

V259 Tvärförbindelse Södertörn

TSK01
Framtagande av Vägplan

Rapport
Riskanalys Tunnelsäkerhet

SYSTEMHANDLING
2019-11-15

0S140003.doc

Rev	Ant	Ändring avser	Godkänd	Datum

Granskare	Godkänd av	Ort	Datum
Lotta Fredholm	Eva Öberg	Stockholm	2019-11-15

Objektnamn	V259 Tvärförbindelse Södertörn
Entreprenadnummer	TSK01
Entreprenadnamn	Framtagande av Vägplan
Beskrivning 1	Rapport
Beskrivning 2	Riskanalys Tunnelsäkerhet
Beskrivning 3	
Beskrivning 4	
Granskningsstatus	GODKÄND
Diarienummer	
Konstruktionsnummer	
Objektnummer	145326
Plantyp	
Handlingstyp	SYSTEMHANDLING
Företag	Tyréns AB
Författare/Konstruktör	Niklas Smedberg, Max Gunnarsson, Anna-Maria Ejrup
Externnummer	260805



Innehåll Tryck F9 för att uppdatera innehållsförteckning

1	Sammanfattning	6
2	Inledning	9
2.1	Bakgrund	9
2.2	Objektsbeskrivning	9
2.3	Syfte och mål	10
2.4	Metod	11
2.5	Omfattning	12
2.6	Förutsättningar enligt lagkrav	12
2.7	Förutsättningar enligt säkerhetskoncept	13
2.8	Underlagsmaterial	14
2.9	Läsanvisning	14
3	Förutsättningar	15
3.1	Utformning av tunnlar	15
3.2	Trafik	15
3.3	Transporter av farligt gods	16
4	Analyserade olycksscenarier	17
4.1	Brand i fordon	17
4.2	Olyckor med transporter av farligt gods	18
5	Tillämpade olycksfrekvenser	19
5.1	Trafikolyckor	19
5.2	Bränder i fordon	19
5.3	Olyckor med transporter av farligt gods	21
6	Beskrivning av händelseträdsmodellen	23
6.1	Händelseträd för trafikolycka	23
6.2	Händelseträd för brand till följd av fordonsdefekt	23
6.3	Exempel på utformning av händelseträd	24
6.4	Exempel på uppdelningen av grenar i ett händelseträd	25
7	Frekvenser och sannolikheter	26
7.1	Frekvenser för inledande händelser	26
7.1.1	Trafikolycka	26
7.1.2	Brand i fordon till följd av fordonsdefekt	26
7.2	Sannolikheter i händelseträdet för trafikolycka	27
7.2.1	Trafiksituation	27
7.2.2	Olyckskategori	27
7.2.3	Fordonskategori	27
7.2.4	Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter	27
7.2.5	ADR-fördelning	28
7.2.6	Fordon fattar eld vid olyckan	28
7.2.7	Branden släcks i tidigt skede	28
7.2.8	Brandspridning till last med farligt gods	28

7.2.9	Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen	28
7.3	Sannolikheter i händelseträdet för brand till följd av fordonsdefekt	31
7.3.1	Trafiksituation	31
7.3.2	Fordonskategori.....	31
7.3.3	Godskategori/Brand utgör hot mot trafikant	31
7.3.4	ADR-fördelning	31
7.3.5	Branden släcks i tidigt skede.....	32
7.3.6	Brandspridning till last med farligt gods	32
7.3.7	Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen	32
7.4	Sannolikheter i händelseträdet för farligt gods	33
7.4.1	ADR-klass 1.....	33
7.4.2	ADR-klass 2	35
7.4.3	ADR-klass 3	37
7.4.4	ADR-klass 4	38
7.4.5	ADR-klass 5.....	38
7.5	Sannolikheter i händelseträdet för skyddsbarriärer	39
7.5.1	Detektionssystemet fungerar	39
7.5.2	Personalen i vägtrafikcentralen, VTC, agerar korrekt	39
7.5.3	Trafikavvecklingen fungerar	39
7.5.4	Brandventilationssystemet fungerar	39
7.5.5	Brandbekämpningssystemet fungerar	40
7.5.6	Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen	40
8	Konsekvensbedömningar	42
8.1	Brand i fordon.....	42
8.1.1	Brandbekämpningssystemet fungerar	42
8.1.2	Brandbekämpningssystemet fungerar ej	42
8.2	Olyckor som innefattar farligt gods.....	43
8.2.1	ADR-klass 1.....	43
8.2.2	ADR-klass 2	44
8.2.3	ADR- klass 3.....	45
8.2.4	ADR-klass 4	46
8.2.5	ADR-klass 5.....	46
9	Beräkningsresultat.....	48
9.1	Redovisning av PLL-tal	48
9.2	Redovisning av FN-diagram	49
9.2.1	FN-diagram för Masmotunneln	49
9.2.2	FN-diagram för Glömstatunneln.....	49
9.2.3	FN-diagram för Flemingsbergstunneln	50
10	Osäkerheter	51
10.1.1	Valet av olyckskvot för trafikolyckor	51
10.1.2	Valet av brandfrekvens avseende brand till följd av fordonsdefekt.....	51
10.1.3	Underlag avseende andelen transporter av farligt gods.....	51
10.1.4	Nationell respektive regional ADR-fördelning	51
10.1.5	Trafikavveckling	52
10.1.6	Alternativa drivmedel.....	52
11	Slutsatser	54
11.1	Förväntad risknivå utifrån tunnlarnas utformning.....	54
11.1.1	Risikpåverkande faktorer för respektive tunnel	54
11.2	Förväntat antal olyckor i respektive tunnel	55
11.2.1	Antal fordonsbränder	55
11.2.2	Antal olyckor med transporter av farligt gods	56
11.3	Redovisning av samhällsrisk.....	56
11.3.1	Redovisning av PLL-tal	56

11.3.2	Jämförelse av PLL-tal mot referensprojekt	56
11.3.3	Redovisning i FN-diagram	57
11.3.4	Diskussion om kommande säkerhetsmål	58
11.4	Känslighetsanalys	59
11.4.1	Olyckskvot	59
11.4.2	Brandfrekvens	59
11.4.3	ADR-fördelning	60
11.4.4	Trafikavveckling – Sannolikheten för kö	60
11.4.5	Andel transporter med farligt gods	60
11.4.6	Personbelastning	60
11.4.7	Slutsats känslighetsanalys	61
12	Litteraturförteckning	62
13	Bilaga A – Förutsättningar	64
13.1	Trafikprognoser	64
13.2	Personbelastning	65
13.2.1	Masmotunneln	65
13.2.2	Glömstatunneln	66
13.2.3	Flemingsbergstunneln	66
13.3	Transporter av farligt gods	66
13.3.1	Klassificering av farligt gods	66
13.3.2	ADR-fördelning	68
14	Bilaga B - Beskrivning av händelseträdsmodellen	70
14.1	Händelseträd för trafikolycka	70
14.2	Händelseträd för brand till följd av fordonsdefekt	71
14.3	Händelseträd för farligt gods	71
14.3.1	Fordon fattar eld vid trafikolycka	71
14.3.2	Fordon fattar inte eld vid trafikolycka	72
14.3.3	Brand till följd av fordonsdefekt	72
14.3.4	ADR-klass 1	72
14.3.5	ADR-klass 2	73
14.3.6	ADR-klass 3	74
14.3.7	ADR-klass 4	74
14.3.8	ADR-klass 5	74
14.4	Händelseträd för skyddsbarriärer	75
15	Bilaga C - Frekvenser och sannolikheter	76
15.1	Frekvenser för inledande händelser	76
15.1.1	Trafikolycka	76
15.1.2	Brand i fordon till följd av fordonsdefekt	76
15.2	Sannolikheter i händelseträdet för trafikolycka	76
15.2.1	Trafiksituation	76
15.2.2	Olyckskategori	77
15.2.3	Fordonskategori	77
15.2.4	Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter	78
15.2.5	ADR-klasser	78
15.2.6	Fordon fattar eld vid olyckan	78
15.2.7	Branden släcks i tidigt skede	79
15.2.8	Brandspridning till last med farligt gods	80
15.2.9	Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen	80
15.3	Sannolikheter i händelseträdet för brand till följd av fordonsdefekt	82
15.3.1	Trafiksituation	82
15.3.2	Fordonskategori	82
15.3.3	Godskategori/Brand utgör hot mot trafikant	82
15.3.4	ADR-klass	82

15.3.5	Branden släcks i tidigt skede.....	82
15.3.6	Brandspridning till last med farligt gods	83
15.3.7	Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen	83
15.4	Sannolikheter i händelseträdet för farligt gods	84
15.4.1	ADR-klass 1.....	84
15.4.2	ADR-klass 2	87
15.4.3	ADR-klass 3	89
15.4.4	ADR-klass 4	90
15.4.5	ADR-klass 5.....	90
16	Bilaga D - Konsekvensbedömningar.....	92
16.1	Bakomliggande faktorer till konsekvensbedömningarna	92
16.2	Brand i fordon.....	92
16.2.1	Brandbekämpningssystemet fungerar	93
16.2.2	Brandbekämpningssystemet fungerar ej	93
16.3	Olyckor som innefattar farligt gods.....	95
16.3.1	ADR-klass 1.....	95
16.3.2	ADR-klass 2	95
16.3.3	ADR-klass 3	98
16.3.4	ADR-klass 4	99
16.3.5	ADR-klass 5.....	99
17	Bilaga E - Känslighetsanalys	102
17.1	FN-diagram för känslighetsanalys	102
17.1.1	Trafikavvecklingens påverkan	102
17.1.2	Beräkningsresultat utifrån olika brandfrekvenser	103
17.1.3	Beräkningsresultat utifrån olika olyckskvoter	105
17.1.4	Beräkningsresultat utifrån olika personbelastningar.....	106
17.1.5	Beräkningsresultat utifrån olika andelar med farligt gods	109
17.1.6	Beräkningsresultat utifrån nationell ADR-fördelning	110
17.2	Brand i fordon.....	111
17.2.1	Brandbekämpningssystemet fungerar	111
17.2.2	Brandbekämpningssystem fungerar ej.....	113
17.3	Olyckor som innefattar farligt gods.....	116
17.3.1	ADR-klass 1.....	116
17.3.2	ADR-klass 2	117
17.3.3	ADR-klass 3	120
17.3.4	ADR-klass 4	123
17.3.5	ADR-klass 5.....	124

1 Sammanfattning

En riskanalys avseende tunnelsäkerhet har tagits fram inom Tvärförbindelse Södertörn och denna sammanfattning beskriver arbetet och beräkningsresultat.

Tunnelanläggningarna inom Tvärförbindelse Södertörn och deras längder förväntas bli följande:

- Masmotunneln, 0,8 km
- Glömstatunneln, 1,1 km
- Solgårdstunneln, 0,2 km
- Flemingsbergstunneln, 3,1 km

Samtliga tunnlar inom Tvärförbindelse Södertörn kategoriseras som tunnelklass TA, enligt Trafikverkets klassificering i TDOK 2016:0231 (Trafikverket, 2016).

I enlighet med 10 § SFS nr. 2006:421 (Infrastrukturdepartementet, 2006) ska en riskanalys genomföras för tunnlar som överstiger 500 meter samt ifall transporter av farligt gods är tillåtet i tunnelarna. Solgårdstunneln har därför inte beaktats i riskanalysen. Dock har utvalda säkerhetsåtgärder vidtagits även för Solgårdstunneln.

Ett säkerhetskoncept, (Tyréns AB, 2019) har upprättats enligt TDOK 2016:0231 och tar sin ansats i funktionskrav för personsäkerhet angivna i gällande regelverk. I samband med framtagande av säkerhetskonceptet har referensprojekten E4 Förbifart Stockholm samt Norra länken tillämpats. Utifrån riskanalysen är det möjligt att uppskatta olyckskonsekvenserna med beaktande av valt säkerhetskoncept, identifiera de största bidragen till den totala risknivån samt identifiera behovet av riskreducerande åtgärder.

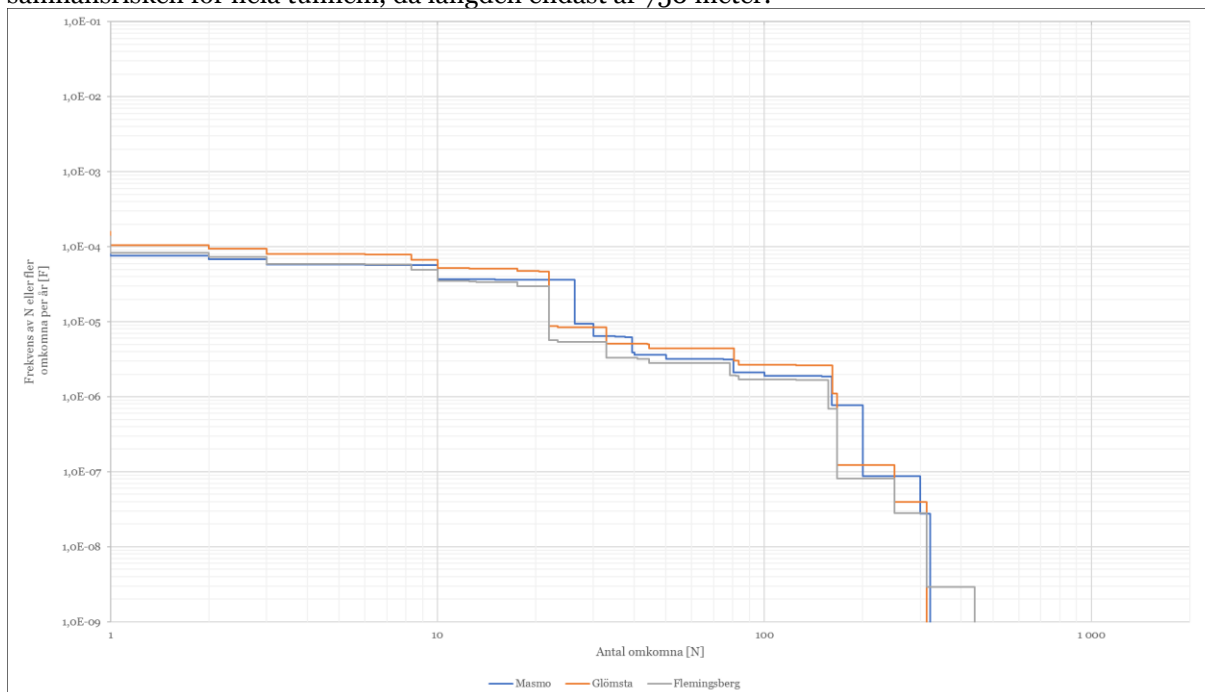
Den metod som har använts är en kvantitativ riskanalys med ett liknande upplägg som i E4 Förbifart Stockholm (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011). Trafikprognoser inom Tvärförbindelse Södertörn (Tyréns AB, 2019) utgör underlag och är framtagna för prognosåret 2045. Brandfrekvenser är hämtade från fransk referenslitteratur (Centre d'Études des Tunnels (Tunnel Study Centre), 2003). En händelseträdmodell har använts och utgår från upplägget som använts inom E4 Förbifart Stockholm. Konsekvensuppskattningar har delvis baserats på konsekvensanalyserna utförda inom E4 Förbifart Stockholm (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2010a).

I Tabell 1.1 redovisas risknivåerna i form av PLL-tal, Potential Loss of Life, för olika typer av olycksscenarier i respektive tunnel inom Tvärförbindelse Södertörn.

Tabell 1.1 PLL-tal för olika olycksscenarier i respektive tunnel inom Tvärförbindelse Södertörn.

Olycksscenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergs-tunneln	Totalt
Trafikolycka, endast för jämförelse	$1,8 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-2}$	$9,2 \times 10^{-2}$
Brand till följd av fordonsdefekt	$5,6 \times 10^{-4}$	$7,1 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-3}$
Brand till följd av trafikolycka	$2,8 \times 10^{-5}$	$4,0 \times 10^{-5}$	$6,7 \times 10^{-5}$	$1,4 \times 10^{-4}$
Olycka som innefattar farligt gods	$1,4 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-3}$	$6,6 \times 10^{-3}$
Totalt, exklusive trafikolycka	$2,0 \times 10^{-3}$	$2,7 \times 10^{-3}$	$5,4 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-2}$

I Figur 1-1 redovisas riskprofilerna för tunnelarna inom Tvärförbindelse Södertörn. Samhällsriskerna redovisas per tunnelkilometer för Glömsta- och Flemingsbergstunnel. För Masmotunneln redovisas samhällsriskerna för hela tunneln, då längden endast är 750 meter.



Figur 1-1 Samhällsriskerna redovisade i form av F/N-diagram per tunnelkilometer för Glömsta- respektive Flemingsbergstunneln. För Masmotunneln redovisas samhällsriskerna för hela tunneln, då längden endast är 750 meter.

För tunnlar finns det i nuläget inga framtagna acceptanskriterier gällande trafikanter och därför har resultaten från riskanalysen jämförts med riskprofilerna från referensprojektet E4 Förbifart Stockholm.

Riskprofilerna för tunnarna inom Tvärförbindelse Södertörn är jämförbara med E4 Förbifart Stockholm, dock finns ett ökat riskbidrag från en större andel tung trafik samt högre andel transporter med farligt gods. Jämfört med Norra länken förväntas sannolikheten för köbildning i tunnarna inom Tvärförbindelse Södertörn vara lägre till följd av mindre komplexa tunnlar samt bättre förutsättningar för trafikavveckling utanför tunnarna. Detta medför att antalet personer som förväntas befinna sig nedströms olycksplatsen och därmed påverkas av brandgas blir lägre, vilket medför att konsekvenser för några av olycksscenarierna reduceras.

Riskanalysen bekräftar att andelen transporter med farligt gods motiverar installationen av ett brandbekämpningssystem i syfte att reducera konsekvenserna från olyckor som innefattar brand i fordon respektive olyckor med transporter av farligt gods.

För att utreda hur olika osäkerheter avseende parametrar, påverkar riskprofilerna för respektive tunnel har en känslighetsanalys genomförts. Sammantaget påverkar förändringen av brandfrekvensen den totala frekvensen för samtliga händelser mest. Denna förändring påverkar dock främst olycksscenario där ett fåtal trafikanter omkommer. Förändringarna av olyckskvot, sannolikheten för kö nedströms olycksplatsen, fördelningen mellan ADR-klasser respektive andelen transporter av farligt gods påverkar den totala frekvensen för samtliga olycksscenario i liten utsträckning.

Projektet följer utvecklingen gällande problemställningen med alternativa drivmedel och avvaktar fortsatt forskning och utveckling. Dock beaktas konsekvenser till följd av olyckor som innefattar CNG-bussar i konsekvensbedömningarna.

2 Inledning

I detta inledande kapitel ges en kort beskrivning av projekt Tvärförbindelse Södertörn och varför en riskanalys för tunnelsäkerhet har upprättats.

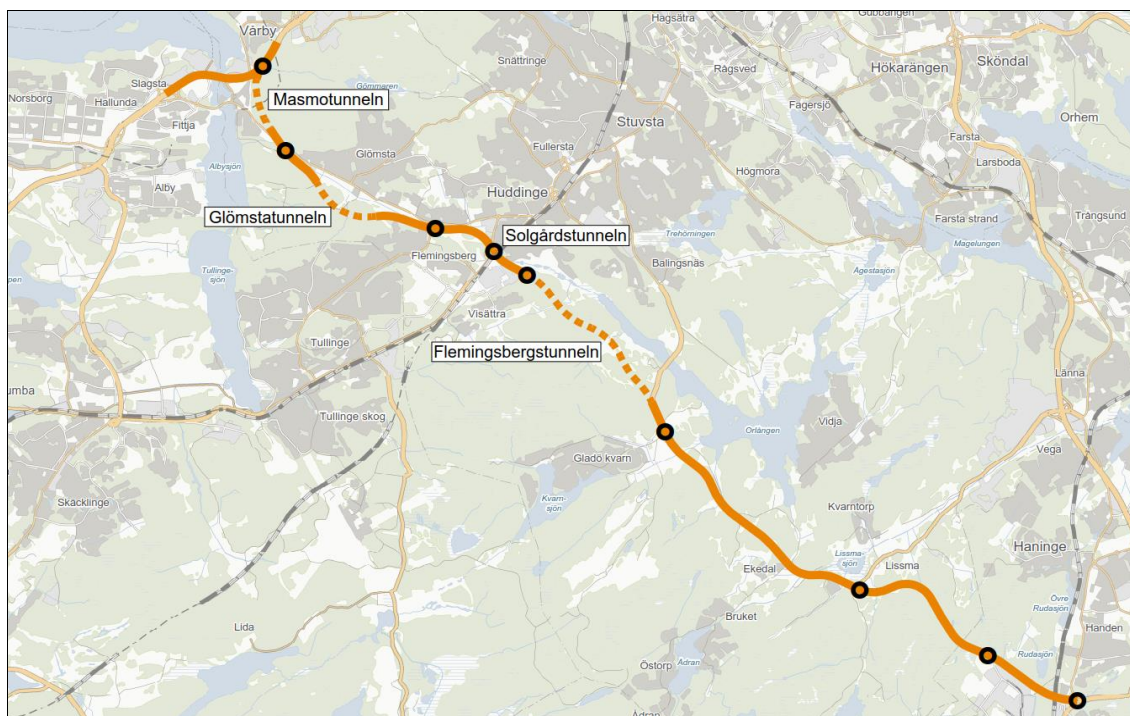
2.1 Bakgrund

Projektet Tvärförbindelse Södertörn syftar till anläggningen av en ny vägförbindelse mellan väg E4/E20 vid Kungens Kurva och via Flemingsberg till väg 73 vid Haninge. Vägsträckningen ska tillsammans med E4 Förbifart Stockholm och Norrortsleden förbättra förbindelsen mellan Södertörnskommunerna Huddinge och Haninge med de nordliga delarna av Stockholms län. Delar av den planerade vägsträckningen kommer att vara förlagd under mark, fördelat på fyra olika trafiktunnlar; Masmotunneln, Glömstatunneln, Solgårdstunneln respektive Flemingsbergstunneln. Detta minimerar miljöpåverkan i befintliga naturreservat och skogar med stora värden för natur, rekreation och kulturmiljö lokaliserade i sträckningen och skapar samtidigt förutsättningar för framtida stadsutveckling.

Tunnlar är komplexa anläggningar ur flera perspektiv. Ur ett personsäkerhetsperspektiv är det extra viktigt att analysera olyckor som kan inträffa i tunnlar då dessa kan ge större och/eller andra typer av konsekvenser än för motsvarande olyckor på vägnätet ovan mark. Personsäkerhet i tunnelanläggningar är en viktig del av projekteringen för Tvärförbindelse Södertörn. Trafikverkets mål är att tunnelanläggningarna ska uppfylla gällande lagstiftning samt egna fastställda krav. Trafikverket har tidigare projekterat flertalet komplexa tunnelanläggningar där omfattande utredningar kring tunnelsäkerhet för trafikanter har genomförts. I Trafikverkets projekt E4 Förbifart Stockholm har ett riskanalyskoncept för personsäkerhet i tunnlar utarbetats. Detta projekt utgör referensprojekt för Tvärförbindelse Södertörn och det tidigare riskanalyskonceptet kommer att ligga till grund för genomförandet av denna riskanalys. Riskanalysen utförs dock utifrån lokala förutsättningar för Tvärförbindelse Södertörns tunnelanläggningar.

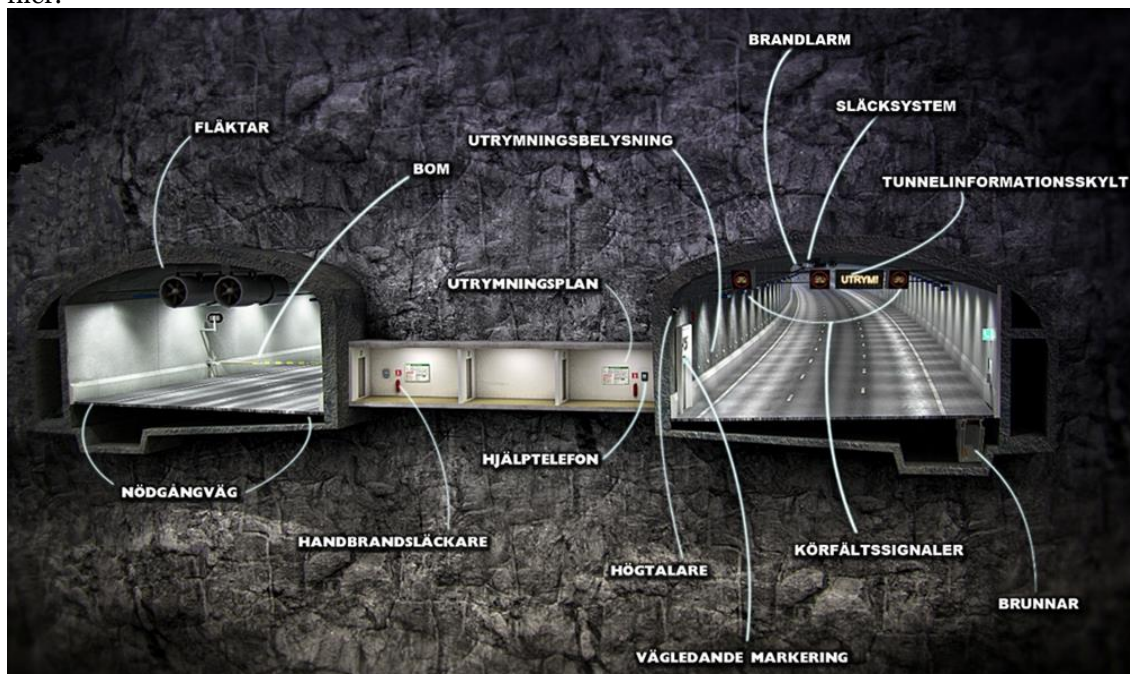
2.2 Objektsbeskrivning

Den nya vägsträckningen är en cirka 25 km lång trafikled som ska binda samman väg E4/E20 och väg 73 vid Haninge centrum. Delar av vägsträckningen kommer att passera under mark i fyra tunnelanläggningar med en total längd på cirka 5 km. Streckade linjer i Figur 2-1 visar tunnelanläggningarnas lokalisering i den planerade vägsträckningen.



Figur 2-1 Lokaliseringen av Tvärförbindelse Södertörns tunnelanläggningar.

I Figur 2-2 redovisas en principskiss i form av en sprängskiss för säkerhetskoncept i en tunnel med tre filer.



Figur 2-2 Principskiss i form av sprängskiss för säkerhetskoncept i en tunnel med tre filer (Trafikverket, 2011).

2.3 Syfte och mål

Syftet med riskanalysen är att utgöra ett underlag för beslut gällande införandet av åtgärder som säkerhetskonceptet belyser för att kunna säkerställa en acceptabel risk- och säkerhetsnivå.

Målet med riskanalysen är att redogöra för den förväntade risknivån för projektets tunnelanläggningar under driftskede för olycksscenarierna brand i fordon och/eller olyckor med farligt gods. Riskanalysen studerar olika olycksscenarier i Tvärförbindelse Södertörns tunnelanläggningar med hänsyn till trafikanters hälsa och säkerhet ur ett risk- och säkerhetsperspektiv. Riskanalysen utgör även ett underlag till projektering respektive MKB.

2.4 Metod

Riskanalysen baseras på tidigare utarbetade risk- och konsekvensanalyser för Trafikverkets projekt E4 Förbifart Stockholm (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011) (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2010a) inom vilka omfattande analyser och utredningar kring personsäkerhet i tunnelanläggningar har utförts. Tunnlarna som ska anläggas inom Tvärförbindelse Södertörn liknar Förbifart Stockholms tunnelanläggningar när det gäller trafikförutsättningar och utformning.

Riskanalysen för referensprojektet E4 Förbifart Stockholm har analyserat olyckors omedelbara konsekvenser för personsäkerhet i tunnelanläggningar i driftskede och redogör för tunnelsystemens förväntade risknivå utifrån utformning och säkerhetskoncept. Riskanalysen baseras på händelseträdsmetodik, statistik, litteraturstudier, beräkningar och kvalitativa bedömningar. Detta arbetssätt tillämpas även i denna riskanalys.

Den metod som har använts är av typen kvantitativ riskanalys (Räddningsverket, 2003) (World Road Association (PIARC), 2012) med liknande upplägg som i E4 Förbifart Stockholm.

En händelseträdsmodell har använts och utgår från upplägget för E4 Förbifart Stockholm.

Sannolikheterna som har använts i händelseträden utgår delvis från uppgifter framtagna i samband med E4 Förbifart Stockholm men även relevant referenslitteratur, statistik och trafikprognos framtagen för Tvärförbindelse Södertörn avseende prognosåret 2045 (Tyréns AB, 2019).

Riskanalysen inleds med en genomgång av tidigare identifierade olycksscenarier framtagna för E4 Förbifart Stockholm och dessa bedöms därefter utifrån förutsättningarna för tunnlar inom Tvärförbindelse Södertörn i syfte att identifiera relevanta olycksscenarier. Uppgifter gällande trafikarbetet för vägsträckningen sammanställs dels genom inhämtning av statistiska trafikuppgifter dels genom inventering av närliggande verksamheters trafikflöden av farligt gods. Med utgångspunkt i referensprojektets bedömning av olycksfrekvenser för de olika scenarierna beräknas därefter olycksfrekvenserna för Tvärförbindelse Södertörn.

Därefter konstrueras händelseträdsmodellen. Händelseträdsmodellen bygger delvis på sannolikheter och konsekvensuppskattningar framtagna inom referensprojektet E4 Förbifart Stockholm. Dock har sannolikheter och konsekvenser justerats vid behov utifrån lokala förutsättningar inom Tvärförbindelse Södertörn. För sannolikheter gällande olyckor med farligt gods har en regional ADR-fördelning framtagen för Tvärförbindelse Södertörn tillämpats.

De riskreducerande säkerhetssystemen som har använts som barriärer i riskanalysen redovisas i ett separat händelseträd.

För att utreda hur olika osäkerheter, parametrar, påverkar riskprofilerna för respektive tunnel har en känslighetsanalys genomförts. I känslighetsanalysen har en parameter i taget ändrats samtidigt som resterande hålls konstanta.

Redovisning av beräkningsresultat och känslighetsanalyser sker i form av FN-diagram och PLL-tal.

2.5 Omfattning

Riskanalysen omfattar området Tunnelsäkerhet för tunnarna inom Tvärförbindelse Södertörn och kommer att utgöra en del av den säkerhetsdokumentation som senare utarbetas i enlighet med krav i lagen om säkerhet i vägtunnlar SFS 2006:418 (Infrastrukturdepartementet, 2006).

Riskanalysen belyser konsekvenserna av brand i fordon och olyckor med farligt gods till följd av antingen en trafikolycka eller en fordonsdefekt. Dessa karaktäriseras som plötsligt inträffade och oönskade händelser i Tvärförbindelse Södertörns trafiktunnlar under driftskedet. De risker som studeras utgör en delmängd av de så kallade tekniska olycksriskerna som identifierats i den övergripande riskinventeringen för driftskedet. Fokus ligger på att bedöma olyckornas omedelbara konsekvenser i ett personsäkerhetsperspektiv, det vill säga konsekvenser för trafikanter i tunnelanläggningen. Till följd av detta utreds inte konsekvenser som härrör från skador på egendom, kulturmiljö, naturmiljö eller sekundära konsekvenser i form av exempelvis samhällskostnader.

Riskerna analyseras för prognosåret 2045 och tidshorisonten är vald mot bakgrund av de trafikprognoser (Tyréns AB, 2019) som används i övrigt inom projektet.

2.6 Förutsättningar enligt lagkrav

I enlighet med 10 § SFS nr. 2006:421 (Infrastrukturdepartementet, 2006) ska en riskanalys genomföras för tunnlar som överstiger 500 meter samt ifall det ska vara tillåtet med transporter av farligt gods inom tunneln. Solgårdstunneln har därför inte beaktats i riskanalysen. Dock har utvalda säkerhetsåtgärder vidtagits även för Solgårdstunneln.

Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar (Transportstyrelsen, 2015) föreskriver att säkerhetsåtgärderna som ska vidtas för en tunnel ska baseras på en samlad bedömning av tunnelns konstruktion, vägutformning, egenskaper hos fordon som planeras trafikera tunneln, mängd och trafikstyrning av dessa fordon samt utrymningsförhållanden och möjligheten till assistans vid en eventuell olycka i tunneln.

Vidare anger lagstiftningen de riskstyrande faktorer, i lagstiftningen benämnda parametrar, som ska ingå i den samlade bedömningen. Om en tunnel anses ha speciella förutsättningar eller speciell utformning avseende parametrarna i föreskriften ska en riskanalys genomföras för att fastställa behovet av ytterligare säkerhetsåtgärder så att en tolerabel risknivå för tunnelns trafikanter erhålls.

TSFS 2015:27 ställer nyanserade krav på specifika parametrar att ta hänsyn till vid riskanalysen:

- Enligt 3 § kap. 3 ska en riskanalys genomföras för tunnlar som har en speciell utformning eller speciella förutsättningar. En tunnel bör anses ha en speciell utformning om tunneln har påfarter eller avfarter i tunneln eller invid tunnelmynningarna.
- Enligt 8 § kap. 3 ska en riskanalys genomföras om vägbans lutning i längdled överstiger 3 procent. I en av ramptunnlarna för Masmo kommer lutningen att vara fem procent och detta riskbidrag hanteras i riskanalysen för tunnelanläggningarna inom Tvärförbindelse Södertörn.
- Enligt 16 § kap. 3 ska riskanalysen även ta hänsyn till ifall tät köbildning förväntas kunna inträffa. Tät köbildning är en av projekteringsförutsättningarna för tunnarna i Tvärförbindelse Södertörn.

Övriga riskstyrande faktorer som behöver beaktas för Tvärförbindelse Södertörn är följande:

- Antalet tunnelrör
- Andelen och typ av transporter med farligt gods
- Ytvägnätets utformning i tunnelns närhet

Samtliga tunnlar inom Tvärförbindelse Södertörn kategoriseras som tunnelklass TA, enligt Trafikverkets klassificering i TDOK 2016:0231 (Trafikverket, 2016).

Riskanalysen genomförs för att bland annat bestämma vilka säkerhetskritiska system som erfordras. Syftet med riskanalysen är att identifiera och kvantifiera risker för att kunna eliminera eller reducera dem samt att jämföra olika alternativ vid beslut om åtgärder i investeringsskedet eller driftskedet.

Riskanalysen ska bland annat utgöra ett underlag för säkerhetskonceptet för tunnelarna och ska ta hänsyn till transporterna av farligt gods. Ingångsdata, jämförelseobjekt och beräkningsmodeller som används ska dokumenteras.

Utifrån riskanalysen är det möjligt att skatta olyckskonsekvenserna med beaktande av valt säkerhetskoncept, skatta och identifiera de största bidragen till den totala risken samt identifiera behovet av eventuella riskreducerande åtgärder.

2.7 Förutsättningar enligt säkerhetskoncept

Ett säkerhetskoncept (Tyréns AB, 2019) har upprättats enligt TDOK 2016:0231 för tunnelarna inom Tvärförbindelse Södertörn. Säkerhetskonceptet tar sin ansats i funktionskrav för personsäkerhet angivna i gällande regelverk.

För att möjliggöra i säkerhetskonceptet beskrivna strategier och åtgärdsprogram för tunnelarna inom Tvärförbindelse Södertörn projekteras följande skadeförebyggande och/eller skadebegränsande tekniska system:

- Trafikstyrningsbommar utanför tunnelarna som leder av trafik utanför tunneln
- Avstängningsbommar som förhindrar trafik att köra in i en avstängd tunnel
- Körfältssignaler (KFS)
- Trafikmeddelande via FM-radiobandet
- ITV dygnet runt med bemannad vägtrafikcentral
- Detektorer för brand, luft och stillastående fordon
- Brandposter
- Brandbekämpningssystem (släckvattensystem)
- Brandventilation (impulsfläktar)
- Brandsläckare
- Hjälptelefoner
- Mobiltelefonsystem
- Kommunikationsmöjligheter för blåljus
- Skyltar för information vid incident i tunnel (TIS/TES)
- Ljudfyr vid utrymningsvägar
- Högtalare i räddningsrum (förekommer enbart i Masmotunneln)
- Trafikreglering av anslutande ytvägnät
- Utrymningsbelysning och skyltar
- Nödbelysning i teknikutrymmen
- Utrymningsvägar var 150:e meter i huvud- och ramptunnlar (ej i Solgårdstunneln)

2.8 Underlagsmaterial

Riskanalysen baseras på nedanstående dokument och handlingar:

- E4 Förbifart Stockholm, FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm Riskanalys för driftskedet – Bränder i fordon och farligt gods-olyckor i tunnel oS148201, Rev. B, daterad 2011-05-01
- E4 Förbifart Stockholm, FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm - Konsekvensanalys för brand i fordon oS149401, Rev. A, daterad 2011-05-01
- Säkerhetskoncept för Tvärförbindelse Södertörns trafiktunnlar oS140001, daterad 2019-01-09
- oT140023 – Tekniskt PM Trafikprognos, daterad 2019-06-26
- Slutrapport -Tunnlars Framkomlighet och säkerhet (TUFS) version 1.0, Movea/Ramböll

2.9 Läsanvisning

Dokumentet är strukturerat i två delar, en rapportdel respektive en del som utgörs av indata till beräkningarna. Rapportdelen redovisar beräkningsresultatet, utdata från beräkningarna, medan underlaget som ligger till grund för beräkningarna, indata, redovisas i bilagorna. För att ta del av rapportens innehåll är det tillräckligt att enbart läsa rapportdelen. För att kunna ta del av underlaget, exempelvis motiveringar och statistik, som ligger till grund för beräkningsresultatet som redovisas i rapporten är det en förutsättning att ta del av informationen som redovisas i bilagorna.

3 Företsättningar

I detta kapitel redovisas generell information kring utformningarna av tunnlar samt en översiktlig information om den förväntade trafikeringen och transporter av farligt gods i tunnlar.

I Bilaga A – Företsättningar redovisas ytterligare information som exempelvis utförligare trafikprognoser, underlag som ligger till grund för beräkningen av personbelastning för respektive tunnel samt information om transporter med farligt gods.

I Bilaga D - Konsekvensbedömningar redovisas företsättningar som ligger till grund för konsekvensbedömningarna.

3.1 Utformning av tunnlar

I Tabell 3.1 redovisas en översiktlig information om den planerade vägsträckningen. Tabellen redovisar en sammanfattande bild av trafiktunnlarnas egenskaper och andra aspekter av särskild betydelse för säkerheten. Vidare utgör angivna data grundläggande företsättningar för riskanalysen.

Tabell 3.1 Information om tunnelanläggningarna inom Tvärförbindelse Södertörn.

