkt för järnvägslinjen och närmaste vägkant för Rv 56 mot Del av Ängshagen är 30 meter [5]. Därav används nedan angivna bebyggelsefria avstånd för riskbedömningen:

- Rv 56 – 30 meter
- Järnväg – 60 meter

Trafikflöden från Trafikverket för prognosår 2040 och egenskaper för Rv 56 presenteras i Tabell 4.

Tabell 4. Trafikuppgifter för Rv 56 [6].

ÅDT [fordon/dygn]	Tung trafik [%]	Hastighet [km/h]	Mittbarriär
7450	26	100	Ja

Trafikflöden från Trafikverket för prognosår 2040 och egenskaper för järnvägen visas i Tabell 5.

Tabell 5. Trafikuppgifter för järnvägslinje mellan Sala och Västerås [6].

Tågtyp	ÅDT [tåg/dygn]	Hastighet [km/h]
Persontåg (X60 och X52/53)	34,2	130
Godståg	6,6	100

Som redovisas i Tabell 5 utgör godstrafiken cirka 19 % av den totala tågtrafiken på spåret mellan Sala och Västerås. Då järnvägslinjen mellan Sala och Västerås är enkelspårig förbi planområdena [5] antas att växlar inte förekommer längs med sträckan. Plankorsningar saknas även helt längs med sträckningen förbi planområdena [5].

5 Riskanalys

I detta kapitel presenteras utförd riskanalys bestående av riskidentifiering och riskuppskattning.

5.1 Riskidentifiering

Följande riskkällor identifieras i planområdenas direkta närhet och bedöms påverka risken för planerad exploatering inom planområdena:

- Rv 56 (primär transportled för farligt gods)
- Järnvägsspår mellan Sala och Västerås

Risker förknippade med Rv 56 består av olyckor vid transport av farligt gods.

Risker förknippade med järnvägsspåret består av olyckor vid transport av farligt gods samt urspårning.

5.1.1 Transport av farligt gods på Rv 56

Transporten av farligt gods på Rv 56 antas följa det nationella riksgenomsnittet från Trafikanalys mellan åren 2009–2015 [18] gällande fördelningen av ADR-S klasser då samtliga klasser av farligt gods kan förekomma på en primär transportled för farligt gods. Fördelningen av transporterade ADR-S klasser enligt nationellt riksgenomsnitt redovisas i Tabell 6 för de ADR-S klasser som bedöms påverka aktuella planområden vid en olycka med farligt gods på Rv 56.

Tabell 6. Fördelning av transporterade ADR-S klasser på Rv 56.

ADR-S klass	Kategori ämnen	Procentuell andel [%]
1	Explosiva ämnen	0,32
2.1	Brandfarlig gas	6,73
2.3	Giftig gas	0,04
3	Brandfarlig vätska	47,32
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	2,62
	Övriga	42,97
Σ	Totalt	100

5.1.2 Transport av farligt gods på järnväg samt urspårning

Fördelningen av transporterade RID-S klasser på järnvägen mellan Sala och Västerås baseras på en kartläggning av transporter av farligt gods från Trafikverket för Sveriges järnvägar mellan åren 2009–2010 [19]. En sammanställning av fördelningen redovisas i Tabell 7 för de RID-S klasser som transporteras på järnvägen mellan Sala och Västerås.

Tabell 7. Fördelning av transporterade RID-S klasser på järnväg mellan Sala och Västerås.

RID-S klass	Kategori ämnen	Procentuell andel [%]
2.1	Brandfarlig gas	11,4
2.3	Giftig gas	3,8
3	Brandfarliga vätskor	6,0
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	9,1
	Övriga	69,7
Σ	Totalt	100

5.1.3 Sammanställning av dimensionerande olycksscenarioer för Rv 56

Baserat på fördelningen av transporterade ADR-S klasser på Rv 56 i Tabell 6 identifieras dimensionerande olycksscenarioer med potentiellt dödlig utgång i Tabell 8.

Tabell 8. Sammanställning av dimensionerande olycksscenarioer för Rv 56.

Explosiva ämnen	Brandfarlig gas	Giftig gas	Brandfarlig vätska	Oxiderande ämnen och organiska peroxider
<i>ADR-S klass 1</i>	<i>ADR-S klass 2.1</i>	<i>ADR-S klass 2.3</i>	<i>ADR-S klass 3</i>	<i>ADR-S klass 5</i>
Liten explosion	Liten jetflamma	Litet läckage D-5	Liten pölbrand	Stor explosion
Medel explosion	Medel jetflamma	Litet läckage F-2	Medel pölbrand	Stor brand
Stor explosion	Stor jetflamma	Medel läckage D-5	Stor pölbrand	
	Gasmolnsbrand	Medel läckage F-2		
	Gasmolnsexplosion	Stort läckage D-5		
	BLEVE	Stort läckage F-2		

D-5 avser Stabilitetsklass D och vindhastighet 5 m/s.

F-2 avser Stabilitetsklass F och vindhastighet 2 m/s.

5.1.4 Sammanställning av dimensionerande olycksscenarioer för järnväg

Baserat på fördelningen av transporterade RID-S klasser på järnvägen mellan Sala och Västerås i Tabell 7 identifieras dimensionerande olycksscenarioer med potentiellt dödlig utgång i Tabell 9.

Tabell 9. Sammanställning av dimensionerande olycksscenarioer för järnväg mellan Sala och Västerås.

Brandfarlig gas	Giftig gas	Brandfarlig vätska	Oxiderande ämnen och organiska peroxider
<i>RID-S klass 2.1</i>	<i>RID-S klass 2.3</i>	<i>RID-S klass 3</i>	<i>RID-S klass 5</i>
Jetflamma, packningsläckage	Packningsläckage, gynnsamt väder	Liten pölbrand	Stor explosion
Jetflamma, stort hål	Packningsläckage, ogynnsamt väder	Stor pölbrand	Brand
Gasmolnsbrand, packningsläckage	Stort hål, gynnsamt väder		
Gasmolnsbrand, stort hål	Stort hål, ogynnsamt väder		
Gasmolnsexplosion			
BLEVE			

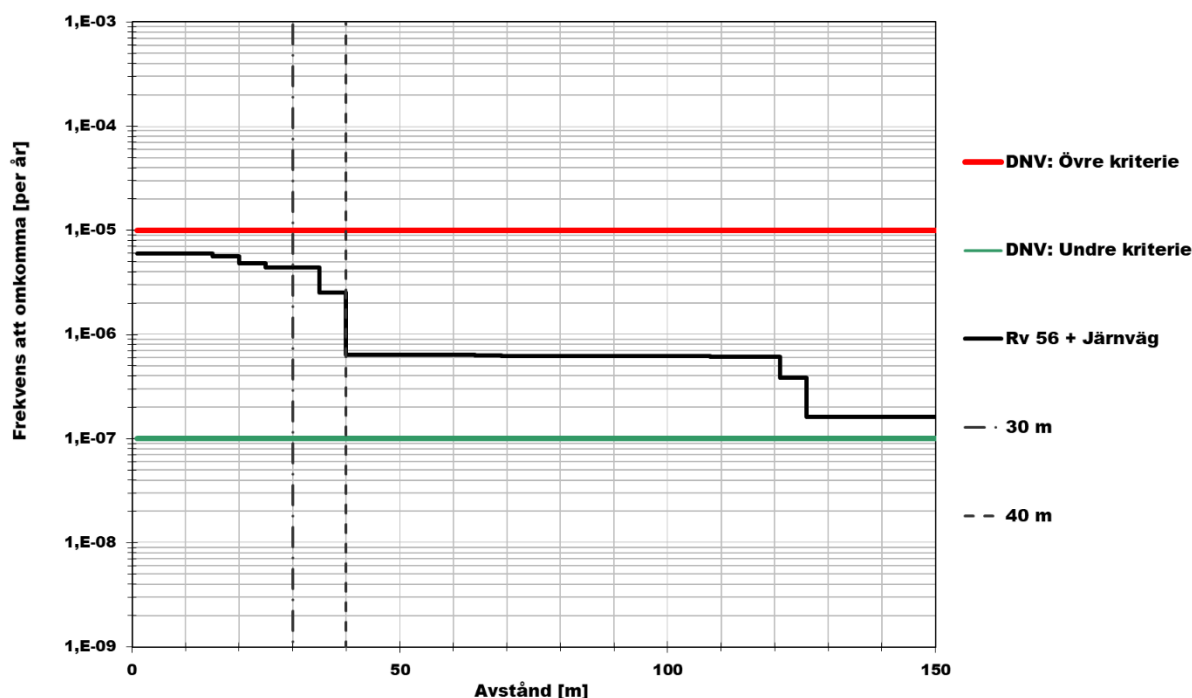
Eftersom det bebyggelsefria avståndet från spårmittpunkt för järnvägen uppgår till 60 meter bedöms inte urspårningsrisken vara aktuell att utreda för planområdena. Dessutom är Rv 56 en typ av barriär mellan järnvägen och planområdena.

5.2 Riskuppskattning och riskvärdering

I denna riskbedömning används båda riskmåten, individrisk och samhällsrisk, för uppskattning av risknivåerna för planområdena. Genom att använda båda riskmåten tas hänsyn till konsekvenser både för den enskilde individen och för antalet personer som samtidigt påverkas av olycksscenarierna. Beräknade risknivåer inkluderar även skyddseffekter av inomhus- och utomhusvistelse för olika olycksscenarier, se Bilaga 5.

5.2.1 Individrisk

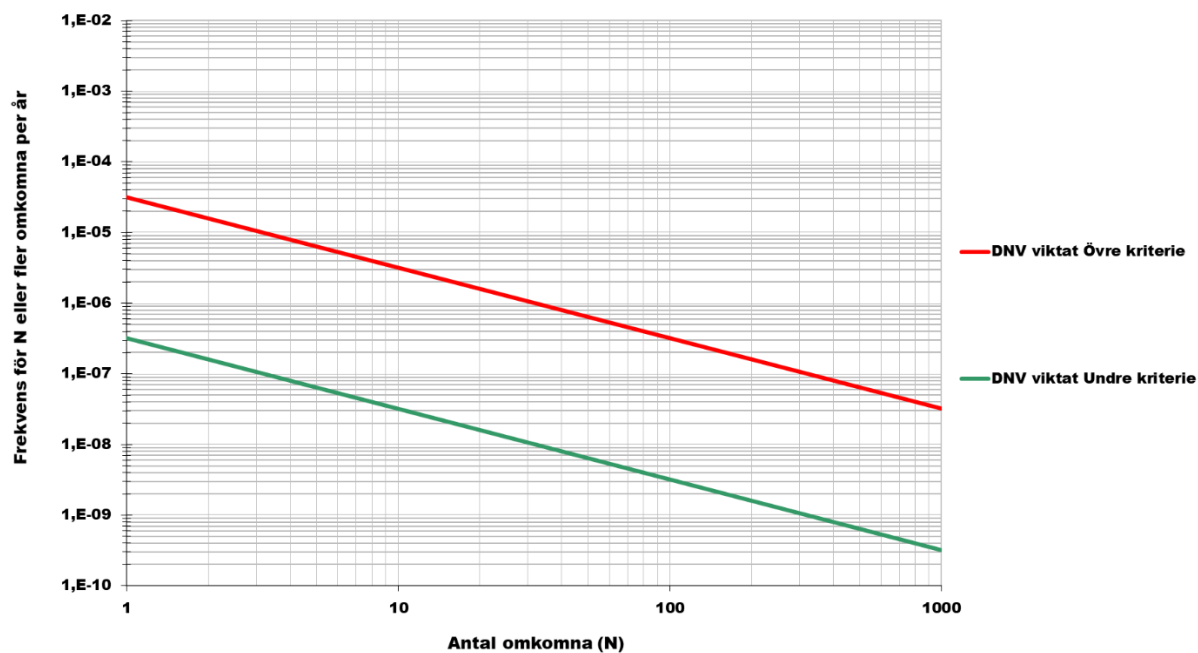
I Figur 8 redovisas den beräknade sammantagna samhällsriskenivån för planområdena (Rv 56 + Järnväg). Horisontella heldragna linjer visar övre och undre kriterium för acceptabel risk enligt kriterier från DNV [10]. Bebyggelsefria avstånd från väggkant för närmsta körfält av Rv 56 på 30 respektive 40 meter redovisas som streckade vertikala linjer. Ur figuren kan utläsas att beräknad individrisknivå ligger i den övre delen av ALARP-området inom 30 respektive 40 meter från väggkant. Detta innebär att rimliga åtgärder till riskreduktion ska vidtas för planerad exploatering inom dessa avstånd enligt principen för ALARP.



Figur 8. Sammantagen individrisknivå för planområdena.

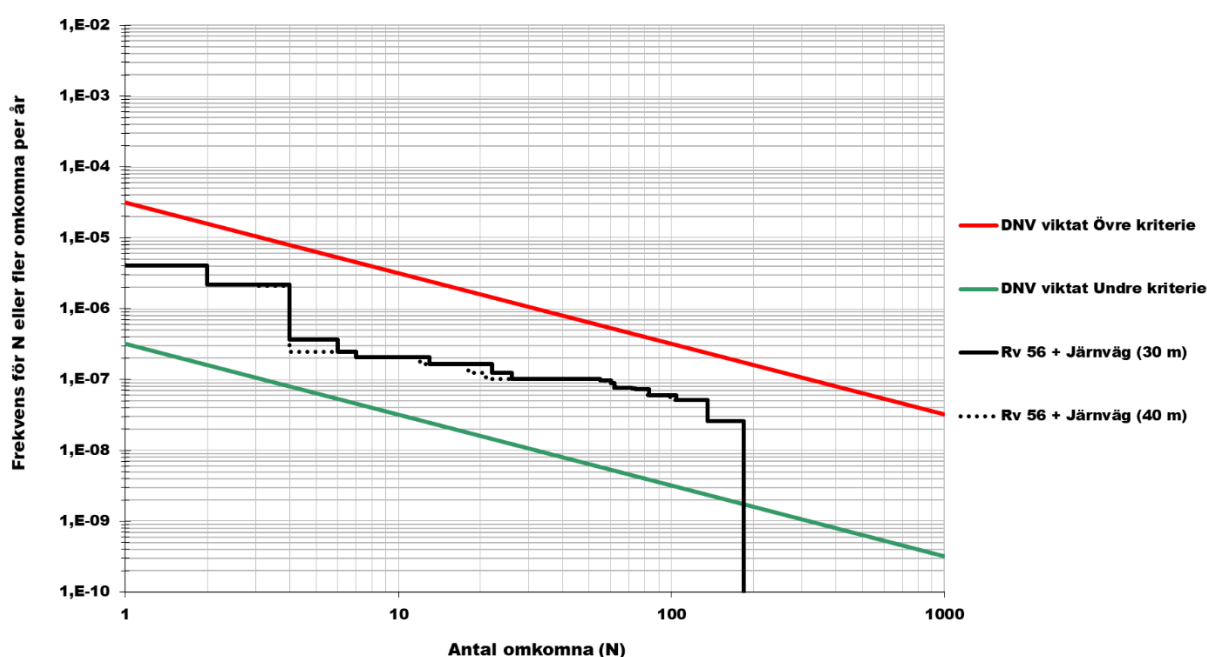
5.2.2 Samhällsrisk för planområdena

Samhällsrisk beräknas normalt för en yta på 1 km². Då riskbedömningen syftar till att beräkna den lokala riskpåverkan på planområdena från omgivande riskkällor i form av Rv 56 och järnvägen beaktas endast samhällsrisk för de specifika planområdena. Därav viktas DNV:s acceptanskriterier för samhällsrisk i Tabell 1 med ytan för aktuella planområden (320 000 m²). Gränserna för viktade kriterier illustreras i Figur 9.



