

KILENKRYSSSET BYGG AB

DETALJERAD RISKBEDÖMNING FÖR DETALJPLAN ÖRNÄS 1

Transport av farligt gods på E18

2020-06-05



wsp

Detaljerad riskbedömning för detaljplan Örnäs 1

Transport av farligt gods på E18

KUND

Kilenkrysset Bygg AB

KONSULT

WSP Brand & Risk

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7
Tel: +46 10 7225000
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
<http://www.wsp.com>

KONTAKTPERSONER

Fredrik Reinius
Martin Thomasson

010 – 722 86 39
010 – 722 79 66

WSP Sverige AB
WSP Sverige AB

DOKUMENTHISTORIK OCH KVALITETSKONTROLL

Utgåva/revidering	Utgåva 1
Datum	2020-06-05
Handläggare	Martin Thomasson
Signatur	MT
Granskare	Fredrik Larsson
Signatur	FL
Godkänd av	Fredrik Reinius
Signatur	FR
Uppdragsnummer	10269431

Sammanfattning

WSP har av Kilenkrysset AB fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för planområdet Örnäs 1. Planområdet ligger på södra sidan av Europaväg 18 (E18) vilken utgör primär transportled för farligt gods. Inom planområdet planeras för bostadsbebyggelse och olika typer av tillhörande verksamheter (kontor, mindre butiker m.m.). Enligt planförslaget uppförs en cirka 4 meter hög bullervall närmast E18, samt upprätthålls ett bebyggelsefritt avstånd på 50 meter närmast transportleden för farligt gods.

Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närheten till primär transportled för farligt gods.

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan- och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk, samt krav på beaktande av riskhanteringsprocessen enligt riktlinjer från Länsstyrelsen i Stockholms län.

Målet med denna riskbedömning är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan samt att vid behov ge förslag på riskreducerande åtgärder.

För att utreda lämpligheten med planerad markanvändning genomförs beräkningar av individ- och samhällsrisik för planområdet med avseende på transport av farligt gods på E18.

Baserat på beräknade risknivåer för planområdet med avseende på närhet till primär transportled för farligt gods i form av E18 bedömer WSP att planerad exploatering inom planområdet är genomförbar ur risksynpunkt givet att följande riskreducerande åtgärder vidtas:

- **Placering av friskluftsintag.** Friskluftsintag placeras högt på den sida av byggnad/taket som vetter bort från E18. Gäller för bostäder med kanalbunden tilluft 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. Gäller för bostäder med tilluftsdon i fasad och enskild ventilation såsom friliggande villor, radhus etc.

Observera att föreslagna åtgärder förutsätter att tidigare beskriven bullervall uppförs närmast E18 och att en befolkningsfri zon inom 50 meter från närmaste vägkant för E18 upprätthålls enligt planförslaget. Inom denna zon ska utomhusmiljön utformas för att inte uppmuntra till mer än tillfällig vistelse med t.ex. parkering samt gång- och cykelvägar.

Föreslagna åtgärder ovan införs som funktionsbaserade planbestämmelser i detaljplanen.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	1
1.1	SYFTE OCH MÅL	1
1.2	OMFATTNING	1
1.3	AVGRÄNSNINGAR	1
1.4	STYRANDE DOKUMENT	2
1.5	SAMRÅD	2
1.6	UNDERLAGSMATERIAL	3
1.7	INTERNKONTROLL	3
2	OMRÅDESBESKRIVNING	4
2.1	PLANOMRÅDET	4
2.2	INFRASTRUKTUR	5
2.3	BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET	6
3	RISKIDENTIFIERING	7
3.1	IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR	7
3.2	TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ E18	7
3.3	SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER FÖR E18	8
4	RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING	9
4.1	RISKNIVÅER	11
5	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	13
5.1	BEHOV AV RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	13
5.2	FÖRSLAG PÅ RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	14
5.3	UPPSKATTAD RISKNIVÅ MED VIDTAGNA ÅTGÄRDER	15
6	DISKUSSION	16
7	SLUTSATSER	17
BILAGA A.	METOD FÖR RISKHANTERING	18
BILAGA B.	STATISTISKT UNDERLAG	19
BILAGA C.	FREKVENSBERÄKNINGAR	22
BILAGA D.	KONSEKVENSBERÄKNINGAR	33
BILAGA E.	SKYDDSEFFEKTER	40
BILAGA F.	KÄNSLIGHETSANALYSER	45
BILAGA G.	REFERENSER	47

1 INLEDNING

WSP har av Kilenkrysset AB fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för planområdet Örnäs 1. Planområdet ligger på södra sidan av Europaväg 18 (E18) vilken utgör primär transportled för farligt gods. Inom planområdet planeras för bostadsbebyggelse och olika typer av tillhörande verksamheter (kontor, mindre butiker m.m.). Enligt planförslaget uppförs en cirka 4 meter hög bullervall närmast E18, samt upprätthålls ett bebyggelsefritt avstånd på 50 meter närmast transportleden för farligt gods.

Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närheten till primär transportled för farligt gods.

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 krav på beaktande av riskhanteringsprocessen enligt riktlinjer från Länsstyrelsen i Stockholms län.

Målet med denna riskbedömning är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan samt att vid behov ge förslag på riskreducerande åtgärder.

1.2 OMFATTNING

Riskbedömningen avser beskriva riskbilden med syfte att möjliggöra en bedömning av detaljplanens lämplighet med hänsyn till liv och hälsa enligt krav på markanvändning i Plan- och bygglagen, samt att vid behov föreslå riskreducerande åtgärder. Bedömningen baseras på 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 denna riskbedömning behandlas risker förknippade med transport av farligt gods på E18. Riskerna som behandlas är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, det vill säga risker som påverkar personers liv och hälsa. Påverkan på egendom, miljö eller arbetsmiljö, personskador som följd av påkörning eller kollision eller långvarig exponering av buller, luftföroreningar samt elsäkerhet behandlas inte inom ramen för riskbedömningen.

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 har varit styrande i framtagandet och utformningen av riskbedömningen.

1.4.1 Plan- och bygglagen

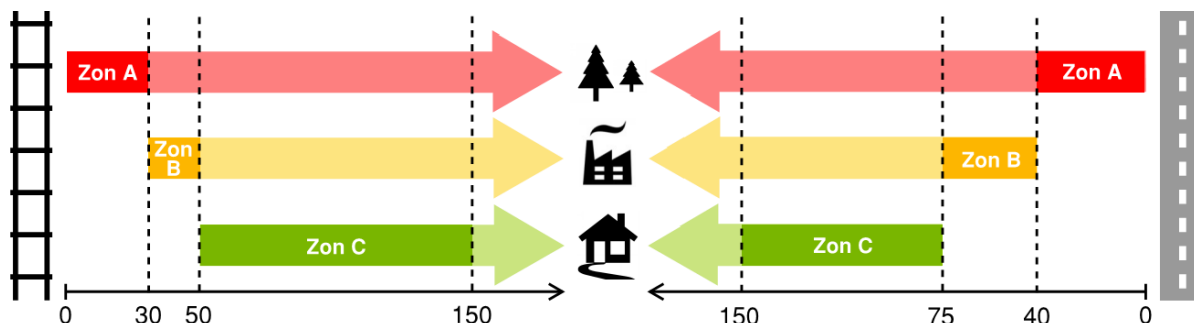
Plan- och bygglagen (2010:900) ställer krav på att bebyggelse lokaliseras till för ändamålet lämplig plats med syfte att säkerställa en god miljö för brukare och omgivning.

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 för planläggning intill transportleder för farligt gods

Planområdet ligger i Upplands-Bro kommun i Stockholms län. Länsstyrelsen i Stockholms län har gett ut *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* [1], vilka kortfattat innebär att länsstyrelsen kräver ett bebyggelsefritt skyddsavstånd på 25 meter från primära transportleder för farligt gods. Övriga rekommenderade skyddsavstånd till olika typer av bebyggelse illustreras i Figur 1 nedan [1]. Rekommenderad lokalisering av verksamhetstyper från zoner i Figur 1 redovisas i Tabell 1.



Figur 1. Illustration av rekommenderade avstånd till olika typer av bebyggelse utmed väg och järnväg [1].

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

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

1.5 SAMRÅD

Upplands-Bro kommun har hållit samråd med Länsstyrelsen i Stockholms län, vilka ställer sig positivt till att planförslaget medför ett bebyggelsefritt avstånd på 50 meter till E18 samt att riskerna avseende närhet till transportleder för farligt gods analyseras ytterligare [2].

1.6 UNDERLAGSMATERIAL

Arbetet baseras på följande underlag:

- Situationsplaner för Örnäs 1 (alt. 3) upprättade av WSP Sverige AB, daterade 2019-10-22.
- Areasammanställning Örnäs 1 (alt. 3) upprättad av WSP Sverige AB, daterad 2019-10-22.
- Detaljplaneprogram Örnäs 1:2 m.fl., upprättat av Upplands-Bro kommun, daterat 2016-05-11 [3].
- Samrådsredogörelse "Förslag till detaljplan för Örnäs 1:2 m.fl." med yttrande från Länsstyrelsen i Stockholms län, upprättad av Upplands-Bro kommun, daterad 2016-02-08 [2].
- Mejlkonversation med planarkitekt Ruth Wiberg på WSP Sverige AB den 6 april 2020 [4].

1.7 INTERNKONTROLL

Rapporten är utförd av Martin Thomasson (Brandingenjör/ Civilingenjör Riskhantering) med Fredrik Reinius (Samhällsplanerare) som uppdragsansvarig. Enligt WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 14001 och ISO 9001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bl.a. att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten. Ansvarig för granskningen har varit Fredrik Larsson (Brandingenjör/ Civilingenjör Riskhantering).

2 OMRÅDESBESKRIVNING

I detta kapitel ges en beskrivning av planområdet med syfte att redogöra för de förutsättningar och konfliktpunkter som utgör grund för riskbedömningen.

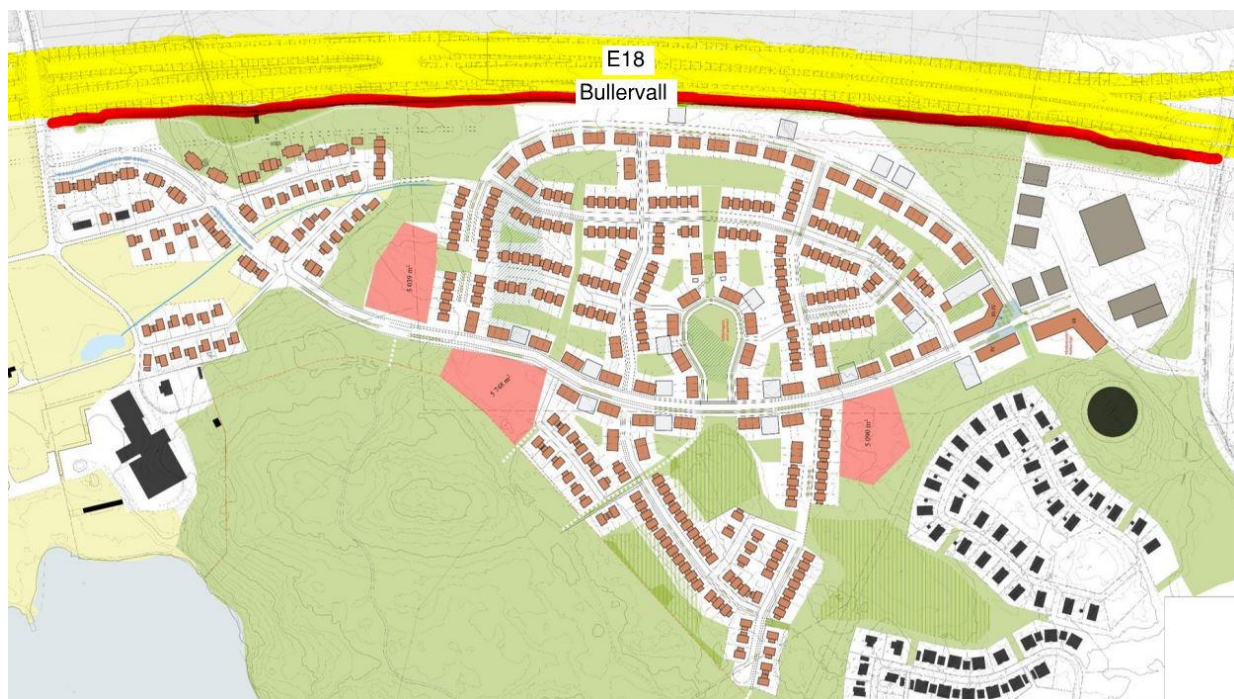
2.1 PLANOMRÅDET

Planområdet Örnäs 1 ligger nordväst om tätorten Kungsängen i Upplands-Bro kommun i nordvästra delen av Stockholms län. Nordost om planområdet löper E18, vilken är primär transportled för farligt gods (grönmarkerad i Figur 2). På andra sidan E18 finns ett industriområde med en drivmedelsstation som försörjs av en sekundär transportled för farligt gods (blåmarkerad i Figur 2), vilken löper öster om planområdet. Omgivningen utgörs av åkermark och skog med gles bebyggelse.



Figur 2. Planområdets läge relativt omgivningen. Bild reviderad från Trafikverkets databas NVDB [5].

Planområdet upptar en yta på cirka 500 000 m² och ligger i jämnhöjd med E18. Inom planområdet planeras för bostadsbebyggelse i olika former (flerbostadshus, parhus, villor m.m.) med tillhörande verksamheter (småköpshandel, kontor m.m.). Mellan planerad bebyggelse och E18 uppförs en ca: 4 meter hög bullervall med ett 2 meter högt plank ovanpå vällen [4]. Marken närmast E18 består av genomsläppliga gräsytor som begränsar utsläpp av brandfarlig vätska. Planerad bebyggelse inom planområdet samt planområdets läge relativt E18 framgår i Figur 3.