	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergs-tunneln
Tunnellängd [Meter]	750	1 130	3 080
Antal körfält i ledens huvudsträckning	3 + 3	2 + 2	2 + 2
Körfältens bredd - Huvudtunnel [Meter]	3,5	3,5	3,5
Ramptunnel [Meter]	4	-	-
Hastighetsbegränsning i tunnlar [km/h]	80	80	80
Maximal lutning i huvudtunnel [Procent]	1,5	3	3
Maximal lutning i ramptunnel [Procent]	5	-	-

3.2 Trafik

För respektive tunnel inom Tvärförbindelse Södertörn beräknas trafikarbetet, antal fordonskilometer per år, baserat på det prognostiserade trafikflödet för sträckorna redovisat som årsdygnstrafik, ÅDT, för år 2045. Det totala trafikarbetet i Tvärförbindelse Södertörns tunnelanläggningar beräknas till cirka 113,8 miljoner fordonskilometer per år.

I Tabell 3.2 redovisas en uppdelning för respektive tunnel.

Tabell 3.2 Redovisning av ÅDT och trafikarbete år 2045 för huvudtunnlar (Tyréns AB, 2019).

Tunnel	Längd [Km]	Antal fordon – ÅDT [Antal]	Trafikarbete [Fordonskilometer per år]	Andel tung trafik [Procent]	Trafikarbete för tung trafik [Fordonskilometer per år]
Masmotunneln	0,8	64 400	$1,8 \times 10^7$	9,5	$1,7 \times 10^6$
Glömstatunneln	1,1	68 000	$2,8 \times 10^7$	9,5	$2,7 \times 10^6$
Flemingsbergstunneln	3,1	41 500	$4,7 \times 10^7$	14,0	$6,5 \times 10^6$

3.3 Transporter av farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, miljö eller egendom om de inte hanteras rätt under transport. Transporter av farligt gods på väg omfattas av lagstiftning som har utarbetats i internationell samverkan (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2019).

Det finns regler för vem som får transportera farligt gods, hur transporterna ska ske, var dessa transporter får färdas, hur godset ska vara emballerat och vilka krav som ställs på fordon och förare för transport av farligt gods.

Prognos för regional ADR-fördelning för år 2045 är baserad på inventeringen som har genomförts inom projektet Tvärförbindelse Södertörn och redovisas i Tabell 3.3. Ytterligare information om inventeringen redovisas i PM Olycksrisk Farligt gods-transporter på ytvägnätet (Tyréns AB, 2019).

I Bilaga A - Förutsättningar respektive Bilaga C – Frekvenser och sannolikheter redovisas ytterligare information om transporterna av farligt gods.

Tabell 3.3 Prognos för regional ADR-fördelning för prognosåret 2045 baserad på inventeringen som har genomförts inom projektet Tvärförbindelse Södertörn.

ADR-klass	Procentuell andel av transporterad godsmängd
ADR-klass 1	0,1
ADR-klass 2	47,9
ADR-klass 3	51,3
ADR-klass 4	0,1
ADR-klass 5	0,2
ADR-klass 6 - 9	0,4
Totalt	100,0

* För transporter avseende ADR-klass 7 är det inte möjligt att utarbeta en representativ prognos. Olyckor med transporter av farligt gods som involverar någon av ADR-klasserna 6 - 9 bedöms vanligtvis inte leda till dödsfall eller utgöra ett allvarligt akut hot och innefattas därför inte i den fortsatta riskanalysen.

4 Analyserade olycksscenarier

I detta kapitel beskrivs olycksscenarierna brand i fordon respektive olyckor med transporter av farligt gods. Dessa olycksscenarier kan inträffa till följd av antingen en trafikolycka eller fordonsdefekt. Valet av olycksscenarier, se Tabell 4.1 respektive Tabell 4.2, har baserats på en bedömning av konsekvenserna vid trafikolyckor och olyckor till följd av fordonsdefekt samt den riskanalys som har genomförts inom referensprojektet E4 Förbifart Stockholm (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

Utöver olycksscenarierna som redovisas i Tabell 4.1 respektive Tabell 4.2 förekommer det även ytterligare olycksscenarier som kan inträffa i tunnlar, men som inte förväntas medföra en betydande påverkan på risknivån. Ett exempel på detta är olycksscenariot brand i personbil som endast förväntas medföra en begränsad brandeffekt, under 10 MW, (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2016) och har därför inte studerats vidare.

4.1 Brand i fordon

För att undersöka risknivån för personsäkerhet anses brand i fordon vara ett relevant olycksscenario då en brand i tunnelanläggningen kan medföra allvarliga konsekvenser i form av brand- och brandgasspridning, svåråtkomlighet vid släckning och hög personbelastning, dvs antalet personer som befinner sig i tunneln.

En brand i fordon kan förväntas inträffa antingen till följd av en trafikolycka eller fordonsdefekt. Trafikolyckor förväntas förekomma regelbundet, men det är endast en del av dessa som förväntas leda vidare till en fordonsbrand. I riskanalysen förväntas endast trafikolyckor med personskador samt hälften av egendomsskadorna kunna leda till en brand, vilket motsvarar det tillvägagångssätt som har tillämpats i referensprojektet E4 Förbifart Stockholm (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011). En stor del av trafikolyckorna med egendomsskador förväntas endast innebära skador på fordonet, i form av exempelvis plåtskador, och dessa har därför inte beaktats vidare i samband med riskanalysen.

En fordonsbrand kan även uppstå till följd av en fordonsdefekt, exempelvis varmgång i motor eller bromsar, som sedan orsakar en brand som sprids till övriga delar av fordonet.

Det är främst en brand i tunga fordon som bedöms medföra allvarliga konsekvenser men i undantagsfall kan även bränder i personbilar leda till dödsfall, särskilt för trafikanterna i involverade fordon. Bränder i personbilar beaktas dock inte i riskanalysen till följd av begränsade brandeffekter.

De förväntade konsekvenserna av en fordonsbrand beror i huvudsak på de styrande faktorerna brandtillväxthastighet, maximal brandeffekt och brandens varaktighet. Ur ett personsäkerhetsperspektiv är generellt brandens utveckling i det tidiga skedet avgörande för utgången.

Konsekvenserna för en brand kan variera mellan obetydliga och mycket allvarliga. Baserat på fordonskategorierna som kommer att trafikera tunneln kan följande brandscenarier identifieras:

- Personbil
- Buss
- Lastbil
- Transporter av farligt gods
- Kombinationer av ovanstående kategorier.

Det görs vidare skillnad på om branden initieras till följd av trafikolycka eller som en följd av en fordonsdefekt. Antalet möjliga brandscenarier är mycket stort då det i första hand styrs av vilket eller vilka specifika fordon som involveras i olycksscenariot. Brandspridning mellan fordon innebär även att antalet tänkbara scenarier ökar markant. Gemensamt för faktorerna brandtillväxthastighet, maximal brandeffekt och brandvaraktighet är att de främst styrs av vad som brinner och var det brinner. De förväntade konsekvenserna av en brand i Tvärförbindelse Södertörns trafiktunnlar kommer således bero av vilken fordonskategori som brinner samt var i tunneln det inträffar.

I Tabell 4.1 redovisas olycksscenarierna som kommer att hanteras inom riskanalysen med avseende på brand i fordon.

Tabell 4.1 Redovisning av valda olycksscenarioer med avseende på brand i fordon som har beaktats i riskanalysen.

Relevant olycksscenario	Typ av fordon
Brand i fordon	Brand i buss
	Brand i lastbil
	Brand i fordon med farligt gods

4.2 Olyckor med transporter av farligt gods

Identifiering av relevanta olycksscenarioer som innefattar transporter av farligt gods baseras delvis på en översiktlig konsekvensbeskrivning som har genomförts i referensprojekt E4 Förbifart Stockholm. Till dessa har sedan ett ytterligare olycksscenario tillförts i form av bränder som innefattar ADR-klass 5.

I Tabell 4.2 redovisas olyckorna med transporter av farligt gods som bedöms kunna leda till antingen dödsfall eller utgöra ett allvarligt hot och som därmed har beaktats i riskanalysen.

Tabell 4.2 Olycksscenarioer avseende transporter av farligt gods som har beaktats i riskanalysen.

ADR-klass	Exempel på olycksscenarioer
1 - Explosiva ämnen	Explosion
2 – Gaser	BLEVE
	Gasmolnsexplosion
	Jetflamma
	Giftigt utsläpp
3 – Brandfarliga vätskor	Pölbrand
4 – Brandfarliga fasta ämnen	Brand
5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Explosion
	Brand

5 Tillämpade olycksfrekvenser

I detta kapitel redovisas uppgifter som ligger till grund för bedömningarna av olycksfrekvenser inom ramen för händelseträdsmodellen för olycksscenarierna som har redovisats i kapitel 4.

För brand i fordon och olyckor med transporter av farligt gods utgör både trafikolyckor respektive fordonsdefekt initierande händelser. I avsnitt 5.1 - 5.3 redovisas olyckskvoter för trafikolyckor, brand i fordon respektive olyckor med transporter av farligt gods.

5.1 Trafikolyckor

I Tabell 5.1 redovisas olyckskvoter för olika lutningar respektive hastigheter (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011). Utifrån förutsättningarna som gäller för Tvärförbindelse Södertörn, med hänsyn till hastighet och lutning i tunnlarna, tillämpas en olyckskvot för personskador på 0,1 olyckor per miljon fordonskilometer. Motsvarande olyckskvot för egendomsskador uppskattas till 0,2 olyckor per miljon fordonskilometer. Olyckskvoten för omkomna trafikanter har antagits till 0,001 dödsfall per miljon fordonskilometer och tillämpas enbart i samband med jämförelsen mellan olika PLL-tal.

Den totala olyckskvoten, med avseende både person- respektive egendomsskador, för Tvärförbindelse Södertörn motsvarar 0,3 olyckor per miljon fordonskilometer. Endast en del av dessa olyckor förväntas dock kunna leda till brand och har därför innefattats i riskanalysen. Antalet trafikolyckor, som kan leda till brand i fordon eller en olycka med farligt gods, vilket motsvarar samtliga personskadeolyckor samt hälften av egendomsskadorna, uppskattas till 0,2 olyckor per miljon fordonskilometer.

Tabell 5.1 Antagna olyckskvoter per miljon fordonskilometer (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2010b).

Lutning [Procent]	Hastighet [km/h]	Dödsfall	Personskadeolyckor	Egendomsskadeolyckor
0	90	0,001	0,09	0,17
2 – 3	90	0,001	0,10	0,19
3 – 4	90	0,001	0,11	0,20
0 – 4	70	0,001	0,09	0,17
4 – 5	70	0,001	0,10	0,19
5 – 6	70	0,001	0,11	0,20

I Tabell 5.2 redovisas det förväntade antalet trafikolyckor per år för respektive tunnel till följd av det varierande trafikarbetet i tunnlarna. Trafikarbetet för Flemingsbergstunneln är exempelvis cirka tre gånger högre Masmotunneln och därmed förväntas ett större antal trafikolyckor inträffa där.

Tabell 5.2 Förväntat antal trafikolyckor per år för respektive tunnel.

Parameter	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergs-tunneln
Totalt trafikarbete [Antal fordonskilometer]	$1,8 \times 10^7$	$2,8 \times 10^7$	$4,7 \times 10^7$
Olyckskvot [Förväntat antal trafikolyckor per miljon fordonskilometer]	0,3	0,3	0,3
Förväntat antal trafikolyckor per år	5,3	8,4	14,0

5.2 Bränder i fordon

En fordonsbrand förväntas i första hand börja till följd av en fordonsdefekt, men i vissa fall även av trafikolyckor. I Tabell 5.3 och

Tabell 5.4 redovisas olika brandfrekvenser från referenslitteraturen (Centre d' Études des Tunnels (Tunnel Study Centre), 2003).

Tabell 5.3 Brandfrekvenser [antal bränder per fordonskilometer] (Centre d'Études des Tunnels (Tunnel Study Centre), 2003).

Fordonskategori	Minimum	Maximum	Undantagsfall
Personbil	$2,0 \times 10^{-8}$	$2,0 \times 10^{-8}$	$2,0 \times 10^{-8}$
Tung trafik (Bussar och lastbilar)	$1,5 \times 10^{-8}$	$4,5 \times 10^{-8}$	$13,5 \times 10^{-8}$
Transporter av farligt gods	$0,5 \times 10^{-8}$	$1,5 \times 10^{-8}$	$4,5 \times 10^{-8}$

Tabell 5.4 Brandfrekvenser till följd av kollision [antal bränder per fordonskilometer] (Centre d'Études des Tunnels (Tunnel Study Centre), 2003).

Fordonskategori	Motorväg	Övriga vägar
Personbil	$0,07 \times 10^{-8}$	$0,2 \times 10^{-8}$
Tung trafik (Bussar och lastbilar)	$0,05 \times 10^{-8}$	$0,15 \times 10^{-8}$
Transporter av farligt gods	$0,02 \times 10^{-8}$	$0,06 \times 10^{-8}$

Masmotunneln är den enda tunneln inom Tvärförbindelse Södertörn som har ramptunnlar, vilket medför att brandfrekvensen skiljer sig åt i jämförelse med övriga tunnlar.

I Tabell 5.5 redovisa antagna brandfrekvenser för tunnlarna inom Tvärförbindelse Södertörn.

Tabell 5.5 Antagna brandfrekvenser för tunnlarna inom Tvärförbindelse Södertörn.

Fordonskategori	Antagna brandfrekvenser [antal bränder per fordonskilometer]		Brand till följd av trafikolycka [antal bränder per fordonskilometer]
	Masmotunneln	Glömsta- och Flemingsbergstunneln	Samtliga tunnlar
Personbil	$2,0 \times 10^{-8}$	$2,0 \times 10^{-8}$	$0,07 \times 10^{-8}$
Tung trafik (Bussar och lastbilar)	$3,0 \times 10^{-8}$	$1,5 \times 10^{-8}$	$0,05 \times 10^{-8}$
Transporter av farligt gods	$1,0 \times 10^{-8}$	$0,5 \times 10^{-8}$	$0,02 \times 10^{-8}$

För att beräkna antalet förväntade bränder för tunnelanläggningarna inom Tvärförbindelse Södertörn har antagna brandfrekvenser från Tabell 5.5 multiplicerats med trafikarbetet för respektive fordonskategori. Beräkningsresultatet redovisas Tabell 5.6 - Tabell 5.8.

Tabell 5.6 Uppskattning av antalet bränder per år i Masmotunneln.

Fordonskategori	Trafikarbete [miljoner fordonskilometer]	Antal bränder	Brand till följd av trafikolycka	Brand till följd av fordonsdefekt
Personbilar	$1,6 \times 10^7$	$3,2 \times 10^{-1}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$3,1 \times 10^{-1}$
Tung trafik	$1,7 \times 10^6$	$5,0 \times 10^{-2}$	$8,4 \times 10^{-4}$	$4,9 \times 10^{-2}$
Transporter av farligt gods	$4,9 \times 10^4$	$4,9 \times 10^{-4}$	$9,7 \times 10^{-6}$	$4,8 \times 10^{-4}$

Tabell 5.7 Uppskattning av antalet bränder per år i Glömstatunneln.

Fordonskategori	Trafikarbete [miljoner fordonskilometer]	Antal bränder	Brand till följd av trafikolycka	Brand till följd av fordonsdefekt
Personbilar	$2,5 \times 10^7$	$5,1 \times 10^{-1}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$4,9 \times 10^{-1}$
Tung trafik	$2,7 \times 10^6$	$4,0 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$3,9 \times 10^{-2}$
Transporter av farligt gods	$7,7 \times 10^4$	$3,9 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-5}$	$3,7 \times 10^{-4}$

Tabell 5.8 Uppskattning av antalet bränder per år i Flemingsbergstunneln.

Fordonskategori	Trafikarbete [miljoner fordonskilometer]	Antal bränder	Brand till följd av trafikolycka	Brand till följd av fordonsdefekt
Personbilar	$4,0 \times 10^7$	$8,0 \times 10^{-1}$	$2,8 \times 10^{-2}$	$7,7 \times 10^{-1}$
Tung trafik	$6,5 \times 10^6$	$9,8 \times 10^{-2}$	$3,3 \times 10^{-3}$	$9,5 \times 10^{-2}$
Transporter av farligt gods	$1,9 \times 10^5$	$9,5 \times 10^{-4}$	$3,8 \times 10^{-5}$	$9,1 \times 10^{-4}$

5.3 Olyckor med transporter av farligt gods

För att beräkna antalet förväntade trafikolyckor med fordon som transporterar farligt gods har uppgifter från avsnitt 5.1 tillämpats i kombination med uppgifter från trafikprognosen för Tvärförbindelse Södertörn (Tyréns AB, 2019) samt Trafikanalys (Trafikanalys, 2018) med avseende på andelen transporter av farligt gods.

Det totala trafikarbetet i tunnelarna för transporter av farligt gods är $3,15 \times 10^5$ fordonskilometer per år. Utifrån detta tillsammans med uppgifterna redovisade i Tabell 5.9 kan det förväntade antalet olyckor uppskattas. Det förväntas inträffa cirka 0,06 trafikolyckor per år som innefattar transporter av farligt gods, vilket motsvarar ungefär en olycka per 11 år (10,6 år) i någon av tunnelarna inom Tvärförbindelse Södertörn.

Tabell 5.9 Uppskattning av antalet olyckor med transporter av farligt gods per år i respektive tunnel.

Parameter	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergs-tunneln
Trafikarbete [Fordonskilometer]	$1,8 \times 10^7$	$2,8 \times 10^7$	$4,7 \times 10^7$
Andelen lastbilar [Procent]	9,5	9,5	14,0
Trafikarbete för lastbilar [Fordonskilometer]	$1,7 \times 10^6$	$2,7 \times 10^6$	$6,5 \times 10^6$
Andelen transporter med farligt gods [Procent]	2,9	2,9	2,9
Trafikarbete för transporter med farligt gods [Fordonskilometer]	$4,9 \times 10^4$	$7,7 \times 10^4$	$1,9 \times 10^5$
Olyckskvot [Trafikolyckor per fordonskilometer]	$0,3 \times 10^{-6}$	$0,3 \times 10^{-6}$	$0,3 \times 10^{-6}$
Antal olyckor med transporter av farligt gods per år [Antal]	0,01	0,02	0,06

6 Beskrivning av händelseträdsmodellen

Riskenivån i tunnelanläggningarna inom projekt Tvärförbindelse Södertörn har analyserats med hjälp av händelseträdsmetodik. Den händelseträdsmodell som har tillämpats för analyserna följer samma struktur och logik som modellen som har tillämpats för referensprojektet E4 Förbifart Stockholm. Händelseträdsmodellen består av två händelseträd som i sin tur är uppdelade i mindre delar. Uppdelningen har gjorts av praktiska skäl i syfte att få en bättre överblick och påverkar inte beräkningarna. De inledande händelserna trafikolycka respektive brand i fordon till följd av fordonsdefekt utgör de två grundläggande händelseträden, vilka sedan kompletteras med händelseträd för olyckor som innefattar farligt gods respektive skyddsbarriärer. Metoden med händelseträd används huvudsakligen för att definiera olika olycksscenarier. Ett särskilt händelseträd för skyddsbarriärer, baserat på bland annat tunnelanläggningarnas säkerhetskoncept, redovisas och syftar till att ytterligare förfinas konsekvensbedömningarna för olika olycksscenarier utifrån hur väl säkerhetsåtgärderna fungerar eller inte fungerar.

I Bilaga B – Beskrivning av händelseträdsmodellen beskrivs händelseträden som har använts i samband med riskanalysen mer ingående och där redovisas exempelvis vilka grenar och parametrar som respektive del består av. Informationen som redovisas i detta kapitel utgör en översiktlig sammanfattning av delarna som har använts i händelseträden.

6.1 Händelseträd för trafikolycka

Händelseträdet för trafikolycka utgörs av följande delar:

- Händelseträd för trafikolycka
- Händelseträd avseende farligt gods för trafikolycka som består av två delar, en del för fordon som fattar eld respektive en del för fordon som inte fattar eld
- Händelseträd för skyddsbarriärer

Utifrån den första delen, händelseträdet för trafikolycka, kan sannolikheten för olika olycksscenarier uppskattas. Sannolikheterna för olyckorna som innefattar farligt gods ligger sedan till grund för den efterföljande delen, händelseträdet för farligt gods vid trafikolycka. Därefter följer händelseträdet för skyddsbarriärer för att redovisa hur olika skyddsbarriärer påverkar sannolikheterna för respektive olycksscenario.

6.2 Händelseträd för brand till följd av fordonsdefekt

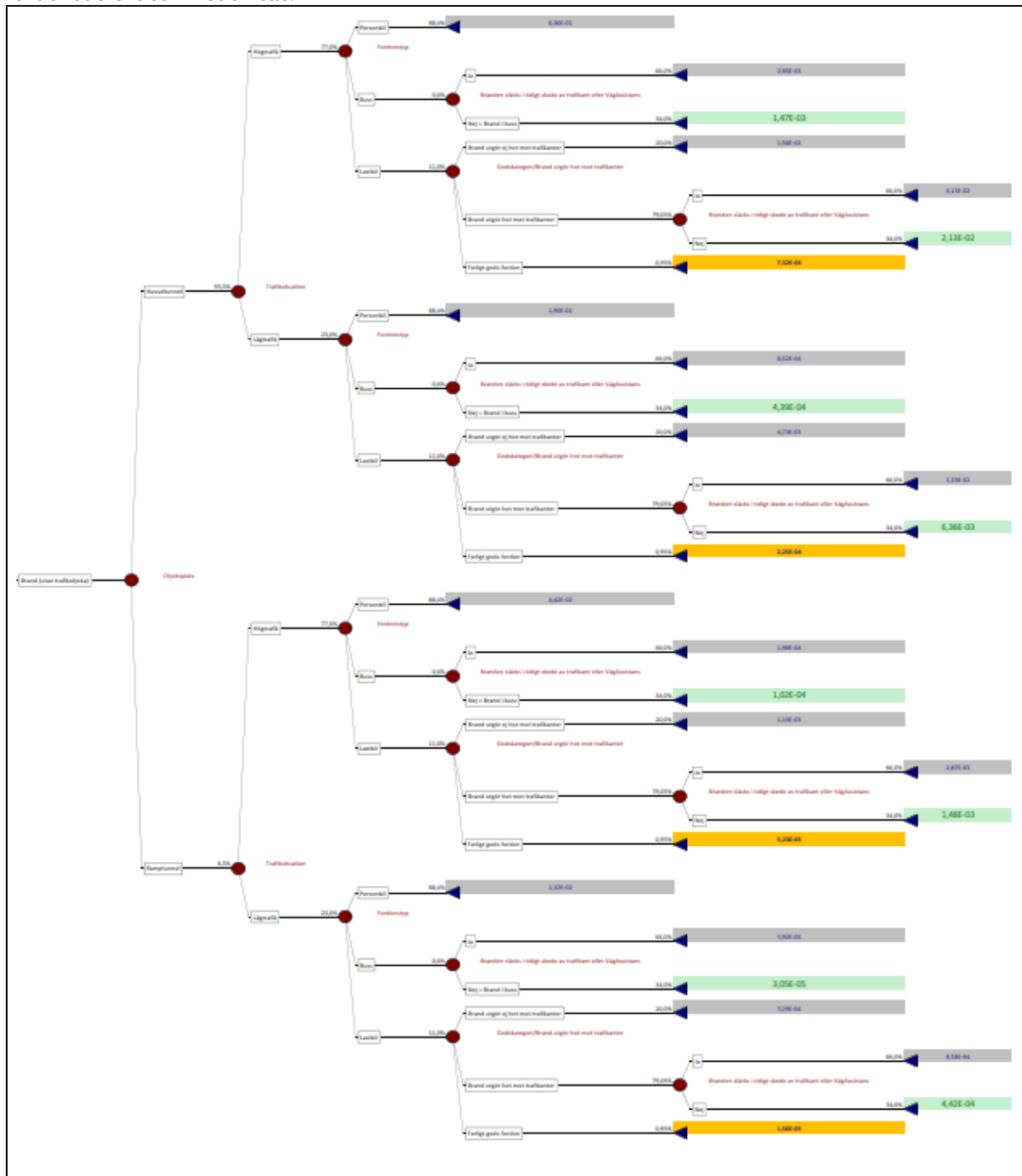
Händelseträdet för brand till följd av fordonsdefekt utgörs av följande delar:

- Händelseträd för brand till följd av fordonsdefekt
- Händelseträd avseende farligt gods för brand till följd av fordonsdefekt
- Händelseträd för skyddsbarriärer

Utifrån den första delen, händelseträdet för brand till följd av fordonsdefekt, kan sannolikheten för olika olycksscenarier uppskattas. Sannolikheterna för olyckorna som innefattar farligt gods ligger sedan till grund för den efterföljande delen, händelseträdet avseende farligt gods för brand till följd av fordonsdefekt. Därefter följer händelseträdet för skyddsbarriärer för att redovisa hur olika skyddsbarriärer påverkar sannolikheterna för respektive olycksscenario.

6.3 Exempel på utformning av händelseträd

I Figur 6-1 redovisas ett exempel på utformningen av händelseträd, i detta fall är det brand till följd av fordonsdefekt som redovisas.



Figur 6-1 Exempel på händelseträd, figuren redovisar händelseträd för brand till följd av fordonsdefekt.

6.4 Exempel på uppdelningen av grenar i ett händelseträd

För händelsen brand till följd av fordonseffekt är nedanstående parametrar relevanta för att identifiera händelseförlopp och scenarier. Vissa parametrar utgrenas i underkategorier av händelser och är då endast relevanta för just det händelseförloppet.

- Olycksplats (endast Masmotunneln): Huvudtunnel/Ramptunnel
- Trafiksituation: Högtrafik/Lågtrafik
- Fordonskategori: Personbil/Buss/Lastbil
- Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter:
 - För lastbil: Brand utgör ej hot mot trafikanter/Brand utgör hot mot trafikanter/Fordon med farligt gods som utgör hot
 - För lastbil, Flerfordonsolycka: Brand utgör hot mot trafikanter/Ett eller flera fordon med farligt gods
- Branden släcks i ett tidigt skede av trafikant eller VägAssistans: Ja/Nej

7 Frekvenser och sannolikheter

I detta kapitel redovisas en sammanställning av frekvens- och sannolikhetsuppskattningarna som ligger till grund för händelseträden som har tillämpats. De redovisade uppgifterna avser frekvenser för de inledande händelserna trafikolycka respektive brand till följd av fordonsdefekt.

I Bilaga C – Frekvenser och sannolikheter redovisas underlag i form av bland annat statistik och motiveringar som ligger till grund för uppgifterna som redovisas i detta kapitel.

Ett flertal av de antaganden som har gjorts inom referensprojekt E4 Förbifart Stockholm anses även vara applicerbara på tunnelanläggningar inom Tvärförbindelse Södertörn. För övriga antaganden har anpassningar utifrån gällande förutsättningar inom Tvärförbindelse Södertörn genomförts.

7.1 Frekvenser för inledande händelser

I detta avsnitt redovisas frekvenserna för brand i fordon till följd av de inledande händelserna trafikolycka och fordonsdefekt.

7.1.1 Trafikolycka

Utifrån uppgifterna för trafikolyckor och motiveringen i avsnitt 5.1 antas samtliga personskadeolyckor samt hälften av egendomsskadeolyckor kunna leda till brand i fordon. Det totala antalet trafikolyckor respektive antalet trafikolyckor som kan leda till brand i fordon eller en olycka med farligt gods per år redovisas i Tabell 7.1.

Tabell 7.1 Sammanställning av förväntat antal trafikolyckor per år för respektive tunnel.

Tunnel	Totalt antal trafikolyckor per år	Antal trafikolyckor som kan leda till en brand eller olycka med farligt gods per år
Masmotunneln	5,3	3,5
Glömstatunneln	8,4	5,6
Flemingsbergstunneln	14,0	9,3

7.1.2 Brand i fordon till följd av fordonsdefekt

Det förväntade antalet bränder i fordon per år till följd av fordonsdefekt har beräknats för respektive tunnel utifrån uppgifterna som redovisas i avsnitt 5.2. I Tabell 7.2 redovisas det förväntade antalet bränder i fordon till följd av fordonsdefekt för respektive tunnel och år.

Tabell 7.2 Sammanställning av förväntat antal fordonsbränder till följd av fordonsdefekt per år för respektive tunnel.

Tunnel	Antal bränder per år
Masmotunneln	0,4
Glömstatunneln	0,5
Flemingsbergstunneln	0,9

7.2 Sannolikheter i händelseträdet för trafikolycka

I detta avsnitt redovisas sannolikheterna i händelseträdet för trafikolycka översiktligt, en mer ingående beskrivning av motiveringarna till sannolikheterna redovisas i Bilaga C – Frekvenser och sannolikheter.

7.2.1 Trafiksituation

Trafiksituationen i tunnarna har antagits utgöra antingen hög- eller lågtrafik, där högtrafik definieras som tiden mellan kl. 08:00 och kl. 19:00. Högtrafik förväntas utgöra 73,2 procent av dygnets totala trafikflöde för personbilar respektive 70,4 procent av dygnets trafikflöde av lastbilar vilket ger ett medelvärde på cirka 72 procent. För lågtrafik beräknas trafikflödet bestå av 26,8 procent personbilar och 29,6 procent lastbilar, vilket ger ett medelvärde på cirka 28 procent.

7.2.2 Olyckskategori

Olyckskategori har delats upp i antingen singelolycka eller flerfordonsolycka samt var olyckan inträffar, i huvudtunnel eller i ramptunnel. Andelen singelolyckor uppskattas vara 15 procent i huvudtunnlar respektive 30 procent i ramptunnlar medan andelen flerfordonsolyckor uppskattas vara 85 procent i huvudtunnlar respektive 70 procent i ramptunnlar.

7.2.3 Fordonskategori

Fordonskategorierna som förväntas vara involverade i trafikolyckor är motorcykel, personbil, buss eller lastbil. Dessa har även delats upp i olyckskategorierna, singel- respektive flerfordonsolycka. I Tabell 7.3 redovisas antagna sannolikheter avseende fordonskategorierna för respektive tunnel.

Tabell 7.3 Antagna procentuella sannolikheter avseende fordonskategori.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]		
		Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Fordonskategori singelolycka	Motorcykel	16,0	16,0	14,4
	Personbil	77,0	77,0	74,0
	Buss	1,0	1,0	1,0
	Lastbil	6,0	6,0	10,6
Fordonskategori flerfordonsolycka	Endast personbil och/eller motorcykel	72,0	72,0	72,0
	Minst två bussar, men ej lastbil	3,0	3,0	3,0
	Minst två lastbilar	25,0	25,0	25,0

7.2.4 Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter

En mindre andel av de förväntade lastbilsbränderna till följd av trafikolycka bedöms inte utgöra ett hot mot trafikanter, oavsett övriga omständigheter och de huvudsakliga anledningarna bedöms vara låg brandbelastning och/eller långsam tillväxthastighet. Det antas även förenklat att en lastbilsbrand som innefattar ett fordon med farligt gods inte utgör ett hot mot trafikanter, såvida inte brandspridning sker till lasten (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

Det görs skillnad på ifall branden uppstår till följd av singel- respektive flerfordonsolycka. Alla flerfordonsolyckor som innefattar en eller flera lastbilar förväntas vara lastbilsbränder som utgör ett hot mot trafikanter. Motsvarande andel singelolyckor som innefattar en lastbilsbrand som hotar trafikanter uppskattas till 33 procent.

I Tabell 7.4 redovisas sannolikheterna för parametern Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter.

Tabell 7.4 Resultaterande procentuella sannolikheter avseende Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

Olyckskategori	Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter	Sannolikhet [Procent]
Lastbil, Singelolycka	Brand utgör ej ett hot mot trafikanter	66,0
	Lastbil, Singelolycka, Brand utgör ett hot mot trafikanter	33,0
	Lastbil, Singelolycka, Fordon med farligt gods utgör hot mot trafikanter	1,0
Lastbil, Flerfordonsolycka	Brand utgör ett hot mot trafikanter	99,0
	Fordon med farligt gods utgör hot mot trafikanter	1,0

7.2.5 ADR-fördelning

I händelseträdet har den ADR-fördelning som redovisas i Tabell 3.3 tillämpats. Samma fördelning ansätts oberoende av övriga parametrar.

7.2.6 Fordon fattar eld vid olyckan

I händelseträdet redovisas sannolikheterna för att ett eller flera fordon fattar eld vid en trafikolycka. Det görs ingen skillnad på om olyckan är en singel- eller flerfordonsolycka, däremot görs det skillnad på om det endast är personbil/ar involverade eller om minst ett tungt fordon är involverat. Sannolikheten för att ett fordon fattar eld uppskattas till 1 procent för personbilar respektive 0,1 procent för övriga fordon.

7.2.7 Branden släcks i tidigt skede

Sannolikheterna för parametern antas vara oberoende av övriga parametrar. Sannolikheten för att en brand till följd av trafikolycka släcks i ett tidigt skede antas vara 50 procent. Detta antagande tar hänsyn till att brandsläckning kan ske av trafikant och/eller VägAssistans.

7.2.8 Brandspridning till last med farligt gods

Parametern reglerar sannolikheten att brandspridning till last sker då ett fordon med farligt gods involveras i en trafikolycka (singel- eller flerfordonsolycka) som följs av brand. Sannolikheten för brandspridning till lasten är 50 procent för ADR-klasserna 1, 4 och 5 respektive 10 procent för ADR-klasserna 2 och 3.

7.2.9 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen

I Tabell 7.5 redovisas en sammanställning av indata som har tillämpats för händelseträdsmodellen avseende trafikolycka.

Tabell 7.5 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen för trafikolycka avseende trafik och fordonskategorier.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]		
		Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Olycksplats	Huvudtunnel	93,5	100,0	100,0
	Ramptunnel	6,5	-	-
Trafiksituation	Högtrafik	77,0	77,0	77,0
	Lågtrafik	23,0	23,0	23,0
Olyckskategori	Singelolycka, huvudtunnel	15,0	15,0	15,0
	Flerfordonsolycka, huvudtunnel	85,0	85,0	85,0
	Singelolycka, ramptunnel	30,0	-	-
	Flerfordonsolycka, ramptunnel	70,0	-	-
Fordonskategori singelolycka	Motorcykel	16,0	16,0	14,4
	Personbil	77,0	77,0	74,0
	Buss	1,0	1,0	1,0
	Lastbil	6,0	6,0	10,6
Fordonskategori flerfordonsolycka	Endast personbil och/eller motorcykel	72,0	72,0	72,0
	Minst två bussar, men ej lastbil	3,0	3,0	3,0
	Minst två lastbilar	25,0	25,0	25,0

Tabell 7.6 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen för trafikolycka avseende grenen godskategori/brand utgör hot mot trafikanter.

Alternativ	Värde [Procent]		
	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Trafikolycka, Huvudtunnel, Singelolycka, Lastbil, Fordon med farligt gods	3,8	4,1	7,0
Trafikolycka, Huvudtunnel, Flerfordonsolycka, Lastbil, Fordon med farligt gods	90,5	95,9	93,0
Trafikolycka, Ramptunnel, Singelolycka, Lastbil, Fordon med farligt gods	0,5	-	-
Trafikolycka, Ramptunnel, Flerfordonsolycka, Lastbil, Fordon med farligt gods	5,2	-	-
Lastbil, Singelolycka, Brand utgör ej ett hot mot trafikanter	59,0	59,0	59,0
Lastbil, Singelolycka, Brand utgör ett hot mot trafikanter	40,0	40,0	40,0
Lastbil, Singelolycka, Fordon med farligt gods utgör hot mot trafikanter	1,0	1,0	1,0
Lastbil, Flerfordonsolycka, Brand utgör ett hot mot trafikanter	99,0	99,0	99,0
Lastbil, Flerfordonsolycka, Fordon med farligt gods utgör hot mot trafikanter	1,0	1,0	1,0

Tabell 7.7 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen för trafikolycka avseende transporter av farligt gods.

ADR-klass	Värde [Procent]
Klass 1	0,1
Klass 2	47,9
Klass 3	51,3
Klass 4	0,1
Klass 5	0,2
Övriga klasser (6 – 9)	0,4

Tabell 7.8 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen för trafikolycka avseende fordon fattar eld.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]
Fordon fattar eld vid olyckan	Personbil fattar eld vid olycka	1,0
	Personbil fattar inte eld vid olycka	99,0
	Övrigt fordon fattar eld vid olycka	0,1
	Övrigt fordon fattar inte eld vid olycka	99,9
Branden släcks i tidigt skede av trafikant	Brand släcks i tidigt skede	50,0
	Brand släcks ej i tidigt skede	50,0
Brandspridning till last med farligt gods	Brandspridning till klass 1, 4 och 5	50,0
	Ej brandspridning till ADR-klass 1, 4 och 5	50,0
	Brandspridning till klass 2 och 3	10,0
	Ej brandspridning till ADR-klass 2 och 3	90,0

7.3 Sannolikheter i händelseträdet för brand till följd av fordonsdefekt

I detta avsnitt redovisas sannolikheterna i händelseträdet för brand till följd av fordonsdefekt översiktligt, en mer ingående beskrivning av motiveringarna till sannolikheterna redovisas i Bilaga C – Frekvenser och sannolikheter.

7.3.1 Trafiksituation

Sannolikheten för att branden inträffar under hög- eller lågtrafik har uppskattats i kapitel 7.2.1. För högtrafik uppskattas sannolikheten till 72 procent respektive 28 procent för lågtrafik.

7.3.2 Fordonskategori

För att kunna inkludera bussar i riskanalysen införs ett antagande om att 5 procent av det totala antalet bränder till följd av fordonsdefekt sker i bussar.

Den resterande andelen bränder i lastbilar till följd av fordonsdefekt, motsvarande 11 procent respektive 19,4 procent beroende på vilken tunnel som avses, utgör fordon med farligt gods 0,95 procent. Denna uppgift tillämpas även för parametern Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter. I Tabell 7.9 redovisas sannolikheterna för brand i personbil respektive lastbil, inklusive transporter av farligt gods.

Tabell 7.9 Antagna sannolikheter avseende fordonskategori vid brand till följd av fordonsdefekt.

Fordonskategori	Sannolikhet [Procent]		
	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Personbil	88,4	88,4	79,6
Buss	0,6	0,6	1,0
Lastbil	11,0	11,0	19,4

7.3.3 Godskategori/Brand utgör hot mot trafikant

Sannolikheten för att en lastbilsbrand inträffar i ett fordon med farligt gods har diskuterats i avsnitt 7.3.2. Parametern omfattar också en fördelning mellan bränderna som utgör ett hot respektive inte utgör ett hot mot övriga trafikanter.