Figur 9. DNV:s viktade kriterier för samhällsrisk för planområdena.

I Figur 10 redovisas den beräknade sammantagna samhällsriskerna för planområdena med bebyggelsefria avstånd på 30 respektive 40 meter från väggkant för närmsta körfält av Rv 56 (Rv 56 + Järnväg (30 m) respektive Rv 56 + Järnväg (40 m)). Lutande heldragna linjer med lutning -1 visar övre och undre kriterium för acceptabel risk enligt kriterier från DNV [10]. Ur figuren kan utläsas att beräknad samhällsrisknivå ligger inom ALARP-området för samtliga olycksscenarioer. Detta innebär att åtgärder som är rimliga med hänsyn till kostnad och nytta enligt principen för ALARP ska vidtas för planerad exploatering inom planområdena. Notera den marginella skillnaden i samhällsrisknivå för bebyggelsefritt avstånd på 30 meter jämfört mot 40 meter.



Figur 10. Sammantagen samhällsrisknivå för planområdena.

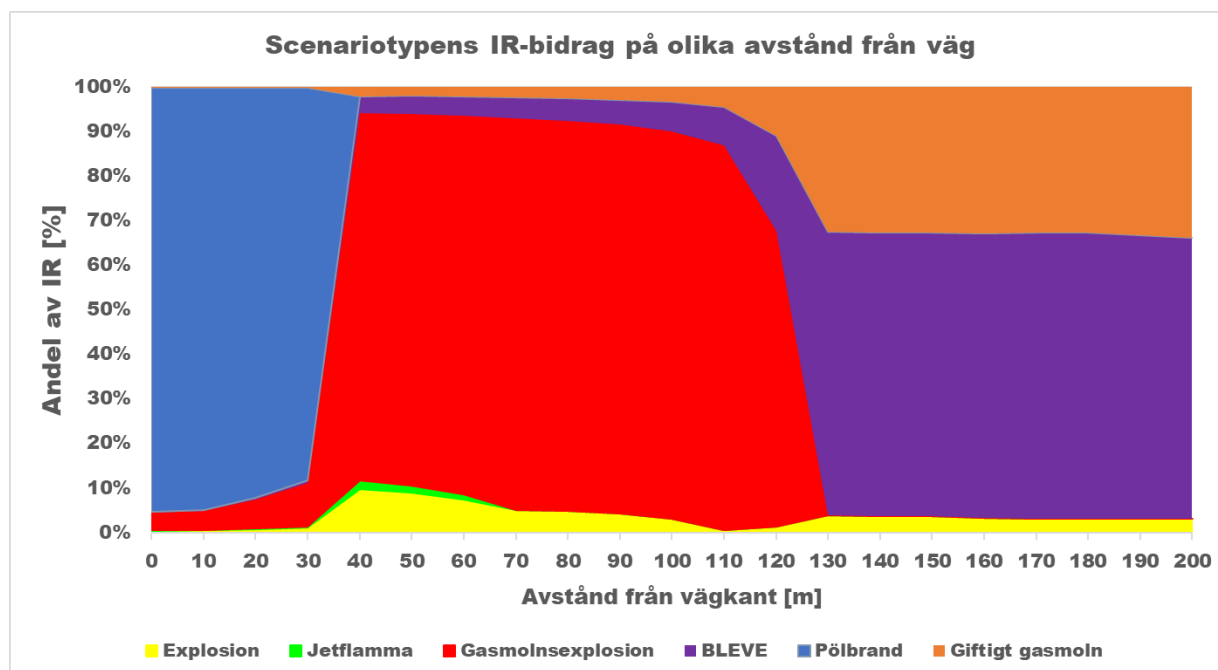
5.3 Riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder kan vara både förebyggande och minska sannolikheterna för aktuella olycksscenarier alternativt skadebegränsande och minska konsekvenserna [20]. I denna riskbedömning föreslås endast skadebegränsande åtgärder på grund av de stora svårigheterna med att kontrollera förutsättningarna utanför själva planområdena, vilka bidrar starkt till sannolikheterna för olycksscenarierna.

5.3.1 Behov av åtgärder

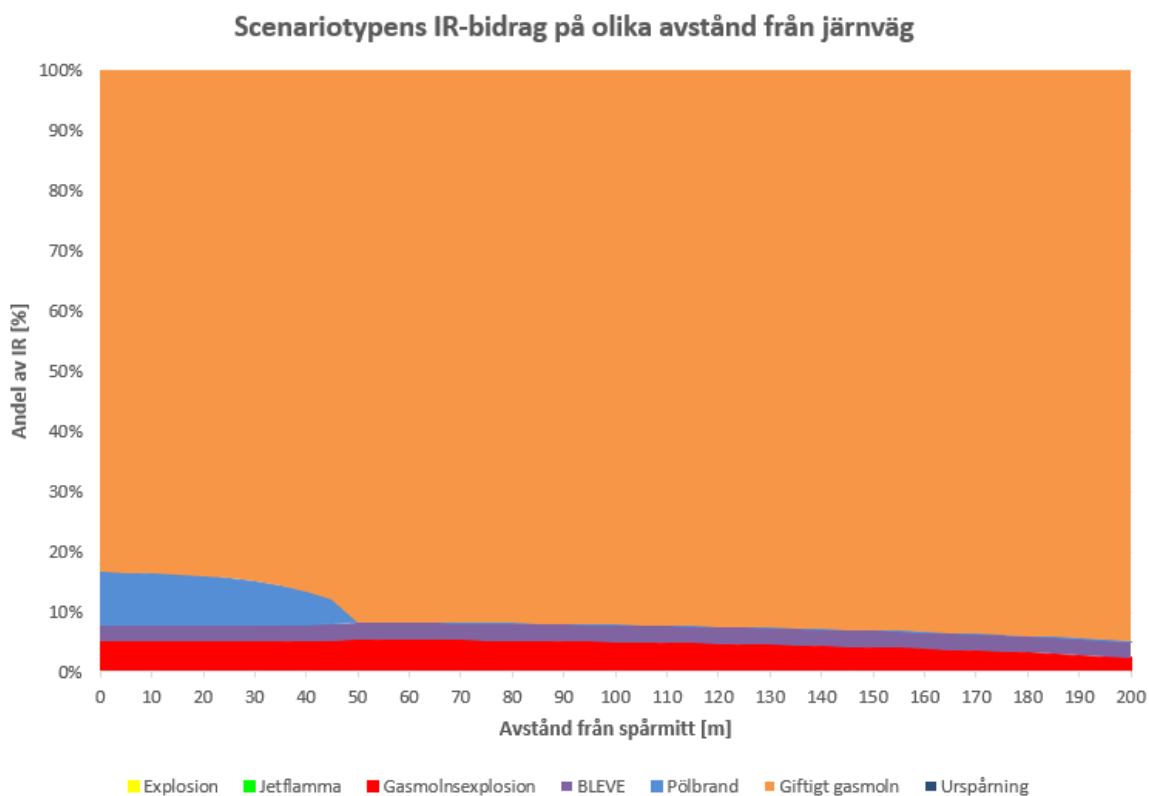
Beräknade individ- och samhällsrisknivåer visar på ett behov av att vidta rimliga åtgärder till riskreduktion för planerad exploatering inom planområdena enligt ALARP-principen. För att anpassa föreslagna åtgärder till aktuell riskpåverkan från riskkällorna utreds vilka olycksscenarier som ger störst bidrag till beräknade risknivåer.

I Figur 11 redovisas individriskbidraget från Rv 56 på olika avstånd från väggkant för närmsta körfält från planområdena. Ur figuren kan utläsas att olycksscenariot pölbrand dominerar riskbilden inom 30 meter från väggkant och därefter är det konsekvenserna relaterat till olyckor med brandfarlig och giftig gas som ger störst bidrag till den totala risken. För planerad exploatering bortom 30 meter från väggkant är det därmed riskerna förknippade med olyckor vid transport av gas (ADR-S klass 2) som behöver hanteras.



Figur 11. Riskbidrag från Rv 56 på olika avstånd från väggkant.

I Figur 12 redovisas individriskbidraget från järnväg på olika avstånd från spårmit. Ur figuren kan utläsas att olycksscenarioet giftigt gasmoln dominerar riskbilden för aktuella planområden. För planerad exploatering inom planområdena är det därav riskerna förknippade med olyckor vid transport av giftig gas (RID-S klass 2.3) som behöver hanteras.



Figur 12. Riskbidrag från järnvägen på olika avstånd från spårmit.

5.4 Rekommenderade åtgärder

I det här avsnittet presenteras förslag på riskreducerande åtgärder för planområdena.

5.4.1 Utformning av planområdena

Nedanstående stycken behandlar den riskreducerande effekten av föreslagna åtgärder kopplat till utformning av planområdena enligt Plan- och genomförandebeskrivning [2].

Dike

Ett dike intill väggkant för närmaste körfält av Rv 56 säkerställer att utbredningen av en vätskepöl från ett läckage på vägen inte når aktuella planområdena och bedöms vara en rimlig åtgärd med relativt stor riskreducerande effekt eftersom diket hindrar spridning av pölbrand närmare planområdet.

Gång- och cykelväg närmast Rv 56

En gång- och cykelväg intill väggkant för närmaste körfält av Rv 56 säkerställer tillfällig vistelse närmast riskkällan och bedöms vara en rimlig riskreducerande åtgärd med stor nytta i form av bland annat ökad tillgänglighet för planområdena.

Tät skärm av bebyggelse mot Rv 56

En tät skärm av bebyggelse mot Rv 56 utgör en naturlig barriär mot spridning av gaser, som är den dominerande risken för planområdena. Bebyggelsen bör vara belägen på en högre höjd ovan mark än Rv 56 och utformas med tät fasad samt en skyddad placering av friskluftsintag för att få önskad riskreducerande effekt.

Bullervall

Bullervallen mellan planområdena bedöms ha en försumbar inverkan på riskerna från transporten av farligt gods Rv 56 och järnvägen. Detta då bullervallen placeras cirka 200 meter från väggkant för närmsta körfält av Rv 56, vilket gör att vallen ligger för långt ifrån riskkällorna för att ge något betydande skydd. Ett gasmoln från transportlederna har på detta avstånd redan blandats ut med omgivande luft till följd av turbulens från bebyggelse inom verksamhetsområdena.

Ovanstående utformningsåtgärder kan införas som markbaserade planbestämmelser i detaljplanen.

5.4.2 Utformning av planerad bebyggelse

Då den dominerande riskbilden för planområdena härrör från spridning av brandfarlig och giftig gas föreslås följande byggnadstekniska åtgärder:

- Placering av friskluftsintag högt på den sida av byggnad/taket som vetter bort från Rv 56 och järnvägen. Placeringen gäller för bostäder med kanalbunden tilluft som t.ex. flerbostadshus.
- Tilluftsdon i fasad utformas med möjlighet att stängas av de boende vid t.ex. ett VMA (Viktigt Meddelande till Allmänheten) tillsammans med dörrar och fönster. Avstängningen gäller för bostäder med tilluftsdon i fasad och enskild ventilation såsom friliggande villor, radhus etc.

Ovanstående åtgärder föreslås gälla för samtlig bebyggelse inom planområdena. Med en tät skärm av bebyggelse mot Rv 56 inom verksamhetsområdena skapas även skydd mot olycksscenarioer med brandfarlig gas (jetflamma, gasmolnsbrand och BLEVE) samt mot spridning av brandgaser vid pölbrand.

Byggnadstekniska åtgärder ovan kan införas som funktionsbaserade planbestämmelser i detaljplanen.

5.4.3 Sammanställning av föreslagna åtgärder

En sammanställning av rekommenderade åtgärder presenteras i Tabell 10.

Tabell 10. Föreslagna riskreducerande åtgärder.

Planbestämmelse	Riskreducerande åtgärd	Beskrivning
Markbaserad	Dike	Dike planläggs intill väggkant för Rv 56.
Markbaserad	Gång- och cykelväg	Gång- och cykelväg planläggs närmast Rv 56 inom detaljplan.
Markbaserad	Tät skärm av bebyggelse	Tät skärm av bebyggelse planläggs mot Rv 56.
Funktionsbaserad	Placering av friskluftsintag	Placering av friskluftsintag högt på den sida av byggnad/taket som vetter bort från Rv 56 och järnvägen.
Funktionsbaserad	Avstängningsbar ventilation	Tilluftsdon i fasad utformas med möjlighet att stängas av de boende vid t.ex. ett VMA.

5.4.4 Värdering av risknivåer med föreslagna åtgärder

Under förutsättning att föreslagna riskreducerande åtgärder enligt Tabell 10 vidtas bedöms att identifierade risker för planområdena är acceptabla enligt principen för ALARP. Värderingen bygger på att en bebyggelsefri zon på minst 30 meter närmast väggkant för Rv 56 upprätthålls genom markbaserad planbestämmelse i detaljplanen.

6 Diskussion

Riskbedömningar kopplat till planläggning intill transportleder för farligt gods är alltid förknippade med osäkerheter på grund av bland annat brist på tillgänglig transport- och olycksstatistik, samt förenklingar i använda modeller. Osäkerhet kopplat till följande två parametrar anses påverka beräknade individ- och samhällsrisknivåer mest:

- Transporten av farligt gods förbi planområdena
- Befolkningstätheten inom planområdena

För att hantera osäkerheterna förknippade med ovanstående parametrar genomförs en känslighetsanalys där både årsmedeldygnstrafiken (ÅDT) som används till att uppskatta antalet transporter av farligt gods och befolkningstätheten fördubblas vid beräkningarna av individ- och samhällsrisknivåer, se Bilaga 6. Dessutom har valen av parametrar t.ex. gränsvärden för konsekvensberäkningarna genomgående varit konservativa med syftet att hantera både inneboende modellosäkerhet och parameterosäkerhet samt för att inte underskatta riskerna för planområdena.

