

Utsläpp av farligt gods vid vägtransport

- Utvärdering av modell för frekvensberäkning

Fabian Ardin

Mårten Markselius

**Division of Risk Management and Societal Safety
Lund University, Sweden**

**Riskhantering och samhällssäkerhet
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet**

Report 5031, Lund 2016

Utsläpp av farligt gods vid vägtransport
- Utvärdering av modell för frekvensberäkning

Fabian Ardin
Mårten Markselius

Lund 2016

Utsläpp av farligt gods vid vägtransport
- *Utvärdering av metod för frekvensberäkning*

Fabian Ardin
Mårten Markselius

Report 5031

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--5031--SE

Number of pages: 58

Illustrations: Fabian Ardin & Mårten Markselius

Keywords

dangerous goods, hazardous materials, frequency, risk, release, land use planning, fire and rescue service reports, Sweden

Sökord

farligt gods, frekvens, risk, utsläpp, fysisk planering, osäkerheter, insatsrapporter, Sverige

Abstract

A model used in risk based land use planning in Sweden in order to estimate the frequency of road accidents leading to the release of dangerous goods has been evaluated. The evaluation is based on a literature review and a review of fire and rescue service reports. The main conclusion is that single-vehicle accidents have a much greater risk of release of dangerous goods than multiple-vehicle accidents. In contrast to this, multiple-vehicle accidents has a bigger impact on the calculated frequencies in the model. If the model is used in its current form, the consequence is that the risk levels in land use planning is systematically distributed incorrectly between different road types. Roads with a high proportion of single-vehicle accidents and conditions that increase the likelihood of overturns should be considered in particular in land use planning.

© Copyright: Riskhantering och samhällssäkerhet, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2016.

Riskhantering och samhällssäkerhet
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

<http://www.risk.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60
Telefax: 046 - 222 46 12

Division of Risk Management and Societal Safety
Faculty of Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

<http://www.risk.lth.se>

Telephone: +46 46 222 73 60
Fax: +46 46 222 46 12

Förord

Föreliggande arbete har genomförts under höstterminen 2016 och utgör huvudmomentet i kursen *VBR920 – Examensarbete i riskhantering*. Examensarbetet utgör den avslutande delen av brandingenjör- och riskhanteringsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola.

Efter många långa dagar i både med- och motvind med en oräknelig mängd kaffe i V-husets grupprum har detta examensarbete till slut blivit färdigt. Vi vill tacka alla de personer som varit till hjälp under arbetets gång och särskilt skulle vi vilja tacka:

Henrik Hassel, universitetslektor och handledare. För god handledning, goda råd och bra stöd under hela arbetets gång.

Colin McIntyre, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. För all hjälp med insatsrapporter samt goda råd och tips inför arbetet med dessa.

Ida Nyström och Johan Björck, opponenter. För ett engagerat opponeringsarbete med många värdefulla kommentar.

Jonathan Jansson och Oscar Alvarsson. För alla de utvecklande och givande diskussioner vi har haft.

Lund december 2016

Fabian Ardin och Mårten Markselius

Sammanfattning

Under början av 1990-talet utarbetade Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) en metod för att analysera risker kopplade till transporter med farligt gods på väg och järnväg. En avgränsad del av forskningsprojektet var att utarbeta en modell för beräkning av frekvensen för en farligtgoodsolycka under vägtransport. Sedan modellen framarbetades har mycket hänt. Däribland ett omfattande arbete inom trafiksäkerhetsområdet, en förbättring av räddningstjänstens insatsrapportering och flertalet undersökningar och projekt kopplade till området har genomförts. Till följd av detta har föreliggande examensarbete fokuserat på att utvärdera de antaganden, förenklingar och indataparametrar som modellen för frekvensberäkning bygger på.

Modellen uppskattar frekvensen för farligtgoodsolyckor genom att beräkna ett förväntat antal trafikolyckor på en vägsträcka. Dessa antas bestå av singel- och kollisionsoolyckor. Olycksfrekvensen kombineras med sannolikheten för att minst ett av olycksfordonen transporterar farligt gods och sannolikheten för att olyckan medför utsläpp.

Arbetet har inletts med en undersökning som utgår från en litteraturstudie och en insamling och sammanställning av insatsrapporter från händelser med farligt gods under vägtransport i Sverige. Totalt har 63 händelser som medfört utsläpp av det farliga godset för åren 2011-2015 hittats och analyserats. Modellens utformning har sedan utvärderats baserat på det som framkommit i undersökningen. Vidare har det undersökts hur osäkerheter kan integreras och hanteras i modellen, samt hur modellen kan vidareutvecklas. Hur modellens identifierade brister påverkar riskmätt inom fysisk planering har också analyserats och diskuterats.

Den viktigaste slutsatsen är att singelolyckor uppvisar en betydligt större risk för utsläpp av farligt gods än kollisionsoolyckor. I insatsstatistiken över utsläpp av farligt gods på väg utgjorde singelolyckor 24 av 26 konstaterade trafikolyckor. Av dessa 24 singelolyckor kunde vältning konstateras i minst 20 fall. Denna observation överensstämmer även med vad som framkommit i litteraturstudien. Utvärderingen av modellen visar i motsats till detta istället att kollisionsoolyckor är mer betydande för de beräknade frekvenserna. Om modellen används för att uppskatta risknivåer för fysisk planering kommer således vägar med hög andel singelolyckor få en lägre risknivå jämfört med vägar med låg andel singelolyckor.

En annan viktig slutsats är att utsläpp som inte orsakas av trafikolyckor utgör en stor andel av alla utsläpp som sker vid vägtransport. Av de 63 studerade insatsrapporterna kunde minst 32 konstateras ej ha föranletts av en trafikolycka. Denna olyckstyp beaktas inte alls i modellen.

Eftersom modellens presenterade indatavärden är framtagna med låg transparens och är över 20 år gamla är det viktigt att modellen används med så bra information som möjligt. Det finns goda förutsättningar att hantera osäkerheter, till exempel genom en kombination av Bayesiansk uppdatering och Monte Carlo-analys.

Det är även möjligt att anpassa modellen för att bättre beakta den kunskap som finns. Ett lämpligt sätt är att dela upp beräkningen på singel- respektive kollisionsoolyckor och därefter använda olika sannolikheter för utsläpp för olyckstyperna.

Om modellen används i sin nuvarande utformning blir konsekvensen att risknivåer inom fysisk planering systematiskt fördelas felaktigt mellan olika vägtyper. Vägar med hög andel singelolyckor och förutsättningar för vältning kan förväntas uppvisa flest farligtgoodsolyckor och bör därför beaktas särskilt vid fysisk planering.

Summary

During the early 1990s, the Swedish research institute "Statens väg- och transportforskningsinstitut" (VTI), developed a method intended to be used for estimation of the risks associated with transportation of dangerous goods by road and rail. A limited part of the research project was to develop a model for estimating the frequency of accidents leading to the release of dangerous goods during road transport. Since the model was developed, a lot has happened. This includes extensive work in the field of road safety, improvement of fire and rescue service reporting in Sweden and several other studies and projects related to the field has been undertaken. This thesis focuses on evaluating the assumptions, simplifications and input data of the model for frequency calculation.

The model calculates the anticipated number of single-vehicle and multiple-vehicle accidents. Accident rates are then combined with the likelihood that at least one of the involved vehicles is carrying hazardous materials and the likelihood that the dangerous goods is released in the accident.

The project was initiated with a literature review and a review of fire and rescue service reports of accidents with dangerous goods in road transport in Sweden. A total of 63 events that resulted in the release of the dangerous goods during the years 2011-2015 was found and analyzed. The design of the model was then evaluated. Furthermore, it was studied how uncertainties can be integrated in the model and how the model can be further developed. How the identified deficiencies of the model can be expected to affect the risk levels in land use planning has also been analyzed and discussed.

The main conclusion is that single-vehicle accidents have a much greater risk of release of dangerous goods than multiple-vehicle accidents. In the fire and rescue service reports, single-vehicle accidents accounted for 24 of 26 traffic accidents leading to release of the dangerous goods. Overturn had occurred in at least 20 cases of the 24 single-vehicle accidents. This observation is also consistent with the findings in the literature review. In contrast to this, multiple-vehicle accidents has a bigger impact on the calculated frequencies in the model. If the model is used to estimate risk levels in land use planning, roads with a high proportion of single-vehicle accidents instead have a lower risk compared to roads with a low proportion of single-vehicle accidents.

Another important conclusion is that releases of dangerous goods not caused by traffic accidents constitute a large proportion of all releases that occur during road transport. Of the 63 studied fire and rescue service reports, at least 32 cases of release have not been caused directly by a traffic accident. This type of accident is not considered at all in the model.

Since the input values is presented with low transparency and are over 20 years old it is important that the model is used with the best available information. Methods to deal with uncertainties can be applied in the model. An example of such a method is a combination of Bayesian inference and Monte Carlo analysis.

It is also possible to adapt the model to better take into account the available information. A suitable method is to calculate the frequency of single-vehicle accidents and multiple vehicle accidents separately, and then use different probabilities for the release of different accident types.

When the model is used in its current form, the consequence is that the risk levels in land use planning is systematically distributed incorrectly between different road types. Roads with a high proportion of single-vehicle accidents and conditions that increase the likelihood of overturns increase the likelihood of an accident that leads to release of the dangerous goods. Such roads should be considered in particular in land use planning.

Definitioner

Axelparkilometer: Ett mått på trafikarbete.

Farligtgoodsolycka: En trafikolycka med ett fordon avsedd för farligt gods som medför utsläpp av det farliga godset.

Fordon avsett för farligt gods: Fordon med farligtgods-skyltning som kan innehålla farligt gods.

Fordonskilometer: Ett mått på trafikarbete.

Index för farligtgoodsolycka: Ingår som parameter i VTI-modellen. Avser sannolikheten för att en trafikolycka med ett fordon för farligt gods övergår till en farligtgoodsolycka genom utsläpp av det farliga godset.

Länk: Vägsträcka mellan korsningar.

Olyckskvot: Mått som anger förväntat antal trafikolyckor per fordonskilometer eller axelparkilometer. Ingår som parameter i VTI-modellen.

Släntlutning: Lutning hos kanterna på öppna diken.

Trafikarbete: Ett mått på trafikmängd på en väg eller på vägnätet uttryckt i fordonskilometer eller axelparskilometer.

Transportarbete: Mängd transporterat gods gånger transporterad sträcka, mäts i tonkilometer.

VTI-modellen: Modell utvecklad för att beräkna risker med transporter av farligt gods. När VTI-modellen nämns i detta dokument avses den specifika modell som används för att beräkna frekvensen för farligtgoodsolyckor på väg.

Väghållare: Den som har det juridiska ansvaret för en väg. I Sverige finns statliga, kommunala och enskilda vägar.

Årsmedeldygnstrafik: Antal fordon som passerar en viss punkt under ett genomsnittligt dygn.

Akronymer

MSB: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.

IDA: Indikatorer, Data och Analys. MSB:s statistikdatabas.

STRADA: Swedish Traffic Accident Data Acquisition. Ett svenskt informationssystem för data om skador och olyckor inom hela vägtransportssystemet.

VTI: Statens väg- och transportforskningsinstitut.

ÅDT: Årsmedeldygnstrafik.

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	1
1.3	Mål.....	1
1.4	Frågeställningar.....	1
1.5	Avgränsningar.....	2
1.6	Metod.....	2
2	Farligt gods i samhällsplaneringen	5
2.1	Farligt gods	5
2.2	Riskhänsyn i den fysiska planeringen.....	7
3	VTI-modellen.....	9
3.1	Om modellen.....	9
3.2	Användning av modellen	10
3.3	Antaganden, förenklingar och begränsningar	10
3.4	Sannolikhet för utsläpp och utsläppsmängder.....	11
4	Insatsrapporter.....	13
4.1	Räddningstjänsternas rapportering.....	13
4.2	Utdrag från MSB.....	13
4.3	Resultat	14
5	Utvärdering av modellen.....	19
5.1	Känslighetsanalys	20
5.2	Jämförelse av antal inträffade händelser med beräknat antal.....	23
5.3	Sannolikhet för utsläpp vid vägtransport	25
5.4	Utsläppsmängder.....	29
5.5	Olyckskvoter	29
5.6	Andel singelolyckor	33
5.7	Trafikflödets inverkan på olyckskvoter och andel singelolyckor	34
5.8	Andra orsaker till utsläpp vid vägtransport än trafikolyckor	35
5.9	Hur osäkerheter beaktas i VTI-modellen i nuläget	36
5.10	Summering av utvärderingen.....	37
6	Vidareutveckling av modellen	39
6.1	Dela upp parametern index för farligtgoodsolycka.....	39
6.2	Modell som beaktar singelolyckor och kollisionsoolyckor med andra tunga fordon	40
6.3	Beaktande av andra händelser som leder till utsläpp	42

6.4	Hantering av osäkerheter	42
7	Diskussion.....	47
7.1	Modellen	47
7.2	Effekter för fysisk planering	48
7.3	Felkällor	51
7.4	Utveckling av kunskapsläget	52
8	Slutsatser.....	53
	Referenser	55

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter som på grund av sina kemiska och fysikaliska egenskaper kan orsaka skador på liv, hälsa, miljö och egendom i samband med transport. Transporterna bidrar med samhällsnytta eftersom ämnen och produkter vilka klassificeras som farligt gods behövs för en stor mängd aktiviteter, till exempel i tillverkningsprocesser och i egenskap av drivmedel.