Det antas att 20 procent av bränderna inte utgör ett hot mot trafikanter, vilket medför att 80 procent av bränderna inom parametern antas vara lastbilsbränder som utgör ett hot mot trafikanter. Av dessa 80 % innefattar 0,95 % av lastbilarna transporter av farligt gods.

7.3.4 ADR-fördelning

Den antagna ADR-fördelningen redovisas i Tabell 3.3. Samma fördelning ansätts oberoende av övriga parametrar. I avsnitten 7.4 – 7.4.5 analyseras sannolikheterna för olyckor som innefattar farligt gods vidare.

7.3.5 Branden släcks i tidigt skede

Sannolikheten för att brand i fordon släcks i tidigt skede har antagits till 60 procent för fordon med farligt gods respektive 66 procent för övriga fordon (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

7.3.6 Brandspridning till last med farligt gods

Parametern reglerar sannolikheten att brandspridning till last sker då en brand uppstår i ett fordon med farligt gods till följd av fordonsdefekt. Sannolikheten för brandspridning till lasten är 50 procent för ADR-klasserna 1, 4 och 5 respektive 5 procent för ADR-klasserna 2 och 3.

7.3.7 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen

I Tabell 7.10 - Tabell 7.11 redovisas en sammanställning av indata som har tillämpats för händelseträdsmodellen avseende brand till följd av fordonsdefekt.

Tabell 7.10 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen för brand till följd av fordonsdefekt avseende trafik och fordonskategori.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]		
		Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Olycksplats	Huvudtunnel	93,5	100,0	100,0
	Ramptunnel	6,5	-	-
Trafiksituation	Högtrafik	77,0	77,0	77,0
	Lågtrafik	23,0	23,0	23,0
Fordonskategori	Personbil	88,4	88,4	79,6
	Buss	0,6	0,6	1,0
	Lastbil	11,0	11,0	19,4

Tabell 7.11 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen för brand till följd av fordonssdefekt avseende godskategori och brand.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]
Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter	Brand i lastbil (ej farligt gods) som utgör hot mot trafikanter	79,1
	Brand i fordon med farligt gods som utgör hot mot trafikanter	1,0
	Brand utgör ej hot mot trafikanter	20,0
ADR-klass	ADR-klass 1	0,1
	ADR-klass 2	47,9
	ADR-klass 3	51,3
	ADR-klass 4	0,1
	ADR-klass 5	0,2
	ADR-klass 6 - 9	0,4
Branden släcks i tidigt skede av trafikant	Brand i fordon med farligt gods släcks i tidigt skede	60,0
	Brand i fordon med farligt gods-fordon släcks ej i tidigt skede	40,0
	Brand i vanligt fordon släcks i tidigt skede	66,0
	Brand i vanligt fordon släcks ej i tidigt skede	34,0
Brandspridning till farligt gods-last	Brandspridning till klass 1, 4 och 5	50,0
	Ej brandspridning till ADR-klass 1, 4 och 5	50,0
	Brandspridning till klass 2 och 3	5,0
	Ej brandspridning till ADR-klass 2 och 3	95,0

7.4 Sannolikheter i händelseträdet för farligt gods

I detta avsnitt redovisas sannolikheterna som används i händelseträdet för farligt gods, exempelvis fördelningarna som tillämpas inom respektive ADR-klass.

7.4.1 ADR-klass 1

Transporter med ADR-klass 1 utgörs av explosiva ämnen och föremål. En explosion kan antingen inträffa till följd av brandspridning till lasten eller vid en extremt kraftig stöt.

7.4.1.1 Stöt som kan föranleda explosion

Sannolikheten för att en explosion inträffar på grund av en stöt bedöms vara lägre än sannolikheten för att ett fordon börjar brinna vid en trafikolycka. En konservativ uppskattning av sannolikheten för stötinitierad explosion vid trafikolycka är 0,1 procent (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

7.4.1.2 Fördelningen mellan olika riskgrupper inom ADR-klass 1

Explosiva varor delas in i olika riskgrupper, riskgrupp 1.1 - 1.6, utifrån ämnets egenskaper. Uppskattningsvis utgörs 80 – 90 procent av transporter som sker med explosivämnen av riskgrupp 1.1, medan riskgrupp 1.3 och 1.4 står för 5 – 10 procent medan övriga riskgrupper, 1.2, 1.5 och 1.6, endast transporteras i mycket begränsad omfattning (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011). Utifrån denna information antas det att 90 procent av godset inom ADR-klass 1 utgörs av riskgrupp 1.1 och att resterande del utgör 10 procent.

7.4.1.3 Mängd explosivämne

Andelen transporter med 16 ton utgör uppskattningsvis 1 procent av samtliga transporter i riskgrupp 1.1 medan övriga transporter, 99 procent utgörs av transporter med laster motsvarande mellan 60 – 5 000 kg.

För övriga riskgrupper, riskgrupp 1.2 - 1.6, uppskattas det att 100 procent av transporter utgörs av laster motsvarande 16 ton.

7.4.1.4 Konsekvenskategori

Parametern reglerar sannolikheten för att explosion inträffar, givet att en brand eller stöt som kan initiera explosivämnet inträffar. Inom parametern görs det skillnad på vilken riskgrupp som explosivämnet tillhör.

För en brand som sprider sig till en last med riskgrupp 1.1 antas det att explosion inträffar med 100 procent sannolikhet. Motsvarande sannolikhet för riskgrupp 1.2 - 1.6 är cirka 60 procent av fallen (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

För en stötinitiering av explosivämnet uppskattas det, oberoende av riskgrupp och mängd explosivämne, att explosion inträffar i 11 procent av fallen.

7.4.1.5 Sammanställning av indata till händelseträdet

I Tabell 7.12 redovisas en sammanställning av indata för händelseträdet gällande ADR-klass 1.

Tabell 7.12 Sammanställning av indata för händelseträdet gällande ADR-klass 1.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]
Stöt som kan föranleda explosion	Energi vid stöt kan föranleda explosion	0,1
	Energi vid stöt kan inte föranleda explosion	99,9
Fördelning klass 1	Riskgrupp 1.1	90,0
	Riskgrupp 1.2 - 1.6	10,0
Mängd explosivämne riskgrupp 1.1	16 ton	1,0
	60 – 5 000 kg	99,0
Mängd explosivämne riskgrupp 1.2 - 1.6	16 ton	100,0
Konsekvenskategori riskgrupp 1.1	Explosion då brand sprider sig till last	100,0
	Stöt föranleder explosion	11,0
	Stöt föranleder inte explosion	89,0
Konsekvenskategori riskgrupp 1.2 - 1.6	Explosion då brand sprider sig till last	60,0
	Ingen explosion då brand sprider sig till last	40,0
	Stöt föranleder explosion	11,0
	Stöt föranleder inte explosion	89,0

7.4.2 ADR-klass 2

Transporter med ADR-klass 2 utgörs av gaser med olika egenskaper, uppdelat utifrån delklasser, och i detta avsnitt redovisas sannolikheterna som tillämpas i händelseträdet för ADR-klass 2.

7.4.2.1 Utsläpp

Sannolikheten för att en trafikolycka där transporter med farligt gods är inblandade och medför utsläpp uppskattas generellt vara 13 procent. Gaser transporteras vanligtvis i trycksatta tankar med en större tjocklek och bättre tålighet. För transporter där det farliga ämnet transporteras under tryck i tank har sannolikheten för olycka antagits vara 30 gånger lägre på grund av kraven avseende konstruktion som gäller för dessa tankar. Detta medför att sannolikhet för ett utsläpp av gas uppskattas vara 0,43 procent (13 procent dividerat med 30) (Räddningsverket, 1996).

7.4.2.2 Fördelning inom ADR-klass 2

ADR-klass 2 innefattar gaser och ämnesklassen är indelad i tre olika delklasser utifrån gasernas egenskaper.

I Tabell 7.13 beskrivs delklasserna samt vilka konsekvenser som är förknippade med dessa.

Tabell 7.13 Beskrivning av egenskaperna för delklasserna samt exempel på konsekvenser vid olyckor (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2019).

Delklass	Beskrivning av egenskaper	Exempel på konsekvenser vid olyckor
2.1	Brandfarliga gaser	Brand eller explosion
2.2	Ikke brandfarliga, icke giftiga gaser	Kvävning
2.3	Giftiga gaser	Förgiftning

7.4.2.3 Utsläppsstorlek

Storleken för ett utsläpp till följd av olycka med farligt gods uppskattas till litet, medelstort eller stort och fördelningen för respektive utsläppsstorlek uppskattas till 62 procent, 21 procent respektive 17 procent (Räddningsverket, 1996).

Sannolikheterna används endast för gaser i delklass 2.1 respektive 2.3 eftersom utsläpp av delklass 2.2 inte bedöms föranleda några konsekvenser i form av omkomna trafikanter.

7.4.2.4 Antändning

För brandfarliga gaser, delklass 2.1, bedöms två initiala scenarier kunna uppstå beroende på hur antändning inträffar. Om den, under tryck, läckande gasen antänds omedelbart uppstår en jetflamma. Om antändning av gasen fördröjs kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids utmed vindriktningen och som kan antändas senare.

Sannolikheterna för antändning av ett stort respektive litet utsläpp är baserade på uppgifter från Räddningsverket (Räddningsverket, 1996) och redovisas i Tabell 7.14. Uppgifterna för ett medelstort utsläpp har beräknats utifrån medelvärdet för ett stort respektive litet utsläpp.

7.4.2.5 BLEVE

En BLEVE, Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion, förväntas inträffa om tankbilen saknar säkerhetsventil och tanken utsätts för kraftig brandpåverkan under en längre tid. En BLEVE antas i normala fall enbart kunna uppstå om jetflamma är riktad mot tanken.

I en tunnelmiljö reflekteras dock en jetflamma som är riktad mot en tunnelvägg eller tak, samtidigt som värmeåterstrålningen bedöms bli större. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma bedöms därför vara förhållandevis hög i tunnelmiljö, grovt antaget till 10 procent (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

7.4.2.6 Sammanställning av indata till händelseträdet

I Tabell 7.14 redovisas en sammanställning av indata för händelseträdet gällande ADR-klass 2.

Tabell 7.14 Sammanställning av indata för händelseträdet gällande ADR-klass 2.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]
Utsläpp	Utsläpp	0,4
	Ej utsläpp	99,6
Fördelning inom ADR-klass 2	Delklass 2.1	28,9
	Delklass 2.2	70,7
	Delklass 2.3	0,4
Utsläppsstorlek	Stort	17,0
	Medelstort	21,0
	Litet	62,0
Antändning stort utsläpp	Omedelbar antändning – Jetflamma	20,0
	Fördröjd antändning – Brinnande gasmoln	80,0
	Ingen antändning	0,0
Antändning - medelstort utsläpp	Omedelbar antändning - Jetflamma	15,0
	Fördröjd antändning - Brinnande gasmoln	65,0
	Ingen antändning	20,0
Antändning - litet utsläpp	Omedelbar antändning - Jetflamma	10,0
	Fördröjd antändning - Brinnande gasmoln	50,0
	Ingen antändning	40,0
BLEVE	BLEVE till följd av jetflamma	10,0
	Ingen BLEVE till följd av jetflamma	90,0

7.4.3 ADR-klass 3

Transporter med ADR-klass 3 utgörs av brandfarliga vätskor och i detta avsnitt redovisas sannolikheterna som tillämpas för händelseträdet avseende ADR-klass 3.

7.4.3.1 Utsläpp

Sannolikheten för att en trafikolycka som innefattar transporter med brandfarliga vätskor leder till utsläpp uppskattas till 13 procent, enligt index för olyckor med farligt gods för motorväg i tätort, (Räddningsverket, 1996).

7.4.3.2 Pölstorlek

Inom parametern görs det skillnad på om utsläppet av brandfarlig vätska leder till en liten eller stor pöl. Uppdelningen är endast en indikation om vilken typ av pölbrand som avses och den har definierats utifrån förväntad brandeffekt istället för ytstorlek. Den förväntade pölstorleken förutses variera utifrån bland annat typ av vätska, utsläppshastighet (källflöde), VA-systemets utformning och vägbanans lutning.

En stor pölbrand förväntas leda till mycket höga brandeffekter, 30 MW eller högre, och utgör således ett akut hot mot trafikanter i tunneln. Uppskattningsvis utgör 50 procent av bränderna en stor pöl och resterande 50 procent utgör en liten pöl (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

7.4.3.3 Antändning

Ett utsläpp av brandfarlig vätska från ett tankfordon utgör främst en risk för hälsa och säkerhet om vätskan antänds och det uppstår en pölbrand. Den förväntade antändningssannolikheten varierar exempelvis utifrån vätskans egenskaper, utsläppshastighet (källflöde), VA-systemets utformning, vägbanans lutning, närheten till varma delar på fordon etcetera

Genom att anta att hälften av vätskan är lättantändlig respektive svårantändlig uppskattas sannolikheten för antändning av en stor pöl till 15 procent och en liten pöl till 5 procent.

7.4.3.4 Sammanställning av indata till händelseträdet

I Tabell 7.15 redovisas en sammanställning av indata för händelseträdet gällande ADR-klass 3.

Tabell 7.15 Sammanställning av indata till händelseträdet för ADR-klass 3.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]
Utsläpp	Utsläpp	13,0
	Ej utsläpp	87,0
Pölstorlek	Stor pöl	50,0
	Liten pöl	50,0
Antändning stor pöl	Antändning stor pöl	15,0
	Ej antändning stor pöl	85,0
Antändning liten pöl	Antändning liten pöl	5,0
	Ej antändning liten pöl	95,0

7.4.4 ADR-klass 4

Inga ytterligare parametrar införs specifikt för att ta hänsyn till ADR-klass 4 då det enda relevanta händelseförloppet utgörs av brandspridning till last, vilket redan är representerat i modellen.

7.4.5 ADR-klass 5

Ammoniumnitrat bedöms vara ett av de oxiderande ämnen som har störst oxiderande effekt samt transporteras mest frekvent och i största mängder (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011). Av den anledningen har ammoniumnitrat valts som typämne för ADR-klass 5.

En explosion kan uppstå om ammoniumnitrat blandas med ett organiskt material som exempelvis diesel eller bensin. För att en blandning mellan ammoniumnitrat och bränsle ska explodera krävs en homogen blandning samt tillförsel av erforderlig energimängd. Ren ammoniumnitrat är stabilt och upphör att sönderfalla om värmekällan avlägsnas. De antaganden som införs i avsnitt 7.4.5.1 - 7.4.5.4 utgör bedömningar baserade på ovanstående information.

7.4.5.1 Brand

För olycksscenarier med brand används inga ytterligare sannolikheter i händelseträdsmodellen för ADR-klass 5.

7.4.5.2 Brandpåverkan föranleder explosion

Explosiva förlopp initierade av brand är relativt långsamma förlopp sannolikheten för att en brand ska leda till explosion bedöms som mycket låg och uppskattas till 0,1 procent (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

7.4.5.3 Utsläpp

Ammoniumnitrat transporteras som prillade produkter, paketerad i säckar om 1000 kg. Då ett utsläpp av lasten endast bedöms kunna inträffa om säcken påverkas av ett vasst föremål uppskattas sannolikheten för ett utsläpp vid trafikolycka till 10 procent (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

7.4.5.4 Utsläpp av drivmedel som blandas med det farliga godset

Sannolikheten för att olyckan leder till ett utsläpp av fordonsbränsle och sannolikheten för att blandning sker uppskattas till 10 procent respektive 50 procent. Givet att blandning sker förutsätts att en blandning uppstår som leder till explosion. I händelseträdet används den sammanslagna sannolikheten för de båda händelserna utsläpp av bränsle och att homogen blandning uppstår, det vill säga 5 procent.

7.4.5.5 Sammanställning av indata till händelseträdet

I Tabell 7.16 redovisas en sammanställning av indata för händelseträdet gällande ADR-klass 5.

Tabell 7.16 Sammanställning av indata för händelseträdet för ADR-klass 5.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]
Brandpåverkan föranleder explosion	Brandpåverkan föranleder explosion	0,1
	Brandpåverkan föranleder inte explosion	99,9
Utsläpp	Utsläpp	10,0
	Ej utsläpp	90,0
Utsläpp av drivmedel som blandas med det farliga godset	Drivmedel blandas med farligt gods	5,0
	Drivmedel blandas inte med farligt gods	95,0

7.5 Sannolikheter i händelseträdet för skyddsbarriärer

Händelseträdet för skyddsbarriärer har samma struktur för samtliga olycksscenarier och följer efter de inledande händelserna trafikolycka respektive brand till följd av fordonsdefekt.

Sannolikheterna inom händelseträdet för skyddsbarriärer baseras på uppgifter från referensprojektet E4 Förbifart Stockholm (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

7.5.1 Detektionssystemet fungerar

Tvärförbindelse Södertörn kommer att utrustas med ett antal redundanta och/eller oberoende system som tillsammans innebär att en trafikolycka eller brand förväntas detekteras snabbt och med en hög sannolikhet. Sannolikheten för att detektionssystemet fungerar uppskattas till 98 procent.

7.5.2 Personalen i vägtrafikcentralen, VTC, agerar korrekt

Personalen som arbetar i vägtrafikcentralen, VTC, i detta fall Trafik Stockholm, förutsätts vara väl utbildade och övade i att hantera situationerna som uppkommer. Då det gäller att personal agerar korrekt i stressade och kritiska situationer bedöms det dock finnas en sannolikhet för felhandlande. Det bedöms att sannolikheten för att personalen i VTC agerar korrekt vid trafikolycka eller brand är 93 procent då detektionssystemen fungerar. Med fungerande detektionssystem inkluderas även fallen då VTC informeras om olyckan via mobiltelefonsamtal. Det bedöms att sannolikheten för att personal i VTC inte agerar korrekt är 100 procent då ingen detektion sker.

7.5.3 Trafikavvecklingen fungerar

Vid en olyckshändelse skall trafiken avvecklas så fort som möjligt, framför allt nedströms olyckan. Det förväntas att köbildning i tunneln endast kan uppstå under högtrafik. Det förutsätts också att ett högt trafikflöde i sig inte medför köbildning och att köer som uppstår utanför tunnelsystemet, vid rondeller/korsningar, inte växer in i tunnlarna. Dessa förutsättningar kräver åtgärder som möjliggör aktiv trafikstyrning.

Sannolikheten för kö i någon av tunnlarna bedöms vara oberoende av huruvida VTC agerar korrekt eller ej efter att olyckan och/eller branden har initierats. Om det fanns kö i tunneln innan olyckan, bedöms trafikavveckling inte kunna ske. VTC har dock en viktig funktion i att förebygga och efter behov avveckla köer i tunnlarna. Sannolikheten för att trafikavvecklingen fungerar uppskattas till 97,5 procent.

7.5.4 Brandventilationssystemet fungerar

Tillgängligheten hos brandventilationssystemet förutsätts vara mycket hög mot bakgrund av systemets utformning, longitudinell ventilation med impulsfläktar. Att ventilationen fungerar beror dock på om operatören vid VTC agerar korrekt, och således också på att olyckan detekteras.

Sannolikheten att ventilationen fungerar som planerat då VTC agerar korrekt antas till 99 procent medan sannolikheten för att ventilationen är i drift då VTC inte agerar korrekt antas till 0 procent.

7.5.5 Brandbekämpningssystemet fungerar

I denna riskanalys förutsätts att ett väl dimensionerat och utprövat system som utförs på ett sätt att det i erforderlig utsträckning samverkar med ventilationen. Det förutsätts vidare att brandbekämpningssystemet aktiveras automatiskt, eventuellt med kort fördröjning och manuellt, det vill säga strax efter branddetektion. Funktionen förutsätts vara oberoende av hur personalen i VTC agerar samt av övriga parametrar, exempelvis trafiksituation och huruvida ventilationen fungerar. Att brandbekämpningssystemet fungerar innebär här att systemet får avsedd verkan, det vill säga kontrollerar och begränsar brand i fordon samt förhindrar brandspridning.

Tillgängligheten hos brandbekämpningssystemet förutsätts vara mycket hög och sannolikheten att brandbekämpningssystemet aktiveras som planerat, givet att detektionssystemen fungerar som avsett, uppskattas till 97 procent.

Det finns en risk att brandtillväxten är så pass snabb att brandstorleken överstiger den dimensionerade kapaciteten hos brandbekämpningssystemet, även om brandbekämpningssystemet aktiveras som planerat, och att verkan reduceras eller i värsta fall helt uteblir.

Sannolikheten för att branden inte är för stor vid aktiveringstillfället uppskattas till 90 procent, givet att detektionssystemet fungerar som avsett.

7.5.6 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen

I Tabell 7.17 redovisas en sammanställning av indata som har tillämpats för händelseträdsmodellen för skyddsbarriärer.

Tabell 7.17 Sannolikheter för skyddsbarriärer i händelseträdet.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]	
		Personalen i VTC agerar korrekt	Personalen i VTC agerar felaktigt
Detektionssystem fungerar som avsett	Ja	98,0	98,0
	Nej	2,0	2,0
Personalen i vägtrafikcentralen agerar korrekt	Ja	93,0	93,0
	Nej	7,0	7,0
Trafikutveckling fungerar som avsett	Ja	97,5	97,5
	Nej	2,5	2,5
Ventilationssystemet fungerar, inget tekniskt fel - Endast när VTC agerar korrekt	Ja	99,0	-
	Nej	1,0	-
Ventilationssystemet är i drift - Endast när VTC inte agerar korrekt	Ja	-	0,0
	Nej	-	100,0
Brandbekämpningssystemet fungerar	Ja	97,0	97,0
	Nej	3,0	3,0
Brandbekämpningssystemet klarar av att begränsa branden - Endast för olyckor som innefattar brand	Ja	90,0	90,0
	Nej	10,0	10,0

8 Konsekvensbedömningar

I detta kapitel redovisas konsekvensbedömningarna samt faktorerna som ligger till grund för beräkningsresultatet och förväntat antal omkomna trafikanter. Konsekvensbedömningarna inom Tvärförbindelse Södertörn har byggt vidare på de bedömningar som genomfördes i referensprojektet E4 Förbifart Stockholm (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

Samtliga konsekvensbedömningar har anpassats utifrån personbelastningarna för respektive tunnel inom Tvärförbindelse Södertörn. Detta innebär exempelvis att antalet körfält har anpassats utifrån respektive tunnel. För några av olycksscenarierna har även ytterligare aspekter beaktats i ett försök att redovisa skyddsbarriärernas påverkan på konsekvensbedömningarna. De konsekvensbedömningar som redovisas i detta kapitel avser bara olyckor som inträffar i huvudtunneln under högttrafik, antingen i form av trafikolyckor eller som en brand till följd av fordonsdefekt, då endast Masmotunneln har två korta ramptunnlar. Övriga tunnlar inom Tvärförbindelse Södertörn saknar ramptunnlar. Om ingen referens anges till redovisade uppgifter så har dessa hämtats från referensprojektet E4 Förbifart Stockholm.

I Bilaga D – Konsekvensbedömningar redovisas bakgrund och uppgifter som ligger till grund för konsekvensbedömningarna som redovisas i detta kapitel och i Bilaga E - Känslighetsanalys har konsekvenserna varierats utifrån personbelastning för att beakta osäkerheter i bedömningarna.

8.1 Brand i fordon

Konsekvenserna av brand i fordon har analyserats i referensprojektet E4 Förbifart Stockholm i en separat konsekvensanalys (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2010a), vilken delvis ligger till grund för konsekvensbedömningarna som redovisas i detta avsnitt.

8.1.1 Brandbekämpningssystemet fungerar

I Tabell 8.1 redogörs konsekvensbedömningarna för olika brandscenarier i respektive tunnel inom Tvärförbindelse Södertörn då brandbekämpningssystemet fungerar och får avsedd verkan.

Tabell 8.1 Förväntat antal omkomna trafikanter vid brand i fordon (buss, lastbil och/eller brand till följd av flerfordonsolycka) då brandbekämpningssystemet fungerar.

Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergs-tunnel
Kö/Ventilationen fungerar	1	1	1
Kö/Ventilationen fungerar ej Brandbekämpningssystemet klarar inte av att begränsa branden	6	6	6
Kö/Ventilationen fungerar Brandbekämpningssystemet klarar inte av att begränsa branden	3	3	3
Kö/Ventilationen fungerar ej	2	2	2
Ej kö/Ventilationen fungerar ej Brandbekämpningssystemet klarar inte av att begränsa branden	1	1	1

8.1.2 Brandbekämpningssystemet fungerar ej

I Tabell 8.2 redovisas konsekvensbedömningar för olika olyckshändelser i respektive tunnel när brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 8.2 Förväntat antal omkomna trafikanter till följd av brand i fordon då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Typ av fordon	Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergs-tunnel
Brand i fordon under högtrafik (buss, lastbil och/eller brand till följd av flerfordonsolycka), oavsett olycksplats	Ej kö/Ventilationen fungerar ej	10	10	10
Brand i buss i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	23	13	13
	Kö/Ventilationen fungerar ej	30	18	18
Brand i lastbil i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	30	18	18
	Kö/Ventilationen fungerar ej	40	23	23
Brand i minst två bussar, men ej lastbil i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	30	18	18
	Kö/Ventilationen fungerar ej	38	22	22
Brand i minst två lastbilar i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	35	20	20
	Kö/Ventilationen fungerar ej	45	26	26

8.2 Olyckor som innefattar farligt gods

I detta avsnitt redovisas konsekvensbedömningar för olika typer av olyckor som innefattar farligt gods.

8.2.1 ADR-klass 1

En explosion kan antingen inträffa till följd av brandspridning till lasten eller vid en extremt kraftig stöt. Då brandbekämpningssystemet förhindrar brandspridning bedöms inga trafikanter omkomma, vilket innebär att det inte antas ske någon brandinitierad explosion. Detta bedöms dock inte ha någon inverkan på utfallet vid stötinitierad explosion.

I Tabell 8.3 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid en explosion.

Tabell 8.3 Förväntat antal omkomna trafikanter vid en explosion.

Omfattning	Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergs-tunnel
Explosion på 16 ton, oavsett riskgrupp	Ej kö	161	161	440
	Kö	362	363	990
Explosion 60 kg - 5 ton med klass 1.1	Ej kö	161	161	157
	Kö	321	314	314

8.2.2 ADR-klass 2

För olycksscenarierna som benämns brandpåverkad tank och BLEVE bedöms brandbekämpningssystemet förhindra brandspridning till lasten och därmed förväntas inga trafikanter omkomma. Brandbekämpningssystemet bedöms dock inte ha någon inverkan på det förväntade antalet omkomna trafikanter för olycksscenarierna jetflamma, gasmolnsexplosion eller giftigt utsläpp.

I Tabell 8.4 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 8.4 Förväntat antal omkomna trafikanter vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Ej kö/VTC agerar korrekt	75	41	41
Kö/VTC agerar korrekt	150	82	82

I Tabell 8.5 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter vid BLEVE då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 8.5 Förväntat antal omkomna trafikanter vid BLEVE då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Ej kö/VTC agerar korrekt	121	85	85
Kö/VTC agerar korrekt	241	171	171

För konsekvensbedömningarna avseende jetflamma betraktas jetflamma som ett enda scenario, det vill säga att de beräknade frekvenserna för liten, mellanstor och stor jetflamma summeras och representerar frekvensen för samtliga olycksscenarier med jetflamma, oavsett storlek.

I Tabell 8.6 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter vid jetflamma.

Tabell 8.6 Förväntat antal omkomna trafikanter vid jetflamma.

Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Ej kö	50	44	44
Kö	100	89	89

Konsekvenserna för en gasmolnsexplosion kan variera kraftigt beroende på omständigheterna.

I Tabell 8.7 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter vid en gasmolnsexplosion.

Tabell 8.7 Förväntat antal omkomna trafikanter vid en gasmolnsexplosion.

Omfattning	Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergs-tunneln
Mellan eller stor gasmolnsexplosion	Ej kö	161	161	157
	Kö	321	314	314
Liten gasmolns-explosion	Ej kö	80	81	79
	Kö	161	157	157

Ett gasutsläpp i tunnel innebär att gasen är innesluten, vilket medför att höga gaskoncentrationer bevaras under mycket längre sträckor än för motsvarande utsläpp på ytan.

I Tabell 8.8 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter vid ett utsläpp av giftig gas, ADR-klass 2.3.

Tabell 8.8 Förväntat antal omkomna trafikanter vid ett utsläpp av giftig gas (ADR-klass 2.3).

Omfattning	Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Medelstort eller stort gasutsläpp	Ej kö	50	50	50
	Kö	321	314	314
Litet gasutsläpp	Ej kö	5	5	5
	Kö	161	157	157

8.2.3 ADR- klass 3

Då brandbekämpningssystemet förhindrar brandspridning till lasten för olycksscenarioet som benämns brandpåverkad tank förväntas inga trafikanter omkomma då brandbekämpningssystemet fungerar.

Dock bedöms inte det ha någon inverkan på skadeutfallet vid pölbrand.

I Tabell 8.9 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 8.9 Förväntat antal omkomna trafikanter vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Ej kö/VTC agerar korrekt	75	44	41
Kö/ VTC agerar korrekt	150	88	82

Brandfarliga vätskor som rinner ut på vägbanan kommer beroende på om olyckan sker i upp- eller nedförslutning antingen rinna bort från trafikanter uppströms olycksplatsen eller mot trafikanterna, vilket påverkar konsekvenserna.

I Tabell 8.10 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter vid pölbrand.

Tabell 8.10. Förväntat antal omkomna trafikanter vid pölbrand.

Storlek	Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Stor pölbrand	Ej kö/Ventilationen fungerar	26	22	22
	Kö/Ventilationen fungerar	200	167	167
	Ej kö/Ventilationen fungerar ej	39	33	33
	Kö/Ventilationen fungerar ej	300	250	250
Liten pölbrand	Ej kö/Ventilationen fungerar	10	8	8
	Kö/Ventilationen fungerar	100	83	83
	Ej kö/Ventilationen fungerar ej	15	13	13
	Kö/Ventilationen fungerar ej	150	125	125

8.2.4 ADR-klass 4

ADR-klass 4 innefattar brandfarliga fasta ämnen och en brand förväntas motsvara en mycket kraftig brand med en snabb brandutveckling. Då brandbekämpningssystemet förhindrar brandspridning till lasten bedöms inga trafikanter omkomma.

I Tabell 8.11 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 8.11 Förväntat antal omkomna trafikanter vid brand då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Kö/ Ventilationen fungerar	75	44	44
Ej kö/ Ventilationen fungerar	38	22	22
Kö/ Ventilationen fungerar ej	100	58	58
Ej kö/ Ventilationen fungerar ej	50	29	29

8.2.5 ADR-klass 5

ADR-klass 5 innefattar oxiderande ämnen och organiska peroxider och ett olycksscenario kan medföra en brand och/eller explosion.

Olyckor med ADR-klass 5 som innefattar explosioner betraktas konsekvensmässigt motsvara en explosion med en mängd motsvarande 60 – 5 000 kg explosivämne av riskgrupp 1.1.

Då brandbekämpningssystemet förhindrar brandspridning till lasten bedöms inga trafikanter omkomma. Dock bedöms inte systemet ha någon inverkan på utfallet vid explosion på grund av kontaminering.

I Tabell 8.12 redovisas antalet förväntat omkomna trafikanter vid explosion.

Tabell 8.12 Förväntat antal omkomna vid trafikanter en explosion.

Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Ej kö	161	161	157
Kö	321	314	314

En brand som involverar ADR-klass 5 bedöms representera en mycket kraftig brand med en snabb brandutveckling. Då brandbekämpningssystemet förhindrar brandspridning till lasten bedöms inga trafikanter omkomma.

I Tabell 8.13 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 8.13 Förväntat antal omkomna trafikanter vid brand då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Kö/Ventilationen fungerar	75	44	44
Ej kö/Ventilationen fungerar	38	22	22
Kö/Ventilationen fungerar ej	100	58	58
Ej kö/Ventilationen fungerar ej	50	29	29

9 Beräkningsresultat

I detta kapitel redovisas resultatet av beräkningarna från riskanalysen. Resultaten redovisas i form av samhällsrisk, där förväntat antal omkomna trafikanter för olika olycksscenarier redovisas i F/N-diagram där både frekvens och antalet omkomna trafikanter redovisas. Samhällsrisk redovisas per tunnelkilometer för Glömsta- och Flemingsbergstunneln respektive för Masmotunneln i sin helhet då den är 750 meter lång.

Frekvenserna för olika olycksscenarier utarbetas med hjälp av händelseträdsmodellen som beskrivs i kapitel 6 och underlaget som redovisas i kapitel 7. Dessa i kombination med konsekvensbedömningar som redovisas i kapitel 8 ligger till grund för det beräkningsresultat som redovisas i detta kapitel.

9.1 Redovisning av PLL-tal

I Tabell 9.1 redovisas PLL-tal, Potential Loss of Life, för olycka typer av olycksscenarier för respektive tunnel inom Tvärförbindelse Södertörn. PLL-tal uttrycker statistiskt förväntat antal omkomna trafikanter under ett år och tas fram genom att multiplicera frekvensen och konsekvensen för respektive olycksscenario.

PLL-talet används i aktuellt fall för att få en översikt av riskerna för de olika tunnlar och för att ge en möjlighet att enkelt jämföra risken mellan tunnlar och med andra tunnlar utanför Tvärförbindelse Södertörn, samt även med andra transportslag. PLL-talet samlar alla olycksscenarier i ett tal men bygger enbart på information från FN-diagrammen. Detta innebär i praktiken en lägre upplösning än av beräkningsresultatet än för ett FN-diagram, då det inte går att utläsa vilka olycksscenarier som ligger till grund för PLL-talet. Det gör ingen skillnad på ifall det är en olycka med ett flertal omkomna och låg frekvens eller en olycka med fåtal omkomna och hög frekvens. Därför bör främst FN-diagram användas för att beskriva risknivåerna.

Tabell 9.1 PLL-tal för olika olycksscenarier i respektive tunnel inom Tvärförbindelse Södertörn.

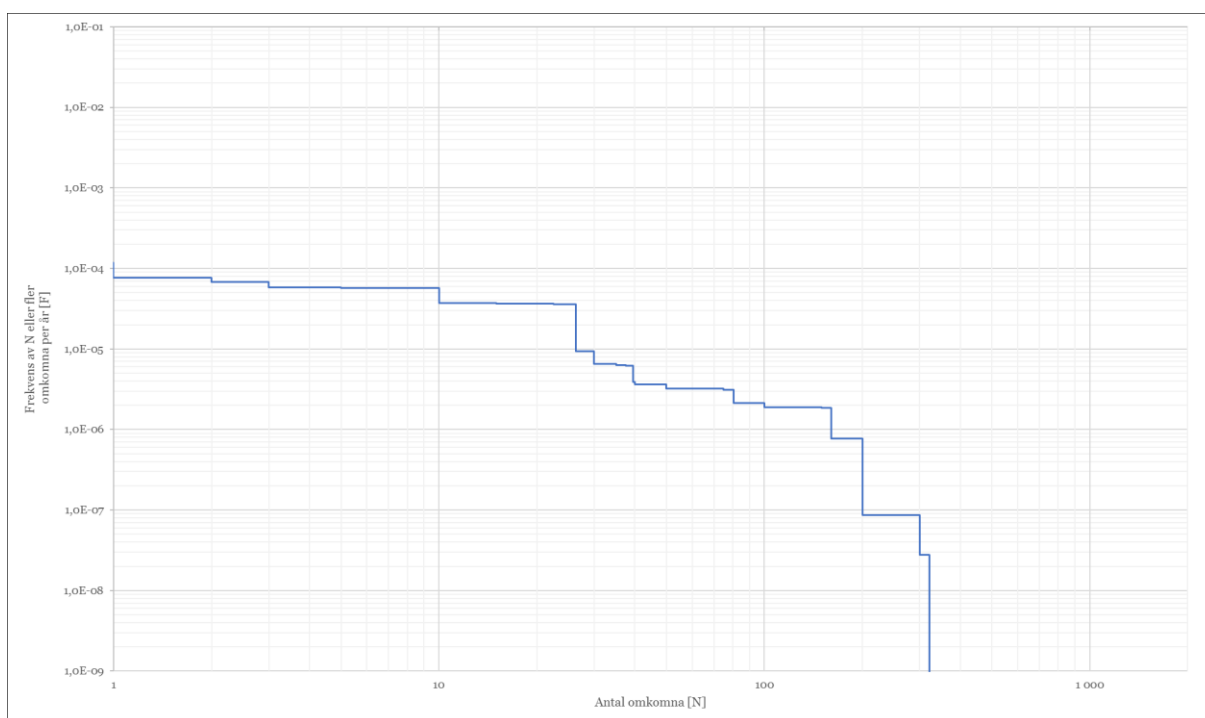
Olycksscenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergs-tunneln	Totalt
Trafikolycka, endast för jämförelse	$1,8 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-2}$	$9,2 \times 10^{-2}$
Brand till följd av fordonsdefekt	$5,6 \times 10^{-4}$	$7,1 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-3}$
Brand till följd av trafikolycka	$2,8 \times 10^{-5}$	$4,0 \times 10^{-5}$	$6,7 \times 10^{-5}$	$1,4 \times 10^{-4}$
Olycka som innefattar ADR-klass 1	$9,5 \times 10^{-6}$	$1,4 \times 10^{-5}$	$4,4 \times 10^{-5}$	$6,8 \times 10^{-5}$
Olycka som innefattar ADR-klass 2	$2,8 \times 10^{-4}$	$4,4 \times 10^{-4}$	$7,4 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-3}$
Olycka som innefattar ADR-klass 3	$1,1 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-3}$
Olycka som innefattar ADR-klass 4	$2,3 \times 10^{-6}$	$2,0 \times 10^{-6}$	$5,8 \times 10^{-6}$	$1,0 \times 10^{-5}$
Olycka som innefattar ADR-klass 5	$1,5 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-5}$	$4,4 \times 10^{-5}$	$7,8 \times 10^{-5}$

Totalt, exklusive trafikolycka	$2,0 \times 10^{-3}$	$2,7 \times 10^{-3}$	$5,4 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-2}$
--------------------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

9.2 Redovisning av FN-diagram

9.2.1 FN-diagram för Masmotunneln

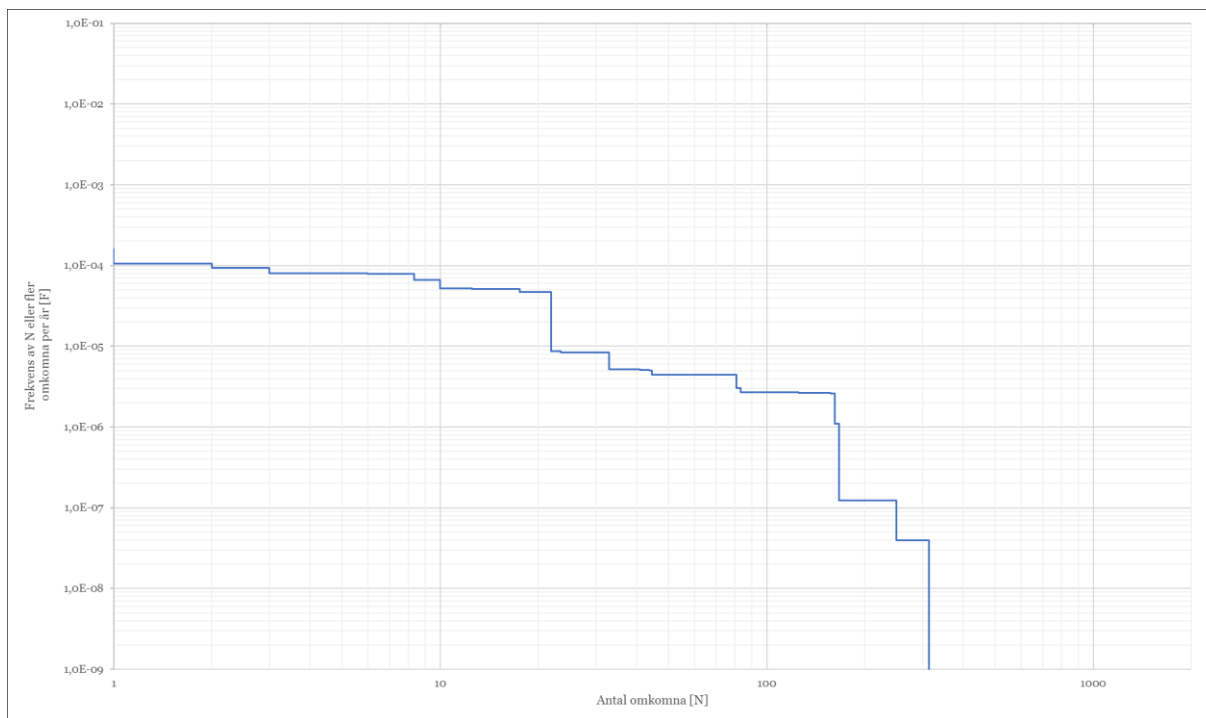
I Figur 9-1 redovisas riskprofilen för Masmotunneln baserad på förväntat antal omkomna trafikanter.