7 Slutsats

Utifrån beräknade risknivåer för planområdena med hänsyn till transport av farligt gods på Rv 56 och järnvägsspår utanför Sala bedömer Bricon att planerad exploatering inom planområdena Södra Ångshagen och Del av Ångshagen är genomförbar ur risksynpunkt givet att följande riskreducerande åtgärder vidtas:

- **Placering av friskluftsintag.** Friskluftsintag placeras högt på sida av byggnad /takdel som vetter bort från Rv 56 och järnvägen. Placeringen gäller för bostäder med kanalbunden tilluft som t.ex. flerbostadshus.
- **Avstängningsbar ventilation.** Tilluftsdon i fasad utformas med möjlighet att stängas av de boende vid t.ex. ett VMA (Viktigt Meddelande till Allmänheten) tillsammans med dörrar och fönster. Avstängningen gäller för bostäder med tilluftsdon i fasad och enskild ventilation såsom friliggande villor, radhus etc.

Ovanstående åtgärder införs som funktionsbaserade planbestämmelser i detaljplanen.

Observera att föreslagna åtgärder ovan förutsätter att en bebyggelsefri zon på minst **30** meter närmast Rv 56 upprätthålls genom markbaserad planbestämmelse i detaljplanen tillsammans med följande utformning enligt planförslag:

- Dike intill väggkant för Rv 56.
- Gång- och cykelväg närmast Rv 56.
- Tät skärm av bebyggelse mot Rv 56.

Bullervall bedöms ge försumbar riskreducerande effekt vid placering 200 meter från Rv 56.

8 Referenser

- [1] Trafikverket, "NVDB på webb," Trafikverket, [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>. [Använd 30 April 2021].
- [2] Plan- och utvecklingsenheten Sala kommun, "Plan- och genomförandebeskrivning, Del av Ängshagen (2018/957)," Plan- och utvecklingsenheten Sala kommun, Sala, 2018.
- [3] Länsstyrelsen Västmanlands län, "Samråd om undersökning för detaljplan för del av Ängshagen, Sala kommun," Länsstyrelsen Västmanlands län, Sala , 2018.
- [4] Plan- och utvecklingsenheten Sala kommun, "Offertförfrågan avseende riskanalys," Plan- och utvecklingsenheten Sala kommun, Sala, 2021.
- [5] Sala kommun, "Arbetsmaterial Plankarta," Sala kommun, Sala, 2021.
- [6] Brekke & Strand Akustik AB, "Trafikbullerutredning Ängshagen," Brekke & Strand Akustik AB, Göteborg, 2021.
- [7] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), "Vägledning för risk- och sårbarhetsanalyser," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Karlstad, 2011.
- [8] International Electrotechnical Commission (IEC), "International Standard 60300-3-9," International Electrotechnical Commission (IEC), Geneve, 1995.
- [9] International Organization for Standardization (ISO), "Risk management - Vocabulary," International Organization for Standardization (ISO), Geneve, 2002.
- [10] Räddningsverket (nuvarande MSB), "Värdering av risk," Räddningsverket (nuvarande MSB), Karlstad, 1997.

- [11] Center for Chemical Process Safety (CCPS), "Guidelines for Chemical Transportation Risk Analysis," Center for Chemical Process Safety (CCPS), New York, 1995.
- [12] C.-A. Stenberg, "Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods," Länsstyrelsen i Skåne län, Malmö, 2007.
- [13] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), "Transport av farligt gods - Väg och järnväg 2019/2020," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Karlstad, 2019.
- [14] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), "ADR-S 2021," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Karlstad, 2021.
- [15] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), "RID-S 2021," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Karlstad, 2021.
- [16] Sala kommun, "Sala kommuns hemsida," Sala kommun, 5 maj 2020. [Online]. Available: <https://www.sala.se>.
- [17] M. Kylefors, "Cost-Benefit Analysis of Separation Distances, a utility-based approach to risk management decision-making, Rapport 1023," Avdelningen för brandteknik, Lunds universitet, Lund, 2001.
- [18] Trafikanalys (TRAFA), "Lastbilstrafik 2009-2015 Swedish national och international road goods transport," Trafikanalys (TRAFA), Stockholm, 2016.
- [19] Trafikverket, "Helårstal per bandel 200910-201009," Trafikverket, 2010.
- [20] Boverket och Räddningsverket, "Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner," Boverket och Räddningsverket, Karlstad, 2006.
- [21] Helmersson, Lennart, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI rapport 387:4," Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI), Linköping, 1994.

- [22] Räddningsverket (nuvarande MSB), "Farligt gods - riskbedömning vid transport," Räddningsverket (nuvarande MSB), Karlstad, 1996.
- [23] S. Lamnevik, "Konsekvensanalys explosioner," Stefan Lamnevik AB, Stjärnhov, 2006.
- [24] Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), "Vägfrafikskador," Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), Stockholm, 2001.
- [25] Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI), "Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)," Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI), Stockholm, 2003.
- [26] Stadsbyggnadskontoret för Göteborgs kommun, "Fördjupad översiktsplan inom sektorn transport av farligt gods (FÖP 99)," Stadsbyggnadskontoret för Göteborgs kommun, Göteborg, 1997.
- [27] S. Lamnevik, "Explosivämneskunskap," Institutionen för energetiska material vid försvarets forskningsanstalt, Stockholm, 2000.
- [28] HMSO, "Major hazard aspects of the transport of dangerous substances," Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, London, 1991.
- [29] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), "Trafikflöde på väg," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Karlstad, 2010.
- [30] P. Jansson, *Muntligen 2008-01-16*, Stockholm: Polisens tillståndsavdelning för transport av gods, 2008.
- [31] Försvarets forskningsanstalt (FOA), "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor," Försvarets forskningsanstalt (FOA), Umeå, 1998.
- [32] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), "Samhällsplanering och riskhantering i anslutning till storskalig kemikaliehantering," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Karlstad, 2017.

- [33] G. Purdy, *Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail*, Journal of Hazardous Materials, vol. 3 pp. 229-259 , 1993.
- [34] S. Halmemies, "Räddningskemi - Farliga ämnen," Räddningsinstitutet, Kuopio, 2000.
- [35] G. Marlair och M.-A. Kordek, "Safety och security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers," Journal of Hazardous Materials, pp. 13-28, 2005.
- [36] Minister van VROM, "Guidelines for storage of organic peroxides," VROM, Haag, 2005.
- [37] J. Havai, *Muntligen: 2008-04-18*, Köping: Yara AB, 2008.
- [38] S. Freden, *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Stockholm: Trafikverket (tidigare Banverket) , 2001.
- [39] Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI), *Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2*, Stockholm: Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI), 1994.
- [40] Trafikanalys , *Transportstatistik mellan åren 2013-2017 för järnvägar i Sverige*, Stockholm: Trafikanalys , 2017.
- [41] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) , *Kartläggning av transporter med farligt gods*, Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) , 2006.
- [42] Trafikanalys, *Bantrafik 2010, Statistik 2011:24*, Stockholm: Trafikanalys, 2011.
- [43] EPA and NOAA, "ALOHA - Users manual," EPA and NOAA, Washington D.C., 2007.
- [44] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), "Spridning Luft version 2.1.1," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Karlstad, 2019.

- [45] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), "RIB Farliga ämnen," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), [Online]. Available: <https://rib.msb.se>. [Använd 10 Maj 2021].
- [46] R. Forsén, "Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods," Försvarets forskningsinstitut (FOI), Stockholm, 2009.
- [47] Ministerie van VROM, "Guidelines for quantitative risk assessment - CPR 18E "Purple Book"," VROM, Haag, 2005.

Bilaga 1 Frekvensberäkningar väg

I denna bilaga presenteras resultatet av utförda frekvensberäkningar för olycka på väg.

Frekvensen anger hur ofta en specifik händelse inträffar under en bestämd tidsperiod. Frekvensen kan t.ex. ange antalet trafikolyckor involverande fordon med farligt gods per år och därmed anta ett värde som är större än 1. [21]

Sannolikheten beskriver hur troligt det är att en specifik händelse inträffar och utgör en andel av totalt möjliga händelser. Sannolikheten kan därför anta ett värde mellan 0 och 1 för att beskriva t.ex. sannolikheten för utsläpp givet en olycka i samband med transport av farligt gods. [21]

Frekvensen för trafikolycka involverandes fordon skyltat med farligt gods som leder till utsläpp beräknas utifrån trafikuppgifter och vägegenskaper för 1 km vägsträcka av Rv 56 enligt VTI-metoden med nedanstående ekvationer [21] [22].

$$Frekvens = O((Y \cdot X) + (1 - Y)(2X - X^2)) \times FG_{Index}$$

$$O = \text{ÅDT}_{Total} \left[\frac{\text{fordon}}{\text{dygn}} \right] \times 365,25 \left[\frac{\text{dygn}}{\text{år}} \right] \times \text{Vägsträcka [km]} \times \text{Olyckskvot [-]}$$

$$X = \frac{\text{ÅDT}_{FG} \left[\frac{\text{fordon}}{\text{dygn}} \right]}{\text{ÅDT}_{Total} \left[\frac{\text{fordon}}{\text{dygn}} \right]}$$

$$Y = \text{Andel singelolyckor [-]}$$

Indataparametrar till beräkningar med ovanstående ekvationer presenteras i Tabell 11.

Tabell 11. Indataparametrar till frekvensberäkning för olycka med utsläpp av farligt gods på väg.

Indataparameter	Värde och enhet	Kommentar
ÅDT_{Total}	7450 fordon/dygn	ÅDT år 2040 från trafikbullerutredning [6]
ÅDT_{FG}	48,5 fordon/dygn	26 % tung trafik enligt trafikbullerutredning [6] och 2,5 % farligt gods av tung trafik [22]
Olyckskvot	0,29	Interpolerat tabellvärde för 100 km/h [22]
Andel singelolyckor	0,55	Interpolerat tabellvärde för 100 km/h [22]
FG_{Index}	0,38	Interpolerat tabellvärde för 100 km/h [22]
Vägsträcka	1 km	Standard [10]

Beräknad frekvens för trafikolycka involverandes fordon skyltat med farligt gods på Rv 56 som leder till utsläpp uppgår till **7,43E-03** per år.

Baserat på fördelningen av transporterade ADR-S klasser samt händelseförloppsanalys för olika händelseförlopp beräknas frekvenserna för dimensionerande olycksscenarioer med respektive klass av farligt gods nedan.

1.1 ADR-S klass 1 – Explosiva ämnen

Dimensionerande ämne för transport av ADR-S klass 1 utgörs av trotyl (TNT) [23], vilket tillhör riskgrupp 1.1 och får transporteras i maximal mängd om 16 ton [15]. För att TNT ska ge upphov till explosion krävs att tillräckligt med energi tillförs ämnet vid en olycka. Om en kraftig stöt eller brand inträffar vid olyckan kan en sådan mängd energi tillföras som leder till detonation. Händelseförloppet för en explosion redovisas i Tabell 12 med uppskattade sannolikheter för respektive delhändelse angivna i procent.

Tabell 12. Händelseförlopp (uppifrån och ner) för dimensionerande olycksscenarioer vid trafikolycka med ADR-S klass 1.

Trafikolycka ADR-S klass 1							
Antändning av fordon							
Ja 0,4 %			Nej 99,6 %				
Brandspridning till last			Kraftig stöt				
Ja 50 %		Nej 50 %	Ja 0,1 %			Nej 99,9 %	
Lastmängd			Lastmängd				
Liten 85 %	Medel 14,5 %		Stor 0,5 %	Liten 85 %	Medel 14,5 %		Stor 0,5 %
Explosion			Explosion				

1.1.1 Antändning av fordon

En brand som påverkar lasten uppstår i huvudsak till följd av inblandning i trafikolyckan alternativt på grund av ett fordonsfel som orsakar överhettning. Svensk statistik anger en sannolikhet på 0,4 % för brand i fordon inblandat i trafikolycka [24] [25].

1.1.2 Brandspridning till last

Sannolikheten för att en brand ska spridas till lasten antas beror på faktorer såsom typ av övrigt farligt gods inblandat i olyckan, transporterad mängd samt brandstorlek och övriga förmildrande omständigheter såsom räddningstjänstens insatstid etc. För att hantera den stora osäkerheten kopplat till nämnda faktorer ovan görs motsvarande bedömning som i Göteborgs fördjupade översiktsplan att sannolikheten för brandspridning till lasten som ger detonation är 50 % [26].

1.1.3 Kraftig stöt

För att initiera en detonation krävs kollisionshastigheter på flera hundra meter/sekund [27]. Dock saknas kunskap om det krockvåld som krävs för en detonation i fraktat gods vid en trafikolycka. HSMO anger en sannolikhet som är mindre än 0,2 % för detonation orsakad av stöt vid en kollision [28]. Med hänsyn till den tekniska utvecklingen inom fordonsindustrin samt ökad trafiksäkerhet under de senaste två decennierna antas att sannolikheten för detonation som orsakas av kraftig stöt vid en trafikolycka är ungefär hälften så stor d.v.s. 0,1 %.

1.1.4 Lastmängd

Det råder stor osäkerhet kopplat till transporterade mängder av farligt gods i ADR-S klass 1 på grund av att informationen om transporterarna till största del är belagd med sekretess. Transporterade lastmängder baseras därav på maximalt tillåten transporterad mängd på väg och i tunnlar enligt RID-S regelverket [15]. Lastmängderna antas därför vara 1000, 5000 och 16 000 kg för liten, medel och stor lastmängd. Genomfartstrafik och transport till centrallager antas ske med maximal mängd gods i lasten, vilka utgör 0,5 % av samtliga transporter med farligt gods enligt statistik från MSB (tidigare Räddningsverket) [29]. De resterande lastmängderna antas transporteras enligt en fördelning på 85 % för liten last respektive 14,5 % för medelstor last baserat på uppgifter från Polisens tillståndsavdelning [30].

1.2 ADR-S klass 2 – Gaser

Gaser tillhörande ADR-S klass 2 utgörs av brandfarliga gaser (ADR-S klass 2.1), inerta gaser (ADR-S klass 2.2) och giftiga gaser (ADR-S klass 2.3). I riskbedömningen beaktas konsekvenserna av olyckor med brandfarlig gas och giftig gas då inerta gaser inte anses påverka planområdena i samma utsträckning.