Transporter av farligt gods bidrar med risker nära de transportleder där godset transporteras. Att kunna beräkna, uppskatta och värdera dessa risker är väsentligt inom den fysiska planeringen för att kunna skapa en god bebyggd miljö med acceptabla risknivåer.

Under början av 1990-talet utarbetade Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI), genom ett forskningsprojekt, en metod för att analysera risker kopplade till transporter med farligt gods på väg och järnväg. Avsikten med projektet var att skapa en heltäckande metod anpassad efter svenska förhållanden. Projektet finns presenterat i sin helhet i en rapportserie (Lindberg & Morén, 1994; Fredén, 1994a; Nilsson, 1994; Helmersson 1994; Persson & Svarvar, 1994; Fredén, 1994b). Projektet finns också mera kortfattat presenterat och något omarbetat i en handbok utgiven av Räddningsverket (Räddningsverket, 1996).

En avgränsad del av forskningsprojektet var att framarbete en modell för beräkning av frekvensen för en farligtgoodsolycka under vägtransport, d.v.s. hur ofta en olycka som leder till att det farliga godset släpps ut under transport kan förväntas ske för en given väg. Modellen redovisas i Nilsson (1994). Hädanefter benämns denna modell *VTI-modellen*.

I Sverige används ofta den så kallade VTI-modellen för att beräkna frekvensen för farligtgoodsolyckor när en riskanalys genomförs. I ett parallellt examensarbete vid Lunds tekniska högskola har en jämförelsestudie gjorts av riskbedömningar avseende transport på väg. I tolv av femton undersökta riskanalyser används VTI-modellen för att uppskatta frekvensen (Alvarsson & Jansson 2016).

Sedan VTI-modellen framarbetades i början på 1990-talet har mycket hänt. Däribland ett omfattande arbete inom trafiksäkerhetsområdet, en betydande förbättring av räddningstjänstens insatsrapportering och flertalet andra undersökningar och projekt kopplade till området har genomförts. Modellen har också kritiserats av bland annat Vägverket (1999) och Nystedt (2007). På grund av detta finns det anledning att se över modellen och de antaganden, förenklingar och indataparameterar som modellen bygger på. Examensarbetet presenterat i denna rapport redogör för detta arbete.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att öka förståelsen för de frekvenser av farligtgoodsolyckor som VTI-modellen genererar och hur resultaten kan tolkas och användas i fysisk planering.

1.3 Mål

Målet är att utvärdera VTI-modellen och undersöka huruvida framräknade frekvenser och osäkerheter kopplade till modellen överensstämmer med de underlag och de kunskaper som finns idag samt vilket behov av kunskapsutveckling som finns. Vidare undersöks vilken påverkan detta har på fysisk planering. Målet är också att ge förslag på hur VTI-modellen kan förändras för att förbättra framräknade frekvenser.

1.4 Frågeställningar

Utifrån bakgrund, syfte och mål har följande tre frågeställningar kopplade till VTI-modellen formulerats:

1. Vilka behov av uppdatering och/eller förändring av modellen finns?
2. På vilket sätt beaktas osäkerheter i modellen i nuläget och hur kan osäkerheter hanteras och integreras i modellen?
3. Hur påverkar en eventuell uppdatering av modellen, modellens parametrar och osäkerhetshantering framräknade utfall och risker inom fysisk planering?

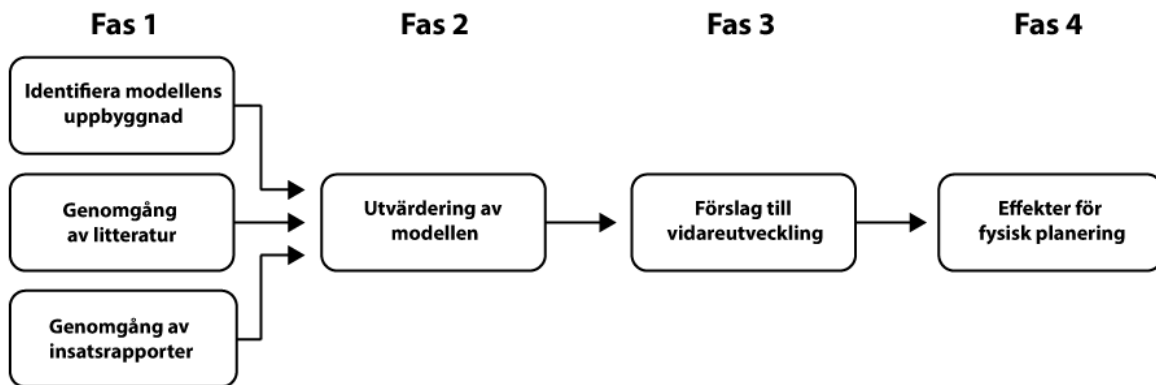
1.5 Avgränsningar

Följande avgränsningar har gjorts i arbetet:

- Enbart risker förknippade med transporter av farligt gods beaktas. Risker som uppkommer av andra aktiviteter, till exempel förvaring och lastning och lossning behandlas inte.
- Endast vägtransporter av farligt gods behandlas.
- Utsläpp från drivmedelstankar på olycksfordon behandlas inte. Anledningen är att utsläppsmängden vid sådana utsläpp kan förväntas vara liten (några hundratals liter som mest) och därmed inte ha någon betydande påverkan för människors säkerhet och hälsa inom den fysiska planeringen.
- Endast frekvensen för olyckor med transporter av farligt gods behandlas, i viss mån behandlas också utsläppsmängden för olika typer av olyckor. Konsekvenser på omgivningen till följd av utsläppen behandlas inte.

1.6 Metod

Arbetet är huvudsakligen indelat i fyra faser. Figur 1.1 nedan åskådliggör arbetsgången uppdelat efter dessa faser.



Figur 1.1. Översiktlig metodbeskrivning.

Fas 1 inleds med att i detalj studera VTI-rapporterna och Räddningsverkets handbok som beskriver VTI-modellen. I denna genomgång identifieras antaganden, förenklingar, begränsningar, avgränsningar samt vilket underlag och vilka data modellen och indataparametrarna är baserade på.

Utöver detta genomförs en litteraturstudie i syfte att förstå kunskapsläget såväl i Sverige som utomlands. Framförallt studeras svenska myndighetsdokument och internationell forskningslitteratur. Praktiskt genomförs detta genom sökningar på webbplatsen LUBsearch med sökord kopplade till transporter av farligt gods, olyckor med tung trafik och osäkerhetshantering.

Därefter studeras räddningstjänsternas insatsrapporter från händelser med farligt gods i Sverige. Insatsrapporterna utgör inte öppen data, utan de har erhållits från MSB på begäran. Syftet med genomgången av insatsrapporterna är dels att få ett aktuellt underlag som också är giltigt för svenska förhållanden och dels att skapa en djupare förståelse för vilka förklarande faktorer som finns bakom olycksförlopp som leder till utsläpp av farligt gods.

I fas 2 utvärderas modellen utifrån den insamlade informationen i fas 1. Detta inleds med att en känslighetsanalys genomförs för att utreda vilken betydelse olika parametrar har för modellens utfall. Utöver detta jämförs insatsstatistiken som insamlats i fas 1 med en översiktlig uppskattning av antal farligtgoodsolyckor i Sverige med hjälp av modellen. Modellens parametrar, förutsättningar och antaganden jämförs sedan med det material som samlats in i fas 1. Därmed besvaras frågeställning 1. Utöver detta analyseras osäkerheterna utefter det som framkommit i fas 1 och hur dessa kan integreras och hanteras vid beräkning av frekvenser i samband med vägtransport av farligt gods undersöks. Därmed besvaras frågeställning 2.

I fas 3 undersöks hur de viktigaste förklarande faktorerna till olyckor med farligt gods kan beaktas vid modellering av frekvenser och alternativa tillvägagångssätt för att modellera frekvenser presenteras.

I fas 4 analyseras utvärderingens resultat och vilka effekter detta kan förväntas ha för risknivåer inom fysisk planering. Detta görs genom att utvärderingens resultat jämförs med VTI-modellen och vilken påverkan detta har på olika riskmått kopplade till farligt gods i anslutning till olika vägar i olika miljöer. Genom detta besvaras frågeställning 3.

2 Farligt gods i samhällsplaneringen

2.1 Farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter vilka på grund av sina kemiska och fysikaliska egenskaper kan orsaka skador på liv, hälsa, miljö eller egendom i samband med transport. Transporter av farligt gods har en viktig roll i samhället eftersom godset har en mängd olika användningsområden. Till exempel används ämnen klassade som farligt gods i industriella processer och som drivmedel. I huvudsak utförs transportererna med tunga lastbilar och kan delas in i styckegods transporter och tankbilstransporter.

Transport av farligt gods på väg och därtill även järnväg regleras av Lag (2006:263) samt Förordning (2006:311) om transport av farligt gods. Bestämmelser och förutsättningar som ska vara uppfyllda vid transport av farligt gods på väg finns i MSB:s föreskrifter ADR-S. Motsvarande regelverk för järnväg heter RID-S.

I ADR-S klassificeras farligt gods in i olika klasser. Klassificeringen grundar sig på ämnets egenskaper och ska klassas enligt den dominerande faran. I Tabell 2.1 nedan redovisas klassificeringen.

Vilka mängder som transporteras är osäkert, men enligt en undersökning för år 2006 utgjorde nära 70 % av den transporterade mängden brandfarliga vätskor (klass 3). I Tabell 2.1 nedan redovisas resultatet från den genomförda undersökningen (Räddningsverket, 2006).

Tabell 2.1. Klassificering av ämnen enligt ADR/ADR-S (MSBFS 2015:1). Uppgifter om andelar i procent återgivna från Räddningsverket (2006).

ADR-klass	Ämne	Andel av transporter
1	Explosiva ämnen och föremål	0,1 %
2.1	Brandfarliga gaser	1,8 %
2.2	Icke brandfarliga, icke giftiga gaser	5,9 %
2.3	Giftiga gaser	0,0 %
3	Brandfarliga vätskor	69,6 %
4.1	Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen och fasta okänsliggjorda explosivämnen	0,3 %
4.2	Självantändande ämnen	0,0 %
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	0,1 %
5.1	Oxiderande ämnen	0,6 %
5.2	Organiska produkter	0,0 %
6.1	Giftiga ämnen	0,1 %
6.2	Smittförande ämnen	0,1 %
7	Radioaktiva ämnen	-
8	Frätande ämnen	12,5 %
9	Övriga farliga ämnen och föremål	8,9 %

Transporterna är ojämnt fördelade i tid och rum. På transportleder avsedda för farligt gods transporteras stora mängder farligt gods. Ofta kan mycket av transportererna ske tätt i tid, till exempel bara dagtid på vardagar. I fall industrier eller anläggningar finns i närheten av ett område kan stora mängder gods gå till och från dessa anläggningar. Ett sådant exempel är en väg som leder till och från

en oljehamn. Riskerna kan därför också förväntas vara ojämnt fördelade i tid och rum och betydligt högre för vissa sträckor än för andra.

Var transporter av farligt gods får ske regleras med hjälp av lokala föreskrifter. För genomfartstrafik hänvisas transporter i första hand till så kallade rekommenderade transportvägar (SKL, 2012). Möjligheterna till en mer utförlig kartläggning av flöden av farligt godstransporter har utretts av Trafikanalys. Slutsatserna avseende kartläggning av vägtransporter var att en grov geografisk kartläggning möjligtvis kan göras om tillräckliga resurser erhålls (Trafikanalys, 2015).