Figur 3. Planerad bebyggelse inom planområdet i förhållande till E18.

2.2 INFRASTRUKTUR

E18 är en primär transportled för farligt gods och en motorväg med separata körfält i olika körriktningar. Kortaste avstånd från väggkant för E18 till planerad bebyggelse inom planområdet är 50 meter [4].

Trafikuppgifter för aktuell vägsträcka av E18 i höjd med planområdet hämtas från Trafikverkets databas NVDB för år 2020 [5] och presenteras i Tabell 2.

Tabell 2. Trafikuppgifter för aktuell vägsträcka av E18 [5].

Väg	ÅDT [fordon/dygn]	Hastighet [km/h]	Transportled FG	Mittbarriär
E18	32 000	110	Primär	Ja

2.3 BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET

Inom planområdet planeras för bostadsbebyggelse i olika former (flerbostadshus, parhus, villor m.m.) med tillhörande verksamheter (småköpshandel, kontor m.m.). Bostäderna anses vara den över dygnet mest personintensiva verksamheten och väljs därav som den dimensionerande verksamheten för att bestämma persontätheten inom planområdet. På grund av det stora antalet bostäder (549 stycken) som planeras inom planområdet väljs en persontäthet motsvarande en tätort på 4100 personer/km² [6]. Vald persontäthet antas gälla över hela dygnet för att ta höjd för eventuella dagverksamheter såsom till exempel förskolor, kontor och äldreboenden inom planområdet. På dagtid antas 90 % av befolkningen inom planområdet vistas inomhus och 10 % vistas utomhus. Nattetid antas 99 % av befolkningen inom planområdet vistas inomhus och 1 % vistas utomhus. Andelarna av befolkningen som vistas inomhus respektive utomhus är baserade på antaganden från RIKTSAM [7]. Det antas vidare att 12 timmar om dygnet räknas som dag och resten som natt samt att transporter av farligt gods är jämnt fördelade över dygnet under hela året. Antagen persontäthet samt andelar av befolkningen som vistas inomhus respektive utomhus redovisas i Tabell 3.

Tabell 3. Persontäthet och andel av befolkningen inom planområdet som antas vistas inomhus respektive utomhus [6] [7].

Tid på dygnet	Persontäthet [pers/km ²]	Andel inomhus [%]	Andel utomhus [%]
Dag	4100	90	10
Natt	4100	99	1

3 RISKIDENTIFIERING

I detta kapitel redovisas riskidentifieringen.

3.1 IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR

Följande riskkällor identifieras inom planområdets omgivning:

- E18 (primär transportled för farligt gods)
- Granhammarsvägen (sekundär transportled för farligt gods)
- Drivmedelsstation
- Industriområde

Risker förknippade med E18 består av olyckor vid transport av farligt gods, vilka anses kunna påverka intilliggande planområde.

Risker förknippade med Granhammarsvägen består av olyckor vid transport av farligt gods, då vägen är försörjningsled till drivmedelsstationer och industrier. Dock är avståndet från vägen till planområdet över 500 meter varvid planområdet inte bedöms påverkas av olyckor på Granhammarsvägen.

Risker förknippade med drivmedelsstationer består främst av uppkomst och antändning av explosiv atmosfär vid hantering av brandfarliga bränslen samt olyckor vid hantering av brandfarlig vätska t.ex. bensin, vilket kan medföra pölbrand. Drivmedelsstationen ligger dock på flera hundra meters avstånd från planområdet varvid en olycka på drivmedelsstationen inte bedöms påverka planområdet.

Risker förknippade med industriområdet beror på vilken typ av ämnen som hanteras av industrierna. Den industri som bedöms vara farligast för sin omgivning utgörs av AGA/Linde gas AB som hanterar olika typer av gaser. Eftersom avståndet från industrin till planområdet överstiger 500 meter bedöms inte planområdet påverkas av en olycka innefattandes gas i anslutning till industrin.

Enligt bedömningarna ovan anses risker förknippade med E18 vara relevanta för aktuellt planområde.

3.2 TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ E18

Fördelningen av transporterade klasser av farligt gods på E18 antas följa riksgenomsnittet (TRAFAs 2012–2017) [8] eftersom vägen utgör en primär transportled för farligt gods, vilket gör att samtliga klasser av farligt gods kan förekomma. En sammanställning av fördelningen över transporterade klasser av farligt gods enligt riksgenomsnittet redovisas i Tabell 4.

Tabell 4. Fördelning av transporterade ADR-S-klasser av farligt gods enligt riksgenomsnittet (TRAFAs 2012–2017) [8].

ADR-S-klass	Kategori ämnen	Procentuell andel [%]
1	Explosiver	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	42,96 %
Σ	Totalt	100 %

Fördelningen av transporterade klasser av farligt gods enligt Tabell 4 bedöms vara representativ för aktuell vägsträcka med hänsyn till att samtliga klasser av farligt gods får transporteras på E18. Det finns dock en möjlighet att transporter med gas (klass 2) är något vanligare än riksgenomsnittet på vägsträckan med anledning av närheten till AGA/Linde gas AB. Dock finns det fler industriområden i anslutning till E18, vilket gör att riksgenomsnittet anses mest representativt överlag för vägsträckan.

3.3 SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER FÖR E18

Baserat på sammanställningen över transporterade farligt gods-klasser i Tabell 4 har ett antal dimensionerande olycksscenarioer med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 5.

Tabell 5. Övergripande sammanställning över 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 (>180 kPa)	BLEVE	Litet läckage D – 5 m/s	Liten pölbrand	Explosion (>180 kPa)
Liten explosion (>20 kPa)	Gasmolns-explosion	Litet läckage F – 1,5 m/s	Medelstor pölbrand	Explosion (>20 kPa)
Medelstor explosion (>180 kPa)	Liten jetflamma	Medelstort läckage D – 5 m/s	Stor pölbrand	Brand
Medelstor explosion (>20 kPa)	Mellan jetflamma	Medelstort läckage F – 1,5 m/s		
Stor explosion (>180 kPa)	Stor jetflamma	Stort läckage D – 5 m/s		
Stor explosion (>20 kPa)		Stort läckage F – 1,5 m/s		

4 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING

I detta kapitel redovisas beräknade individ- och samhällsrisknivåer kring aktuella transportleder för farligt gods.

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 [9]. Risker kan kategoriskt delas upp i;

- oacceptabla
- acceptabla med restriktioner och
- acceptabla

Risker som klassificeras som **oacceptabla** värderas som oacceptabelt höga och accepteras 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 av ALARP-området, 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 ALARP-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.

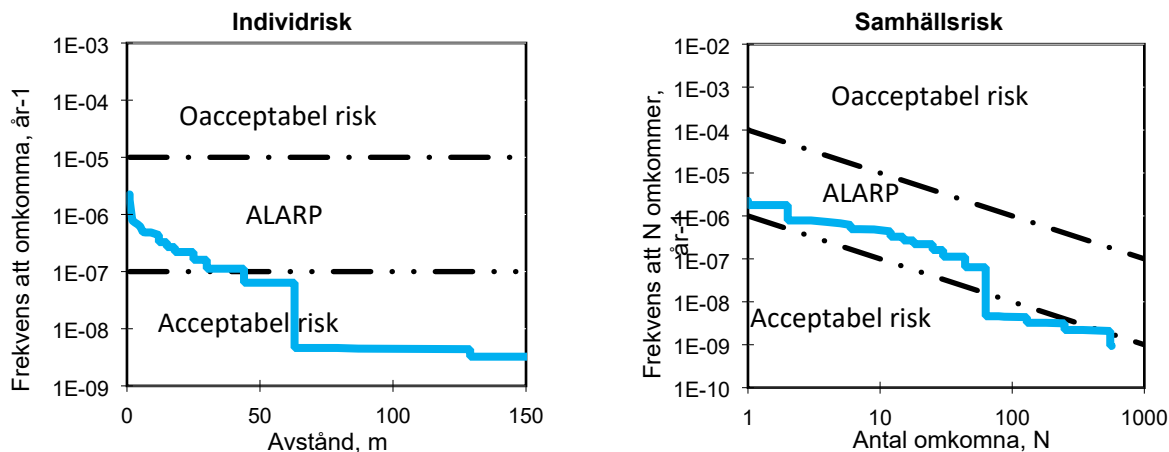
De risker som kategoriseras som låga kan värderas som **acceptabla**. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion utredas där åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

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

Tabell 6. 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}	$> 10^{-4}$

*Lutningen på kurvan för samhällsrisk är $k=-1$.



Figur 4. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [9].

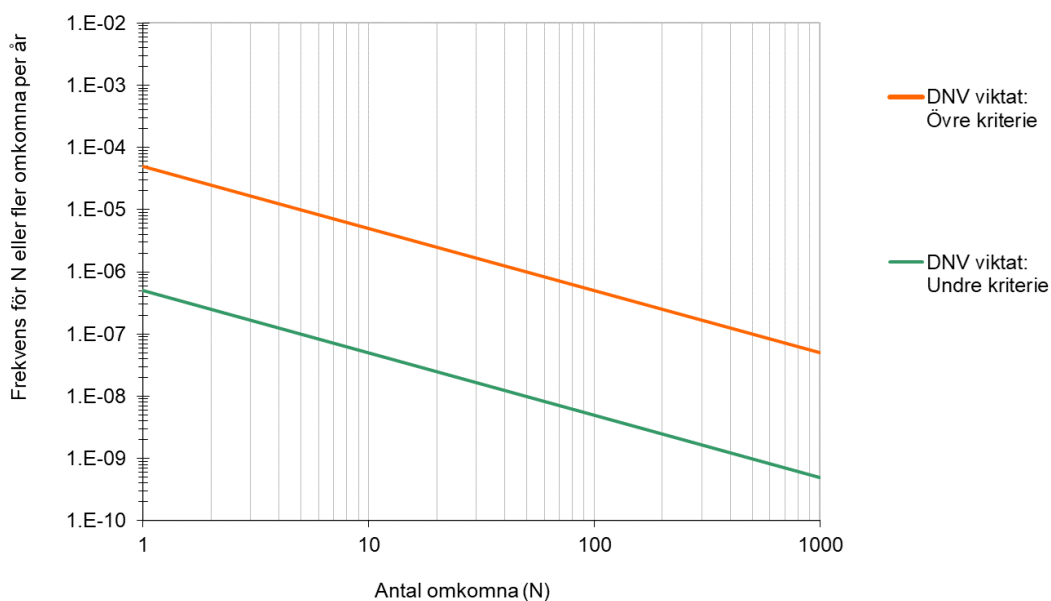
Individrisk – Sannolikheten för att en individ som kontinuerligt vistas i en specifik punkt omkommer. Individriska är platspecifika och oberoende av hur många personer som vistas inom det angivna området. Syftet med riskmålet är att kvantifiera risken på individnivå för att säkerställa att enskilda individer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

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

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

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

Samhällsriska beräknas normalt för en yta på 1 km². För att påvisa att samhällsriska inte överskrider lokalt för aktuellt planområde samt ta hänsyn till den riskreducerande effekten av föreslagna åtgärder beräknas samhällsriska för det enskilda planområdet med en yta på cirka 500 000 m². Därav viktas DNV:s uppställda kriterier för samhällsriska i Tabell 6 med en faktor på 0,5. Gränser för DNV:s viktade kriterier illustreras i Figur 5.



Figur 5. Viktade kriterier för samhällsriska för planområdet.

4.1 RISKNIVÅER

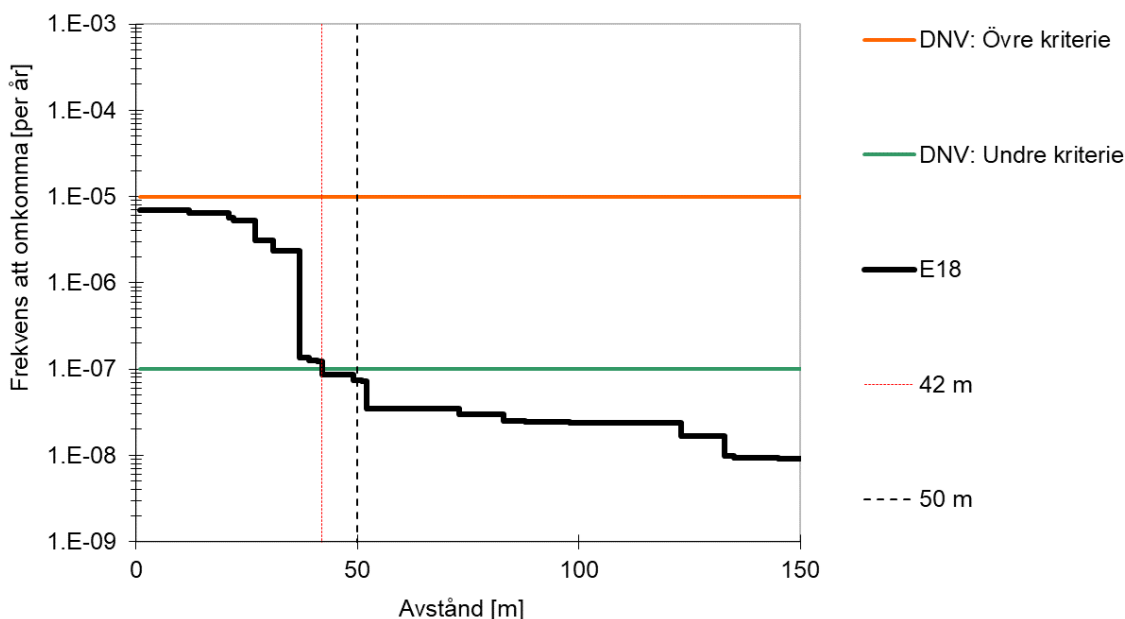
Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmåten, individrisk och samhällsrisk, vid uppskattning av risknivån för ett planområde så att risknivån för den enskilde individen beaktas samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som samtidigt påverkas.