1.2.1 ADR-S klass 2.1 – Brandfarlig gas

Gasol antas som representativt ämne för aktuell ADR-S klass med anledning av att det är en tryckkondenserad gas med låg brännbarhetsgräns [31] som antas kunna antändas på stora avstånd och därmed utgöra ett konservativt val för frekvensberäkningarna. Gasen ger upphov till dimensionerande olycksscenarioer först vid antändning [31]. Antänds gasen direkt vid utsläpp uppstår en jetflamma, antänds gasen i ett senare skede när ett gasmoln hunnit bildas (fördröjd antändning) kan en gasmolnsexplosion uppstå [31]. En BLEVE (Boiling Liquid Evaporating Vapour Exploison) kan uppstå om den tryckkondenserade gasen inuti tanken börjar koka till följd av extern brandpåverkan från exempelvis en jetflamma eller en pölbrand samtidigt som tanken saknar säkerhetsventil [32]. Vid långvarig uppvärmning från en extern brand kan trycket i tanken till slut bli så stort att en explosion sker och då den utströmmande gasen antänds bildas ett eldklot som sakta stiger upp i luften [31]. Händelseförloppet vid en olycka som leder till dimensionerande olycksscenarioer vid läckage och antändning av brandfarlig gas redovisas i Tabell 13 med uppskattade sannolikheter för respektive delhändelse angivna i procent.

Tabell 13. Händelseförlopp (uppifrån och ner) för dimensionerande olycksscenarioer vid trafikolycka med ADR-S klass 2.1.

Trafikolycka ADR-S klass 2.1			
Gasläckage			
Ja 1,3 %			Nej 98,7 %
Storlek på läckage			
Litet 62,5 %	Medelstort 20,8 %	Stort 16,7 %	
Antändning	Antändning	Antändning	

Ingen	Fördröjd	Direkt		Ingen	Fördröjd	Direkt		Ingen	Fördröjd	Direkt	
40 %	50 %	10 %		20 %	65 %	15 %		0 %	80 %	20 %	
	Gas-moln	BLEVE			Gas-moln	BLEVE			Gas-moln	BLEVE	
	Brand eller explosion	J a 1 %	N e j 99 %		Brand eller explosion	J a 1 %	N e j 99 %		Brand eller explosion	J a 1 %	N e j 99 %
		B L E V E	L i t t e n J e t t f l a m m a			B L E V E	M e d e l J e t t f l a m m a			B L E V E	S t o r J e t t f l a m m a

Gasläckage

Då gaser normalt transporteras under tryck i tjockväggiga tankar som är mer tåliga än de tunnväggiga tankar som används vid transport av brandfarlig vätska (ADR-S klass 3) är sannolikheten för läckage mindre och ansätts till därav 1/30 av index för utsläpp vid en olycka i samband med transport av farligt gods [22].

Storlek på läckage

Sannolikheter för läckagestorlekar utgår från storlekar på hål och ansätts till 62,5 %, 20,8 % respektive 16,7 % för liten, medel och stor hålstorlek [22].

Antändning

Sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning sätts till 10%, 50 % och 40 % för litet läckage [33]. För stort läckage ansätts sannolikheterna till 20%, 80 % och 0 %. För ett medelstort läckage beräknas medelvärdet av sannolikheterna för stort respektive litet läckage till 15%, 65 % och 20 %.

BLEVE

Sannolikheten för att en tank med gasol värms upp under så lång tid att tryckuppbyggnad som leder till BLEVE uppstår anses vara mycket liten och antas därav till 1 %. Det bedöms vara betydligt mer troligt att en jetflamma som uppstår vid den direkta antändningen inte riktas mot den intilliggande tanken.

1.2.2 ADR-S klass 2.3 – Giftig gas

Dimensionerande ämne för transport av ADR-S klass 2.3 representeras av svaveldioxid som är den mest giftiga gasen som transporteras på väg [22]. Då spridning av giftig gas beror mycket på väder- och vindförhållanden beräknas spridning för både genomsnittliga väder- och vindförhållanden (gynnsamt väder) som representeras av neutral atmosfärisk skiktning med stabilitetsklass D och vindhastighet 5 m/s, samt för extrema väder- och vindförhållanden (ogynnsamt väder) som utgörs av stabil atmosfär med stabilitetsklass F och vindhastighet 2 m/s. Händelseförloppet vid en olycka som leder till utsläpp av giftig gas visas i Tabell 14 med uppskattade sannolikheter för respektive delhändelse angivna i procent.

Tabell 14. Händelseförlopp (uppifrån och ner) för dimensionerande olycksscenarioer vid trafikolycka med ADR-S klass 2.3.

Trafikolycka ADR-S klass 2.3						
Gasläckage						
Ja 1,3 %						Nej 98,7 %
Storlek på läckage						
Litet 62,5 %		Medelstort 20,8 %		Stort 16,7 %		
Väderlek		Väderlek		Väderlek		
Gynnsam 85 %	Ogynnsam 15%	Gynnsam 85 %	Ogynnsam 15%	Gynnsam 85 %	Ogynnsam 15%	
Giftigt gasmoln	Giftigt gasmoln	Giftigt gasmoln	Giftigt gasmoln	Giftigt gasmoln	Giftigt gasmoln	

Gasläckage

Då gaser normalt transporteras under tryck i tjockväggiga tankar som är mer tåliga än de tunnväggiga tankar som används vid transport av brandfarlig vätska (ADR-S klass 3) är sannolikheten för läckage mindre och ansätts till därav 1/30 av index för utsläpp vid en olycka i samband med transport av farligt gods [22].

Storlek på läckage

Sannolikheter för läckagestorlekar utgår från storlekar på hål och ansätts till 62,5 %, 20,8 % respektive 16,7 % för liten, medel och stor hålstorlek [22].

Väderlek

Det antas att genomsnittligt väder med gynnsam väderlek råder 85 % av tiden och att stabilt väder med ogynnsam väderlek råder 15 % av tiden. Antaganden om väderlek är baserade på handbok från MSB (tidigare Räddningsverket) [22].

1.3 ADR-S klass 3 – Brandfarlig vätska

Dimensionerande olycksscenarioer för olycka vid transport av brandfarlig vätska utgörs av pölbränder i olika storlek. Dimensionerande ämne antas utgöras av bensin som är den mest brandfarliga vätskan som transporteras på väg (flampunkt 12 °C) [21]. I Tabell 15 presenteras händelseförloppet vid en olycka som leder till utsläpp och antändning av brandfarlig vätska med uppskattade sannolikheter för respektive delhändelse angivna i procent.

Tabell 15. Händelseförlopp (uppifrån och ner) för dimensionerande olycksscenarioer vid trafikolycka med ADR-S klass 3.

Trafikolycka ADR-S klass 3							
Läckage av brandfarlig vätska							
Ja 38 %				Nej 62 %			
Storlek på läckage						Brand i fordon	
Litet 50 %		Medelstort 25 %		Stort 25 %		Ja 0,4%	Nej 99,6%
Antändning		Antändning		Antändning		Spridning till last	
Ja 3,3%	Nej 96,7 %	Ja 3,3%	Nej 96,7 %	Ja 3,3%	Nej 96,7 %	Ja 50%	Nej 50%
Pölbrand		Pölbrand		Pölbrand		Pölbrand	

1.3.1 Läckage av brandfarlig vätska

Sannolikheten för läckage av brandfarlig vätska baser på index för utsläpp vid en olycka i samband med transport av farligt gods på representativ vägsträcka [22].

1.3.2 Storlek på läckage

Sannolikheter för läckagestorlekar baseras på hålstorlekar och ansätts till 25 %, 25 % och 50 % för litet, medelstort och stort läckage [22].

1.3.3 Antändning

Då dimensionerande ämne för transporter utgörs av bensin ansätts sannolikheten för antändning oberoende av läckagestorlek till 3,3 % [28].

1.3.4 Brand i fordon

Svensk statistik anger en sannolikhet på 0,4 % för brand i fordon inblandat i trafikolycka [24] [25].

1.3.5 Spridning till last

Sannolikheten för brandspridning till lasten som gör att innehållet i hela tanken läcker ut och börjar brinna antas till 50 % baserat på avsnitt 1.1.2.

1.4 ADR-S klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Dimensionerande olycksscenarioer för olycka vid transport av ADR-S klass 5 utgörs av explosion och brand då oxiderande ämnen (ADR-S klass 5.1) är brandunderstödjande och i vissa fall kan detonera [14], samt då organiska peroxider (ADR-S klass 5.2) är mycket instabila och i vissa fall kan sönderfalla explosionsartat [34]. Ammoniumnitrat som tillhör riskgrupp 5.1 är ett vanligt ämne som finns i många gödningsmedel och som kan sönderfalla explosivt vid ett brandförlopp där tillräckligt med energi tillförs samtidigt som ämnet är inneslutet och blandas med flytande organiskt material såsom diesel, vegetabiliska oljor eller bensin [35]. Ammoniumnitrat kan utgöra dimensionerande ämne på grund av ämnets stora oxiderande effekt och vanliga förekomst på väg [36]. I Tabell 16 redovisas händelseförloppet för dimensionerande olycksscenarioer i form av explosion och brand med uppskattade sannolikheter för respektive delhändelse angivna i procent.

Tabell 16. Händelseförlopp (uppifrån och ner) för dimensionerande olycksscenarioer vid trafikolycka med ADR-S klass 5.

Trafikolycka ADR-S klass 5							
Läckage av ammoniumnitrat							
Ja 10 %			Nej 90 %				
Blandning med flytande organiskt material			Brand i fordon				
Ja 10%		Nej 90 %		Ja 0,4%		Nej 99,6%	
Antändning av blandning				Spridning till last			
Ja 1 %	Nej 99 %			Ja 50%			Nej 50%
Explosion				Kritisk påverkan			
		Ja 0,5 %	Nej 99,5 %				

			Explosion	Brand		
--	--	--	-----------	-------	--	--

1.4.1 Läckage av ammoniumnitrat

Sannolikheten för utsläpp av ammoniumnitrat bedöms vara mycket liten då ämnet är väl förpackat i tjocka säckar under transport, samt att utsläpp av ämnet inte har förekommit hittills vid transport i Sverige [37]. Därav antas sannolikheten för utsläpp konservativt till 10 %.

1.4.2 Blandning med flytande organiskt material

Det saknas uppgifter om sannolikheten för att ammoniumnitrat blandas med organiskt material vid en olycka under transport. Konservativt antas samma sannolikhet som för utsläpp på 10 %.

1.4.3 Antändning av blandning

Sannolikheten för antändning av blandningen baseras på sannolikheter för antändning av pölar med brandfarlig vätska [28] och antas därav konservativt till 1,0 %.

1.4.4 Brand i fordon

Svensk statistik anger en sannolikhet på 0,4 % för brand i fordon inblandat i trafikolycka [24] [25]. Detta antas representera sannolikheten för antändning av ett utsläpp utan att blandning med organiskt material sker.

1.4.5 Spridning till last

Sannolikheten för brandspridning till lasten antas till 50 % baserat på avsnitt 1.1.2.

1.4.6 Kritisk påverkan

Eftersom det krävs långvariga brandförlopp för att initiera en explosion av oblandat ammoniumnitrat [35] ansätts sannolikheten för kritisk påverkan till hälften av vad sannolikheten för antändning av blandningen antagits till, d.v.s. 0,5 %.

1.5 Frekvensreduktion m.a.p. konsekvensavståndens längd

För individriskberäkningarna används en frekvensreduktionsfaktor för att ta hänsyn till att en specifik punkt i omgivningen endast drabbas av vissa olycksscenarier om den sker på en bestämd vägsträcka i närheten. Då grundfrekvensen för olycksscenarierna gäller för 1 km vägsträcka multipliceras därav grundfrekvensen med en reduktionsfaktor som antas vara det dubbla beräknade konsekvensavståndet dividerat med vägsträckan på 1 km.

Bilaga 2 Frekvensberäkningar järnväg

I denna bilaga redovisas resultatet av utförda frekvensberäkningar för olycka på järnväg.

Frekvensen för tågolycka med godståg inblandat beräknas utifrån metodik beskriven i Trafikverkets (tidigare Banverkets) rapport *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [38]. Frekvensen för järnvägsolycka med godståg inblandat beräknas med nedanstående ekvation.

$$Frekvens_{godstågsolycka}[\text{per år}] = \text{Urspårningsfrekvens}[\text{per år}] \times \frac{\text{Antal godståg}[\text{st.}]}{\text{Totalt antal tåg}[\text{st.}]}$$

Där urspårningsfrekvensen (φ) beräknas som produkten av exponeringsvariabeln (W) och intensitetsfaktorn (ξ) enligt nedanstående ekvation [38].

$$\varphi = W * \xi$$

I Tabell 17 framgår använda exponeringsvariabler och intensitetsfaktorer för beräkningar av urspårningsfrekvens.

Tabell 17. Indata till beräkning av urspårningsfrekvenser för olika olyckstyper [38].

Olyckstyp för urspårning	Intensitetsfaktor [per år]	Exponeringsvariabel
Rälsbrott	5,00E-11	vagnaxelkm (godståg)
Solkurvor	1,00E-05	spårkm
Spårlägesfel	4,00E-10	vagnaxelkm (godståg)
Vagnfel		
Godståg	3,10E-09	vagnaxelkm (godståg)
Lastförskjutning	4,00E-10	vagnaxelkm (godståg)
Annan orsak	5,70E-08	tågkm
Okänd orsak	1,40E-07	tågkm (godståg)

Övriga indataparametrar till beräkningar med ekvationerna ovan presenteras i Tabell 18.

Tabell 18. Indataparametrar till frekvensberäkning för olycka vid transport av farligt gods på järnväg.

Indataparameter	Värde och enhet	Kommentar
Antal persontåg	34,2 tåg/dygn	ÅDT år 2040 från trafikbullerutredning [6]
Antal godståg	6,6 tåg/dygn	ÅDT år 2040 från trafikbullerutredning [6]
Antal vagnar per persontåg	5 st.	Standard [39]
Antal vagnar per godståg	17 st.	Standard [39]
Järnvägssträcka	1 km	Standard [38]
Antal vagnsaxlar per vagn	3 st.	Standard [26]
Antal växlar på studerad sträcka	0 st.	Järnvägssträcka utan växlar [5]
Antal plankorsningar på studerad sträcka	0 st.	Järnvägssträcka utan plankorsningar [5]

Frekvensen för järnvägsolycka med godståg inblandat beräknas med ekvationerna ovan till **9,16E-04** per år.

En urspårning omfattar i genomsnitt 3,5 vagnar [39] samtidigt som andelen godsvagnar med farligt gods uppgår till 9 % enligt nationell statistik från Trafikanalys för åren 2013 till 2017 [40]. Sannolikheten för att en urspårad vagn innehåller farligt gods beräknas då med nedanstående ekvation [39].

$$1 - (1 - 0,09)^{3,5}$$

Frekvensen för olycka vid transport av farligt gods på aktuell järnvägssträcka beräknas då slutligen genom att multiplicera sannolikheten ovan med frekvensen för järnvägsolycka med godståg inblandat. Frekvensen för urspårning med godsvagn som innehåller farligt gods blir då **2,65E-04** per år.

