

APP FAST 3 AB

RISKBEDÖMNING, BIVACKEN 1, VÄXJÖ

TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ VÄG SAMT NÄRHET TILL BENSINSTATION

2017-06-19



wsp

Riskbedömning, Bivacken 1, Växjö

Transport av farligt gods på väg samt närhet till bensinstation

Bivacken 1

Växjö

KUND

APP Fast 3 AB

KONSULT

WSP Environmental Sverige

121 88 Stockholm-Globen

Besök: Arenavägen 7

Tel: +46 10 7225000

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

Styrelsens säte: Stockholm

<http://www.wspgroup.se>

KONTAKTPERSONER

Gustav Nilsson	WSP Sverige AB	070 – 391 97 27
Henrik Swahn	APP Fast 3 AB	072 – 320 89 02

PROJEKT

Riskbedömning, Bivacken 1

UPPDRAGSNAMN

RBD Bivacken 1 Växjö

UPPDRAGSNUMMER

10251978

FÖRFATTARE

Gustav Nilsson

DATUM

2017-06-19

ÄNDRINGSDATUM

2017-06-19

GRANSKAD AV

Katarina Herrström

GODKÄND AV

Gustav Nilsson

DOKUMENTHISTORIK OCH KVALITETSKONTROLL

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Anmärkning				
Datum	2017-06-19	[Datum]	[Datum]	[Datum]
Handläggare	Gustav Nilsson			
Signatur	GNi			
Granskare	Katarina Herrström	[Granskad av]	[Granskad av]	[Granskad av]
Signatur	KH			
Godkänd av	Gustav Nilsson	[Godkänd av]	[Godkänd av]	[Godkänd av]
Signatur	GNi			
Uppdragsnummer	10251978			
Rapportnummer				
Filnamn				

Sammanfattning

WSP har av APP Fast 3 AB fått i uppdrag att utföra en riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för Bivacken 1 i Växjö kommun. Strax väster om planområdet löper väg 27/29, vilken utgör primär transportled för farligt gods. Kortaste avstånd mellan planerad bebyggelse och farligt gods-leden är i dagsläget ca 30 meter. Vägsträckningen kan dock komma att förändras enligt förslag till ny vägplan för Trafikplats Fagrabäck. I händelse av vägomläggning ökar avståndet mellan bebyggelse och farligt gods-led till 60 meter.

Sydost om planområdet, på Macken 1 ligger en drivmedelsstation som hanterar brandfarlig vätska. Kortast avstånd mellan lossningsplats och bebyggelse uppgår till 35 meter och avstånd till framkörningsväg (Sandviksvägen) för leverans är 10 meter.

Individeriskpåverkan mot Bivacken 1 är att betrakta som låg vid bebyggelse minst 25 meter från väg 27/29. För utbyggnadsalternativet (väg) kan bebyggelse uppföras ända fram till fastighetsgräns mot befintliga sträckningen för Ronnebyvägen, men då framtida vägutformning inte är fastställd i form eller tid bör skyddsavstånd och riskreducerande åtgärder tillämpas efter nollalternativet. Samhällsrisk är genomgående låg och acceptabel förutsatt ett bebyggelsefritt avstånd om 25 meter från väg.

Planerad bebyggelse inom Bivacken 1 bedöms således vara tillfredsställande ur ett riskperspektiv utan särskild åtgärdsimplementering, förutsatt att bebyggelse sker på ett avstånd om minst 25 respektive 27 meter från väg 27/29 och lossningsplats på Macken 1.

Vid bebyggelse inom detta avstånd ska fasader utformas med ett brandmotstånd om minst EI 30 (fönster EW 30).

Markanvändning mellan bebyggelse och riskkällorna ska utformas på ett sätt som inte uppmuntrar till annat än tillfällig vistelse.

Utredningen visar vidare att utbyggnadsalternativet för Trafikplats Fagrabäck är mer gynnsamt än nollalternativet ur ett riskhänseende.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	6
1.1	SYFTE OCH MÅL	6
1.2	OMFATTNING	6
1.3	AVGRÄNSNINGAR	6
1.4	STYRANDE DOKUMENT	7
1.5	SAMRÅD	7
1.6	UNDERLAGSMATERIAL	8
1.7	INTERNKONTROLL	8
2	OMRÅDESBESKRIVNING	9
2.1	RISKKÄLLOR	10
2.2	BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET	11
3	RISKIDENTIFIERING	12
3.1	VÄG 27/29 – TRANSPORTLED FÖR FARLIGT GODS	12
3.2	DRIVMEDELSSTATION, MACKEN 1	12
4	RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING	13
4.1	RISKNIVÅ	14
5	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	18
5.1	REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER	18
6	DISKUSSION	19
7	SLUTSATSER	20
BILAGA A.	OMFATTNING AV RISKHANTERING OCH METOD	21
BILAGA B.	STATISTISKT UNDERLAG	24
BILAGA C.	FREKVENSBERÄKNINGAR	27
BILAGA D.	KONSEKVENSBERÄKNINGAR	37
BILAGA E.	REFERENSER	42

1 INLEDNING

WSP har av *APP Fast 3 AB* fått i uppdrag att utföra en riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för *Bivacken 1* i Växjö kommun. Strax väster om planområdet löper väg 27/29, vilken utgör primär transportled för farligt gods. Kortaste avstånd mellan planerad bebyggelse och farligt godsleden är i dagsläget ca 30 meter. Vägsträckningen kan dock komma att förändras enligt förslag till ny vägplan för *Trafikplats Fagrabäck*. I händelse av vägomläggning ökar avståndet mellan bebyggelse och farligt godsled till 60 meter.

Sydost om planområdet, på *Macken 1*, ligger en drivmedelsstation som hanterar brandfarlig vätska. Närmaste avståndet mellan lossningsplats och bebyggelse uppgår till 35 meter och avstånd till framkörningsväg (*Sandviksvägen*) för leverans är 10 meter.

Utredning utförs enligt *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods* (RIKTSAM) framtagna av Länsstyrelsen i Skåne län [1] för beslutsfattande om lämpligheten med planerad markanvändning.

1.1 SYFTE OCH MÅL

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

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

1.2 OMFATTNING

Riskbedömningen avser beskriva riskbilden med syfte att möjliggöra en bedömning av detaljplanens lämplighet med avseende på liv och hälsa i enlighet med krav för markanvändning i Plan-och bygglagen, samt att vid behov föreslå riskreducerande åtgärder. Bedömningen tar huvudsakligt avstamp i nedanstående frågeställningar:

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

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

1.3 AVGRÄNSNINGAR

I riskbedömningen belyses risker förknippade med transport av farligt gods på väg 27/29 och närliggande drivmedelsstation belägen på *Macken 1*. De risker som har beaktas är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa. Bedömningen beaktar inte påverkan på egendom, miljö eller arbetsmiljö, personskador som följd av påkörning eller kollision eller långvarig exponering av buller, luftföroreningar samt elsäkerhet.

Risk förenad med farligt gods-transport på väg 27/29 utreds för *Nollalternativ* (nuläge) och *Utbyggnadsalternativ*.

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

1.4 STYRANDE DOKUMENT

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

1.4.1 Plan- och bygglagen

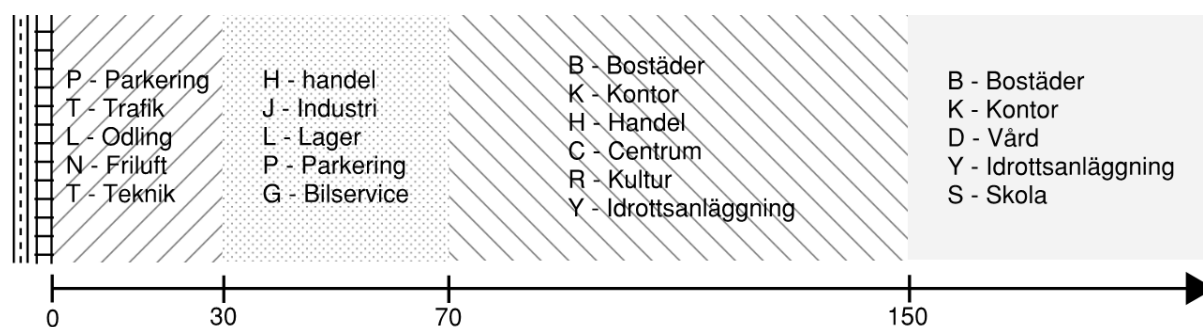
Plan- och bygglagen (2010:900) ställer krav på att bebyggelse lokaliseras till för ändamålet lämplig plats med syfte att säkerställa en god miljö för brukare och omgivning.

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

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

1.4.2 Riktlinjer

I Växjö utgår riskhantering i fysisk planering från *Skåne Läns Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods* (RIKTSAM). I RIKTSAM föreslås tre vägledningsnivåer för att säkerställa att tillfredsställelse och jämförbar säkerhet åstadkoms i samhällsplaneringen. Vägledning 1 baseras enbart på skyddsavstånd, och uttrycks som minimiavstånd för god planering mellan transportleder och markanvändning, se Figur 1. Vägledning 2 baseras på deterministiska kriterier (hänsyn till konsekvenser som tänkbara scenarier medför). Vägledning 3, vilken denna rapport är uppförd enligt, baseras på probabilistiska kriterier (hänsyn till såväl sannolikhet som konsekvens av tänkbara scenarier) avseende individ- och samhällsrisk. Vägledningarna ska tillämpas för bebyggelse som planeras inom vägledningsområdet 200 meter från transportleder för farligt gods.



Figur 1. Föreslagna skyddsavstånd i Vägledning 1 [1].

Rekommenderade avstånd till drivmedelsstationer redogörs för i MSB:s handbok *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer* [2] och beror av bebyggelsetyp och hanterade ämnen.

1.5 SAMRÅD

Inför utredningen har nivå och omfattning av riskbedömningen diskuterats med Hans Svensson vid Värends Räddningstjänst.

1.6 UNDERLAGSMATERIAL

Arbetet baseras på följande underlag:

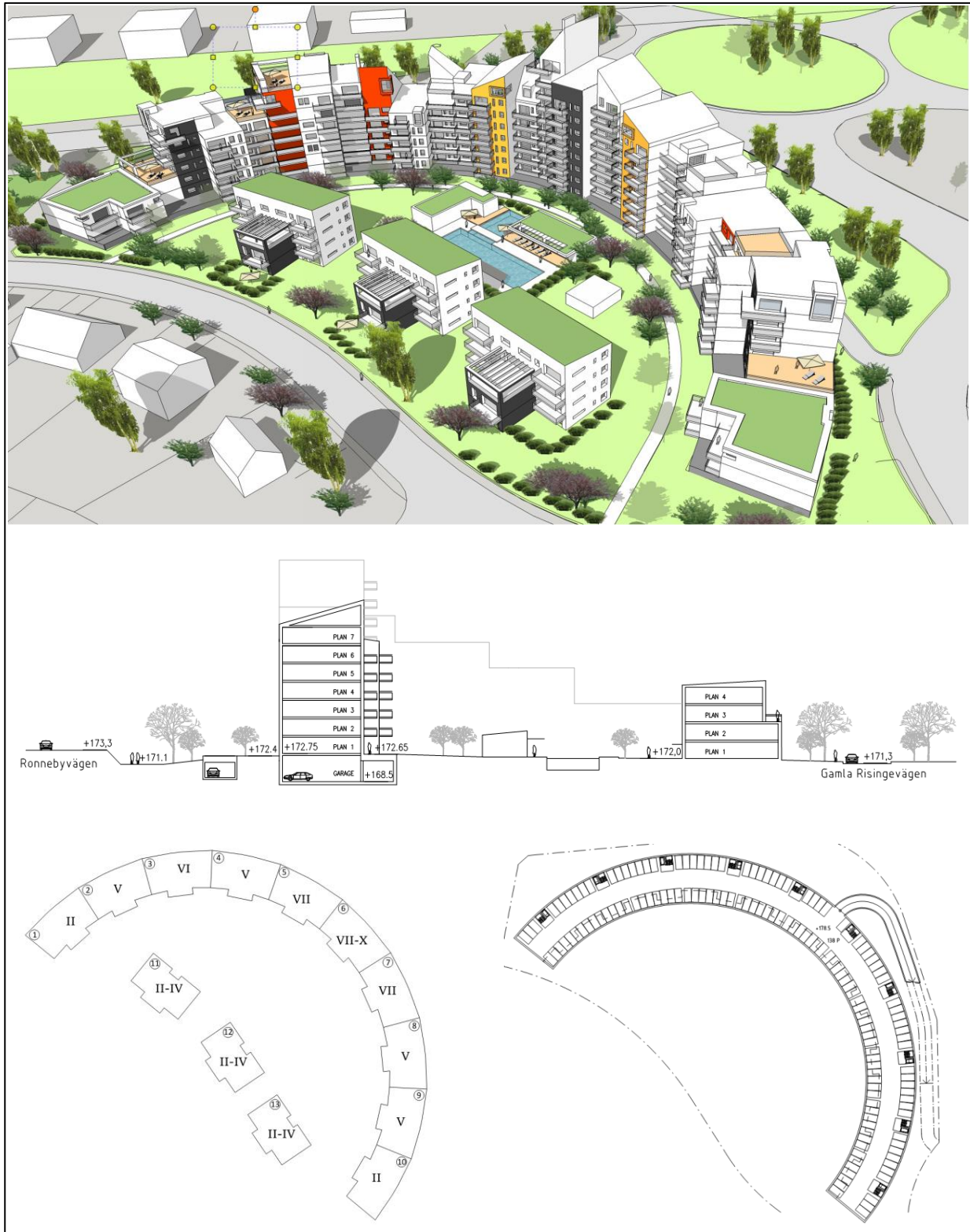
- Samrådshandling för detaljplan, Växjö kommun, Dnr: 2016BN1328, 2017-04-10
- Vägplan för *Trafikplats Fagrabäck*, Trafikverket, 2016-05-24
- Riskbedömning för *Trafikplats Fagrabäck*, WSP 2016-04-18
- Yttrande för ärende Dnr: 2016BN1328, Värends Räddningstjänst, 2017-04-26
- Årsrapport för drivmedelsförsäljning, Sandviksvägen 2, Preem AB, 2017-03-31
- Klassningsplan för drivmedelsstation, Sandviksvägen 2, Preem AB, 2016-09-20