För uppskattning av risknivåerna inom planområdet beräknas frekvens och konsekvens för respektive olycksscenario i Tabell 5. Frekvenserna beräknas med hjälp av allmänt vedertagen metodik från Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skrift Farligt gods – riskbedömning vid transport [10] och händelseträdsanalys, se Bilaga C.

Konsekvenserna för olycksscenarioer i Tabell 5 uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar redovisas mer omfattande i Bilaga D.

4.1.1 Individrisknivå längs E18 med avseende på transport av farligt gods

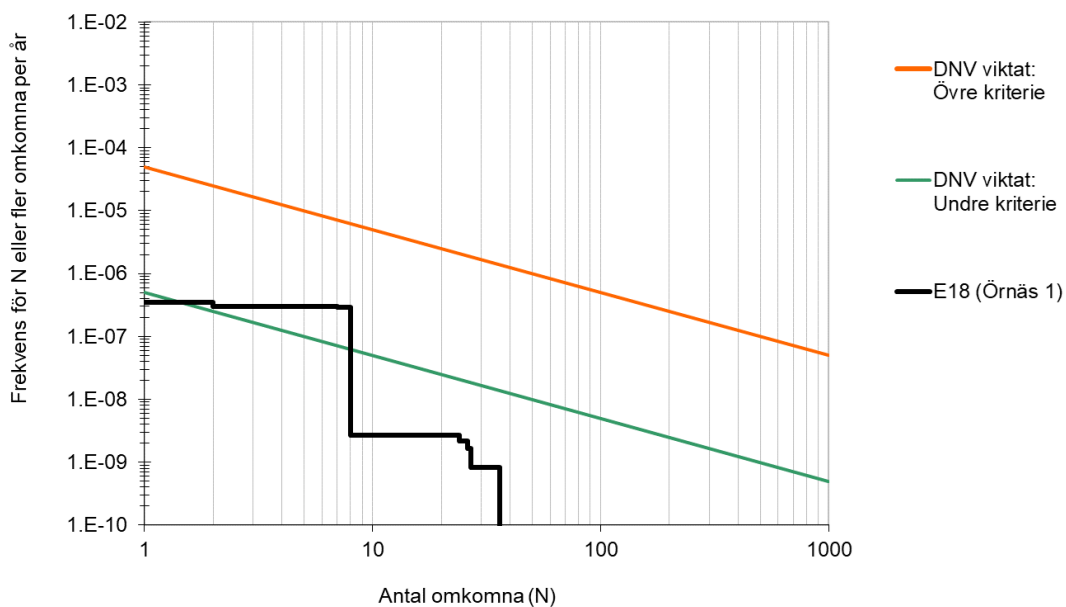
I Figur 6 illustreras den sammantagna individrisknivån längs E18 där individriskkurvor från respektive körfält slås ihop till en och samma individriskkurva eftersom det finns en mittbarriär mellan körfälten i olika körriktningar. För E18 används ett så kallat differentierat konsekvensavstånd som korrigeras för att gälla från väggkanten närmast planområdet. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området. Ur figuren kan utläsas att den sammantagna individrisknivån från E18 är acceptabel bortom ett avstånd av 42 meter från väggkant (rödprickad linje). Inom detta avstånd är individrisken acceptabel förutsatt att rimliga åtgärder till riskreduktion vidtas med hänsyn till kostnad och nytta. Bebyggelsefritt avstånd på 50 meter från väggkant för E18 anges med prickad linje i svart färg i figuren. Observera att sammantagen individrisknivå avser riskbidrag från båda körfälten av E18 och ej tar hänsyn till någon bullervall närmast E18.



Figur 6. Individrisknivå längs E18 med avseende på transport av farligt gods.

4.1.2 Samhällsrisknivå för Örnäs 1 med avseende på transport av farligt gods på E18

I Figur 7 illustreras den sammantagna samhällsrisknivån för Örnäs 1 med avseende på transport av farligt gods på E18. De heldragna linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området. Ur figuren nedan kan utläsas att den sammantagna samhällsrisknivån ligger inom ALARP-området för olycksscenarioer med fler än en omkomna och upp till åtta omkomna, samt att samhällsrisknivån är acceptabel för olycksscenarioer med fler än åtta omkomna. Sammantagen samhällsrisknivå innebär att rimliga åtgärder till riskreduktion ska vidtas för olycksscenarioer med fler än en omkomna och upp till åtta omkomna. Observera att sammantagen samhällsrisknivå förutsätter ett bebyggelsefritt avstånd på 50 meter från väggkant för E18 och att tidigare beskriven bullervall uppförs, samt avser riskbidrag från båda körfält av vägen.



Figur 7. Samhällsrisknivå för Örnäs 1 med avseende på transport av farligt gods på E18.

5 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

I detta kapitel identifieras behovet av riskreducerande åtgärder, samt ges förslag på åtgärder baserat på aktuell riskbild för planområdet. Åtgärdernas riskreduktion verifieras genom att redovisa uppskattad risknivå för planområdet med och utan vidtagna riskreducerande åtgärder.

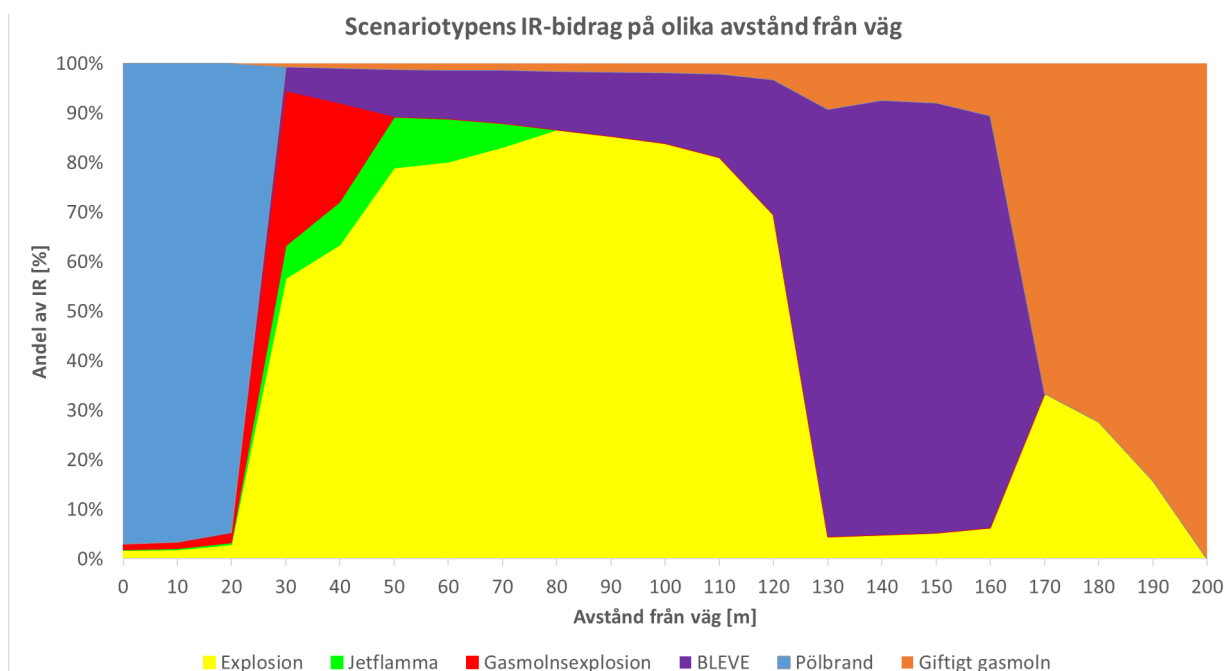
Observera att kapitlet utgör ett diskussions- och beslutsunderlag för vidare planering och således inte har formulerats som konkreta planbestämmelser.

5.1 BEHOV AV RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Om risknivån bedöms som ej acceptabel ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Föreslagna riskreducerande åtgärder baseras på exempel från Boverkets och Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner [11]. Föreslagna åtgärder syftar till att eliminera eller begränsa konsekvenserna av de identifierade olycksscenarioer som anses bidra mest till risknivån utifrån de lokala förutsättningarna. Omfattningen av åtgärdernas skyddseffekter redovisas mer utförligt i Bilaga E.

Beräknad individrisknivå längs E18 innebär att risken för enskilda individer är acceptabel 50 meter från vägen. Beräknad samhällsrisknivå för Örnäs 1 innebär att riskreducerande åtgärder behöver vidtas för olycksscenarioer med fler än en omkomna och upp till åtta omkomna enligt principen för ALARP.

I Figur 8 redovisas olycksscenarioernas bidrag till beräknad individrisknivå längs E18. Ur figuren nedan kan utläsas att explosionen dominerar riskbilden mellan 50 meter och 120 meter från vägkant samt att BLEVE och giftigt gasmoln dominerar riskbilden bortom 120 meter från vägkant. Eftersom störst andel av bebyggelsen planeras bortom 120 meter från vägkant bedöms olycksscenarioer i form av BLEVE och giftigt gasmoln vara dimensionerande för val av åtgärder. Dessutom är byggnadstekniska åtgärder som skyddar mot explosion kostsamma och omfattande, vilket gör att åtgärderna inte anses praktiskt rimliga att föreslå. Då även byggnadstekniska åtgärder som skyddar mot värmestrålningen från BLEVE anses vara kostsamma och omfattande inriktas föreslagna åtgärder mot olycksscenarioer med giftigt gasmoln.



Figur 8. Individriskbidrag för olycksscenarioer som en funktion av avståndet från vägkant för E18.

5.2 FÖRSLAG PÅ RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

I detta avsnitt redovisas och beskrivs föreslagna riskreducerande åtgärder.

Föreslagna åtgärder är av konsekvensbegränsande art och inriktas på att eliminera och/eller begränsa konsekvenserna av olycksscenarierna med giftigt gasmoln enligt avsnitt 5.1. För att erhålla acceptabla risknivåer för planerad utformning av planområdet bedöms åtgärder enligt Tabell 7 krävas:

Tabell 7. Föreslagna riskreducerande åtgärder.

Riskreducerande åtgärd	Beskrivning av åtgärd	Avsedd effekt	Motivering
Placering av friskluftsintag	Friskluftsintag placeras högt på den sida av byggnad/taket som vetter bort från E18. Gäller för bostäder med kanalbunden tilluft t.ex. flerbostadshus.	Motverkar inläckage av giftig och brännbar gas in i byggnader.	Åtgärden är enkel att genomföra till en låg kostnad.
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. Gäller för bostäder med tilluftsdon i fasad och enskild ventilation såsom friliggande villor, radhus, parhus etc.	Motverkar inläckage av giftig och brännbar gas in i byggnader.	Åtgärden är enkel att genomföra till en låg kostnad.

Observera att föreslagna åtgärder i Tabell 7 förutsätter att tidigare beskriven bullervall uppförs närmast E18, samt att en befolkningsfri zon inom 50 meter från närmaste väggkant för E18 upprätthålls enligt planförslaget. Inom denna zon ska utomhusmiljön utformas för att inte uppmuntra till mer än tillfällig vistelse med t.ex. parkering samt gång- och cykelvägar.

5.3 UPPSKATTAD RISKIVÅ MED VIDTAGNA ÅTGÄRDER

I detta avsnitt redovisas uppskattade risknivåer för planområdet med riskreducerande åtgärder enligt Tabell 7 vidtagna.

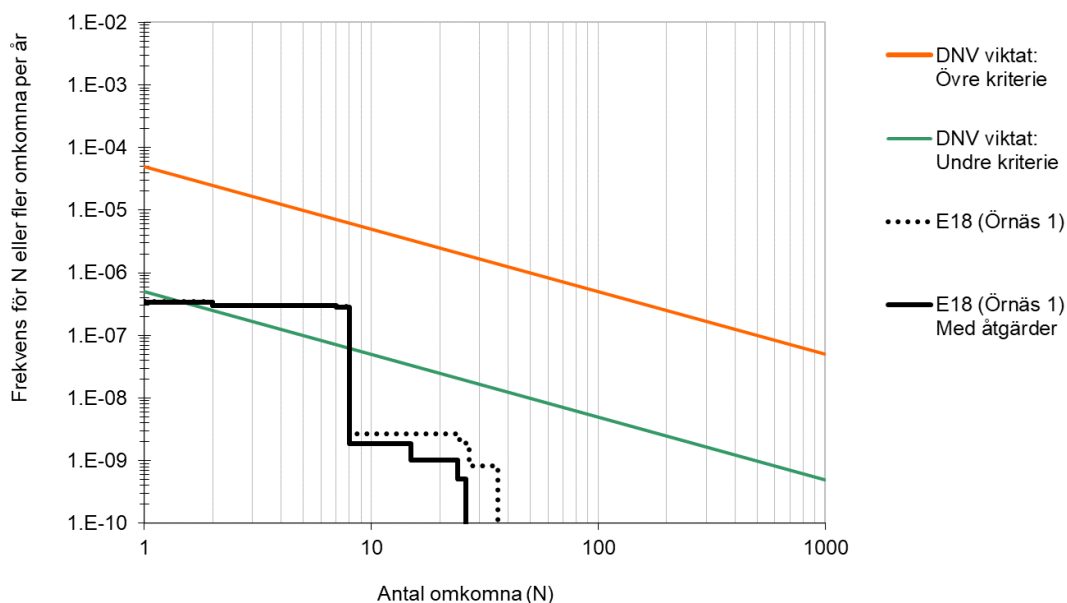
5.3.1 Individrisknivå för Örnäs 1 med vidtagna åtgärder till riskreduktion

Föreslagna byggnadstekniska åtgärder i Tabell 7 påverkar inte risken för enskilda individer utomhus. Däremot minskar risken för enskilda individer inomhus på grund av vidtagna åtgärder till riskreduktion. Konsekvensavstånden från individriskkurvan är därmed fortfarande samma då de visar konsekvensen utomhus även om konsekvensen för flera olycksscenarioer såsom olycksscenarioer med giftigt gasmoln minskar inomhus. Med föreslagen bullervall och en bebyggelsefri zon inom 50 meter från närmaste väggkant för E18 inom vilken utomhusmiljön utformas för att inte uppmuntra till mer än tillfällig vistelse bedöms att enskilda individer ej utsätts för oacceptabla risknivåer varken utomhus eller inomhus där föreslagna byggnadstekniska åtgärder har effekt.

