

ARKITEKTGRUPPEN GKAK AB

RISKBEDÖMNING

KV. TIMMERMANNEN NUMMER 6 OCH 8,
SÖDERKÖPING

2018-04-26



wsp

Riskbedömning

Kv. Timmermannen nummer 6 och 8, Söderköping

Timmermannen

Söderköping

KUND

Arkitektgruppen GKAK AB

KONSULT

WSP Environmental Sverige

Dragarbrunnsgatan 41

753 20 Uppsala

Besök: Dragarbrunnsgatan 41

Tel: +46 10 7225000

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

Styrelsens säte: Stockholm

<http://www.wspgroup.se>

KONTAKTPERSONER

Henrik Selin, 070 300 50 56, Henrik.Selin@wsp.com

PROJEKT

Timmermannen

UPPDRAGSNAMN

Riskbedömning Kv Timmermannen
nummer 6 och 8, Söderköping

UPPDRAGSNUMMER

10263056

FÖRFATTARE

Johan Björck

DATUM

2018-04-26

ÄNDRINGSDATUM

2018-04-26

GRANSKAD AV

Gustav Nilsson

GODKÄND AV

Henrik Selin

Sammanfattning

WSP har av Arkitektgruppen GKAK AB fått i uppdrag att göra en riskbedömning med avseende på påverkan på kvarteret Timmermannen nummer 6 och 8 i Söderköping. E22:an löper söder om det aktuella området i nuläget vilket utgör en primär transportled för farligt gods. Kortaste avstånd mellan planerad bebyggelse och farligt gods-leden har uppskattats till 11 meter. Det pågår dock ett arbete med att flytta ut E22:an ut ur Söderköping, vilket enligt Trafikverket bedöms ske år 2023. Där efter antas den aktuella vägen (som i nuläget utgör E22:an) genom Söderköping omvandlas till en sekundär 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 länsstyrelsens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led.

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

Resultaten pekar på att det råder en förhöjd risknivå för tiden innan vägomläggningen av E22:an ut ur Söderköping, och risknivåerna ligger inom den övre halvan av ALARP-området. Efter vägomläggningen av E22:an sjunker risknivåerna och ligger då inom den undre halvan av ALARP-området.

WSP bedömer att om nedanstående riskreducerande åtgärderna implementeras kan bostäder, i enlighet med det som redovisas i denna rapport, byggas inom det aktuella området.

- Placering av friskluftsintag
- Byggnadstekniskt brandskydd

INNEHÅLL

1	INLEDNING	5
1.1	SYFTE OCH MÅL	5
1.2	OMFATTNING	5
1.3	AVGRÄNSNINGAR	5
1.4	STYRANDE DOKUMENT	6
1.5	SAMRÅD	7
1.6	UNDERLAGSMATERIAL	7
1.7	INTERNKONTROLL	7
2	OMRÅDESBESKRIVNING	8
2.1	OMGIVNING	8
2.2	PLANOMRÅDET	8
2.3	INFRASTRUKTUR	10
2.4	BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET	11
3	RISKIDENTIFIERING	12
3.1	INNAN VÄGOMLÄGGNING	12
3.2	EFTER VÄGOMLÄGGNING	12
4	RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING	14
4.1	RISKNIVÅ	15
5	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	18
5.1	MÖJLIGA RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	18
6	DISKUSSION	20
6.1	KÄNSLIGHETSANALYSER	20
7	SLUTSATSER	21
BILAGA A.	METOD FÖR RISKHANTERING	22
BILAGA B.	STATISTISKT UNDERLAG	24
BILAGA C.	FREKVENSBERÄKNINGAR	27
BILAGA D.	KONSEKVENSBERÄKNINGAR	36
BILAGA E.	KÄNSLIGHETSANALYS	42
BILAGA F.	REFERENSER	46

1 INLEDNING

WSP har av Arkitektgruppen GKAK AB fått i uppdrag att göra en riskbedömning med avseende på påverkan på kvarteret Timmermannen nummer 6 och 8 från E22:an i Söderköping. E22:an löper söder om det aktuella området, som är en primär transportled för farligt gods. Kortaste avstånd mellan planerad bebyggelse och farligt gods-leden har uppskattats till 11 meter.

I enlighet med krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid planprocessen, utifrån Plan- & bygglagen samt länsstyrelsens riktlinjer, ska farligt gods-transporterna ingå i en riskbedömning för planområdet. Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närhet till farligt gods-led.

1.1 SYFTE OCH MÅL

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

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

1.2 OMFATTNING

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

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

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

1.3 AVGRÄNSNINGAR

I riskbedömningen belyses risker förknippade med transport av farligt gods på E22:an. De risker som har beaktas är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa. Bedömningen beaktar inte påverkan på egendom, miljö eller arbetsmiljö, personskador som följd av påkörning eller kollision eller långvarig exponering av buller, luftföroreningar samt elsäkerhet.

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

1.4 STYRANDE DOKUMENT

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

1.4.1 Plan- och bygglagen

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

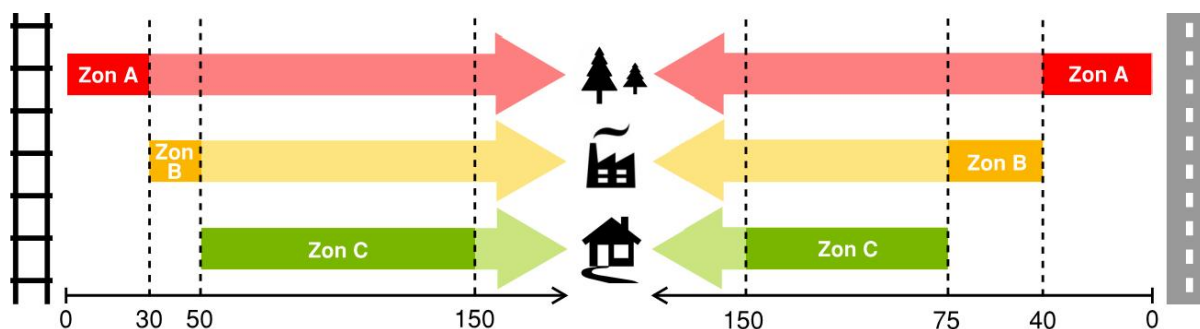
Vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till [...] människors hälsa och säkerhet, ... (PBL 2010:900. 2 kap. 5§)

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

1.4.2 Riktlinjer

Länsstyrelsen i Östergötlands län har inte tagit fram några egna rekommendationer eller riktlinjer på lokal nivå utan hänvisar till Länsstyrelsen i Stockholms dokument *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* [1]. Riktlinjen tydliggör hur länsstyrelsen bedömer risker vid granskning av detaljplaner och översiktsplaner.

Länsstyrelsen anser att riskerna ska beaktas vid framtagande av detaljplaner inom 150 meter från väg och järnväg där det transporteras farligt gods. I Figur 1 presenteras rekommenderade skyddsavstånd mellan transportleder för farligt gods och olika typer av markanvändning. Länsstyrelsen anser att kommunen bör lokalisera bebyggelse enligt dessa rekommendationer för att uppnå en god samhällsplanering. För det fall det inte är möjligt att uppnå rekommenderade avstånd anges även de skyddsavstånd och skyddsåtgärder som Länsstyrelsen anser vara ett minimum för att uppfylla kraven i PBL.



Figur 1. Illustration av rekommendationer till olika typer av bebyggelse utmed väg och järnväg [2].

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

I nuläget har inga samråd hållits.

1.6 UNDERLAGSMATERIAL

De underlag som arbetet baseras på är underlag tillhandahållet av beställaren. Underlaget har bestått av kartor, skissar, och mailkonversation. [3]

1.7 INTERNKONTROLL

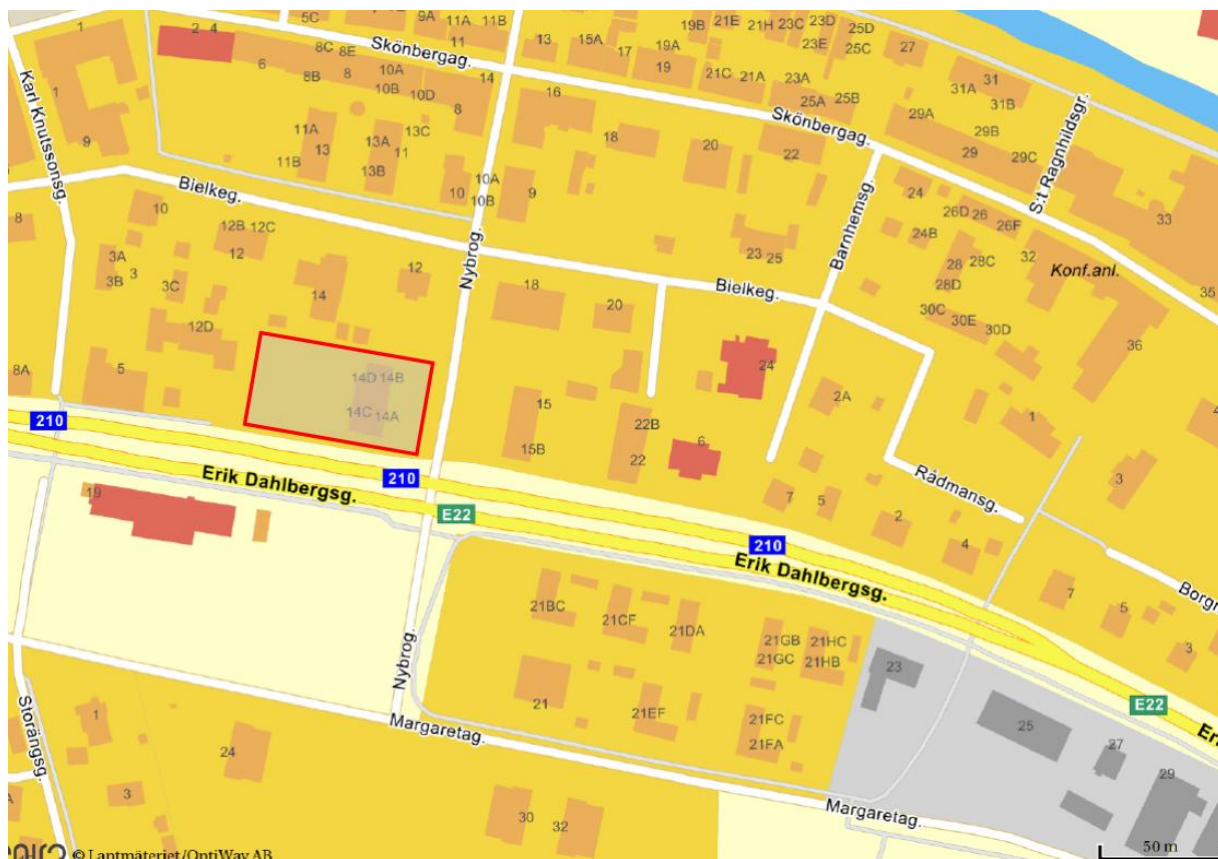
Rapporten är utförd av Johan Björck (Civilingenjör Riskhantering) med Henrik Selin (Civilingenjör Riskhantering) som uppdragsansvarig. I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland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