1.7 INTERNKONTROLL

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

2 OMRÅDESBESKRIVNING

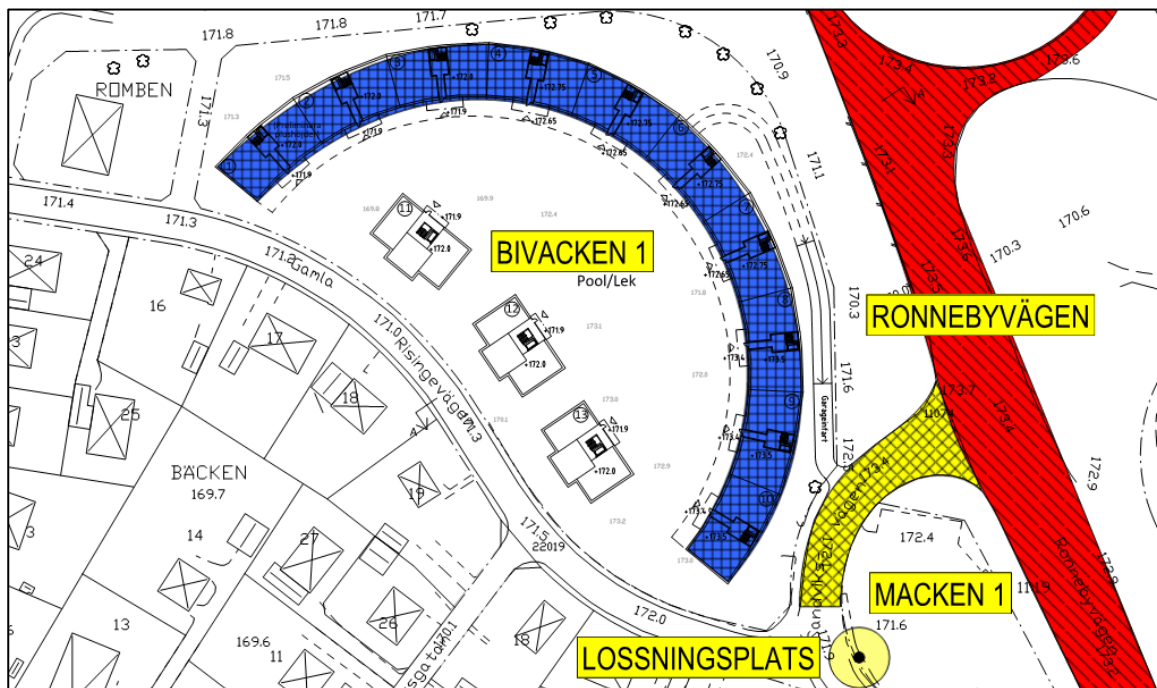
Planerad bebyggelse inom Bivacken 1 utgörs av ett hästscoformat lägenhetshus samt tre punkthus med varierande byggnadshöjd, 2-10 våningar samt garage i källarplan enligt Figur 2. Antalet bostäder förväntas bli omkring 200 stycken.



Figur 2. Principskisser för planerad bebyggelse på Bivacken 1.

2.1 RISKKÄLLOR

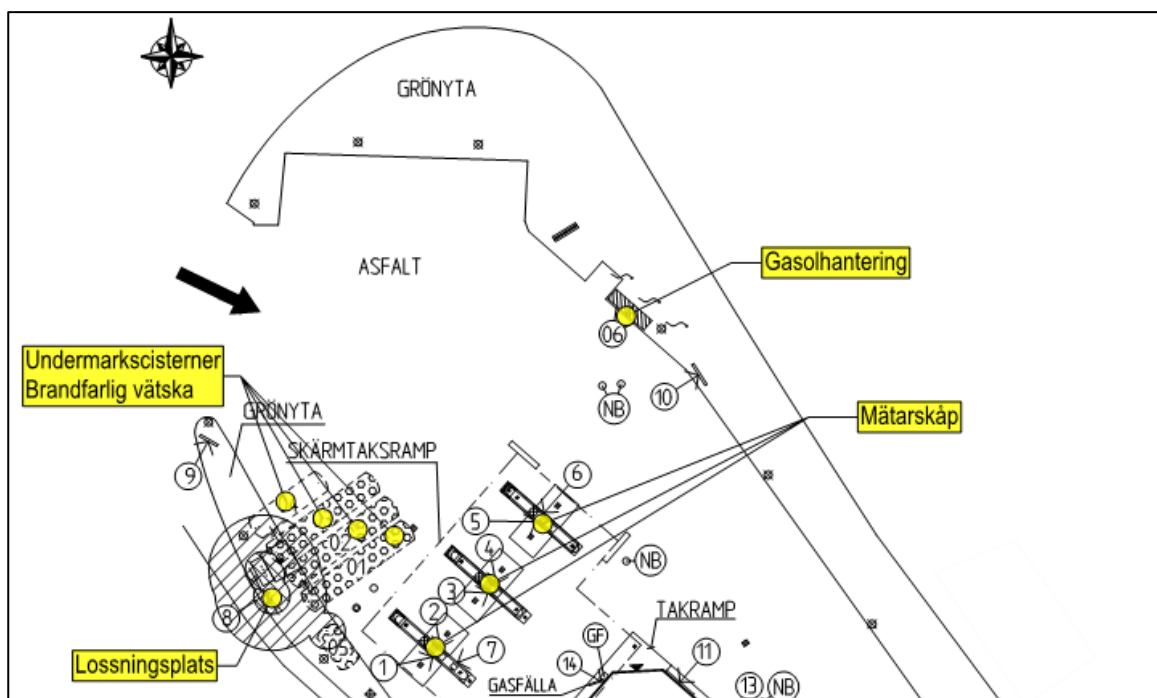
Bivacken 1 är beläget i östra Växjö invid Ronnebyvägen (Väg 27/29) vilken utgör primär transportled för farligt gods. Området kring Bivacken 1 kännetecknas främst av friliggande villor. I Figur 3 redovisas planerad bebyggelse relativt omgivande riskkällor för nollalternativet.



Figur 3. Planerad bebyggelse relativt omgivande riskkällor för nollalternativet. Ronnebyvägen (rött) utgör primärled för farligt gods. Sandviksvägen (gult) utgör framkörningsväg för drivmedelstransporter till Preem belägen på Macken 1.

I utbyggnadsalternativet leds farligt gods-transporterna bort från befintlig sträckning, vilket innebär att transporterna flyttas ca 30 meter längre bort än i nuläget.

Drivmedelsstationen på Macken 1 med systemdelar enligt Figur 4. Marken sluttar svagt från Bivacken 1 mot Macken 1, vilket bedöms gynnsamt ur ett riskhänseende vid vätskeformiga utsläpp.

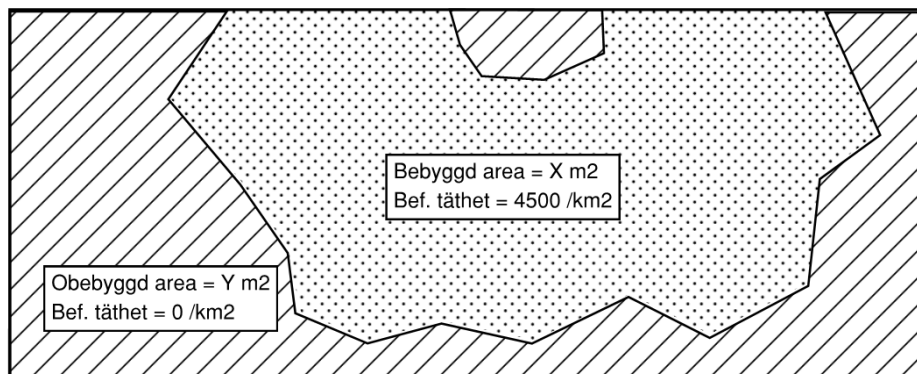


Figur 4. Placering av relevanta systemdelar på drivmedelsstation belägen på Macken 1.

2.2 BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET

Planerad bebyggelse möjliggör för en total boarea omkring 17600 m² fördelat på 200 bostäder, vilket ger en genomsnittsarea på 88 m². I utredningen ansätts, baserat på detta, att varje lägenhet i genomsnitt har tre boenden, vilket ger en total personbelastning om 600 personer. Baserat på en fastighetsarea om 15000 m² ger detta en lokal befolkningstäthet om 40000 pers/km² inom fastigheten.

I riskbedömningen som genomfördes i samband med vägplanen för *Trafikplats Fagrabäck* ansattes en generell persontäthet för omgivningen till 4500 pers/km² bebyggd yta. Viktat för en kvadratkilometer enligt Figur 5 med centrum i Bivacken 1 ger detta en genomsnittlig persontäthet om knappt 2000 pers/km², ej medräknat den tillkommande bebyggelsen på Bivacken 1. Denna medräknat ökar befolkningstätheten för den omgivande kvadratkilometern till omkring 2600 pers/km².



Figur 5. Princip för att beräkna och vikta generell persontäthet i omgivningen.

Baserat på metodik använd i FÖP Göteborg [3] ansätts att nyttjandegraden av bostäder är enligt Tabell 1.

Tabell 1. Personfördelning över dygnet för bostadsbebyggelse.

	Andel hemma	Andel inne	Andel ute
Boende, dagtid	33 %	88 %	12 %
Boende nattetid	99 %	99 %	1 %

Samhällsrisikberäkningarna har genomförts för ett område på en kvadratkilometer, med centrum i planområdet.

Utöver att bedöma samhällsrisken för en kvadratkilometer görs även beräkningar av grupprisk för bara det berörda planområdet. Detta för att säkerställa att risknivån inte är förhöjd lokalt. I dessa beräkningar inkluderas inte skadeutfall utanför planområdet.

3 RISKIDENTIFIERING

Risikpåverkan mot planområdet bedöms härröra från två riskkällor, transportled för farligt gods samt drivmedelsstation, där den första utreds för både ett *Nollalternativ* och ett *Utbyggnadsalternativ*.

3.1 VÄG 27/29 – TRANSPORTLED FÖR FARLIGT GODS

Väg 27/29 löper öster om planområdet och har en prognostiserad ÅDT för 2035 på 15300 fordon/dygn av vilka 14 procent utgörs av tung trafik. Baserat på nationell statistik för tung trafik mellan åren 2009 och 2015 ansätts att 2,5 procent (beräknat på körd sträcka) av den tunga trafiken utgörs av farligt gods.

Då vägen utgör primär transportled för farligt gods förutsätts att alla typer av gods kan trafikera sträckan. I beräkningarna ansätts att fördelningen av ADR-S klasser motsvarar det nationella genomsnittet.