Baserat på fördelningen av transporterade RID-S klasser samt händelseförloppsanalys för olika händelseförlopp beräknas frekvenserna för dimensionerande olycksscenarioer med respektive klass av farligt gods nedan.

2.1 RID-S klass 2 – Gaser

Enligt MSB:s kartläggning av transporter med farligt gods i Sverige från år 2006 utgörs 75 % av transporterna av brandfarlig gas (RID-S klass 2.1) och 25 % av giftig gas (RID-S klass 2.3) [41].

2.1.1 RID-S klass 2.1 – Brandfarlig gas

Liksom för vägtransport antas gasol utgöra dimensionerande ämne för järnvägstransport av brandfarlig gas. Händelseförloppet som leder till olycka och utsläpp av brandfarlig gas presenteras i Tabell 19 med uppskattade sannolikheter för respektive delhändelse angivna i procent.

Tabell 19. Händelseförlopp (uppifrån och ner) för dimensionerande olycksscenarioer vid järnvägsolycka med RID-S klass 2.1.

Urspårning RID-S klass 2.1						
Läckage						
Inget 98 %	Packningsläckage 1 %			Stort hål 1 %		
	Antändning			Antändning		
	Ingen	Fördröjd	Direkt	Ingen	Fördröjd	Direkt
	90 %	0 %	10 %	30 %	50 %	20 %
			BLEVE			BLEVE
			Ja 1 %	Nej 99 %		Ja 1 %
	Gasmoln	BLEVE	Jet- flamma	Gasmoln	BLEVE	Jet- flamma
	Brand			Brand eller explosion		

Läckage

Sannolikheten för läckage från tjockväggig järnvägsvagn är 1 % oberoende av om det är packningsläckage (litet hål) eller stort hål [33].

Antändning

För packningsläckage (litet hål) respektive stort hål antas sannolikheter för antändning enligt Tabell 20.

Tabell 20. Sannolikheter för antändning av gasläckage [33].

Antändning	Packningsläckage [%]	Stort hål [%]
Ingen	90	30
Fördröjd	0	50
Direkt	10	20

BLEVE

Sannolikheten för att en vagn med gasol värms upp under så lång tid att tryckuppbyggnad som leder till BLEVE uppstår anses vara mycket liten och antas därav till 1 %. Det bedöms vara betydligt mer troligt att en jetflamma som uppstår vid den direkta antändningen inte riktas mot den intilliggande vagnen.

2.1.2 RID-S klass 2.3 – Giftig gas

För järnvägstransport av giftig gas antas klor utgöra dimensionerande ämne då gasen är den mest toxiska gasen som transporteras på järnväg [21]. Händelseförloppet som leder till olycka och utsläpp av giftig gas presenteras i Tabell 21 med uppskattade sannolikheter för respektive delhändelse angivna i procent.

Tabell 21. Händelseförlopp (uppifrån och ner) för dimensionerande olycksscenario vid järnvägsolycka med RID-S klass 2.3.

Urspårning RID-S klass 2.3				
Läckage				
Inget 98 %	Packningsläckage 1 %		Stort hål 1 %	
	Väderlek		Väderlek	
	Gynnsam 50 %	Ogynnsam 50 %	Gynnsam 50 %	Ogynnsam 50 %
	Giftigt gasmoln	Giftigt gasmoln	Giftigt gasmoln	Giftigt gasmoln

Läckage

Sannolikheten för läckage från tjockväggig järnvägsvagn är 1 % oberoende av om det är packningsläckage (litet hål) eller stort hål [33].

Väderlek

Konservativt antas att genomsnittligt väder med gynnsam väderlek råder halva tiden och att stabilt väder med ogynnsam väderlek råder resten av tiden.

2.2 RID-S klass 3 – Brandfarlig vätska

Dimensionerande olycksscenarier för järnvägsolycka vid transport av brandfarlig vätska utgörs av pölbränder i olika storlek. Dimensionerande ämne antas utgöras av bensin som är den mest brandfarliga vätskan som transporteras på järnväg (flampunkt 12 °C) [21]. I Tabell 22 redovisas händelseförloppet vid en olycka som leder till utsläpp och antändning av brandfarlig vätska med uppskattade sannolikheter för respektive delhändelse angivna i procent.

Tabell 22. Händelseförlopp (uppifrån och ner) för dimensionerande olycksscenarier vid järnvägsolycka med RID-S klass 3.

Urspårning RID-S klass 3				
Läckage				
Inget 70 %	Packningsläckage 25 %		Stort hål 5 %	
	Antändning		Antändning	
	Ja 10 %	Nej 90 %	Ja 30 %	Nej 70 %
	Liten pölbrand		Stor pölbrand	

Läckage

Sannolikheten för litet läckage (packningsläckage) respektive stort läckage (stort hål) från tunnväggig järnvägsvagn antas vara 25 % respektive 5 % [33].

Antändning

Sannolikheten för antändning av litet respektive stort läckage antas vara 10 % respektive 30 % [33].

2.3 RID-S klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Dimensionerande olycksscenarioer för olycka vid transport av RID-S klass 5 utgörs av explosion och brand då oxiderande ämnen (RID-S klass 5.1) är brandunderstödjande och i vissa fall kan detonera [14], samt då organiska peroxider (RID-S klass 5.2) är mycket instabila och i vissa fall kan sönderfalla explosionsartat [34]. För ett explosionsförlopp med oxiderande ämnen krävs en brand där tillräckligt med energi tillförs samtidigt som ämnet är inneslutet och blandas med flytande organiskt material som till exempel diesel, vegetabiliska oljor eller bensin [35]. Enligt transportstatistik från år 2010 utgörs cirka 93 % av transportererna av RID-S klass 5 av oxiderande ämnen (riskgrupp 5.1) och cirka 7 % av organiska peroxider (riskgrupp 5.2) [42]. I Tabell 23 presenteras händelseförloppet för dimensionerande olycksscenarioer i form av explosion och brand med uppskattade sannolikheter för respektive delhändelse angivna i procent.

Tabell 23. Händelseförlopp (uppifrån och ner) för dimensionerande olycksscenarioer vid järnvägsolycka med RID-S klass 5.

Urspårning RID-S klass 5			
Oxiderande ämnen 90 %		Organiska peroxider 10 %	
Läckage			
Ja 30 %		Nej 70 %	
Blandning med flytande organiskt material			
Ja 1 %		Nej 99 %	
Antändning av blandning			
Nej 90 %	Explosion 1 %	Brand 9 %	

Oxiderande ämnen

Mot bakgrund av transportstatistiken från år 2010 [42] antas andelen oxiderande ämnen utgöra 90 % av transportererna med RID-S klass 5.

Läckage

Sannolikheten för läckage av oxiderande ämnen antas motsvara sannolikheten för läckage av brandfarlig vätska då transporten antas ske i tunnväggiga järnvägsvagnar. Därav antas sannolikheten för läckage med RID-S klass 5.1 vara 30 %, vilket är likt sannolikheten för litet läckage med RID-S klass 3 [33].

Blandning med flytande organiskt material

Sannolikheten för att det oxiderande ämnet ska blandas med flytande organiskt material vid en järnvägsolycka antas vara 1 % [26].

Antändning av blandning

Sannolikheten för antändning givet att blandning med flytande organiskt material sker antas vara 10 %. I 90 % av fallen där antändning sker antas brand uppstå och i 10 % av fallen antas detonation uppstå, vilket leder till explosion.

2.4 Frekvensreduktion m.a.p. konsekvensavståndens längd

För individriskberäkningarna används en frekvensreduktionsfaktor för att ta hänsyn till att en specifik punkt i omgivningen endast drabbas av vissa olycksscenarier om den sker på en bestämd spårsträcka i närheten. Då grundfrekvensen för olycksscenarierna gäller för 1 km spårsträcka multipliceras därav grundfrekvensen med en reduktionsfaktor som antas vara det dubbla beräknade konsekvensavståndet dividerat med spårsträckan på 1 km.

Bilaga 3 Konsekvensberäkningar väg

I denna bilaga presenteras resultatet av utförda konsekvensberäkningar för olycka på väg.

3.1 ADR-S klass 1 – Explosiva ämnen

I Tabell 24 presenteras använda gränsvärden för beräkningarna av konsekvenserna (antal omkomna) vid en olycka som orsakar explosion under vägtransport av explosiva ämnen.

Tabell 24. Gränsvärden (50 % omkomna) för tryckpåverkan från explosion [32].

Skadetyper	Inomhus	Utomhus
Tryckpåverkan	60 kPa	94 kPa

Baserat på beräkningsmetodik i *Konsekvensanalys explosioner* [23] beräknas avstånd till gränsvärden i Tabell 24 för explosion med TNT som representativt ämne för aktuell ADR-S klass, se Tabell 25. Storleken på explosionen beror på transporterade lastmängder och i tabellen baseras lastmängderna på högsta tillåtna gränsmängder för transport i tunnlar i Sverige [14]. Observera att både skador på egendom samt splitterverkan bortses helt från i beräkningarna, samt att explosionen (detonationen) sker nära marken och därav ger full markreflexion och en halvsfärisk utbredning av luftstöt vågen [23].

Tabell 25. Konsekvensavstånd för dimensionerande olycksscenarioer vid transport av ADR-S klass 1.

Dimensionerande olycksscenario	Lastmängd [kg]	Avstånd till tryck 60 kPa*	Avstånd till tryck 94 kPa*
Liten explosion	1 000	64	54
Medel explosion	5 000	110	92
Stor explosion	16 000	162	135

*Avspeglar reflektionstrycket vinkelrätt mot explosionen (högsta trycket).

Gränsvärde för lungskador går vid ungefär 70 kPa [31] och för att ta hänsyn till skador på människor både inomhus och utomhus används konsekvensavstånden för gränsvärdet 60 kPa för beräkningar av antalet omkomna (fetmarkerade i Tabell 25). Konsekvensområdet för explosion approximeras med en cirkel där avståndet till 60 kPa utgör radien i cirkeln.

3.2 ADR-S klass 2 – Gaser

Gasers spridning i luft beror framför allt på väder- och vindförhållanden, samt topografi [31]. Konsekvenserna vid ett utsläpp av brandfarlig och/eller giftig gas berör främst dem som vistas i vindriktningen från utsläppet. Beräkningarna anpassas därav till den vinkel (spridningsvinkel) som utbredningen av utsläppet sker i. Samtliga vindriktningar antas ha lika stor sannolikhet. Gränsvärden för värmestrålning och toxisk exponering anges i Tabell 26 för livshotande skador.

Tabell 26. Gränsvärden (livshotande skador) för värmestrålning och toxisk exponering [32].

Skadetyper	Gränsvärde	Kommentar
Värmestrålning Direkt flampåverkan	10 kW/m ²	Livshotande inom 60 sek
Toxisk exponering	AEGL 3 (10 min)	Livshotande inom 10 min

3.2.1 ADR-S klass 2.1 – Brandfarliga gaser

Gasol antas som representativt ämne för aktuell ADR-S klass med anledning av att det är en tryckkondenserad gas med låg brännbarhetsgräns [31] som antas kunna antändas på stora avstånd och därmed utgöra ett konservativt val för konsekvensberäkningarna. Det är endast konsekvenserna från antändning av gasen (brand och explosion) som utreds i olycksscenarioer beskrivna nedan.

Jetflamma (jet fire)

Gasol förvaras under högt tryck i kondenserad form (vätska) vid transport på väg. Om ett utsläpp sker kommer gasen under högt tryck att strömma ut i luften och bilda en så kallad jetstråle [31]. Antänds jetstrålen direkt vid utsläpp bildas en jetflamma [31]. Dimensioner för jetflamma och avgiven värmestrålning beräknas enligt exemplet 11.3.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* och beror på utsläppt mängd och hålarea [31]. I Tabell 27 redovisas beräknade avstånd till gränsvärdet för värmestrålning i Tabell 12 (10 kW/m²) inom vilka personer antas omkomma.

Tabell 27. Konsekvensavstånd för dimensionerande olycksscenarioer vid jetflamma.

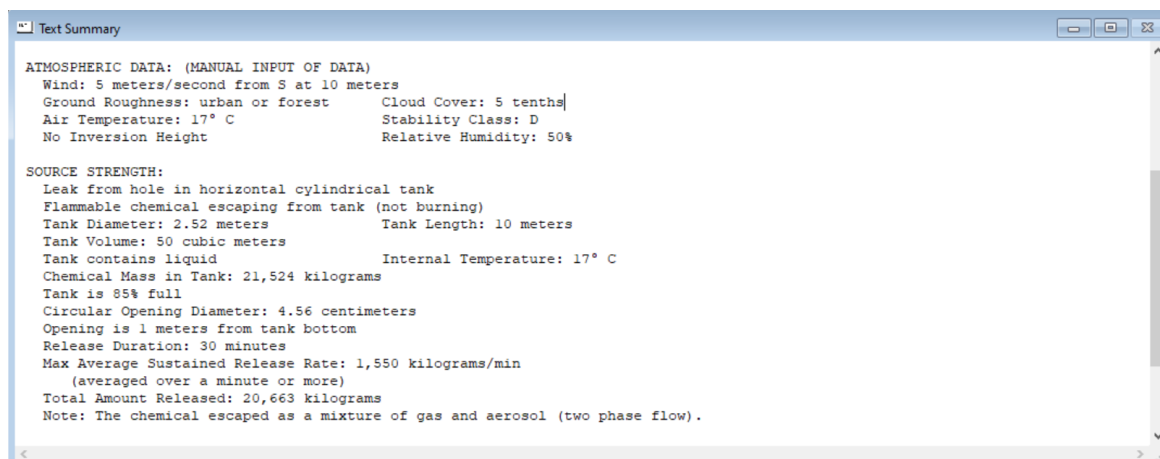
Dimensionerande olycksscenario	Utsläppt mängd [kg/s] [21]	Hålarea [cm ²]	Konsekvensavstånd [m]
Liten jetflamma	0,09	0,08	6
Medel jetflamma	0,9	0,83	16
Stor jetflamma	17,8	16,4	67

Konsekvensområdet för jetflamma approximeras med en cirkelsektor där flambredden utgör spridningsvinkeln i sidled.