2 OMRÅDESBESKRIVNING

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

2.1 OMGIVNING

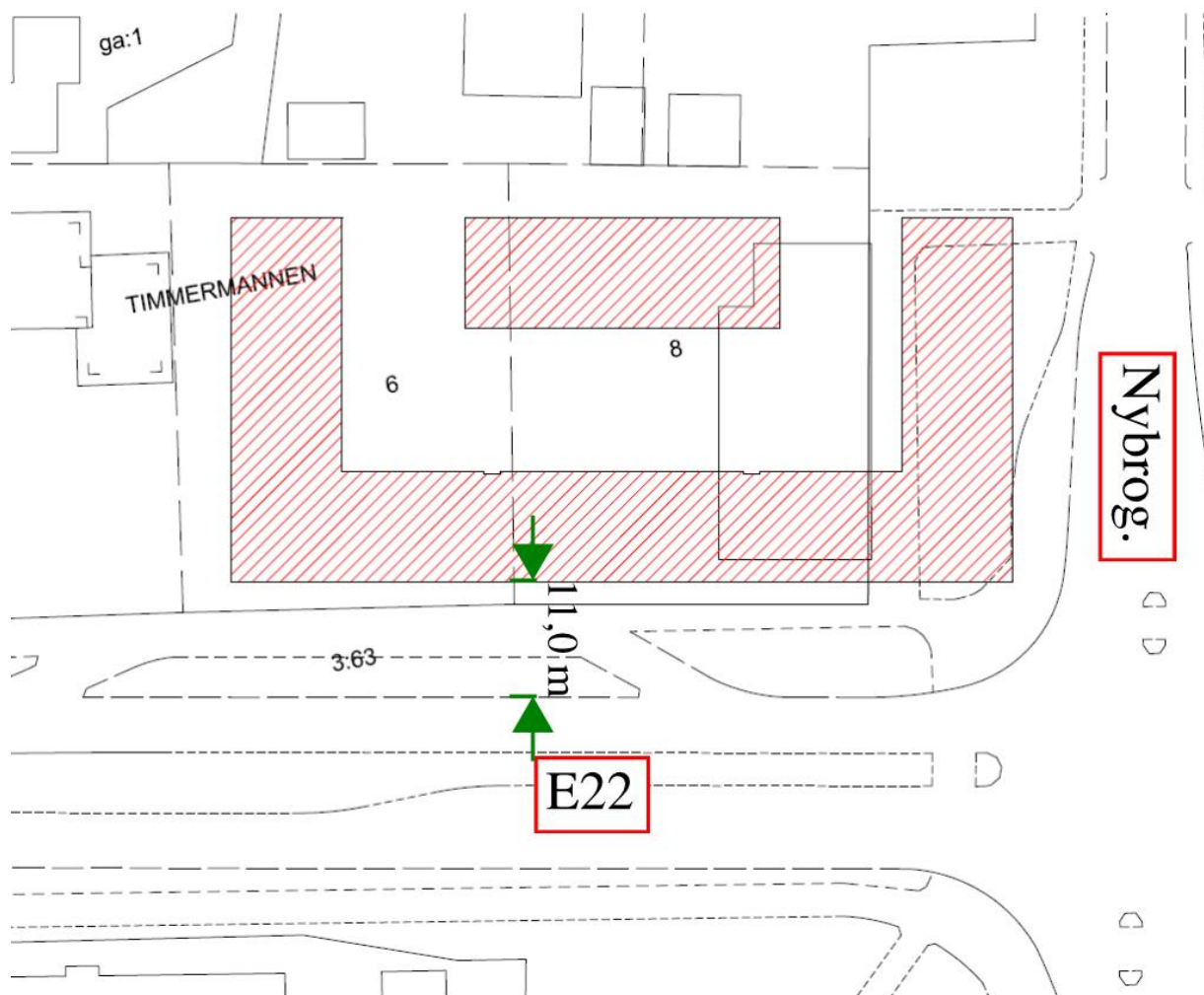
Nedan i Figur 2 illustreras närområdet omkring det aktuella området.



Figur 2. Karta över närområdet kring det aktuella området som i figuren är markerad med en röd rektangel.

2.2 PLANOMRÅDET

Det aktuella området planeras bebyggas med bostäder i flervåningshus med ett garage i botten av byggnaden. Där garaget är nergrävt med ca. 1,5 meter i förhållande till omgivningen. se Figur 3 och Figur 4 nedan.



Figur 3. Det aktuella området med planerad bebyggelse (rödskratterat) med avståndet mellan planerad bebyggelse och E22:an i nuläget.



Figur 4. Planerad bebyggelse med garage underst (ca. 1,5 meter under mark) och flera våningar med bostäder ovanpå.

2.3 INFRASTRUKTUR

I Figur 3 framgår att det aktuella området ligger nära E22:an, som utgör en primär farligt gods-led. Avståndet mellan byggnad och E22:an har uppskattats till 11 meter och längs med vägen finns inga avåkningsskydd. Vägbanan ligger i princip på samma höjd som planområdet.

Det pågår ett arbete med att dra om E22:an förbi Söderköping, vilket kommer medföra att det aktuella området inte kommer påverkas av riskerna med transporter av farligt gods på E22:an efter det att den nya delen av E22:an är öppen för trafik. Huruvida transporter av farligt gods även i fortsättningen, efter det att E22:an har dragits om, kommer gå förbi det aktuella området är i nuläget oklart. Byggstart och byggtid för den nya delen av E22:an förbi Söderköping beräknas till år 2020 och byggtiden till 3 år. Detta medför att den nya delen av E22:an förbi Söderköping bedöms vara öppen för trafik år 2023. [4]

Enligt nationell vägdatabas har E22:an längs med det aktuella området ett körfält i vardera körriktning samt en hastighetsbegränsning på 50 km/h. [5]

Enligt Trafikverkets vägtrafikflödeskartor uppmättes årsdygnmedeltrafiken (ÅDT) på E22:an i höjd med det aktuella området till 11 280 fordon/dygn sammanlagt i båda körriktningarna ($5\,440 + 5\,840 = 11\,280$ fordon/dygn) för år 2014. Under samma mätperiod var ÅDT för tunga fordon 1 060 fordon/dygn ($520 + 540 = 1\,060$ fordon/dygn). [6] Enligt Trafikverkets vägtrafikflödeskartor har ÅDT för tunga fordon legat kring 1 000 fordon/dygn sedan mätningen år 2006. [6] Till följd av att E22:an kommer få en ny dragning utanför Söderköping och kvarvarande trafiksituation inte kommer vara jämförbar med nulägets genomförs ingen uppräknings av ÅDT:n för tiden innan vägomläggningen av E22:an. Utan istället genomförs en känslighetsanalys för att avgöra vilken påverkan detta kan få på resultatet, se vidare i Bilaga E Känslighetsanalys.

Baserat på föregående stycke bedöms den tunga trafiken utgöra cirka 9 % av den totala trafikeringen på sträckan av E22:an förbi det aktuella området i nuläget.

Bedömningen av ovanstående stycken är att det inte kommer vara en primär farligt gods-led längs med det aktuella området efter vägomläggningen av E22:an, men att vägen intill området istället skulle kunna utgöra en sekundär transportled för farligt gods. En sekundär transportled för farligt gods

används för transporter av farligt gods mellan start- och slut-punkt för leveransen och primära farligt gods-leder.

2.4 BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET

Söderköpings tätort hade år 2017 en befolkningstäthet på cirka 1 497 personer/km². [7]

Persontätheten bedöms vara representativ för det aktuella området då detta ligger inom Söderköpings tätort.

I den beaktade kvadratkilometer i riskbedömningen som det aktuella området placeras inom förväntas persontätheten vara ungefär jämn över dygnet. För att ta höjd för eventuella framtida ökningar i persontätheten kommer en känslighetsanalys att genomföras där denna parameter undersöks, se mer i Bilaga E Känslighetsanalys.

3 RISKIDENTIFIERING

I detta kapitel redovisas riskidentifieringen för tiden både innan och efter det att den nya delen av E22:an har öppnat förbi Söderköping.

3.1 INNAN VÄGOMLÄGGNING

Identifiering av riskkällor har i huvudsak genomförts genom kartstudier. E22:an går förbi det aktuella området och utgörs av en primär farligt gods-led.

3.1.1 Transport av farligt gods på E22:an

Utifrån bedömning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med farligt gods, se avsnitt B.2, bedöms följande farligt gods-kategorier vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen för tiden innan vägomläggningen av E22:an; klass 1, 2, 3 och 5.

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

3.1.2 Sammanställning av olycksscenarier

Baserat på de farligt gods-klasser som utreds vidare för tiden innan vägomläggningen av E22:an, har ett antal dimensionerande olycksscenarier med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 2.

Tabell 2. Övergripande sammanställning över dimensionerande olycksscenarier baserat på rådande förutsättningar.

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

3.2 EFTER VÄGOMLÄGGNING

Identifiering av riskkällor har i huvudsak genomförts genom kartstudier och litteratursökning på Söderköpings kommuns hemsida. E22:an går inte längre förbi det aktuella området och vägen bedöms istället utgöra en sekundär farligt gods-led.

3.2.1 Transport av farligt gods förbi det aktuella området

Om varje bensinmack uppskattas få två leveranser i veckan av drivmedel (klass 3) erhålls en ÅDT på 1,14 fordon per dygn med farligt gods.

Fördelningen mellan de olika klasserna av det transporterade farliga godset förbi det aktuella området bedöms förändras påtagligt relativt innan vägomläggning. Bedömningen är att efter vägomläggningen av E22:an kommer transporterna av farligt gods i Söderköping bestå av farligt gods klass 3. Detta baseras på att det enbart är transport mellan den nya dragningen av E22:an och start- alternativt slutpunkten för leveransen som kommer eventuellt att gå förbi det aktuella området.

Bedömningen grundar sig på att det enligt Söderköpings kommun inte finns några farliga verksamheter enligt 2 kap. 4 § i lagen om skydd mot olyckor [8]. Vidare, baserat på kartstudier, har fyra tänkbara

målpunkter i form av drivmedelsstationer vilka förväntas betjänas via den sekundära transportleden av farligt gods identifierats. Stationernas omsättning bedöms vara likvärdig eller lägre än i nuläget efter omläggning av E22, då genomfartstrafiken förväntas minska. För att ta höjd till variation av transportarbete och transporterade farligt godsklasser på vägen förbi det aktuella området efter omläggning har känslighetsanalyser genomförts. Dessa presenteras i Bilaga E Känslighetsanalys.

Utifrån bedömning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med farligt gods, se avsnitt B.2, bedöms enbart farligt gods-kategorin klass 3¹ vara relevant för den fortsatta riskbedömningen för tiden efter vägomläggningen av E22:an.

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

Dimensionerande olycksscenarier utgörs av pölbränder med varierande dimension.

¹ Samtliga berörda drivmedelsstationer uppger att de enbart saluför flytande drivmedel (klass3), d.v.s. ingen fordonsgas (klass 2.1). [53] [54] [55] [56]

4 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING

I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för det aktuella området med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med farligt gods-transport.

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 tolereras ej. Dessa risker kan vara möjliga att reducera genom att åtgärder vidtas.