Vägens läge relativt planområdet kan i framtiden ändras till det bättre ur ett riskhänseende då föreslagen vägplan skulle innebära att vägen förläggs längre bort.

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

Baserat på de farligt gods-klasser som utreds vidare, har ett antal dimensionerande olycksscenarioer med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts enligt Tabell 2.

Tabell 2. Övergripande sammanställning av dimensionerande olycksscenarioer baserat på rådande förutsättningar.

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

3.2 DRIVMEDELSSTATION, MACKEN 1

Sydost om planområdet finns en drivmedelsstation som hanterar brandfarlig vätska i form av diverse drivmedel. Transportuppgifter från brukaren för år 2016 återfinns i Tabell 3.

Tabell 3. Uppskattat antal transporter/lossningar till drivmedelsstation på Macken 1 baserat på försäljning för 2017 [4].

Drivmedel	Försäljningsvolym	Transportvolym*	Transporter/år	Transporter/dag
Bensin	1807 m ³		60 st	0,165 st
Diesel	1745 m ³		58 st	0,16 st
Etanol	101 m ³	30 m ³ /tankbil	3 st	0,01 st
Totalt	3653 m ³		121 st	0,335 st

*Alla transporter är sannolikt inte fulla, men då samtliga transporter i beräkningarna omfattas av scenarier baserade på detta antagande, görs bedömning att förenklingen är konservativ.

Vid kvantifiering av risk förenad med lossning görs ett antagande att varje lossning tar 20 minuter.

4 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING

I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för området med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med farligt gods-transport på väg 27/29 samt transporter till och lossning på Macken 1.

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas förslag på kriterier för individ- och samhällsrisk [5]. Risker kan kategoriskt delas upp i;

- oacceptabla
- acceptabla med restriktioner och
- acceptabla

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

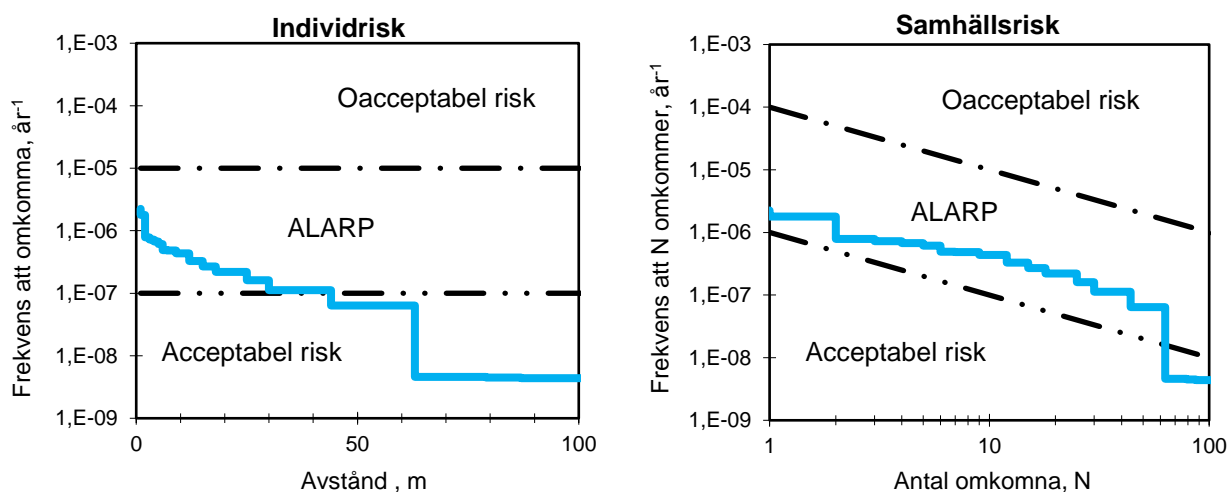
De risker som bedöms vara **acceptabla med restriktioner** behandlas enligt ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta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

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

I Tabell 4 redogörs för DNV:s uppställda kriterier för värdering av individ- och samhällsrisk enligt ovan nämnd kategorisering. Kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Gränserna markeras med streckade linjer enligt Figur 6.

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

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



Figur 6. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [5].

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

Individrisk redovisas ofta med en individriskprofil (t.v. i Figur 6) som beskriver frekvensen att omkomma som en funktion av avståndet till en riskkälla. Individrisk kan även redovisas som konturer på karta.

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

Samhällsrisk redovisas ofta med en F/N-kurva (t.h. i Figur 6) som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.

4.1 RISKNIVÅ

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

För uppskattning av risknivån har årsmedeldygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägavsnitt använts som indata. Med hjälp av Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skrift *Farligt gods – riskbedömning vid transport* [6] beräknas frekvensen för att en trafikolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på aktuellt vägavsnitt. För beräkning av frekvenser/ sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys, se Bilaga C.

Risikpåverkan med avseende på lossning vid Preems drivmedelsstation på *Macken 1* beräknas enligt metodik för LOC (Loss of Containment) ur CPR 18E 'Purple Book' [7].

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

4.1.1 Individrisknivå

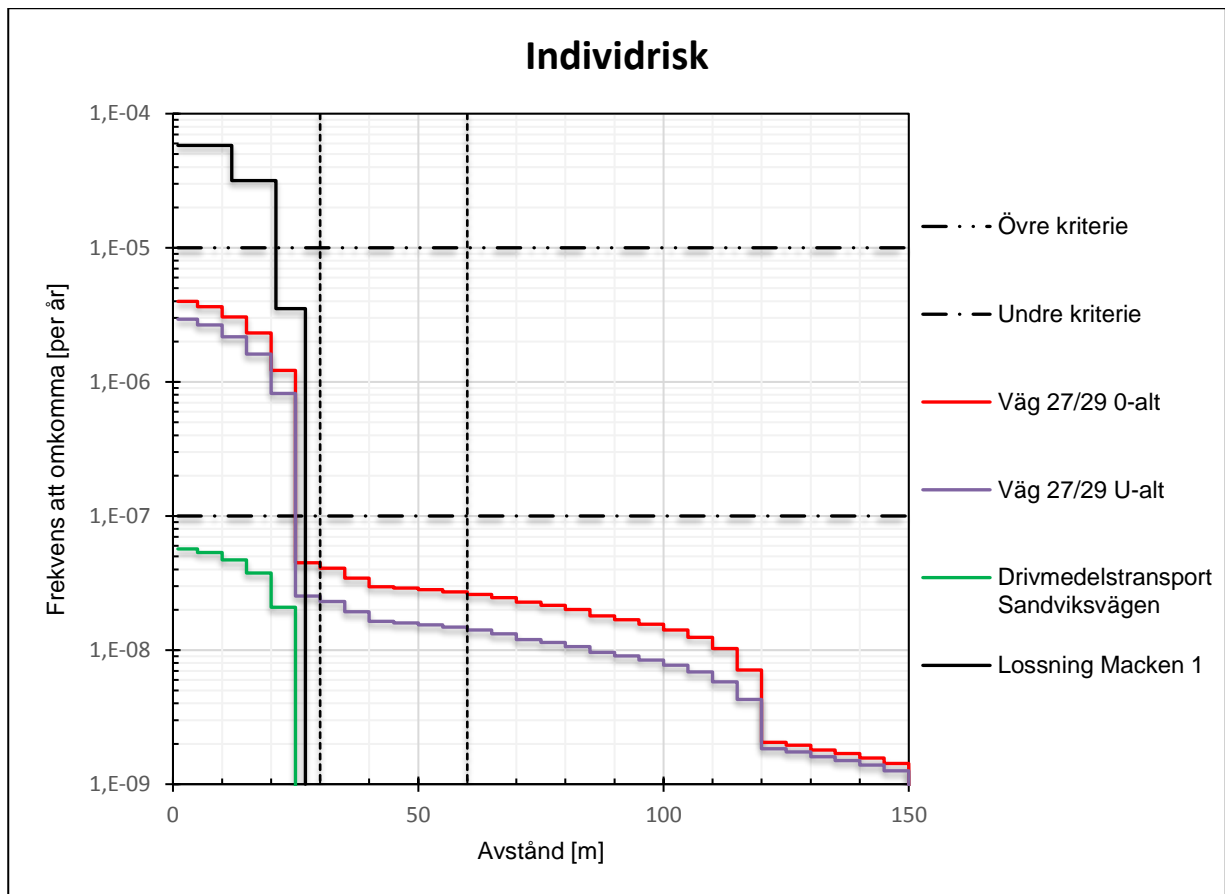
I Figur 7 illustreras individrisknivån för aktuellt område med avseende på farligt godstransport för noll- respektive utbyggnadsalternativet, samt transporter till drivmedelsstation på *Macken 1*. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området.

Ur figuren kan utläsas att risken är acceptabel på det avstånd som bebyggelse planeras enligt förslag. Vid bebyggelse närmare Ronnebyvägen än 25 meter ställs krav på riskreducerande åtgärder.

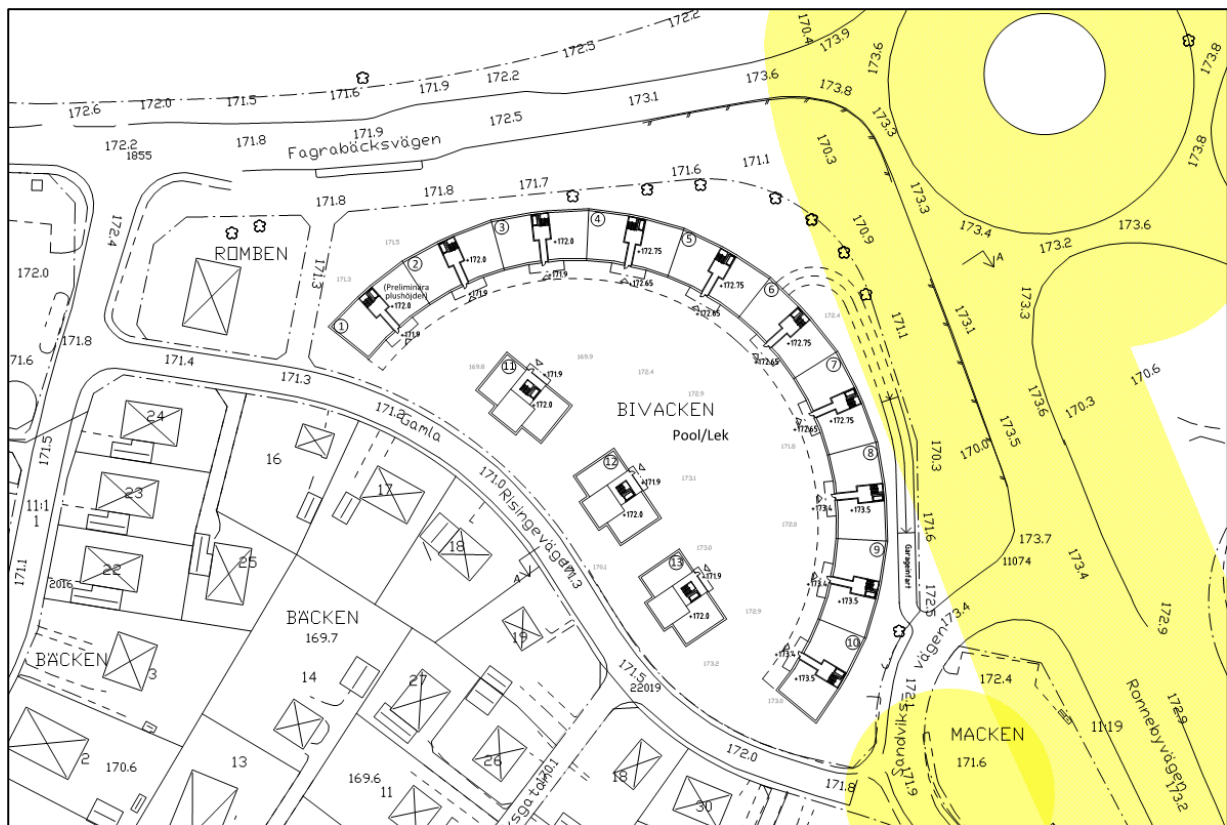
Transporter till *Macken 1* ger upphov till en relativt låg risknivå då de är ringa till antalet. Detta innebär att inga särskilda krav på skyddsavstånd till Sandviksvägen ställs med hänsyn till transport av farligt gods. Däremot ställs krav på skyddsavstånd till lossningsplats för drivmedelsstationen baserat på individrisk beräknat för läckage i samband med lossning. Vid bebyggelse bortom 27 meter från lossningsplats görs bedömning att inga riskreducerande åtgärder behöver vidtas.