Figur 9-1 Samhällsriskerna redovisad i form av F/N-diagram för Masmotunneln. Riskprofilen redovisas för hela tunneln, då tunnelns längd endast är 750 meter.

9.2.2 FN-diagram för Glömstatunneln

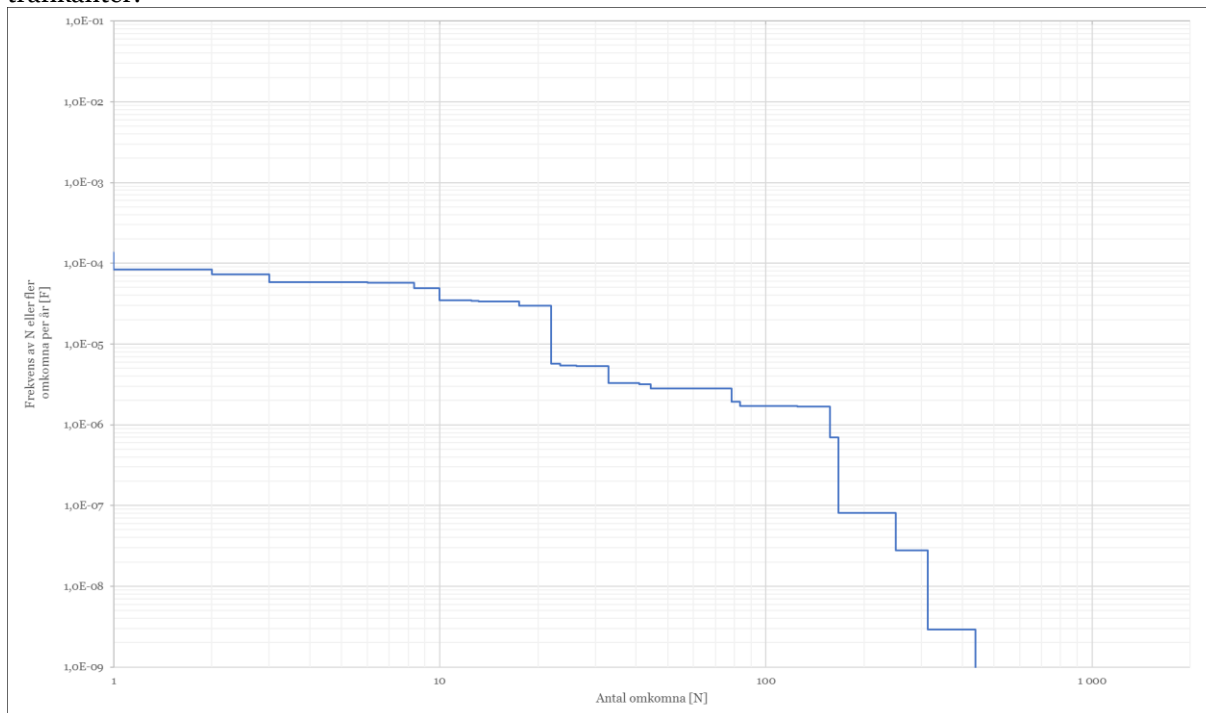
I Figur 9-2 redovisas riskprofilen för Glömstatunneln baserad på förväntat antal omkomna trafikanter.



Figur 9-2 Samhällsriskerna redovisad i form av F/N-diagram per tunnelkilometer avseende Glömstatunneln.

9.2.3 FN-diagram för Flemingsbergstunneln

I Figur 9-3 redovisas riskprofilen för Flemingsbergstunneln baserad på förväntat antal omkomna trafikanter.



Figur 9-3 Samhällsriskerna redovisad i form av F/N-diagram per tunnelkilometer avseende Flemingsbergstunneln.

10 Osäkerheter

I detta kapitel diskuteras osäkerheterna relaterade till riskanalysen med syfte att åskådliggöra och analysera deras inverkan på den förväntad risknivån.

I Bilaga E – Känslighetsanalys redovisas resultatet från känslighetsanalysen i form av FN-diagram där respektive parameter har varierats för att redovisa hur förändringen påverkar beräkningsresultatet.

10.1.1 Valet av olyckskvot för trafikolyckor

Trafikolyckor förväntas inträffa regelbundet i tunnelarna inom Tvärförbindelse Södertörn, men en stor del av olyckorna förväntas endast utgöras av egendomsskador. Dessa trafikolyckor förväntas inte medföra att någon eller några trafikanter omkommer, vilket därmed inte påverkar risknivån i tunnelarna.

Den olyckskvot som har tillämpats i referensprojektet E4 Förbifart Stockholm motsvarade personskadorna samt hälften av egendomsskadorna, vilket innebär att olyckskvoten reducerades från 0,3 till 0,2 trafikolyckor per miljon fordonskilometer. Till följd av detta påverkades sannolikheterna för samtliga olycksscenarier i riskanalysen, bortsett från brand till följd av fordondefekt som är baserat på separata brandfrekvenser.

10.1.2 Valet av brandfrekvens avseende brand till följd av fordondefekt

Antalet fordonnbränder till följd av antingen fordondefekt eller trafikolycka förväntas uppgå till någon enstaka brand per år, till skillnad mot antalet trafikolyckor som förväntas inträffa månatligen.

Brandfrekvenserna för brand till följd av fordondefekt är baserade på ett statistiskt underlag och det är inte säkert att dessa motsvarar dagens säkerhetsnivåer. Referenslitteraturen (Centre d'Études des Tunnels (Tunnel Study Centre), 2003) är framtagen i början av 2000-talet och är därmed troligtvis baserad på äldre statistik, vilket medför att underlaget är baserat på fordon som skiljer sig från de som kommer att trafikera tunnelarna inom Tvärförbindelse Södertörn i mitten av 2000-talet.

Lyckligtvis är antalet bränder i tunnlar relativt begränsat, men dessvärre medför detta även att underlaget som riskanalyserna är baserade på medför relativt stora osäkerheter. För att ta hänsyn till detta har en känslighetsanalys genomförts och resultatet från denna redovisas i avsnitt 17.1.2.

10.1.3 Underlag avseende andelen transporter av farligt gods

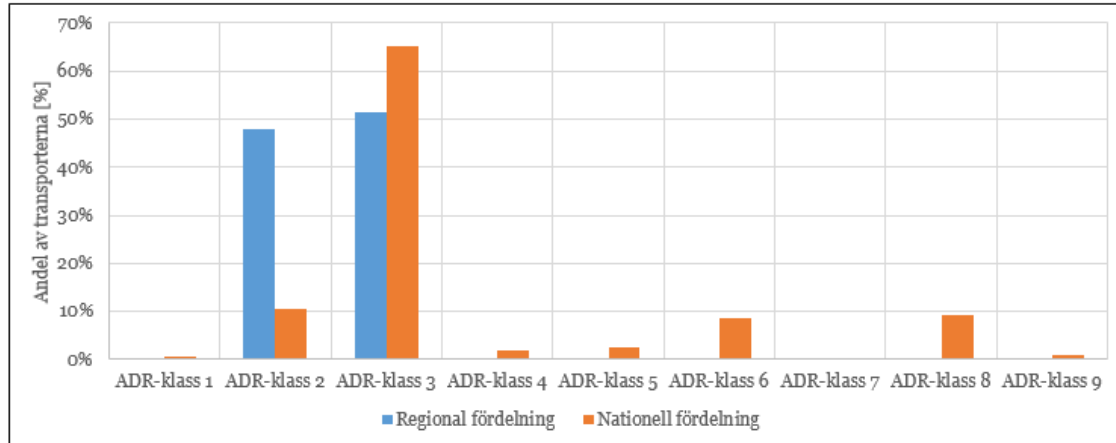
För att kunna uppskatta de förväntade konsekvenserna från olyckor med transporter av farligt gods behövs det information om andelen transporter med farligt gods samt även ADR-fördelningen, se avsnitt 3.3. Under åren 2009 - 2017 varierade genomsnittet för andelen transporter med farligt gods mellan 1,2 och 4,4 procent beroende på vilket underlag som har använts för att beräkna andelen. Med hänsyn till antalet transporter i Sverige var andelen 1,2 procent medan en jämförelse utifrån trafikarbetet i Sverige medför en andel motsvarande 4,4 procent. För riskanalysen har andelen baserats på godsmängd, vilket medför att andelen transporter av farligt gods antas vara 2,9 procent. För att ta hänsyn till osäkerheter avseende andelen transporter av farligt gods har en känslighetsanalys genomförts och resultatet från denna redovisas i avsnitt 17.1.4.

10.1.4 Nationell respektive regional ADR-fördelning

Den nationella ADR-fördelningen som baseras på underlag från Trafikanalys skiljer sig från den regionala ADR-fördelningen som har utarbetats inom projektet Tvärförbindelse Södertörn. I Figur 10-1 redovisas en jämförelse mellan den nationella respektive regionala ADR-fördelningen. Skillnaderna avser främst ADR-klasserna 2 respektive 3.

I den nationella fördelningen är andelen ADR-klass 3 högre medan andelen ADR-klass 2 är högre i den regionala fördelningen. En bidragande anledning till den högre andelen ADR-klass 2 för den regionala ADR-fördelningen är troligtvis AGA:s LNG-anläggning i Nynäshamn som togs i drift år 2011.

En högre andel ADR-klass 2 medför att konsekvenserna för olycksscenarierna som innefattar farligt gods kan förväntas bli allvarigare till följd av högre sannolikhet för olyckor som innefattar gaser.



Figur 10-1 Jämförelse mellan nationell respektive regional ADR-fördelning utifrån förväntade godsmängder för år 2045.

För att ta hänsyn till olika andelar med transporter av farligt gods har en känslighetsanalys genomförts och resultatet från denna redovisas i avsnitt 17.1.4.

10.1.5 Trafikavveckling

Möjligheterna till trafikavveckling påverkar konsekvensbedömningarna då personbelastningen blir betydligt högre när det förekommer kö i tunnarna. För olycksscenarierna med längre konsekvensavstånd, exempelvis explosioner, medför detta att ett större antal trafikanter förväntas omkomma vid en olycka.

För att ta hänsyn till trafikavvecklingen har två olika beräkningar genomförts, där sannolikheten för trafikavveckling motsvarar 2,5 procent respektive 5 procent. Resultatet av känslighetsanalysen avseende trafikavveckling redovisas i avsnitt 17.1.1.

10.1.6 Alternativa drivmedel

Med en större efterfrågan på miljövänligare alternativa drivmedel sker en förändring av vilka drivmedel som används för fordon i Sverige. Några exempel på drivmedel som tidigare var ovanliga men som nu används i allt större utsträckning är etanol, LPG, CNG, vätgas, olika typer av batterier eller hybrider mellan dessa.

I dagsläget utgör cirka 60 procent av att den totala mängden farligt gods som transporteras av brandfarliga vätskor, ADR-klass 3. Det är möjligt att detta förhållande förändras då större mängder av exempelvis brandfarliga gaser, ADR-klass 2.1, används som drivmedel. Att nya drivmedel kommer att påverka risknivåerna på ett eller annat sätt är troligt och utvecklingen bör kontinuerligt följas med avseende på vilka drivmedel som fordonen inom Tvärförbindelse Södertörn använder, samt vilka mängder som transporteras.

Hur alternativa drivmedel påverkar risknivån i samhället är i dagsläget osäkert. Förutom de förändrade effekterna som enskilda fordons drivmedel kan ha på ett olycksförlopp, sker även en förändring i transportvolymerna för de olika klasserna av farligt gods.

Riskerna med alternativa drivmedel skall dock inte överdrivas då alla bränslen innebär någon form av brand- eller explosionsrisk.

Jämfört med vätskeformiga fossila drivmedel medför dessa alternativa drivmedel dock nya risker som exempelvis tryckkärlexplosion, BLEVE och termisk rusning. Brandbelastningen från ett elfordon är inte värre än från fordon med flytande fossila drivmedel men de innebär andra risker. Elsystemet till traktionsbatteriet måste exempelvis beaktas vid räddningsinsats, särskilt när en bil står på laddning. Vid en termisk rusning produceras dock en hel del gaser som dels kan vara brandfarliga samt dels mycket giftiga (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2016).

I ett försök att beakta detta har händelser med biogasbussar, CNG, inkluderats i denna riskanalys genom att ta höjd i konsekvensbedömningen för berörda olycksscenarier.

11 Slutsatser

I detta kapitel redovisas slutsatserna till följd av riskanalysen.

11.1 Förväntad risknivå utifrån tunnelnarnas utformning

Nedan redovisas en sammanställning av faktorerna som främst påverkar den förväntade risknivån i tunnelnarna:

- Brandfrekvens
- Olyckskvot
- Högt trafikflöde med en stor andel tung trafik
- Risk för köbildning i tunnelnarna
- Omfattande trafik med transporter av farligt gods utan restriktioner för olika ADR-klasser
- En hög andel transporter av ADR-klass 2, motsvarande cirka 50 procent
- Tunnellängd (Flemingsbergstunneln)
- CNG-bussar

11.1.1 Riskpåverkande faktorer för respektive tunnel

Inom Tvärförbindelse Södertörn finns det tre olika tunnlar, fyra inklusive Solgårdstunneln, och alla har olika utformningar vilket därmed påverkar risknivåerna. De faktorer som främst påverkar risknivåerna är följande:

- Antalet körfält
- Tunnellängderna
- Tunnlar med eller utan ramptunnlar

Antalet körfält för tunnelnarna inom Tvärförbindelse Södertörn varierar, i Masmotunneln är det 3 + 3 körfält medan övriga tunnlar har 2 + 2 körfält. Detta påverkar personbelastningen och därmed även konsekvenserna för olyckor med kortare konsekvensavstånd, som exempelvis en pölbrand då fler personer befinner sig i närheten av olycksplatsen.

Tunnellängderna för tunnelnarna inom Tvärförbindelse Södertörn varierar också, Flemingsbergstunneln är exempelvis 3,08 km medan Masmotunneln endast är 750 meter. Inom projektet finns det även en ännu kortare tunnel, Solgårdstunneln som är cirka 200 meter lång men som inte ingår i riskanalysen till följd av den begränsade längden. Tunnellängderna påverkar även personbelastningen i tunnelnarna, då fler personer kan rymmas i en längre tunnel och därmed konsekvenserna för olycksscenarier med längre konsekvensavstånd som exempelvis explosioner.

Det är endast Masmotunneln som har ramptunnlar inom Tvärförbindelse Södertörn, men dessa är 150 respektive 200 meter långa och trafikarbetet i ramptunnelnarna begränsas därmed till följd av detta. Detta medför att antalet olyckor som inträffar i ramptunnelnarna är lägre då sannolikheten för att en olycka inträffar är relaterat till trafikarbetet.

11.2 Förväntat antal olyckor i respektive tunnel

I detta avsnitt redovisas antalet fordonsbränder och antalet olyckor med farligt gods för respektive tunnel.

11.2.1 Antal fordonsbränder

I Tabell 11.1 redovisas en uppskattning av antalet bränder per år för Masmotunneln.

Tabell 11.1 Uppskattning av antalet bränder per år i Masmotunneln.

Fordonskategori	Brand till följd av trafikolycka		Brand till följd av fordonsdefekt	
	Antal bränder per år [Antal]	Återkomsttid [Antal år mellan brand]	Antal bränder per år [Antal]	Återkomsttid [Antal år mellan brand]
Personbilar	$1,1 \times 10^{-2}$	89	$3,1 \times 10^{-1}$	3
Tung trafik	$8,4 \times 10^{-4}$	1 195	$4,9 \times 10^{-2}$	20
Transporter av farligt gods	$9,7 \times 10^{-6}$	102 987	$4,8 \times 10^{-4}$	2 101

I Tabell 11.2 redovisas en uppskattning av antalet bränder per år för Glömstatunneln.

Tabell 11.2 Uppskattning av antalet bränder per år i Glömstatunneln.

Fordonskategori	Brand till följd av trafikolycka		Brand till följd av fordonsdefekt	
	Antal bränder per år [Antal]	Återkomsttid [Antal år mellan brand]	Antal bränder per år [Antal]	Återkomsttid [Antal år mellan brand]
Personbilar	$1,8 \times 10^{-2}$	56	$4,9 \times 10^{-1}$	2
Tung trafik	$1,3 \times 10^{-3}$	752	$3,9 \times 10^{-2}$	26
Transporter av farligt gods	$1,6 \times 10^{-5}$	64 516	$3,7 \times 10^{-4}$	2 695

I Tabell 11.3 redovisas en uppskattning av antalet bränder per år för Flemingsbergstunneln.

Tabell 11.3 Uppskattning av antalet bränder per år i Flemingsbergstunneln.

Fordonskategori	Brand till följd av trafikolycka		Brand till följd av fordonsdefekt	
	Antal bränder per år [Antal]	Återkomsttid [Antal år mellan brand]	Antal bränder per år [Antal]	Återkomsttid [Antal år mellan brand]
Personbilar	$2,8 \times 10^{-2}$	36	$7,7 \times 10^{-1}$	1
Tung trafik	$3,3 \times 10^{-3}$	306	$9,5 \times 10^{-2}$	11
Transporter av farligt gods	$3,8 \times 10^{-5}$	26 385	$9,1 \times 10^{-4}$	1 100

11.2.2 Antal olyckor med transporter av farligt gods

I Tabell 11.4 redovisas en uppskattning av antalet olyckor med farligt gods i tunnlarna inom Tvärförbindelse Södertörn.

Tabell 11.4 Uppskattning av antalet olyckor med transporter av farligt gods.

Parameter	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergs-tunneln
Antal olyckor med transporter av farligt gods per år [Antal]	0,01	0,02	0,06
Återkomsttid [Antal år mellan olyckor som innefattar transporter av farligt gods]	100	50	17

11.3 Redovisning av samhällsrisk

I samband med riskanalysen har samhällsriskerna beräknats och redovisas i form av PLL-tal respektive FN-diagram för respektive tunnel inom Tvärförbindelse Södertörn. Utöver detta redovisas även en jämförelse av PLL-talen mot referensprojektet E4 Förbifart Stockholm.

11.3.1 Redovisning av PLL-tal

I Tabell 11.5 redovisas PLL-tal för olika olycksscenarier i respektive tunnel inom Tvärförbindelse Södertörn. Redovisningen av PLL-talet för trafikolycka är endast med som en jämförelse, då riskanalysen endast innefattar olycksscenarierna brand i fordon och olyckor som innefattar transporter av farligt gods.

Tabell 11.5 PLL-tal för olika olycksscenarier i respektive tunnel inom Tvärförbindelse Södertörn.

Olycksscenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergs-tunneln	Totalt
Trafikolycka, endast för jämförelse	$1,8 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-2}$	$9,2 \times 10^{-2}$
Brand till följd av trafikolycka	$2,8 \times 10^{-5}$	$4,0 \times 10^{-5}$	$6,7 \times 10^{-5}$	$1,4 \times 10^{-4}$
Brand till följd av fordonsdefekt	$5,6 \times 10^{-4}$	$7,1 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-3}$
Olycka som innefattar farligt gods	$1,4 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-3}$	$6,6 \times 10^{-3}$
Totalt, exklusive trafikolycka	$2,0 \times 10^{-3}$	$2,7 \times 10^{-3}$	$5,4 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-2}$

11.3.2 Jämförelse av PLL-tal mot referensprojekt

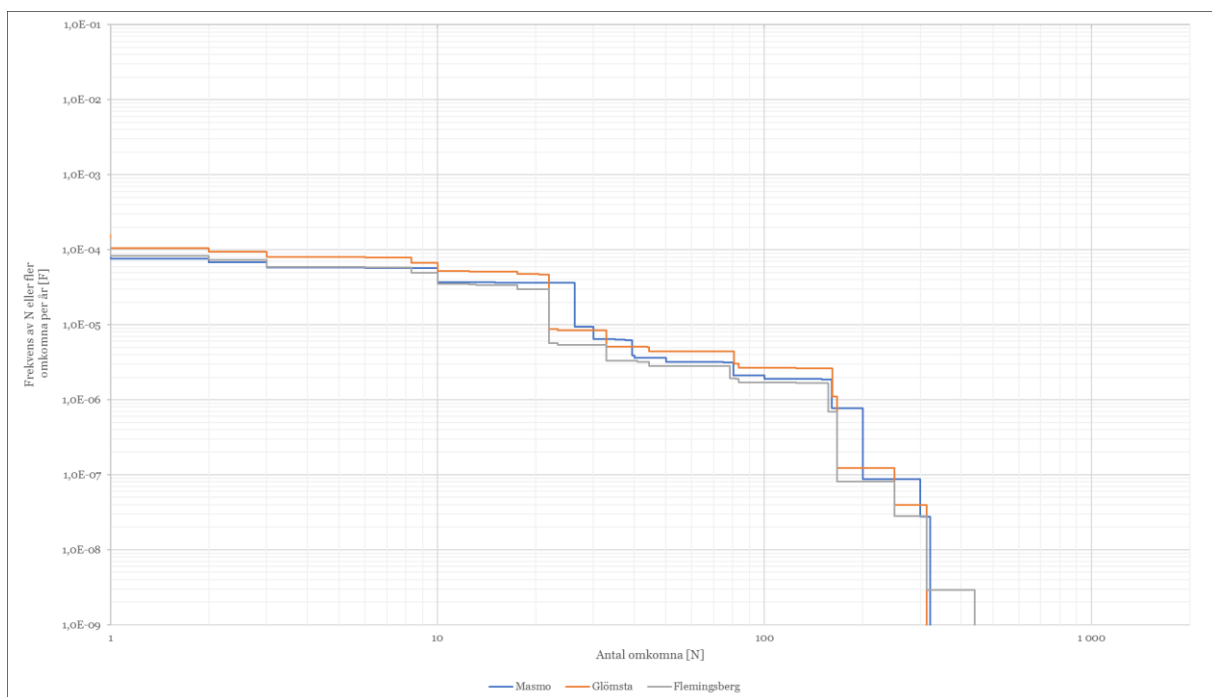
I Tabell 11.6 redovisas en jämförelse av PLL-talen med hänsyn till brand i fordon och olyckor som innefattar transporter av farligt gods mellan Tvärförbindelse Södertörn och referensprojekten E4 Förbifart Stockholm och Norra länken. I detta avsnitt är PLL-talen normerade mot personkilometer.

Tabell 11.6 Redovisning av PLL-tal, normerat mot personkilometer, för Tvärförbindelse Södertörn och referensprojekten E4 Förbifart Stockholm och Norra länken (Transportstyrelsen, 2016).

Anläggning	PLL-tal [Förväntat antal omkomna trafikanter per miljon personkilometer]
Tvärförbindelse Södertörn	$2,0 \times 10^{-4}$
Förbifart Stockholm inriktning	$7,4 \times 10^{-4}$
Norra länken 2015	$7,7 \times 10^{-4}$

11.3.3 Redovisning i FN-diagram

I Figur 11-1 redovisas samhällsriskerna för respektive tunnel i form av FN-diagram. Överlag är riskprofilerna relativt lika, men för olycksscenarierna med ett stort antal omkomna trafikanter, exempelvis olyckor som innefattar ADR-klass 1, förväntas konsekvenserna för Flemingsbergstunneln bli högre till följd av en längre tunnel och därmed en högre personbelastning.



Figur 11-1 Samhällsriskerna redovisad i form av F/N-diagram per tunnelkilometer för Glömsta- respektive Flemingsbergstunneln. Riskprofilen för Masmotunneln redovisas för hela tunneln, då tunnelns längd endast är 750 meter.

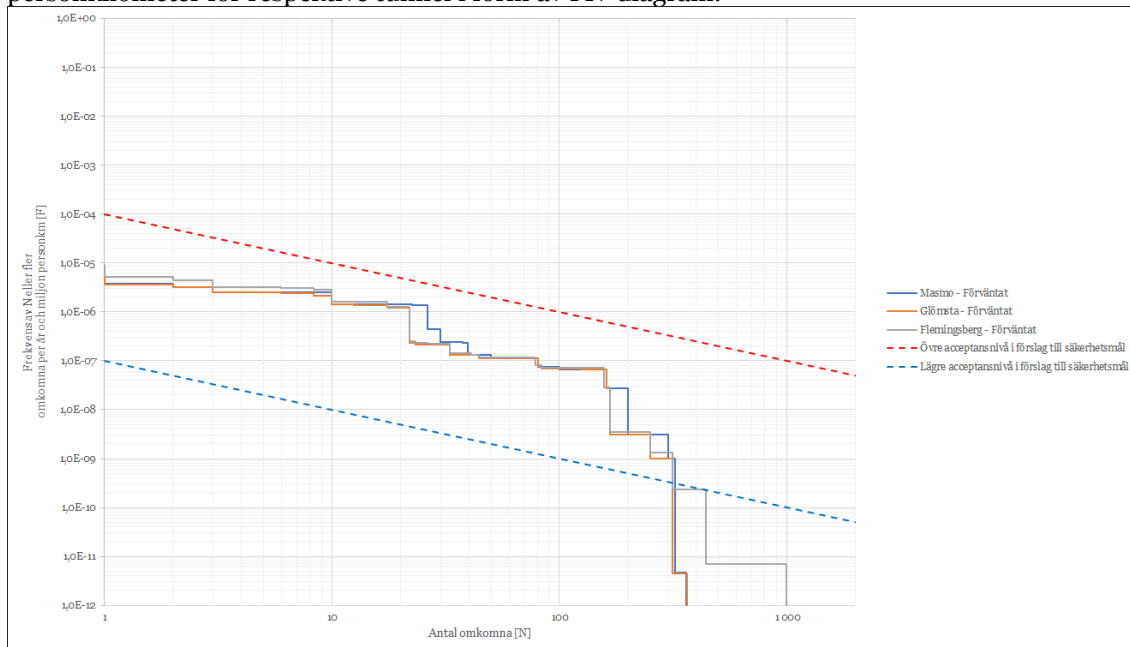
Riskprofilerna för tunnelarna inom Tvärförbindelse Södertörn är jämförbara med E4 Förbifart Stockholm, dock finns ett ökat riskbidrag från en större andel tung trafik samt högre andel transporter med farligt gods. Jämfört med E4 Förbifart Stockholm förväntas sannolikheten för köbildning i tunnelarna inom Tvärförbindelse Södertörn vara lägre till följd av mindre komplexa tunnlar samt bättre förutsättningar för trafikavveckling utanför tunnelarna. Detta medför att antalet personer som förväntas befinna sig nedströms olycksplatsen och därmed påverkas av exempelvis brandgas blir lägre, vilket medför att konsekvenser för några av olycksscenarierna reduceras.

Riskanalysen bekräftar att andelen transporter med farligt gods motiverar installationen av ett brandbekämpningssystem i syfte att reducera konsekvenserna från olyckor som innefattar brand i fordon respektive olyckor med transporter av farligt gods.

11.3.4 Diskussion om kommande säkerhetsmål

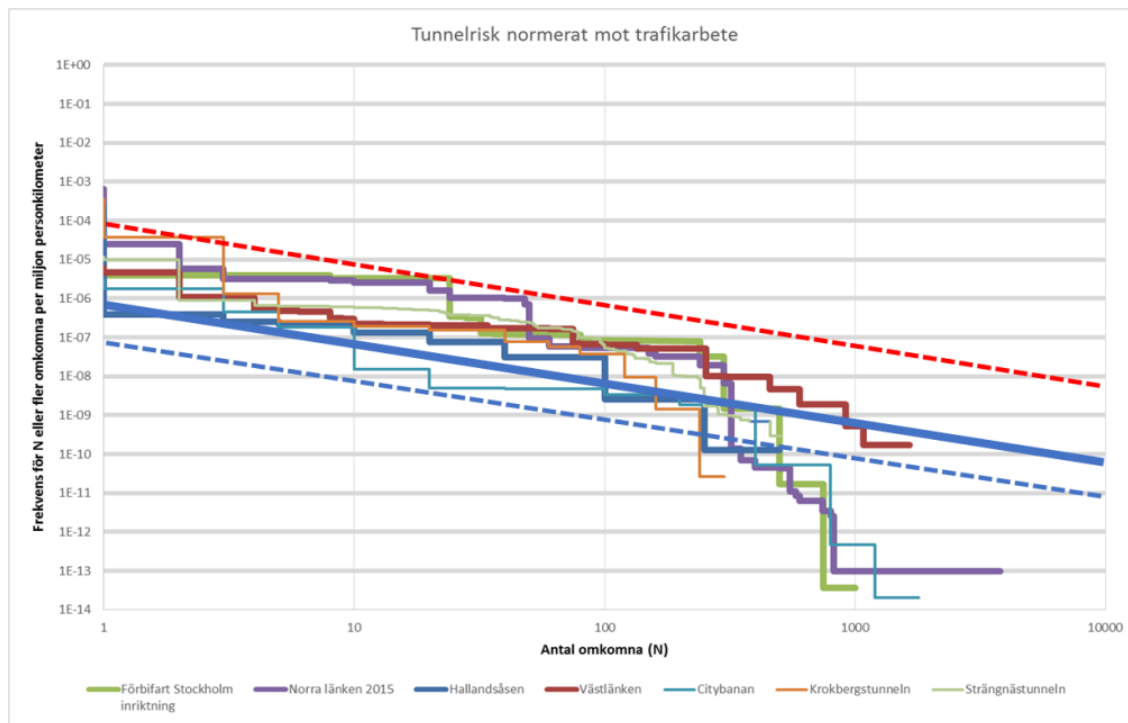
Det har i ett forskningsprojekt tagits fram förslag till nya säkerhetsmål för tunnlar vilket ligger till grund för eventuella nya säkerhetsmål i kommande regelverk. I aktuell rapport "Säkerhetsmål för tunnlar" diskuteras mot vilken enhet som risken ska normeras (Risktec Projektledning, 2019). Risken har i denna riskanalys i första hand normerats mot fordonskilometer. För att kunna jämföra med de acceptanskriterier som presenteras i "Säkerhetsmål för tunnlar" beräknas också risken normerad mot personkilometer. Då risken normeras mot personkilometer bedöms också enigheten med risker i tunnlar för andra transportslag vara större.

I Figur 11-2 redovisas samhällsrisk för Tvärförbindelse Södertörns tunnlar normerat utifrån personkilometer för respektive tunnel i form av FN-diagram.



Figur 11-2 Samhällsrisk redovisad i form av F/N-diagram per personkilometer, Tvärförbindelse Södertörns tunnlar

Samhällsrisk redovisad per personkilometer för referensprojekten från forskningsprojektet, förslag till nya säkerhetsmål, redovisas i Figur 11-3.



Figur 11-3 Samhällsriskens redovisad i form av F/N-diagram per personkilometer, referensprojekt för framtagande av förslag till nya säkerhetsmål

Tvärförbindelse Södertörns tunnlar normerade riskprofil ligger under det övre kriteriet i de föreslagna säkerhetsmålen. Riskprofilerna är även i paritet med E4 Förbifart Stockholms normerade riskprofil dock med något lägre riskbild vilket kan förväntas med avseende på differens i brandfrekvens för fordonsdefekt.

11.4 Känslighetsanalys

I detta avsnitt redovisas slutsatserna avseende känslighetsanalysen med utgångspunkt i de parametrar som har beaktats.

11.4.1 Olyckskvot

Olyckskvoten beskriver antalet trafikolyckor per fordonskilometer. Förändringen av olyckskvoten påverkar samtliga olycksscenarioer men i huvudsak de som främst härstammar från trafikolycka, till skillnad från olycksscenarioer som i huvudsak härstammar från fordonsdefekt. För de olycksscenarioer som härstammar från enbart trafikolycka förändras frekvensen linjärt med en ändring av olyckskvoten. Summan av frekvensen för samtliga olycksscenarioer ökar med cirka 20 procent, medeltal för samtliga tunnlar, då olyckskvoten ökas med 50 procent. En förändring av olyckskvoten enligt känslighetsanalysen påverkar FN-kurvan över hela intervallet.

11.4.2 Brandfrekvens

Brandfrekvensen beskriver antalet bränder per fordonskilometer till följd av fordonsdefekt. Förändringen av brandfrekvensen påverkar endast de olycksscenarioer som kan inträffa på grund av fordonsdefekt. För de olycksscenarioer som kan inträffa till följd av både trafikolycka och fordonsdefekt utgör fordonsdefekt ofta det största bidraget till frekvensen för olycksscenarioer. Summan av frekvensen för samtliga olycksscenarioer ökar med cirka 30 procent, medeltal för samtliga tunnlar, då brandfrekvensen ökas med 50 procent. En förändring av brandfrekvensen enligt känslighetsanalysen påverkar främst FN-kurvan för ett fåtal omkomna trafikanter, 1 - 10.

11.4.3 ADR-fördelning

Fördelningen av ADR-klasser påverkar vilka olyckor med farligt gods som inträffar. I beräkningarna som har utförts för normalfallet har en fördelning som baseras på en inventering av farligt gods-transporter på aktuell vägsträckning använts. Fördelningen präglas av en hög andel ADR-klass 2. Olycksscenarier som innefattar ADR-klass 2 innebär i flera fall ett stort antal omkomna trafikanter. I känslighetsanalysen har en nationell fördelning av ADR-klasser använts. Denna fördelning har en betydligt lägre andel ADR-klass 2, men högre andelar av ADR-klasserna 1, 3, 4 och 5. Olycksscenarier som innefattar ADR-klass 1 och 5 innebär också ett stort antal omkomna trafikanter. Sett över summan av frekvensen för samtliga olycksscenarier ökar frekvensen med cirka 9 procent, medeltal för samtliga tunnlar, vid användning av den nationella fördelningen av ADR-klasser, jämfört med den som används i normalfallet. FN-kurvan som tagits fram för den nationella fördelningen av ADR-klasser ligger både över och under den som tagits fram i normalfallet.

11.4.4 Trafikavveckling – Sannolikheten för kö

I känslighetsanalysen har påverkan av sannolikheten för kö nedströms en olycka undersökts. För känslighetsanalysen har denna sannolikhet fördubblats och förändringen påverkar alla olycksscenarier som beaktar kösituationen. Då flera olycksscenarier som inte innefattar kö inte bedöms leda till omkomna trafikanter, olycksscenarierna beaktas inte i beräkningarna, finns det en övervikt av olycksscenarier som innefattar kö i beräkningarna. Detta innebär att summan av frekvenserna för samtliga olycksscenarier ökar när sannolikheten för kö nedströms olyckan ökar. Denna ökning är cirka 12 procent, medeltal för samtliga tunnlar. Eftersom olycksscenarier som innefattar kö medför ett större antal omkomna trafikanter än motsvarande olycksscenarier utan kö innebär också denna förändring att FN-kurvan totalt sett är högre över hela intervallet av omkomna trafikanter.

11.4.5 Andel transporter med farligt gods

Andelen transporter som med farligt gods bygger på den inventering som har genomförts för aktuell vägsträckning och påverkar frekvensen av olyckor som involverar farligt gods i förhållande till andra typer av olyckor. Andelen påverkas av hur mycket farligt gods som transporteras i förhållande till den totala lastbilstrafiken.

Förändring av andelen farligt gods i känslighetsanalysen påverkar främst olycksscenarier som innefattar farligt gods. Olycksscenarier som innefattar lastbilar som inte medför farligt gods påverkas marginellt eftersom andelen av dessa påverkas när andelen farligt gods förändras. Summan av frekvensen för samtliga scenarion ökar med cirka 17 procent, medeltal för samtliga tunnlar, då andelen farligt gods ökas med 50 procent. En förändring av andelen farligt gods enligt känslighetsanalysen påverkar FN-kurvan över hela intervallet av antalet omkomna trafikanter som beaktas i beräkningarna.

11.4.6 Personbelastning

Bedömningarna avseende antalet omkomna trafikanter bygger på antaganden och det finns osäkerheter i uppgifterna som har valts. Eftersom osäkerheten i detta fall är svåra att eliminera eller värdera har relativt stora intervall, från "Min" via "Förväntat" till "Max", använts. Resultatet av förändringarna redovisas i avsnitt 17.1.4. Beräkningarna för "Min" visar att risknivåerna påverkas mest för ett fåtal omkomna trafikanter eftersom många olycksscenarier i det området inte bedöms medföra några omkomna trafikanter jämfört med förväntat där dessa olycksscenarier medför någon eller några få omkomna trafikanter. I beräkningarna för "Max" har alla olycksscenarier förväntats medföra mer än en omkommen trafikant vilket syns i området för ett fåtal omkomna trafikanter. I resultatet för "Max" syns störst förändringar för stora antal omkomna trafikanter eftersom dessa olycksscenarier förändras mest i känslighetsanalysen.