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

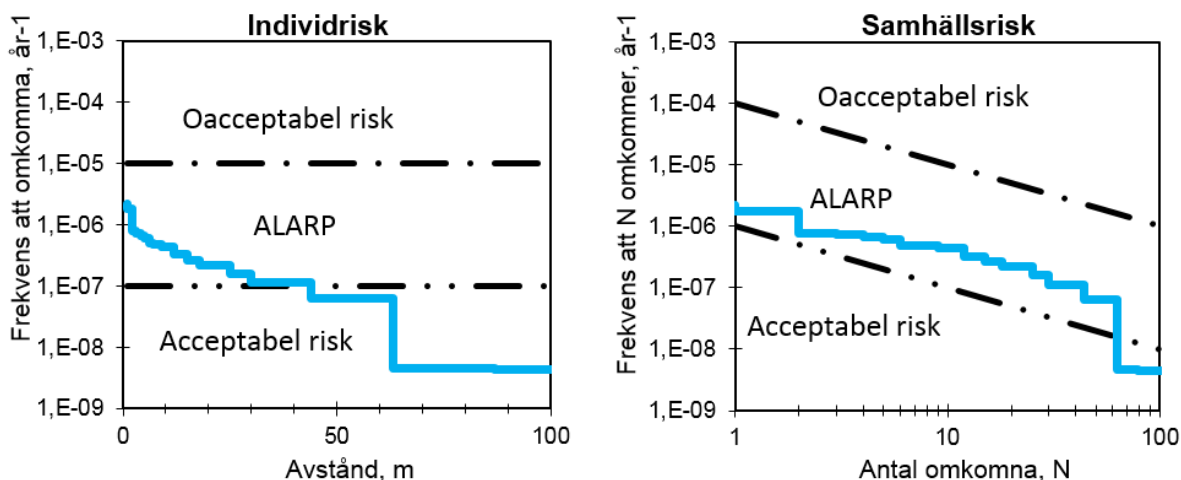
De risker som kategoriseras som låga kan värderas som **acceptabla**. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas där åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

I Tabell 3 redogörs för DNV:s uppställda kriterier för värdering av individ- och samhällsrisk enligt ovan nämnd kategorisering. Kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Gränserna markeras med streckade linjer enligt Figur 5.

Tabell 3. 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}	$> 10^{-4}$

*för $N=1$ med lutning på F/N -kurva: -1



Figur 5. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [9].

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

Individrisk redovisas ofta med en individriskprofil (t.v. i Figur 5) som beskriver frekvensen att omkomma som en funktion av avståndet till en riskkälla. Kan även redovisas som konturer på karta.

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

Samhällsrisk redovisas ofta med en F/N-kurva (t.h. i Figur 5) som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.

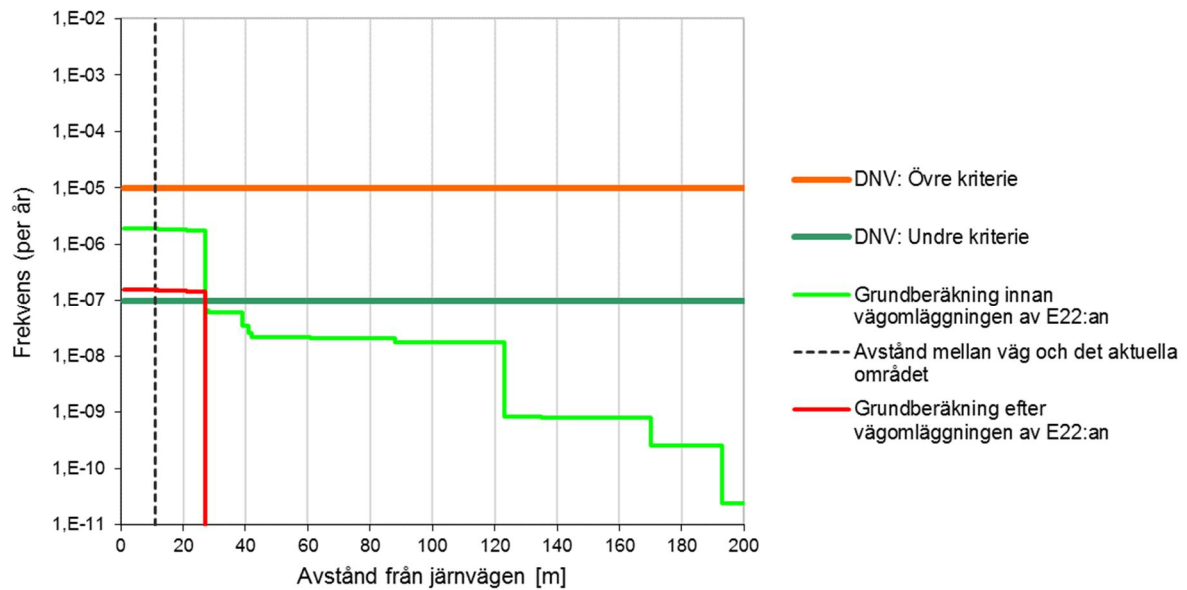
4.1 RISKNIVÅ

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

För uppskattning av risknivån har årsmedeldygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägavsnitt använts som indata. Med hjälp av Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skrift Farligt gods – riskbedömning vid transport [10] beräknas frekvensen för att en trafikolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på aktuellt vägavsnitt. För beräkning av frekvenser/ sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys, se Bilaga C.

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

4.1.1 Individrisknivå med avseende på E22:an



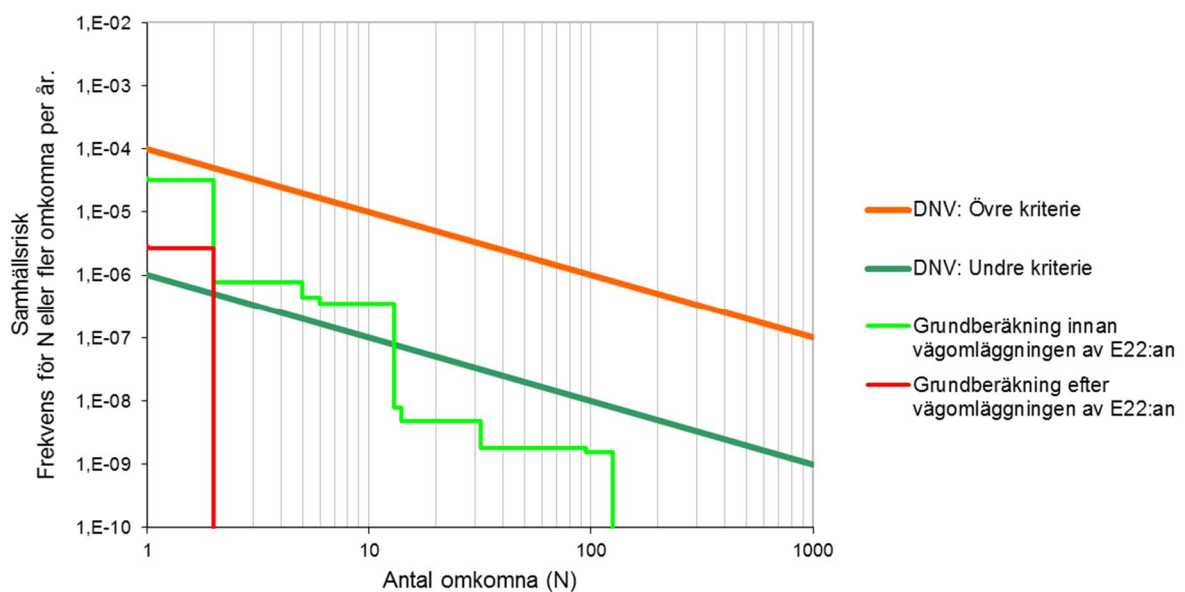
Figur 6. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på E22:an.

I Figur 6 illustreras individrisknivån för det aktuella området längs E22:an, både innan och efter Vägomläggning. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området. Ur figuren kan utläsas att individrisknivån innan vägomläggningen av E22:an ligger högt inom ALARP-området för de 25 metrarna närmast E22:an och där efter på acceptabla individrisknivåer längs det aktuella området.

Efter vägomläggningen av E22:an ligger individrisknivån lågt inom ALARP-området på gränsen till acceptabla nivåer för de 25 metrarna närmast den gamla dragningen av E22:an och där efter på acceptabla individrisknivåer.

Baserat på resultatet görs bedömning att riskreducerande åtgärder ska vidtas även med hänsyn till en framtida vägomläggning.

4.1.2 Samhällsrisknivå med avseende på E22:an



Figur 7. Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på E22:an.

I Figur 7 illustreras samhällsrisknivån för det aktuella området längs E22:an, både innan och efter vägomläggningen av E22:an (då E22:an inte längre bedöms gå igenom Söderköping). Ur figuren kan utläsas att samhällsrisknivån innan vägomläggningen av E22:an ligger högt inom ALARP-området för de minsta konsekvenserna ($N \leq 2$) och där efter lågt inom ALARP-området eller på acceptabla nivåer.

Efter vägomläggningen av E22:an ligger samhällsrisknivån lågt inom ALARP-området för de minsta konsekvenserna ($N \leq 2$) och där efter på acceptabla nivåer.

Baserat på resultatet görs bedömning att riskreducerande åtgärder ska vidtas även med hänsyn till en framtida vägomläggning.

5 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Om risknivån bedöms som ej acceptabel ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Exempel på vanligt förekommande riskreducerande åtgärder anges i Boverkets och Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner [11], vilken är lämplig att använda som utgångspunkt. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som bedöms ge störst bidrag till risknivån utifrån de lokala förutsättningarna. För att rangordna och värdera åtgärders effekt kan med fördel kostnads-effekt- eller kostnads-nyttoanalys användas. Riskbilden efter de valda åtgärdernas genomförande bör verifieras.

Åtgärderna kan antingen vara sannolikhetsreducerande eller konsekvensbegränsande. I samband med fysisk planering är det utifrån Plan- och bygglagen svårt att reglera sannolikhetsreducerande åtgärder, eftersom riskkällorna och åtgärderna i regel är lokaliserade utanför området, eller regleras med andra lagstiftningar. De åtgärder som föreslås kommer därför i första hand vara av konsekvensbegränsande art. Åtgärdernas lämplighet och riskreducerande effekt baserar sig i huvudsak på bedömningar gjorda i Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner [11]. De åtgärder som bedöms lämpliga att genomföra givet projektets förutsättningar och beräknade risknivåer presenteras och diskuteras nedan.

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

5.1 MÖJLIGA RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Samtliga åtgärder är inte lämpliga att reglera i en detaljplan, utan beaktas först i senare skede. Där inget annat nämns nedan, anses åtgärderna, enligt Boverkets skrift, vara lämpliga att reglera i detaljplan.

Val av riskreducerande åtgärder baseras primärt på risken efter vägomläggning. Föreslagna åtgärder bedöms dock vara relevanta och ha god effekt även innan vägomläggning genomförs.

Andra riskreducerande åtgärder som med avseende på dess förhållandevis ringa kostnad kan anses rimliga att vidta redovisas också nedan i detta avsnitt.

5.1.1 Placering av friskluftsintag

Åtgärden innebär att friskluftsintag placeras högt på oexponerad sida, vanligen bort från riskkällan. Syftet med åtgärden är att minska den mängd gas som kommer in i byggnaden via ventilationssystemet. Åtgärden minskar konsekvensen för personer som vistas inomhus vid uppkomna brandgaser till följd av brand eller vid utsläpp av andra giftiga gaser. Åtgärdens effekt minskar om det finns andra öppningar i fasad, som fönster och dörrar.

5.1.2 Byggnadstekniskt brandskydd

Åtgärden innebär att ytterväggar, tak, fasad och fönster utformas på ett sätt vilket reducerar konsekvensen i händelse av brandpåverkan till följd av pölbrand eller jetflamma.