I Figur 8 redovisas individriskkonturer för respektive riskkälla, vilket schematiskt visar hur planerad bebyggelse förhåller sig till beräknade risknivåer.

Inom 25 meter från väg är det främst olyckor med brandfarlig vätska som påverkar risknivån för nollalternativet. Bebyggelse inom detta avstånd från väg 27/29 bör således skyddas mot brandpåverkan.



Figur 7. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på väg 27/29 samt transporter till drivmedelsstation på Macken 1. Vertikala streckade linjer på 30 respektive 60 meter representerar avståndet till bebyggelse på Bivacken 1 för noll- och utbyggnadsalternativet.



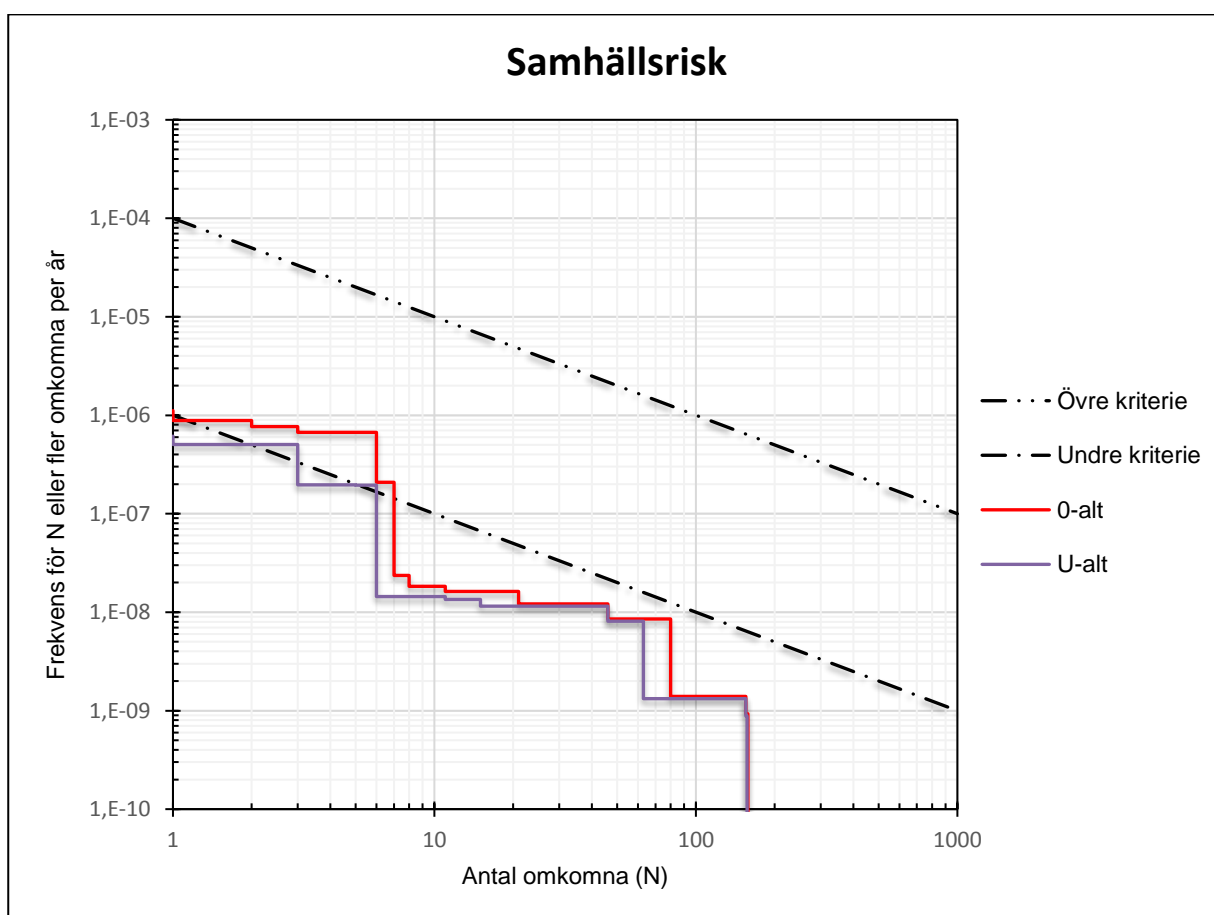
Figur 8. Individriskkontur för nollalternativ och drivmedelsstation relativt planområdet. Redovisat område (gult) har en risknivå överstigande gränsen för acceptabel risk. För utbyggnadsalternativet är förhållandena än gynnsammare för exploatering.

4.1.2 Samhällsrisknivå

I Figur 7 illustreras individrisknivån för aktuellt område baserat på farligt gods-transport och drivmedelsstation. Ur figuren kan utläsas att risken i stort följer gränsen mellan ALARP och acceptabel risk och till viss del överskrider densamma för nollalternativet. I utbyggnadsalternativet är risken än lägre, vilket är ett resultat av ett generellt ökat avstånd i förhållande till vägnära bebyggelse i kombination med en statistiskt sett mindre olycksdrabbad vägutformning. Riskbidrag från lossning och framkörning till drivmedelsstation är densamma för båda alternativen.

Oavsett betraktande av noll- eller utbyggnadsalternativet bedöms samhällsrisknivån vara låg trots de enstaka värdena ovan gränsen till ALARP-området. Beräkningarna bygger på ett skyddsavstånd om 25 meter mellan transportled och kringliggande bebyggelse. I många fall är avståndet till bebyggelse utmed väg 27/29 betydligt längre än så, varför beräkningsuppställningen i avseendet är att betrakta som konservativ.

Vidare har i beräkningarna ingen hänsyn tagits till att personer som befinner sig inomhus har ett ökat skydd mot flertalet olyckstyper. Även detta antagande genererar ett konservativt riskmått.

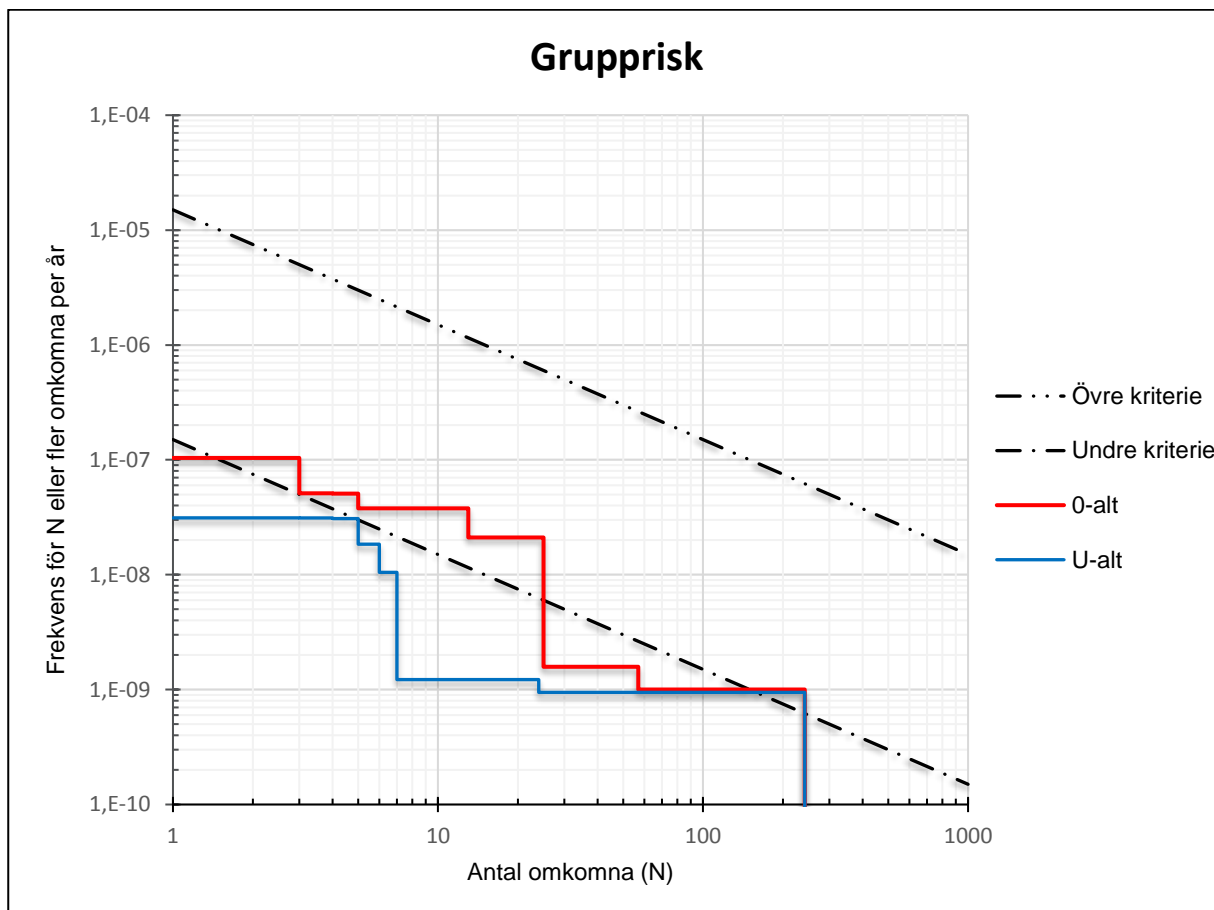


Figur 9. Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transport och hantering vid drivmedelsstation på Macken 1.

4.1.3 Grupprisk Bivacken 1

För att säkerställa att den lokala risken för planområdet inte är förhöjd till följd av en relativt hög persontäthet genomförs en gruppriskberäkning där bara de personer vilka vistas inom planområdet beaktas. Då planområdet inte är en kvadratkilometer stort viktas även bedömningskriterierna.

Utfallet redogörs för i Figur 10 där man kan se att förhöjd risknivå till viss del råder för nollalternativet. Huvudorsak till den förhöjda risken härrör från explosion med transport av ADR-S klass 5. Även BLEVE kan ge stora skadeutfall, men med relativt låg frekvens.



Figur 10. Grupprisk endast för Bivacken 1.

4.1.4 Sammanfattning

Individeriskpåverkan mot Bivacken 1 är att betrakta som låg vid bebyggelse minst 25 meter från väg 27/29. För Utbyggnadsalternativet kan bebyggelse uppföras ända fram till fastighetsgräns mot befintliga sträckningen för Ronnebyvägen, men då framtida vägutformning inte är fastställd i form eller tid bör skyddsavstånd och riskreducerande åtgärder tillämpas efter nollalternativet. Samhällsrisker är genomgående låga och i stort acceptabla förutsatt ett bebyggelsefritt avstånd om 25 meter från väg. Detta gäller även med avseende på grupprisk.

Vid bebyggelse enligt förslag i Figur 2 och Figur 3 görs bedömning att inga särskilda åtgärder för riskreduktion behöver vidtas för noll- eller utbyggnadsalternativet.

5 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Om risknivån bedöms som ej acceptabel ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Exempel på vanligt förekommande riskreducerande åtgärder anges i Boverkets och Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner [8], vilken är lämplig att använda som utgångspunkt. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som bedöms ge störst bidrag till risknivån utifrån de lokala förutsättningarna. För att rangordna och värdera åtgärders effekt kan med fördel kostnads- eller kostnads-nyttoanalys användas. Riskbilden efter de valda åtgärdernas genomförande bör verifieras.

Åtgärderna kan antingen vara sannolikhetsreducerande eller konsekvensbegränsande. I samband med fysisk planering är det utifrån Plan- och bygglagen svårt att reglera sannolikhetsreducerande åtgärder, eftersom riskkällorna och åtgärderna i regel är lokaliserade utanför området, eller regleras med andra lagstiftningar. De åtgärder som föreslås kommer därför i första hand vara av konsekvensbegränsande art. Åtgärdernas lämplighet och riskreducerande effekt baserar sig i huvudsak på bedömningar gjorda i Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner [8]. De åtgärder som bedöms lämpliga att genomföra givet projektets förutsättningar och beräknade risknivåer presenteras och diskuteras nedan.

Observera att avsnittet utgör ett diskussions- och beslutsunderlag för vidare planering och således inte har formulerats som konkreta planbestämmelser.

5.1 REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER

Enligt resonemang i avsnitt 4 görs bedömning att inga särskilda åtgärder för riskreduktion behöver vidtas förutsatt att bebyggelse sker enligt förslag. Nedan ges dock ett förtydligande kring när åtgärder kan bli aktuella i händelse av förändrade förutsättningar.