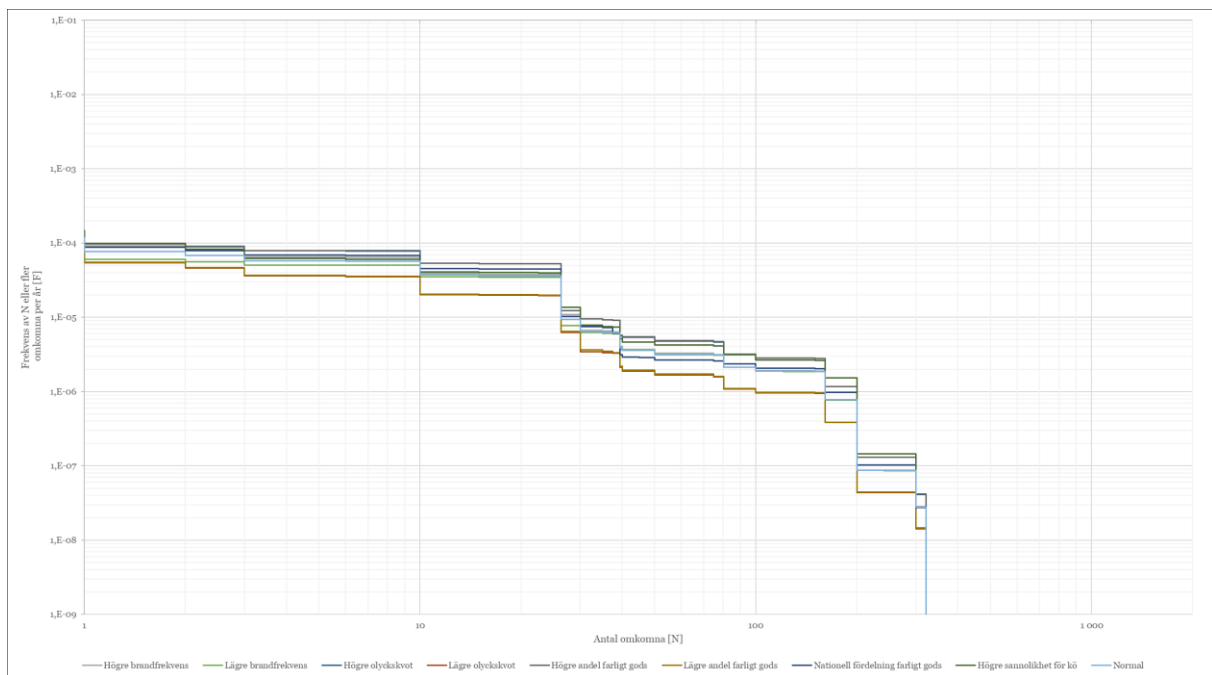
Som tidigare nämnts föreligger stora osäkerheter i de uppgifter som har använts för antalet omkomna trafikanter. I bedömningarna har fokus varit att göra rimliga bedömningar för "Förväntat", vilket fortsatt innebär att det är risknivåer kopplat till dessa som kommer att värderas i slutsatsen. Även om

uppgifterna avviker är det inte troligt att antalet omkomna trafikanter för samtliga olycksscenarier avviker samtidigt, vare sig uppåt eller nedåt.

11.4.7 Slutsats känslighetsanalys

I känslighetsanalysen påverkar förändringen av brandfrekvensen den totala frekvensen för samtliga händelser mest. Denna förändring påverkar dock mest olycksscenarier med ett fåtal omkomna trafikanter. Förändringar av olyckskvot, sannolikheten för kö nedström olycksplatsen, fördelning av ADR-klasser och andelen transporter med farligt gods påverkar den totala frekvensen för samtliga olycksscenarier i liten utsträckning.

För att kunna överskåda förändringarna av FN-kurvorna i känslighetsanalysen visas samtliga FN-kurvor i Figur 11-4. Masmotunneln har använts i figuren. I figuren syns relativt små skillnader avseende de förändringar som gjorts i jämförelse med normalfallet. Förändringarna som görs i känslighetsanalysen bedöms inte påverka slutsatsen i kapitel 11.3.



Figur 11-4 Samhällsriskerna redovisad i form av F/N-diagram per tunnelkilometer för Masmotunneln. I figuren visas FN-kurvan som resultat av beräkningarna i normalfallet samt för samtliga förändringar som gjorts i känslighetsanalysen avseende frekvens.

I känslighetsanalysen har en parameter i taget förändrats trots att det förstås är möjligt att flera parametrar ändras samtidigt. För att i viss mån ta höjd för detta har relativt stora förändringarna av respektive parameter undersökts. Både brandfrekvensen och olyckskvoten bygger på statistik över flera år och det är mindre troligt att så stora förändringar som använts i känslighetsanalysen kommer att inträffa.

12 Litteraturförteckning

- Centre d'Études des Tunnels (Tunnel Study Centre). (2003). *Guide to Road Tunnel Safety Documentation, Booklet 4, Specific Hazard Investigations*. Bron: Centre d'Études des Tunnels (Tunnel Study Centre).
- FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm. (2010a). *OS149401 - E4 Förbifart Stockholm - Konsekvensanalys, Brand i fordon*. Stockholm: Trafikverket.
- FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm. (2010b). *Utrednings-PM, Förutsättningar för hög trafiksäkerhet 2010-04-23*. Stockholm: Vägverket - E4 Förbifart Stockholm.
- FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm. (2011). *OS148201 - E4 Förbifart Stockholm - Riskanalys för driftskedet, Bränder i fordon och farligt gods-olyckor i tunnel. Rev B*. Stockholm: Trafikverket.
- Infrastrukturdepartementet. (2006). *SFS 2006:418 - Lag (2006:418) om säkerhet i vägtunnlar*. Stockholm: Infrastrukturdepartementet.
- Infrastrukturdepartementet. (2006). *SFS 2006:421 - Förordning (2006:421) om säkerhet i vägtunnlar*. Stockholm: Infrastrukturdepartementet.
- Länstyrelserna. (den 15 november 2018). *Länsstyrelsens WebbGIS*. Hämtat från Länskarta Stockholms län: <http://ext-webbgis.lansstyrelsen.se/Stockholm/Planeringsunderlag/>
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2019). *MSBFS 2018:5. Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng*. Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- Risktec Projektleddning. (2019). *Säkerhetsmål i tunnlar*. Borlänge: Transportstyrelsen och Trafikverket.
- Räddningsverket. (1996). *Farligt gods - Riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*. Karlstad: Räddningsverket.
- Räddningsverket. (2003). *Handbok för riskanalys*. Karlstad: Räddningsverket.
- SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. (2016). *Risker med nya energibärare i vägtunnlar och underjordiska garage. SP Rapport 2016:84*. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- Trafikanalys. (2018). *Lastbilstrafik 2017. Statistik 2018:13*. Stockholm: Trafikanalys.
- Trafikverket. (2011). *MKB till arbetsplan E4 Förbifart Stockholm*. Stockholm: Trafikverket.
- Trafikverket. (2016). *Bygg om eller bygg nytt – Kapitel 3 Trafikanalyser*. Trafikverket.
- Trafikverket. (2016). *Krav Tunnelbyggande TDOK 2016:0231*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2016). *Prognos för godstransporter 2040*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2016). *Råd Tunnelbyggande, TDOK 2016:0232*. Borlänge: Trafikverket.
- Transportstyrelsen. (2015). *TSFS 2015:27 Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar m.m.* Transportstyrelsen.
- Transportstyrelsen. (2016). *Säkerhetsmål för trafikanter i vägtunnlar, järnvägstunnlar och tunnelbana. Dnr. TSG 2016-1621*. Transportstyrelsen.
- Tyréns AB. (2019). *OT140023 – Tekniskt PM Trafikprognos, daterad 2019-06-26*. Stockholm: Trafikverket.
- Tyréns AB. (2019). *V259 Tvärförbindelse Södertörn - OS140001 Säkerhetskoncept*. Stockholm: Trafikverket.
- Tyréns AB. (2019). *V259 Tvärförbindelse Södertörn. OQ140002 - PM Olycksrisk, Farligt gods-transporter på ytvägnätet*. Stockholm: Trafikverket.

World Road Association (PIARC). (2012). *Current practice for risk evaluation for road tunnels - Technical Committee C.4 - Road tunnel operation*. Paris: World Road Association (PIARC).

13 Bilaga A – Förutsättningar

I denna bilaga redovisas uppgifter avseende trafikprognoser, personbelastning och transporter av farligt gods som ligger till grund för beräkningarna av risknivån för respektive tunnel.

13.1 Trafikprognoser

Trafikarbetet, antalet fordonskilometer per år, har beräknats utifrån trafikprognoserna för Tvärförbindelse Södertörn avseende prognosåret 2045. Det totala trafikarbetet i Tvärförbindelse Södertörns tunnelanläggningar, undantaget Solgårdstunneln som inte ingår i riskanalysen, beräknas till cirka $9,2 \times 10^7$ fordonskilometer per år.

I Tabell 13.1 - Tabell 13.3 redovisas trafikarbetet för respektive tunnel (Tyréns AB, 2019).

Tabell 13.1 Redovisning av trafikarbetet för Masmotunneln år 2045.

Tunnel	Längd [Km]	ÅDT [Antal fordon]	Trafikarbete [Fordonskilometer per år]	Andel tung trafik [Procent]	Trafikarbete för tung trafik [Fordonskilometer per år]
Västlig riktning	0,8	32 400	$8,9 \times 10^6$	9,0	$8,0 \times 10^5$
Östlig riktning		32 000	$8,8 \times 10^6$	10,0	$8,8 \times 10^5$
Totalt	-	64 400	$1,8 \times 10^7$	-	$1,7 \times 10^6$

Tabell 13.2 Redovisning av trafikarbetet för Glömstatunneln år 2045.

Tunnel	Längd [Km]	ÅDT [Antal fordon]	Trafikarbete [Fordonskilometer per år]	Andel tung trafik [Procent]	Trafikarbete för tung trafik [Fordonskilometer per år]
Västlig riktning	1,1	34 100	$1,4 \times 10^7$	9,0	$1,3 \times 10^6$
Östlig riktning		33 900	$1,4 \times 10^7$	10,0	$1,4 \times 10^6$
Totalt	-	68 000	$2,8 \times 10^7$	-	$2,7 \times 10^6$

Tabell 13.3 Redovisning av trafikarbetet för Flemingsbergstunneln år 2045.

Tunnel	Längd [Km]	ÅDT [Antal fordon]	Trafikarbete [Fordonskilometer per år]	Andel tung trafik [Procent]	Trafikarbete för tung trafik [Fordonskilometer per år]
Västlig riktning	3,1	20 900	$2,4 \times 10^7$	14,0	$3,3 \times 10^6$
Östlig riktning		20 600	$2,3 \times 10^7$	14,0	$3,2 \times 10^6$
Totalt	-	41 500	$4,7 \times 10^7$	-	$6,5 \times 10^6$

13.2 Personbelastning

Personbelastningen, dvs. antalet personer som befinner sig i tunneln, har uppskattats för trafiksituationer där både kö respektive ingen kö förekommer i tunnarna. Detta för att ta hänsyn till skillnaderna för personbelastningen i samband med olika typer av olyckor. För trafiksituationer med kö förväntas en personbil uppta en längd motsvarande 7 meter med hänsyn till både fordonets längd samt avståndet till det framförliggande fordonet. En personbil motsvarar cirka fem meter och vid kö är avståndet till det framförliggande fordonet relativt kort, uppskattningsvis två meter.

För trafiksituationer utan kö förväntas avståndet till det framförliggande fordonet vara betydligt större till följd av högre hastigheter, 80 km/h, och en personbil förväntas därmed konservativt motsvara 14 meter. Personbelastningen för situationer utan kö motsvarar därmed hälften av värdet för situationer med kö. Detta är ett konservativt värde då hastigheten 80 km/h motsvarar cirka 22 meter/sekund.

Detta är betydligt kortare än rekommendationen på motsvarande tre sekunder mellan två fordon.

Personbelastningen påverkas även av fördelningen mellan olika fordonskategorier, då antalet personer i respektive fordon varierar. För personbilar har antalet personer uppskattats till 1,5 personer per fordon. Bussar har ett betydligt större antal personer ombord till följd av antalet passagerare, uppskattningsvis cirka 50 sittande passagerare, medan det omvända gäller för lastbilar. Där är det generellt en person per fordon.

I nuläget saknas det trafikprognoser för antalet bussar som förväntas trafikera tunnarna inom Tvärförbindelse Södertörn och beräkningarna för personbelastning har därför baserats på antalet personbilar som förväntas finnas i tunneln vid högtrafik med kö respektive utan kö.

Personbelastningen har beräknats utifrån både sektioner motsvarande 150 meter respektive tunnarnas hela längd. Detta för att ta hänsyn till att vissa olycksscenarioer inte påverkar hela tunnarna.

Uppgifterna avseende "Min", "Förväntat" respektive "Max" motsvarar andelar av den maximala personbelastningen där "Min" utgör 50 procent, "Förväntat" 80 procent och "Max" 100 procent. Detta för att ta hänsyn till osäkerheterna gällande personbelastningen för tunnarna inom Tvärförbindelse Södertörn. För beräkningarna har uppgifterna för "Förväntat" använts, medan uppgifterna för "Min" respektive "Max" har använts till känslighetsanalysen.

13.2.1 Masmotunneln

Masmotunneln kommer att utgöras av tre körfält i vardera riktningen och detta har tillämpats för uppskattningen av personbelastningen.

I Tabell 13.4 redovisas en uppskattning av personbelastningen för Masmotunneln.

Tabell 13.4 Uppskattning av personbelastning för Masmotunneln.

	Trafiksituation	Min (50 procent)	Förväntat (80 procent)	Max (100 procent)
Antalet personer per sektion (150 meter)	Högtrafik vid kö	48	77	96
	Högtrafik utan kö	24	39	48
Antalet personer i tunneln (750 meter)	Högtrafik vid kö	241	386	482
	Högtrafik utan kö	121	193	241

13.2.2 Glömstatunneln

Glömstatunneln kommer att utgöras av två körfält i vardera riktningen och detta har tillämpats för en uppskattning av personbelastningen.

I Tabell 13.5 redovisas uppskattningen av personbelastningen för Glömstatunneln.

Tabell 13.5 Uppskattning av personbelastning för Glömstatunneln.

	Trafiksituation	Min (50 procent)	Förväntat (80 procent)	Max (100 procent)
Antalet personer per sektion (150 meter)	Högtrafik vid kö	32	51	64
	Högtrafik utan kö	16	26	32
Antalet personer i tunneln (1 130 meter)	Högtrafik vid kö	242	387	484
	Högtrafik utan kö	121	194	242

13.2.3 Flemingsbergstunneln

Flemingsbergstunneln kommer att utgöras av två körfält i vardera riktningen och detta har tillämpats för uppskattningen av personbelastningen.

I Tabell 13.6 redovisas en uppskattning av personbelastningen för Flemingsbergstunneln.

Tabell 13.6 Uppskattning av personbelastning för Flemingsbergstunneln.

	Trafiksituation	Min (50 procent)	Förväntat (80 procent)	Max (100 procent)
Antalet personer per sektion (150 meter)	Högtrafik vid kö	32	51	64
	Högtrafik utan kö	16	26	32
Antalet personer i tunneln (3 080 meter)	Högtrafik vid kö	660	1 056	1 320
	Högtrafik utan kö	330	528	660

13.3 Transporter av farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, miljö eller egendom om de inte hanteras rätt under transport. Transporter av farligt gods på väg omfattas av lagstiftning som har utarbetats i internationell samverkan.

Det finns regler för vem som får transportera farligt gods, hur transportererna ska ske, var dessa transporter får färdas, hur godset ska vara emballerat och vilka krav som ställs på fordon och förare för transport av farligt gods (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2019).

13.3.1 Klassificering av farligt gods

Utifrån godsets fysikaliska och kemiska egenskaper delas farligt gods in i nio olika klasser, ADR-klasser, vid transport.

I Tabell 13.7 redovisas klassificeringen av ADR-klasserna.

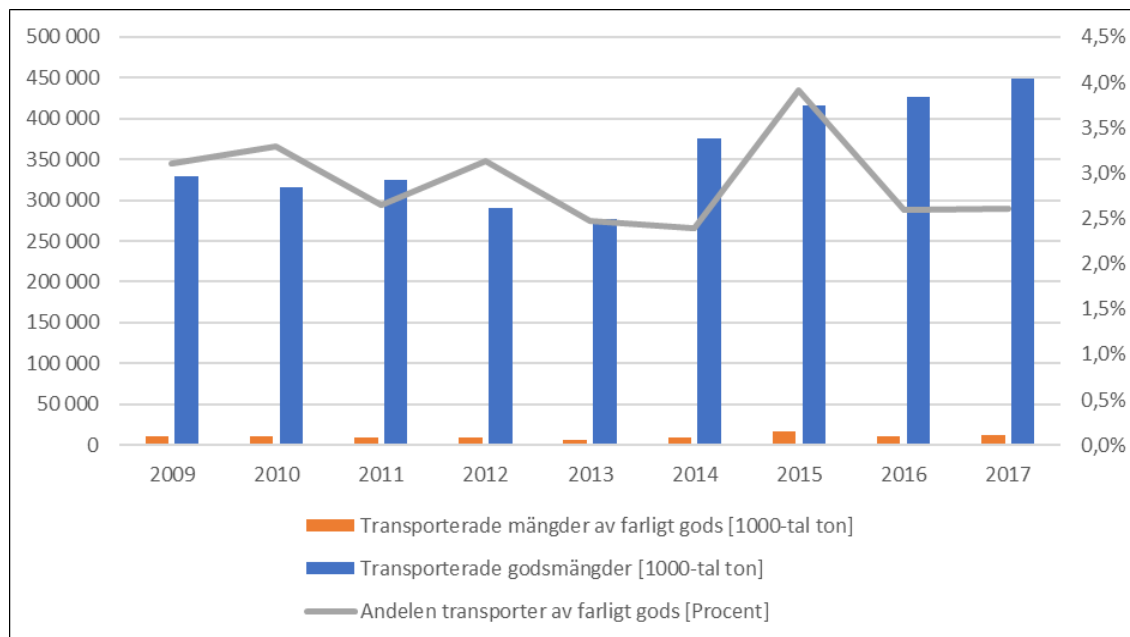
Tabell 13.7 Klassificering av farligt gods (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2019) och exempel på ämnen inom respektive ADR-klass.

Klass	Kategori – ämnen	Exempel på ämnen som innefattas i respektive kategori
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier
2	Gaser	2.1 - Brandfarliga gaser (acetylen, gasol) 2.2 - Icke brandfarliga gaser (Inerta gaser som kväve eller argon respektive oxiderande gaser som syre, ozon eller kväveoxider) 2.3 - Giftiga gaser (klor, svaveldioxid)
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel, Industrikemikalier
4.1	Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen och okänsliggjorda explosivämnen	Kiseljärn (metallpulver) karbid och vit fosfor.
4.2	Självantändande ämnen	
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	
5.1	Oxiderande ämnen	Ammoniumnitrat, natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat
5.2	Organiska peroxider	
6.1	Giftiga ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, cyanider, bekämpningsmedel, sjukhusavfall, kliniska restprodukter, sjukdomsalstrande mikroorganismer
6.2	Smittförande ämnen	
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- eller kaliumhydroxid
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material

Trafiktunnlarna inom Tvärförbindelse Södertörn ska inte beläggas med restriktioner avseende trafikering och kategoriseras således som tunnelkategori A i enlighet med ADR-S (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2019). Dimensionering av trafiktunnlarna och riskanalysen skall således beakta att olyckor som involverar samtliga ADR-klasser kan inträffa.

För att kunna bedöma det förväntade antalet olyckor med transporter av farligt gods krävs det kännedom om det totala antalet transporter som dagligen trafikerar det nationella vägnätet. Dessa uppgifter har inhämtats från myndigheten Trafikanalys årliga sammanställning avseende lastbilstrafik (Trafikanalys, 2018).

I Figur 13-1 redovisas uppgifter från Trafikanalys avseende andelen transporter med farligt gods under åren 2009 – 2017. Andelen transporter av farligt gods utgör i genomsnitt cirka 2,9 procent av den totala mängden transporterad gods i Sverige under åren 2009 - 2017.



Figur 13-1 Redovisning av andelen transporter med farligt gods under åren 2009 – 2017 (Trafikanalys, 2018).

Utöver transporterade godsmängder med farligt gods är det även av betydelse att veta vad transporterna innefattar då konsekvenserna för en olycka med farligt gods är beroende av vilket eller vilka ämnen som transporteras. För att bättre spegla de förväntade konsekvenserna vid en olycka med farligt gods har två olika ADR-fördelningar använts för riskanalysen, en regional ADR-fördelning för beräkningarna av risknivån respektive en nationell ADR-fördelning för känslighetsanalysen. Transporterna har räknats upp med 1,8 procent per år för båda ADR-fördelningarna i syfte att bättre representera de förväntade godsmängderna för år 2045. Den årliga uppräkningsen är baserad på den förväntade ökningen för godstransporter enligt Trafikverkets basprognoser (Trafikverket, 2016).

13.3.2 ADR-fördelning

Statistik på nationell nivå avseende transporter av farligt gods sammanställs årligen av Trafikanalys (Trafikanalys, 2018). Underlaget är dock inte helt representativt för vägsträckor på regional nivå, då uppgifterna utgör en sammanställning av transporterna av farligt gods i Sverige. För att få en mer representativ statistik kring transporterna med farligt gods inom Tvärförbindelse Södertörn har en inventering av aktuella trafikflöden från och till närliggande potentiella mottagare eller avsändare, exempelvis tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter eller drivmedelsstationer, genomförts i samband med projektet Tvärförbindelse Södertörn.

Inventeringen har utgått från Länsstyrelsen Stockholms planeringsunderlag (Länsstyrelserna, 2018) som redovisar lokalisering av verksamheter i anslutning till Tvärförbindelse Södertörn och transportleder för farligt gods. Vidare har en fortsatt inventering och bedömning av verksamheterna som anses vara potentiella mottagare eller avsändare av farligt gods inom ett område motsvarande cirka en kilometer utmed Tvärförbindelse Södertörn och väg 73 mellan Jordbro och Nynäshamn genomförts.

Utifrån inventeringen har mer representativa uppgifter om ADR-fördelningarna utarbetats. Detta möjliggör en bättre uppskattning kring riskerna som transporterna av farligt gods utgör för omgivningen.

En prognos för de nationella respektive regionala ADR-fördelningarna redovisas i Tabell 13.8.

Tabell 13.8 Prognos för nationell respektive regional ADR-fördelning för år 2045.

ADR-klass	Nationell fördelning [Procent]	Regional fördelning [Procent]
1	0,5	0,1

2	10,7	47,9
3	65,2	51,3
4	2,1	0,1
5	2,4	0,2
6	8,6	0,0
7	- *	- *
8	9,4	0,3
9	1,1	0,1
Totalt	100,0	100,0

* För transporter avseende ADR-klass 7 är det inte möjligt att utarbeta en representativ prognos.

14 Bilaga B - Beskrivning av händelseträdsmodellen

Riskenivån i tunnelanläggningarna inom projekt Tvärförbindelse Södertörn analyseras med hjälp av händelseträdsmodellen, vilket är densamma metodik som har tillämpats för referensprojektet E4 Förbifart Stockholm (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

Händelseträdsmodellen består av två händelseträd som i sin tur är uppdelade i mindre delar. Uppdelningen har gjorts av praktiska skäl i syfte att få en bättre överblick och påverkar inte beräkningarna. De inledande händelserna trafikolycka och brand i fordon till följd av fordonsdefekt utgör de grundläggande händelseträden vilka sedan kompletteras med händelseträdet för farligt gods. Händelseträd används huvudsakligen för att urskilja och definiera olika olycksscenarier. Ett särskilt händelseträd för skyddsbarriärer, baserat på tunnelanläggningarnas säkerhetskoncept, tillämpas och avser att ytterligare förfinas de olika olycksscenarierna utifrån hur säkerhetsåtgärderna fungerar eller inte fungerar.

De huvudsakliga delarna i händelseträdsmodellen är följande:

- Händelseträd för trafikolycka
- Händelseträd för brand till följd av fordonsdefekt
- Händelseträd för farligt gods
- Händelseträd för skyddsbarriärer

14.1 Händelseträd för trafikolycka

Till händelseträdet för trafikolycka är nedanstående parametrar relevanta för identifierade händelseförlopp och olycksscenarier. Vissa parametrar utgrenas i underkategorier, markeras genom indrag, och dessa är endast relevanta för det specifika händelseförloppet.

- Olycksplats (endast Masmotunneln): Huvudtunnel/Ramptunnel
- Trafiksituation: Högtrafik/Lågtrafik
- Olyckskategori: Singelolycka/Flerfordonsolycka
- Fordonskategori:
 - För singelolycka: Motorcykel/Personbil/Buss/Lastbil
 - För flerfordonsolycka: Endast personbilar och/eller motorcykel/Minst två bussar men ej lastbil/Minst två lastbilar
- Fordon fattar eld vid olyckan: Ja/Nej

- Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter:
 - För lastbil, Singelolycka: Brand utgör ej hot mot trafikanter/Brand utgör hot mot trafikanter/Fordon med farligt gods utgör hot mot trafikanter
 - För lastbil, Flerfordonsolycka: Brand utgör hot mot trafikanter/Ett eller flera fordon med farligt gods utgör hot mot trafikanter
- Godskategori: Vanlig lastbil/Fordon med farligt gods
- Branden släcks i ett tidigt skede av trafikanter eller VägAssistans: Ja/Nej

14.2 Händelsetråd för brand till följd av fordonsdefekt

Till händelsetrådet för brand till följd av fordonseffekt är följande parametrar relevanta:

- Olycksplats (endast Masmotunneln): Huvudtunnel/Ramptunnel
- Trafiksituation: Högtrafik/Lågtrafik
- Fordonskategori: Personbil/Buss/Lastbil
- Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter:
 - För lastbil: Brand utgör ej hot mot trafikanter/Brand utgör hot mot trafikanter/Fordon med farligt gods utgör hot mot trafikanter
 - För lastbil, Flerfordonsolycka: Brand utgör hot mot trafikanter/Ett eller flera fordon med farligt gods utgör hot mot trafikanter
- Branden släcks i ett tidigt skede av trafikant eller VägAssistans: Ja/Nej

14.3 Händelsetråd för farligt gods

I avsnitt 14.3.1 - 14.3.3 redovisas en beskrivning av de mer övergripande delarna av händelsetrådet avseende transporter av farligt gods. Några av parametrarna avser endast vissa ADR-klasser och dessa är markerade inom parantes. I avsnitt 14.3.4 - 14.3.8 beskrivs respektive ADR-klass mer ingående.

14.3.1 Fordon fattar eld vid trafikolycka

För händelsetrådet avseende olyckor där fordon med farligt gods fattar eld vid trafikolycka är följande parametrar relevanta:

- ADR-klass: Klass 1/Klass 2/Klass 3/Klass 4/Klass 5/Övriga klasser (6 - 9)
- Branden släcks i ett tidigt skede av trafikant eller VägAssistans: Ja/Nej
- Brandspridning till last med farligt gods: Nej/Ja = Brand eller explosion (ADR-klass 1 och 5)

Konsekvenserna vid brandspridning till last med farligt gods varierar beroende på vilken ADR-klass som berörs. I avsnitt 14.3.4 - 14.3.8 kommer dessa att hanteras vidare för respektive ADR-klass.

14.3.2 Fordon fattar inte eld vid trafikolycka

För händelseträdet avseende olyckor där fordon med farligt gods inte fattar eld vid trafikolycka är följande parametrar relevanta:

- ADR-klass: Klass 1/Klass 2/Klass 3/Klass 4/Klass 5/Övriga klasser (6 - 9)
- Utsläpp (ADR-klass 2, 3 och 5): Ja/Nej
- Stöt som kan föranleda explosion (ADR-klass 1): Ja/Nej

Konsekvenserna till följd av ett utsläpp varierar utifrån vilken ADR-klass som berörs. I avsnitt 14.3.4 – 14.3.8 kommer dessa att hanteras vidare för respektive ADR-klass.

14.3.3 Brand till följd av fordonsdefekt

För händelseträdet avseende farligt gods vid fordonseffekt är följande parametrar relevanta:

- ADR-klass: Klass 1/Klass 2/Klass 3/Klass 4/Klass 5/Övriga klasser (6 - 9)
- Branden släcks i ett tidigt skede av trafikant eller VägAssistans: Ja/Nej
- Brandspridning till last med farligt gods: Nej/Ja = Brand eller explosion (ADR-klass 1 och 5)

Konsekvenserna för brandspridning till last med farligt gods varierar utifrån vilken ADR-klass som innefattas i fordonsbranden. I avsnitt 14.3.4 – 14.3.8 kommer dessa att hanteras vidare för respektive ADR-klass.

14.3.4 ADR-klass 1

Grenarna i händelseträdet för ADR-klass 1 bygger vidare på de inledande händelseträden för trafikolycka respektive brand i fordon till följd av fordonsdefekt.

I samband med en trafikolycka finns det främst två olika sätt för en explosiv last att aktiveras, antingen till följd av brandpåverkan, värme, eller mekanisk påverkan, stöt. I modellen antas att en explosion uppstår vid de scenarier där ett fordon med ADR-klass 1 involveras i en brand till följd av en trafikolycka och att branden sprids till lasten. Vidare antas även att explosion kan uppstå vid en delmängd av olycksscenarier för trafikolycka som inte leder till brand där endast krockvåldet (stöt) är den initierande händelsen.

På motsvarande sätt som för brandpåverkad last vid trafikolycka antas även de olycksscenarier där ett fordon med ADR-klass 1 fattar eld till följd av fordonsdefekt, där lasten involveras i branden, leda till explosion.

Händelseträdet för en trafikolycka där ett fordon med farligt gods, ADR-klass 1, inte fattar eld vid olyckan bygger på följande parametrar:

- Stöt som kan föranleda explosion: Ja/Nej
- Fördelning ADR-klass 1: Riskgrupp 1.1/Övriga riskgrupper
 - Mängd explosivämne (Riskgrupp 1.1): 16 ton/60 – 5 000 kg
- Konsekvenskategori: Explosion/Ej explosion

Vidare byggs händelseträdet för trafikolycka samt händelseträdet för brand till följd av fordonsdefekt på med följande parametrar till olycksscenarioer där brandspridning sker till lasten:

- Brandspridning till last med farligt gods: Nej/Ja = Risk för explosion
- Fördelning ADR-klass 1: Riskgrupp 1.1/Övriga riskgrupper
 - Mängd explosivämne (Riskgrupp 1.1): 16 ton/60 – 5 000 kg
- Konsekvenskategori: Explosion/Ej explosion

14.3.5 ADR-klass 2

I samband med en trafikolycka finns det två olika sätt för en last med giftig eller brandfarlig gas att läcka ut, antingen till följd av brandpåverkan, värme, eller mekanisk påverkan, utsläpp. I modellen antas att ett utsläpp uppstår vid olycksscenarioerna där ett fordon med farligt gods involveras i en brand till följd av en trafikolycka och att branden sprids till lasten. Dessa benämns brandpåverkad tank i händelseträdet. Vidare antas att utsläpp även kan uppstå vid en delmängd av olycksscenarioer för trafikolyckor som inte leder till brand där endast krockvåldet är den initierande händelsen. Händelseträdet för ett olycksscenario som involverar en transport av farligt gods med ADR-klass 2 där fordonet fattar eld, antingen på grund av en trafikolycka som leder till brand eller brand till följd av fordonsdefekt, bygger på följande parametrar:

- Branden släcks i ett tidigt skede av trafikant eller VägAssistans: Ja/Nej
- Brandspridning till last med farligt gods: Nej/Ja = Brandpåverkad tank

Händelseträdet för en trafikolycka där ett fordon med farligt gods, ADR-klass 2, inte fattar eld vid olyckan bygger på följande parametrar:

- Utsläpp: Ja/Nej
- Fördelning ADR-klass 2: Delklass 2.1/Delklass 2.2/Delklass 2.3
- Utsläppsstorlek:
 - För delklass 2.1: Stort/Litet
 - För delklass 2.3: Stort = Stort gasmoln med giftig gas/Litet = Litet gasmoln med giftig gas
- Antändning:
 - För klass 2.1: Ja, omedelbar = Jetflamma/Ja, fördröjd = Gasmolnsexplosion/Nej
- BLEVE
 - För klass 2.1: Ja = BLEVE /Nej

14.3.6 ADR-klass 3

Vid en trafikolycka finns det två olika sätt för en last med brandfarlig vätska att läcka ut, antingen till följd av brandpåverkan, värme, eller mekanisk påverkan, utsläpp. I modellen antas att ett utsläpp uppstår vid olycksscenarioer där ett fordon med farligt gods involveras i en brand till följd av en trafikolycka och att branden sprids till lasten.

Detta olycksscenario benämns brandpåverkad tank i händelseträdet. Det antas vidare att utsläpp kan uppstå vid en delmängd av olycksscenarioer av trafikolycka som inte leder till brand där endast krockvåldet är den initierande händelsen.

Händelseträdet för ett olycksscenario som involverar en transport av farligt gods med ADR-klass 3 där fordonet fattar eld, antingen på grund av en trafikolycka som leder till brand eller brand till följd av fordonsdefekt, bygger på följande parametrar:

- Branden släcks i ett tidigt skede av trafikant eller VägAssistans: Ja/Nej
- Brandspridning till last med farligt gods: Nej/Ja = Brandpåverkad tank

Händelseträdet för en trafikolycka där ett fordon med farligt gods, ADR-klass 3, inte fattar eld vid olyckan bygger på följande parametrar:

- Utsläpp: Ja/Nej
- Pölstorlek: Stor/Liten
- Antändning: Ja = Pölbrand/Nej
 - Stor = Stor pölbrand
 - Liten = Liten pölbrand

14.3.7 ADR-klass 4

Inga ytterligare parametrar införs specifikt för att ta hänsyn till ADR-klass 4 då det enda relevanta händelseförloppet utgörs av brandspridning till last, vilket redan är representerat i modellen.

14.3.8 ADR-klass 5

I riskanalysen har det antagits att ADR-klass 5 endast utgörs av klass 5.1. Ämnen som klassificeras som ADR-klass 5 kan i allmänhet inte enbart explodera till följd av en extern brand, dvs. utan kemisk reaktion med annat ämne. Det antas dock att en explosion uppstår vid en liten delmängd av de olycksscenarioer där ett fordon med ADR-klass 5.1 involveras i en brand till följd av antingen trafikolycka eller fordonsdefekt och branden sprids till lasten.

En explosion kan uppstå till följd av trafikolycka, utan brand, genom att ämnet läcker ut och blandas med organiska ämnen, exempelvis drivmedel. Givet att blandning sker antas det att en blandning uppstår där allt material kan detonera.

Händelseträdet för olycksscenariot som involverar en transport av farligt gods med ADR-klass 5 där fordonet fattar eld, antingen på grund av en trafikolycka som leder till brand eller brand till följd av fordonsdefekt, bygger på följande parametrar:

- Branden släcks i ett tidigt skede av trafikant eller VägAssistans: Ja/Nej
- Brandspridning till last med farligt gods: Nej/Ja
- Brand föranleder explosion: Ja = Explosion/Nej = Brand

Händelseträdet för en trafikolycka där ett fordon med farligt gods, ADR-klass 5, inte fattar eld vid olyckan bygger på följande parametrar:

- Utsläpp: Ja/Nej
- Utsläpp av drivmedel som blandas med godset: Ja = Explosion/Nej

14.4 Händelseträd för skyddsbarriärer

Händelseträdet för skyddsbarriärer bygger på säkerhetskonceptet som utarbetats för tunnelanläggningarna inom Tvärförbindelse Södertörn och åtgärderna som har bedömts viktigast för hanteringen av ett händelseförlopp utgör de huvudsakliga ingångsparametrarna i modellen.

Händelseträdet för skyddsbarriärer är uppbyggt utifrån följande parametrar:

- Detektionssystem fungerar som avsett: Ja – snabb detektion av olyckan/Nej – fördröjd eller utebliven detektion
- Personal i VTC agerar korrekt: Ja = Rätt åtgärdsplan initieras/Nej = Felaktiga åtgärder
- Trafikavvecklingen fungerar som avsett: Ja = Inga fordon nedströms/Nej = Kö nedströms
- Ventilationen fungerar: Ja/Nej
 - För rätt åtgärdsplan avser grenen ifall ventilationssystemet fungerar rent tekniskt
 - För felaktiga åtgärder avser grenen ifall ventilation är i drift
- Brandbekämpningssystem fungerar: Ja/Nej
 - Brandbekämpningssystemet klarar av att begränsa branden: Ja/Nej

15 Bilaga C - Frekvenser och sannolikheter

I denna bilaga redovisas frekvens- och sannolikhetsuppskattningarna som ligger till grund för de händelseträd som har tillämpats i riskanalysen. De redovisade uppgifterna avser frekvenser för de inledande händelserna trafikolycka respektive brand till följd av fordonsdefekt.

Ett flertal av de antaganden som har gjorts inom referensprojektet E4 Förbifart Stockholm anses även vara applicerbara på tunnelarna inom Tvärförbindelse Södertörn (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011). Om ingen referens anges till redovisade uppgifter så har dessa hämtats från referensprojektet E4 Förbifart Stockholm. För övriga antaganden har anpassningar utifrån gällande förutsättningarna inom Tvärförbindelse Södertörn genomförts.

I avsnitt 15.2 redovisas sannolikheter som tillämpas i händelseträdet för trafikolycka och i avsnitt 15.3 redovisas motsvarande uppgifter för brand i fordon till följd av fordonsdefekt.

15.1 Frekvenser för inledande händelser

De inledande händelserna som ligger till grund för händelseträden och olycksscenarierna som redovisas i dessa utgår från antingen en trafikolycka eller en brand i fordon till följd av fordonsdefekt.

15.1.1 Trafikolycka

Utifrån uppgifterna för trafikolyckor och motiveringen i avsnitt 5.1 antas samtliga personskadeolyckor samt hälften av egendomsskadeolyckor kunna leda till brand i fordon. Det totala antalet trafikolyckor i tunnelarna respektive antalet trafikolyckor som kan leda till brand i fordon eller en olycka med farligt gods per år redovisas i Tabell 15.1. Olyckskvoterna ligger till grund för olycksscenarierna som redovisas i händelseträdet.

Tabell 15.1 Totalt förväntat antal trafikolyckor respektive antalet trafikolyckor som kan leda till brand per år för respektive tunnel.

Tunnel	Totalt antal trafikolyckor per år	Antalet trafikolyckor som kan leda till brand eller en olycka med farligt gods per år
Masmotunneln	5,3	3,5
Glömstatunneln	8,4	5,6
Flemingsbergstunneln	14,0	9,3

15.1.2 Brand i fordon till följd av fordonsdefekt

Det förväntade antalet bränder i fordon till följd av fordonsdefekt per år för respektive tunnel redovisas i Tabell 15.2. Uppgifterna som redovisas i tabellen är hämtade från avsnitt 5.2.