Obrännbara fasadmaterial och takytsskikt ska användas för att försvåra brandspridning till byggnaden, men innebär inte explicit att brand- eller brandgasspridning in i byggnaden till följd av ledning eller otätheter förhindras. Brandtekniskt klassade ytterväggar och fönster ska användas som komplement till obrännbara fasadmaterial för att förhindra brand- och brandgasspridning till inomhusmiljön. Genom att utforma ytterväggar inom 30 meter från väg i lägst brandteknisk klass EI 30 och fönster i lägst klass EW 30 görs bedömning att risken för brandspridning in i byggnaden i händelse av pölbrand eller

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

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

6 DISKUSSION

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

- Personantal inom området,
- farligt gods-transporter förbi planområdet,
- schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar och
- antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadesscenario.

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

Vid analyser av detta slag råder ibland brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar och svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter som dessutom är mer eller mindre osäkra. Dessa svårigheter innebär att olika riskanalyser/riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata. [12]

Det finns flera skäl till varför systematiska riskanalyser är att föredra framför andra mer informella eller intuitiva sätt att hantera den stora, men långt ifrån fullständiga, kunskapsmassa som finns beträffande riskerna med farligt gods. Användning av riskanalysmetoder av den typ som presenteras i VTI Rapport 389:1 och som använts i detta projekt innebär att befintlig kunskap insamlas, struktureras och sammanställs på ett systematiskt sätt så att kunskapsluckor kan identifieras. Detta medför att analysens förutsättningar kan prövas, ifrågasättas och korrigeras av oberoende. Metoden innebär också att de antaganden och värderingar som ligger till grund för olika skattningar tydliggörs för att undvika missförstånd vid information, diskussion och förhandling mellan beslutsfattare, transportörer och allmänhet. Riskanalyser utgör därigenom ett viktigt led i den demokratiska process som omger transporter av farligt gods i samhället. [12]

6.1 KÄNSLIGHETSANALYSER

I Bilaga E har ett antal känslighetsanalyser genomförts för både tiden innan och efter vägomläggningen av E22:an.

Sammanfattat är risknivåerna både innan och efter vägomläggningen av E22:an stabila för förändringar i ingångsvärdena. Den förhöjda risknivån för tiden innan vägomläggningen av E22:an medför att risknivåerna närmar sig oacceptabla risknivåer både om persontätheten eller antalet farligt gods-transporter fördubblas. Individrisknivån påverkas dock inte av persontätheten, och förblir därav densamma för denna känslighetsanalys.

Risknivåerna för tiden efter vägomläggningen av E22:an ligger kvar inom den undre halvan av ALARP-området i samtliga känslighetsanalyser.

7 SLUTSATSER

WSP bedömer att om de redovisade riskreducerande åtgärderna implementeras kan bostäder, i enlighet med det som redovisas i denna rapport, byggas inom det aktuella området.

De i denna rapport redovisade riskreducerande åtgärderna är följande:

- Placering av friskluftsintag
- Byggnadstekniska brandskydd

BILAGA A. METOD FÖR RISKHANTERING

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

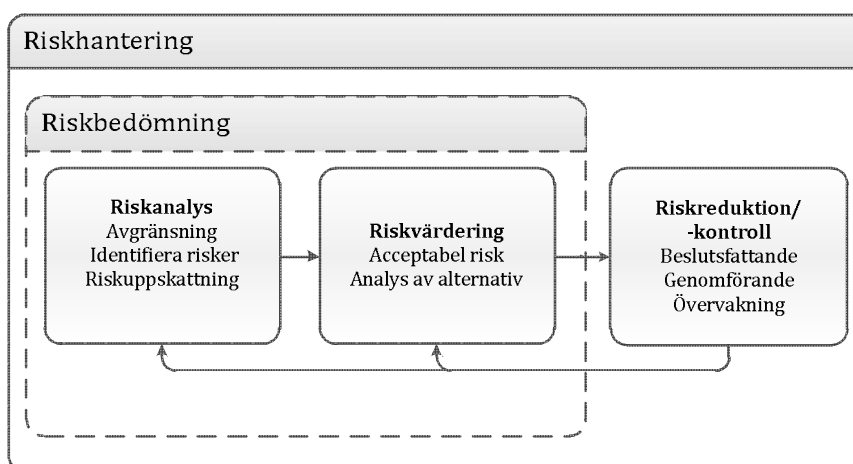
A.1. BEGREPP OCH DEFINITIONER

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

Riskanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system [13] [14], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 8.

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 8. Riskhanteringsprocessen.

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

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

A.2. RISKANALYSMETODER

Nedan redovisas tre olika riskanalysmetoder.

A.2.1 *Kvalitativa metoder*

I kvalitativa metoder används beskrivningar av typen stor, mellan eller liten, utan försök att närmre precisera sannolikheter för olika utfall utan, eftersom det primära syftet med klassificeringen är att jämföra riskerna med varandra [15].

A.2.2 *Semi-kvantitativa metoder*

De semi-kvantitativa metoderna är mer detaljerade än de renodlat kvalitativa metoderna, och innehåller delvis numeriska riskmått. De numeriska måtten behöver inte vara precisa, utan kan beteckna storleksordningar för att jämföra olika alternativ. En riskmatris är ett exempel på ett semi-kvantitativt verktyg [15].

Riskmatriser är vanligt förekommande riskhanteringsverktyg och de kan vara av både kvalitativ och kvantitativ karaktär. En riskmatris gör det möjligt att grovt rangordna olika skadehändelsers risknivåer. De skadehändelser som finns i matrisens övre högra hörn, d.v.s. de händelser som har hög sannolikhet och allvarliga konsekvenser, utgör stora risker som bör reduceras omedelbart. De skadehändelser som återfinns i matrisens nedre vänstra hörn utgör mindre allvarliga eller obetydliga risker som troligen inte behöver åtgärdas. Nivån på de risker som accepteras bör naturligtvis stämma överens med myndigheters och företagets eller organisationens övergripande nivå för acceptabla risker, om sådana finns formulerade [16].

A.2.3 *Kvantitativa metoder*

Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år [17].

BILAGA B. STATISTISKT UNDERLAG

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

B.1. BERÄKNING AV OLYCKSFREKVENSENS

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport [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 [18] och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarioer med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka kan två olika metoder användas. Antingen kan en olyckskvot uppskattas utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I denna riskanalys används det andra alternativet för tiden innan vägomläggningen av E22:an. För tiden efter vägomläggningen av E22:an har den nationella statistiken modifierats för att uppskattningsvis motsvara den transport av farligt gods som bedöms kunna förekomma på vägen (som i nuläget utgör E22:an genom Söderköping) om den omvandlas till en sekundär transportled för farligt gods. 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 4. Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används statistik för trafikflödet år 2014.

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

Tabell 4. Indata till frekvensberäkning för farligt gods-olycka enligt *Farligt gods – riskbedömning vid transport*.

Indataparameter	Före vägomläggningen av E22:an	Efter vägomläggningen av E22:an
ADT _{total}	11 280 fordon	11 280 fordon
ADT _{FG}	26,5 fordon	1,14 fordon
Hastighetsgräns	50 km/h	50 km/h
Olyckskvot (OK)	1,5	1,5
Andel Singelolyckor (SiO)	0,1	0,1
Index	0,02	0,02
Frekvens FG- olycka (antal per år)	$2,76 \cdot 10^{-2}$	$1,19 \cdot 10^{-3}$

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

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [19] 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 5 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 5. 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 [19].	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 [20].
Klass 2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.

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 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 [18]. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

År 2015 genomfördes omkring 540 000 inrikes transporter med farligt gods med svenska lastbilar och den totala mängden farligt gods var drygt 16 miljoner ton, fördelat på en total sträcka av cirka 55 miljoner kilometer. Av samtlig tung trafik står farligt gods-transporter för omkring 2,5 % av den totalt tillryggalagda sträckan baserat på ett genomsnitt från 2009-2015. I Tabell 6 redovisas den inbördes fördelningen i körda kilometer för de olika klasserna baserat på uppgifter från TRAFI mellan åren 2009-2015 för hela landet [21]. Siffrorna anses representativa för utredd sträcka.

Tabell 6. Antalet farligt godstransporter framräknat enligt beräkningsmodellen samt fördelning mellan ADR-S klasser baserat på körda kilometer för respektive alternativ.

Indataparameter	Innan	Efter
	vägomläggningen av E22:an	vägomläggningen av E22:an
ADT _{FG}	26,5 fordon	1,14 fordon
ADR-S klass 1	0,72 %	0 %
ADR-S klass 2.1	6,74 %	0 %
ADR-S klass 2.3	0,04 %	0 %
ADR-S klass 3	46,95 %	100 %
ADR-S klass 5	2,41 %	0 %
ADR-S övriga	43,14 %	0 %

BILAGA C. FREKVENSBERÄKNINGAR

I frekvensberäkningarna beräknas en grundfrekvens för olyckor med transporter av farligt gods på en 1 km lång vägsträcka enligt VTI-modellen. Med händelseträdsmetodik beräknas sedan frekvenser för respektive olycksscenario för de olika klasserna. Händelseträden utvecklas i kommande avsnitt för varje ADR-S klass. Vid behov anpassas frekvenser till analysens geografiska avgränsningar.

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

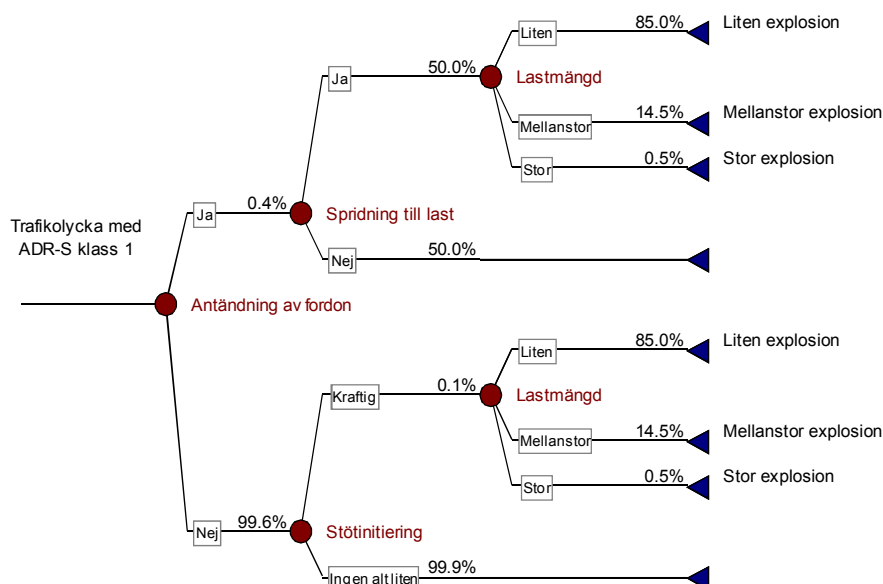
ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål [19]. Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen genom värme, ljus, ljud, gas, dimma eller rök. För att en sådan reaktion ska initieras krävs att tillräcklig energi tillförs ämnet. Vid ett olyckstillfälle kan en kraftig stöt eller en brand tillföra sådan energi till explosivämnet att det detonerar.

C.1.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) [22] utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexlosion). Vid beräkningar används riskgrupp 1.1 som representant för vidare utredning av ämnen i ADR-S klass 1. Detta bedöms vara ett konservativt antagande. Transporterad mängd är avgörande för explosionsverkan. Maximal mängd massexplodiva varor som får transporteras på väg är 16 ton, men de flesta transporter innefattar endast små nettomängder av massexplodiva varor.