5.3.2 Samhällsrisknivå för Örnäs 1 med vidtagna åtgärder till riskreduktion

I Figur 9 illustreras den sammantagna samhällsrisknivån för planområdet med vidtagna åtgärder enligt Tabell 7. Observera att kriterierna från DNV har viktats med en faktor på 0,5. Ur figuren kan utläsas att den sammantagna samhällsrisknivån för planområdet förändras marginellt för olycksscenarioer med fler än en omkomna och upp till åtta omkomna. Däremot minskar den redan acceptabla samhällsrisknivån för olycksscenarioer med fler än åtta omkomna betydligt. Detta beror på att olycksscenarioer med fler än åtta omkomna främst består av olycksscenarioer med giftigt gasmoln, vilket föreslagna åtgärder inriktats mot att hantera. För att minska samhällsrisknivån för olycksscenarioer med fler än en omkomna och upp till åtta omkomna krävs byggnadstekniska åtgärder för att hantera riskbidraget från olycksscenarioet explosion. Skyddsåtgärder mot explosion bedöms dock inte motiverade med hänsyn till åtgärdernas omfattning och stora kostnad.

Samhällsrisknivån i Figur 9 innebär att samhällsrisken för planområdet kan accepteras eftersom rimliga åtgärder till riskreduktion har vidtagits inom planområdet för att hantera samhällsrisknivån. Observera att den sammantagna samhällsrisknivån i Figur 9 förutsätter samma bebyggelsefria avstånd som utan åtgärder och att tidigare beskriven bullervall uppförs, samt avser riskbidrag från båda körfält av E18.



Figur 9. Samhällsrisknivå för Örnäs 1 med vidtagna åtgärder till riskreduktion.

6 DISKUSSION

Riskbedömningar av detta slag är alltid förknippade med osäkerheter, om än i olika stor utsträckning. Osäkerheter som påverkar resultatet kan vara förknippade med bland annat det underlagsmaterial och de beräkningsmodeller som analysens resultat bygger på. För att hantera osäkerhet i indata genomförs en känslighetsanalys med Latin-Hypercube simuleringar i programmet @risk (Bilaga F) där samtliga ingående parametrar i använda beräkningsmodeller tilldelas en sannolikhetsfördelning för att se vilka indataparametrar som påverkar resultatet mest. Baserat på genomförda simuleringar bedöms följande indataparametrar påverka beräknade risknivåer mest:

- Persontätheten inom planområdet
- Transporter av farligt gods förbi planområdet

För att hantera osäkerheten i indataparametrar ovan och säkerställa att föreslagna åtgärder i Tabell 7 ger en acceptabel riskbild även vid stora förändringar i indata genomförs en känslighetsanalys där den sammantagna samhällsrisknivån för planområdet beräknas med dubbel persontäthet och med dubbelt antal transporter av farligt gods förbi planområdet. Antaganden har i övrigt varit konservativa för att risknivån inom planområdet inte ska underskattas.

Vid analyser av detta slag råder ofta brist på relevanta indata, vilket skapar ett behov av att göra antaganden och förenklingar. Dessutom råder stora svårigheter med att få fram tillförlitliga uppgifter som är mer eller mindre osäkra. Nämnade svårigheter och osäkerheter innebär att olika riskanalyser/ riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata. [12]

7 SLUTSATSER

Baserat på beräknade risknivåer för planområdet med avseende på närhet till primär transportled för farligt gods i form av E18 bedömer WSP att planerad exploatering inom planområdet är genomförbar ur risksynpunkt givet att följande riskreducerande åtgärder vidtas:

- **Placering av friskluftsintag.** Friskluftsintag placeras högt på den sida av byggnad/taket som vetter bort från E18. Gäller för bostäder med kanalbunden tilluft 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. Gäller för bostäder med tilluftsdon i fasad och enskild ventilation såsom friliggande villor, radhus etc.

Observera att föreslagna åtgärder förutsätter att tidigare beskriven bullervall uppförs närmast E18 och att en befolkningsfri zon inom 50 meter från närmaste väggkant för E18 upprätthålls enligt planförslaget. Inom denna zon ska utomhusmiljön utformas för att inte uppmuntra till mer än tillfällig vistelse med t.ex. parkering samt gång- och cykelvägar.

Föreslagna åtgärder ovan införs som funktionsbaserade planbestämmelser i detaljplanen.

Bilaga A. Metod för riskhantering

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

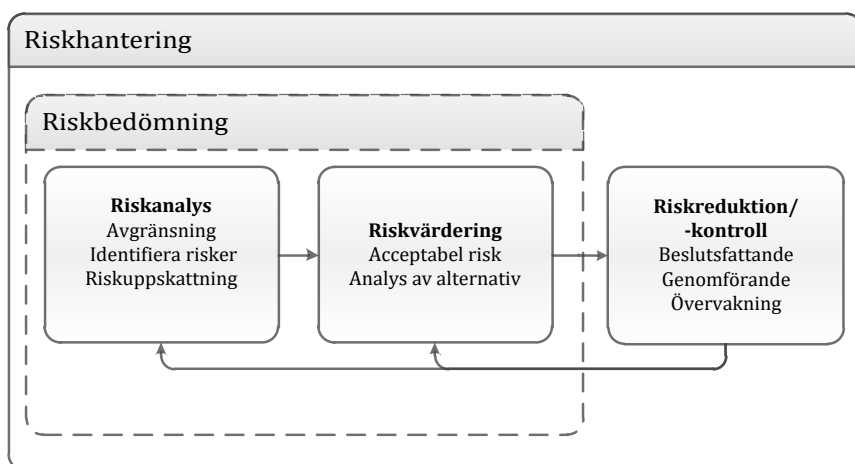
A.1. Begrepp och definitioner

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 [13] [14], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 10.

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 10. Riskhanteringsprocessen.

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

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

A.2. Riskanalysmetoder

A.2.1 Kvantitativa metoder

Denna riskbedömning bygger på kvantitativa riskanalysmetoder som är helt numeriska och beskriver riskerna med kvantitativa termer, såsom individ- och samhällsrisik samt förväntat antal omkomna [15].

Bilaga B. Statistiskt underlag

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

B.1. Beräkning av olycksfrekvens

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

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

Antalet trafikolyckor med transport av farligt gods som leder till konsekvens mot omgivningen beräknas enligt nedanstående metodik med indata enligt Tabell 8. Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används transportstatistik från Trafikverkets databas NVDB [5].

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

Tabell 8. Indata till frekvensberäkning för farligt gods-olycka enligt *Farligt gods – riskbedömning vid transport*.

Indataparameter	E18	K-analys
ÅDT _{total}	32 000 fordon/dygn	64 000 fordon/dygn
ÅDT _{FG}	80 fordon/dygn	160 fordon/dygn
Hastighetsgräns	110 km/h	110 km/h
Olyckskvot (OK)	0,26	0,26
Andel Singelolyckor (SiO)	0,6	0,6
Index	0,42	0,42
Frekvens FG-olycka	1,06E-02 per år	2,11E-02 per år

B.2. Beskrivning av 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 9 nedan redovisas klassindelning av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 9. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

ADR-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [17].	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppemot 700 m [18].
Klass 2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 25 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.

ADR-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
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 av 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.

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 händelseträds metodik beräknas sedan frekvenser för respektive olycksscenario för transporterad klass av farligt gods.

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

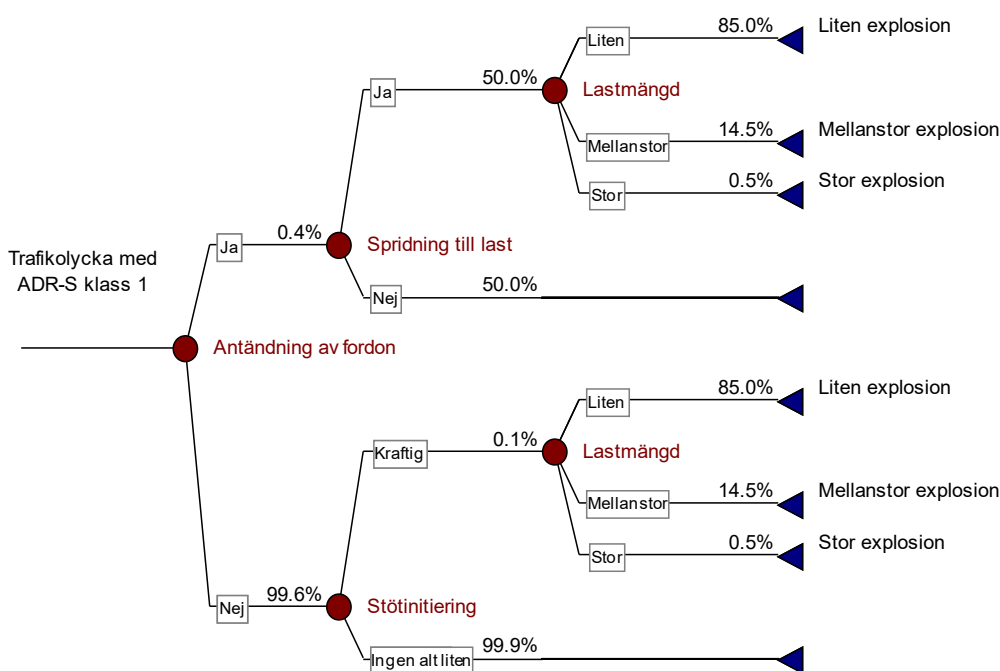
ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål [17]. Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga av dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen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

C.1.1 Transporterad mängd

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

C.1.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 11 redovisar sannolikheterna givet att en olycka involverande ett fordon lastat med explosiva ämnen skett. Dessa sannolikheter ligger till grund för frekvensberäkningar och motiveras i texten.



Figur 11. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

C.1.2.1. Antändning av fordon

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

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

C.1.2.2. Brandspridning till lasten

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

En fransk studie av fordonsbränder i tunnlar visar att 4 av 10 bränder släcks av personer på plats [23], med hjälp av enklare släckutrustning. Sådan släckutrustning finns dock sällan tillgänglig på ytvägnäten, men regelverken för transporter av farligt gods ställer krav på transportören att ha handbrandsläckare, och andelen släckta bränder i ADR-S klassade transporter bedöms vara något högre än vid andra olyckor. Resterande bränder antas bli släckta av räddningstjänsten, men då osäkerheter råder om 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 [24], att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

C.1.2.3. Stöt

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

C.1.2.4. Fördelning mellan lastmängder

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

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

Tabell 10. Fördelning mellan lastmängder vid vägtransport av ADR-S klass 1.