Brandfrekvenserna ligger till grund för olycksscenarierna i händelseträdet avseende brand i fordon till följd av fordonsdefekt.

Tabell 15.2 Förväntat antal bränder per år för respektive tunnel.

Tunnel	Förväntat antal bränder per år
Masmotunneln	0,36
Glömstatunneln	0,53
Flemingsbergstunneln	0,87

15.2 Sannolikheter i händelseträdet för trafikolycka

I detta avsnitt beskrivs sannolikheter som har tillämpats för parametrarna i händelseträdet för trafikolycka.

15.2.1 Trafiksituation

Trafiksituationen har förenklats till att bestå av antingen hög- eller lågtrafik, där högtrafik definieras som tiden mellan kl. 08:00 och kl. 19:00. Information om hur trafikflödet förväntas variera under ett dygn har hämtats från Trafikverkets rapport Bygg om eller bygg nytt (Trafikverket, 2016).

I Tabell 15.3 redovisas uppgifter om dygnsvariationen för en statlig genomsnittsväg som trafikerar av personbilar och lastbilar.

Tabell 15.3 Timindex för personbil och lastbil (Trafikverket, 2016).

Högtrafik (08:00-19:00)			Lågtrafik (19:00-08:00)		
Timme	Personbilar	Lastbilar	Timme	Personbilar	Lastbilar
8	122,8	137,2	19	150,3	106,6
9	116,4	151,7	20	105,3	89,1
10	118,1	150,3	21	81,4	74,5
11	135,6	158,8	22	64,5	61,1
12	149,6	163,2	23	44,2	48,9
13	159,6	159,7	24	26,1	37,9
14	167,2	164,9	1	16,2	29,1
15	174,9	167,0	2	10,3	23,3
16	192,2	162,7	3	7,2	19,3
17	225,5	148,7	4	6,2	19,2
18	195,0	126,0	5	10,5	29,7
Procentuell andel av respektive fordonskategori under dygnet	73,2	70,4	6	32,1	60,9
			7	89,0	110,2
			Procentuell andel av respektive fordonskategori under dygnet	26,8	29,6

Fördelning mellan hög- och lågtrafik har beräknats utifrån den procentuella andelen av personbilar och lastbilar för respektive trafiksituation under dygnet. Högtrafik utgör 73,2 procent av dygnets totala trafikflöde för personbilar respektive 70,4 procent av dygnets trafikflöde för lastbilar vilket ger ett medelvärde på cirka 72 procent. För lågtrafik beräknas trafikflödet bestå av 26,8 procent personbilar och 29,6 procent lastbilar, vilket ger ett medelvärde på cirka 28 procent.

15.2.2 Olyckskategori

Olyckskategori delas upp i antingen singelolycka eller flerfordonsolycka samt var olyckan inträffar, i huvudtunnel eller i ramptunnel. Andelen singelolyckor förväntas vara 15 procent i huvudtunnlar respektive 30 procent i ramptunnlar medan andelen flerfordonsolyckor förväntas vara 85 procent i huvudtunnlar respektive 70 procent i ramptunnlar.

15.2.3 Fordonskategori

Fordonskategorierna som förväntas vara involverade i en trafikolycka är motorcykel, personbil, buss och lastbil. Dessa har därefter delats upp i två olyckskategorier, singel- respektive flerfordonsolycka. I Tabell 15.4 redovisas antagna sannolikheter.

Tabell 15.4 Antagna procentuella sannolikheter avseende fordonskategori.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]		
		Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Fordonskategori singelolycka	Motorcykel	16,0	16,0	14,4
	Personbil	77,0	77,0	74,0
	Buss	1,0	1,0	1,0
	Lastbil	6,0	6,0	10,6
Fordonskategori flerfordonsolycka	Endast personbil och/eller motorcykel	72,0	72,0	72,0
	Minst två bussar, men ej lastbil	3,0	3,0	3,0
	Minst två lastbilar	25,0	25,0	25,0

15.2.4 Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter

En lastbilsbrand som uppstår till följd av trafikolycka kan utvecklas på olika sätt beroende på förutsättningarna, exempelvis lastbilens egenskaper (karosseri etcetera), typ av gods, godsmängd, olyckskategori samt även var antändningen sker.

Bränder som uppstår till följd av trafikolycka med momentan antändning av en drivmedelspöl bedöms vara det allvarligaste tänkbara olycksscenariot. Om eller när branden sprider sig från fordonet till lasten finns det förutsättningar för en mycket kraftig effektutveckling och lastbilsbranden kan på mycket kort tid växa till och därigenom utgöra ett allvarligt hot mot trafikanter i tunnlarna.

En mindre andel av de förväntade lastbilsbränderna till följd av trafikolycka bedöms inte utgöra ett hot mot trafikanter, oavsett övriga omständigheter och de huvudsakliga anledningarna bedöms vara låg brandbelastning och/eller långsam tillväxthastighet.

Det antas även förenklat att en lastbilsbrand som innefattar ett fordon med farligt gods inte utgör ett hot mot trafikanter, såvida inte brandspridning sker till lasten (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

Det görs skillnad på om branden uppstår till följd av singel- eller flerfordonsolycka. Samtliga flerfordonsolyckor som involverar en eller flera lastbilar faller inom kategorin av bränder som utgör ett hot mot trafikanter.

Det totala antalet fordonsbränder till följd av trafikolycka som innefattar tung trafik inom tunnlarna i Tvärförbindelse Södertörn uppskattas till $5,4 \times 10^{-3}$ per år. Av dessa utgör 90 procent, $4,9 \times 10^{-3}$, ett hot mot andra trafikanter. Andelen singelolyckor förväntas vara 15 procent i huvudtunnlar medan andelen flerfordonsolyckor förväntas vara 85 procent i huvudtunnlar. Detta medför att antalet bränder som innefattar flerfordonsolyckor motsvarar $4,6 \times 10^{-3}$. Antalet bränder som innefattar singelolyckor blir därmed $2,7 \times 10^{-3}$ ($4,9 \times 10^{-3} - 4,6 \times 10^{-3}$).

Andelen singelolyckor som innefattar en brand till följd av trafikolycka och utgör ett hot mot trafikanter uppskattas därmed till 33 procent, $2,7 \times 10^{-3} / 8,2 \times 10^{-4}$.

Transporter med farligt gods förväntas vara underrepresenterade i olycksstatistiken i jämförelse med vanliga lastbilar på grund av regelverket som tillämpas för dessa transporter (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

Det totala antalet fordonsbränder till följd av trafikolycka som innefattar transporter av farligt gods inom tunnlarna i Tvärförbindelse Södertörn uppskattas till $6,3 \times 10^{-5}$ per år. Andelen lastbilsbränder som utgör ett hot mot trafikanter och innefattar transporter av farligt gods motsvarar cirka 1,2 procent, $6,3 \times 10^{-5} / (6,3 \times 10^{-5} + 5,4 \times 10^{-3})$. Detta har avrundats till 1 procent.

I Tabell 15.5 redovisas sannolikheterna för parametern Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter.

Tabell 15.5 Resultater av procentuella sannolikheter avseende Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter.

Olyckskategori	Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter	Sannolikhet [Procent]
Lastbil, Singelolycka	Brand utgör ej ett hot mot trafikanter	66
	Lastbil, Singelolycka, Brand utgör ett hot mot trafikanter	33
	Lastbil, Singelolycka, Fordon med farligt gods utgör ett hot mot trafikanter	1
Lastbil, Flerfordonsolycka	Brand utgör ett hot mot trafikanter	99
	Fordon med farligt gods utgör hot mot trafikanter	1

15.2.5 ADR-klasser

Den antagna fördelningen avseende ADR-klasser, givet olycka med farligt gods, redovisas i Tabell 3.3 respektive Tabell 15.7. Samma fördelning ansätts oberoende av övriga parametrar.

15.2.6 Fordon fattar eld vid olyckan

I händelseträdet anges sannolikheten för att ett eller flera fordon fattar eld vid en trafikolycka. Det görs ingen skillnad på om olyckan är en singel- eller flerfordonsolycka, men däremot görs det skillnad på om det endast är personbil/ar involverade eller om minst ett tungt fordon är involverat.

Sannolikheten som används i händelseträdet gäller under förutsättningarna att alla personskadeolyckor och hälften av egendomsskadorna kan leda till brand och olyckor med farligt gods.

En fordonsbrand som endast involverar personbilar tas inte med i beräkningarna av den totala risknivån då dessa inte förväntas leda till att trafikanter omkommer (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

15.2.7 Branden släcks i tidigt skede

Sannolikheterna för att branden släcks i tidigt skede antas vara oberoende av övriga parametrar i händelseträdet för trafikolycka. Trafiktunnlarna kommer att utrustas med handbrandsläckare som trafikanter kan använda för brandbekämpning. Dessutom kommer VägAssistans, med en insatstid på cirka 5 minuter, också fylla en viktig uppgift med att bistå trafikanter med brandsläckning. Sannolikheten för att en brand till följd av trafikolycka släcks i ett tidigt skede uppskattas till 50 procent (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011). Antagandet tar hänsyn till att brandsläckning kan ske av trafikant och/eller VägAssistans.

15.2.8 Brandspridning till last med farligt gods

Parametern reglerar sannolikheten att brandspridning till last sker då ett fordon med farligt gods involveras i en trafikolycka (singel- eller flerfordonsolycka) som efterföljs av brand. Det görs skillnad på transporter av ADR-klass 2 och 3, vilka generellt sker med tankbilar, och övriga ADR-klasser. Sannolikheten för brandspridning till lasten uppskattas till 50 procent för ADR-klass 1, 4 och 5 respektive 10 procent för ADR-klass 2 och 3.

15.2.9 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen

I Tabell 15.6 - Tabell 15.7 redovisas en sammanställning av indata till händelseträdsmodellen avseende trafikolycka.

Tabell 15.6 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen för trafikolycka avseende trafik och fordonskategorier.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]		
		Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Olycksplats	Huvudtunnel	93,5	100,0	100,0
	Ramptunnel	6,5	-	-
Trafiksituation	Högtrafik	77,0	77,0	77,0
	Lågtrafik	23,0	23,0	23,0
Olyckskategori	Singelolycka, huvudtunnel	15,0	15,0	15,0
	Flerfordonsolycka, huvudtunnel	85,0	85,0	85,0
	Singelolycka, ramptunnel	30,0	-	-
	Flerfordonsolycka, ramptunnel	70,0	-	-
Fordonskategori singelolycka	Motorcykel	16,0	16,0	14,4
	Personbil	77,0	77,0	74,0
	Buss	1,0	1,0	1,0
	Lastbil	6,0	6,0	10,6
Fordonskategori flerfordonsolycka	Endast personbil och/eller motorcykel	72,0	72,0	72,0
	Minst två bussar, men ej lastbil	3,0	3,0	3,0
	Minst två lastbilar	25,0	25,0	25,0

Tabell 15.7 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen för trafikolycka avseende grenen godskategori/brand utgör hot mot trafikanter respektive fordon fattar eld.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]		
		Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Trafikolycka, Huvudtunnel, Singelolycka, Lastbil, Fordon med farligt gods utgör hot mot trafikanter		3,8	4,1	7,0
Trafikolycka, Huvudtunnel, Flerfordonsolycka, Lastbil, Fordon med farligt gods utgör hot mot trafikanter		90,5	95,9	93,0
Trafikolycka, Ramptunnel, Singelolycka, Lastbil, Fordon med farligt gods utgör hot mot trafikanter		0,5	-	-
Trafikolycka, Ramptunnel, Flerfordonsolycka, Lastbil, Fordon med farligt gods utgör hot mot trafikanter		5,2	-	-
Lastbil, Singelolycka, Brand utgör ej ett hot mot trafikanter		59,0	59,0	59,0
Lastbil, Singelolycka, Brand utgör ett hot mot trafikanter		40,0	40,0	40,0
Lastbil, Singelolycka, Fordon med farligt gods utgör hot mot trafikanter		1,0	1,0	1,0
Lastbil, Flerfordonsolycka, Brand utgör ett hot mot trafikanter		99,0	99,0	99,0
Lastbil, Flerfordonsolycka, Fordon med farligt gods utgör hot mot trafikanter		1,0	1,0	1,0
Klass 1		0,1		
Klass 2		47,9		
Klass 3		51,3		
Klass 4		0,1		
Klass 5		0,2		
Övriga klasser (6 – 9)		0,4		
Fordon fattar eld vid olyckan	Personbil fattar eld vid olycka	1,0		
	Personbil fattar inte eld vid olycka	99,0		
	Övrigt fordon fattar eld vid olycka	0,1		
	Övrigt fordon fattar inte eld vid olycka	99,9		
Branden släcks i tidigt skede av trafikant	Brand släcks i tidigt skede	50,0		
	Brand släcks ej i tidigt skede	50,0		
Brandspridning till farligt gods-last	Brandspridning till klass 1, 4 och 5	50,0		
	Ej brandspridning till ADR-klass 1, 4 och 5	50,0		
	Brandspridning till klass 2 och 3	10,0		
	Ej brandspridning	90,0		

	till ADR-klass 2 och 3	
--	------------------------	--

15.3 Sannolikheter i händelseträdet för brand till följd av fordonsdefekt

I detta avsnitt beskriv sannolikheterna som har tillämpats för händelseträdet avseende brand till följd av fordonsdefekt.

15.3.1 Trafiksituation

Sannolikheten för att en brand inträffar under hög- eller lågtrafik har tidigare uppskattats i avsnitt 15.2.1. För högtrafik uppskattas sannolikheten till 72 procent respektive 28 procent för lågtrafik.

15.3.2 Fordonskategori

Med utgångspunkt från förväntat antal bränder i Tvärförbindelse Södertörn som redovisas i **Error! Reference source not found.** beräknas sannolikheterna för brand i personbil respektive lastbil, inklusive fordon med farligt gods. Dessa redovisas i Tabell 15.8.

I trafikprognoserna för Tvärförbindelse Södertörn saknas det uppgifter om förväntat antal bussar som trafikerar tunnelarna. För att även kunna inkludera bussar i riskanalysen införs ett antagande om att fem procent av det totala antalet bränder för tung trafik till följd av fordonsdefekt sker i bussar (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

Den resterande andelen bränder i lastbilar till följd av fordonsdefekt, motsvarande 11 procent respektive 19,4 procent beroende på vilken tunnel som avses, utgör fordon med farligt gods 0,95 procent. Denna uppgift tillämpas även för parametern Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter.

Tabell 15.8 Antagna sannolikheter avseende fordonskategori vid brand till följd av fordonsdefekt.

Fordonskategori	Sannolikhet [Procent]		
	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Personbil	88,4	88,4	79,6
Buss	0,6	0,6	1,0
Lastbil	11,0	11,0	19,4

15.3.3 Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter

Sannolikheten för att en lastbilsbrand inträffar i ett fordon med farligt gods har diskuterats i avsnitt 15.3.2 och ansätts till 0,95 procent. Parametern omfattar också en fördelning mellan bränder som utgör ett hot respektive inte utgör ett hot mot trafikanter.

Det antas att 20 procent av bränderna inte utgör ett hot mot trafikanter. Andelen bränder som inte utgör ett hot mot trafikanter skiljer sig från andelen som redovisas för trafikolycka då bränder till följd av fordonsdefekt enbart innefattar enskilda fordon. Detta ger att cirka 79 procent av bränderna inom parametern antas vara lastbilsbränder som utgör ett hot mot trafikanter.

15.3.4 ADR-klass

Den ADR-fördelning som har tillämpats för beräkningarna redovisas i Tabell 3.3 respektive Tabell 15.10. Samma fördelning ansätts oberoende av övriga parametrar. I avsnitten 7.4 – 7.4.5 analyseras sannolikheterna avseende olyckor med farligt gods vidare.

15.3.5 Branden släcks i tidigt skede

Sannolikheten för att en brand i fordon släcks i tidigt skede har antagits till 60 procent för fordon med farligt gods respektive 66 procent för övriga fordon (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

Sannolikheterna för att en brand till följd av fordonsdefekt släcks i ett tidigt skede förväntas vara högre än motsvarande sannolikhet för en brand till följd av en trafikolycka då förutsättningarna för att kunna hantera branden i ett tidigt skede är bättre.

15.3.6 Brandspridning till last med farligt gods

Parametern reglerar sannolikheten för att brandspridning till last sker då en brand uppstår i ett fordon med farligt gods till följd av fordonsdefekt. Det antas förenklat att en brand som innefattar ett fordon med farligt gods inte utgör ett hot mot trafikanter, såvida inte brandspridning till lasten inträffar. Sannolikheten för brandspridning till lasten uppskattas till 50 procent för ADR-klass 1, 4 och 5 samt 5 procent för ADR-klass 2 respektive 3.

15.3.7 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen

I Tabell 15.9 - Tabell 15.10 redovisas en sammanställning av uppgifterna som har tillämpats för händelseträdsmodellen.

Tabell 15.9 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen för brand till följd av fordonsdefekt avseende trafik och fordonskategori.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]		
		Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Olycksplats	Huvudtunnel	93,5	100,0	100,0
	Ramptunnel	6,5	-	-
Trafiksituation	Högtrafik	77,0	77,0	77,0
	Lågtrafik	23,0	23,0	23,0
Fordonskategori	Personbil	88,4	88,4	79,6
	Buss	0,6	0,6	1,0
	Lastbil	11,0	11,0	19,4

Tabell 15.10 Sammanställning av indata till händelsetradsmodellen för brand till följd av fordonstdefekt avseende godskategori och brand.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]
Godskategori/Brand utgör hot mot trafikanter	Brand i lastbil (ej farligt gods) som utgör hot mot trafikanter	79,1
	Brand i fordon med farligt gods som utgör hot mot trafikanter	1,0
	Brand utgör ej hot mot trafikanter	20,0
ADR-klass	ADR-klass 1	0,1
	ADR-klass 2	47,9
	ADR-klass 3	51,3
	ADR-klass 4	0,1
	ADR-klass 5	0,2
	ADR-klass 6 - 9	0,4
Brand släcks i tidigt skede av trafikant	Brand i fordon med farligt gods släcks i tidigt skede	60,0
	Brand i fordon med farligt gods släcks ej i tidigt skede	40,0
	Brand i vanligt fordon släcks i tidigt skede	66,0
	Brand i vanligt fordon släcks ej i tidigt skede	34,0
Brandspridning till last med farligt gods	Brandspridning till klass 1, 4 och 5	50,0
	Ej brandspridning till ADR-klass 1, 4 och 5	50,0
	Brandspridning till klass 2 och 3	5,0
	Ej brandspridning till ADR-klass 2 och 3	95,0

15.4 Sannolikheter i händelseträd för farligt gods

I detta avsnitt redovisas sannolikheterna som används i händelseträd för farligt gods, exempelvis de fördelningar som tillämpas inom respektive ADR-klass.

15.4.1 ADR-klass 1

Transporter med ADR-klass 1 utgörs av explosiva ämnen och föremål. En explosion kan antingen inträffa till följd av brandspridning till lasten eller vid en extremt kraftig stöt.

15.4.1.1 Stöt som kan föranleda explosion

Sannolikheten för att en explosion inträffar på grund av en stöt bedöms vara lägre än sannolikheten för att ett fordon börjar brinna vid en trafikolycka. En konservativ uppskattning av sannolikheten för stötinitierad explosion vid trafikolycka är 0,1 procent.

15.4.1.2 Fördelningen inom ADR-klass 1

Explosiva varor delas in i olika riskgrupper, riskgrupp 1.1 - 1.6, utifrån ämnets egenskaper. Uppskattningsvis utgörs 80 – 90 procent av transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1, medan riskgrupp 1.3 och 1.4 står för 5 – 10 procent medan övriga riskgrupper, 1.2, 1.5 och 1.6, endast transporteras i mycket begränsad omfattning (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011). Utifrån denna information antas det att 90 procent av godset inom ADR-klass 1 utgörs av riskgrupp 1.1 och att resterande del utgör 10 procent.

I Tabell 15.11 redovisas en beskrivning av riskgrupp 1.1 – 1.6.

Tabell 15.11 Beskrivning av riskgrupp 1.1 - 1.6 (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2019).

Riskgrupp	Beskrivning av riskgruppen
1.1	Ämnen och föremål med risk för massexplosion, en massexplosion är en explosion som påverkar så gott som hela lasten praktiskt taget samtidigt.
1.2	Ämnen och föremål med risk för splitter och kaststycken men inte för

Riskgrupp	Beskrivning av riskgruppen
	massexplosion.
1.3	Ämnen och föremål med risk för brand, och mindre risk för tryckvåg, splitter och kaststycken men inte för massexplosion, a) vars förbränning ger upphov till avsevärd strålningsvärme, eller b) vilka brinner efter varandra och ger upphov till mindre verkningar genom tryckvåg eller splitter och kaststycken.
1.4	Ämnen och föremål med endast obetydlig explosionsrisk i händelse av antändning eller initiering under transport. Verkningarna är i stort sett begränsade till kollit och det kan inte förväntas splitter av betydande storlek eller utbredning. Brand utifrån får inte förorsaka praktiskt taget samtidig explosion av så gott som hela kollits innehåll.
1.5	Mycket okänsliga ämnen med risk för massexplosion men med mycket liten sannolikhet för initiering eller för övergång från brand till detonation under normala transportförhållanden. Ett minimikrav är att de inte får explodera vid test med yttre brand.
1.6	Extremt okänsliga föremål utan risk för massexplosion. Föremålen innehåller till övervägande del extremt okänsliga ämnen och där sannolikheten för oavsiktlig antändning eller utbredning är försumbar. Anm. Faran med föremål i riskgrupp 1.6 är begränsad till explosion av enstaka föremål.

15.4.1.3 Mängden explosivämne

Avgörande för explosionsverkan är den transporterade mängden explosivämnen. I enlighet med ADR-regelverket är riskgrupperna 1.1 - 1.6 indelade i samhanteringsgrupper, vilka reglerar den totala nettovikt som får transporteras på en transportenhet (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2019). Maximal nettovikt är beroende av typ av fordon där s.k. EX/III-fordon tillåts transportera maximalt 16 ton. Motsvarande mängd för s.k. EX/II-fordon uppgår till maximalt 5 ton, bortsett från riskgrupp 1.4 där 15 ton eller obegränsade mängder tillåts.

Transporterna av explosivämnen bedöms karaktäriseras av genomfartstrafik eller trafik inom Stockholms län, vilken utgörs av trafik till centrallager placerade runt om i länet samt av transporter från centrallagren till plats där sprängning ska genomföras.

Genomfartstrafik respektive transporter till centrallager bedöms utgöras av maximalt lastade fordon, vilket motsvarar en last på 16 ton med fordon av EX/III klass (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

Det uppskattas att andelen transporter med 16 ton utgör en procent av samtliga transporter i riskgrupp 1.1 och övriga transporter, det vill säga 99 procent, inom riskgrupp 1.1 utgörs av transporter med godsmängder motsvarande 60 – 5 000 kg. För övriga riskgrupper, 1.2 - 1.6, uppskattas att 100 procent av transportererna utgörs av godsmängder på 16 ton.

15.4.1.4 Konsekvenskategori

Inom parametern regleras med vilken sannolikhet som en explosion inträffar givet att en brand eller stöt som kan initiera explosivämnet inträffar. Inom parametern görs det skillnad på vilken riskgrupp explosivämnet tillhör.

En brand som sprider sig till en last med riskgrupp 1.1 förväntas leda till explosion med 100 procent sannolikhet medan en brand som sprider sig till last som innehåller explosivämnen i riskgrupp 1.2 - 1.6 bedöms medföra explosion i 60 procent av fallen.

För en stötinitiering av explosivämne antas, oberoende av riskgrupp och mängd explosivämne, att explosion inträffar i 11 procent av fallen (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

15.4.1.5 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen

I Tabell 15.12 redovisas en sammanställning av uppgifterna som har tillämpats för händelseträdsmodellen gällande ADR-klass 1.

Tabell 15.12 Sammanställning av indata för händelseträdet gällande ADR-klass 1.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]
Stöt som kan föranleda explosion	Energi vid stöt kan föranleda explosion	0,1
	Energi vid stöt kan inte föranleda explosion	99,9
Fördelning inom klass 1	Riskgrupp 1.1	90,0
	Riskgrupp 1.2 - 1.6	10,0
Mängd explosivämne riskgrupp 1.1	60 – 5 000 kg	99,0
	16 ton	1,0
Mängd explosivämne riskgrupp 1.2 - 1.6	16 ton	100,0
Konsekvenskategori riskgrupp 1.1	Explosion då brand sprider sig till last	100,0
	Stöt föranleder explosion	11,0
	Stöt föranleder inte explosion	89,0
Konsekvenskategori riskgrupp 1.2 - 1.6	Explosion då brand sprider sig till last	60,0
	Ingen explosion då brand sprider sig till last	40,0
	Stöt föranleder explosion	11,0
	Stöt föranleder inte explosion	89,0

15.4.2 ADR-klass 2

Transporter med ADR-klass 2 utgörs av gaser med olika egenskaper, uppdelat utifrån skilda delklasser, och i detta avsnitt redovisas sannolikheterna som tillämpas i händelseträdet för ADR-klass 2.

15.4.2.1 Utsläpp

Sannolikheten för att en trafikolycka där transporter med farligt gods är inblandade och medför utsläpp uppskattas generellt vara 13 procent. Gaser transporteras vanligtvis i trycksatta tankar med en större tjocklek och bättre tålighet. För transporter där det farliga ämnet transporteras under tryck i tank har sannolikheten för olycka antagits vara 30 gånger lägre på grund av kraven avseende konstruktion som gäller för dessa tankar, vilket medför att sannolikheten för ett utsläpp av gas uppskattas vara 0,43 procent, 13 procent dividerat med 30 (Räddningsverket, 1996).

15.4.2.2 Fördelningen mellan olika delklasser

ADR-klass 2 innefattar gaser och är indelad i tre olika underklasser beroende på gasernas egenskaper. I Tabell 15.13 beskrivs delklasserna samt vilka konsekvenser som är förknippade med olyckor för respektive delklass.

Tabell 15.13 Beskrivning av egenskaperna för delklasserna samt exempel på konsekvenser vid olyckor (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2019).

Delklass	Beskrivning	Möjliga konsekvenser vid olyckor
2.1	Brandfarliga gaser	Häftig brand, gasmolnsexplosion
2.2	Icke brandfarliga, icke giftiga gaser	Kvävning, späder ut eller tränger undan syre i atmosfären
2.3	Giftiga gaser	Förgiftning, frätskador

15.4.2.3 Utsläppsstorlek

I Tabell 15.14 redovisas sannolikheten och storleken avseende ett gasutsläpp till följd av en olycka med farligt gods för ett stort, medelstort respektive litet utsläpp (Räddningsverket, 1996).

Tabell 15.14 Sannolikheter för olika storlekar av gasutsläpp (Räddningsverket, 1996).

Utsläppsstorlek [Storlek på håldiameter]	Sannolikhet [Procent]
Stort utsläpp – 100 mm	17
Medelstort utsläpp – 50 mm	21
Litet utsläpp – 20 mm	62

Sannolikheterna används endast för gaser i delklass 2.1 respektive 2.3 eftersom ett utsläpp av delklass 2.2 inte bedöms föranleda några konsekvenser i form av omkomna trafikanter.

15.4.2.4 Antändning

För brandfarliga gaser, delklass 2.1, bedöms två initiala scenarier kunna uppstå beroende på hur antändning inträffar. Om den, under tryck, läckande gasen antänds omedelbart uppstår en jetflamma. Om antändning av gasen fördröjs kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids utmed vindriktningen och som kan antändas senare.

Sannolikheterna för antändning av ett stort respektive litet utsläpp är baserade på uppgifter från Räddningsverket (Räddningsverket, 1996) och redovisas i Tabell 15.15. Uppgifterna för ett medelstort utsläpp har beräknats utifrån medelvärdet för ett stort respektive litet utsläpp.

15.4.2.5 BLEVE

En BLEVE, Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion, förväntas inträffa om tankbilen saknar säkerhetsventil och tanken utsätts för kraftig brandpåverkan under en längre tid. En BLEVE antas i normala fall enbart kunna uppstå om jetflamma är riktad mot tanken.

I en tunnelmiljö reflekteras dock en jetflamma som är riktad mot en tunnelvägg eller tak, samtidigt som värmeåterstrålningen bedöms bli större. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma bedöms därför vara förhållandevis hög i tunnelmiljö, grovt antaget till 10 procent (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

15.4.2.6 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen

I Tabell 15.15 redovisas en sammanställning av uppgifter som har tillämpats för händelseträdsmodellen gällande ADR-klass 2.

Tabell 15.15 Sammanställning av indata för händelseträdet gällande ADR-klass 2.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]
Utsläpp	Utsläpp	0,4
	Ej utsläpp	99,6
Fördelning klass 2	Delklass 2.1	28,9
	Delklass 2.2	70,7
	Delklass 2.3	0,4
Utsläppsstorlek	Stort utsläpp	17,0
	Medelstort utsläpp	21,0
	Litet utsläpp	62,0
Antändning av stort utsläpp	Omedelbar antändning - Jetflamma	20,0
	Fördröjd antändning - Brinnande gasmoln	80,0
	Ingen antändning	0,0
Antändning av medelstort utsläpp	Omedelbar antändning - Jetflamma	15,0
	Fördröjd antändning - Brinnande gasmoln	65,0
	Ingen antändning medelstort utsläpp	20,0
Antändning av litet utsläpp	Omedelbar antändning - Jetflamma	10,0
	Fördröjd antändning - Brinnande gasmoln	50,0
	Ingen antändning litet utsläpp	40,0
BLEVE	BLEVE till följd av jetflamma	10,0
	Ingen BLEVE till följd av jetflamma	90,0

15.4.3 ADR-klass 3

Transporter med ADR-klass 3 utgörs av brandfarliga vätskor och i detta avsnitt redovisas sannolikheterna som har tillämpats för händelseträdet avseende ADR-klass 3.

15.4.3.1 Utsläpp

Sannolikheten för att en trafikolycka som innefattar transporter med brandfarliga vätskor leder till utsläpp uppskattas till 13 procent, enligt index för olyckor med farligt gods för motorväg i tätort (Räddningsverket, 1996).

15.4.3.2 Pölstorlek

Inom parametern görs det skillnad på om utsläppet av brandfarlig vätska leder till en liten eller stor pöl. Uppdelningen är endast en indikation om vilken typ av pölbrand som avses och den har definierats utifrån förväntad brandeffekt istället för ystorlek. Den förväntade pölstorleken förutses variera utifrån bland annat typ av vätska, utsläppshastighet (källflöde), VA-systemets utformning och vägbanans lutning.

Vattenhanteringssystemet utformas för att begränsa pölstorleken. En stor pölbrand förväntas leda till mycket höga brandeffekter, 30 MW eller högre, och utgör således ett akut hot mot trafikanter i tunneln. Uppskattningsvis utgör 50 procent av bränderna en stor pöl och resterande 50 procent utgör en liten pöl (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

15.4.3.3 Antändning

Ett utsläpp av brandfarlig vätska från ett tankfordon utgör främst en risk för hälsa och säkerhet om vätskan antänds och det uppstår en pölbrand. Den förväntade antändningssannolikheten varierar exempelvis utifrån vätskans egenskaper, utsläppshastighet (källflöde), vattenhanteringssystemets utformning, vägbanans lutning, närheten till varma delar på fordon etcetera

Det saknas statistik avseende antändningssannolikheter i tunnlar. Sannolikheten för antändning, givet utsläpp bedöms variera med pölstorlek och tas fram som kombinationen utifrån följande sannolikheter:

- Uppskattningsvis hälften av den transporterade vätskan utgörs av mycket lättantändlig vätska, exempelvis bensin, och hälften utgörs av svårantändlig vätska, exempelvis diesel.
- Sannolikheten för antändning av lättantändlig vätska, givet utsläpp, uppskattas till 30 procent för en stor pöl respektive 10 procent för en liten pöl.
- Sannolikheten för antändning av svårantändlig vätska, givet utsläpp, uppskattas till 0 procent.

Utifrån ett medelvärde för lättantändlig respektive svårantändlig vätska uppskattas sannolikheten för antändning av en stor pöl till 15 procent och en liten pöl till 5 procent (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

15.4.3.4 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen

I Tabell 15.16 redovisas en sammanställning av uppgifterna som har tillämpats för händelseträdsmodellen gällande ADR-klass 3.

Tabell 15.16 Sammanställning av indata för händelseträdet gällande ADR-klass 3.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]
Utsläpp	Utsläpp	13,0
	Inget utsläpp	87,0
Pölstorlek	Stor pöl	50,0
	Liten pöl	50,0
Antändning stor pöl	Antändning	15,0
	Ej antändning	85,0
Antändning liten pöl	Antändning	5,0
	Ej antändning	95,0

15.4.4 ADR-klass 4

Inga ytterligare parametrar införs specifikt för att ta hänsyn till ADR-klass 4 då det enda relevanta händelseförloppet utgörs av brandspridning till last vilket redan är representerat i modellen.

15.4.5 ADR-klass 5

Transporter med ADR-klass 5 utgörs av oxiderande ämnen respektive organiska peroxider och i detta avsnitt redovisas sannolikheterna som har tillämpats för händelseträdet avseende ADR-klass 5.

Ammoniumnitrat bedöms vara ett av de oxiderande ämnen som har störst oxiderande effekt och som transporteras mest frekvent och i störst mängd (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011). Det har därför använts som typämne för ADR-klass 5.

Kemiskt instabila ämnen i ADR-klass 5.1 får endast transporteras om nödvändiga åtgärder har vidtagits för att förhindra att de sönderfaller på ett sätt som medför en fara under transport. Det finns ett antal ämnen och blandningar av oxiderande ämnen klass 5.1 som inte är tillåtna för transport. Fasta brandfarliga, självupphettande och vattenreaktiva ämnen är ej tillåtna för transport, såvida de inte uppfyller bestämmelser för ADR-klass 1.

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre, oxidation, kan initiera eller understödja brand i andra ämnen samt i vissa fall explodera. Ämnenas syre kan frigöras vid uppvärmning, strålning, kemisk reaktion eller kontakt med ämne som lätt tar upp syre.

Oxiderande ämnen förekommer i både fast fas och i vätskeform. Vid blandningar med organiskt material kan de oxiderande ämnena självantända och/eller förbrännas med explosionsartad hastighet, explodera. Ämnenas egenskaper är oförutsägbara och de kan reagera häftigt utan förvarning. Om ett utsläpp av oxiderande ämne kontamineras kan de få samma egenskaper som explosiva ämnen.

En explosion kan uppstå om ammoniumnitrat blandas med ett organiskt material som exempelvis diesel eller bensin. För att en blandning mellan ammoniumnitrat och bränsle ska explodera krävs en homogen blandning samt tillförsel av tillräckligt mycket energi. Ren ammoniumnitrat är stabilt och upphör att sönderfalla om värmekällan avlägsnas.

Ifall katalysatorer är närvarande, exempelvis brännbara ämnen, syror, metalljoner, klorider, kan reaktionen övergå till att bli ett självunderhållande sönderfall. Idealt för att ett explosivt förlopp ska inträffa är att ämnena blandas homogent eller att de blandas under längre tid så att bränslet kan absorberas av ammoniumnitraten. De antaganden som införs i avsnitten 15.4.5.1 - 15.4.5.4 utgör bedömningar baserade på ovanstående information (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

15.4.5.1 Brand

För olycksscenarier med brand används inga ytterligare sannolikheter i händelseträdsmodellen för ADR-klass 5.

15.4.5.2 Brandpåverkan föranleder explosion

Explosiva förlopp initierade av brand är relativt långsamma förlopp, vilket styrks av olycksstatistik som påvisar att vid en majoritet av inträffade olyckor föregås explosion av last efter brinntider på cirka 1 - 16 timmar. Sannolikheten för att en brand ska leda till explosion bedöms i referensprojektet E4 Förbifart Stockholm som mycket låg och antas till 0,1 procent (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

15.4.5.3 Utsläpp

Ammoniumnitrat transporteras generellt som prillade produkter, paketerad i säckar om 1000 kg. Säckarna utgörs av två lager, en tjock innersäck av plast samt en yttre av väv, vilka är sammansvetsade upp till. Då ett utsläpp av last endast bedöms kunna ske om säcken påverkas av ett vasst föremål uppskattas sannolikheten för utsläpp vid trafikolycka till 10 procent.

15.4.5.4 Utsläpp av drivmedel som blandas med det farliga godset

Sannolikheten för att trafikolyckan leder till ett utsläpp av fordonsbränsle och sannolikheten för att blandning sker antas till 10 procent respektive 50 procent. Givet att blandning sker förutsätts att en blandning uppstår som leder till explosion. I händelseträdet används den sammanslagna

sannolikheten för de båda händelserna utsläpp av bränsle och att homogen blandning uppstår, vilket motsvarar 5 procent.

15.4.5.5 Sammanställning av indata till händelseträdsmodellen

I Tabell 15.17 redovisas en sammanställning av uppgifterna som har tillämpats för händelseträdsmodellen gällande ADR-klass 5.

Tabell 15.17 Sammanställning av indata för händelseträdet gällande ADR-klass 5.

Parameter	Alternativ	Värde [Procent]
Brandpåverkan föranleder explosion	Brandpåverkan föranleder explosion	0,1
	Brandpåverkan föranleder inte explosion	99,9
Utsläpp	Utsläpp	10,0
	Ej utsläpp	90,0
Utsläpp av drivmedel som blandas med det farliga godset	Drivmedel blandas med farligt gods	5,0
	Drivmedel blandas inte med farligt gods	95,0

16 Bilaga D - Konsekvensbedömningar

I denna bilaga redovisas konsekvensbedömningarna samt faktorerna som ligger till grund för bedömningarna och förväntat antal omkomna trafikanter. Konsekvensbedömningarna har byggts vidare på bedömningarna som genomfördes i referensprojektet E4 Förbifart Stockholm (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

Samtliga konsekvensbedömningar har anpassats till personbelastningarna för respektive tunnel inom Tvärförbindelse Södertörn. Detta innebär exempelvis att antalet körfält har anpassats utifrån respektive tunnel. För några av olycksscenarierna har även ytterligare aspekter beaktats i ett försök att redovisa skyddsbarriärernas påverkan på konsekvensbedömningarna. Om ingen referens anges till redovisade uppgifter så har dessa hämtats från referensprojektet E4 Förbifart Stockholm. Samtliga konsekvensbedömningar som redovisas i detta kapitel avser olyckor som inträffar i huvudtunneln under högttrafik, antingen i form av trafikolyckor eller som brand till följd av fordonsdefekt. Masmotunneln har två korta ramptunnlar medan övriga tunnlar inom Tvärförbindelse Södertörn saknar ramptunnlar och beräkningarna har därför bara redovisats för huvudtunneln.