C.1.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 9 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett involverande ett fordon lastat med explosiva ämnen. Dessa sannolikheter ligger till grund för frekvensberäkningar och motiveras i texten.



Figur 9. 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 [23]. Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna cirka 0,4 % [24] [25].

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 [26], 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 [27], 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 [28]. Det saknas dock kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. HMSO [29] 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 [30] [31].

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) [32] 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 [33]. Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Fördelningen mellan viktclasserna uppgår enligt Polisens [34] tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen enligt Tabell 7, för lastmängder av explosiva ämnen.

Tabell 7. 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 KLASST 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) [19]. 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 giftiga². Brandfarliga gaser är ofta luktfria [35]. 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 [27].

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 [36]. 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].

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 % [37], 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 %.

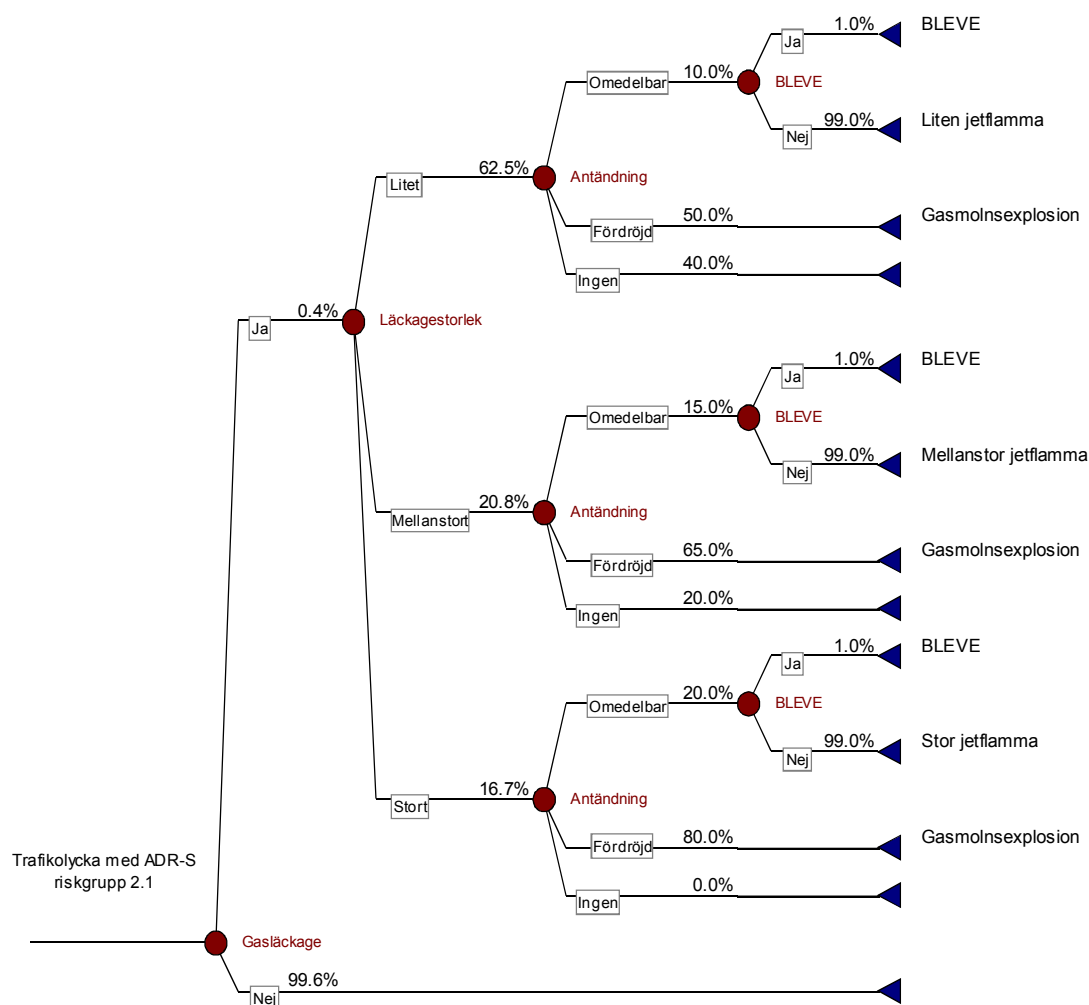
² Vissa giftiga gaser, som exempelvis ammoniak, är vid höga koncentrationer även brandfarliga. De beaktas i huvudsak med avseende på de giftiga egenskaperna, vilka ger upphov till längre konsekvensavstånd än de brandfarliga egenskaperna.

C.2.1.4. BLEVE

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

C.2.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 10 redovisar sannolikheterna i händelseträdets som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 10. 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

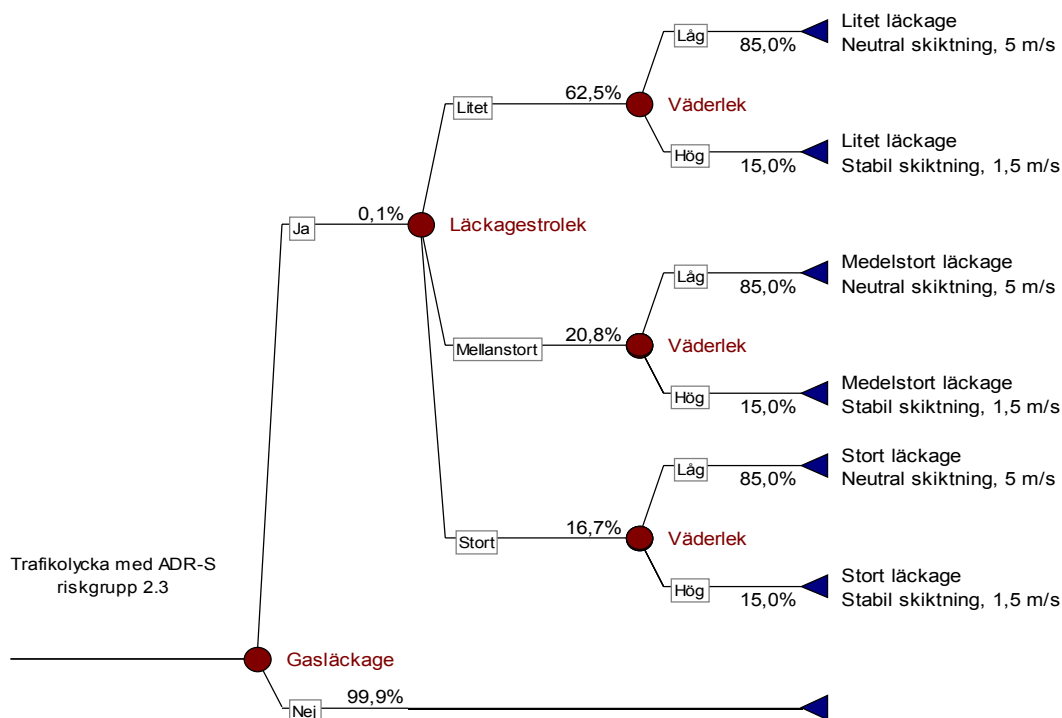
Svaveldioxid är den mest toxiska gas som transporteras på väg, varför ett konservativt antagande i att detta denna utgör dimensionerande ämne ansätts genomgående.

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



Figur 11. 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 [36]. 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

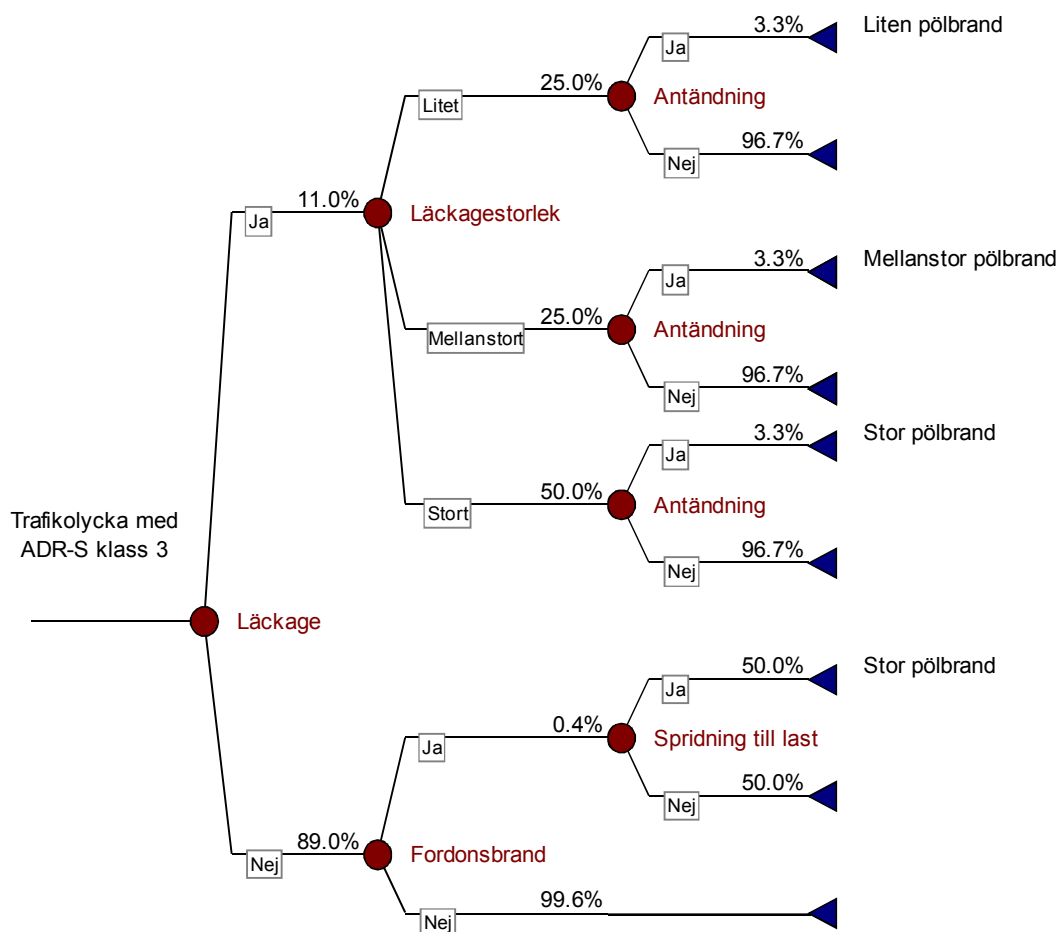
Gasspridning utomhus beror i stort av rådande väderlek där stabilitetsklass och vindhastighet har stor inverkan på resultatet. För att differentiera hur påverkan varierar med dessa parametrar varierar gasspridning i sex scenarier med olika förutsättningar, där ovan nämnda källstyrkor simuleras vid två 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 bensen, E85, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel etc. De flesta transporter av farligt gods utgörs av brandfarliga vätskor.

C.3.1 Händelseträd med sannolikheter

Figur 12 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 12. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 3. Sannolikhet för läckage regleras av index, se Tabell 4

C.3.1.1. LÄCKAGE

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage definieras av sträckans farligt gods-index, se Tabell 4.

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 [38] [39]. 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 [40]. 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 % [29].

C.3.1.4. FORDONSBRAND

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

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

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

C.4.1 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.1

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera eller understödja brand i andra ämnen, samt i vissa fall detonera [19].

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 [41]. Baserat på uppgifter från Yara i Köping [42] och FOI [43] 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 [44].