5.1.1 Byggnadstekniskt brandskydd

Den åtgärd som bedöms vara aktuell och ha god effekt i händelse av önskan om bebyggelse närmare väg eller lossningsplats än 25 respektive 27 meter är byggnadstekniskt brandskydd. Åtgärden innebär att ytterväggar, tak, fasad och/eller fönster utformas på ett sätt vilket reducerar konsekvensen i händelse av brandpåverkan till följd av extern brandpåverkan.

Obrännbara fasadmaterial och takyttskikt kan användas för att försvåra brandspridning till byggnaden, men innebär inte explicit att brand- eller brandgasspridning in i byggnaden till följd av ledning eller otätheter förhindras/försvåras. Brandtekniskt klassade ytterväggar och fönster kan användas som komplement till obrännbara fasadmaterial för att förhindra brand- och brandgasspridning till inomhusmiljön. Genom att utforma ytterväggar inom 25 meter från väg i lägst brandteknisk klass EI 30 och fönster i lägst klass EW 30 görs bedömning att risken för brandspridning in i byggnaden i händelse av pölbrand eller jetflamma reduceras på ett tillfredsställande sätt. Observera att brandklassade väggar kan utformas med brännbara material och yttskikt.

Åtgärden kan regleras med detaljplan, och bör då införas som funktionsbaserad bestämmelse, eftersom fasad, fönster och ventilation ska fungera ihop.

5.1.2 Markutformning

Då förhöjd risknivå råder inom 25 meter från väg 27/29 och lossningsplats på *Macken 1* görs bedömning att markanvändningen mellan byggnad och riskkällorna ska utformas på ett sätt vilket inte uppmuntrar till mer än tillfällig vistelse. Lekplatser, aktivitetsytor, grillplatser etc. bedöms olämpligt att uppföra inom detta avstånd. Trafik, ytparkering eller grönområde bedöms vara lämplig användning.

6 DISKUSSION

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

- Personantal inom området,
- utformning och disposition av etableringar,
- farligt gods-transporter förbi planområdet,
- schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar och
- antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadescenario.

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

Vid analyser av detta slag råder ibland brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar och svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter som dessutom är mer eller mindre osäkra. Dessa svårigheter innebär att olika riskanalyser/riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata. [9]

Det finns flera skäl till varför systematiska riskanalyser är att föredra framför andra mer informella eller intuitiva sätt att hantera den stora, men långt ifrån fullständiga, kunskapsmassa som finns beträffande riskerna med farligt gods. Användning av riskanalysmetoder av den typ som presenteras i VTI Rapport 389:1 och som använts i detta projekt innebär att befintlig kunskap insamlas, struktureras och sammanställs på ett systematiskt sätt så att kunskapsluckor kan identifieras. Detta medför att analysens förutsättningar kan prövas, ifrågasättas och korrigeras av oberoende. Metoden innebär också att de antaganden och värderingar som ligger till grund för olika skattningar tydliggörs för att undvika missförstånd vid information, diskussion och förhandling mellan beslutsfattare, transportörer och allmänhet. Riskanalyser utgör därigenom ett viktigt led i den demokratiska process som omger transporter av farligt gods i samhället. [9]

7 SLUTSATSER

Planerad bebyggelse inom Bivacken 1 bedöms vara tillfredsställande ur ett riskperspektiv utan särskild åtgärdsimplementering förutsatt att bebyggelse sker på ett avstånd om minst 25 respektive 27 meter från väg 27/29 och lossningsplats på *Macken 1*.

Markanvändning mellan bebyggelse och riskkällorna ska utformas på ett sätt vilket inte uppmuntrar till annat än tillfällig vistelse.

Utredningen visar vidare att utbyggnadsalternativet för *Trafikplats Fagrabäck* är gynnsammare än nollalternativet ur ett riskhänseende.

BILAGA A. OMFATTNING AV RISKHANTERING OCH METOD

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

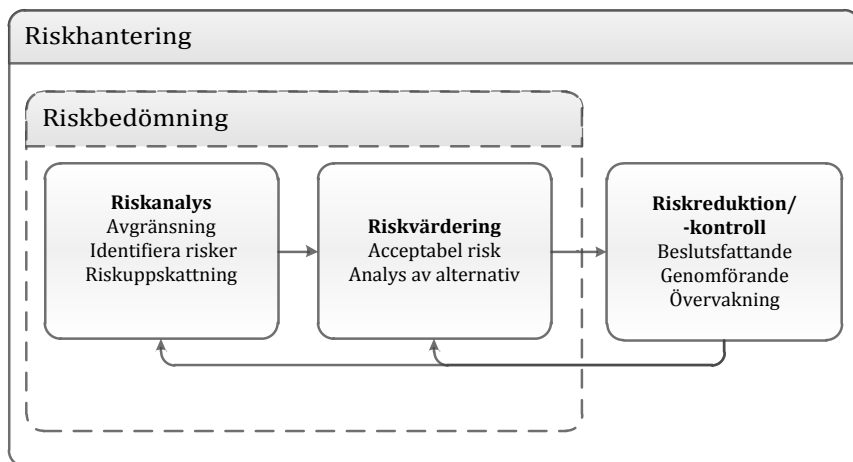
A.1. BEGREPP OCH DEFINITIONER

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

Riskanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system [10] [11], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 11.

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

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



Figur 11. Riskhanteringsprocessen.

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

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

Figur 12. Exempel på en semi-kvantitativ riskmatris [14].

A.2.3 Kvantitativa metoder

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

BILAGA B. STATISTISKT UNDERLAG

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

B.1. BERÄKNING AV OLYCKSFREKVENNS

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport [6] presenteras metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt gods-transport på väg. Rapporten är en sammanfattning av Väg och- transportforskningsinstitutets rapport [16] och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarioer med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka kan två olika metoder användas. Antingen kan en olyckskvot uppskattas utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I denna riskanalys används det andra av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

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

Antalet trafikolyckor med transport av farligt gods som leder till konsekvens mot omgivningen beräknas enligt nedanstående Formel 1 med indata enligt Tabell 5. Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används prognos för trafikflödet år 2035.

Formel 1. Beräkningsgång olyckskvot för farligt gods.

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

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

Indataparameter	Väg 27/29, 0-alt	Väg 27/29, U-alt	Sandviksvägen
ÅDT _{total}	15300	15300	3000
ÅDT _{FG}	53,55	53,55	0,335
Hastighetsgräns	80 km/h	100 km/h	30 km/h
Olyckskvot (OK)	0,8	0,4	2,0
Andel Singelolyckor (SiO)	0,25	0,34	0,05
Index	0,11	0,22	0,01
Frekvens FG-olycka	3,00×10 ⁻³	2,84×10 ⁻³	4,77×10 ⁻⁶

B.2. FÖRDELNING MELLAN DE OLIKA ADR-S KLASSERNA

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

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

ADR-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [17].	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppemot 700 m [18].
Klass 2	Gaser	Inerta, oxiderande, brandfarliga och giftiga gaser	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
Klass 5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 120 m.
Klass 6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.
Klass 7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
Klass 8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [16]. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

År 2015 genomfördes omkring 540 000 inrikes transporter med farligt gods med svenska lastbilar och den totala mängden farligt gods var drygt 16 miljoner ton, fördelat på en total sträcka av cirka 55 miljoner kilometer. Av samtlig tung trafik står farligt gods-transporter för omkring 2,5 % av den totalt tillryggalagda sträckan baserat på ett genomsnitt från 2009-2015. I Tabell 7 redovisas den inbördes fördelningen i körda kilometer för de olika klasserna baserat på uppgifter från TRAFKA mellan åren 2009-2015 för hela landet [19]. Siffrorna anses representativa för utredd sträcka.

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

	Väg 27/29	Sandviksvägen
ÅDT _{FG}	53,55	0,335
ADR-S klass 1	0,54	-
ADR-S klass 2.1	3,00	-
ADR-S klass 2.3	0,02	-
ADR-S klass 3	30,34	0,335
ADR-S klass 5	1,76	-
ADR-S övriga	17,89	-

BILAGA C. FREKVENSBERÄKNINGAR

I frekvensberäkningarna beräknas en grundfrekvens för olyckor med transporter av farligt gods på en 1 km lång vägsträcka enligt VTI-modellen. Med händelseträdsmetodik beräknas sedan frekvenser för respektive olycksscenario för de olika klasserna. Händelseträden utvecklas i kommande avsnitt för varje ADR-S klass. Vid behov anpassas frekvenser till analysens geografiska avgränsningar. Grundfrekvensen för olyckorna gäller för 1 km vägsträcka, vilket får till följd att frekvensen måste justeras med hänsyn till hur stort konsekvensavstånd som varje olycksscenario ger upphov till (konsekvensavstånd redovisas i 0).

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

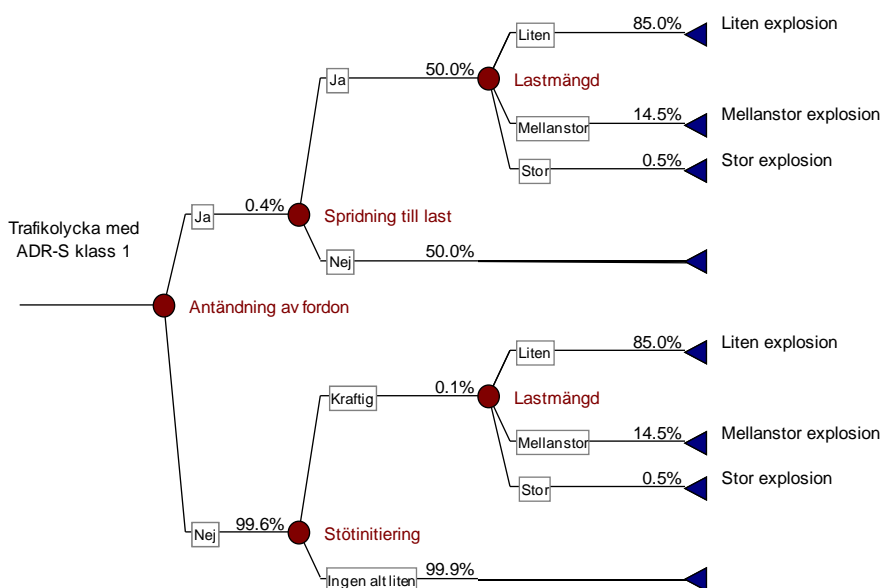
ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål [17]. Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen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

C.1.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) [20] utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexlosion). Vid beräkningar används riskgrupp 1.1 som representant för vidare utredning av ämnen i ADR-S klass 1. Detta bedöms vara ett konservativt antagande. Transporterad mängd är avgörande för explosionsverkan. Maximal mängd massexplodiva varor som får transporteras på väg är 16 ton, men de flesta transporter innefattar endast små nettomängder av massexplodiva varor.

C.1.2 Händelsetråd med sannolikheter

Figur 13 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett involverande ett fordon lastat med explosiva ämnen. Dessa sannolikheter ligger till grund för frekvensberäkningar och motiveras i texten.



Figur 13. Händelsetråd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

C.1.2.1. ANTÄNDNING AV FORDON

De brandscenarier som kan leda till påverkan på lasten bedöms i huvudsak uppstå om transporten är involverad i en olycka som föranleder brand eller till följd av fordonsfel som leder till brand

Tillgänglig statistik över omfattningen av bränder inom transportsektorn är begränsad. Utifrån tillgänglig statistik från olika länder (bland annat Japan och Tyskland) anges en olyckskvot på cirka 1 fordonsbrand per 10 miljoner fordonskilometer [21]. Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna cirka 0,4 % [22] [23].

C.1.2.2. BRANDSPRIDNING TILL LASTEN

Sannolikheten för spridning till last och detonation beror på vilken typ av ADR-S klass som involveras, vilket ämne, brandens storlek, mängden transporterat ämne med mera. En fransk studie av fordonsbränder i tunnlar visar att 4 av 10 bränder släcks av personer på plats [24], med hjälp av enklare släckutrustning. Sådan släckutrustning finns dock sällan tillgänglig på ytvägnäten, men regelverken för transporter av farligt gods ställer krav på transportören att ha handbrandsläckare, och andelen släckta bränder i ADR-S klassade transporter bedöms vara något högre än vid andra olyckor. Resterande bränder antas bli släckta av räddningstjänsten, men då osäkerheter råder om insatstiden kan det inte förutsättas att räddningstjänsten alltid förhindrar att branden sprider sig till den explosiva lasten. Utifrån detta resonemang görs samma bedömning som i Göteborgs fördjupade översiktsplan [25], att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

C.1.2.3. STÖT

Med stöt avses sådan med intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s [26]. Det saknas dock kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. HMSO [27] anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. Med hänsyn till den utveckling som skett inom fordonsutformning och trafiksäkerhet de senaste 20 åren antas sannolikheten för en stötinitierad detonation vara lägre än de 0,2 % som HMSO anger. Utifrån ovanstående bedöms sannolikheten för att en stöt initierar en detonation vara 0,1 %.