Gasmolnsbrand (flash fire)

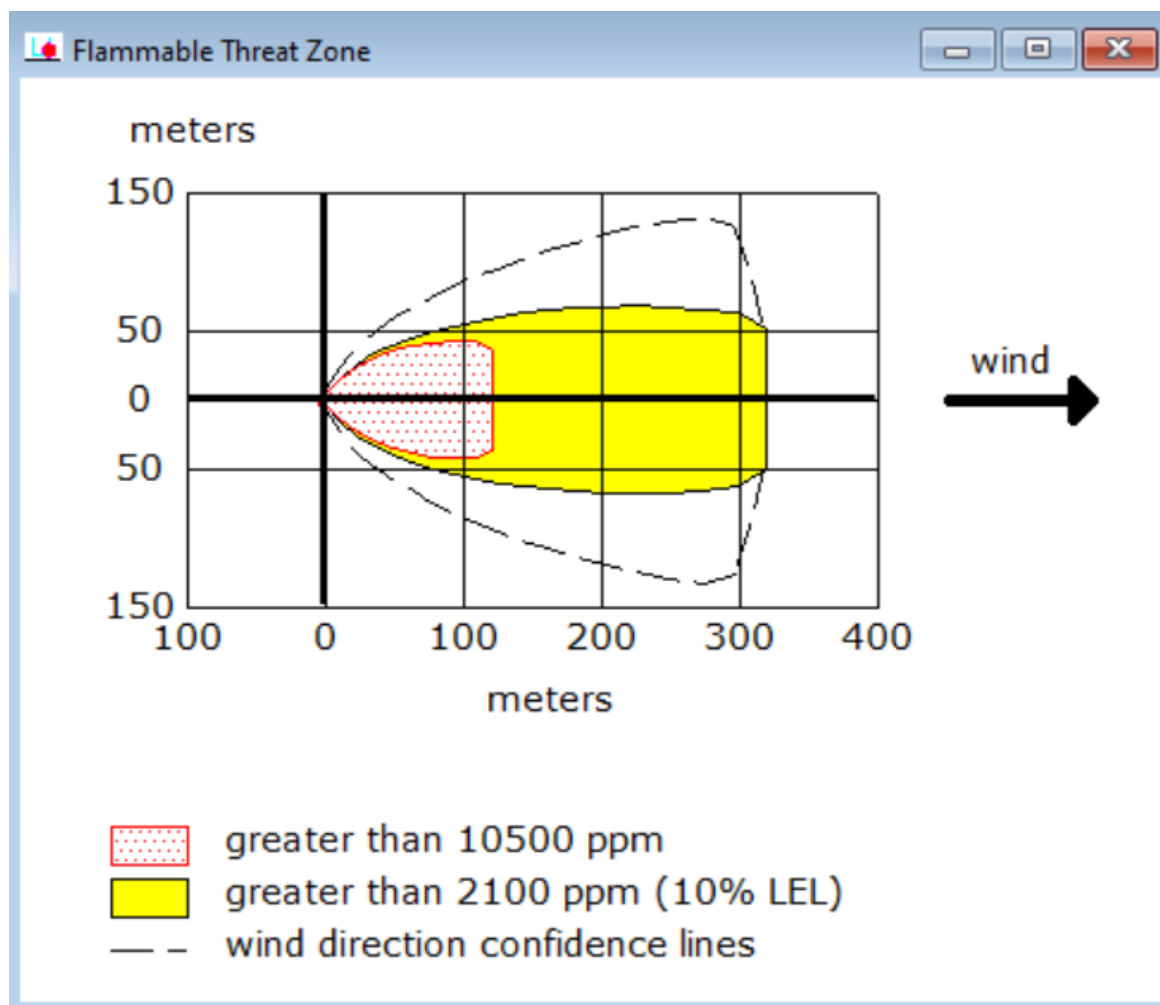
En gasmolnsbrand kan uppstå om gasolen har förgasats och blandats ut med luften före antändning (en så kallad fördröjd antändning) [31]. För att gasen ska antändas krävs att koncentrationen av gas ligger inom brännbarhetsgränserna och då uppstår en flamfront som rör sig genom gasblandningen [31]. Det är endast personer som befinner sig inom det brinnande gasmolnet som kan omkomma [31]. Avståndet till 10 500 ppm, vilket är halva den undre brännbarhetsgränsen för gasol, beräknas i syfte att ta hänsyn till lokala variationer i koncentration. För beräkningarna används datorprogrammet ALOHA [43]. Inom beräknat konsekvensavstånd på **121** meter antas att samtliga personer omkommer.

Indata till ALOHA presenteras i Figur 13 nedan för utsläpp från stort hål (16,4 cm²).



Figur 13. Indata till ALOHA för spridningsberäkningar av brännbart gasmoln.

Utdata från ALOHA presenteras i Figur 14 nedan för utsläpp från stort hål (16,4 cm²).



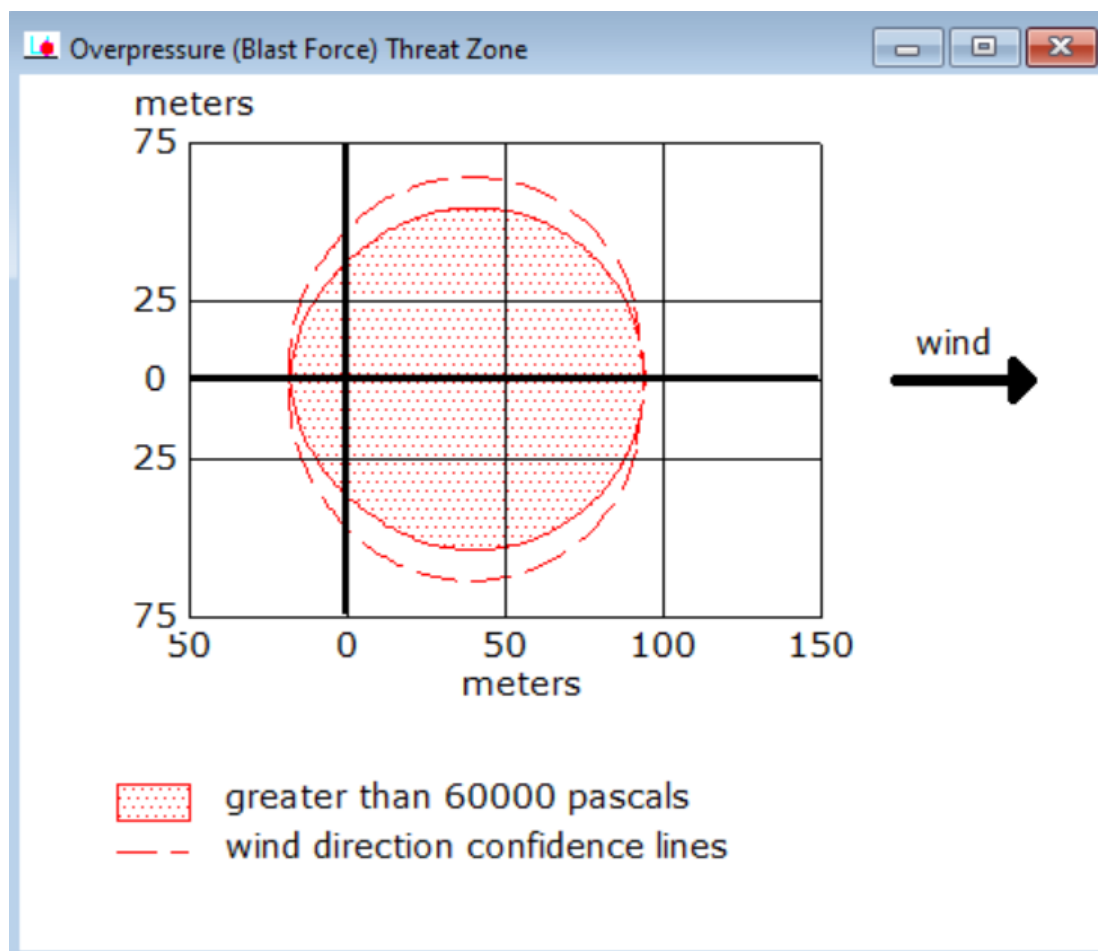
Figur 14. Utdata från ALOHA för spridningsberäkningar av brännbart gasmoln.

Konsekvensområdet för gasmolnsbrand approximeras med en cirkelsektor (Figur 14) likt för jetflamma.

Gasmolnsexplosion

Om hastigheten på flamfronten som rör sig genom gasmolnet är tillräckligt hög kan en gasmolnsexplosion uppstå [31]. Störst tryck från gasmolnsexplosionen skapas vid en detonation då hastigheten på flamfronten överstiger 2500 m/s (ljudhastigheten) [43]. För att en detonation ska uppstå krävs ofta att gasmolnet innesluts och att det uppstår hög turbulens inuti gasmolnet [43]. Avståndet till gränsvärdet för tryck på 60 kPa [32] beräknas i ALOHA med indata enligt Figur 13. Inom beräknat konsekvensavstånd på **95** meter antas att samtliga personer omkommer.

Utdata från ALOHA presenteras i Figur 15 nedan för utsläpp från stort hål (16,4 cm²).



Figur 15. Utdata från ALOHA för beräkningar av övertryck vid gasmolnsexplosion.

Konsekvensområdet för gasmolnsexplosion approximeras med en cirkel enligt Figur 15.

BLEVE

En BLEVE (Boiling Liquid Evaporating Vapour Explosion) är en typ av cisternexplosion som kan uppstå om tanken med gasol värms upp under en längre tid, vilket gör att den kondenserade gasen i vätskeform börjar koka. Detta kräver extern brandpåverkan från t.ex. en jetflamma eller pölbrand. Tryckökningen som uppstår i tanken blir till slut så stor att tanken exploderar, vilket gör att den utströmmande gasolen bildar ett eldklot som sakta stiger i luften. Värmestrålningen från eldklotet beräknas enligt exemplet 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* och beror på bland annat eldklotets diameter och varaktighet [31]. Mängden gasol i tanken antas vara 25 ton och fyllnadsgraden antas vara 85 %. Avståndet till gränsvärdet för värmestrålning i Tabell 26 (10 kW/m²) inom vilka personer antas omkomma beräknas till **311** meter.

Konsekvensområdet för BLEVE approximeras med en cirkel runt eldklotet.

3.2.2 ADR-S klass 2.3 – Giftiga gaser

Spridningen av giftig gas beräknas med datorprogrammet *Spridning Luft* utvecklat av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) [44]. Beräkningarna utförs för både genomsnittliga väder- och vindförhållanden (gynnsamt väder) som representeras av neutral atmosfärisk skiktning med stabilitetsklass D och vindhastighet 5 m/s, samt för extrema väder- och vindförhållanden (ogynnsamt väder) som representeras av stabil atmosfär med stabilitetsklass F och vindhastighet 2 m/s. Avstånd till gränsvärdet i Tabell 26 (AEGL-3) beräknas för utsläpp av svaveldioxid, vilket är det mest toxiska ämne som transporteras på väg [21]. Beräkningarna baseras på gränsvärdet 30 ppm som är AEGL-3 för 10 minuters exponering av svaveldioxid [45]. Utsläppet antas ske från tankbil med 25 ton kondenserad svaveldioxid och samtliga hålstorlekar i Tabell 27. En sammanställning av beräknade konsekvensavstånd i *Spridning Luft* presenteras i Tabell 28.

Tabell 28. Konsekvensavstånd vid spridning av giftig gas.

Dimensionerande olycksscenario	Väder- och vindförhållanden	Hålarea [cm ²]	Konsekvensavstånd [m]
Litet läckage D-5	Stabilitetsklass D vindhastighet 5 m/s	0,08	47
Litet läckage F-2	Stabilitetsklass F vindhastighet 2 m/s	0,08	313
Medel läckage D-5	Stabilitetsklass D vindhastighet 5 m/s	0,83	172
Medel läckage F-2	Stabilitetsklass F vindhastighet 2 m/s	0,83	828
Stort läckage D-5	Stabilitetsklass D vindhastighet 5 m/s	16,4	790
Stort läckage F-2	Stabilitetsklass F vindhastighet 2 m/s	16,4	3361

Spridningsvinkeln för stabilitetsklass D och vindhastighet 5 m/s ansätts till 45 grader då utsläppet breder ut sig längre i sidled från utsläppspunkten än vid stabila förhållanden.

Spridningsvinkeln för stabilitetsklass F och vindhastighet 2 m/s grader ansätts till 30 grader då utsläppets utbredning i sidled är mindre än vid normala förhållanden.

Konsekvensområdet för spridning av giftig gas approximeras med en cirkelsektor som baseras på spridningsvinklar ovan.

3.3 ADR-S klass 3 – Brandfarlig vätska

Dimensionerande olycksscenarioer för olycka vid transport av brandfarlig vätska utgörs av pölbränder i olika storlek. Beräkningar av avstånd till värmestrålningsnivån 10 kW/m² baseras på exemplet 11.3.1 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* och beror främst på pölstorleken [31]. Dimensionerande ämne antas utgöras av bensin som är den mest brandfarliga vätskan som transporteras på väg (flampunkt 12 °C) [21]. I Tabell 29 presenteras beräknade konsekvensavstånd från vägkant för körfält närmast planområdena som antas utgöra pölkant för cirkulär pöl.

Tabell 29. Konsekvensavstånd för pölbrand på väg.

Dimensionerande olycksscenario	Pölstorlek [m ²]	Konsekvensavstånd [m]
Liten pölbrand	50	15
Medel pölbrand	100	20
Stor pölbrand	300	35

Konsekvensområdet för pölbrand approximeras med en cirkel runt den cirkulära pölen.

3.4 ADR-S klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Dimensionerande olycksscenarioer för olycka vid transport av ADR-S klass 5 utgörs av explosion och brand då oxiderande ämnen (ADR-S klass 5.1) är brandunderstödjande och i vissa fall kan detonera [14], samt då organiska peroxider (ADR-S klass 5.2) är mycket instabila och i vissa fall kan sönderfalla explosionsartat [34]. Ammoniumnitrat som tillhör riskgrupp 5.1 är ett vanligt ämne som finns i många gödningsmedel och som kan sönderfalla explosivt vid ett brandförlopp där tillräckligt med energi tillförs samtidigt som ämnet är inneslutet och blandas med flytande organiskt material såsom diesel, vegetabiliska oljor eller bensin [35]. Ammoniumnitrat kan utgöra dimensionerande ämne på grund av ämnets stora oxiderande effekt och vanliga förekomst på väg [36].

Explosion

Konsekvenserna vid en explosion i samband med transport av ammoniumnitrat kan starkt tänkas bero på mängden av ämnet som deltar i explosionen och tillgången på flytande organiskt material såsom t.ex. diesel. Vid ett antagande om att en lastbilstank rymmer 400 liter diesel kan en explosiv blandning mellan ammoniumnitrat och diesel förenklat antas motsvara 4,1 ton trotyl (TNT) i ADR-S klass 1 [46]. Beräkningar utförs därmed för avstånd till 60 kPa vid explosion med 4,1 ton TNT enligt samma metodik som för ADR-S klass 1. Beräknat konsekvensavstånd för explosionen uppgår till **103** meter. Inom beräknat konsekvensavstånd antas att samtliga personer omkommer.