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

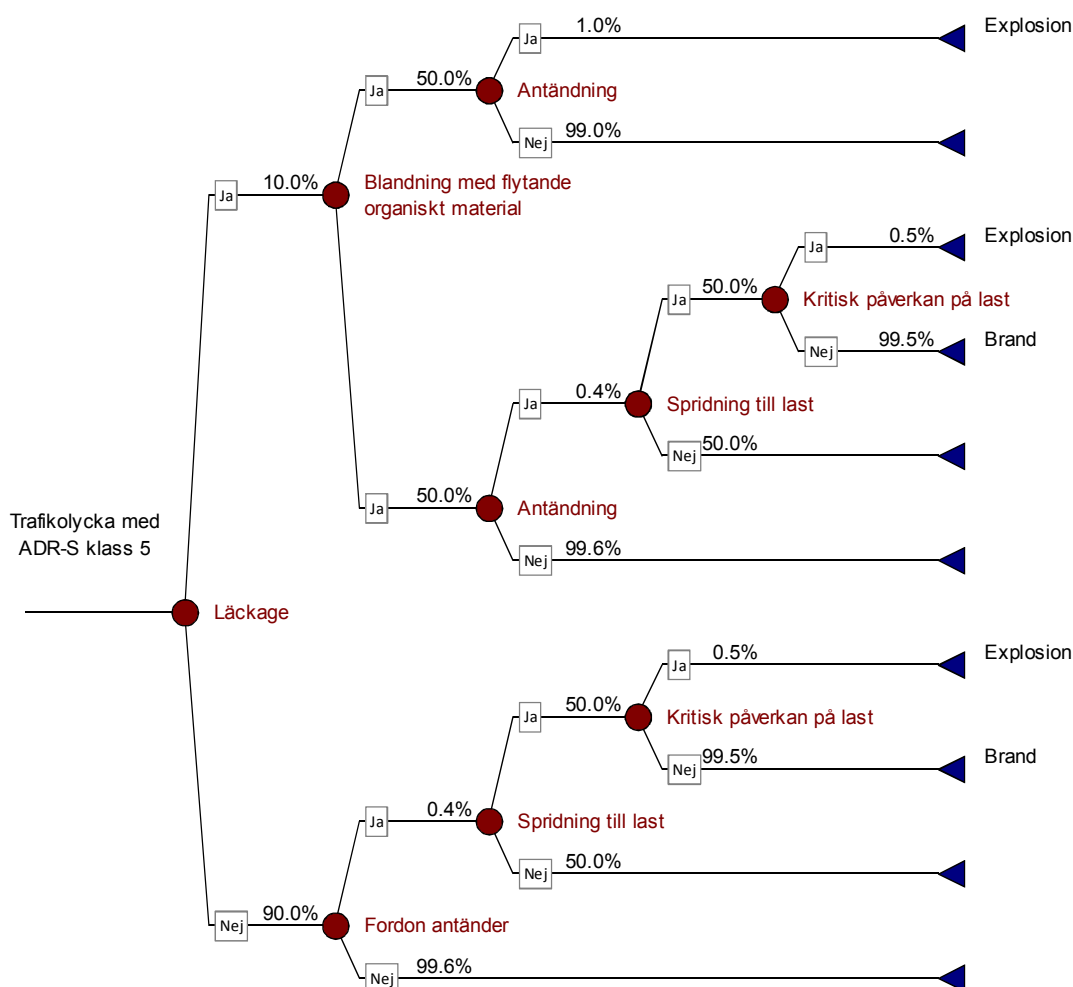
dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme och friktion som kontakt med främmande ämne [35]. I de fall peroxiden är innesluten i behållare kan explosion med tryckvåg och splitter uppstå, men detta gäller endast 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 [45], bedöms ammoniumnitrat vara ett representativt ämne för hela ADR-S klass 5. Det är ett av de oxiderande ämnen som har störst oxiderande effekt och som transporteras mest frekvent och i störst mängd.

C.4.2.2. HÄNDELSETRÄD MED SANNOLIKHETER

Figur 13 redovisar ett händelseträd som utvecklar förloppet efter att ett fordon lastat med ammoniumnitrat varit inblandat i en trafikolycka. De sannolikheter som anges i figuren motiveras i efterföljande textavsnitt.



Figur 13. Händelseträd 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 [46]. Säckarna utgörs av två lager, en tjock innersäck av plast samt en yttre av väv, vilka är sammansvetsade upp till. Då ett utsläpp endast bedöms kunna ske om säcken påverkas av ett vasst föremål eller av en stor tryckpåkänning antas sannolikheten för utsläpp

uppgå till 10 %. Detta bedöms som en konservativt vald siffra, och styrks av att utsläpp av ammoniumnitrat i samband med transportolycka inte förekommit på Yara under de 12 år som verksamheten har bedrivits.

C.4.2.4. BLANDNING MED FLYTANDE ORGANISKT MATERIAL

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

C.4.2.5. ANTÄNDNING AV BLANDNING

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

C.4.2.6. ANTÄNDNING AV OBLANDAT GODS

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

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

C.4.2.7. BRANDSPRIDNING TILL LASTEN

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

C.4.2.8. KRITISK PÅVERKAN PÅ LAST

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C [42]. 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 [41]. Baserat på detta bedöms explosiva förlopp initierade av brand vara relativt långsamma förlopp. Detta är något som även erhållen olycksstatistik kan styrka då det vid en majoritet av olyckorna anges brinntider på cirka 1-16 timmar innan detonation. Sannolikheten för att en brand som spridit sig till lasten påverkar denna så allvarligt att det leder till en explosion innan samtliga personer i omgivningen hunnit utrymma området bedöms vara lägre än vid antändning av blandning och ansätts till 0,5 %.

C.5. ACKUMULERAD OLYCKSPÅVERKAN

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

D.3. ADR-S KLAS 1 – EXPLOSIVA ÄMNEN

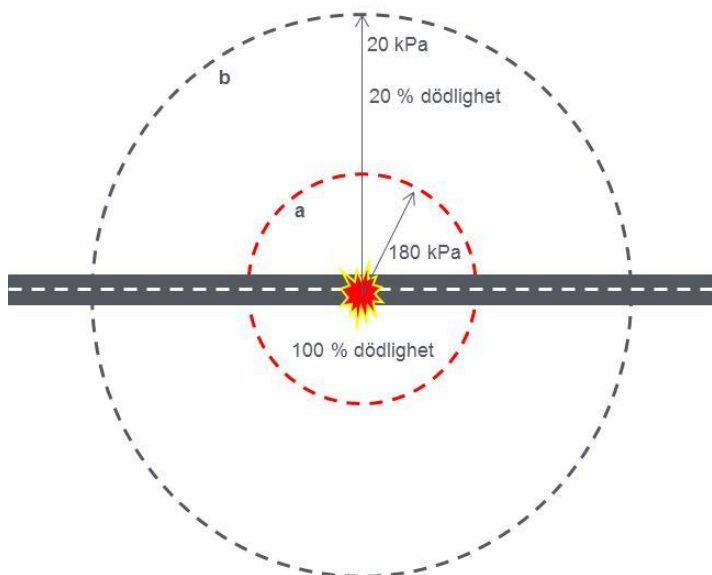
Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) [47].

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splitterverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splitterverkan vara försumbart. Vad gäller trycknivåer, och de direkta skador som de ger upphov till, går gränsen för lungskador vid omkring 70 kPa och direkt dödliga skador kan uppkomma vid 180 kPa [48]. Dessa värden avser dock direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet, och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa. 20 kPa bedöms vara ett representativt medelvärde för när byggnader skadas.

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

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

Skadeverkan vid varje explosionsscenario har därför delats upp i två delkonsekvenser, a och b, beroende på avstånd till trycknivåerna 180 respektive 20 kPa enligt Figur 15.



Figur 15. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [49] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 8. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 8. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av ADR-S klass 1 gods. Explosionen antas vid vägtransport vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstöt vågen.

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

D.4. ADR-S KLASS 2 – GASER

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

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

D.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* [50] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [10] för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 9. Framräknad läckagestorlek för gasol.

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

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

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

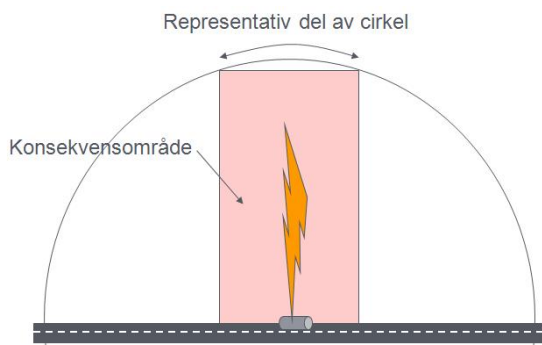
D.6. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Våda utsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [48]. Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

D.7. JETFLAMMA

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

Konsekvenserna av en jetflamma har beräknats utifrån exempel 11.3.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [48], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [51] används sedan för att beräkna ett riskavstånd dit 50 % antas få dödliga skador av strålningen inom tiden $t = 10$ s. För frekvensreducering med hänsyn till att en jetflammas konsekvensområde inte är cirkulärt används en metod med en representativ del av en cirkel, enligt Figur 16.



Figur 16. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

D.8. GASMOLNSEXPLSION

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 [50] används för spridningsberäkningarna där avståndet till halva den undre brännbarhetsgränsen beräknas. Detta avstånd beräknas 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 16.

D.9. KONSEKVENSAVSTÅND ADR-S RISKGRUPP 2.1

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

– BLEVE	170 meter
– Liten jetflamma	5 meter
– Medelstor jetflamma	17 meter
– Stor jetflamma	73 meter
– Gasmolnsexplosion	42 meter

D.10. ADR-S RISKGRUPP 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmen *Spridning Luft* och med *ALOHA* för totalt 6 scenarierna enligt

Tabell 10. Redovisat konsekvensavstånd för respektive scenario utgörs genomgående av det högre värdet från simulering med de båda programmen. Indata till beräkningarna utgörs av underlag enligt Bilaga C och med en ytråhet på 0,5 m.

Tabell 10. Konsekvens avstånd för plym med giftig gas.

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

D.11. ADR-S KLASS 3

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m². Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [27] [52].

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 [27]. I Tabell 11 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 11. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m²) för olika pölstorlekar.

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

D.12. ADR-S KLASS 5

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

D.12.1.1. EXPLOSION

Konsekvenserna av en explosion i en last med ammoniumnitrat beror till stor del på mängden som deltar i explosionen. I de flesta fall kan man anta att det är tillgången på organiskt material (exempelvis fordonsbränsle) som är den begränsande faktorn. En normal lastbil antas medföra 400 liter diesel i tanken, vilket leder till att en ammoniumnitrat/dieselblandning kan bildas, som motsvarar upp till 4,1 ton trotyl [44]. Utifrån detta används sedan 4,1 ton trotyl som dimensionerande explosion för dessa scenarier, med samma beräkningsmetod som används för explosioner i klass 1.