I Tabell 2.2 nedan redovisas godsmängd, transportarbete, trafikarbete och antal transporter av farligt gods i Sverige. Det kan noteras att trenden är nedåtgående. Siffrorna ska dock tolkas med försiktighet och är troligtvis underskattade eftersom utländska åkerier inte inkluderas.

Tabell 2.2. Godsmängder, transportarbete, körda kilometer med last och antal transporter med last för inrikestransporter av farligt gods utförd av svenska åkerier indelat efter år. Källa: MSB (2015a).

År	Godsmängd 1000 ton	Transportarbete miljoner ton-km	Körda kilometer med last 1000 km	Antal transporter med last 1000-tal
1987	15 318	1466	69 697	875
1990	14 975	1599	71 014	780
1993	14 296	1720	70 172	688
1995	14 575	1823	66 162	588
1996	14 163	1723	61 565	585
1997	13 982	1811	65 902	591
1998	15 785	2132	95 844	607
1999	13 574	1932	66 644	499
2000	15 379	2047	84 915	730
2001	14 070	1875	90 579	752
2002	16 482	2317	11 5210	882
2003	12 971	1894	95 521	821
2004	12 470	1592	88 806	762
2005	14 314	1930	94 492	820
2006	14 933	1904	99 010	808
2007	11 535	1588	78 162	634
2008	11 224	1486	75 558	635
2009	10 188	1341	56 638	415
2010	10 390	1585	68 283	431
2011	8 610	1493	69 065	377
2012	9 060	1398	60 440	405
2013	6 824	1119	55 826	321

2.2 Riskhänsyn i den fysiska planeringen

Både plan- och bygglagen (PBL) och miljöbalken ställer krav på att risker för människors hälsa och säkerhet och för miljön ska beaktas vid den fysiska planeringen. I Sverige har kommunerna ansvar för planering av bebyggelsen och däri ingår att ta hänsyn till riskerna kopplade till transporter av farligt gods. I Sverige finns inga nationella riktlinjer för hur risker kopplade till transporter av farligt gods ska hanteras, däremot har flera länsstyrelser gett ut rekommendationer och vägledningar (SKL, 2012).

När bebyggelse planeras nära vägar där transporter av farligt gods förekommer krävs i regel en riskanalys för att avgöra om den planerade bebyggelsen är möjlig eller vilka eventuella åtgärder som behöver vidtas för att risknivån ska bli acceptabel (SKL, 2012). Beroende på hur nära en transportled marken ska bebyggas, hur stort antal transporter som sker och vilka ämnen som transporteras samt vilken typ av bebyggelse som planeras ställs olika krav på riskanalysen. I vissa fall kan enklare riskbedömningar vara tillräckliga, medan det i andra fall kan krävas betydligt mer detaljerade och noggranna analyser där större krav ställs på de beräkningsmodeller som används och att osäkerhetshantering genomförs.

I framtiden kan ställda krav på riskanalyser förväntas öka allt eftersom mark närmare och närmare vägar där farligt gods transporteras tas i anspråk för bebyggelse och städerna förtätas. Nystedt (2007) skriver att den mark som idag finns kvar att exploatera är just den mark som tidigare inte bebyggts med hänsyn till just risker för människors hälsa och säkerhet.

För att kunna värdera risker för transporter av farligt gods används i regel de två riskmåten individrisk och samhällsrisk. Individrisken är ett platsbundet riskmått och anges ofta som sannolikheten att omkomma för en hypotetisk individ som befinner sig på platsen under ett års tid. Individrisken säger inget om hur stor risken är ur ett samhällsperspektiv, vilket samhällsrisk gör. Med riskmättet samhällsrisk beaktas även hur många som påverkas av risken, exempelvis genom att kombinera förväntad konsekvens för ett område med områdets befolkningstäthet (Räddningsverket, 2003).

Om individ- och samhällsrisk ska beräknas krävs att kvantifiering för både sannolikheten/frekvensen för olika olycksscenarier och konsekvensen av dessa kan göras. Det är av vikt att frekvenser och konsekvenser för olika scenarier och vägar kan uppskattas med så god precision som möjligt för att de framräknade måtten på individ- och samhällsrisk ska vara en bra representation av risken. Vidare är det av vikt att osäkerheter hanteras för att riskanalysen ska vara tjänlig som beslutsunderlag i den fysiska planeringen.

3 VTI-modellen

3.1 Om modellen

Under början av 1990-talet utarbetade Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI), genom ett forskningsprojekt, en metod för att analysera risker kopplade till transporter med farligt gods på väg och järnväg. Avsikten med projektet var att skapa en heltäckande analysmodell anpassad efter svenska förhållanden. Projektet redovisades i flera olika delrapporter och innefattar metoder för att beräkna frekvensen för en farligtgodsolycka på både järnväg och väg, konsekvenserna av sådana olyckor samt de samhällsekonomiska kostnaderna. En av dessa delrapporter avhandlar farligtgodsolyckor på väg och i denna presenteras en modell för att beräkna frekvensen för sådana olyckor (Nilsson, 1994).

År 1996 publicerade Räddningsverket en handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods (Räddningsverket, 1996). Det anges att denna handbok är helt baserad på rapportserien utgiven av VTI och att motivet till publikationen var VTI-rapporternas karaktär av forskningsrapporter, något som gör dessa otillgängliga för en praktisk användare. I denna handbok presenteras samma modell tillsammans med en tabell där schablonvärden för vissa av modellens parametrar anges.

Räddningsverket (1996) varnar för att dra allt för långtgående slutsatser baserade på de resultat som erhålls när modellen används och poängterar att det statistiska underlaget är begränsat. När modellen ursprungligen presenterades i VTI-rapport 387:3 (Nilsson, 1994) angavs dock specifikt att frekvensmodellen kan användas för såväl lokala vägmiljöer som på nationell nivå för att jämföra risker kopplade till olika transportslag.

Modellen skattar farligtgodsolyckor per år för en given väg genom att det totala antalet trafikolyckor för vägen multipliceras med två faktorer. En faktor beaktar hur stor andel av trafikflödet som utgörs av fordon avsedda för farligt gods och en faktor beaktar sannolikheten för att ett utsläpp ska ske vid olycka.

Olyckorna antas vara fördelade på singelolyckor respektive kollisionolyckor med två inblandade fordon.

För att uppskatta frekvensen för farligtgodsolyckor på en väg används ekvation 3.1 nedan.

$$\lambda_{FG} = I * O [(Y * X) + (1 - Y)(2X - X^2)] \quad (3.1)$$

λ_{FG}	Frekvens för farligtgodsolycka	[år ⁻¹]
I	Index för farligtgodsolycka (d.v.s. sannolikhet för utsläpp)	[-]
O	Totala antalet trafikolyckor på vägen per år	[år ⁻¹]
Y	Andelen singelolyckor av totala antalet trafikolyckor	[-]
X	Andelen fordon av totala trafikflödet avsedda för farligt gods	[-]

Räddningsverket (1996) anger att det totala antalet trafikolyckor på vägen per år (O) bör användas för den aktuella vägen om tillräckligt mycket data finns tillgänglig. Räddningsverket (1996) anger att det bör vara minst 30 olyckor och helst över 50 olyckor för att detta ska anses vara tillräckligt. Om data saknas eller inte finns i tillräckligt stor utsträckning kan olyckskvoten tas fram genom ekvation 3.2 nedan.

$$O = L * O_k * \text{ÅDT} * 365 * 10^{-6} \quad (3.2)$$

O	Totala antalet trafikolyckor på vägen per år	[-]
L	Vägens längd	[km]
O _k	Olyckskvot	[miljonfordonskm ⁻¹ år ⁻¹]
ÅDT	Årsmedeldygnstrafik på vägen	[dygn ⁻¹]

Faktorn 10^{-6} är inkluderad ovan eftersom olyckskvoterna anges per miljon fordonskilometer. Faktorn 365 är på samma sätt inkluderad på grund av att ÅDT har enheten per dygn. Notera att innebörden av produkten $X \cdot \text{ÅDT}$ är antalet fordon avsedda för farligt gods som färdas på vägen varje dygn.

3.2 Användning av modellen

I en tabell i Räddningsverket (1996) tillhandahålls schablonvärden för olyckskvoter, andelen singelolyckor och index för farligtgoodsolycka indelat utefter miljö (tätort/landsbygd), hastighetsgräns och vägtyp. Denna tabell benämns ”beräkningsmatris” i Räddningsverket (1996) och benämns därför fortsättningsvis även så i denna rapport.

Värden för X och ÅDT måste inhämtas från externa källor. Värden för ÅDT kan exempelvis inhämtas från databaserna Vägtrafikflödeskartan¹ eller Nationell vägdatabas². Denna information finns också ofta att tillgå uppdelat efter total trafik och tung trafik.

Underlag för att bestämma andelen fordon av det totala trafikflödet avsedda för farligt gods (X) är emellertid bristfälligt. Den senaste genomförda undersökningen över flöden av farligt gods på väg genomfördes under 2006. Denna kartläggning genomfördes som en enkätundersökning till aktörer som transporterade farligt gods under september månad och baserades bland annat på transporterad mängd, avsändare, mottagare och transportväg (Räddningsverket, 2006). Kartläggningen är geografiskt sett grovt indelad och innehåller endast information om transporterat antal ton varför den inte enkelt går att använda för att skatta X. Parametern kan istället till exempel uppskattas genom att inhämta data om andelen tung trafik och göra antagande om hur stor andel av den tunga trafiken som transporterar farligt gods. Lokala variationer kan dock vara påtagliga och det är svårt att ge generella rekommendationer.

3.3 Antaganden, förenklingar och begränsningar

Modellen för att beräkna frekvensen av farligtgoodsolyckor på väg är en enkel modell där en farligtgoodsolycka förutsätts vara en vanlig trafikolycka där ett eller två av olycksfordonen är avsedda för farligt gods. Modellen kan konstateras bygga på följande antaganden och begränsningar:

- Trafikolycksrisken för farligt gods-transporter är likvärdig med övrig trafik.
- Kollisionsolyckor med fler än två fordon bortses från.
- Modellen begränsar sig till att enbart skatta frekvensen för trafikolyckor. Frekvensen för händelser som definitionsmässigt inte utgörs av trafikolyckor inkluderas således inte.

3.3.1 Trafikolycksrisken för farligt gods-transporter är likvärdig övrig trafik

Modellen bygger på antagandet att trafikolycksrisken för fordon vilka transporterar farligt gods är likvärdig trafikolycksrisken för lastbilar, vilken i sin tur är likvärdig trafikolycksrisken för vägtrafik i allmänhet. Ett allmänt problem med att värdera detta antagande är att största delen av forskning och arbete kring trafiksäkerhet och trafikolyckor är inriktat på personsäkerhet, det vill säga att rädda människoliv och inte nödvändigtvis begränsa antalet olyckor.

¹ <http://vtf.trafikverket.se>

² <https://nvdb2012.trafikverket.se>

Antagandet är givetvis en förenkling. För att verifiera antagandet i Nilsson (1994) beräknas fordonsolycksrisker för lastbilar uppdelat på singelolyckor och kollisionsoolyckor. Beräkningarna görs baserat på statistik för åren 1988-1990. Nilsson (1994) konstaterar att en jämförelse med trafikolycksrisker för personbilar ger vid handen att det inte finns något som talar för att tunga lastbilar är mer olycksdrabbade än personbilar i vägtrafiksystemet som helhet, men någon motivering presenteras inte.

I Räddningsverket (1996) anges att i de fall tillräckligt med underlag finns avseende trafikarbete för tung trafik och olyckor för tung trafik kan detta användas för att beräkna antalet olyckor på vägdelen. I allmänhet kan dock sådant underlag ofta vara svårt att finna, varför antagandet om att trafikolycksrisker och trafikarbete för vägtrafik i allmänhet kan användas medför att data blir betydligt mer lättillgänglig.