Brand

En brand som inkluderar oxiderande ämnen (ADR-S klass 5.1) är mycket intensiv då oxiderande ämnen är brandunderstödjande. Förenklat antas branden motsvara en stor pölbrand enligt Tabell 29 och därmed ge upphov till ett konsekvensavstånd på **35** meter.

3.5 Beräkning av antal omkomna

I beräkningarna av antalet omkomna från respektive dimensionerande olycksscenario multipliceras konsekvensområdet för olycksscenario med antagen befolkningstäthet i avsnitt 4.3. Beräkningarna anpassas till planområdenas totala yta samt till placering på ena sidan vägen/järnvägen. Konsekvensområden med cirkulär utbredning halveras för att ta hänsyn till ensidig påverkan på den sida om transportlederna som planområdena ligger. I ett första steg antas att samtliga personer som vistas inom konsekvensområden omkommer. I ett andra steg reduceras antalet omkomna inom konsekvensområden med hänsyn till antagna skyddseffekter för inomhus- och utomhusvistelse beskrivna i Bilaga 5.

3.6 Differentierat konsekvensavstånd

Då Rv 56 har en mittbarriär mellan körfälten i olika körriktningar kan två olyckor i teorin inträffa samtidigt i varsitt körfält. Därför används ett ”differentierat konsekvensavstånd” som korrigeras för att gälla från väggkant närmast planområdena då individriskkurvor för båda körfälten slås ihop till en total individriskkurva för vägen.

Bilaga 4 Konsekvensberäkningar järnväg

I denna bilaga redovisas resultatet av utförda konsekvensberäkningar för olycka på järnväg.

4.1 RID-S-klass 2 – Gaser

Transport av gaser på järnväg sker i vagnar som maximalt rymmer 65 ton [44], vilket antas utgöra maximal mängd vid konsekvensberäkningar. Samma gränsvärden som i Tabell 26 används för att beräkna konsekvenserna för exponering av gaser (AEGL-3 för 10 min toxisk exponering respektive 10 kW/m² för 1 min exponering för värmestrålning).

4.1.1 RID-S klass 2.1 – Brandfarliga gaser

Liksom för vägtransport antas gasol som representativt ämne för transport på järnväg, vilket bedöms utgöra ett konservativt val för konsekvensberäkningarna. Det är endast konsekvenserna från antändning av gasen (brand och explosion) som utreds i nedan beskrivna olycksscenarioer.

Jetflamma (jet fire)

Gasol förvaras under högt tryck i konsenderad form (vätska) vid transport på järnväg. Dimensioner för jetflamma och avgiven värmestrålning beräknas enligt exemplet 11.3.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [31]. Hålstorlekar hämtas från *Spridning Luft* och utgörs av packningsläckage och stort hål [44]. I Tabell 30 visas beräknade avstånd till gränsvärdet för värmestrålning i Tabell 26 (10 kW/m²) inom vilka personer antas omkomma.

Tabell 30. Konsekvensavstånd för dimensionerande olycksscenarioer vid jetflamma.

Dimensionerande olycksscenario	Utsläppt mängd [kg/s]	Hålarea [cm ²]	Konsekvensavstånd [m]
Jetflamma, packningsläckage	0,2	0,2	8
Jetflamma, stort hål	54	50,3	116

Konsekvensområdet för jetflamma approximeras med en cirkelsektor där flambredden utgör spridningsvinkeln i sidled.

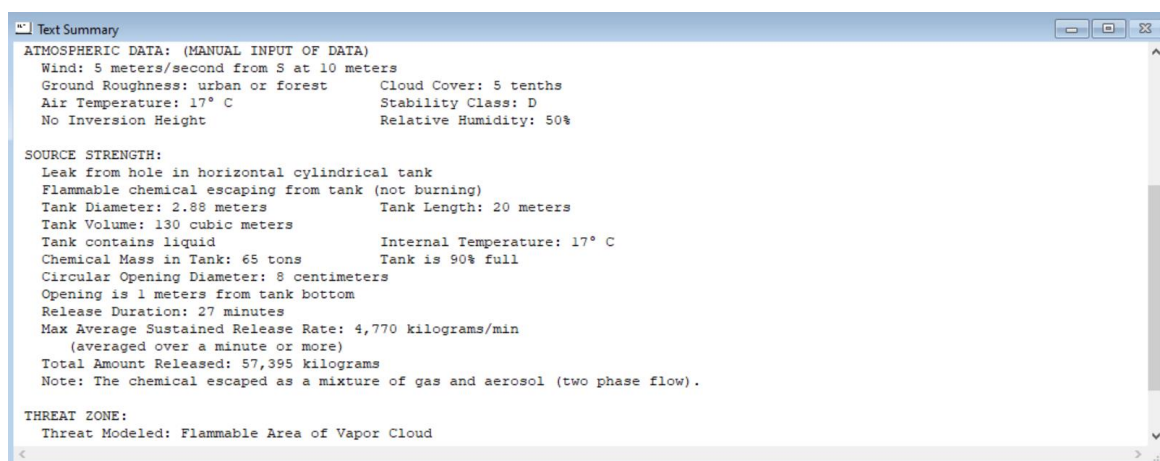
Gasmolnsbrand (flash fire)

En gasmolnsbrand kan uppstå om gasolen har förgasats och blandats ut med luften före antändning (en så kallad fördröjd antändning) [31]. För att gasen ska antändas krävs att koncentrationen av gas ligger inom brännbarhetsgränserna och då uppstår en flamfront som rör sig genom gasblandningen [31]. Det är endast personer som befinner sig inom det brinnande gasmolnet som kan omkomma [31]. Avståndet till 10 500 ppm, vilket är halva den undre brännbarhetsgränsen för gasol, beräknas i syfte att ta hänsyn till lokala variationer i koncentration. För beräkningarna används datorprogrammet ALOHA [43]. I Tabell 31 redovisas beräknade avstånd till gränsvärdet för värmestrålning i Tabell 26 (10 kW/m²) inom vilka personer antas omkomma.

Tabell 31. Konsekvensavstånd för dimensionerande olycksscenarioer vid gasmolnsbrand.

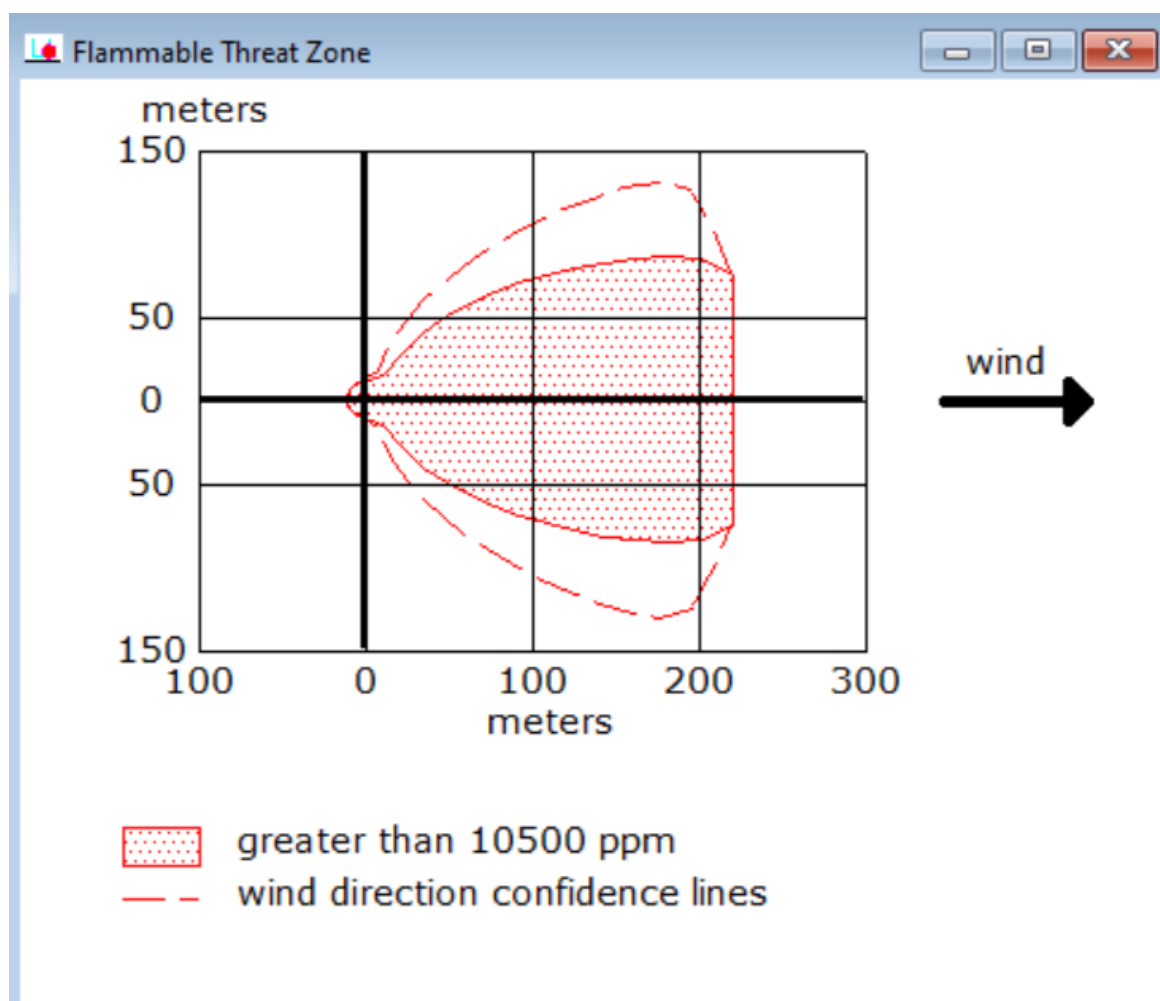
Dimensionerande olycksscenario	Utsläppt mängd [kg/s]	Hålarea [cm ²]	Konsekvensavstånd [m]
Gasmolnsbrand, packningsläckage	0,3	0,2	13
Gasmolnsbrand, stort hål	80	50,3	221

Indata till ALOHA presenteras i Figur 16 nedan för utsläpp från stort hål (50,3 cm²).



Figur 16. Indata till ALOHA för spridningsberäkningar av brännbart gasmoln.

Utdata från ALOHA presenteras i Figur 17 nedan för utsläpp från stort hål (50,3 cm²).



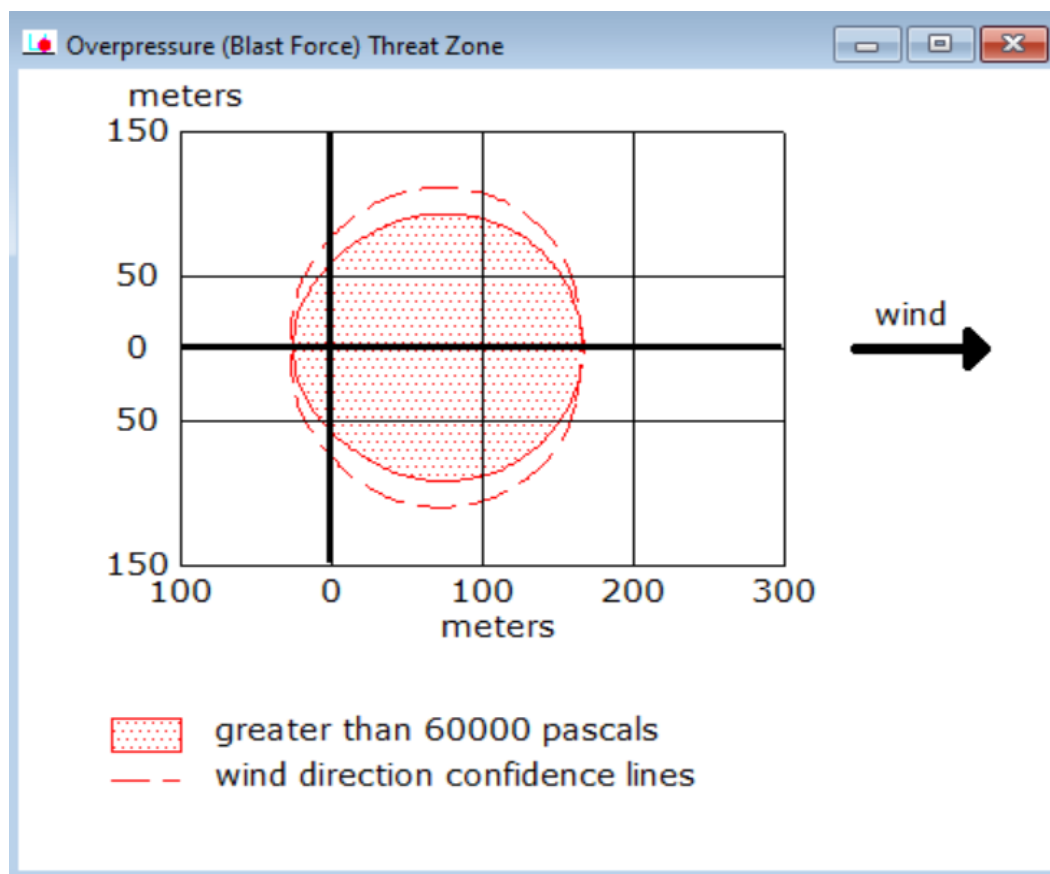
Figur 17. Utdata från ALOHA för spridningsberäkningar av brännbart gasmoln.

Konsekvensområdet för gasmolnsbrand approximeras med en cirkelsektor (Figur 17) likt för jetflamma.

Gasmolnsexplosion

Om hastigheten på flamfronten som rör sig genom gasmolnet är tillräckligt hög kan en gasmolnsexplosion uppstå [31]. Störst tryck från gasmolnsexplosionen skapas vid en detonation då hastigheten på flamfronten överstiger 2500 m/s (ljudhastigheten) [43]. För att en detonation ska uppstå krävs ofta att gasmolnet innesluts och att det uppstår hög turbulens inuti gasmolnet [43]. Avståndet till gränsvärdet för tryck på 60 kPa [32] beräknas i ALOHA med indata enligt Figur 16. Inom beräknat konsekvensavstånd på **167** meter antas att samtliga personer omkommer.

Utdata från ALOHA presenteras i Figur 18 nedan för utsläpp från stort hål (50,3 cm²).



Figur 18. Utdata från ALOHA för beräkningar av övertryck vid gasmolnsexplosion.

Konsekvensområdet för gasmolnsexplosion approximeras med en cirkel enligt Figur 18.