C.1.2.4. FÖRDELNING MELLAN LASTMÄNGDER

Genomfartstrafik respektive transporter till centrallager bedöms vanligen utgöras av maximalt lastade fordon, vilket motsvarar en last på 16 ton med fordon av EX/III-klass. Detta har framkommit i intervjuer med tillverkare och transportörer av explosiva ämnen [28] [29].

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) [30] anger att genomfartstrafik utgör omkring 0,5 % av alla transporter med farligt gods. Transporter med 16 ton antas därmed utgöra mindre än 0,5 % av samtliga transporter i klass 1. Detta överensstämmer med uppgifter från tre stora transportörer, som anger att andelen transporter med så stora lastmängder utgör mindre än 1 % av det totala antalet transporter med explosiva varor [31]. Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Fördelningen mellan viktklasserna uppgår enligt Polisens [32] tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen enligt Tabell 8, för lastmängder av explosiva ämnen.

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

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

C.2. ADR-S KLASS 2 – GASER

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

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

C.2.1 ADR-S Riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

ADR-S riskgrupp 2.1 omfattas av brandfarliga gaser, exempelvis väte, propan, butan och acetylen. Här utgör brand den huvudsakliga faran, och gaserna är vanligtvis inte giftiga¹. Brandfarliga gaser är ofta luktfria [33]. Gasol ansätts som dimensionerande ämne att basera beräkningarna på, eftersom gasol på grund av dess låga brännbarhetsgräns samt att den transporteras tryckkondenserad och i stor utsträckning gör ämnet till ett konservativt val [25].

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

C.2.1.1. GASLÄCKAGE

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet [34]. Erfarenheter från utländska studier visar att sannolikheten för läckage av det transporterade godset då sänks till 1/30 av värdet för läckage i tankbil med ADR-S klass 3 [6].

C.2.1.2. LÄCKAGESTORLEK

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där utsläppsstorlekarna är definierade i [6] utifrån massflöde: 0,09 kg/s (*litet*), 0,9 kg/s (*medelstort*) respektive 17,9 kg/s (*stort*). Med gasol som gas har arean på läckaget beräknats till 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %, 20,8 % och 16,7 % [6].

C.2.1.3. ANTÄNDNING

När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % [35], varför dessa värden kan antas gälla för *litet* läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

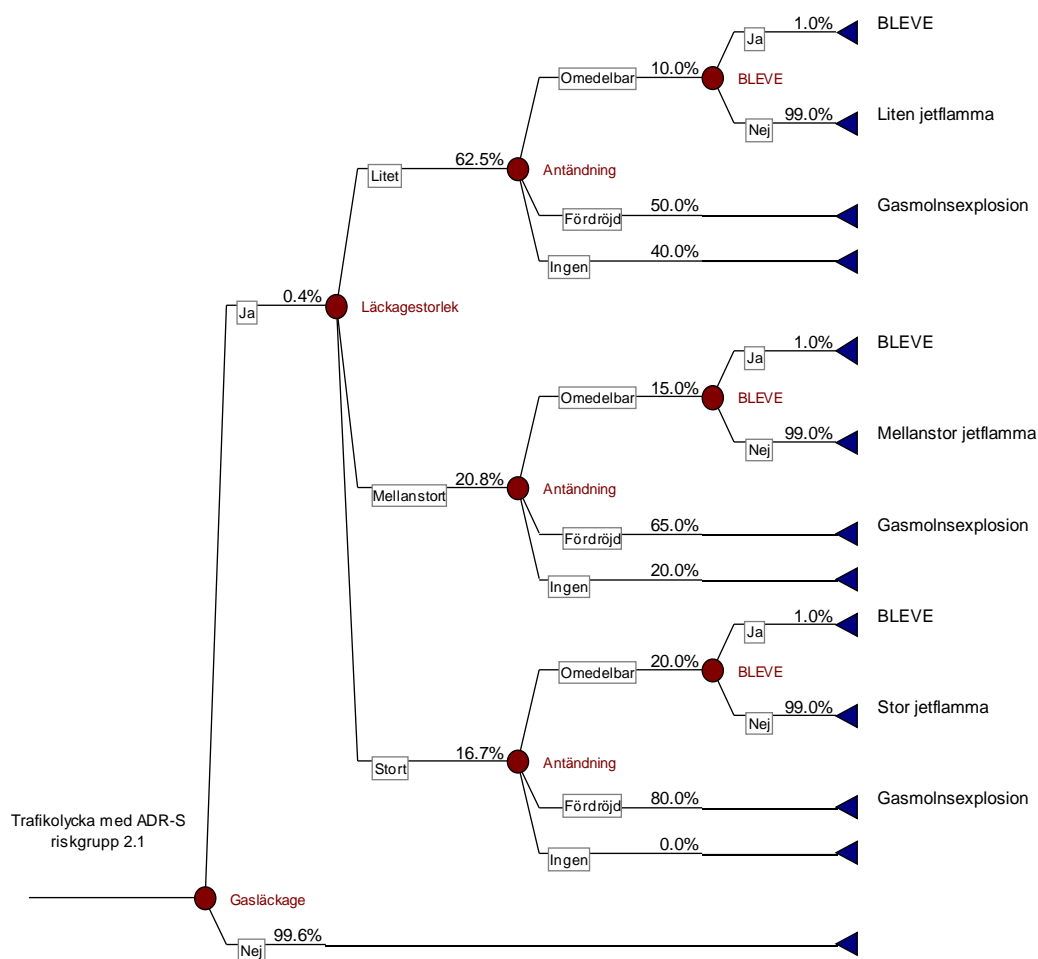
¹ Vissa giftiga gaser, som exempelvis ammoniak, är vid höga koncentrationer även brandfarliga. De beaktas i huvudsak med avseende på de giftiga egenskaperna, vilka ger upphov till längre konsekvensavstånd än de brandfarliga egenskaperna.

C.2.1.4. BLEVE

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

C.2.2 Händelseträed med sannolikheter

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



Figur 14. Händelseträed med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

C.2.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

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

C.2.3.1. REPRESENTATIVT ÄMNE

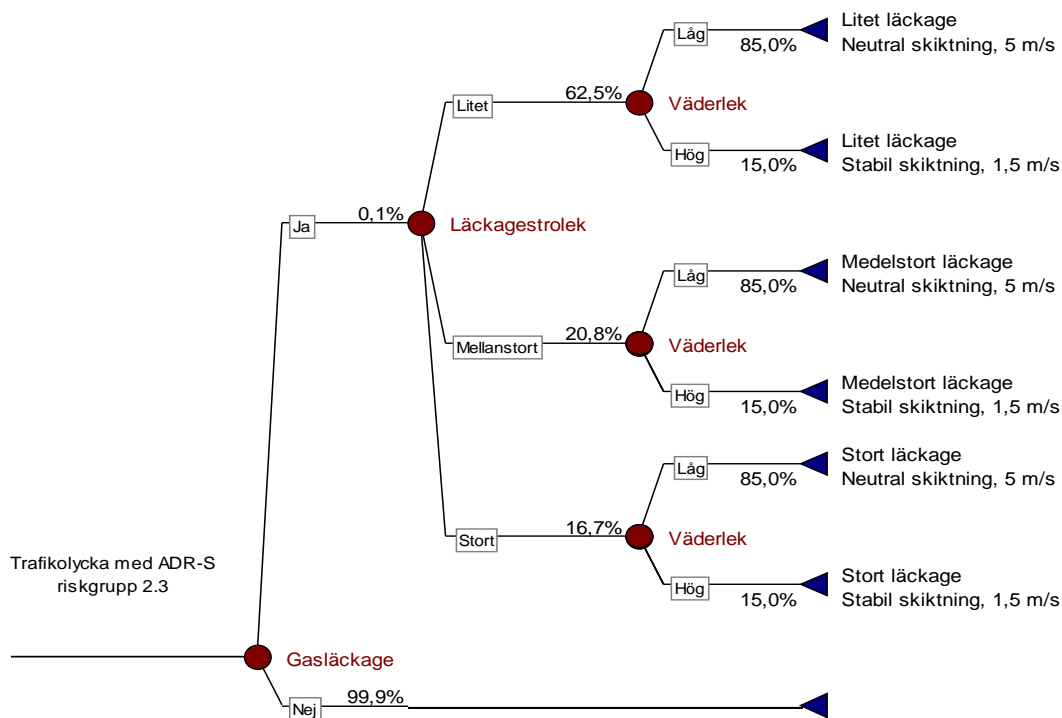
Svaveldioxid är den mest toxiska gas som transporteras på väg, varför ett konservativt antagande i att detta denna utgör dimensionerande ämne ansätts genomgående.

C.2.3.2. TOXIKOLOGISKA GRÄNSVÄRDEN

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

C.2.4 Händelseträd med sannolikheter

Figur 15 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 15. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

C.2.4.1. GASLÄCKAGE

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp [6]. Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet [34]. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 [6].

C.2.4.2. LÄCKAGESTORLEK

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av giftig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där storlekarna är definierade utifrån utsläppets källstyrka. Storleken på läckaget är samma som

för ADR-S klass 2.1 det vill säga 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %; 20,8 % och 16,7 % [6].

C.2.4.3. VÄDERLEK

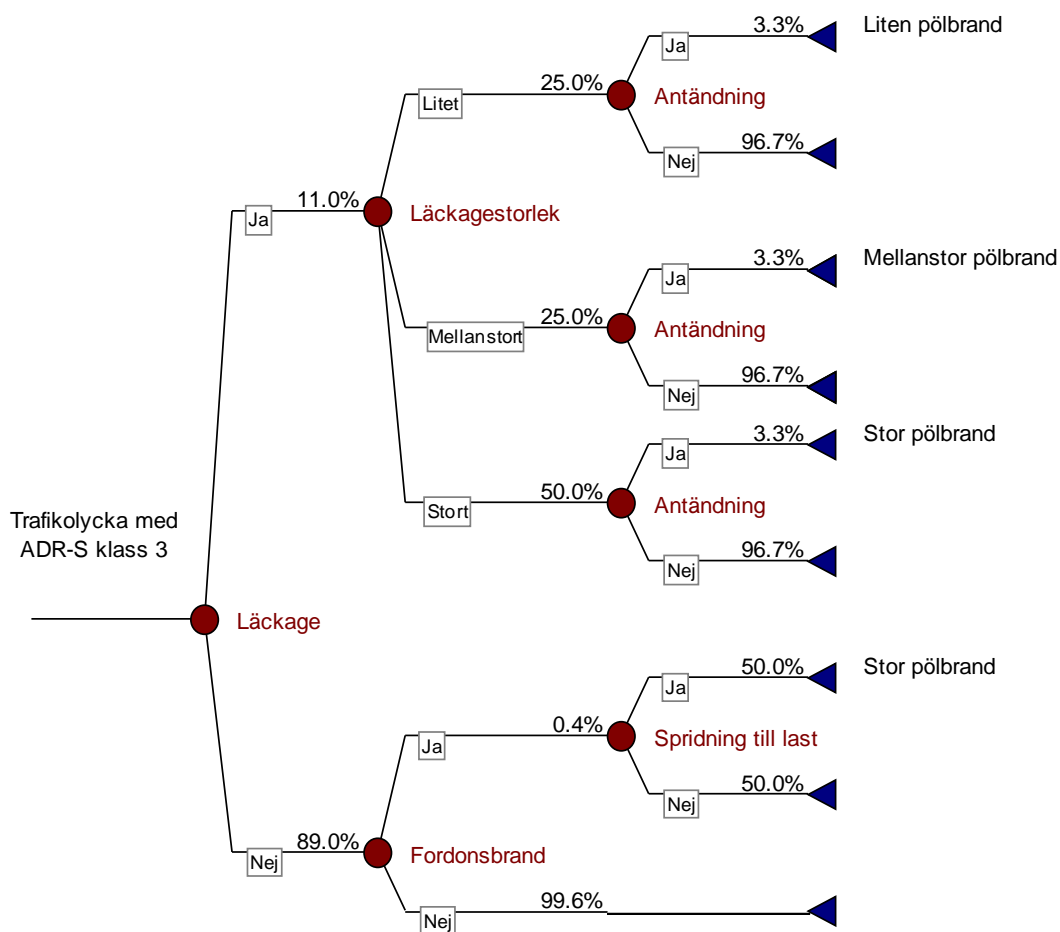
Gasspridning utomhus beror i stort av rådande väderlek där stabilitetsklass och vindhastighet har stor inverkan på resultatet. För att differentiera hur påverkan varierar med dessa parametrar varierar gasspridning i sex scenarier med olika förutsättningar, där ovan nämnda källstyrkor simuleras vid två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

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

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

C.3.1 Händelseträd med sannolikheter

Figur 16 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 16. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 3. Sannolikhet för läckage regleras av index, se Tabell 4

C.3.1.1. LÄCKAGE

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

C.3.1.2. LÄCKAGESTORLEK

Storleken på läckaget varierar beroende på tankbilens storlek och typ. Enligt uppgifter från transportbolagen, när det gäller klass 3-produkter, är det vanligast att tankbilar med släp transporterar godset [36] [37]. Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % [6]. De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*).