3.3.2 Singelolyckor och kollisionsoolyckor

Trafikolyckorna antas bestå av singelolyckor och kollisionsoolyckor mellan två fordon. Den del av ekvation (3.1) redovisad i ekvation (3.3) nedan ger sannolikheten för singelolycka med ett fordon avsett för farligt gods givet trafikolycka:

$$(Y * X) \quad (3.3)$$

På motsvarande sätt ger ekvation (3.4) nedan sannolikheten för kollisionsoolycka mellan två fordon, där antingen det ena fordonet eller båda fordonen är avsedda för farligt gods givet trafikolycka:

$$(1 - Y)(2X - X^2) \quad (3.4)$$

Observera att kollisionsoolyckor med fler än två fordon inte beaktas i modellen mer än att de ingår som olyckor i olyckskvoten.

3.4 Sannolikhet för utsläpp och utsläppsmängder

I VTI-modellen delas sannolikhet för utsläpp och utsläppsmängd upp i två separata beräkningsdelar. Index för farligtgoodsolycka betecknar, som tidigare nämnts, sannolikheten att en trafikolycka ska leda till utsläpp. Nilsson (1994) konstaterar att ungefär 120 olyckor med fordon avsedda för farligt gods bör ske varje år. Kombinerat med information från Statens Räddningsverk att år 1990 skedde 20 olyckor som ledde till utsläpp bestämdes parametern till 1/6. I Räddningsverket (1996) justeras parametern om med hänvisning till att högre hastighet (eller rörelseenergi) ökar index. Omjusteringen sker baserat på antagandet att 1/6 är representativt för 70 km/h på landsväg och att parametern är proportionell mot rörelseenergin med hänsyn tagen till vägens miljö (Räddningsverket, 1996). Vad som avses med vägens miljö framgår dock ej.

Efter att frekvenser för olyckor har bestämts multipliceras de med fördelningar för utsläppsmängder. Detta ger frekvenser för utsläppsmängder till följd av farligtgoodsolyckor. I Räddningsverket (1996) fördelas utsläppsmängderna som litet, medel och stort utsläpp. Räddningsverkets fördelning av utsläppsmängder för tankbilar redovisas i Tabell 3.1 nedan. Definitionen av litet, medel respektive stort utsläpp redovisas också för några olika ämnen. Utsläppsmängderna skiljer sig mellan de enskilda ämnena men generellt antas ett stort utsläpp vara mellan 19-38 m³, medel 3-4 m³, och litet ungefär 0,5 m³. För detaljerad redovisning se Räddningsverket (1996).

Tabell 3.1. Sannolikhet för utsläppsmängder för olika typer av tankar och tankbilar. Återgiven från Räddningsverket (1996).

Typ av tank	Typ av tankbil	Utsläppsmängd		
		Liten	Medel	Stor
Tjockväggig	Utan släp	0,625	0,208	0,167
Tunnväggig	Med släp	0,25	0,25	0,50
Tunnväggig	Utan släp	0,50	0,25	0,25

4 Insatsrapporter

Vid litteraturgenomgången har främst litteratur och källor från 1990-talet och tidigt 2000-tal påträffats. För att få ett mer aktuellt underlag som också är giltigt för svenska förhållanden har därför insatsrapporter från räddningstjänsterna i Sverige inhämtats från inträffade händelser och olyckor med farligt gods under vägtransport. Insatsrapporterna utgör inte öppen data, utan de har erhållits från MSB på begäran. I detta kapitel redovisas den sammanställning som gjorts av insatsrapporterna.

4.1 Räddningstjänsternas rapportering

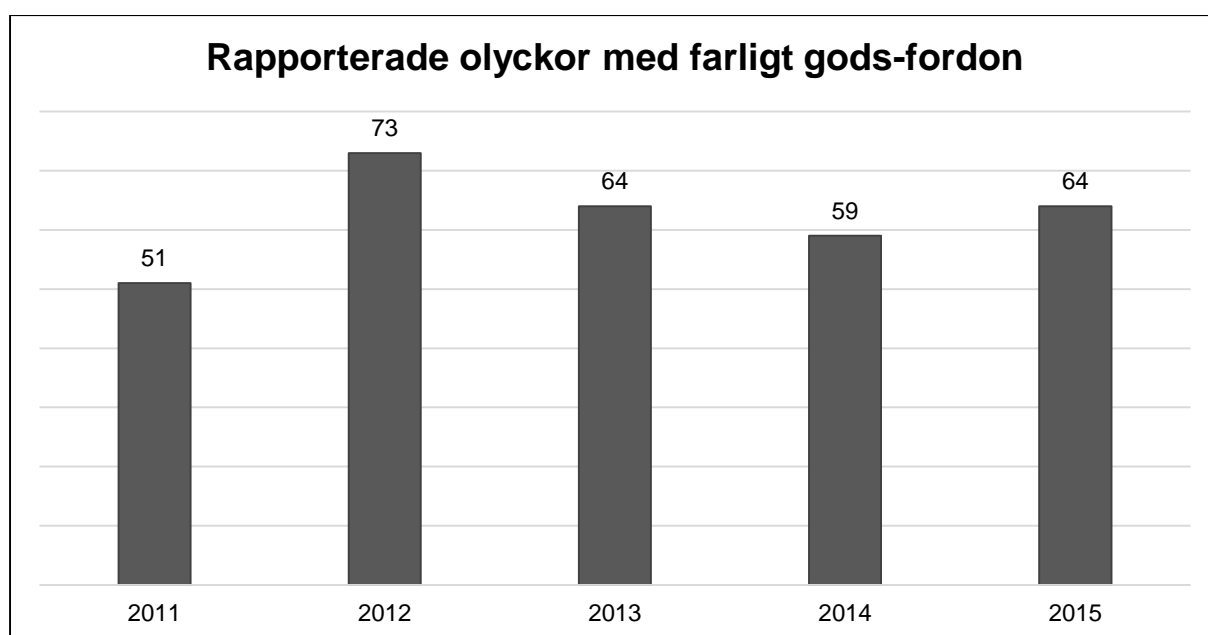
Enligt Lag (2003:778) om skydd mot olyckor är räddningstjänsterna skyldiga att dokumentera räddningsinsatser i en insatsrapport. För varje räddningsinsats upprättar räddningstjänsten en insatsrapport. Insatsrapporten består av tio sidor varav fyra sidor utgör rapportens huvuddel där grundläggande uppgifter om händelsen efterfrågas. Exempel på sådant som ska rapporteras i denna del är information om insatstyp, händelsetyp, skadeplats/objekt, tidpunkter med mera. De övriga sex sidorna utgörs av tilläggsblad som ska fyllas i för vissa typer av olyckor (MSB, 2015b).

MSB samlar in och sammanställer insatsrapporterna från kommunala räddningsinsatser. Dagens insatsrapport och insamlingen av insatsrapporter startade 1996, en revidering av insatsrapporten gjordes 2005 och 2011 utfördes ett omfattande kvalitetsarbete i registret över insatsrapporter. Under 2016 ska en ny mall för insatsrapportering införas (MSB, 2014a).

Flertalet kategorier avseende händelsetyp finns i rapporteringsunderlaget, däribland trafikolycka och utsläpp av farligt ämne. Det är möjligt att fylla i flera händelser, vilket innebär att en trafikolycka med utsläpp av farligt gods kan rapporteras som både en trafikolycka och som utsläpp av farligt ämne eller enbart en utav dessa.

4.2 Utdrag från MSB

En sammanställning av rapporterade händelser för olyckor med vägfordon skyltade med farligt gods har inhämtats från MSB. Sammanställningen gjordes efter önskemål av författarna om totalt antal inrapporterade olyckor där minst ett fordon var avsett för farligt gods. Fördelningen för händelserna under åren 2011-2015 redovisas i Figur 4.1 nedan. Observera att dessa olyckor inte nödvändigtvis har medfört utsläpp av det farliga godset.



Figur 4.1. Rapporterade antal olyckor med vägfordon skyltade för farlig gods 2011-2015. Utdrag från MSB.

För att möjliggöra en mer detaljerad analys av olyckstyper och orsaker har en sammanställning av samtliga insatsrapporter för 2011-2015 där utsläpp av det farliga godset skett under vägtransport begärts ut från MSB. För att begränsa antal rapporter har MSB sorterat bort händelser som inte lett till utsläpp. Av de totalt 311 insatsrapporterna för 2011-2015 erhöles totalt 107 insatsrapporter. Den information som inkluderades var bland annat utsläppt mängd och fritextsvar för olycksorsaker och olycksförlopp. Insatsrapporterna har även maskerats av MSB för att inte enskilda individer och företag ska kunna identifieras.

För att enbart ta hänsyn till händelser som är relevanta för farligtgoodsolyckor kopplade till själva transporten på väg har vidare sortering gjorts av insatsrapporterna. I ett fåtal av insatsrapporterna som erhöles från MSB har händelsen uppenbarligen inte lett till utsläpp. Dessa har därför sorterats bort. Insatsrapporter från händelser där farligtgoodsolyckor skett på olika typer av anläggningar (t.ex. hamnar och industrier), uppställningsplatser med mera har sorterats bort. Även olyckor som skett under lastning/lossning och liknande som inte sorterats bort av MSB har sorterats bort.

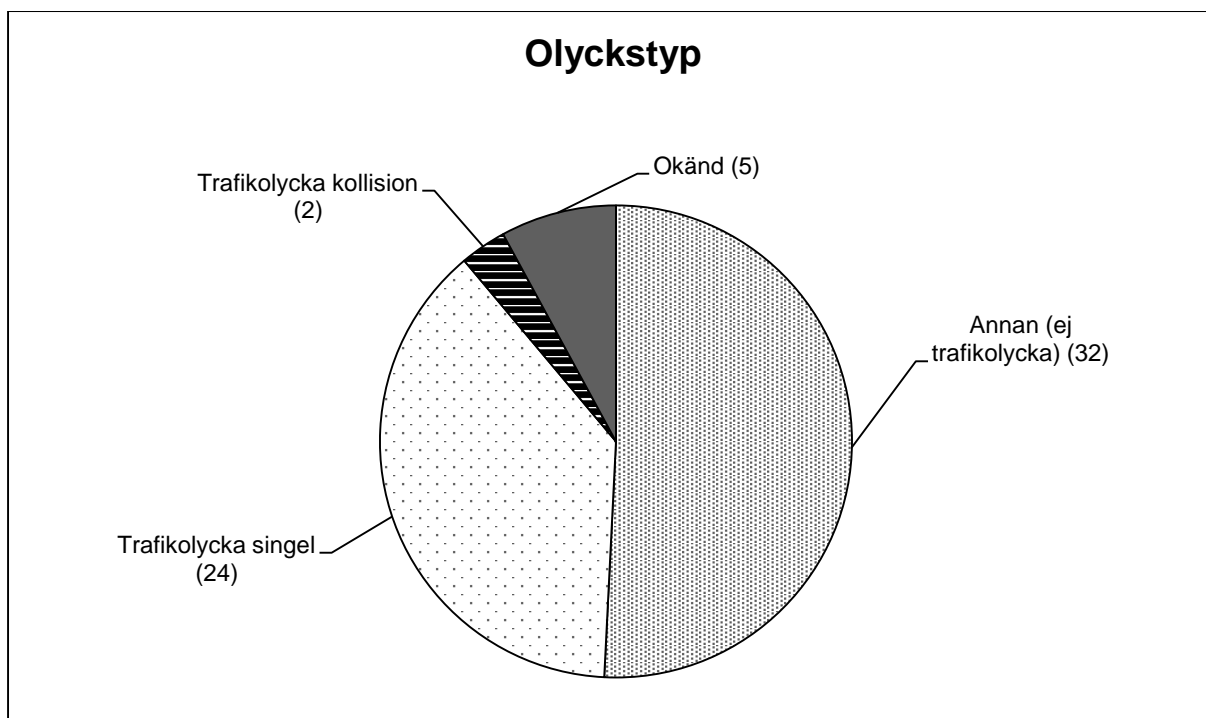
Enbart de olyckor som inträffat under vägtransport eller då det inte har gått att avgöra utifrån insatsrapportern i vilken miljö olyckan har skett har behållits. Denna sortering baseras på fritextinformationen och tolkning har behövts göras. Totalt hittades 63 händelser varav det i 45 fall går att utläsa att utsläppet har skett på eller intill väg och det i 18 fall inte har gått att avgöra, vilket bidrar till osäkerheter i statistiken. Dessa 18 händelser består av 5 stycken ”okänd”, 12 stycken ”annan” och en singelolycka.