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

C.2. ADR-S Klass 2 – Gaser

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

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

C.2.1 ADR-S Riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

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

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

C.2.1.1. Gasläckage

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

C.2.1.2. Läckagestorlek

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

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

C.2.1.3. Antändning

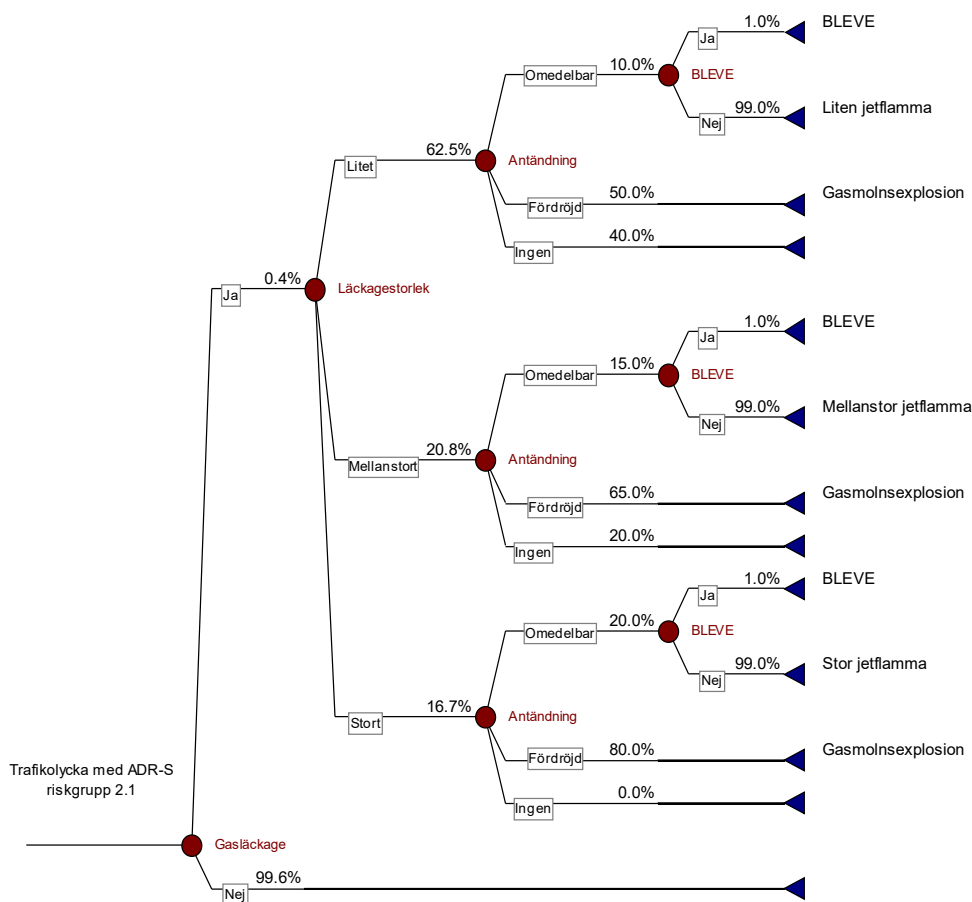
När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % [34], varför dessa värden kan antas gälla för *litet* läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

C.2.1.4. BLEVE

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

C.2.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 12 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 12. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

C.2.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

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

C.2.3.1. Representativt ämne

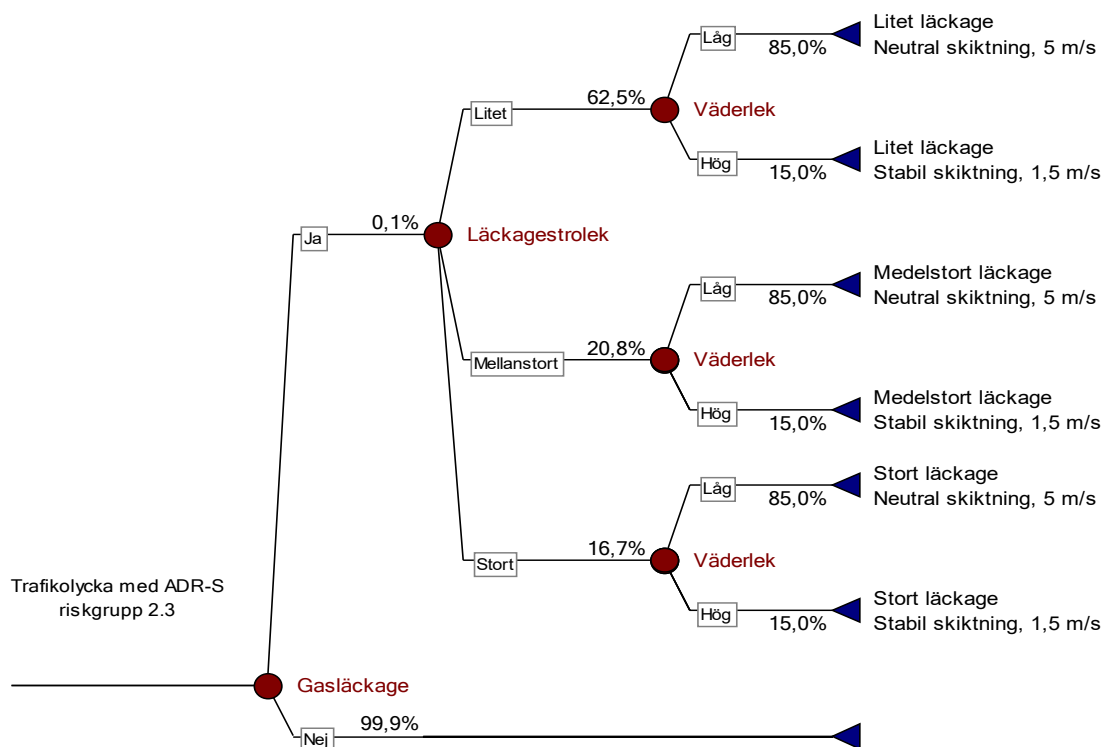
Svaveldioxid är den mest toxiska gas som transporteras på väg, varför ett konservativt antagande i att detta denna utgör dimensionerande ämne ansätts genomgående.

C.2.3.2. Toxikologiska gränsvärden

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

C.2.4 Händelseträd med sannolikheter

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



Figur 13. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

C.2.4.1. Gasläckage

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

C.2.4.2. Läckagestorlek

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

C.2.4.3. Väderlek

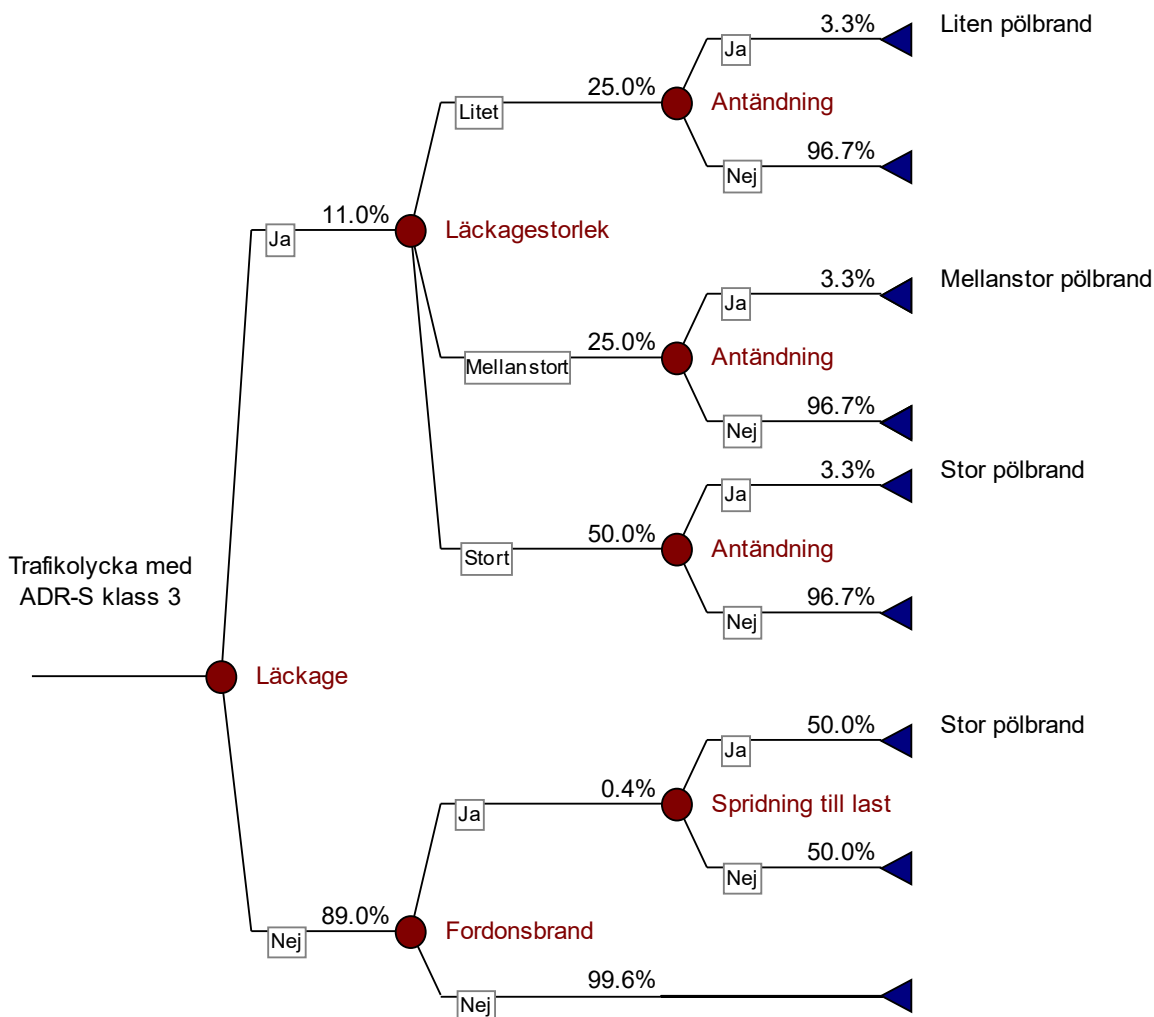
Gasspridning utomhus beror i stort av rådande väderlek där stabilitetsklass och vindhastighet har stor inverkan på resultatet. För att differentiera hur påverkan varierar med dessa parametrar varierar gasspridning i sex scenarier med olika förutsättningar, där ovan nämnda källstyrkor simuleras vid två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

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

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

C.3.1 Händelseträäd med sannolikheter

Figur 14 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 14. Händelseträäd med sannolikheter för ADR-S klass 3. Sannolikhet för läckage regleras av index, se Tabell 8.

C.3.1.1. Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage definieras av vägsträckans farligt gods-index, se Tabell 8.

C.3.1.2. Läckagestorlek

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

C.3.1.3. Antändning

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

C.3.1.4. Fordonsbrand

Sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon uppskattas till cirka 0,4 %. Fordonsbranden kan sprida sig till lasten, och denna sannolikhet uppskattas till 50 %.

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

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

C.4.1 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.1

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

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

C.4.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

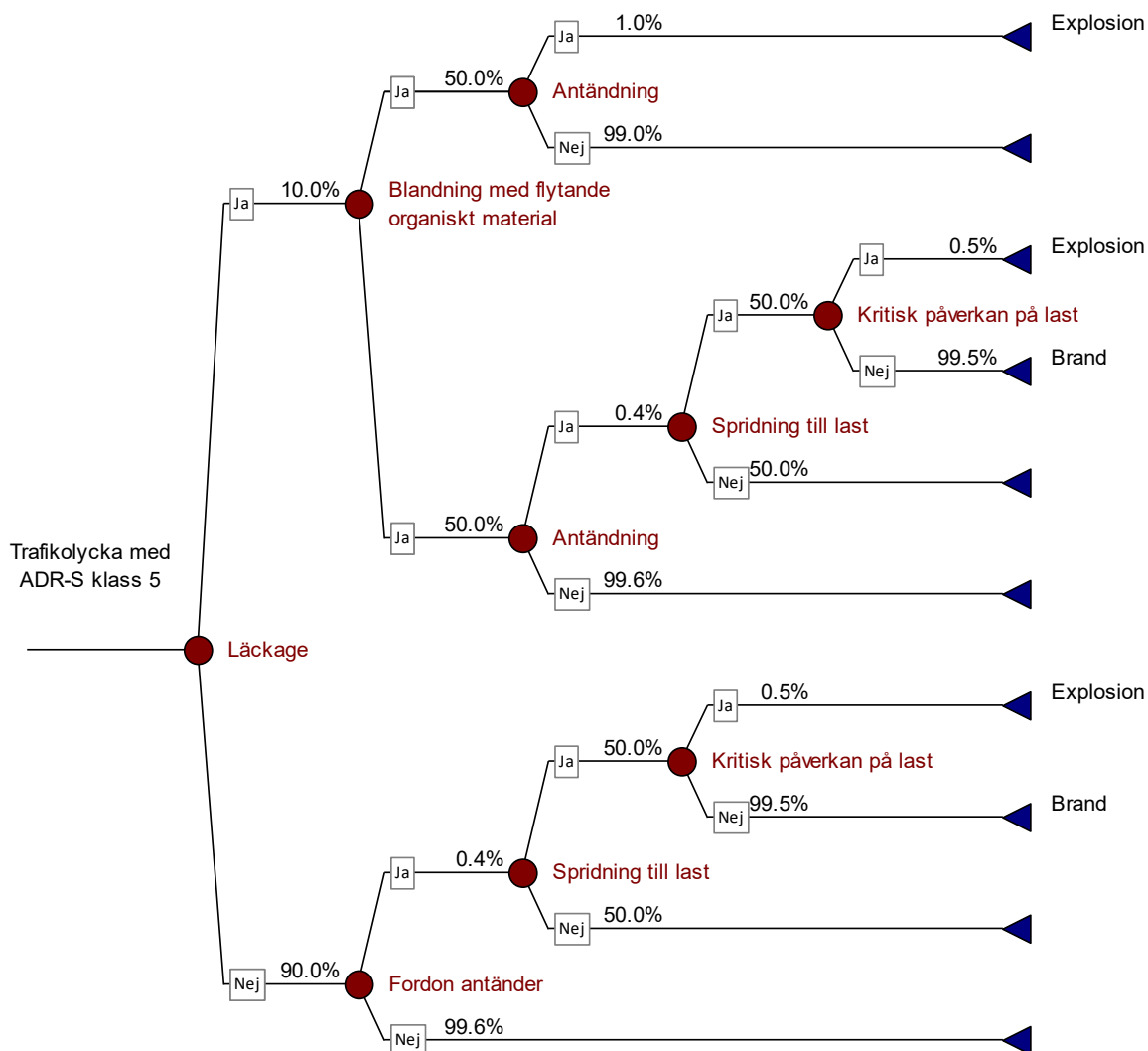
Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva, och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras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

C.4.2.1. Transporterade mängder och representativt ämne

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

C.4.2.2. Händelse-träd med sannolikheter

Figur 15 redovisar ett händelse-träd som utvecklar händelseförloppet efter att ett fordon lastat med ammoniumnitrat varit inblandat i en trafikolycka. De sannolikheter som anges i figuren motiveras i efterföljande textavsnitt.



Figur 15. Händelse-träd med sannolikheter för ADR-S klass 5.

C.4.2.3. Läckage

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

C.4.2.4. Blandning med flytande organiskt material

Antändning och sönderfall genom deflagration eller detonation kan ske i samband med en olycka som involverar ammoniumnitrat om det 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 0.1) är denna cirka 0,4 %.