BLEVE

En BLEVE (Boiling Liquid Evaporating Vapour Explosion) är en typ av cisternexplosion som kan uppstå om tanken med gasol värms upp under en längre tid, vilket gör att den kondenserade gasen i vätskeform börjar koka. Detta kräver extern brandpåverkan från t.ex. en jetflamma eller pölbrand. Tryckökningen som uppstår i tanken blir till slut så stor att tanken exploderar, vilket gör att den utströmmande gasolen bildar ett eldklot som sakta stiger i luften. Värmestrålningen från eldklotet beräknas enligt exemplet 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* och beror på bland annat eldklotets diameter och varaktighet [31]. Mängden gasol i tanken antas vara 65 ton och fyllnadsgraden antas vara 85 %. Avståndet till gränsvärdet för värmestrålning i Tabell 26 (10 kW/m²) inom vilka personer antas omkomma beräknas till **451** meter.

Konsekvensområdet för BLEVE approximeras med en cirkel runt eldklotet.

4.1.2 RID-S klass 2.3 – Giftiga gaser

Spridningen av giftig gas beräknas med datorprogrammet *Spridning Luft* utvecklat av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) [44] för ogynnsam och gynnsam väderlek beskrivna i Tabell 32. Avstånd till gränsvärdet i Tabell 26 (AEGL-3) beräknas för utsläpp av klor, vilket är det mest toxiska ämne som transporteras på järnväg [21]. Beräkningarna baseras på gränsvärdet 50 ppm som utgör AEGL-3 för 10 minuters exponering för klor [45]. Utsläppet antas ske från järnvägsvagn med 65 ton klor och samtliga hålstorlekar i Tabell 30. Beräknade konsekvensavstånd från *Spridning Luft* sammanställs i Tabell 32.

Tabell 32. Konsekvensavstånd vid spridning av giftig gas.

Dimensionerande olycksscenario	Väder- och vindförhållanden	Hålärea [cm ²]	Konsekvensavstånd [m]
Packningsläckage, gynnsamt väder	Stabilitetklass D vindhastighet 5 m/s	0,2	82
Packningsläckage, ogynnsamt väder	Stabilitetklass F vindhastighet 2 m/s	0,2	467
Stort hål, gynnsamt väder	Stabilitetklass D vindhastighet 5 m/s	50,3	1525
Stort hål, ogynnsamt väder	Stabilitetklass F vindhastighet 2 m/s	50,3	1785

Spridningsvinkeln för stabilitetklass D och vindhastighet 5 m/s ansätts till 45 grader då utsläppet breder ut sig längre i sidled från utsläppspunkten än vid stabila förhållanden. Spridningsvinkeln för stabilitetklass F och vindhastighet 2 m/s grader ansätts till 30 grader eftersom utsläppets utbredning i sidled är mindre än vid normala förhållanden. Konsekvensområdet för spridning av giftig gas approximeras med en cirkelsektor som baseras på nämnda spridningsvinklar.

4.2 RID-S klass 3 – Brandfarlig vätska

Dimensionerande olycksscenarier för olycka vid transport av brandfarlig vätska utgörs av liten (100 m²) respektive stor (400 m²) pölbrand beroende på utsläppets storlek. Liksom för väg antas bensin utgöra dimensionerande ämne för värmestrålningsberäkningarna som utförs enligt exempel 11.3.1 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [31]. Pölar antas ha cirkulär utbredning från centrum av spårmit. Avstånd till gränsvärdet 10 kW/m² inom vilket samtliga personer antas omkomma visas i Tabell 33.

Tabell 33. Konsekvensavstånd för pölbrand på järnväg.

Dimensionerande olycksscenario	Pölstorlek [m ²]	Pölradi [m]	Konsekvensavstånd [m]
Liten pölbrand	100	6	26
Stor pölbrand	400	11	50

4.3 RID-S klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Liksom för väg antas dimensionerande ämne utgöras av ammoniumnitrat som tillhör RID-S klass 5.1. Ett explosionsartat förlopp antas uppstå vid förbränning då ämnet kommer i kontakt med organiskt material. För järnvägstransport antas olyckan ske då en fullastad vagn med 25 ton gods i RID-S klass 5.1 [15] kolliderar med en vagn fullastad med organiskt bränsle i form av bensin. Konsekvenserna som då uppstår antas motsvara tryckpåverkan vid explosion med 25 ton trotyl (TNT) i RID-S klass 1 och beräknas enligt *Konsekvensanalys explosioner* [23]. Beräknat konsekvensavstånd till gränsvärdet 60 kPa inom vilket samtliga personer antas omkomma blir **188** meter. Om ammoniumnitraten inte exploderar utan i stället fungerar brandunderstödjande vid t.ex. en gräsbrand antas samma konsekvensavstånd som för stor pölbrand (**50** meter).

4.4 Beräkning av antal omkomna

I beräkningarna av antalet omkomna från respektive dimensionerande olycksscenario multipliceras konsekvensområdet för olycksscenario med antagen befolkningstäthet i avsnitt 4.3. Beräkningarna anpassas till planområdenas totala yta samt till placering på ena sidan vägen/järnvägen. Konsekvensområden med cirkulär utbredning halveras för att ta hänsyn till ensidig påverkan på den sida som planområdena är belägna. I ett första steg antas att samtliga personer som vistas inom konsekvensområden omkommer. I ett andra steg reduceras antalet omkomna inom konsekvensområden med hänsyn till antagna skyddseffekter för inomhus- och utomhusvistelse beskrivna i Bilaga 5.

Bilaga 5 Skyddseffekter

I denna bilaga presenteras en sammanställning av antagna skyddseffekter för inomhus- och utomhusvistelse (Tabell 34).

Tabell 34. Antagna skyddseffekter.

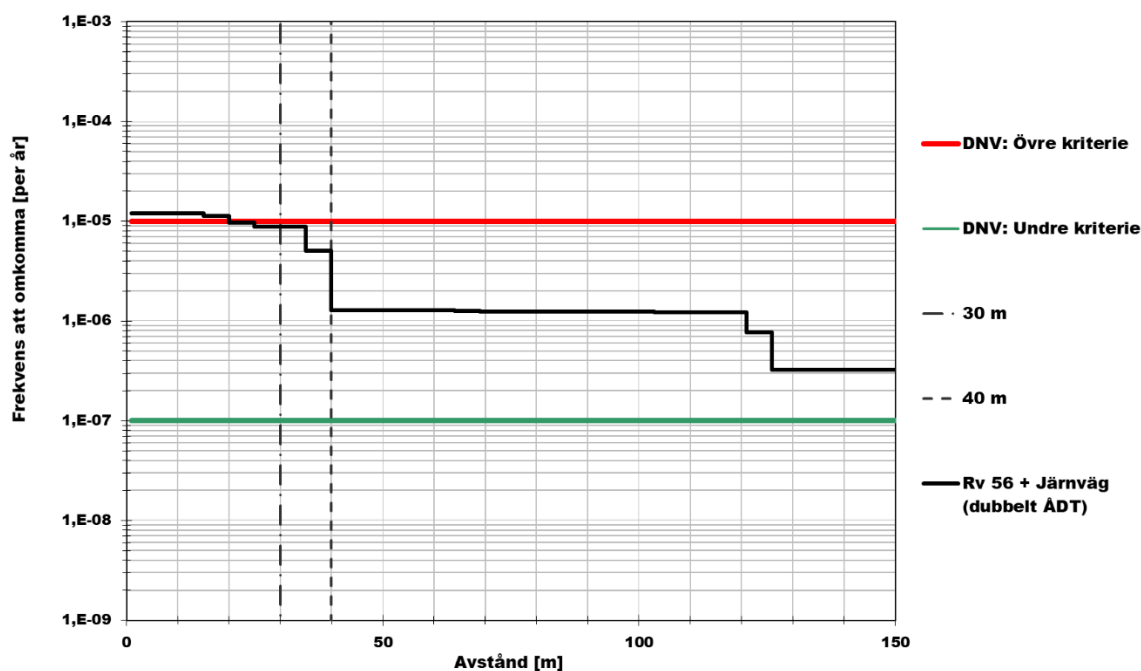
Klass	Farligt gods (skadetyper)	Skyddseffekt [%]		Kommentar
		Inomhus	Utomhus	
1	Explosiva ämnen (tryckpåverkan)	50	50	Hälften omkommer inomhus vid 60 kPa p.g.a. raserad byggnad [32]. Konservativt antas samma skyddseffekt utomhus fast endast 1 % omkommer av direkt tryckpåverkan vid 180 kPa [31].
2.1	Brandfarlig gas (värmestrålning)	90	0	Strålningspåverkan från olyckor med brandfarlig gas (jetflamma, BLEVE och gasmolnsbrand) leder inte direkt till att personer inomhus omkommer [47]. För att inte underskatta risken för indirekta skador till följd av brandspridning till byggnad antas 90 % skyddseffekt inomhus. Utomhus antas personer vara helt oskyddade mot strålningen. För tryckpåverkan antas samma skyddseffekter som för klass 1.
	(tryckpåverkan)	50	50	
2.3	Giftig gas (toxicitet)	90	50	Inomhus antas en skyddseffekt på 90 % vid utsläpp av giftig gas [47]. Skyddseffekten beror dock på bl. a. höjden av placeringen av friskluftsintag [31]. Utomhus antas att hälften klarar sig från

				dödliga skador genom att fly inomhus innan kritisk exponeringstid på 10 minuter uppnås. Antagandet bygger på att båda gaserna klor och svaveldioxid har en starkt stickande lukt [46] som ger personer möjlighet att upptäcka gasen i tid för att evakuera.
3	Brandfarlig vätska (värmestrålning)	90	0	Strålningspåverkan från olyckor med brandfarlig vätska leder inte direkt till att personer inomhus omkommer [47]. För att inte underskatta risken för indirekta skador till följd av brandspridning till byggnad antas 90 % skyddseffekt inomhus. Utomhus antas personer vara helt oskyddade mot strålningen.
5.1	Oxiderande ämnen (tryckpåverkan) (värmestrålning)	50 90	50 0	Samma skyddseffekt som för klass 1 antas för tryckpåverkan. Samma skyddseffekt som för klass 2.1 och klass 3 antas för värmestrålning.

Bilaga 6 Känslighetsanalys

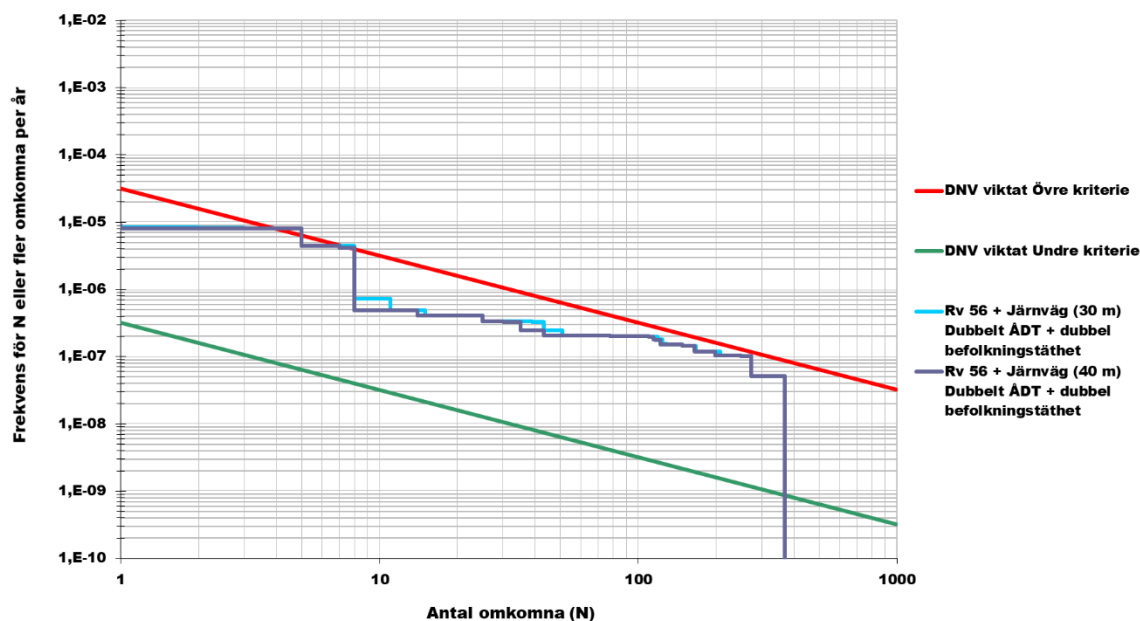
I denna bilaga presenteras resultat och slutsatser från genomförda känslighetsanalyser där årsmedeldygnstrafiken (ÅDT) fördubblats tillsammans med befolkningstätheten för planområdena.

I Figur 19 visas den sammantagna individrisknivån för planområdena med dubbelt ÅDT för Rv 56 och järnvägen. Ur figuren kan utläsas att individrisknivån nu angränsar till det övre kriteriet för acceptabel risk enligt DNV på ett avstånd av 30 meter från väggkant till närmsta körfält av Rv 56 samt ligger i den övre delen av ALARP-området på ett avstånd av 40 meter från väggkant. Individrisknivån innebär strängare krav på att vidta åtgärder till riskreduktion. Om samtliga rimliga åtgärder vidtas och nyttan med den planerade exploateringen anses vara mycket stor är det bebyggelsefria avståndet på 30 meter fortfarande tillräckligt för att erhålla en acceptabel risk enligt principen för ALARP. Dock ger ett bebyggelsefritt avstånd på 40 meter mer marginal ur ett riskhänseende då det inte ställs fullt lika hårda krav på vidtagande av riskreducerande åtgärder för bebyggelse bortom detta avstånd.



Figur 19. Sammantagen individrisknivå för planområdena med dubbelt ÅDT för riskkällor.

I Figur 20 redovisas den sammantagna samhällsrisknivån med dubbelt ÅDT för Rv 56 och järnvägen samt dubbel befolkningstäthet (8200 personer/km²) för planområdena. Ur figuren kan utläsas att samhällsrisknivån nu överstiger det övre kriteriet från DNV för acceptabel risk för olycksscenarioer med ett mindre antal omkomna (<10 personer). Samhällsrisknivån innebär att ytterligare åtgärder tillriskreduktion behöver vidtas för att minska riskerna från olycksscenarioer med ett mindre antal omkomna. För olycksscenarioer med ett större antal omkomna ligger samhällsrisknivån fortsatt inom ALARP-området.



Figur 20. Sammantagen samhällsrisknivå för planområdena med dubbelt ÅDT för riskkällor och dubbel befolkningstäthet.

Med anledning av att 8200 personer/km² motsvarar de mest tätbefolkade delarna av Malmö stad enligt RIKTSAM [12] anses inte den dubblerade befolkningstätheten vara representativ för planområdena. Därav bedöms inte ytterligare åtgärder krävas utöver redan föreslagna åtgärder till riskreduktion i avsnitt 5.4.3 för att erhålla en acceptabel samhällsrisknivå för planområdena.