Vidare har olyckorna sorterats i tre huvudkategorier av olyckstyper: singelolycka, kollisionolycka och annan händelse ej orsakad av trafikolycka. För kategorin annan (ej trafikolycka) har händelserna sorterats efter orsak, dessa orsaker har varit fel på utrustning, felaktig lastning (styckegods) samt felaktig lastning (tankbil). I de fall det inte gått att avgöra har orsaken kategoriserats som okänt. För olyckstyperna singel- och kollisionolycka har kategorisering gjorts avseende huruvida vältning av fordonet inträffat eller ej. När för lite information kunnat utläsas har i varje fall klassificeringen ökänt gjorts.

I Bilaga A redovisas datum och kategorisering för de 63 händelser som hittats. Det ska poängteras att all sortering har gjorts baserat på fritextsvar av mycket skiftande karaktär vilket medför osäkerheter.

4.3 Resultat

Av de totala 63 funna händelserna kategoriserades 32 som annan (ej trafikolycka), 24 som trafikolycka singel och 2 som trafikolycka kollision. 5 av de totalt 63 händelser har inte kunnat kategoriseras som trafikolyckor eller annan (ej trafikolycka) på grund av för lite tillgänglig information i insatsrapporten. Dessa har kategoriserats som okänd. Fördelningen redovisas i Figur 4.2 nedan.



Figur 4.2. Olyckstyper enligt kategorisering som gjorts efter fritextsvaren av räddningstjänsternas insatsrapporter. Siffrorna avser antal.

Av de 24 singelolyckorna som har lett till utsläpp har olycksfordonen vält i 20 av fallen, och i de återstående fyra är huruvida vältning skett eller inte oklart i rapporteringen. I övriga olyckstyper har det inte kunnat utläsas att vältning förekommit i något fall. I de fall läckageområde beskrivs är manluckor³ dominerande. I de flesta fall är orsaken bakom singelolyckan okänd, men i ett fåtal fall beskrivs halt väglag, trötthet eller sjukdom som orsak.

Orsaker till trafikolyckor har i de flesta fall varit svåra att bedöma utifrån fritextsvaren, med anledning av detta görs ingen sammanställning av dessa orsaker.

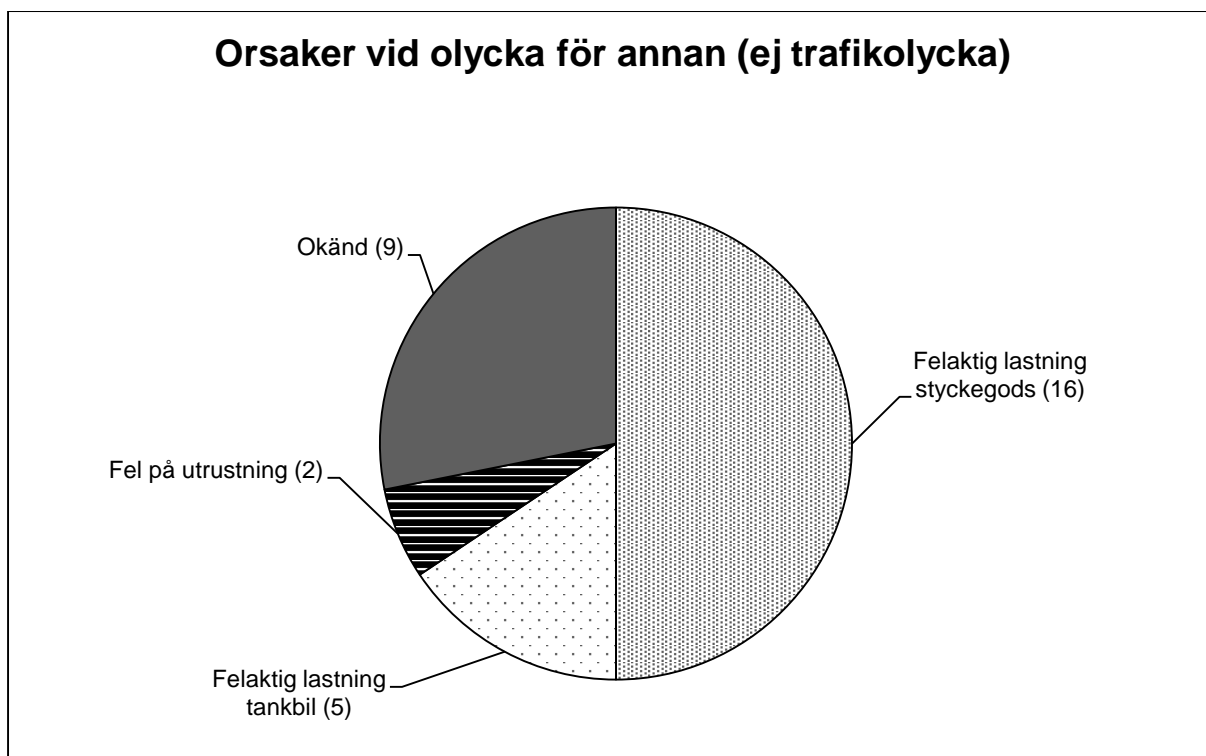
I Tabell 4.1 nedan redovisas antal olyckor som klassificerats som singelolycka, kollisionsolycka samt okänd indelat efter år.

Tabell 4.1. Antal händelser som klassificerats som singelolyckor, kollisionsolyckor eller okänd indelat efter år.

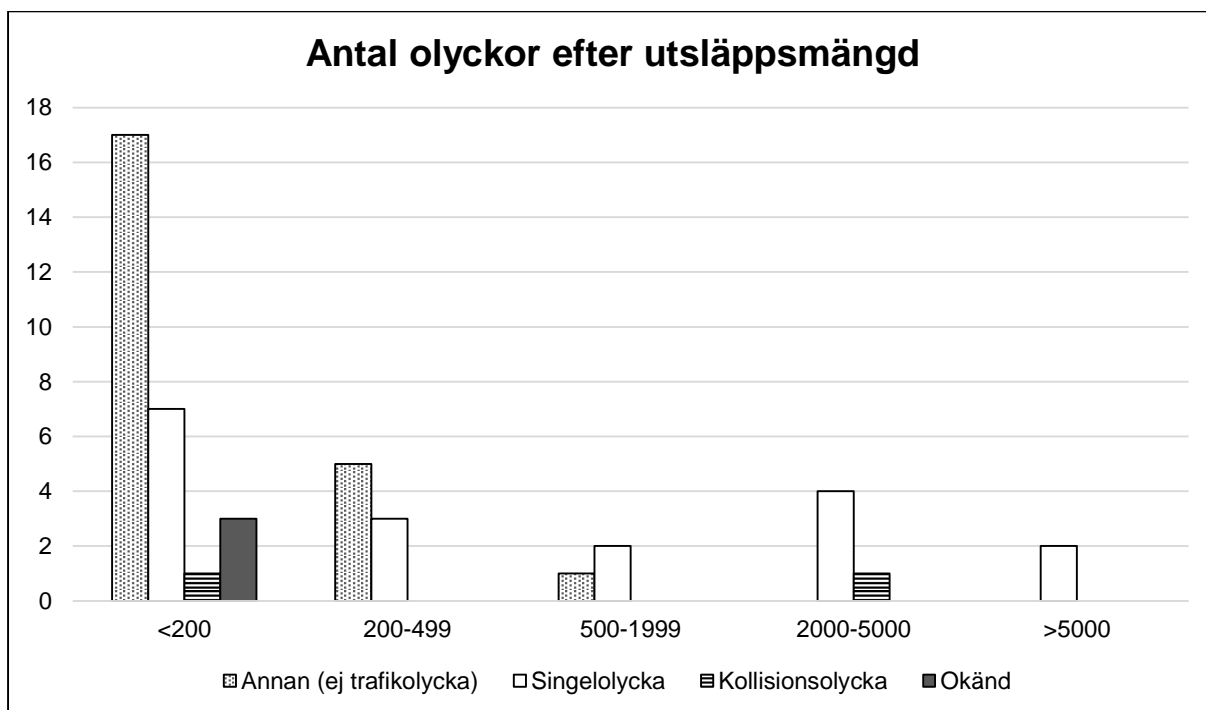
År	Singelolyckor	Kollisionsolyckor	Okänd
2011	4	0	0
2012	4	0	1
2013	8	0	1
2014	3	2	0
2015	5	0	3

Orsaken bakom olyckor som kategoriserats som annan (ej trafikolycka) har kategoriserats som felaktig lastning styckegods, felaktig lastning tankbil, felaktig utrustning eller okänd. Fördelningen för dessa presenteras i Figur 4.3 nedan.

³ Lucka på tank genom vilken en person kan komma in och inspektera, reparera etc.



Figur 4.3. Olycksorsaker för kategorin annan (ej trafikolycka) enligt kategorisering som gjorts efter fritextsvaren av räddningstjänsternas insatsrapporter. Siffrorna avser antal.



Figur 4.4. Antal olyckor sorterade efter typ och den utsläppsmängd som räddningstjänsten angett i insatsrapporteringen. Utsläppsmängd anges i liter eller i kg, beroende på vad som angetts i insatsrapporteringen. De 17 händelser där utsläppsmängden inte har angivits eller har angivits som okänd i insatsrapporten har exkluderats.

Av olyckor som har kategoriserats som annan (ej trafikolycka) har orsaken i ungefär två tredjedelar av händelserna kategoriserats som felaktig lastning. När olyckan kategoriserats som felaktig lastning styckegods har orsaken ofta varit att lasten är dåligt säkrad eller att styckegods fallit av lastbil.

Exempel på felaktig lastning tankbil kan innebära att en ventil glömts öppen eller att manluckan inte stängts ordentligt.

Utsläppsmängder som har inkluderats i insatsrapporterna innehåller förmodligen stora osäkerheter eftersom bedömningen görs av räddningstjänsten på plats, ibland en tid efter själva olyckan. I många fall har utsläppsmängden varit okänd eller redovisats på ett oklart sätt. Dessa fall har inte inkluderats i sammanställningen i Figur 4.4 ovan. Utöver detta kan utsläppsmängderna rapporteras i både vikts- och volymenheter. Eftersom utsläppsmängderna är osäkra, och sammanställningen ovan endast är tänkt att ge en indikation på utsläppens storlekar har rapporterade mängder i liter och kilo sammanställts tillsammans.

5 Utvärdering av modellen

I utvärderingen av modellen som presenteras i detta kapitel görs en analys av de grundantaganden och indataparametrar som modellen bygger på tillsammans med resonemang om orsaker och övriga omständigheter kring farligtgoodsolyckor.

Utvärdering bygger på den sammanställning av insatsstatistik som presenteras i kapitel 4 och den litteraturstudie som genomförts. Utvärderingen går till stor del ut på att hitta förklarande faktorer som bidrar till sannolikheten för utsläpp och jämföra det med känslighetsanalysen av modellen.

Som redovisas i kapitel 3 bygger modellen på ett flertal olika parametrar som hanteras var för sig. Eftersom problemet med att uppskatta förekomsten av farligtgoodsolyckor är komplext, och flera av parametrarna som modellen bygger på är beroende av varandra eller tätt kopplade till varandra behöver problemet ses som en helhet. Innehållet presenteras uppdelat i avsnitt som behandlar olika aspekter till så stor del som möjligt, men det är viktigt att komma ihåg att delarna samspelar. Delarna kan därför gå in i varandra och kapitlet är avsett att läsas i sin helhet.

Nedan ges en kort presentation av innehållet i detta kapitel:

Avsnitt 5.1 Känslighetsanalys: För att skapa en förståelse för hur betydelsefulla de olika parametrarna är för utfallet genomförs en känslighetsanalys av modellens beräkningsuttryck.

Avsnitt 5.2 Jämförelse av antal inträffade händelser med beräknat antal: I detta avsnitt redovisas ett försök att jämföra det observerade antalet händelser enligt genomgången av insatsrapporterna med antalet farligtgoodsolyckor som modellen predicerar.

Avsnitt 5.3 Sannolikhet för utsläpp vid vägtransport: Sannolikheten för utsläpp av farligt gods avhandlas här. Eftersom denna sannolikhet modelleras genom parametern index för farligtgoodsolycka (I) i VTI-modellen återfinns även utvärderingen kopplad till denna parameter i detta avsnitt.

Avsnitt 5.4 Utsläppsmängder: Här behandlas VTI-modellens uppskattade utsläppsmängder för farligtgoodsolyckor vilket jämförs med vad som framkommit i litteraturstudien.