16.1 Bakomliggande faktorer till konsekvensbedömningarna

Följande antaganden ligger till grund för bedömningen av konsekvenserna för olycksscenarierna:

- Det förväntas inte ha någon betydelse för konsekvenserna ifall branden uppstår på grund av en trafikolycka eller till följd av fordonsdefekt.
- Brand i personbil antas inte medföra några omkomna trafikanter.
- Brand i lastbil som inte utgör ett hot mot trafikanter förväntas inte medföra att trafikanter omkommer.
- En brand i ett fordon med farligt gods som inte innefattar lasten antas inte leda till att några trafikanter omkommer.
- En brand som släcks i ett tidigt skede förväntas varken utgöra ett hot mot trafikanter eller eventuell last och föranleder därmed inga omkomna trafikanter.
- I samband med kö nedströms branden vid olyckstillfället förväntas en brand i lastbil eller buss utgöra ett hot mot trafikanter. De trafikanter som befinner sig uppströms olyckan förväntas utrymma innan kritiska förhållanden uppstår.
- Den initiala lufthastigheten antas vara hög, 8 m/s, vid olyckstillfället om det är köbildning i tunnelarna.
- Olycksscenarier med eller utan kö avser trafikförhållandet innan olyckstillfället. Det antas att kö alltid uppstår bakom, uppströms, olycksplatsen, även i olycksscenarierna som benämns "ej kö".
- För konsekvensbedömningarna avseende olyckor som innefattar transporter av farligt gods görs det ingen skillnad på om olyckan inträffar i huvud- eller ramptunnel. Det görs heller ingen skillnad på trafiksituation (hög-/lågtrafik) och olyckskategori (singel/flerfordonsolycka).

16.2 Brand i fordon

Konsekvensbedömningarna för brand i fordon har analyserats i referensprojektet E4 Förbifart Stockholm i en separat konsekvensanalys (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2010a), vilken delvis ligger till grund för konsekvensbedömningarna som redovisas i detta avsnitt.

Konsekvensbedömningarna i referensprojektet är en sammanställning utifrån bland annat beräkningar, simuleringar och expertutlåtanden. Dessa har därefter anpassats till förutsättningarna som gäller för tunnelanläggningarna inom Tvärförbindelse Södertörn och utgjort en grund för konsekvensbedömningarna som har tagits fram. För brand i bussar har exempelvis konsekvenserna i form av antalet omkomna trafikanter ökat med 50 procent för att ta hänsyn till bränder med CNG-bussar.

För konsekvensbedömningarna görs det skillnad på ifall det förekommer kö eller ej i tunneln, "Kö"/"Ej kö", men parametern avser endast förhållandet nedströms olycksplatsen då kö alltid förväntas förekomma uppströms olycksplatsen.

Det görs vidare skillnad på om ventilationen fungerar eller inte, "Ventilationen fungerar"/"Ventilationen fungerar ej". I tunnarna kommer det sannolikt alltid att förekomma någon form av ventilation, exempelvis miljöventilation vid kösituationer, och denna parameter avser endast ifall ventilationen klarar av att hantera brandgaserna från en eventuell fordonsbrand. När ventilationen fungerar bedöms inte några trafikanter omkomma uppströms olycksplatsen till följd av att spridning av brandgaserna, backlayering, kan förhindras.

16.2.1 Brandbekämpningssystemet fungerar

I Tabell 16.1 redovisas konsekvensbedömningar för olika brandscenarier då brandbekämpningssystemet fungerar och får avsedd verkan.

Samtliga bränder med bussar och lastbilar bedöms kunna medföra att trafikanter omkommer nedströms branden. Det antas förenklat att brandbekämpningssystemet begränsar och kontrollerar branden så att den understiger 30 MW. Detta bedöms dock inte innebära att förhållandena i det direkta närområdet nedströms branden är ofarliga. För ungefär 10 procent av bränderna i bussar och lastbilar förväntas inte brandbekämpningssystemet klara av att begränsa branden så att effekten understiger 30 MW och konsekvenserna i form av förväntat antalet omkomna trafikanter har därför ökat med 50 procent för detta olycksscenario.

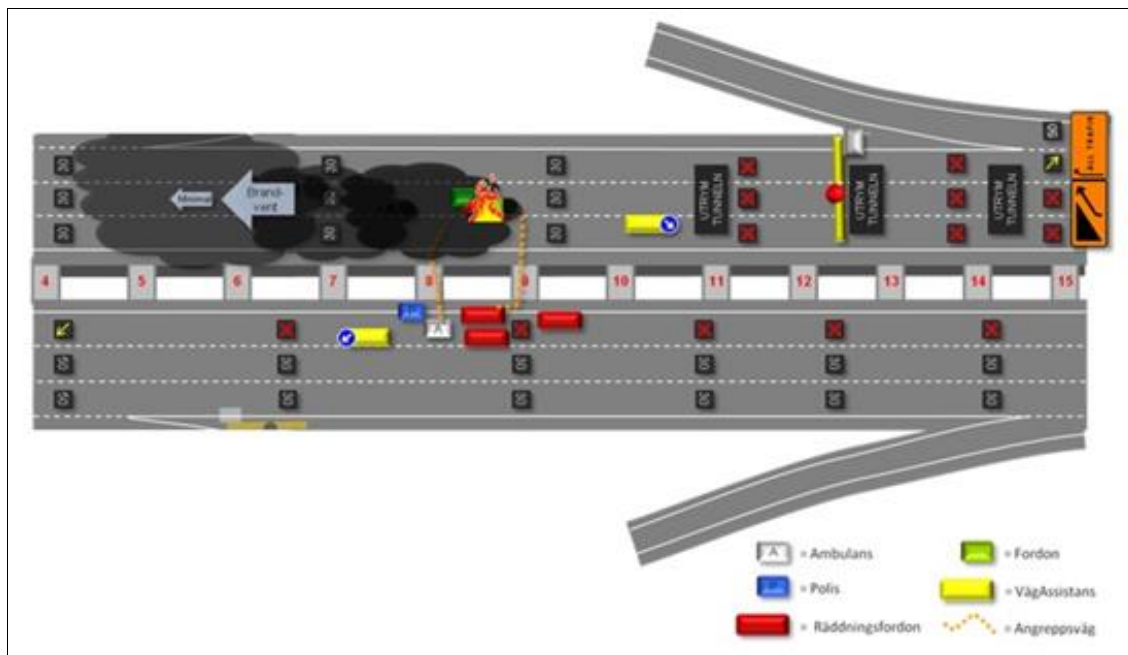
Tabell 16.1 Förväntat antal omkomna trafikanter vid brand i fordon (buss, lastbil och/eller brand till följd av flerfordonsolycka) då brandbekämpningssystemet fungerar.

Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergs-tunnel
Kö/Ventilationen fungerar	1	1	1
Kö/Ventilationen fungerar ej Brandbekämpningssystemet klarar inte av att begränsa branden	6	6	6
Kö/Ventilationen fungerar Brandbekämpningssystemet klarar inte av att begränsa branden	3	3	3
Kö/Ventilationen fungerar ej	2	2	2
Ej kö/Ventilationen fungerar ej Brandbekämpningssystemet klarar inte av att begränsa branden	1	1	1

16.2.2 Brandbekämpningssystemet fungerar ej

I Tabell 16.2 redovisas konsekvensbedömningar för olika brandscenarier när brandbekämpningssystemet inte fungerar i tunnarna. Bedömningarna är framtagna i samband med referensprojektet (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011) och har därefter anpassats utifrån förutsättningarna för tunnarna inom Tvärförbindelse Södertörn.

I Figur 16-1 redovisas ett exempel på insats vid fordonsbrand i tunnel.



Figur 16-1 Exempel på insats vid fordonsbrand i tunnel (Trafikverket, 2011).

Tabell 16.2 Förväntat antal omkomna trafikanter till följd av brand i fordon då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Typ av fordon	Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergs-tunnel
Brand i fordon under högtrafik (buss, lastbil och/eller brand till följd av flerfordonsolycka), oavsett olycksplats	Ej kö/Ventilationen fungerar ej	10	10	10
Brand i buss i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	23	13	13
	Kö/Ventilationen fungerar ej	30	18	18
Brand i lastbil i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	30	18	18
	Kö/Ventilationen fungerar ej	40	23	23
Brand i minst två bussar, men ej lastbil i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	30	18	18
	Kö/Ventilationen fungerar ej	38	22	22
Brand i minst två lastbilar i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	35	20	20
	Kö/Ventilationen fungerar ej	45	26	26

16.3 Olyckor som innefattar farligt gods

I detta avsnitt redovisas konsekvensbedömningar för olyckor som innefattar transporter av farligt gods och de faktorer som påverkar konsekvensbedömningarna.

16.3.1 ADR-klass 1

Transporter med ADR-klass 1 innefattar explosiva ämnen och föremål. En explosion i tunnelsystemet utgör ett extremt allvarligt scenario som i värsta fall kan medföra ett mycket stort antal omkomna trafikanter, främst i det skadedrabbade tunnelröret, men också i det parallella trafiktunnelröret. För detta olycksscenario förväntas inte utrymning till det motsatta tunnelröret medföra att de utrymmande klarar sig.

Verkan av massexploderande explosiv vara har utretts inom referensprojektet E4 Förbifart Stockholm. I utredningen redogörs för explosioners förväntade konsekvenser med avseende på tryckverkan (kontaktverkan, stötvåg i luft), värmeverkan och splitterverkan (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011). Avgörande för tryckverkan till följd av explosion i tunnlar är i huvudsak tunnelns tvärsnittarea, mängden explosiv vara och avståndet från explosionscentrum. Värmeverkan och splitterverkan är av underordnad betydelse ur personsäkerhetsperspektiv.

I tunnlar avtar trycket till följd av stötvågen i luft långsammare än i det fria. Beräkningar avseende konsekvensområden för personer i tunnlar redovisas i Tabell 16.3 (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

Tabell 16.3 Skadegränser för personer i tunnlar med tvärsnitt 90 m² (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011). För beräkningarna har skadegränserna för dödsfall använts.

Mängd riskgrupp 1.1 [kg]	Gräns för lungblödning [Meter]	Gräns för dödsfall [Meter]
30	22	3
50	37	6
2 000	1 500	220
16 000	12 000	1 800

För beräkningarna har skadegränserna för dödsfall använts och i Tabell 16.4 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter vid explosion. För 16 000 kg har konsekvensavståndet 3 600 meter använts, motsvarande 1 800 meter i vardera riktningen. För mängderna 60 – 5 000 kg har konsekvensavståndet 1 100 meter använts, motsvarande 550 meter i vardera riktningen. För Masmotunneln har antalet trafikanter i tunneln, motsvarande 750 meter, beaktats.

Tabell 16.4 Förväntat antal omkomna trafikanter vid explosion.

Omfattning	Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergs-tunnel
Explosion på 16 ton, oavsett riskgrupp	Ej kö	161	161	440
	Kö	362	363	990
Explosion 60 - 5 000 kg med riskgrupp 1.1	Ej kö	161	161	157
	Kö	321	314	314

Då brandbekämpningssystemet förhindrar brandspridning bedöms inga trafikanter omkomma, vilket innebär att det inte antas ske någon brandinitierad explosion. Systemet bedöms dock inte ha någon inverkan på utfallet vid stötinitierad explosion.

16.3.2 ADR-klass 2

ADR-klass 2 innefattar gaser och olyckor med farligt gods som innefattar ADR-klass 2 kan få mycket allvarliga konsekvenser, men det beror på dels vilket ämne som innefattas i olyckan och vad det är för typ av olycka som inträffar. I detta avsnitt redovisas konsekvensbedömningarna för olyckor med gas som exempelvis jetflamma, brandpåverkad tank eller gasmolnexplosion.

16.3.2.1 Jetflamma

För konsekvensbedömningarna betraktas jetflamma som ett olycksscenario och de beräknade frekvenserna för liten, mellanstor respektive stor jetflamma summeras. Det har inte identifierats någon litteratur som beskriver jetflammors beteende i tunnlar. Erfarenhetsmässigt konstateras att jetflammar i det fria till följd av antändning av gasol varierar i längd mellan i storleksordningen 20 - 100 meter beroende på utsläppsstorlek/källflöden, givet att källflödet är mellan cirka 2 - 60 kg/s. Dessa källflöden representerar spannet mellan ett litet och stort utsläpp. Olycksscenarioet utgör ett snabbt förlopp, vilket innebär att utrymning av skadeområdet inte bedöms vara möjlig och jetflammans stora utbredning i tunneln gör att en mängd olika fordon och fordonstyper kan förväntas drabbas (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

För detta olycksscenario bedöms inte brandbekämpningssystemet ha någon inverkan på det förväntade antalet omkomna trafikanter vid en eventuell olycka.

I Tabell 16.5 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter vid jetflamma.

Tabell 16.5 Förväntat antal omkomna trafikanter vid jetflamma.

Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Ej kö	50	44	44
Kö	100	89	89

16.3.2.2 Brandpåverkad tank och BLEVE

Uppvärmningstiden som krävs för att en upphettad tank skall kollapsa bedöms generellt vara i storleksordningen någon eller ett par tiotals minuter (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

Därmed förväntas personalen i VTC:s agerande få en stor betydelse för skadeutfallet och den huvudsakliga skadeverkan bedöms karaktäriseras av tryckuppyggnad.

För olycksscenarierna som benämns brandpåverkad tank och BLEVE bedöms brandbekämpningssystemet förhindra brandspridning till lasten och därmed bedöms inga trafikanter omkomma.

För brandpåverkad tank likställs konsekvenserna för olycksscenarioet då VTC ej agerar korrekt med en explosion med mindre mängd explosivämne av riskgrupp 1.1, se Tabell 16.4. När VTC agerar korrekt bedöms betydligt färre trafikanter omkomma eftersom trafikanterna som befinner sig i det icke-skadedrabbade tunnelröret bedöms ha väsentligt förbättrade överlevnadsmöjligheter.

I Tabell 16.6 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 16.6 Förväntat antal omkomna trafikanter vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Ej kö/VTC agerar korrekt	75	41	41
Kö/VTC agerar korrekt	150	82	82

Med BLEVE avses här fenomenet att en tank kollapsar till följd av brandpåverkan och att antändning sker. Fenomenet föregås av en jetflamma, men hur skadeförloppet ske är osäkert. I denna riskanalys betraktas olycksscenarioet som en kombination av olycksscenarierna med brandpåverkad tank och jetflamma.

I Tabell 16.7 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter vid BLEVE då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 16.7 Förväntat antal omkomna trafikanter vid BLEVE då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Ej kö/VTC agerar korrekt	121	85	85
Kö/VTC agerar korrekt	241	171	171

16.3.2.3 Gasmolnsexplosion

En gasmolnsexplosion innefattar en snabb tryckökning till följd av förbränning av en gas-och luftblandning. För att förbränning och explosion ska kunna uppstå krävs det att blandningen ligger inom antändningsområdet samt att antändning sker. Omfattningen av trycket som genereras beror både på flammans hastighet samt ifall utsläppet sker inneslutet eller inte. En tunnels geometri och fordon i en stillastående kö utgör tillsammans förutsättningar för att en kraftig gasmolnsexplosion kan inträffa. Explosionens tryckverkan beror av huruvida fordon är närvarande, gasmolnets längd, gasmolnets sammansättning, antändningskällans lokalisering och gasmolnets position i tunneln (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

Vid en accelererande deflagration, utbredningshastighet långsammare än ljudets hastighet, kan flamhastigheten öka i sådan omfattning att explosionsförloppet övergår till en detonation och bedöms då motsvara en explosion med explosiva ämnen.

Sannolikheten för att detonation inträffar beror till stor del på typ av bränsle i en luft/bränsleblandning. Reaktiva bränslen som exempelvis vätgas, acetylen eller etylen kan detonera i samband med olyckor medan andra bränslen är mindre benägna att detonera, även om det inte går att utesluta detonation i händelse av stora moln med hög inneslutenhet eller mycket hinder. För att antändning ska inträffa krävs en tillräckligt stark antändningskälla. Antändningsenergin varierar dock utifrån koncentrationen av gas/bränsle.

Explosionstrycket beror till stor del på gasmolnets egenskaper och de geometriska förhållanden som råder dels inuti molnet, dels runtomkring molnet. Även om parametrar såsom koncentration, molnets storlek, antändningspunkt, öppningsareor och övrigt är känt är det svårt att förutse vilka konsekvenser som kan komma att uppstå. Olika försök visar att explosionstrycket är kopplat till antändningskällans lokalisering och att antändning nära öppningar eller i molnets utkanter generellt sett genererar relativt låga tryck. Maximala tryck vid detonation är cirka 2 MPa av gas (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

Konsekvenserna till följd av en gasmolnsexplosion kan variera kraftigt beroende på omständigheterna vid olyckstillfället. I denna riskanalys likställs konsekvenserna för olycksscenarioet mellan eller stor gasmolnsexplosion med en mindre mängd explosivämne, 60 – 5 000 kg, av riskgrupp 1.1, se Tabell 16.4. En mindre gasmolnsexplosion förväntas utgöra ett lindrigare olycksscenario.

För detta olycksscenario bedöms inte brandbekämpningssystemet ha någon inverkan på det förväntade antalet omkomna trafikanter vid en eventuell olycka.

I Tabell 16.8 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter vid en gasmolnsexplosion.

Tabell 16.8 Förväntat antal omkomna trafikanter vid en gasmolnsexplosion.

Omfattning	Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergs-tunneln
Mellan eller stor gasmolnsexplosion	Ej kö	161	161	157
	Kö	321	314	314
Liten gasmolns-explosion	Ej kö	80	81	79
	Kö	161	157	157

16.3.2.4 Utsläpp av giftig gas

Ett utsläpp av giftig gas i en tunnel innebär att gasen är innesluten, vilket medför att höga gaskoncentrationer bevaras under mycket längre sträckor än för motsvarande utsläpp på ytan. Nedanstående antaganden avseende förväntat antal omkomna trafikanter baseras på resultaten från referensprojektet E4 Förbifart Stockholm (FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, 2011).

För ett litet utsläpp, en källstyrka motsvarande några kilo/s, förväntas förhållandevis få eller inga dödsfall uppströms utsläppet, i synnerhet eftersom luft hastigheten i tunneln vid de flesta olyckshändelserna kommer att vara hög. Det förväntas omkomma betydligt fler då kö förekommer i tunneln. Här likställs konsekvenserna i form av förväntat antal omkomna trafikanter med de för en liten gasmolnsexplosion, se Tabell 16.8.

För ett stort eller medelstort gasutsläpp förväntas källstyrkan vara så hög att gaskoncentrationen blir dödlig även uppströms olyckan och konsekvenserna likställs vid ett mellan eller stort utsläpp av giftig gas vid kö med de för en stor gasmolnsexplosion vid kö, se Tabell 16.8.

För detta olycksscenario bedöms inte brandbekämpningssystemet ha någon inverkan på det förväntade antalet omkomna trafikanter vid en eventuell olycka.

I Tabell 16.9 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter vid ett utsläpp av giftig gas, ADR-klass 2.3.

Tabell 16.9 Förväntat antal omkomna trafikanter vid ett utsläpp av giftig gas, ADR-klass 2.3.

Omfattning	Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Mellan eller stort gasutsläpp	Ej kö	50	50	50
	Kö	321	314	314
Litet gasutsläpp	Ej kö	5	5	5
	Kö	161	157	157

16.3.3 ADR-klass 3

Brandfarliga vätskor som rinner ut på vägbanan kommer beroende på om olyckan sker i upp- eller nedförslutning antingen rinna bort från trafikanter uppströms olycksplatsen eller mot trafikanterna. Brandeffekten för en sådan brand kan vara i storleksordningen 100-tals MW. Brandförloppet och storleken är också av sådan karaktär att trafikanter uppströms branden kan förväntas omkomma i olika utsträckning till följd av backlayering ifall ventilationssystemet inte klarar av att hantera brandgaserna.

Benämningen "liten pölbrand" representerar en samlad bedömning av pölbränder där brandeffekten understiger 30 MW, medan en stor pölbrand avser bränder där effekten överskrider 30 MW. En bidragande orsak till de allvarliga konsekvenserna för pölbränder är att vägbanans lutning bedöms medföra att pölen breder ut sig och därmed kan omsluta närstående fordon.

Då brandbekämpningssystemet förhindrar brandspridning till lasten för olycksscenariot brandpåverkad tank bedöms inga trafikanter omkomma. Dock bedöms inte systemet ha någon inverkan på skadeutfallet vid pölbrand.

I Tabell 16.10 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 16.10 Förväntat antal omkomna trafikanter vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
----------	--------------	----------------	----------------------

Ej kö/VTC agerar korrekt	75	44	41
Kö/ VTC agerar korrekt	150	88	82

I Tabell 16.11 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter vid en pölbrand.

Tabell 16.11. Förväntat antal omkomna trafikanter vid en pölbrand.

Storlek	Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Stor pölbrand	Ej kö/Ventilationen fungerar	26	22	22
	Kö/Ventilationen fungerar	200	167	167
	Ej kö/ Ventilationen fungerar ej	39	33	33
	Kö/Ventilationen fungerar ej	300	250	250
Liten pölbrand	Ej kö/ Ventilationen fungerar	10	8	8
	Kö/Ventilationen fungerar	100	83	83
	Ej kö/Ventilationen fungerar ej	15	13	13
	Kö/Ventilationen fungerar ej	150	125	125

16.3.4 ADR-klass 4

ADR-klass 4 innefattar brandfarliga fasta ämnen och en brand förväntas motsvara en mycket kraftig brand med en snabb brandutveckling. På samma sätt som för vanlig brand bedöms ventilationen vara av betydelse för antalet omkomna och/eller skadade trafikanter. Om ventilationen fungerar bedöms det finnas goda möjligheter för en lyckad utrymning.

Då brandbekämpningssystemet förhindrar brandspridning till lasten bedöms inga trafikanter omkomma.

I Tabell 16.12 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter vid brand då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 16.12 Förväntat antal omkomna trafikanter vid brand då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Kö/Ventilationen fungerar	75	44	44
Ej kö/Ventilationen fungerar	38	22	22
Kö/Ventilationen fungerar ej	100	58	58
Ej kö/Ventilationen fungerar ej	50	29	29

16.3.5 ADR-klass 5

ADR-klass 5 innefattar oxiderande ämnen och organiska peroxider och ett olycksscenario kan medföra en brand och/eller explosion. Olyckor med explosioner betraktas konsekvensmässigt motsvara explosioner med en mängd motsvarande 60 – 5 000 kg explosivämne av riskgrupp 1.1 medan en brand som involverar ADR-klass 5 bedöms representera en mycket kraftig brand med en snabb brandutveckling, motsvarande ADR-klass 4. Ventilationen bedöms vara av stor betydelse för antalet omkomna och/eller skadade trafikanter, om ventilationen fungerar bedöms det finnas goda möjligheter för en lyckad utrymning.

Då brandbekämpningssystemet förhindrar brandspridning till lasten bedöms inga trafikanter omkomma. Dock bedöms inte det systemet ha någon inverkan på utfallet vid explosion på grund av kontaminering.

Olyckor som innefattar explosioner med ADR-klass 5 betraktas konsekvensmässigt motsvara en explosion med en mängd motsvarande 60 - 5 000 kg, explosivämne av riskgrupp 1.1, se Tabell 16.4. I Tabell 16.13 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter vid en explosion.

Tabell 16.13 Förväntat antal omkomna trafikanter vid en explosion.

Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Ej kö	161	161	157
Kö	321	314	314

Då brandbekämpningssystemet förhindrar brandspridning till lasten bedöms inga trafikanter omkomma. Dock bedöms inte systemet ha någon inverkan på utfallet vid explosion på grund av kontaminering.

En brand som involverar ADR-klass 5 förväntas motsvara en mycket kraftig brand med en snabb brandutveckling. På samma sätt som för vanlig brand bedöms ventilationen vara av betydelse för antalet omkomna och/eller skadade trafikanter. Om ventilationen fungerar bedöms det finnas goda möjligheter för en lyckad utrymning.

Då brandbekämpningssystemet förhindrar brandspridning till lasten bedöms inga trafikanter omkomma.

I Tabell 16.4 redovisas förväntat antal omkomna trafikanter vid brand då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 16.14 Förväntat antal omkomna trafikanter vid brand då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Masmotunneln	Glömstatunneln	Flemingsbergstunneln
Kö/Ventilationen fungerar	75	44	44
Ej kö/Ventilationen fungerar	38	22	22
Kö/Ventilationen fungerar ej	100	58	58
Ej kö/Ventilationen fungerar ej	50	29	29

17 Bilaga E - Känslighetsanalys

I detta kapitel redovisas resultatet från den känslighetsanalys som har genomförts för att ta hänsyn till osäkerheterna som ligger till grund för beräkningsresultatet. I känslighetsanalysen har variationer av parametrar som påverkar både frekvens och konsekvens beaktats. De parametrar som påverkar frekvensen behandlas i avsnitt 17.1 medan konsekvenserna behandlas i avsnitt 17.2 respektive 0. Konsekvensbedömningarna i avsnitt 17.2 respektive 0 redovisas i form av "Min", "Förväntat" respektive "Max" med avseende på antalet omkomna trafikanter, där "Förväntat" har tillämpats för att beskriva den förväntade risknivån. Förväntat motsvarar 80 procent av den maximala personbelastningen. Uppgifterna för "Min" respektive "Max" används för att redogöra osäkerheterna i analyserna gällande konsekvensbedömningar är till stor del kvalitativa bedömningar och motsvarar 50 respektive 100 procent av den maximala personbelastningen. Variationerna från det troliga värdet baseras delvis på osäkerheterna i personbelastningen för respektive tunnel, men även utifrån de förväntade konsekvenserna.

17.1 FN-diagram för känslighetsanalys

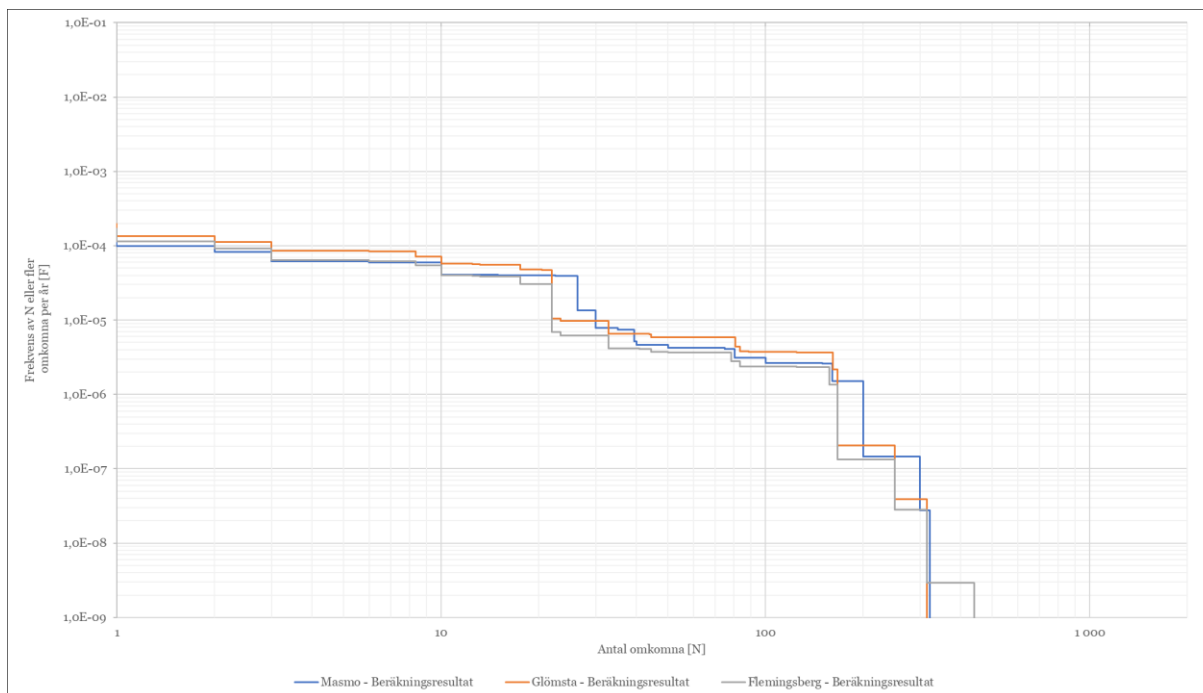
I detta avsnitt redovisas beräkningsresultatet för känslighetsanalysen. Valet av parametrar att variera bygger dels på osäkerheterna som redovisas i kapitel 10 och dels på hur de förväntas påverka beräkningsresultatet. Variationerna av brandfrekvens och olyckskvot bedöms intressanta att undersöka då dessa ligger tidigt i beräkningskedjan och därmed påverkar många olycksscenarier. För övriga parametrar i känslighetsanalysen ligger främst osäkerheterna till grund för valet att undersöka dem.

För beräkningarna har en parameter i taget ändrats samtidigt som resterande hålls konstanta. Till FN-diagrammen i detta avsnitt har förväntat antal omkomna trafikanter använts avseende konsekvenserna, förutom i avsnitt 17.1.4 där min, förväntat respektive max använts för att redovisa hur personbelastningen påverkar konsekvensbedömningarna.

17.1.1 Trafikavvecklingens påverkan

I känslighetsanalysen avseende trafikavveckling har justeringar avseende sannolikheten för kö gjorts. Sannolikheten för trafikavveckling har valts till 95 procent istället för 97,5 procent, vilket innebär att det är större sannolikhet att det är kö nedströms olyckan.

I Figur 17-1 redovisas FN-diagram utifrån högre sannolikhet för kö.

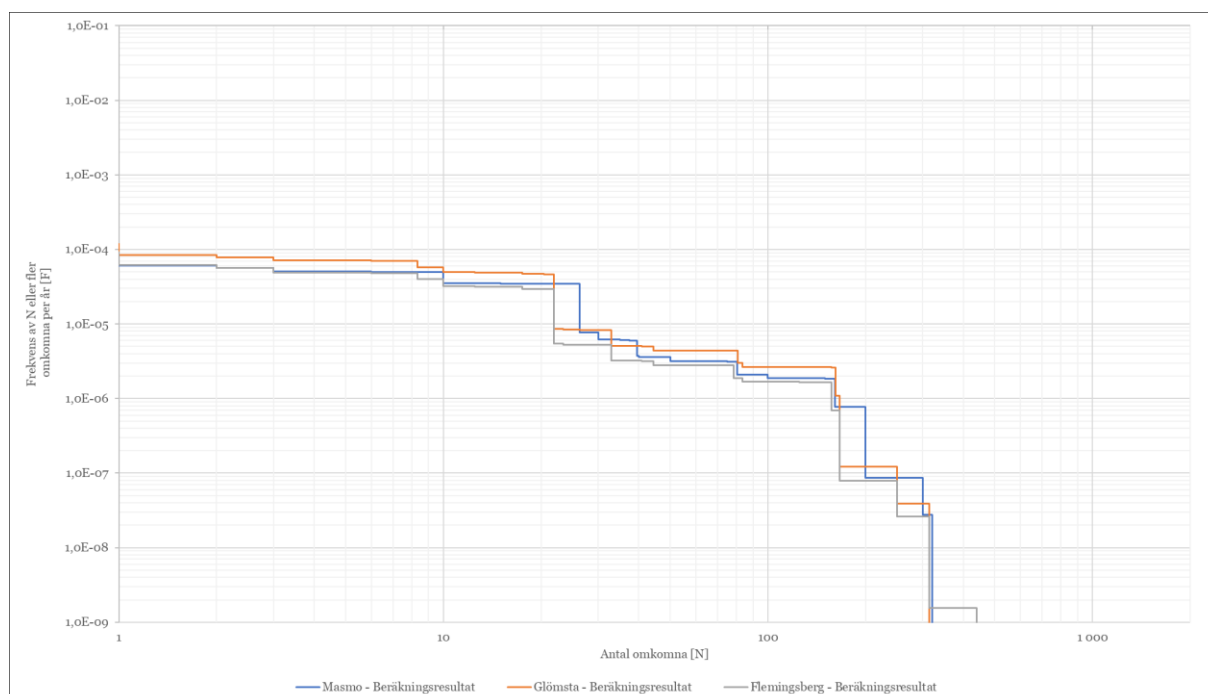
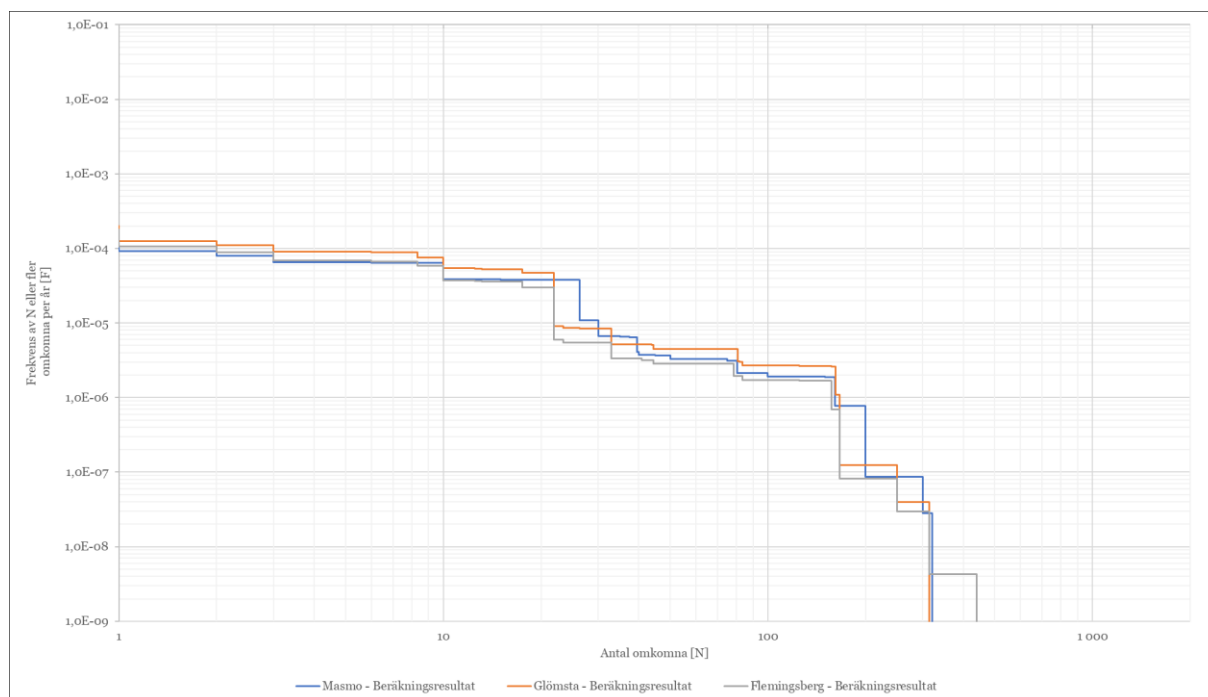


Figur 17-1 Samhällsrisk för vilken en högre sannolikhet för kö använts redovisad i form av F/N-diagram per tunnelkilometer. Riskprofilen för Masmotunneln redovisas för hela tunneln.

17.1.2 Beräkningsresultat utifrån olika brandfrekvenser

I känslighetsanalysen avseende brandfrekvenser har beräkningar baserade på högre respektive lägre brandfrekvenser gjorts. Brandfrekvenserna har valts till värden som är 50 procent högre respektive 50 procent lägre i relation till ursprungligt antagen brandfrekvens.

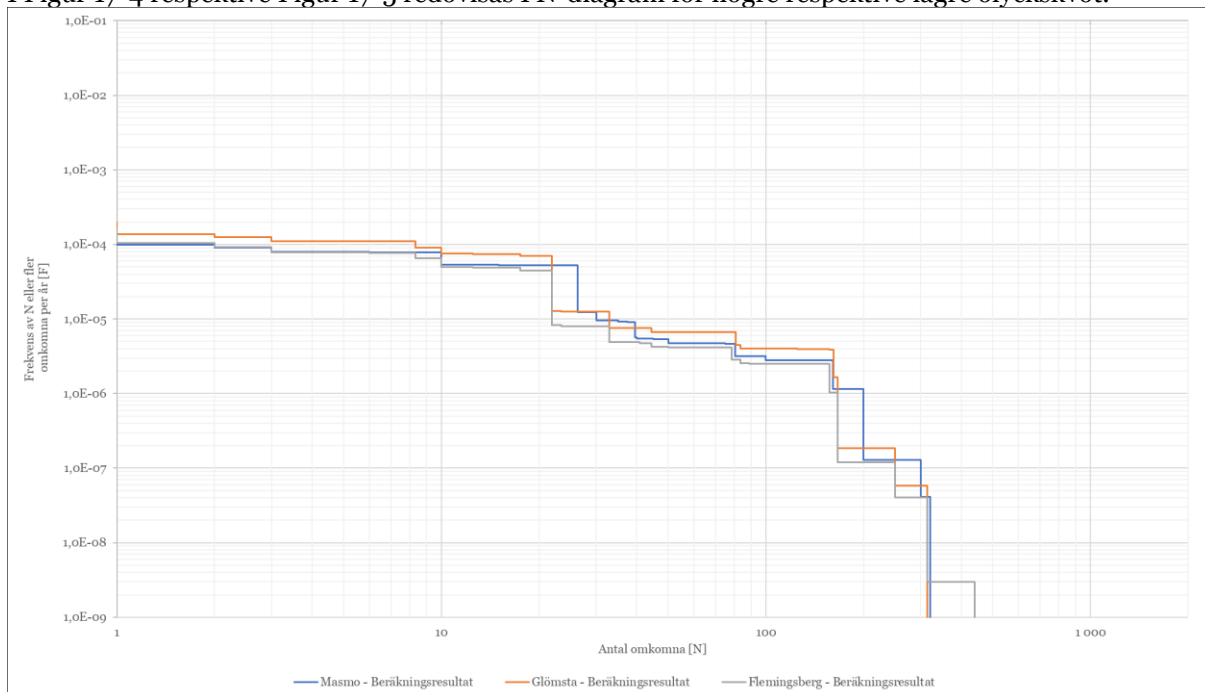
I Figur 17-2 respektive Figur 17-3 redovisas FN-diagram för högre respektive lägre brandfrekvens.