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

D.12.1.2. BRAND

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

BILAGA E. KÄNSLIGHETSANALYS

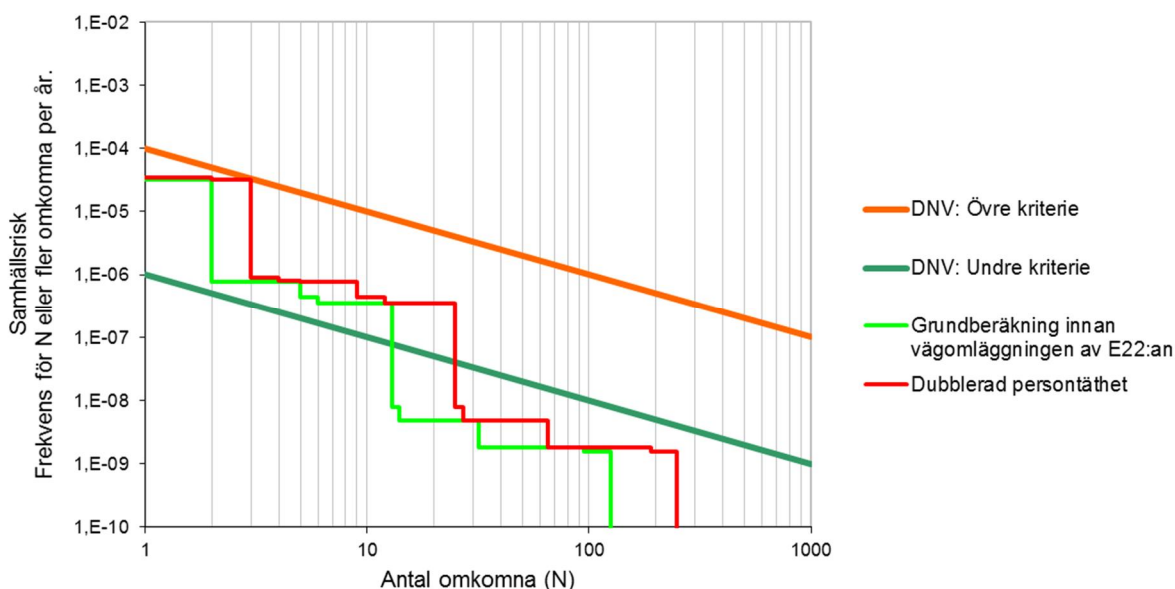
Känslighetsanalys har utförts för ett antal parametrar som bedömts vara särskilt viktiga för det specifika projektet och har delats upp i tiden innan samt efter vägomläggningen av E22:an.

E.1. KÄNSLIGHETSANALYSER FÖR TIDEN INNAN VÄGOMLÄGGNINGEN

I detta avsnitt redovisas de känslighetsanalyserna som har genomförts för tiden innan vägomläggningen av E22:an.

E.1.1 Dubblerad persontäthet

Persontätheten är ett ingångsvärde som medför vissa osäkerheter då denna kan variera över tid. Därför har en känslighetsanalys undersökt hur risknivåerna för tiden innan vägomläggningen av E22:an påverkas av en fördubblad persontäthet. Persontätheten påverkar enbart samhällsrisk.

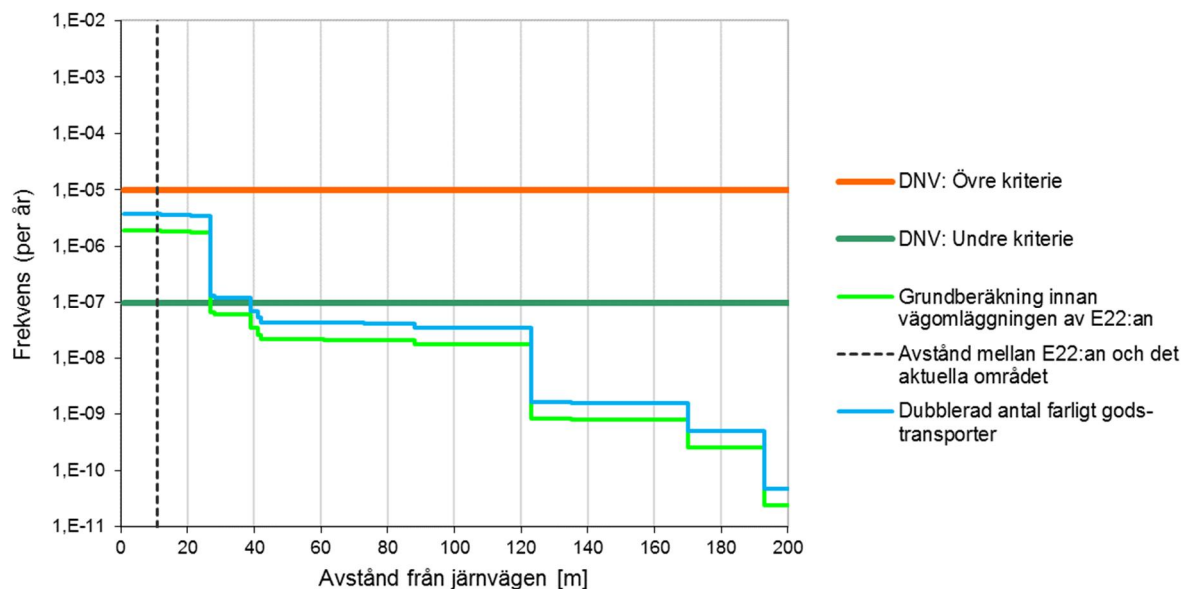


Figur 17. Känslighetsanalys av samhällsrisk då persontätheten fördubblas.

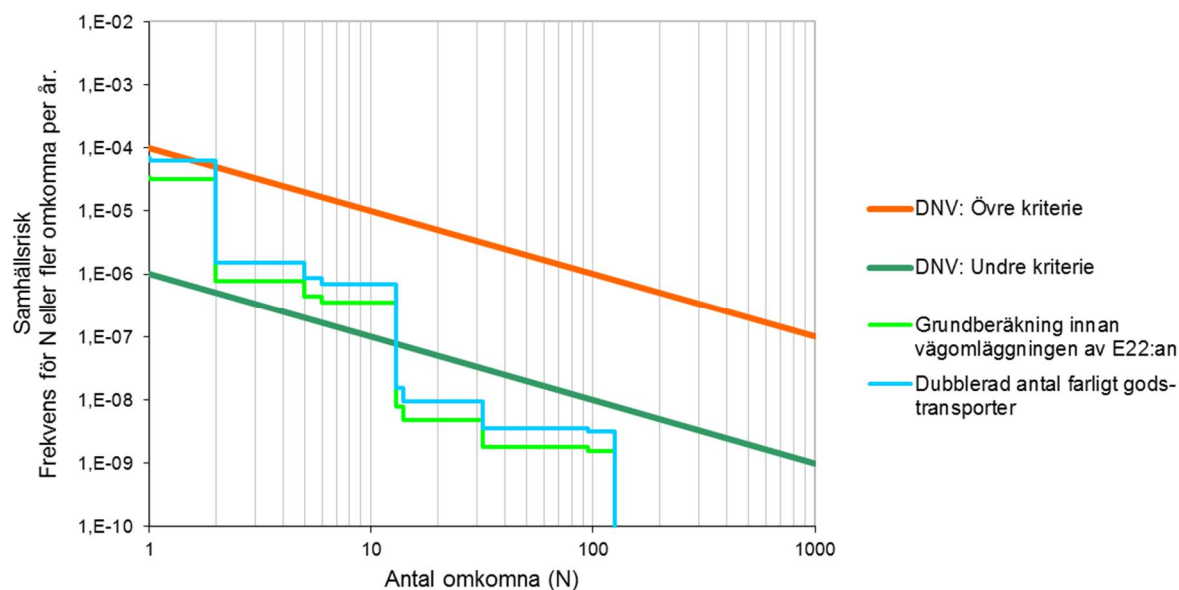
Känslighetsanalysen indikerar att samhällsrisk är något känslig för ökning i persontätheten, men att även om persontätheten skulle fördubblas innan vägomläggningen av E22:an så skulle trots det risknivåerna ligga under oacceptabla nivåer.

E.1.2 Dubblerat antal farligt gods-transporter

Antalet farligt gods-transporter är ett ingångsvärde som medför osäkerheter då dessa varierar med tid och efterfrågan av transporterna. Det finns även ingen lokal statistik för det aktuella området utan nationell statistik har använts för tiden innan vägomläggningen av E22:an. I denna känslighetsanalys undersöks hur risknivåerna för tiden innan vägomläggningen av E22:an påverkas av ett fördubblat antal transporter med farligt gods. Detta ingångsvärde påverkar både individ- och samhällsrisknivåerna.



Figur 18. Känslighetsanalys av individrisken då antalet transporter av farligt gods fördubblas.



Figur 19. Känslighetsanalys av samhällsrisk då antalet transporter av farligt gods fördubblas.

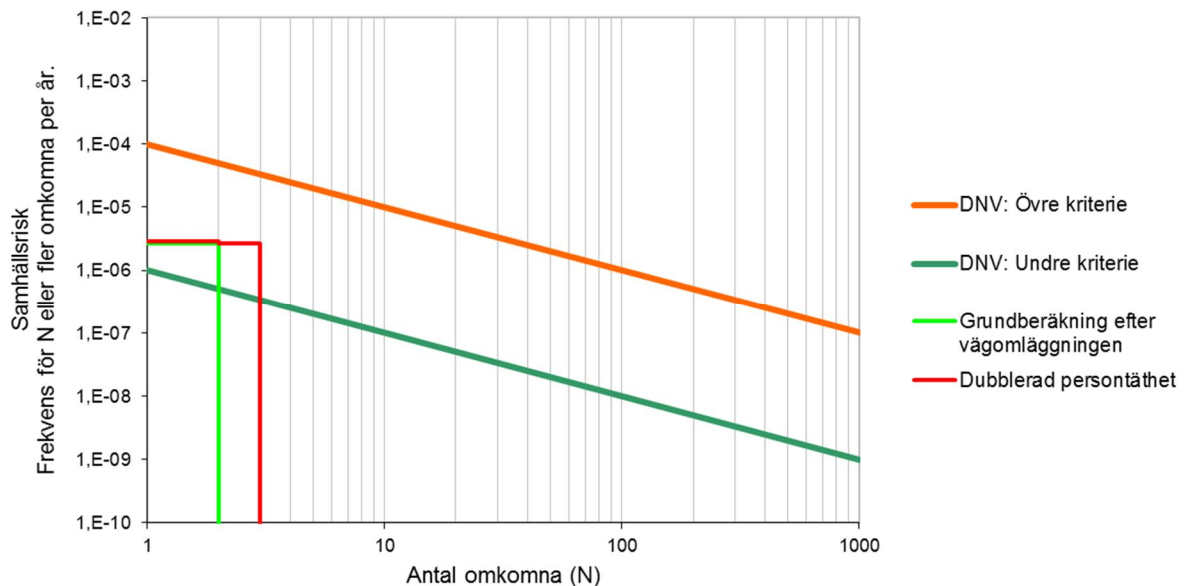
Resultaten pekar på att risknivåerna (både individ- och samhällsrisknivåerna) är tämligen okänsliga för denna ökning i transporterna av farligt gods i förhållande till DNV:s kriterier. Dock medför den höga samhällsrisknivån i grundberäkningarna att samhällsrisk hamnar på gränsen till oacceptabla risknivåer. Dock bör det noteras att ett fördubblat antal farligt gods-transporter utgör en extrem ökning av transporterna, varpå resultatet av denna känslighetsanalys bör vara att risknivåerna är tämligen okänsliga för ökningar i antalet transporter. Vidare även att risknivån avseende farligt gods förbi det aktuella området är förhöjt för tiden fram tills vägomläggningen av E22:an.

E.2. KÄNSLIGHETSANALYSER FÖR TIDEN EFTER VÄGOMLÄGGNINGEN

I detta avsnitt redovisas de känslighetsanalyserna som har genomförts för tiden efter vägomläggningen av E22:an.