C.3.1.3. ANTÄNDNING

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 [38]. Sannolikheten för antändning av läckage med diesel på väg är mycket låg på grund av dess höga flampunkt, medan sannolikheten för antändning av ett bensinläckage är större. Förenklat (och konservativt) antas samtliga transporter av brandfarlig vätska vara bensin. Sannolikheten att antändning sker givet läckage av bensin, oberoende av om det är litet, mellanstort eller stort, är 3,3 % [27].

C.3.1.4. FORDONSBRAND

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

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

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

C.4.1 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.1

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

Ett vanligt förekommande ämne är ammoniumnitrat (AN) som ingår i många gödningsmedel och tillhör riskgrupp 5.1. Ammoniumnitrat kan i samband med vissa omständigheter sönderfalla explosivt genom detonation. Detta kan ske genom ett brandförlopp där ämnet är inneslutet och värms upp under tryckuppbyggnad, eller om det blandas med organiskt material [39]. Baserat på uppgifter från Yara i Köping [40] och FOI [41] kan en detonation uppstå om ammoniumnitrat blandas med ett flytande organiskt material såsom diesel, bensin, vegetabiliska oljor, eller om ett annat explosivämne detonerar i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. För att en blandning mellan ammoniumnitrat och organiskt material ska detonera krävs en homogen blandning samt tillförsel av tillräckligt stor energi. Natriumklorat är ett annat ämne som ingår i ADR-S riskgrupp 5.1 och har liknande egenskaper [42].

C.4.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva, och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme och friktion som kontakt med främmande ämne [33]. I de fall peroxiden är

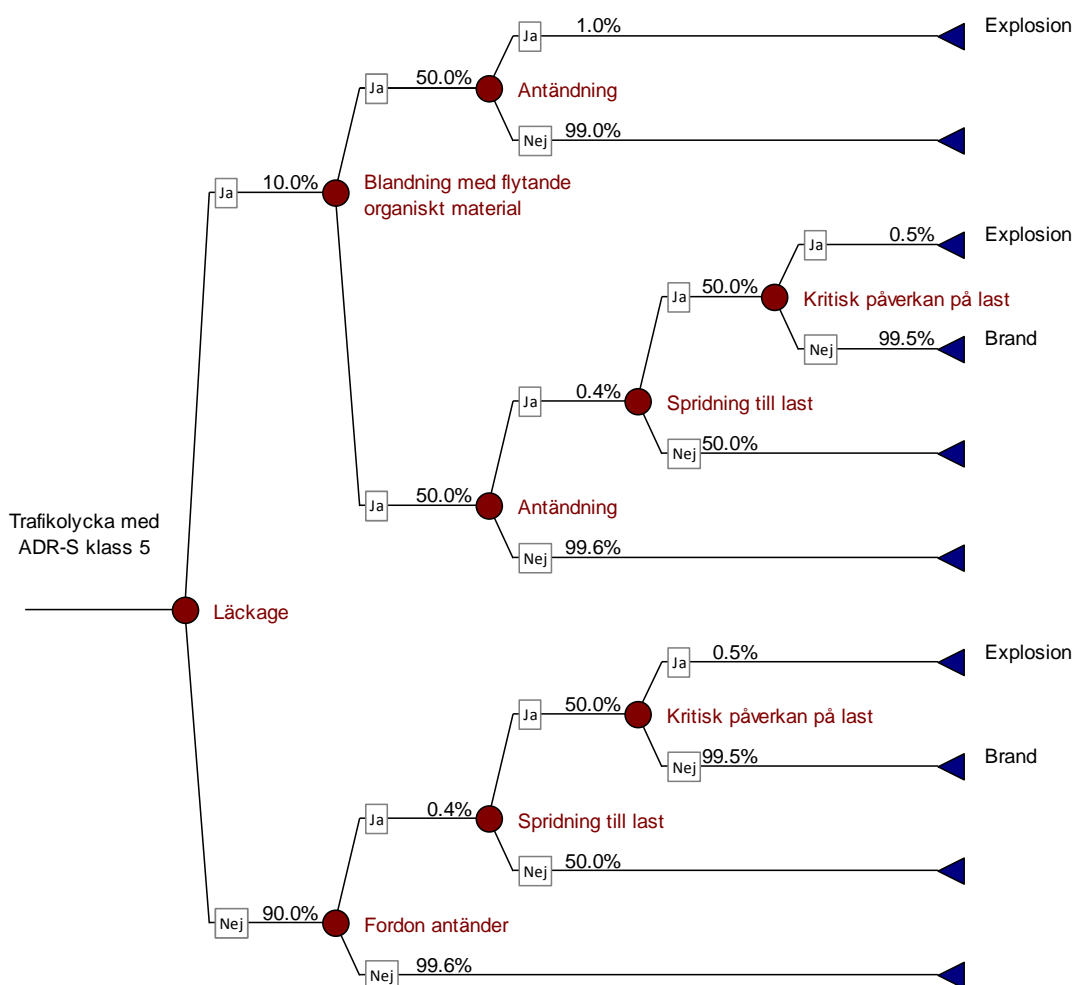
innesluten i behållare kan explosion med tryckvåg och splitter uppstå, men detta gäller endast för en av de sex typer av ämnen som finns i riskgruppen. De övriga fem typerna av ämnen bedöms inte kunna leda till ett explosionsartat förlopp.

C.4.2.1. TRANSPORTERADE MÄNGDER OCH REPRESENTATIVT ÄMNE

Enligt rekommendationer från Holländska myndigheter [43], bedöms ammoniumnitrat vara ett representativt ämne för hela ADR-S klass 5. Det är ett av de oxiderande ämnen som har störst oxiderande effekt och som transporteras mest frekvent och i störst mängd.

C.4.2.2. HÄNDELSETRÄD MED SANNOLIKHETER

Figur 17 redovisar ett händelsetråd som utvecklar förloppet efter att ett fordon lastat med ammoniumnitrat varit inblandat i en trafikolycka. De sannolikheter som anges i figuren motiveras i efterföljande textavsnitt.



Figur 17. Händelsetråd med sannolikheter för ADR-S klass 5.

C.4.2.3. LÄCKAGE

Sveriges enda producent av ammoniumnitrat utgörs i dagsläget av Yara AB i Köping. Ammoniumnitrat transporteras som prillade produkter (fasta korn), paketerade i säckar om 1000 kg. Transporterade mängder med bil omfattar ca 36 ton [44]. Säckarna utgörs av två lager, en tjock innersäck av plast samt en yttre av väv, vilka är sammansvetsade upp till. Då ett utsläpp endast bedöms kunna ske om

säcken påverkas av ett vasst föremål eller av en stor tryckpåkänning antas sannolikheten för utsläpp uppgå till 10 %. Detta bedöms som en konservativt vald siffra, och styrks av att utsläpp av ammoniumnitrat i samband med transportolycka inte förekommit på Yara under de 12 år som verksamheten har bedrivits.

C.4.2.4. BLANDNING MED FLYTANDE ORGANISKT MATERIAL

Antändning och sönderfall genom deflagration eller detonation kan ske i samband med en olycka som involverar ammoniumnitrat om det först blandas med ett organiskt flytande ämne såsom bensin. Idealt för att ett explosivt förlopp ska inträffa är att ammoniumnitratet blandas med bränslet homogent eller att de blandas under längre tid så att bränslet kan absorberas av ammoniumnitraten. Till följd av begränsat statistiskt underlag ansätts kontaminering av utsläppt ammoniumnitrat ske i 50 % av de fall olycka leder till utsläpp.

C.4.2.5. ANTÄNDNING AV BLANDNING

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

C.4.2.6. ANTÄNDNING AV OBLANDAT GODS

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

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

C.4.2.7. BRANDSPRIDNING TILL LASTEN

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

C.4.2.8. KRITISK PÅVERKAN PÅ LAST

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C [40]. Antändning av ammoniumnitrat/bränsleblandning kan övergå till ett självunderhållande sönderfall (som behandlats ovan) medan ren ammoniumnitrat är så stabil att ett eventuellt sönderfall upphör då värmekällan avlägsnas [39]. Baserat på detta bedöms explosiva förlopp initierade av brand vara relativt långsamma förlopp. Detta är något som även erhållen olycksstatistik kan styrka då det vid en majoritet av olyckorna anges brinntider på cirka 1-16 timmar innan detonation. Sannolikheten för att en brand som spridit sig till lasten påverkar denna så allvarligt att det leder till en explosion innan samtliga personer i omgivningen hunnit utrymma området bedöms vara lägre än vid antändning av blandning och ansätts till 0,5 %.

C.5. LOSSNING VID DRIVMEDELSSTATION

För att kvantifiera risken förenad med närhet till drivmedelsstation på Macken 1 har beräkningar genomförts för drivmedelsstationen baserat på LOC (Loss of Containment) för lossnings slangar enligt CPR 18E [7]. Beräkningarna har genomförts enligt nedanstående formel och händelsetråd.

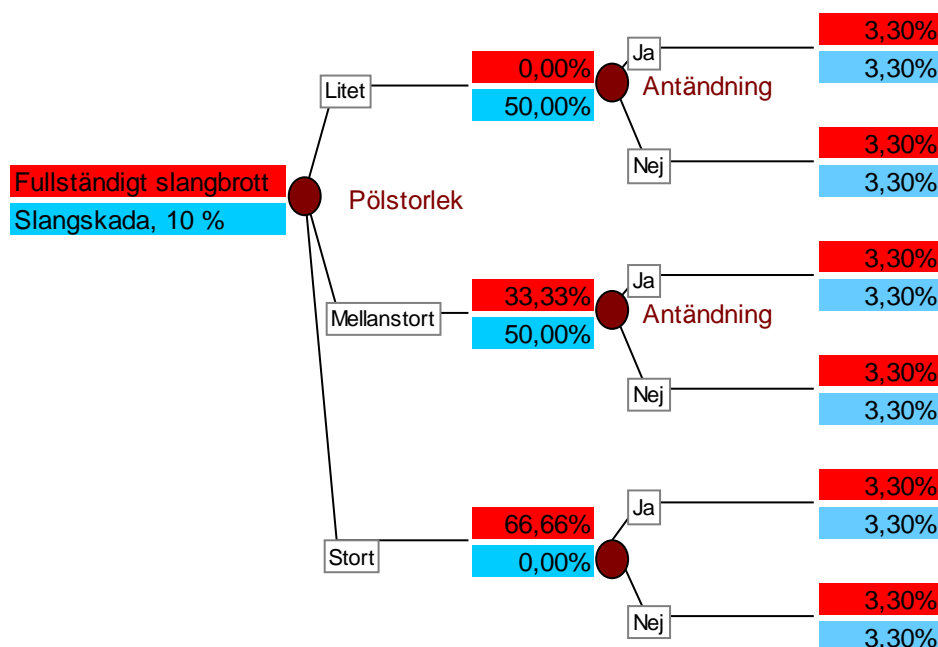
$$\text{Antal lossningar} \times \text{lossningstid} \times \text{grundfrekvens skadefall} = \text{olycksfrekvens}$$

Tabell 9. Frekvensberäkning typläckage vid lossning på drivmedelsstation.