Avsnitt 5.5 Olyckskvoter: I detta avsnitt behandlas en utvärdering av VTI-modellens olyckskvoter.

Avsnitt 5.6 Andel singelolyckor: Här utvärderas parametern andel singelolyckor (Y).

Avsnitt 5.7 Trafikflödets inverkan på olyckskvoter och andel singelolyckor: I detta avsnitt behandlas trafikflödets inverkan på olyckskvoten och olyckstyps-fördelningen.

Avsnitt 5.8 Andra orsaker till utsläpp vid vägtransport än trafikolyckor: I detta avsnitt behandlas orsaker utöver trafikolyckor som kan ge upphov till utsläpp.

Avsnitt 5.9 Hur osäkerheter beaktas i VTI-modellen i nuläget: Här utvärderas hur osäkerheter hanteras i modellen.

Avsnitt 5.10 Summering av utvärderingen: Detta avsnitt avslutar utvärderingen genom att summera de viktigaste resultaten.

5.1 Känslighetsanalys

I ett tidigare examensarbete vid Lunds Tekniska Högskola av Ingvarson och Roos (2003) redovisas en enklare känslighets- och osäkerhetsanalys av modellen som gjorts med hjälp av Monte Carlo-simuleringar. Genom att variera parametrarna X (andel fordon avsedda för farligt gods), Y (andel singelolyckor), I (index för farligtgoodsolycka) samt O (antal olyckor) inom olika intervall har modellens känslighet för förändringar i dessa parametrar tagits fram. Känslighetsanalysen är gjord för modellen generellt, och inte uppdelad efter olika vägtyper. För parametrarna Y och I ansattes fördelningar som representerade nästan hela intervallet som presenteras i Räddningsverket (1996). Valda fördelningar för X och O motiveras ej utöver att Ingvarson och Roos ansåg att dessa vara rimliga. Ingvarson och Roos (2003) kommer i sin analys fram till att andel fordon avsedda för farligt gods (X) var den i särklass mest betydande parametern för utfallet.

I föreliggande examensarbete ska modellen analyseras med utgångspunkten att denna ska gå att applicera i enskilda analyser och för specifika vägar, och värden för parametrar som rekommenderas i Räddningsverket (1996) är skilda för olika vägtyper. Metoden som Ingvarson och Roos (2003) använder bidrar därför endast till att förstå modellens uppskattade frekvenser på en makronivå. Följden blir att känslighetsanalysen som beskrivs ovan inte kan överföras till enskilda fall och specifika vägar. På grund av detta kan inte några långtgående slutsatser av denna känslighetsanalys göras.

Istället för att göra enskilda känslighetsanalyser för varje vägtyp görs i detta kapitel en analys av ekvation 3.1 och 3.2. Därmed kan ekvationens känslighet för de ingående parametrarna analyseras utan att schablonvärden för olika vägtyper blandas.

Genom att betrakta modellens beräkningsuttryck kan det direkt konstateras att parametrarna I och O_k (olyckskvoten) har en linjär påverkan på utfallet, vilket innebär att en procentuell förändring i dessa parametrar medför en lika stor procentuell förändring för den beräknade frekvensen.

Genom att förenkla beräkningsuttrycket något blir det lättare att dra slutsatser om hur de andra parametrarna påverkar utfallet. Denna förenkling redogörs för nedan.

Det kan konstateras att den del av modellens beräkningsuttryck som återges i ekvation 5.1 nedan ger den totala sannolikheten för att åtminstone ett av olycksfordonen transporterar farligt gods.

$$(Y * X) + (1 - Y)(2X - X^2) \quad (5.1)$$

Ekvation 5.1 kan enbart variera mellan 0 och 1 till följd av att X och Y är andelar och därmed enbart kan anta värden mellan 0 och 1. Notera dock att X normalt sett är litet vilket leder till att hela uttrycket också blir litet.

Genom att utelämna X^2 -termen i ekvation 3.1 kan modellens beräkningsuttryck förenklas. Eftersom parametern X i de allra flesta fall kommer vara ett litet tal kommer X^2 att vara ett ännu mindre tal, vilket medför att felet av att göra denna förändring kommer bli litet. Vidare är X^2 en negativ term i beräkningsuttrycket, vilket medför att utelämnande av termen alltid är konservativt och alltid leder till en något högre beräknad frekvens. Även Räddningsverket (1996) påpekar att X^2 -termen kan försummas om X är litet.

Om X^2 -termen utelämnas kan ekvation 3.1 och ekvation 3.2 kombineras och skrivs enligt ekvation 5.2.

$$\lambda_{FG} = I * L * O_k * \text{ÅDT} * 365 * 10^{-6} [(Y * X) + (1 - Y)2X] \quad (5.2)$$

Vidare kan det noteras att följande uttryck kan ansättas för parametern X :

$$X = \frac{\dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{TOT}} \quad (5.3)$$

Där $\dot{A}DT_{FG}$ betecknar årsmedeldygnstrafik av fordon som transporterar farligt gods på vägen och $\dot{A}DT_{TOT}$ betecknas total årsmedeldygnstrafik (d.v.s. det som hittills har benämnts $\dot{A}DT$) på vägen.

Genom att sätta in ekvation 5.3 i ekvation 5.2 och förenkla erhålls ekvation 5.4.

$$\lambda_{FG} = I * L * O_k * \dot{A}DT_{FG} * 365 * 10^{-6} * (2 - Y) \quad (5.4)$$

Fördelarna med att omarbete modellen till ekvation 5.4 är dels att ett mer lättöverskådligt och lättarbetat uttryck erhålles och dels att det blir uppenbart för användaren att modellen är enkel till sin natur. Det blir dessutom betydligt enklare att dra slutsatser kring hur de enskilda parametrarna påverkar beräkningsresultatet, vilket utnyttjas i detta avsnitt.

Skillnaden som uppstår av att göra denna förenkling kan kvantifieras genom att beräkna kvoten för det förenklade uttrycket genom originaluttrycket. Genom att dividera ekvation 5.2 med ekvation 3.1 kombinerat med ekvation 3.2 erhålles ekvation 5.5, vilken anger hur många gånger större beräknad frekvens blir då X^2 -termen förkortas bort:

$$\frac{2 - y}{2 - x - y + xy} \quad (5.5)$$

I Tabell 5.1 nedan anges felets storlek för några olika kombinationer av X och Y. Det ska noteras att för små X, vilket oftast är aktuellt när modellen används, blir felet litet - i storleksordningen några få procent. Det ska också noteras att den förenklade modellen alltid ger en större beräknad frekvens varför det alltid är konservativt att använda det förenklade uttrycket istället.

Tabell 5.1. Storleken på felet som uppkommer av att förenkla ekvationen genom att försumma X^2 -termen vid några utvalda kombinationer av X och Y.

		Y					
		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
X	0,01	1,005	1,004	1,004	1,003	1,002	1,000
	0,05	1,026	1,023	1,019	1,014	1,008	1,000
	0,1	1,053	1,047	1,039	1,029	1,017	1,000
	0,25	1,143	1,125	1,103	1,077	1,043	1,000
	0,5	1,333	1,286	1,231	1,167	1,091	1,000
	1	2,000	1,800	1,600	1,400	1,200	1,000

Eftersom Räddningsverket (1996) anger schablonvärden för I, Y och O_k i en beräkningsmatris är det parametrarna X och $\dot{A}DT$ som styr utfallet för en enskild väg om dessa schablonvärden används. Dessa parametrar är dock inte oberoende. Till exempel skulle en ökning av årsmedeldygnstrafiken med fordon som inte transporterar farligt gods medföra en minskning av andelen fordon som transporterar farligt gods (X). Det kan därför underlätta användandet av modellen att substituera parametern X enligt ekvation 5.3.

Genom att ersätta X enligt ekvation 5.3 förkortas $\dot{A}DT_{TOT}$ bort från beräkningsuttrycket. Detta överensstämmer med vad som logiskt kan förväntas: det är antal fordon som transporterar farligt gods som är betydelsefullt, inte det totala trafikflödet. Detta leder även till att parametern $\dot{A}DT_{FG}$ har en linjär påverkan på utfallet, d.v.s. en procentuell förändring av denna parameter kommer motsvara en lika stor procentuell förändring för beräknad frekvens.

Genom att betrakta ekvation 5.4 kan det också konstateras att storleken på Y påverkar beräknad frekvens med som mest en faktor två. Störst blir frekvensen då Y är noll och minst då Y är ett. Detta innebär att vägar med en hög andel kollisionsolyckor får en högre frekvens av farligtgodsolyckor medan vägar med en hög andel singelolyckor får en lägre frekvens farligtgodsolyckor vid i övrigt samma förutsättningar.

Känslighetsanalysen kan sammanfattas indelat efter respektive parameter enligt följande:

I: Påverkar beräknad frekvens linjärt.

O_k: Påverkar beräknad frekvens linjärt.

Y: Påverkar beräknad frekvens med som mest en faktor två. En ökning av Y minskar beräknad frekvens och vice versa.

X och ÅDT: Dessa parametrar är inte nödvändigtvis oberoende av varandra (se ekvation 5.3). Används den förenklade versionen av modellen (ekvation 5.4) ersätts X och ÅDT med ÅDT_{FG} (antal fordon avsedda för farligt gods per dygn). ÅDT_{FG} påverkar beräknad frekvens linjärt i den förenklade versionen av modellen.

5.2 Jämförelse av antal inträffade händelser med beräknat antal

Genom att samla in trafikarbete per år samt data avseende hur stor andel av trafikarbetet som utgörs av transporter av farligt gods kan förväntat antal farligtgodsolyckor årligen beräknas med VTI-modellen. Därefter kan VTI-modellens beräknade utfall jämföras med antalet rapporterade farligtgodsolyckor per år.

Data för trafikarbetet avseende vägar med statlig väghållare för år 2012 indelat efter hastighetsgräns finns i Trafikverket (2013) och presenteras i Tabell 5.2 nedan. Data för vägar med kommunal väghållare har inte hittats. I tabell 5.2 nedan presenteras också värden för olyckskvoter, andel singelolyckor och index för farligtgodsolyckor enligt beräkningsmatrisen i Räddningsverket (1996). Beräknat antal olyckor enligt ekvation 3.2 redovisas också.

Tabell 5.2. Olyckskvoter, andel singelolyckor och index för farligtgodsolyckor indelat efter hastighetsgräns. (Räddningsverket, 1996). Trafikarbete från Trafikverket (2013). Antal trafikolyckor har beräknats genom att multiplicera trafikarbete med olyckskvot för respektive hastighetsgräns.

Hastighetsgräns (km/h)	Trafikarbete ^a	Olyckskvot	Beräknat antal olyckor (O)	Andel singelolyckor (Y)	Index för farligtgodsolyckor (I)
30	109	1,50	163,5	0,05	0,01
40	92	1,35 ^b	124,2	0,1 ^b	0,02 ^b
50	3 876	1,20	4651,2	0,15	0,03
60	641	0,975 ^b	624,975	0,225 ^b	0,0825 ^b
70	13 807	0,75	10355,25	0,3	0,135
80	6 660	0,575 ^b	3829,5	0,375 ^b	0,2075 ^b
90	12 325	0,40	4930	0,45	0,28
100	6 100	0,34 ^b	2074	0,5 ^b	0,34 ^b
110	10 903	0,28	3052,84	0,55	0,40
120	2000	0,28 ^b	560	0,55 ^b	0,40 ^b

a. Anges i miljoner fordonskilometer och avser år 2012. Data är hämtad från Trafikverket (2013).

b. För de hastighetsgränser där värden för parametrar inte finns angivna i Räddningsverket (1996) har medelvärde av värden för hastighetsgränsen över och under istället använts. För 120 km/h har värden från 110 km/h använts.

Det totala trafikarbetet i Sverige år 2012 uppskattades till 77 274 miljoner fordonskilometer (Trafikanalys, 2016). Det totala trafikarbetet för transporter av farligt gods uppskattades för år 2012 till 60,44 miljoner fordonskilometer (MSB, 2015a). Detta skulle innebära att ungefär 1 ‰ av det totala trafikarbetet utgjordes av transporter av farligt gods. Även Nilsson (1994) uppskattade det totala trafikarbetet av farligt gods till 1 ‰ av det totala trafikarbetet. Genom att ansätta detta värde för parametern X och använda de värden som redovisats i Tabell 5.2 ovan kan förväntat antal farligtgodsolyckor för år 2012 beräknas med hjälp av ekvation 3.1. I Tabell 5.3 nedan redovisas resultatet, både uppdelat på singel- och kollisionsoolyckor och totalt.