C.4.2.7. Brandspridning till lasten

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

C.4.2.8. Kritisk påverkan på last

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C [39]. Antändning av ammoniumnitrat/bränsleblandning kan övergå till ett självunderhållande sönderfall (som behandlats ovan) medan ren ammoniumnitrat är så stabil att ett eventuellt sönderfall upphör då värmekällan avlägsnas [38]. 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 lasten så allvarligt att det leder till en explosion innan personer i omgivningen hunnit utrymma området bedöms vara lägre än vid antändning av blandning och ansätts till 0,5 %.

C.5. Anpassning av sannolikheten att påverkas utifrån konsekvensavståndets längd

För individriskberäkningarna görs en frekvensreducering med avseende på att vissa scenarier har konsekvensavstånd som inte drabbar hela den studerade vägsträckan. En specifik plats drabbas bara av olyckans konsekvenser om den inträffar på en viss vägsträcka i närheten. Längden på vägsträckan antas vara det uppskattade konsekvensavståndet multiplicerat med en faktor 2. Detta värde dividerat med den totala studerade vägsträckan ger därmed en frekvensreduktionsfaktor för respektive scenario. Grundfrekvensen för scenarierna gäller nämligen för 1 km vägsträcka, vilket får till följd att frekvensen måste justeras enligt ovan med hänsyn till hur stort konsekvensavstånd som varje olycksscenario ger upphov till (konsekvensavstånd redovisas i Bilaga D).

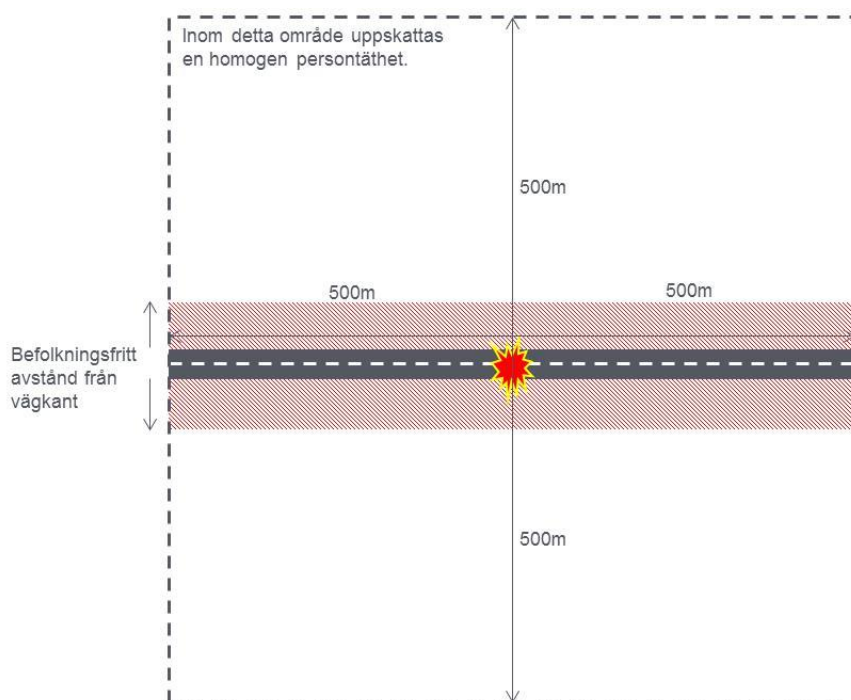
Även för samhällriskberäkning anpassad till planområdet tillämpas en typ av frekvensanpassning. Konsekvenserna i antal omkomna uppskattas utifrån att olyckan inträffar så att konsekvenserna riktas mot planområdet (exempelvis att jetflamman eller utsläppet är riktat mot planområdet). Därför kan frekvensen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

Bilaga D. Konsekvensberäkningar

I detta avsnitt beskrivs hur konsekvensområdet och det förväntade skadeutfallet för transporterad klass kvantifierats. Beräkningarna redogörs separat för respektive klass av farligt gods.

D.1. Persontäthet

I samhällsrisikberäkningar för planområdet tas hänsyn till hur många personer som kan antas uppehålla sig i området kring transportleden för farligt gods. Persontätheten för planområdet har uppskattats med hjälp av litteratur [6] och ansätts till 4100 personer per kvadratkilometer. Riskbedömningen grundar sig på att analysera olyckor med centrum mitt på aktuell transportled (E18) samt åt 500 meter i vardera riktningen enligt Figur 16. Eftersom aktuellt planområde är beläget på södra sidan av transportleden analyseras endast olyckor med en utbredning på 500 meter åt söder från centrum på transportleden.



Figur 16. Principskiss för persontäthet kring FG-led. Personer 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 på 50 meter från aktuell transportled (E18) ansätts i beräkningarna. Detta innebär att personantalet inom befolkningsfri yta subtraheras från resultatet för varje olycksscenario i samhällsrisikberäkningarna. För individrisken är det befolkningsfria avståndet 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 utgå från väggkant närmast planområdet.

Eftersom det finns en mittbarriär mellan de båda körfälten för E18 används ett så kallat differentierat konsekvensavstånd för körfältet som är längst från planområdet, vilket korrigeras för att gälla från det ökade avståndet från väggkanten. Individriskkurvor för respektive körfält slås ihop till en och samma individriskkurva som gäller från väggkant närmast planområdet för båda körfälten.

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). 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. Dessa värden avser dock direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) kan leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa men är beroende av kroppsvikt och impulstäthet för explosionen. Sannolikheten för att omkomma vid ett direkt tryck på 180 kPa är 1 % och ökar till 99 % vid ett tryck på 350 kPa. [44]

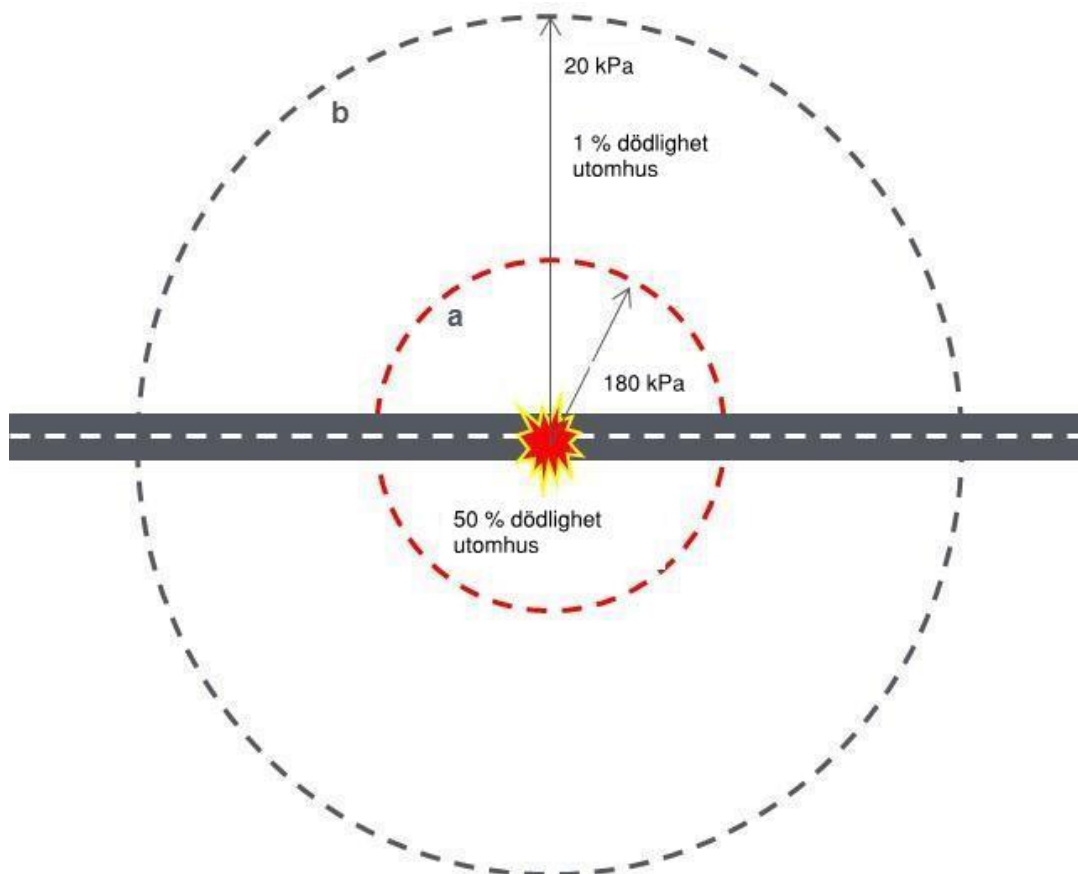
Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet, och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa. Beroende på vilken typ av konstruktion byggnaden har kommer skadan eller raszonen att bli olika stor. I bostadshus är det vanligt med en längsgående bärande vägg i mitten av huset. Om en långsida i ett bostadshus kollapsar är det därför oftast den halva av byggnaden som vetter mot explosionen som rasar samman. I byggnader som inte har en längsgående bärande vägg i mitten av huset uppstår en väggrazon som sträcker sig 5 meter in i byggnaden om ytterväggen raseras. Andelen omkomna i väggrazonen förväntas vara cirka en tredjedel. [44]

I beräkningarna antas att 20 kPa är ett representativt medelvärde för när vanliga byggnader skadas så svårt att ras uppstår och det antas då att halva byggnaden kollapsar vid detta tryck.

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 50 % av personerna omkomma utomhus (zon a i Figur 17).
- Inom det område där trycket hamnar i intervallet 20-180 kPa antas 1 % av personerna omkomma utomhus (zon b i Figur 17).

Inomhus antas att 16,7 % av personerna omkommer baserat på att halva byggnaden kollapsar vid en explosion och att en tredjedel av personerna som vistas i kollapsad byggnadsdel omkommer. Detta antagande bedöms vara representativt för aktuell bebyggelse inom planområdet, som främst består av bostäder med en längsgående bärande vägg i mitten av huset.



Figur 17. Konsekvenszoner vid explosion.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [45] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 20 kPa respektive 180 kPa, tagits fram för olika representativa dynamiska lastmängder, vilka redovisas i Tabell 11. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 11. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av farligt gods i ADR-S-klass 1. Explosionen antas vid vägtransport vara så nära marken att full markreflexion uppnås, dvs halvsfärisk utbredning av luftstöt vågen.

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

D.4. ADR-S klass 2 – Gaser

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

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

D.5. ADR-S riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

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

Programvaran *Spridning Luft* [46] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [10] för respektive storlek. För varje hålstorlek (Tabell 12) finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 12. Framräknad läckagestorlek för gasol.

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

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

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

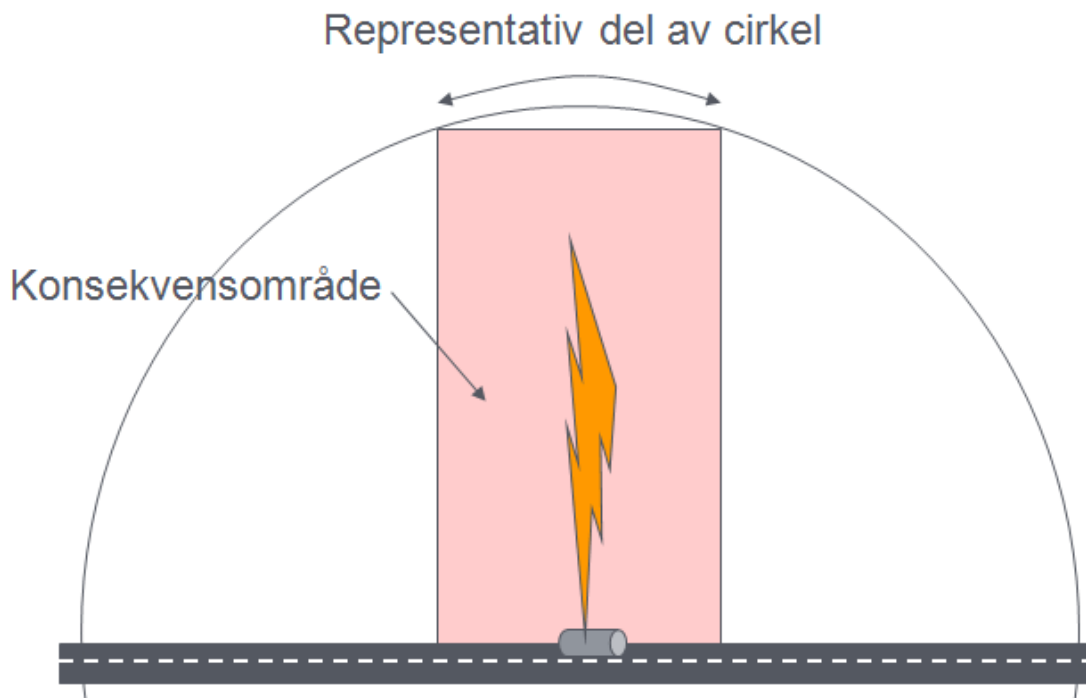
D.5.1 BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [44]. Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

D.5.2 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* [44], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [47] används sedan för att beräkna ett riskavstånd dit 50 % antas få dödliga skador av strålningen inom tiden $t = 10$ s. För frekvensreducering med hänsyn till att en jetflammans konsekvensområde inte är cirkulärt används en representativ del av en cirkel, enligt Figur 18.