Skadefall	Antal lossningar	Tid/lossning	Grundfrekvens	Olycksfrekvens
Fullständigt slangbrott	121 st	0,33 h	$4,00 \times 10^{-6} \text{ h}^{-1}$	$1,60 \times 10^{-4} \text{ år}^{-1}$
Slangskada, 10 %	121 st	0,33 h	$4,00 \times 10^{-5} \text{ h}^{-1}$	$1,60 \times 10^{-3} \text{ år}^{-1}$

Vid fullständigt slangbrott har skadefallet ansatts motsvara stor (66 %) eller medelstor (33 %) pölbrand enligt Figur 16 med samma sannolikhet för antändning (3,3 %).

Vid slangskada har skadefallet ansatts motsvara medelstor (50 %) eller liten (50 %) pölbrand enligt Figur 16 med samma sannolikhet för antändning (3,3 %).



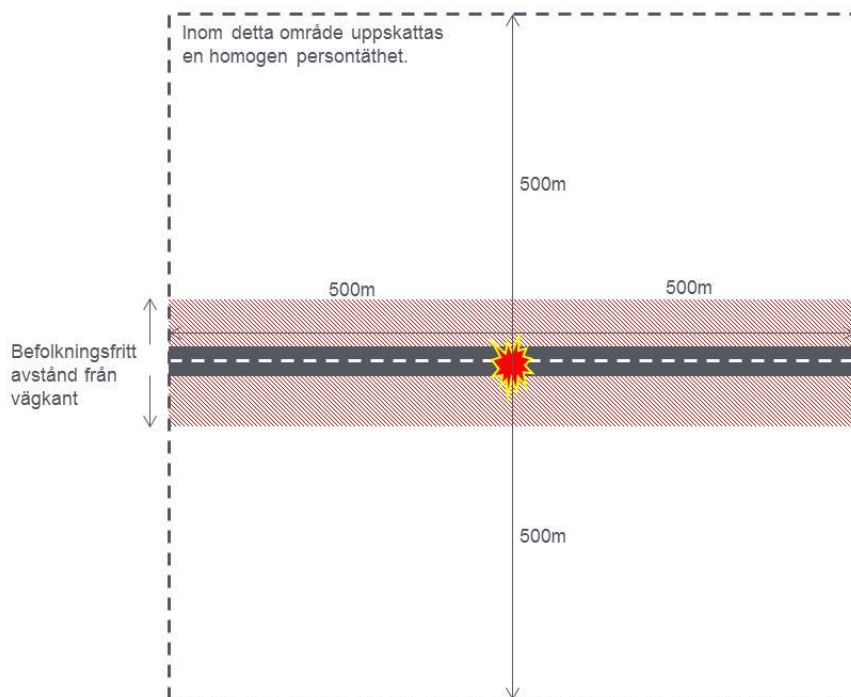
Figur 18. Händelsetråd med sannolikheter för drivmedelsläckage i samband med lossning på Macken 1.

BILAGA D. KONSEKVENSBERÄKNINGAR

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

D.1. PERSONTÄTHET

I samhällsriskberäkningar tas hänsyn till hur många personer som kan antas uppehålla sig i området kring vägen, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer. Riskbedömningen grundar sig på att analysera olyckor med centrum i aktuell riskkälla samt åt 500 meter i vardera riktningen enligt Figur 19.



Figur 19. Principskiss för hur persontätheten har räknats fram. Personerna inom hela området antas befinna sig jämt utspridda över ytan.

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

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

D.2. ANTAGANDE OM OLYCKANS PLACERING

Konsekvenser som uppstår vid olycksscenerierna antas genomgående utgå från väggkant närmast området. Detta ger ett konservativt resultat.

D.3. ADR-S KLASS 1 – EXPLOSIVA ÄMNEN

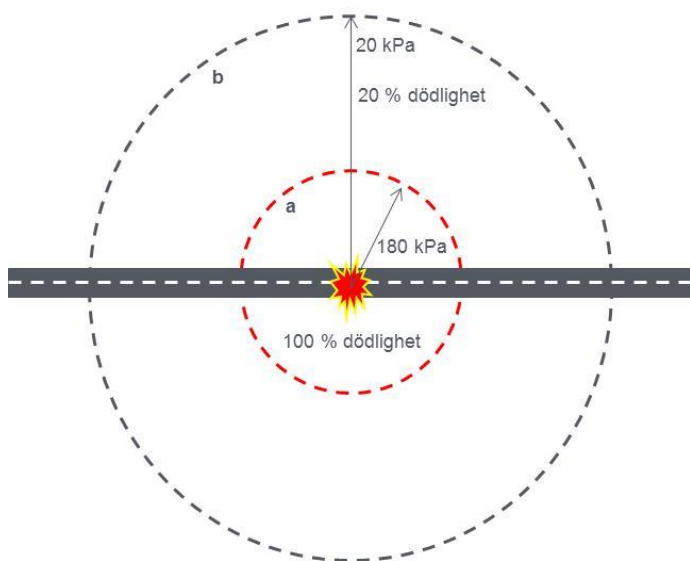
Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas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

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

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

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

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



Figur 20. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [47] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 10. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 10. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av ADR-S klass 1 gods. Explosionen antas vid vägtransport vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstötstången.

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

D.4. ADR-S KLASS 2 – GASER

En viktig faktor för spridningen av en gas vid ett läckage är påverkan av vinden, både för scenarier med brandfarliga och giftiga gaser. De huvudsakliga konsekvenserna uppkommer i vindriktningen från utsläppet. Eftersom konsekvenserna drabbar ett mindre område reduceras frekvensen för respektive scenario med hänsyn till vilken ungefärlig spridningsvinkel som konsekvensområdet får. Samtliga vindriktningar antas ha samma sannolikhet, vilket innebär att konsekvensområdets utbredning har samma sannolikhet i alla riktningar från läckaget.

D.4.1 ADR-S riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

Vid beräkning av konsekvenserna av en farligt gods-olycka med utsläpp av brandfarlig gas (gasol) uppskattas det grovt att samtliga transporter utgörs av tankbilar med en gasmängd om 25 ton.

Programvaran *Spridning Luft* [48] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [6] för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 11. Framräknad läckagestorlek för gasol.

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

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

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

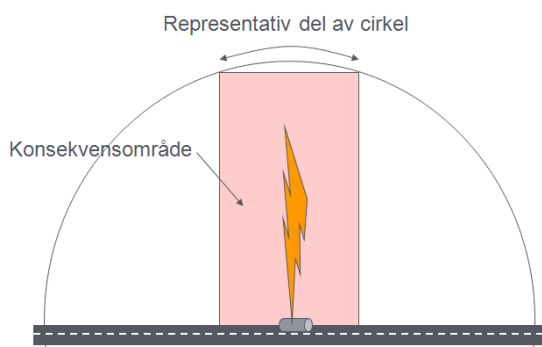
D.4.1.1. BLEVE

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

D.4.1.2. JETFLAMMA

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

Konsekvenserna av en jetflamma har beräknats utifrån exempel 11.3.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [46], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [49] används sedan för att beräkna ett riskavstånd dit 50 % antas få dödliga skador av strålningen inom tiden $t = 10$ s. För frekvensreducering med hänsyn till att en jetflammas konsekvensområde inte är cirkulärt används en metod med en representativ del av en cirkel, enligt Figur 21.



Figur 21. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering vid jetflamma.

D.4.1.3. GASMOLNEXPLOSION

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

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

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

Gasmolnexplosionen beräknas utifrån ett stort läckage. Beräknat konsekvensområde approximeras med en cirkelsektor enligt Figur 21.

D.4.1.4. KONSEKVENSAVSTÅND ADR-S RISKGRUPP 2.1

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

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

D.4.2 ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmen *Spridning Luft* och med *ALOHA* för totalt 6 scenarierna enligt Tabell 12. Redovisat konsekvensavstånd för respektive scenario utgörs genomgående av det högre värdet från simulering med de båda programmen. Indata till beräkningarna utgörs av underlag enligt Bilaga C och med en ytråhet på 0,5 m.

Tabell 12. Konsekvens avstånd för plym med giftig gas.

Utsläpp	Väderlek	Avstånd till LC _{50@30 min}	Spridningsvinkel
Litet	Stabilitetsklass D, 5 m/s	10 meter	15°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	30 meter	20°
Mellanstort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	30 meter	15°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	150 meter	20°

Stort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	135 meter	15°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	690 meter	20°

D.5. ADR-S KLASS 3

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m². Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [25] [50].

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

Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av handberäkningar [25]. I Tabell 13 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 13. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m²) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Avstånd till 15 kW/m ² från pölkant
Litet utsläpp	50 m ²	12 meter
Mellanstort utsläpp	200 m ²	22,5 meter
Stort utsläpp	400 m ²	30 meter

D.6. ADR-S KLASS 5

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

D.6.1.1. EXPLOSION

Konsekvenserna av en explosion i en last med ammoniumnitrat beror till stor del på mängden som deltar i explosionen. I de flesta fall kan man anta att det är tillgången på organiskt material (exempelvis fordonsbränsle) som är den begränsande faktorn. En normal lastbil antas medföra 400 liter diesel i tanken, vilket leder till att en ammoniumnitrat/dieselblandning kan bildas, som motsvarar upp till 4,1 ton trotyl [42]. Utifrån detta används sedan 4,1 ton trotyl som dimensionerande explosion för dessa scenarier, med samma beräkningsmetod som används för explosioner i klass 1.

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

D.6.1.2. BRAND

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

BILAGA E. REFERENSER

- [1] Länsstyrelsen i Skåne Län, *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM)*, 2007.
- [2] MSB, "Handbok - Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer," 2015.
- [3] Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, *Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Bilagor 1-5*, 1997.
- [4] Preem AB, "Årsrapport verksamhetsår 2016 - Drivmedelsförsäljning anläggning 46512," 2017.
- [5] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [6] Räddningsverket, Statens räddningsverk, 1996.
- [7] CPR 18E, Guidelines for quantitative risk analysis 'Purple Book', 2005.
- [8] Räddningsverket och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
- [9] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [10] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneve: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [11] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [12] B. Mattsson, *Riskhantering vid skydd mot olyckor*, Karlstad: Räddningsverket, 2000.
- [13] Räddningsverket, *Handbok för riskanalys*, Karlstad: Räddningsverket, 2003.
- [14] J. Nilsson, *Introduktion till riskanalysmetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2003.
- [15] F. Nystedt, *Riskanalysmetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
- [16] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [17] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [18] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [19] TRAFKA, "Lastbilstrafik 2009-2015 Swedish national and international road goods transport," Trafikanalys, 2015.
- [20] M. Gustavsson, *Muntligen 2008-01-10*, Räddningsverket, 2008.
- [21] H. Ingasson, A. Bergqvist, A. Lönnermark, H. Frantzich och K. Hasselrot, Statens Räddningsverk, 2005.
- [22] SIKKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [23] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [24] PIARC, PIARC - World Road Association, 1999.

- [25] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [26] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [27] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [28] T. Daggård, *Muntligen 2010-01-11*, Orica Services Nora, 2008.
- [29] T. Pålsson, *Muntligen 2008-01-09*, Scanexplor EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
- [30] MSB, *Trafikflöde på väg [Elektronisk]*. Hämtad 2010-08-11, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
- [31] Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik, *Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB*, 2007.
- [32] P. Jansson, *Muntligen 2008-01-16*, 2008.
- [33] S. Halmemies, Räddningsverket, 2000.
- [34] J. Wahlqvist, *Muntligen 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [35] G. Purdy, "Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 3 (1993), pp. 229-259, 1993.
- [36] R. Lindström, *Muntligen: 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [37] T. Gammelgård, *Muntligen: 2010-07-09*, OKQ8, 2010.
- [38] SPI, *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk]* Hämtad 2010-07-08, Svenska Petroleum Institutet, 2010.
- [39] G. Marlair och Kordek, M-A, "Safety and security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers," *Journal of Hazardous Materials*, pp. A123. pp 13-28, 2005.
- [40] L.-H. Karlsson, *Muntligen: 2008-03-18*, Yara International ASA, Köping, 2008.
- [41] J. Magnusson, *Muntligen 2008-03-18*, FOI, Tumba, 2008.
- [42] R. Forsén, FOI, 2009.
- [43] VROM, Ministerier van VROM, 2005.
- [44] J. Havai, *Muntligen 2008-04-18*, Yara AB, Köping, 2008.
- [45] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [46] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [47] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [48] MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
- [49] CCPS, Center for Chemical Process Safety, 1999.
- [50] BBR, Boverket, 2006.

[51] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, *Riskhantering i Detaljplanprocessen*, Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.