E.2.1 Dubblerad persontäthet

Persontätheten är ett ingångsvärde som medför vissa osäkerheter då denna kan variera över tid. Därför har en känslighetsanalys undersökt hur risknivåerna för tiden efter vägomläggningen av E22:an påverkas av en fördubblad persontäthet. Persontätheten påverkar enbart samhällsrisk, var på enbart samhällsrisk presenteras nedan.

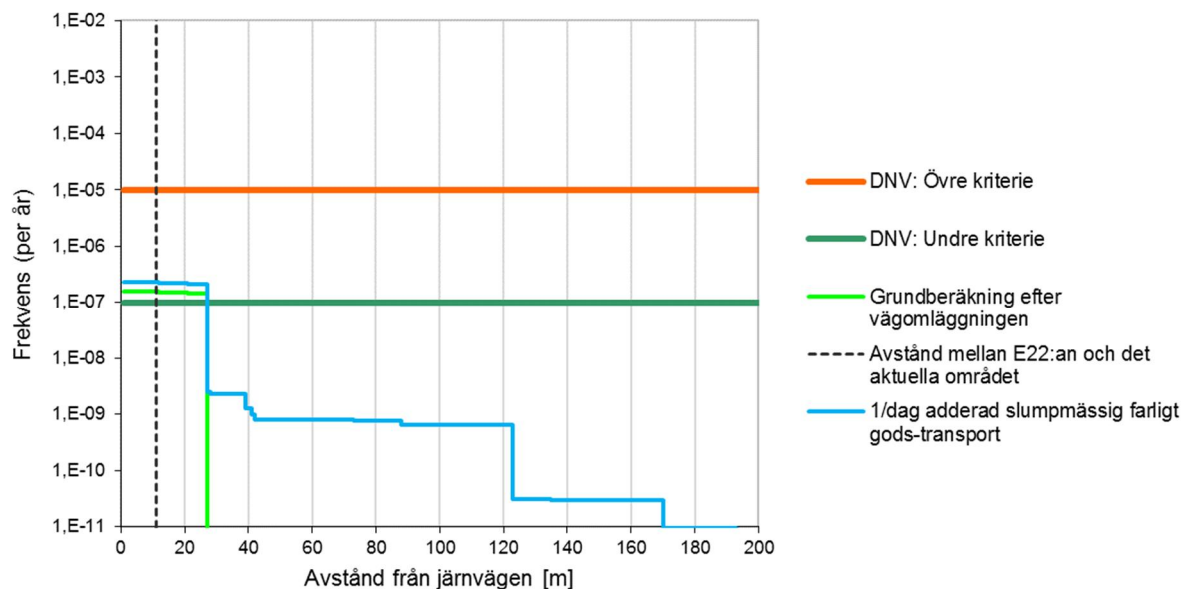


Figur 20. Känslighetsanalys av samhällsrisk då persontätheten fördubblas.

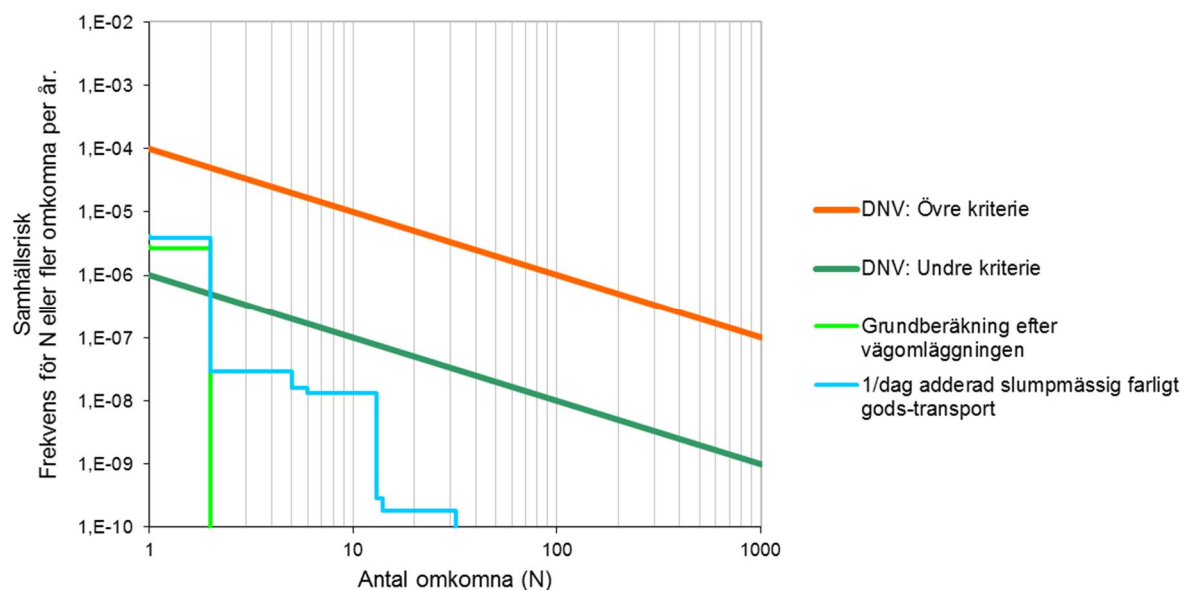
Känslighetsanalysen indikerar att samhällsrisk är något känslig för ökning i persontätheten, men att även om persontätheten skulle fördubblas efter vägomläggningen av E22:an så skulle trots det risknivåerna ligga kvar i den undre halvan av ALARP-området.

E.2.2 1/dag adderad slumpmässig farligt gods-transport

Antalet farligt gods-transporter är ett ingångsvärde som medför osäkerheter då dessa varierar med tid och efterfrågan av transporter. Det finns även ingen lokal statistik för det aktuella området utan baserat på Söderköpings kommuns översiktsplan [8], samt kartstudier bedöms fyra bensinstationer finnas kvar inne i Söderköping i behov av farligt gods-transporter (av klass 3). För att ta höjd för eventuella framtida transporter av andra klasser av farligt gods, samt att lastbilschaufförer råkar köra fel, har en transport om dagen adderats till risknivåerna för tiden efter vägomläggningen av E22:an. Denna adderade transport har antagit samma fördelning mellan de olika farligt gods-klasserna som gäller för farligt gods-transporterna nationellt. Denna adderade transport av farligt gods påverkar både individ- och samhällsrisknivåerna.



Figur 21. Känslighetsanalys av individrisken då en transport av farligt gods om dagen har adderats som har samma fördelning mellan de olika farligt gods-klasserna som transport av farligt gods nationellt har.



Figur 22. Känslighetsanalys av samhällsrisken då en transport av farligt gods om dagen har adderats som har samma fördelning mellan de olika farligt gods-klasserna som transport av farligt gods nationellt har.

Resultatet av denna känslighetsanalys pekar på att risknivåerna för tiden efter vägomläggningen av E22:an är tämligen okänsliga för tillfälligt förekommande transporter av andra farligt gods klasser efter vägomläggningen av E22:an. En marginellt högre risknivå inom ALARP-området erhålls, och några olycksscenarier tillkommer (dock ligger dessa tillkomna olycksscenarier inom acceptabla risknivåer).

BILAGA F. REFERENSER

- [1] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4," Länsstyrelsen i Stockholms län - Enheten för samhällsskydd och beredskap, Stockholm, 2016.
- [2] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer," 2000.
- [3] L. Josefsson, *Underlag via mail från beställare*, 2017-12-21 och 2018-01-10.
- [4] Trafikverket, "Samrådshandling - E22 Förbi Söderköping inkl. väg 210 Skärgårdslänken," Trafikverket, Borlänge, 2016.
- [5] Trafikverket, "NVDB på webb," Trafikverket, [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>. [Använd 19 04 2018].
- [6] Trafikverket, "Vägtrafikflödeskartan," Trafikverket, [Online]. Available: <http://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation#>. [Använd 19 04 2018].
- [7] Statistiska centralbyrån (SCB), "Statistikdatabasen," Statistiska centralbyrån (SCB), [Online]. Available: http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__BE__BE0101__BE0101C/BefattatkvkmT/table/tableViewLayout1/?rxid=550aad19-b787-4e45-a4cb-bdc745a6f72d. [Använd 19 04 2018].
- [8] Söderköpings kommun, "Översiktsplan - Prioriteringar för hållbar utveckling 2015-2030," Söderköpings kommun, 2015.
- [9] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [10] Räddningsverket, Statens räddningsverk, 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] B. Mattsson, *Riskhantering vid skydd mot olyckor*, Karlstad: Räddningsverket, 2000.
- [16] Räddningsverket, *Handbok för riskanalys*, Karlstad: Räddningsverket, 2003.
- [17] F. Nystedt, *Riskanalysmetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
- [18] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [19] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [20] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.

- [21] TRAFI, "Lastbilstrafik 2009-2015 Swedish national and international road goods transport," Trafikanalys, 2015.
- [22] M. Gustavsson, *Muntligen 2008-01-10*, Räddningsverket, 2008.
- [23] H. Ingasson, A. Bergqvist, A. Lönnermark, H. Frantzich och K. Hasselrot, Statens Räddningsverk, 2005.
- [24] SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [25] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [26] PIARC, PIARC - World Road Association, 1999.
- [27] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [28] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [29] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [30] T. Daggård, *Muntligen 2010-01-11*, Orica Services Nora, 2008.
- [31] T. Pålsson, *Muntligen 2008-01-09*, Scanexplo EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
- [32] MSB, *Trafikflöde på väg [Elektronisk]. Hämtad 2010-08-11*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
- [33] Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik, *Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB*, 2007.
- [34] P. Jansson, *Muntligen 2008-01-16*, 2008.
- [35] S. Halmemies, Räddningsverket, 2000.
- [36] J. Wahlqvist, *Muntligen 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [37] 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.
- [38] R. Lindström, *Muntligen: 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [39] T. Gammelgård, *Muntligen: 2010-07-09*, OKQ8, 2010.
- [40] SPI, *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08*, Svenska Petroleum Institutet, 2010.
- [41] 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.
- [42] L.-H. Karlsson, *Muntligen: 2008-03-18*, Yara International ASA, Köping, 2008.

- [43] J. Magnusson, *Muntligen 2008-03-18*, FOI, Tumba, 2008.
- [44] R. Forsén, FOI, 2009.
- [45] VROM, Ministerier van VROM, 2005.
- [46] J. Havai, *Muntligen 2008-04-18*, Yara AB, Köping, 2008.
- [47] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [48] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [49] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [50] MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
- [51] CCPS, Center for Chemical Process Safety, 1999.
- [52] BBR, Boverket, 2006.
- [53] C. K. Söderköping, Interviewee, *Tel: 0121 - 105 94*. [Intervju]. 25 04 2018.
- [54] S. i. Söderköping, Interviewee, *Tel: 0121 - 102 12*. [Intervju]. 25 04 2018.
- [55] O. Söderköping, Interviewee, *Tel: 0121 - 127 60*. [Intervju]. 25 04 2018.
- [56] S. i. Söderköping, Interviewee, *Tel: 011 - 19 83 78*. [Intervju]. 25 04 2018.



UPPDRAGSNAMN
Riskbedömning Kv Timmermannen nummer 6 och 8,
Söderköping

UPPDRAGSNUMMER
10263056

FÖRFATTARE
Johan Björck

DATUM
2018-04-26

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 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. 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