Figur 18. Förhållandet mellan konsekvensområde och representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

D.5.3 Gasmolnsexplosion

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

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

Programvaran Spridning Luft [46] används för spridningsberäkningarna där avståndet till halva den undre brännbarhetsgränsen beräknas. Detta avstånd beräknas är för att på ett konservativt sätt ta hänsyn till strålningspåverkan, som kan ske även utanför den gasvolym som förbränns.

Gasmolnsexplosionen beräknas utifrån ett stort läckage. Beräknat konsekvensområde approximeras med en cirkelsektor enligt Figur 18.

D.6. Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

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

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

D.7. ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmen *Spridning Luft* och med *ALOHA* för totalt 6 scenarier enligt Tabell 13. 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. Representativt ämne i simuleringarna antas vara SO₂ (svaveldioxid), vilket är den giftigaste gasen som transporteras på väg.

Utsläpp	Väderlek	Avstånd till LC _{50@30 min}	Spridningsvinkel	Tabell 13.
Litet	Stabilitetsklass D, 5 m/s	10 meter	45°	
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	30 meter	30°	
Mellanstort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	30 meter	45°	
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	150 meter	30°	
Stort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	135 meter	45°	
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	500 meter	30°	

Konsekvensavstånd för utsläpp av giftig gas.

D.8. ADR-S klass 3

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m². Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [24] [48].

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

Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av handberäkningar [24]. I Tabell 14 redovisas beräknade konsekvensområden inom vilka personer antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 14. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m²) för olika pölstorlekar.

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

D.9. 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.9.1.1. Explosion

Konsekvenserna av en explosion i en last med ammoniumnitrat beror till stor del på mängden ämne 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 [41]. Utifrån detta används sedan 4,1 ton trotyl som dimensionerande explosion för dessa scenarier, med samma beräkningsmetod som används för explosioner i klass 1.

Resultaten visar att personer i omgivningen omkommer inom drygt 40 meter, medan byggnader skadas inom drygt 120 meter. Konsekvensavstånden blir därmed 39 meter respektive 123 meter.

D.9.1.2. 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 27 meter.

D.10. Bedömning av antal omkomna i respektive olycksscenario

Vid beräkningar av samhällsrisk för planområdet uppskattas antalet omkomna i varje olycksscenario genom att multiplicera aktuellt konsekvensområde med persontätheten som antagits för planområdet. I grundberäkningen tas även hänsyn till skyddsgraden av inomhusvistelse. Skyddseffekter av vidtagna riskreducerande åtgärder i avsnitt 5.2 inkluderas även i bedömningen av antalet omkomna. I Bilaga E beskrivs omfattningen av skyddseffekter både med och utan föreslagna åtgärder till riskreduktion.

För olycksscenarier med cirkulärt konsekvensområde t.ex. explosioner halveras även antalet omkomna eftersom planområdet ligger på södra sidan om E18 och därmed endast hamnar inom halva delen av konsekvensområdet som utgår från centrum av transportleden.

Bilaga E. Skyddseffekter

Denna bilaga beskriver antagna skyddseffekter av inomhusvistelse respektive utomhusvistelse med och utan föreslagna riskreducerande åtgärder i avsnitt 5.2.

I Tabell 15 redovisas bakgrund och motiv till antagna skyddseffekter utan föreslagna riskreducerande åtgärder i avsnitt 5.2.

Tabell 15. Bakgrund och motiv till antagna skyddseffekter av att vistas inomhus respektive utomhus (utan föreslagna åtgärder).

Skyddseffekter						
Utan föreslagna riskreducerande åtgärder						
Klass av farligt gods:	Avstånd från riskkälla till byggnader:	Topografi för planområde:	Skyddsåtgärder för byggnader:	Skyddsåtgärder för planområde:	Antagen skyddseffekt: [%]	
ADR-S	E18 - 50 m	Planområde till största del beläget i jämnhöjd med FG-led	Inga	Bullervall 4 m hög placerad närmast E18		
Olycks-scenarier:						
E18						
E18						
ADR-S-klass 1	Motivering:				Inomhus	Utomhus
Liten explosion (>180kPa)	Konsekvensavstånd understiger befolkningsfritt avstånd, vilket ger skyddsgrader på 100 %.				100	100
Liten explosion (>20kPa)	Konsekvensavstånd understiger befolkningsfritt avstånd, vilket ger skyddsgrader på 100 %.				100	100
Mellanstor explosion (>180kPa)	Konsekvensavstånd understiger befolkningsfritt avstånd, vilket ger skyddsgrader på 100 %.				100	100
Mellanstor explosion (>20kPa)	Utomhus antas att 1 % av personer omkommer inom det område som utsätts för ett tryck på mellan 20-180 kPa, eftersom 180 kPa är gränsvärdet för 1 % dödlighet [44]. Inomhus antas att en tredjedel av de personer som vistas i den byggnadshalva som kollapsar omkommer [44].				83,3	99
Stor explosion (>180kPa)	Utomhus antas att 50 % av personer omkommer inom det område som utsätts för ett tryck som är större än 180 kPa, eftersom 180 kPa är gränsvärdet för 1 % dödlighet och 350 kPa är gränsvärdet för 99 % dödlighet [44]. Inomhus antas att en tredjedel av de personer som vistas i den byggnadshalva som kollapsar omkommer [44].				83,3	50
Stor explosion (>20kPa)	Utomhus antas att 1 % av personer omkommer inom det område som utsätts för ett tryck på mellan 20-180 kPa, eftersom 180 kPa är gränsvärdet för 1 % dödlighet [44]. Inomhus antas att en tredjedel av de personer som vistas i den byggnadshalva som kollapsar omkommer [44].				83,3	99
ADR-S-klass 2.1	Motivering:				Inomhus	Utomhus

BLEVE	<i>Utomhus antas skyddsgraden vara 50 % baserat på att personer till viss del är skyddade från värmestrålningen från ett eldklot bakom bullervall och annan bebyggelse. Inomhus antas 99 % av personer vara skyddade från värmestrålningen, vilket antas konservativt med anledning av att det finns referens på att personer inomhus är helt skyddade från värmestrålningen från olycksscenarioer med ADR-S-klass 2.1 [24].</i>	99	50
Liten jetflamma	<i>Konsekvensavstånd understiger befolkningsfritt avstånd, vilket ger skyddsgrader på 100 %.</i>	100	100
Gasmoln-explosion	<i>Konsekvensavstånd understiger befolkningsfritt avstånd, vilket ger skyddsgrader på 100 %.</i>	100	100
Mellanstor jetflamma	<i>Konsekvensavstånd understiger befolkningsfritt avstånd, vilket ger skyddsgrader på 100 %.</i>	100	100
Stor jetflamma	<i>Värmestrålningen från jetflamman antas blockeras helt av den bullervall som uppförs närmast E18 varvid skyddsgraderna av vistelse både inomhus och utomhus antas vara 100 %.</i>	100	100
ADR-S-klass 2.3	<u>Motivering:</u>	Inomhus	Utomhus
Litet läckage I D - 5 m/s	<i>Konsekvensavstånd understiger befolkningsfritt avstånd, vilket ger skyddsgrader på 100 %.</i>	100	100
Litet läckage I F - 1,5 m/s	<i>Konsekvensavstånd understiger befolkningsfritt avstånd, vilket ger skyddsgrader på 100 %.</i>	100	100
Mellanstort läckage I D - 5 m/s	<i>Konsekvensavstånd understiger befolkningsfritt avstånd, vilket ger skyddsgrader på 100 %.</i>	100	100
Mellanstort läckage I F - 1,5 m/s	<i>Det bedöms att ett tungt gasmoln späds ut av bullervallen som uppförs närmast E18, vilken kan reducera koncentrationerna av den giftiga gasen till hälften [11], innan den når personer som vistas utomhus inom planområdet. Dessutom antas flertalet personer hinna fly inomhus. Konservativt antas att hälften av personerna utomhus är skyddade. Skyddsgraden av att vistas inomhus ansätts till 90 % baserat på tillgänglig litteratur [49].</i>	90	50
Stort läckage I D - 5 m/s	<i>Det bedöms att ett tungt gasmoln späds ut av bullervallen som uppförs närmast E18, vilken kan reducera koncentrationerna av den giftiga gasen till hälften [11], innan den når personer som vistas utomhus inom planområdet. Dessutom antas flertalet personer hinna fly inomhus. Konservativt antas att hälften av personerna utomhus är skyddade. Skyddsgraden av att vistas inomhus ansätts till 90 % baserat på tillgänglig litteratur [49].</i>	90	50
Stort läckage I F - 1,5 m/s	<i>Det bedöms att ett tungt gasmoln späds ut av bullervallen som uppförs närmast E18, vilken kan reducera koncentrationerna av den giftiga gasen till hälften [11], innan den når personer som vistas utomhus inom planområdet. Dessutom antas flertalet personer hinna fly inomhus. Konservativt antas att hälften av personerna utomhus är skyddade. Skyddsgraden av att vistas inomhus ansätts till 90 % baserat på tillgänglig litteratur [49].</i>	90	50
ADR-S-klass 3	<u>Motivering:</u>	Inomhus	Utomhus

Liten pölbrand	<i>Konsekvensavstånd understiger befolkningsfritt avstånd, vilket ger skyddsgrader på 100 %.</i>	100	100
Mellanstor pölbrand	<i>Konsekvensavstånd understiger befolkningsfritt avstånd, vilket ger skyddsgrader på 100 %.</i>	100	100
Stor pölbrand	<i>Konsekvensavstånd understiger befolkningsfritt avstånd, vilket ger skyddsgrader på 100 %.</i>	100	100
ADR-S-klass 5	<u>Motivering:</u>	Inomhus	Utomhus
Explosion (>180kPa)	<i>Konsekvensavstånd understiger befolkningsfritt avstånd, vilket ger skyddsgrader på 100 %.</i>	100	100
Explosion (>20kPa)	<i>Samma skyddsgrader som för olycksscenario "Stor explosion (>20kPa)" med ADR-S-klass 1 antas.</i>	83,3	99
Brand	<i>Konsekvensavstånd understiger befolkningsfritt avstånd, vilket ger skyddsgrader på 100 %.</i>	100	100

I Tabell 16 redovisas bakgrund och motiv till antagna skyddseffekter med föreslagna riskreducerande åtgärder för planområdet i avsnitt 5.2.

Tabell 16. Bakgrund och motiv till antagna skyddseffekter av att vistas inomhus respektive utomhus (med föreslagna åtgärder).

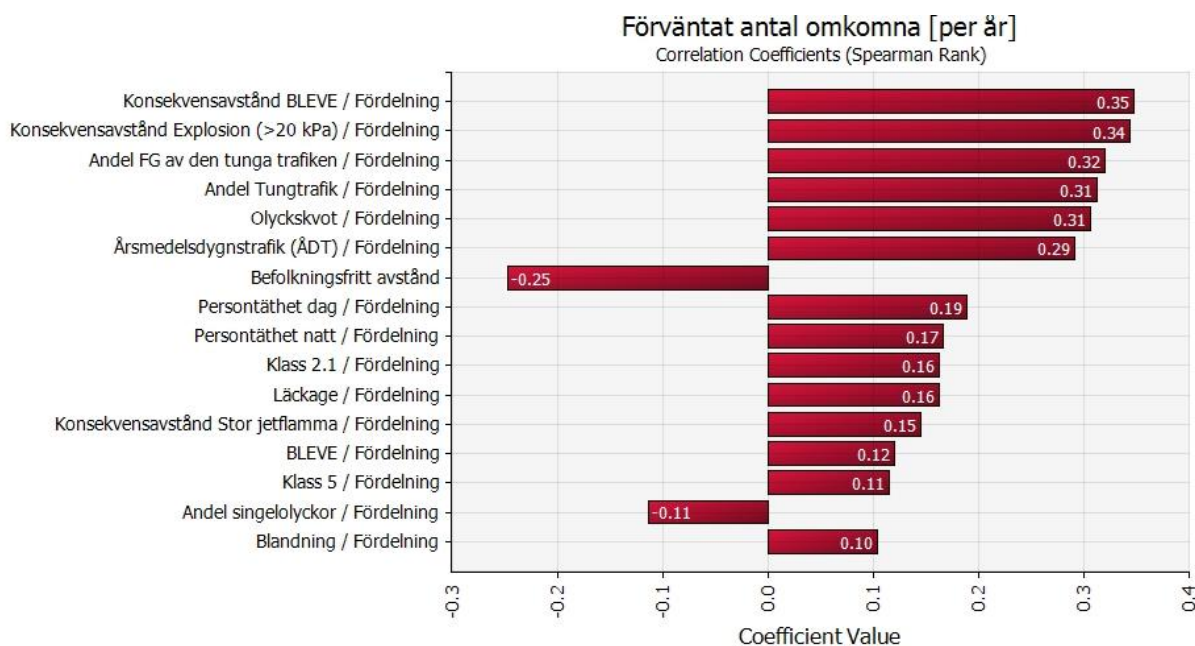
Skyddseffekter						
Med föreslagna riskreducerande åtgärder						
Klass av farligt gods:	Avstånd från riskkälla till byggnader: [m]	Topografi för planområde:	Skydds-åtgärder för byggnader:	Skydds-åtgärder för planområde:	Antagen skyddseffekt: [%]	
ADR-S	E18 - 50 m	Planområde till största del beläget i jämnhöjd med FG-led	Enligt avsnitt 5.2.	Bullervall 4 m hög placerad närmast E18		
Olycks-scenarier:						
E18						
E18						
ADR-S-klass 1	Motivering:				Inomhus	Utomhus
Liten explosion (>180kPa)	Ingen förändring i skyddsgrader antas.				100	100
Liten explosion (>20kPa)	Ingen förändring i skyddsgrader antas.				100	100
Mellanstor explosion (>180kPa)	Ingen förändring i skyddsgrader antas.				100	100
Mellanstor explosion (>20kPa)	Ingen förändring i skyddsgrader antas.				83,3	99
Stor explosion (>180kPa)	Ingen förändring i skyddsgrader antas.				83,3	50
Stor explosion (>20kPa)	Ingen förändring i skyddsgrader antas.				83,3	99
ADR-S-klass 2.1	Motivering:				Inomhus	Utomhus
BLEVE	Ingen förändring i skyddsgrader antas.				99	50
Liten jetflamma	Ingen förändring i skyddsgrader antas.				100	100
Gasmolns-explosion	Ingen förändring i skyddsgrader antas.				100	100
Mellanstor jetflamma	Ingen förändring i skyddsgrader antas.				100	100
Stor jetflamma	Ingen förändring i skyddsgrader antas.				100	100
ADR-S-klass 2.3	Motivering:				Inomhus	Utomhus