För år 2012 uppskattas med hjälp av modellen totalt 9,3 farligtgodsolyckor på det statliga vägnätet, varav 2,5 singelolyckor och 6,8 kollisionsoolyckor. Även om inte finupplöst data för trafikarbete för övriga år i intervallet 2011-2015 har funnits att tillgå kan antalet olyckor ändå förväntas vara representativa för dessa år eftersom det inte är troligt att trafikarbetet skulle uppvisa några större variationer mellan dessa år.

Tabell 5.3. Förväntat antal kollision- respektive singelolyckor som medför utsläpp av farligt gods på det statliga vägnätet år 2012. Beräkning har gjorts med ekvation 3.1 där använda värden för O , Y och I redovisas i Tabell 5.2. För X har värdet 10^{-3} använts.

Hastighetsgräns (km/h)	Beräknat antal farligtgoodsolyckor, singel	Beräknat antal farligtgoodsolyckor, kollision	Beräknat antal farligtgoodsolyckor, totalt
30	0,00	0,00	0,0
40	0,00	0,00	0,0
50	0,02	0,24	0,3
60	0,01	0,08	0,1
70	0,42	1,96	2,4
80	0,30	0,99	1,3
90	0,62	1,52	2,1
100	0,35	0,70	1,1
110	0,67	1,10	1,8
120	0,12	0,20	0,3
Totalt	2,5	6,8	9,3

Det förväntade antalet olyckor kan jämföras med observerat antal i Tabell 4.1. För år 2012 har 4 händelser kategoriserats som singelolyckor, 0 som kollisionsoolyckor och 1 olycka har ej kunnat kategoriseras. För åren 2011-2015 inträffade årligen, enligt den gjorda kategoriseringen av insatsrapporter, i medeltal 4,8 singelolyckor, 0,4 kollisionsoolyckor samt 1,0 händelser som inte kunnat kategoriseras.

Flera omständigheter försvårar dock möjligheten att rakt av dra slutsatser från denna jämförelse. Trafikarbetet avser enbart vägar med statlig väghållare. År 2015 uppskattades det totala trafikarbetet på statliga vägar till 58 miljarder fordonskilometer och det totala trafikarbetet på kommunala vägar till 24 miljarder fordonskilometer (Trafikverket, 2016a). Statistik över trafikarbetet för transporter av farligt gods som inhämtats från (MSB, 2015a) inkluderar enbart svenska åkerier. Henriksson och Yahya (2016) anger att cirka 15 % av transportarbetet i Sverige uppskattas utföras av utländska åkerier. Denna siffra ger en indikation om storleksordningen, men avser transportarbete och inte trafikarbete samt är allmän och inte specifik för transporter av farligt gods. Dessa förutsättningar kan förväntas medföra att det beräknade antalet farligtgoodsolyckor som skattas enligt beräkningar med VTI-modellen för år 2012 och redovisas i Tabell 5.3 underskattas. Att trafikarbete för kommunala vägar inte inkluderats kan främst förväntas underskatta antalet olyckor för vägar med lägre hastighetsgräns, eftersom de flesta vägar med kommunal väghållare rimligen kan förväntas finnas inom tätort och således ha en lägre hastighetsgräns.

Ytterligare en försvårande omständighet är att andelen transporter av farligt gods har antagits som ett genomsnittsvärde för samtliga hastighetsgränser. I realiteten är det dock troligt att en större andel av trafiken utgörs av transporter med farligt gods på vissa vägar än på andra. Exempelvis kan andelen farligt gods i medeltal förväntas vara större på vägar med hastighetsgränsen 110 km/h än på vägar med hastighetsgränsen 30 km/h. Parametern X ska alltså troligen inte vara samma för alla vägkategorier, men någon finupplöst data att använda i beräkningarna har inte kunnat hittas.

Vid en jämförelse med insatsstatistiken är det således svårt att dra slutsatser kring singelolyckor, men det kan konstateras att det verkar rimligt att VTI-modellen överskattar antal kollisionsoolyckor.

Givet att klassificeringen av de händelser som inträffat under 2011-2015 är representativ för farligtgoodsolyckor finns de två tänkbara förklaringar till att kollisionsoolyckor inte är representerade i insatsrapporterna i en sådan grad som kan förväntas:

1. Antagandet om att trafikolyckor med fordon avsedda för farligt gods kan delas upp i singel- respektive kollisionsoolyckor är riktigt, men sannolikheten för utsläpp givet kollisionsoolycka är betydligt lägre än för singelolycka. På grund av detta har inträffade kollisionsoolyckor inte medfört något utsläpp av farligt gods och därför finns dessa ej heller med i de insamlade insatsrapporterna.
2. Antagandet om att fordon avsedda för farligt gods kan modelleras som övrig trafik är inte giltigt. Av någon anledning är fordon avsedda för farligt gods inblandade i kollisionsoolyckor i betydligt lägre utsträckning än övrig trafik och på grund av detta har avsevärt färre kollisionsoolyckor än singelolyckor inträffat och därmed syns dessa inte i statistiken.

De insamlade insatsrapporterna innehåller inte information om olyckor som inte lett till utsläpp av det farliga godset, vilket medför att någon av ovanstående förklaringar inte kan avfärdas utan mer information. Att tung trafik skulle vara inblandad i kollisionsoolyckor i en betydligt lägre utsträckning än övrig trafik är inte troligt. Nilsson (1994) anger tvärtom att sannolikheten för singelolyckor är något lägre, och sannolikheten för kollisionsoolyckor något högre, för lastbilar än för personbilar.

Andra undersökningar har kommit fram till att ungefär hälften av alla trafikolyckor med fordon avsedda för farligt gods är singelolyckor och att hälften kan klassificeras som kollisionsoolyckor (Vägverket, 1999; Vägverket, 1997). I dessa rapporter framgår det inte vilka av olyckorna som har lett till utsläpp. Det är också svårt att jämföra rakt av eftersom klassificeringen i dessa undersökningar är uppdelad i betydligt fler kategorier än den förenklade uppdelningen på enbart singelolycka respektive kollisionsoolycka.

Det är därmed troligt att alternativ 1 enligt ovan stämmer, d.v.s. singelolyckor orsakar i högre utsträckning utsläpp av farligt gods än vad kollisionsoolyckor gör.

5.3 Sannolikhet för utsläpp vid vägtransport

I VTI-modellen modelleras sannolikheten för utsläpp givet att en olycka har inträffat genom parametern index för farligt gods (I). Som redogjorts för i kapitel 3 har schablonvärden för denna parameter beräknats genom att utgå från att sannolikheten för utsläpp på vägar med hastighetsgränsen 70 km/h är 1/6, varefter detta värde har skalats om baserat på hur rörelseenergin förändras med avseende på hastighetsgränsen för att beakta att högre hastighet medför en större sannolikhet för utsläpp. Att värdet ska vara just 1/6 är inte belagt på annat sätt än att Nilsson (1994) kommit fram till att 100-120 olyckor med fordon avsedda för farligt gods kunde förväntas årligen i början av 1990-talet och att data från Räddningsverket för år 1990 visade att 20 händelser där det farliga godset släppts ut hade inträffat. Genom att dividera 20 med 120 blir siffran 1/6 (Nilsson, 1994).

Schieder, Gwehenberger och Langwieder (2003) redovisar en sammanställning för hur ofta utsläpp har skett för 328 inträffade händelser med farligt gods under åren 1995-2000, sammanställning återges i Tabell 5.4 nedan. Vilket land sammanställningen gäller presenteras inte av Schieder, Gwehenberger och Langwieder (2003), men undersökningen är tysk och det kan därför antas att resultaten avser Tyskland.

Tabell 5.4. Sammanställning av olyckor med farligt gods-fordon för åren 1995-2000. Avser troligen Tyskland. Återgiven från Schieder, Gwehenberger och Langwieder (2003).

År	Totalt antal olyckor	Varav tanken har förblivit intakt	Varav utsläpp har skett	Andel olyckor med utsläpp
1995	54	17	37	0,69
1996	54	18	36	0,67
1997	52	24	28	0,54
1998	63	29	34	0,54
1999	63	27	36	0,57
2000	42	18	24	0,57
Totalt	328	133	195	0,59

MSB tillhandahåller aggregerad statistik från genomförda räddningsinsatser i statistikdatabasen IDA. För insatser som har kategoriserats som trafikolycka har även typ av olycksfordon rapporterats. Genom att kombinera information om totalt antal trafikolyckor där fordon märkt med farligt varit inblandat med antal där utsläpp skett kan andelen trafikolyckor med utsläpp av farligt gods uppskattas. I Tabell 5.5 nedan återges antal trafikolyckor där rapporterat olycksfordon utgjorts av tankbil/tankcontainer märkt med farligt-godsskytt samt annan lastbil märkt med farligt gods-skytt. I tabellen har dessa också summerats och därefter har andelen trafikolyckor som lett till utsläpp uppskattas med data från Tabell 4.1. Det kan noteras att det totala antalet trafikolyckor stämmer väl överens med den data som erhållits från MSB och presenteras i Figur 4.1.

Tabell 5.5. Antal trafikolyckor i Sverige 2011-2015 med antal utsläpp från genomgång av insatsrapporter.

År	Tankbil/tank-container märkt med farligt-godsskytt ^a	Annan lastbil märkt med farligt-godsskytt ^a	Totalt antal trafikolyckor	Antal trafikolyckor med utsläpp ^b	Andel trafikolyckor med utsläpp
2011	39	12	51	4	0,078
2012	44	29	73	5	0,068
2013	44	22	66	9	0,14
2014	28	31	59	5	0,085
2015	43	22	65	8	0,12
Totalt	198	116	314	31	0,1

a: Data inhämtad från MSB statistikdatabas IDA och avser räddningsinsatser som kategoriserats som trafikolyckor.

b: Antal trafikolyckor med utsläpp har hämtas från Tabell 4.1 och kommer från den genomgång av insatsrapport som genomförts. Även de händelse som inte kunnat kategoriseras ingår i denna siffra.

Det ska noteras att det totala antalet trafikolyckor med fordon avsedda för farligt gods är i samma storleksordning för både Sverige och Tyskland, medan antalet som lett till utsläpp är betydligt större i Tyskland. Eftersom Tyskland är ett avsevärt större land än Sverige kan också fler trafikolyckor förväntas. Detta skulle exempelvis kunna förklaras med att någon typ av grovsortering gjorts i statistiken som presenteras i Tabell 5.4 eller med att rapporteringsgraden för olyckor som inte leder till utsläpp har varit lägre i Tyskland än vad den är i Sverige. På grund av detta är det svårt att göra någon meningsfull jämförelse mellan sammanställningen av statistik som presenteras i Tabell 5.4 och troligen avser Tyskland och statistiken i Tabell 5.5 som avser Sverige.

Eftersom statistiken i Tabell 5.5 är aggregerad och inte indelad efter vägtyp eller hastighetsgräns går dessa värden inte att jämföra med de schablonvärden för index för farligtgodsoolycka som anges i Räddningsverket (1996). Det kan dock konstateras att dessa värden utgår ifrån siffran 1/6 som

presenteras i VTI rapport 387:3 (Nilsson, 1994). Motsvarande siffra i Tabell 5.5 ovan skulle istället vara 1/10, vilket skulle innebära att värde för index för farligt godsolycka överskattas i VTI rapport 387:3.

I en avhandling vid ett universitet i Kanada har sannolikheter för utsläpp och brand givet olycka med lastbil som transporterar farligt gods utarbetats. Det anges att syftet är att sannolikheterna ska kunna användas vid riskanalyser av farligt gods kopplade till specifika vägar. Sannolikheterna har utarbetats genom statistisk analys och bygger på data från fem databaser i USA, Kanada och Frankrike. De fyra signifikanta faktorerna för utsläpp som identifierades och användes för att modellera sannolikheterna var huruvida en olycka involverar vältning, huruvida en olycka involverar en kollision, lastad volym samt typ av farligt gods. En slutsats som dras från analysen är att de flesta utsläpp är till följd av vältning, något som särskilt gäller för transporter av brännbara vätskor. Det anges att ungefär mellan 59 % till 80 % av alla utsläpp involverar vältning av fordonet (Button, 1999).