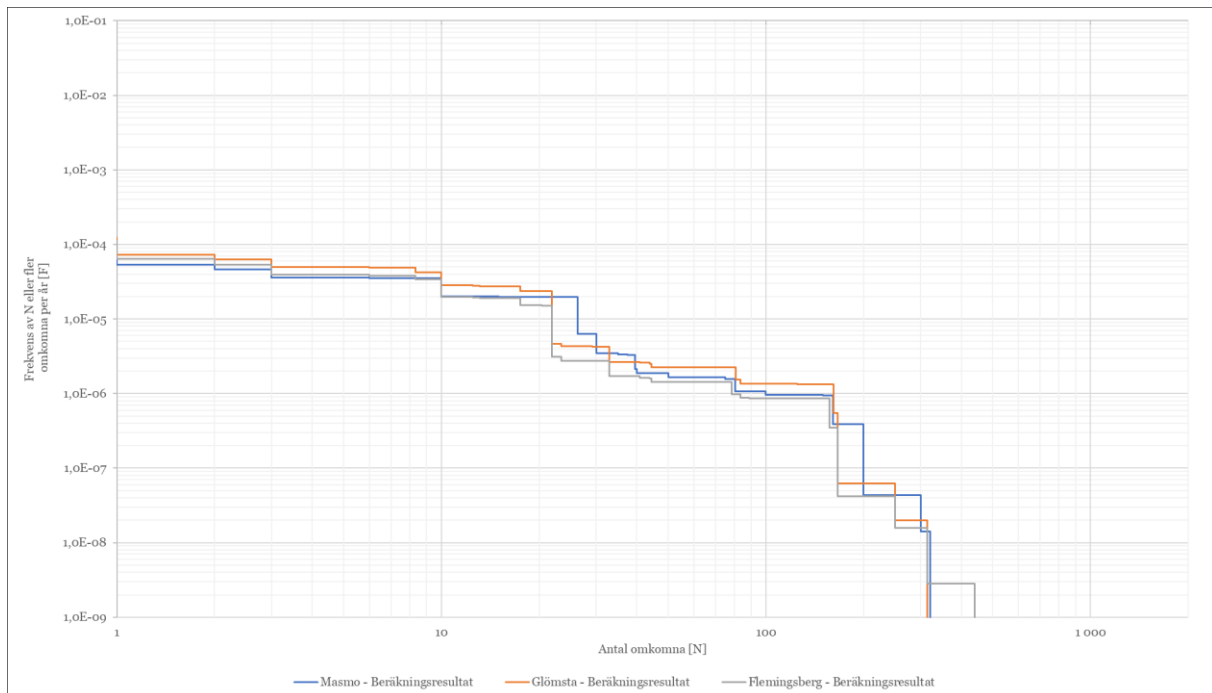
17.1.3 Beräkningsresultat utifrån olika olyckskvoter

I känslighetsanalysen avseende olyckskvot har beräkningar baserade på en högre respektive lägre olyckskvot gjorts. Olyckskvoterna har valts till värden som är 50 procent högre respektive 50 procent lägre i relation till den ursprungliga olyckskvot som har antagits.

I Figur 17-4 respektive Figur 17-5 redovisas FN-diagram för högre respektive lägre olyckskvot.



Figur 17-4 Samhällsrisk för vilken en högre olyckskvot använts redovisad i form av F/N-diagram per tunnelkilometer. Riskprofilen för Mäsmotunneln redovisas för hela tunneln.

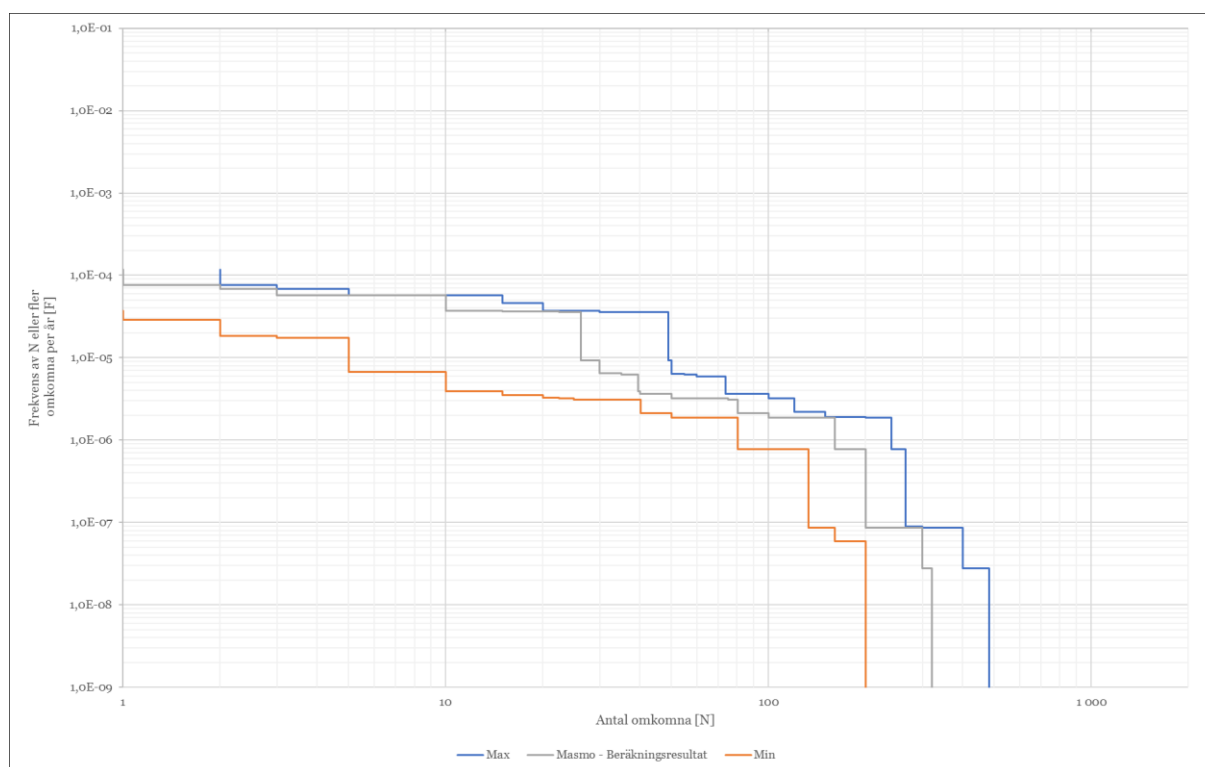


Figur 17-5 Samhällsrisk för vilken en lägre olyckskvot använts redovisad i form av F/N-diagram per tunnelkilometer. Riskprofilen för Masmotunneln redovisas för hela tunneln.

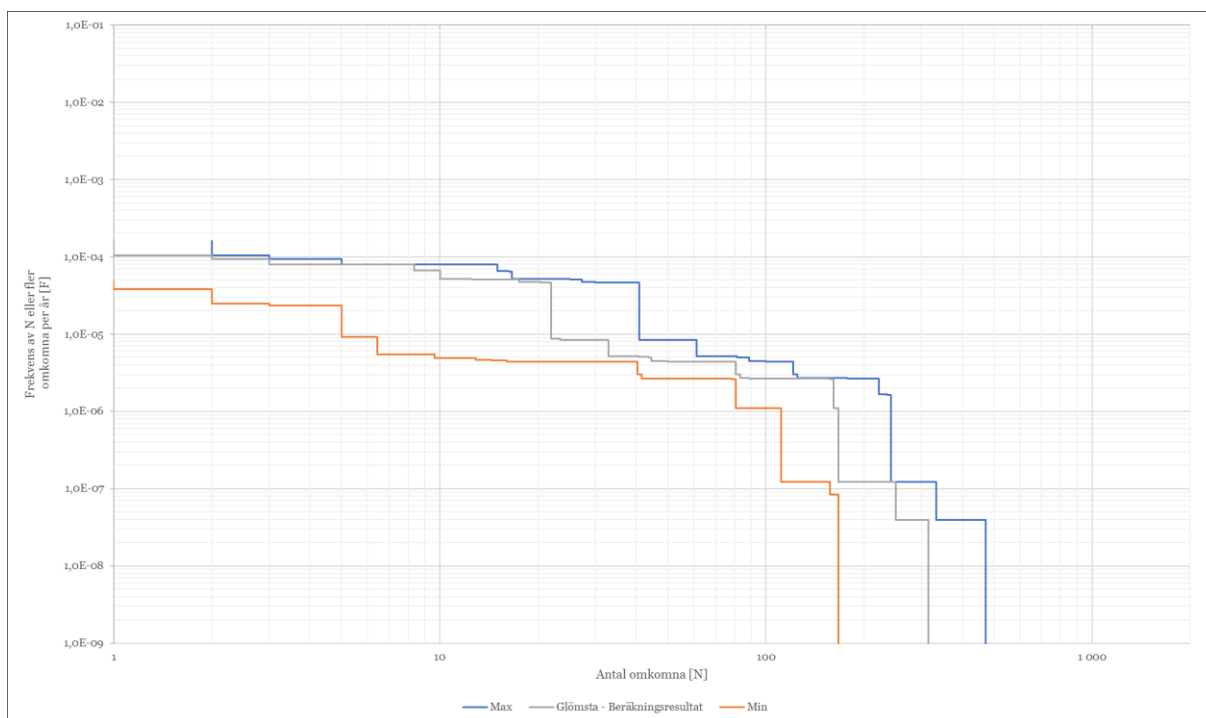
17.1.4 Beräkningsresultat utifrån olika personbelastningar

För att ta hänsyn till osäkerheter avseende förväntat antal omkomna trafikanter för olycksscenarierna som kan inträffa i tunnelarna har personbelastningen varierats. Beräkningsresultatet som redovisas i kapitel 9 är baserat på förväntat antal omkomna trafikanter, vilket motsvarar 80 procent av den maximala personbelastningen.

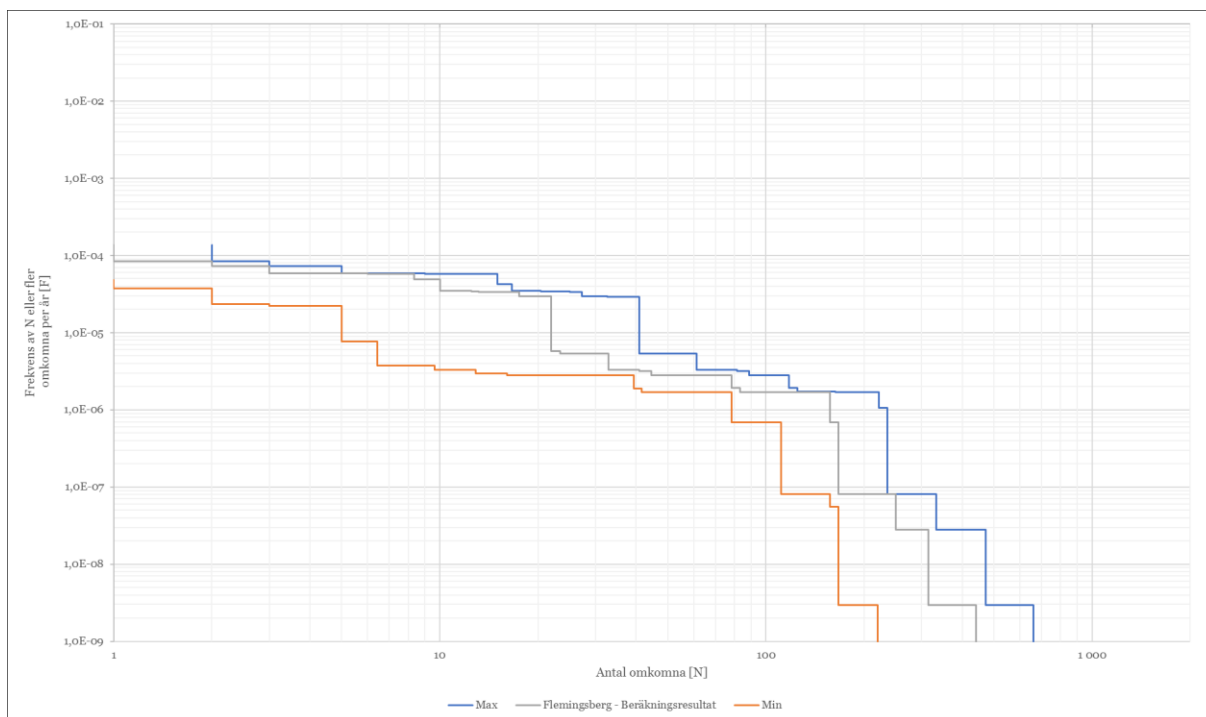
I Figur 17-6 - Figur 17-8 redovisas samhällsrisk utifrån tre olika personbelastningar, "Min", "Förväntat" respektive "Max", för respektive tunnel.



Figur 17-6 Känslighetsanalys gällande samhällsriskerna redovisad i form av F/N-diagram avseende Masmotunneln.



Figur 17-7 Känslighetsanalys gällande samhällsriskerna redovisad i form av F/N-diagram per tunnelkilometer avseende Glömstatunneln.

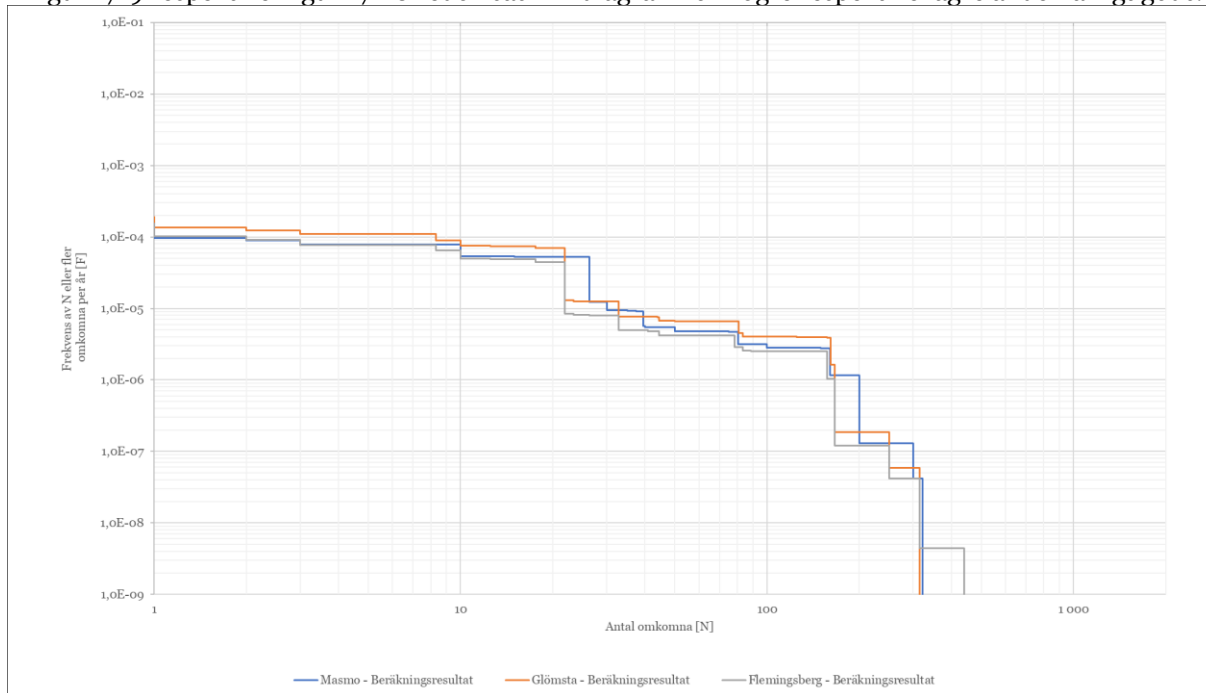


Figur 17-8 Känslighetsanalys gällande samhällsriskerna redovisad i form av F/N-diagram per tunnelkilometer avseende Flemingsbergstunneln.

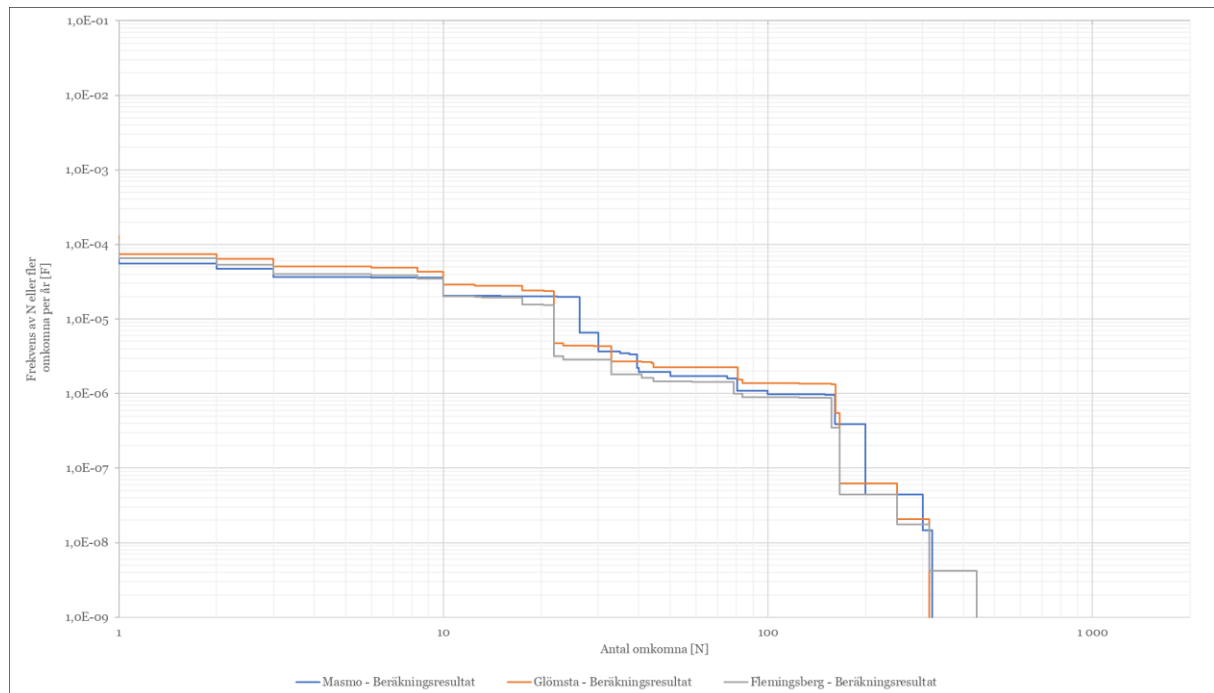
17.1.5 Beräkningsresultat utifrån olika andelar med farligt gods

I känslighetsanalysen avseende andelen farligt gods har beräkningar baserade på en högre respektive lägre andel farligt gods gjorts. Andelen farligt gods har valts till värden som är 50 procent högre respektive 50 procent lägre i relation till den ursprungliga antagna andelen farligt gods.

I Figur 17-9 respektive Figur 17-10 redovisas FN-diagram för högre respektive lägre andel farligt gods.



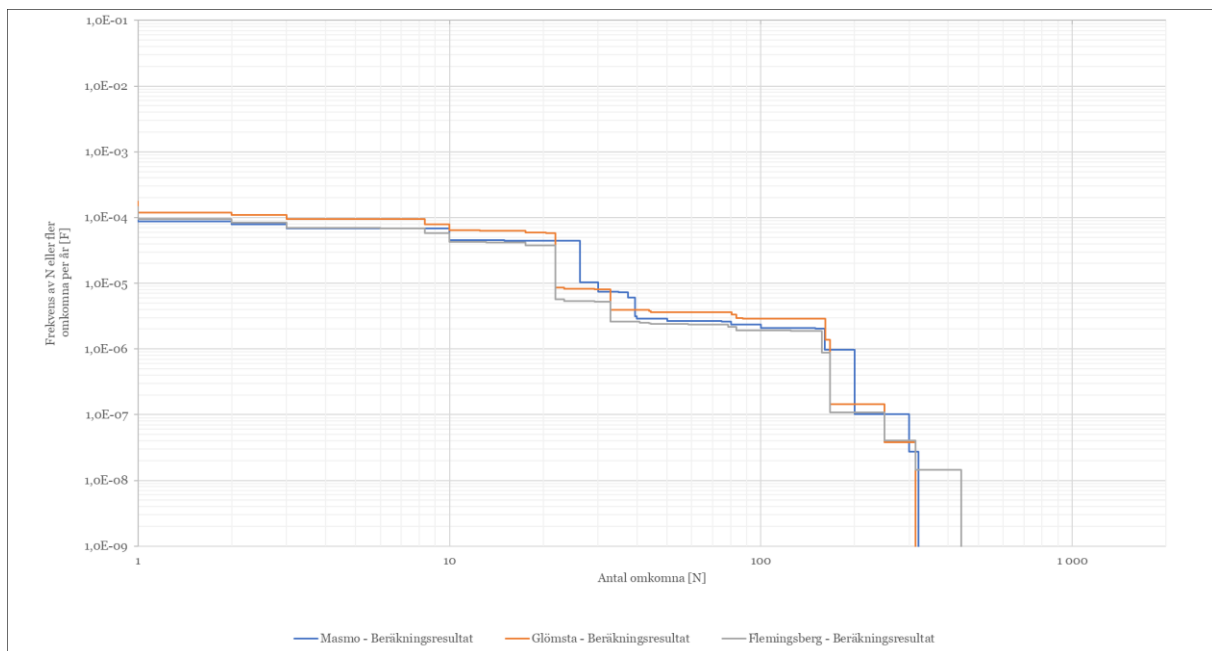
Figur 17-9 Samhällsrisk för vilken en högre andel farligt gods använts redovisad i form av F/N-diagram per tunnelkilometer. Riskprofilen för Masmotunneln redovisas för hela tunneln.



Figur 17-10 Samhällsrisk för vilken en lägre andel farligt gods använts redovisad i form av F/N-diagram per tunnelkilometer. Riskprofilen för Masmotunneln redovisas för hela tunneln.

17.1.6 Beräkningsresultat utifrån nationell ADR-fördelning

I känslighetsanalysen avseende fördelning av ADR-klasser har beräkningar med den nationella fördelningen av farligt gods gjorts. Den nationella fördelningen som använts redovisas i avsnitt 13.3.2. I Figur 17-11 redovisas FN-diagram för nationell fördelning av ADR-klasser.



Figur 17-11 Samhällsriskerna för vilken en nationell ADR-fördelning använts redovisad i form av F/N-diagram per tunnelkilometer. Riskprofilen för Masmotunneln redovisas för hela tunneln.

17.2 Brand i fordon

I detta avsnitt redovisas konsekvensbedömningarna för olycksscenariot brand i fordon.

17.2.1 Brandbekämpningssystemet fungerar

Brandbekämpningssystemet i tunnelarna har en mycket hög tillförlitlighet och klarar av att begränsa merparten av fordonsbränderna i tunnelarna, men det finns dock vissa olycksscenarier som ändå medför att trafikanter omkommer. I detta avsnitt redovisas förväntat antal omkomna trafikanter då brandbekämpningssystemet fungerar.

17.2.1.1 Masmotunneln

I Tabell 17.1 redogörs de samlade konsekvensbedömningarna för olika brandscenarier då brandbekämpningssystemet fungerar.

Tabell 17.1 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid brand i fordon (buss, lastbil och/eller brand till följd av flerfordonsolycka) då brandbekämpningssystemet fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Kö/Ventilationen fungerar	0	1	2
Kö/Ventilationen fungerar ej Brandbekämpningssystemet klarar inte av att begränsa branden	3	6	9
Kö/Ventilationen fungerar Brandbekämpningssystemet klarar inte av att begränsa branden	2	3	5
Kö/Ventilationen fungerar ej	1	2	3
Ej kö/Ventilationen fungerar ej Brandbekämpningssystemet klarar inte av att begränsa branden	0	1	2

17.2.1.2 Glömstatunneln

I Tabell 17.2 redogörs den samlade konsekvensbedömningen för olika brandscenarier då brandbekämpningssystemet fungerar och får avsedd verkan.

Tabell 17.2 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid brand i fordon (buss, lastbil och/eller brand till följd av flerfordonsolycka) då brandbekämpningssystemet fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Kö/Ventilationen fungerar	0	1	2
Kö/Ventilationen fungerar ej Brandbekämpningssystemet klarar inte av att begränsa branden	3	6	9
Kö/Ventilationen fungerar Brandbekämpningssystemet klarar inte av att begränsa branden	2	3	5
Kö/Ventilationen fungerar ej	1	2	3
Ej kö/Ventilationen fungerar ej Brandbekämpningssystemet klarar inte av att begränsa branden	0	1	2

17.2.1.3 Flemingsbergstunneln

I Tabell 17.3 redogörs den samlade konsekvensbedömningen för olika brandscenarier då brandbekämpningssystemet fungerar och får avsedd verkan.

Tabell 17.3 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid brand i fordon (buss, lastbil och/eller brand till följd av flerfordonsolycka) då brandbekämpningssystemet fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Kö/Ventilationen fungerar	0	1	2
Kö/Ventilationen fungerar ej Brandbekämpningssystemet klarar inte av att begränsa branden	3	6	9
Kö/Ventilationen fungerar Brandbekämpningssystemet klarar inte av att begränsa branden	2	3	5
Kö/Ventilationen fungerar ej	1	2	3
Ej kö/Ventilationen fungerar ej Brandbekämpningssystemet klarar inte av att begränsa branden	0	1	2

17.2.2 Brandbekämpningssystem fungerar ej

Brandbekämpningssystemet i tunnelarna har en mycket hög tillförlitlighet, men för ett fåtal olyckor kan det vara ett tekniskt fel på systemet vilket medför att brandbekämpningssystemet inte fungerar som önskat. I detta avsnitt redovisas förväntat antal omkomna trafikanter då brandbekämpningssystemet inte fungerar.

17.2.2.1 Masmotunneln

I Tabell 17.4 redogörs den samlade konsekvensbedömningen för olika brandscenarier då brandbekämpningssystemet ej fungerar och får avsedd verkan.

Tabell 17.4 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") till följd av brand i fordon då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Typ av fordon	Scenario	Min	Förväntat	Max
Brand i fordon under högtrafik (buss, lastbil och brand till följd av flerfordonsolycka), oavsett olycksplats	Ej kö/Ventilationen fungerar ej	5	10	15
Brand i buss i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	15	23	30
	Kö/Ventilationen fungerar ej	23	30	38
Brand i lastbil i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	10	30	50
	Kö/Ventilationen fungerar ej	20	40	60
Brand i minst två bussar, men ej lastbil i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	23	30	38
	Kö/Ventilationen fungerar ej	30	38	45
Brand i minst två lastbilar i	Kö/Ventilationen fungerar	15	35	55

huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar ej	25	45	65
--------------------------------	---------------------------------	----	----	----

17.2.2.2 Glömstatunneln

I Tabell 17.5 redogörs den samlade konsekvensbedömningen för olika brandscenarier då brandbekämpningssystem ej fungerar och får avsedd verkan.

Tabell 17.5 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") till följd av brand i fordon då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Typ av fordon	Scenario	Min	Förväntat	Max
Brand i fordon under högtrafik (buss, lastbil och brand till följd av flerfordonsolycka), oavsett olycksplats	Ej kö/Ventilationen fungerar ej	5	10	15
Brand i buss i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	10	13	16
	Kö/Ventilationen fungerar ej	14	18	20
Brand i lastbil i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	6	18	27
	Kö/Ventilationen fungerar ej	13	23	33
Brand i minst två bussar, men ej lastbil i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	14	18	20
	Kö/Ventilationen fungerar ej	19	22	25
Brand i minst två lastbilar i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	10	20	30
	Kö/Ventilationen fungerar ej	16	26	35

17.2.2.3 Flemingsbergstunneln

I Tabell 17.6 redogörs den samlade konsekvensbedömningen för olika brandscenarier då brandbekämpningssystemet ej fungerar och får avsedd verkan.

Tabell 17.6 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") till följd av brand i fordon då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Typ av fordon	Scenario	Min	Förväntat	Max
Brand i fordon under högtrafik (buss, lastbil och brand till följd av flerfordonsolycka), oavsett olycksplats	Ej kö/Ventilationen fungerar ej	5	10	15
Brand i buss i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	10	13	16
	Kö/Ventilationen fungerar ej	14	18	20
Brand i lastbil i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	6	18	27
	Kö/Ventilationen fungerar ej	13	23	33
Brand i minst två bussar, men ej lastbil i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	14	18	20
	Kö/Ventilationen fungerar ej	19	22	25
Brand i minst två lastbilar i huvudtunnel under högtrafik	Kö/Ventilationen fungerar	10	20	30
	Kö/Ventilationen fungerar ej	16	26	35

17.3 Olyckor som innefattar farligt gods

I detta kapitel redovisas bedömningar gällande konsekvenser för olika typer av olyckor som innefattar farligt gods.

17.3.1 ADR-klass 1

17.3.1.1 Masmotunneln

I Tabell 17.7 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid en explosion.

Tabell 17.7 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid explosion.

Omfattning	Scenario	Min	Förväntat	Max
Explosion på 16 ton, oavsett riskgrupp	Ej kö	80	161	241
	Kö	241	362	482
Explosion 60 kg - 5 ton med riskgrupp 1.1	Ej kö	80	161	241
	Kö	161	321	482

17.3.1.2 Glömstatunneln

I Tabell 17.8 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid en explosion.

Tabell 17.8 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid explosion.

Omfattning	Scenario	Min	Förväntat	Max
Explosion på 16 ton, oavsett riskgrupp	Ej kö	81	161	242
	Kö	242	363	484
Explosion 60 kg - 5 ton med riskgrupp 1.1	Ej kö	81	161	242
	Kö	157	314	471

17.3.1.3 Flemingsbergstunneln

I Tabell 17.9 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid en explosion.

Tabell 17.9 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid explosion.

Omfattning	Scenario	Min	Förväntat	Max
Explosion på 16 ton, oavsett riskgrupp	Ej kö	220	440	660
	Kö	660	990	1320
Explosion 60 kg - 5 ton med riskgrupp 1.1	Ej kö	79	157	236
	Kö	157	314	471

17.3.2 ADR-klass 2

17.3.2.1 Masmotunneln

I Tabell 17.10 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 17.10 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Ej kö/VTC agerar korrekt	0	75	150
Kö/VTC agerar korrekt	0	150	300

I Tabell 17.11 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid BLEVE då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 17.11 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid BLEVE då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Ej kö/VTC agerar korrekt	0	121	241
Kö/VTC agerar korrekt	0	241	482

I Tabell 17.12 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid en gasmolnsexplosion.

Tabell 17.12 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid en gasmolnsexplosion.

Omfattning	Scenario	Min	Förväntat	Max
Mellan eller stor gasmolnsexplosion	Ej kö	80	161	241
	Kö	161	321	482
Liten gasmolnsexplosion	Ej kö	40	80	121
	Kö	80	161	241

I Tabell 17.13 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid ett utsläpp av giftig gas, ADR-klass 2.3.

Tabell 17.13 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid ett utsläpp av giftig gas, ADR-klass 2.3.

Omfattning	Scenario	Min	Förväntat	Max
Mellan eller stort gasutsläpp	Ej kö	0	50	100
	Kö	161	321	482
Litet gasutsläpp	Ej kö	0	5	10
	Kö	80	161	241

I Tabell 17.14 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid jetflamma

Tabell 17.14 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid jetflamma.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Ej kö	0	50	100
Kö	0	100	200

17.3.2.2 Glömstatunneln

I Tabell 17.15 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 17.15 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Ej kö/VTC agerar korrekt	0	41	82
Kö/VTC agerar korrekt	0	82	163

I Tabell 17.16 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid BLEVE då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 17.16 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid BLEVE då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Ej kö/VTC agerar korrekt	0	85	171
Kö/VTC agerar korrekt	0	171	341

I Tabell 17.17 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid en gasmolnsexplosion.

Tabell 17.17 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid gasmolnsexplosion.

Omfattning	Scenario	Min	Förväntat	Max
Mellan eller stor gasmolnsexplosion	Ej kö	81	161	242
	Kö	157	314	471
Liten gasmolns-explosion	Ej kö	40	81	121
	Kö	79	157	236

I Tabell 17.18 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid ett utsläpp av giftig gas, ADR-klass 2.3.

Tabell 17.18 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid ett utsläpp av giftig gas (ADR-klass 2.3).

Omfattning	Scenario	Min	Förväntat	Max
Mellan eller stort gasutsläpp	Ej kö	0	50	100
	Kö	157	314	471
Litet gasutsläpp	Ej kö	0	5	10
	Kö	79	157	236

I Tabell 17.19 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid jetflamma

Tabell 17.19 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid jetflamma.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Ej kö	0	44	89
Kö	0	89	178

17.3.2.3 Flemingsbergstunneln

I Tabell 17.20 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 17.20 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Ej kö/VTC agerar korrekt	0	41	82
Kö/VTC agerar korrekt	0	82	163

I Tabell 17.21 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid BLEVE då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 17.21 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid BLEVE då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Ej kö/VTC agerar korrekt	0	85	171
Kö/VTC agerar korrekt	0	171	341

I Tabell 17.22 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid en gasmolnsexplosion.

Tabell 17.22 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid gasmolnsexplosion.

Omfattning	Scenario	Min	Förväntat	Max
Mellan eller stor gasmolnsexplosion	Ej kö	79	157	236
	Kö	157	314	471
Liten gasmolnsexplosion	Ej kö	39	79	118
	Kö	79	157	236

I Tabell 17.23 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid ett utsläpp av giftig gas, ADR-klass 2.3.

Tabell 17.23 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid ett utsläpp av giftig gas (ADR-klass 2.3).

Omfattning	Scenario	Min	Förväntat	Max
Mellan eller stort gasutsläpp	Ej kö	0	50	100
	Kö	157	314	471
Litet gasutsläpp	Ej kö	0	5	10
	Kö	79	157	236

I Tabell 17.24 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid jetflamma

Tabell 17.24 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid jetflamma.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Ej kö	0	44	89
Kö	0	89	178

17.3.3 ADR-klass 3

17.3.3.1 Masmotunneln

I Tabell 17.25 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 17.25 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Ej kö/VTC agerar korrekt	0	75	150
Kö/ VTC agerar korrekt	0	150	300

I Tabell 17.26 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid pölbrand.

Tabell 17.26. Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid pölbrand.

Storlek	Scenario	Min	Förväntat	Max
Stor pölbrand	Ej kö/Ventilationen fungerar	0	26	49
	Kö/Ventilationen fungerar	133	200	267
	Ej kö/Ventilationen fungerar ej	0	39	74
	Kö/Ventilationen fungerar ej	200	300	400
Liten pölbrand	Ej kö/Ventilationen fungerar	0	10	20
	Kö/Ventilationen fungerar	50	100	150
	Ej kö/Ventilationen fungerar ej	0	15	30
	Kö/Ventilationen fungerar ej	75	150	225

17.3.3.2 Glömstatunneln

I Tabell 17.27 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 17.27 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Ej kö/VTC agerar korrekt	0	44	82
Kö/ VTC agerar korrekt	0	88	163

I Tabell 17.28 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid pölbrand.

Tabell 17.28. Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid pölbrand.

Storlek	Scenario	Min	Förväntat	Max
Stor pölbrand	Ej kö/Ventilationen fungerar	0	22	41
	Kö/Ventilationen fungerar	111	167	222
	Ej kö/Ventilationen fungerar ej	0	33	61
	Kö/Ventilationen fungerar ej	167	250	333
Liten pölbrand	Ej kö/Ventilationen fungerar	0	8	17
	Kö/Ventilationen fungerar	42	83	125
	Ej kö/Ventilationen fungerar ej	0	13	25
	Kö/Ventilationen fungerar ej	63	125	188

17.3.3.3 Flemingsbergstunneln

I Tabell 17.29 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 17.29 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid brandpåverkad tank då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Ej kö/VTC agerar korrekt	0	41	82
Kö/ VTC agerar korrekt	0	82	163

I Tabell 17.30 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid pölbrand.

Tabell 17.30. Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid pölbrand.

Storlek	Scenario	Min	Förväntat	Max
Stor pölbrand	Ej kö/Ventilationen fungerar	0	22	41
	Kö/Ventilationen fungerar	111	167	222
	Ej kö/Ventilationen fungerar ej	0	33	61
	Kö/Ventilationen fungerar ej	167	250	333
Liten pölbrand	Ej kö/Ventilationen fungerar	0	8	17
	Kö/Ventilationen fungerar	42	83	125
	Ej kö/Ventilationen fungerar ej	0	13	25
	Kö/Ventilationen fungerar ej	63	125	188

17.3.4 ADR-klass 4

17.3.4.1 Masmotunneln

I Tabell 17.31 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid brand då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 17.31 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid brand då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Kö/Ventilationen fungerar	50	75	100
Ej kö/Ventilationen fungerar	25	38	50
Kö/Ventilationen fungerar ej	70	100	140
Ej kö/Ventilationen fungerar ej	35	50	70

17.3.4.2 Glömstatunneln

I Tabell 17.32 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid brand då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 17.32 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid brand då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Kö/Ventilationen fungerar	32	44	54
Ej kö/Ventilationen fungerar	16	22	27
Kö/Ventilationen fungerar ej	45	58	76
Ej kö/Ventilationen fungerar ej	23	29	38

17.3.4.3 Flemingsbergstunneln

I Tabell 17.33 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid brand då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 17.33 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid brand då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Kö/Ventilationen fungerar	32	44	54
Ej kö/Ventilationen fungerar	16	22	27
Kö/Ventilationen fungerar ej	45	58	76
Ej kö/Ventilationen fungerar ej	23	29	38

17.3.5 ADR-klass 5

17.3.5.1 Masmotunneln

I Tabell 17.34 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid en explosion.

Tabell 17.34 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid explosion.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Ej kö	80	161	241
Kö	161	321	482

I Tabell 17.35 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid brand då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 17.35 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid brand då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Kö/Ventilationen fungerar	50	75	100
Ej kö/Ventilationen fungerar	25	38	50
Kö/Ventilationen fungerar ej	70	100	140
Ej kö/Ventilationen fungerar ej	35	50	70

17.3.5.2 Glömstatunneln

I Tabell 17.36 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid en explosion.

Tabell 17.36 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid explosion.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Ej kö	81	161	242
Kö	157	314	471

I Tabell 17.37 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid brand då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 17.37 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid brand då brandbekämpningssystem ej fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Kö/Ventilationen fungerar	32	44	54
Ej kö/Ventilationen fungerar	16	22	27
Kö/Ventilationen fungerar ej	45	58	76
Ej kö/Ventilationen fungerar ej	23	29	38

17.3.5.3 Flemingsbergstunneln

I Tabell 17.38 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid en explosion.

Tabell 17.38 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid explosion.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Ej kö	79	157	236
Kö	157	314	471

I Tabell 17.39 redovisas en uppskattning av antalet omkomna trafikanter vid brand då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Tabell 17.39 Antal omkomna trafikanter ("Min", "Förväntat" och "Max") vid brand då brandbekämpningssystemet ej fungerar.

Scenario	Min	Förväntat	Max
Kö/Ventilationen fungerar	32	44	54
Ej kö/Ventilationen fungerar	16	22	27
Kö/Ventilationen fungerar ej	45	58	76
Ej kö/Ventilationen fungerar ej	23	29	38