Litet läckage I D - 5 m/s	<i>Ingen förändring i skyddsgrader antas.</i>	100	100
Litet läckage I F - 1,5 m/s	<i>Ingen förändring i skyddsgrader antas.</i>	100	100
Mellanstort läckage I D - 5 m/s	<i>Ingen förändring i skyddsgrader antas.</i>	100	100
Mellanstort läckage I F - 1,5 m/s	<i>Utomhus antas skyddsgraden vara oförändrad. Skyddsgraden av att vistas inomhus ansätts till 99 % baserat på placeringen av friskluftsintag [44] samt den avstängningsbara ventilationen.</i>	99	50
Stort läckage I D - 5 m/s	<i>Utomhus antas skyddsgraden vara oförändrad. Skyddsgraden av att vistas inomhus ansätts till 99 % baserat på placeringen av friskluftsintag [44] samt den avstängningsbara ventilationen.</i>	99	50
Stort läckage I F - 1,5 m/s	<i>Utomhus antas skyddsgraden vara oförändrad. Skyddsgraden av att vistas inomhus ansätts till 99 % baserat på placeringen av friskluftsintag [44] samt den avstängningsbara ventilationen.</i>	99	50
ADR-S-klass 3	<u>Motivering:</u>	Inomhus	Utomhus
Liten pölbrand	<i>Ingen förändring i skyddsgrader antas.</i>	100	100
Mellanstor pölbrand	<i>Ingen förändring i skyddsgrader antas.</i>	100	100
Stor pölbrand	<i>Ingen förändring i skyddsgrader antas.</i>	100	100
ADR-S-klass 5	<u>Motivering:</u>	Inomhus	Utomhus
Explosion (>180kPa)	<i>Ingen förändring i skyddsgrader antas.</i>	100	100
Explosion (>20kPa)	<i>Ingen förändring i skyddsgrader antas.</i>	83,3	99
Brand	<i>Ingen förändring i skyddsgrader antas.</i>	100	100

Bilaga F. Känslighetsanalyser

I denna bilaga redovisas genomförda känslighetsanalyser av bl. a. ingående indataparametrar.

För att utreda ingående indataparametrars betydelse för beräknade risknivåer kring transportleder för farligt gods tilldelas samtliga indataparametrar en sannolikhetsfördelning i form av en PERT-fördelning vid beräkning av det förväntade antalet omkomna inom planområdet. Simuleringar av typen Latin Hypercube genomförs i programmet @risk för att ta fram Tornadodiagrammet i Figur 19 nedan. Detta diagram visar indataparametrars korrelation till beräkning av förväntat antal omkomna per år. Korrelationen beskrivs genom Spearmans rangkorrelationskoefficient som varierar mellan -1 och 1 beroende på styrka och riktning av korrelationen. Desto högre värde på korrelationskoefficienten desto starkare korrelation finns mellan indataparameter och utdata. Följaktligen blir indataparametrar med längst stapel i Figur 19 mest intressanta att variera i känslighetsanalyser.



Figur 19. Indataparametrars korrelation till beräkning av förväntat antal omkomna per år.

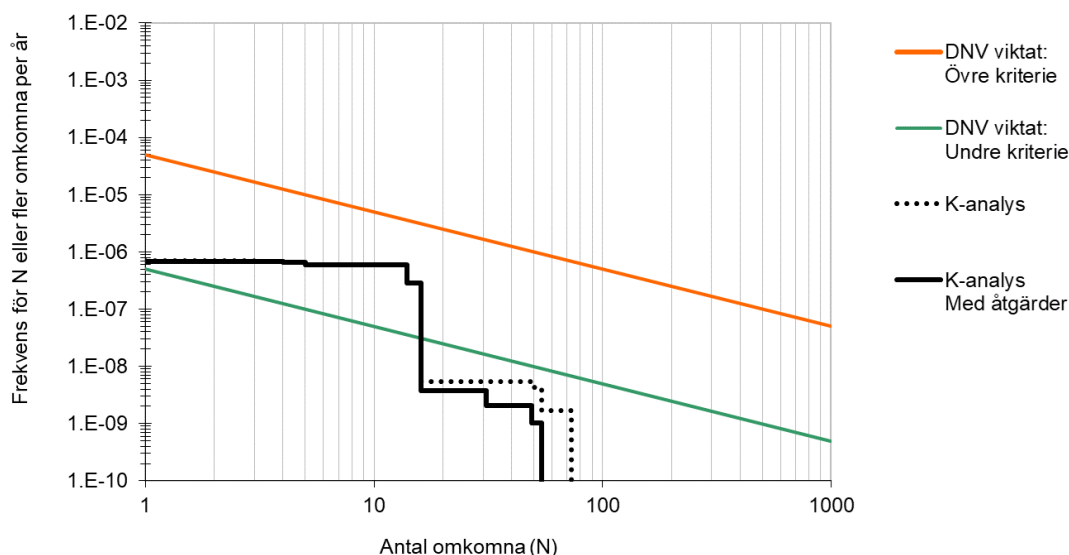
De indataparametrar som påverkar beräknade risknivåer mest enligt Figur 19, samt deras korrelation till beräknat riskmått beskrivs nedan:

- Konsekvensavstånd för BLEVE och Stor explosion (>20 kPa). Positiv korrelation anger att ett högre värde för indataparametrarna ger ett högre värde på det förväntade antalet omkomna.
- Andel FG och tung trafik, olyckskvot samt ÅDT. Positiv korrelation anger att ett högre värde för indataparametrarna ger ett högre värde på det förväntade antalet omkomna.
- Befolkningsfritt avstånd. Negativ korrelation anger att ett högre värde på indataparametern ger ett lägre värde på det förväntade antalet omkomna.
- Persontäthet dag respektive natt. Positiv korrelation anger att ett högre värde för indataparametrarna ger ett högre värde på det förväntade antalet omkomna.

Konsekvensavstånden för olycksscenarioer i form av BLEVE och Stor explosion (> 20 kPa) bedöms vara konservativt framtagna med använda beräkningsmodeller och inte påverkas av planområdets utformning. Befolkningsfritt avstånd från väggkant för E18 (50 meter) är en förutsättning för analysen och därmed ej aktuellt att ändra. Dock är persontätheten inom planområdet samt antalet transporter av farligt gods förbi planområdet indataparametrar som bedöms kunna variera under tid med hänsyn till rådande osäkerheter i indataparametrarna.

Med hänsyn till att både persontätheten inom planområdet och antalet transporter av farligt gods förbi planområdet kan variera under tid utförs en känslighetsanalys där den sammantagna samhällsriskerna för planområdet beräknas med dubbla persontätheten och med dubbelt antal transporter av farligt gods förbi planområdet. Syftet med känslighetsanalysen är att hantera osäkerheten för indataparametrarna samt att säkerställa att föreslagna åtgärder i Tabell 7 ger en acceptabel samhällsrisknivå även vid stora förändringar i indataparametrarna. Resultatet av känslighetsanalysen redovisas i Figur 20.

Den sammantagna samhällsrisknivån för planområdet med dubbelt så hög persontäthet samt dubbelt antal transporter av farligt gods förbi planområdet redovisas Figur 20 nedan. Ur figuren kan utläsas att den sammantagna samhällsrisknivån för planområdet fortsatt förändras marginellt för olycksscenarioer med fler än en omkomna och upp till åtta omkomna, men minskar betydligt för olycksscenarioer med fler än åtta omkomna. Eftersom den sammantagna samhällsrisknivån för planområdet fortfarande hamnar inom ALARP-området är samhällsriskerna för planområdet fortsatt acceptabel eftersom rimliga åtgärder till riskreduktion har vidtagits. Den beräknade samhällsrisknivån för planområdet är därmed robust mot stora förändringar i ingående indataparametrar givet att föreslagna åtgärder enligt Tabell 7 vidtas.



Figur 20. Känslighetsanalys av samhällsrisknivå för Örnäs 1 med vidtagna åtgärder till riskreduktion.

Bilaga G. Referenser

- [1] Länsstyrelsen Stockholms län, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods," Länsstyrelsen Stockholm, Stockholm, 2016.
- [2] Upplands-Bro kommun, "Samrådsredogörelse - Förslag till detaljplan för Örnäs 1:2 m.fl.," Upplands-Bro kommun, Upplands-Bro, 2016.
- [3] Upplands-Bro kommun, "Detaljplaneprogram Örnäs 1:2 m.fl.," Upplands-Bro kommun, Upplands-Bro, 2016.
- [4] R. Wiberg, *Muntligen: 2020-04-06*, Stockholm: WSP Sverige AB, 2020.
- [5] Trafikverket, "Trafikverkets databas NVDB," Trafikverket.
- [6] M. Kylefors, "Cost-Benefit Analysis of Separation Distances, Report 1023," Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund, 2001.
- [7] C.-A. Stenberg, "Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods," Länsstyrelsen i Skåne län, Malmö, 2007.
- [8] TRAFKA, "Lastbilstrafik 2009-2015 Swedish national and international road goods transport," Trafikanalys, 2015.
- [9] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [10] Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI), "Farligt gods - Riskbedömning vid transport," Statens räddningsverk, Karlstad, 1996.
- [11] Räddningsverket och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
- [12] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [13] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneve: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [14] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [15] F. Nystedt, *Risikanalyismetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
- [16] VTI, *Konsekvensanalys av olika olycks scenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [17] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, "ADR-S regelverket," MSB, Karlstad, 2009.
- [18] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [19] M. Gustavsson, *Muntligen 2008-01-10*, Räddningsverket, 2008.
- [20] H. Ingasson, A. Bergqvist, A. Lönnermark, H. Frantzich och K. Hasselrot, "Internationell statistik över fordonsbränder," Statens Räddningsverk, Karlstad, 2005.
- [21] SIKÅ, "Vägtrafikskador," Statens institut för kommunikationsanalys, Stockholm, 2001.
- [22] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [23] PIARC, "Fire and smoke control in road tunnels," PIARC - World Road Association, London, 1999.

- [24] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, "Fördjupad översiktsplan inom sektorn transport av farligt gods," Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Göteborg, 1997.
- [25] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [26] HMSO, "Major hazard aspects of the transport of dangerous substances," Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, London, 1991.
- [27] T. Daggård, *Muntligen 2010-01-11*, Orica Services Nora, 2008.
- [28] T. Pålsson, *Muntligen 2008-01-09*, Scanexplor EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
- [29] MSB, *Trafikflöde på väg [Elektronisk]. Hämtad 2010-08-11*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
- [30] Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik, *Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB*, 2007.
- [31] P. Jansson, *Muntligen 2008-01-16*, Polisen, 2008.
- [32] S. Halmemies, Räddningsverket, 2000.
- [33] J. Wahlqvist, *Muntligen 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [34] G. Purdy, "Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 3 (1993), pp. 229-259, 1993.
- [35] R. Lindström, *Muntligen: 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [36] T. Gammelgård, *Muntligen: 2010-07-09*, OKQ8, 2010.
- [37] SPI, *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08*, Svenska Petroleum Institutet, 2010.
- [38] G. Marlair och Kordek, M-A, "Safety and security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers," *Journal of Hazardous Materials*, pp. A123. pp 13-28, 2005.
- [39] L.-H. Karlsson, *Muntligen: 2008-03-18*, Yara International ASA, Köping, 2008.
- [40] J. Magnusson, *Muntligen 2008-03-18*, FOI, Tumba, 2008.
- [41] R. Forsén, "Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods," Försvarets forskningsinstitut (FOI), Stockholm, 2009.
- [42] Ministerier van VROM, "Guidelines for storage of organic peroxides.," VROM, Haag, 2005.
- [43] J. Havai, *Muntligen 2008-04-18*, Yara AB, Köping, 2008.
- [44] S. Fischer, R. Forsén, O. Hertzberg, A. Jacobsson, B. Koch, P. Runn, L. Thaning och S. Winter, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker," Försvarets forskningsanstalt (FOA), Tumba, 1998.
- [45] S. Lamnevik, "Konsekvensanalys explosioner," Stefan Lamnevik AB, Stockholm, 2006.
- [46] Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, "Programvara - Spridning Luft," MSB, Karlstad, 2010.
- [47] CCPS, "Guideline for Chemical Process Quantitative Risk Analysis," Center for Chemical Process Safety, The Hague, 1999.

[48] Boverket, "Boverkets byggregler BFS 2006:12," Boverket, Stockholm, 2006.

[49] B. J. Ale och P. A. Uijt de Haag, "CPR 18E - Guideline for quantitative risk assessment 'Purple book'," Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen, Haag, 2005.



UPPDRAGSNAMN
Örnäs 1
UPPDRAGSNUMMER
10269431

FÖRFATTARE
Martin Thomasson
DATUM
2020-06-05

VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 36 500 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 3 700 medarbetare. www.wsp.com

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10 7225000
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
wsp.com