Som beskrivits i avsnitt 5.2 är det i första hand singelolyckor, och inte kollisionsoolyckor, som orsakar utsläpp av farligt gods vid vägtransporter. En möjlig förklaring till att det framför allt är vid singelolyckor som utsläpp av det farliga godset sker är att krockvåldet mot ett fordon måste bli stort för att ett utsläpp ska ske. Ett fordon som transporterar farligt gods utgörs oftast av en tung lastbil, därmed blir krockvåldet vid en kollisionsoolycka begränsat såvida inte en kollision med ett annat tungt fordon inträffar. En kollision med exempelvis en personbil kan förväntas leda till enbart en ringa påverkan på det tunga fordonet. En kollisionsoolycka mellan två tunga fordon, där dessutom minst ett av fordonen transporterar farligt gods sker rent sannolikhetsmässigt sällan. Detta stämmer även överens med vad som anges i Gwehenberger och Langwieder (2002), d.v.s. för ett tankfordon är den största risken för utsläpp en singelolycka eller en kollision med ett annat tungt fordon.

Att krockvåldet mot fordonet blir stort vid en singelolycka skulle kunna förklaras med att fordonet ofta välter vid en singelolycka. Genomgången av insatsrapporterna redovisad i kapitel 4 visar att singelolyckor som orsakat utsläpp av det farliga godset i minst 20 fall av 24 föregåtts av att fordonet vält. Vältning tas även upp av Nilsson (1994) som en viktig faktor bakom framförallt stora utsläpp. Vägverket (1999) redovisar statistik som beskriver att sannolikheten för vältning är större vid singelolyckor än för andra olyckor. I Tabell 5.6 nedan återges denna statistik något omarbetad.

Tabell 5.6. Olyckor med tung trafik 1997. Återgiven och bearbetad från Vägverket (1999).

Händelse	Olyckstyp			
	Singel	Möte	Omkörning	Upphinnande
Påkörning fast föremål	105	5	5	2
Avkörning från vägbana	448	85	75	20
Vältning	91	6	8	1
Olyckor totalt	578	276	383	254
Andel vältning	16 %	2,2 %	2,1 %	0,39 %

Inom ramarna för det tyska så kallade THESEUS-projektet har olyckssimuleringar i form av kollisionstester med tankfordon genomförts för olyckstyperna påkörning bakifrån, sidokollision samt vältning (Torstensson, 1999).

I testerna med påkörning bakifrån kolliderades lastbilar med en vikt på mellan 16 till 22 ton in i tankfordon. Redan vid kollisionshastigheter på 25-27 km/h gick det håll på tanken till följd av aggressivt utformade delar. I sidokollisionstesterna provades både sidokollision med lastbil och sidokollision med personbil. Sidokollision med lastbil på 16 ton medförde att det gick håll på tanken

vid en kollisionshastighet på 40 km/h till följd av utstickande delar, i 40 % av sidokollisionstesterna välte tankfordonet och tanken brast när denna träffade marken. Sidokollisionstest med personbil med en vikt på 1,5 ton i 75 km/h skadade inte tanken. För vältnings tester i 50 km/h brast inte tankarna i några försök, men utsläpp från manluckor och annat till följd av deformation var mycket vanligt (Torstensson, 1999).

I THESEUS-projektet har också olyckor med utsläpp av farligt gods i Tyskland gått genom och slutsatser relaterar utsläpp i hög grad till vältning (Torstensson, 1999). Vältning skedde i 86 % av de redovisade singelolyckorna och i 15 % av kollisionsolyckorna. Enligt projektet har ungefär 75 % av olyckorna där utsläpp av farligt gods skett föregåtts av att fordonet har vältnings. Vältning anges också vara mer vanligt förekommande för tankfordon än för övriga lastbilstyper (Torstensson, 1999).

Att vältningsolyckor i större utsträckning leder till utsläpp bekräftas även av Stewart och Van Aerde (1990). Stewart och Van Aerde (1990) undersöker olyckor med transporter av flytande naturgas och bensin i Kanada för olika fordonskombinationer. Resultatet var att majoriteten av de undersökta olyckorna utgjordes av vältningsolyckor. Det kan även noteras att en mindre del av vältningsolyckorna var till följd av kollisionsolyckor.

I Vägverket (1997) har vägutformningens betydelse för olyckor med farligt gods undersökts. 46 olyckor med fordon avsedda för farligt gods som inträffat under 1995 och 1996 har undersökts. Två huvudtyper av olyckor lyfts fram: olyckor i kurva och olyckor där fordonet av okänd anledning gått av vägen. För olyckor i kurva anges att det ofta handlar om feldoserade och snäva kurvor som tillsammans med hög hastighet och dåligt väglag leder till avåkningar. För de olyckor där fordonet av okänd anledning gått av vägen lyfts insomning fram som en möjlig orsak. Trötthet lyfts också fram av Hjort och Sandin (2012) som en orsak till en väsentlig andel av inträffade singelolyckor med tunga fordon.

I Vägverket (1997) pekas hastigheten också ut som en viktig faktor för olycksfrekvensen. På ett ställe i rapporten konstateras att samtliga av de 46 studerade olyckorna inträffade i landsbygdsmiljö och på sträckor (det vill säga inte i korsningar). På ett annat ställe konstateras istället att 2 av olyckorna skedde i tätort. Vilken av de nämnda siffrorna som stämmer är oklart, men det pekar på att en stor andel av olyckorna sker utanför tätort.

Vidare konstateras att släntlutningen invid vägen har betydelse för sannolikheten för utsläpp, framför allt eftersom det ökar sannolikheten för att fordonet ska välta. Vid släntlutning 1:3 och 1:4 medförde 70 % av de undersökta olyckorna utsläpp och vid flackare släntlutning minskade sannolikheten för utsläpp. Andra saker som uppmärksammas är att räcken placerade vid brant släntlutning kan orsaka stor skada på ett tungt fordon eftersom ett sådant räcke är för lågt och klen för ett tungt fordon med hög tyngdpunkt. Racket fungerar som en hävarm och ökar sannolikheten för att fordonet ska välta ned i diket. Vägtrummor som ligger under små anslutande vägar lyfts fram som något som kan orsaka stor skada på fordonet om det kör ner i diket (Vägverket, 1997).

Ytterligare en viktig faktor som lyfts fram är att vägren och stödremsa riskerar att ge vika för ett tungt fordon om det kommer för långt ut mot vägkanten, vilket också kan medföra att fordonet välter (Vägverket, 1997).

Vägverket (1999) anger att i cirka 38 % av alla de olyckor som undersökts med tung lastbil hade fordonet släp. Av undersökta singelolyckor hade fordonet släp i 50 % av fallen. Vägverket (1999) menar att släp därmed förefaller medföra en förhöjd risk för singelolycka. Även om det är möjligt att så är fallet eftersom släp kan tänkas medföra en större risk för dynamisk instabilitet skulle detta även kunna förklaras på ett annat sätt, nämligen att förekomsten av transporter med släp är större på landsbygd och att singelolyckor är vanligare på landsbygd. I Räddningsverket (1996) anges att vid användande av modellen kan antagande göras att transporter i tätort utförs utan släp och att transporter utanför tätort utförs med släp.

Som framgår ovan finns en rad faktorer som påverkar sannolikheten för utsläpp. Genomgång av insatsrapporter och övrig litteratur pekar entydigt på att singelolyckor är den olyckstyp som uppvisar den största risken för utsläpp. Det har också visats att utsläpp ofta föranleds av vältning. Det finns en rad vägspecifika faktorer som kan förväntas påverka sannolikheten för utsläpp och vältning. Att enbart använda ett enda, relativt oförankrat, punktvärde för alla typer av vägar och olyckstyper är inte tillräckligt.

5.4 Utsläppsmängder

En sammanställning av den utsläppsmängd som rapporterats av räddningstjänsterna för de händelser som gått igenom finns redovisad i Figur 4.4. Slutsatser måste dras med försiktighet eftersom den utsläppta mängden är svår att uppskatta och därför ofta är osäker. Det kan dock konstateras att spridningen i resultatet är betydligt större för trafikolyckor, där också stora utsläpp uppvisas i en högre grad. För övriga typer av händelser leder majoriteten till små utsläpp. Anledningen kan vara att dessa framför allt utgörs av händelser med styckegods, där de transporterade mängderna är betydligt mindre och/eller uppdelade i olika kollin.

Som framkommit tidigare i utvärderingen orsakar singelolyckor oftare utsläpp jämfört med kollisionolyckor. Precis som med sannolikhet för utsläpp kan utsläppsmängden kopplas till det våld som fordonet utsätts för i samband med olyckan. Eftersom en vältning i högre utsträckning kan förväntas orsaka större skador på tanken kan detta, utöver större sannolikhet för utsläpp, också förmodligen kopplas till större utsläppsmängder. Med samma logik som för sannolikhet för utsläpp kan utsläppsmängden kopplas till rådande hastighet och andra vägförutsättningar som släntlutning.

Att utsläppsmängder hör ihop med vältning bekräftas av undersökningen av Stewart och Van Aerde (1990) som presenteras i avsnitt 5.3. Från det något begränsade underlag som undersökningen bygger på konstateras att kollisionolyckor förmodligen genomgående leder till lägre utsläppsmängder. Vältning som sker till följd av kollisionolyckor leder vidare till något lägre utsläppsmängder än de som endast klassats som vältning. Det bör noteras att Stewart och Van Aerde (1990) anser att underlaget är begränsat och ska användas med viss försiktighet. Även Shen, Yan, Li, Xie och Wang (2014) kommer i sin undersökning om orsaker till farligtgodsoolyckor i Kina fram till att vältning är den dominerande orsaken till stora utsläpp.

Både Nilsson (1994) och Räddningsverket (1996) har ansatt utsläppsfördelningar för farligtgodsoolyckor med olika fordon. I VTI-modellen antas att utsläppsmängden kan öka i landsbygd, men enbart på grunden att transporter på landsbygd oftare kan antas ha släp. Utöver detta antas att vid tanktransporter har olika tanktyper olika benägenhet till stora utsläpp. Inga övriga justeringar för olyckstyp (singelolycka eller kollisionolycka), släntlutning eller hastighet görs. Hur fördelningarna har bestämts i övrigt är inte motiverat utöver kortare resonemang. Utsläppsmängder hör till viss del till konsekvensdelen av modellen, varför endast sannolikheter för olika utsläppsmängder undersöks.

Eftersom sannolikhet för utsläpp och utsläppsmängd hör ihop med krockvåldet kan de ses som ett gemensamt problem och därmed modelleras tillsammans. Därmed kan sannolikhet för utsläpp och utsläppsmängd anpassas till de gemensamma förutsättningar som påverkar parametrarna. Exempelvis kommer både sannolikhet för utsläpp och trolig utsläppsmängd att bli lägre vid en kollisionolycka jämfört med en singelolycka där fordonet välter, vilket inte beaktas i VTI-modellen. Detta angreppssätt bygger på att olycksfrekvenser för singelolyckor och kollisionolyckor separeras, vilket inte är fallet i VTI-modellens nuvarande utformning. Detta skulle ge bättre förutsättningar att beakta olyckstypen vid konsekvensmodelleringen.

5.5 Olyckskvoter

Olyckskvoten (O_k) är en parameter som anger frekvensen för trafikolyckor per miljon fordonskilometer. Detta mått är inte specifikt för farligtgodsoolyckor utan används vid trafikplanering och investeringsbeslut i andra sammanhang (Björketun & Matstoms, 2003). När modellen

ursprungligen presenterades av Nilsson (1994) angavs inga värden för olyckskvoter i rapporten, endast i ett exempel i rapporten finns olyckskvoter tabellerade. I Räddningsverket (1996) anges däremot schablonvärden för olyckskvoten i en beräkningsmatris. Olyckskvoterna är kategoriserade efter vägens hastighetsgräns, miljö (landsbygd/tätort), och vägtyp.

De olyckskvoter som anges i beräkningsmatrisen motiveras emellertid inte och vilket underlag eller varifrån värdena är hämtade finns ingen information om. Projektet är dock genomfört under första halvan av 1990-talet och sedan dess har trafiksäkerhetsarbetet utvecklats och förbättrats. Det har också tillkommit nya hastighetsgränser och vägtyper. De olyckskvoter som anges har också kritiserats av Vägverket (1999) med att ingen vägledning finns för hur vägens trafikflöde påverkar olyckskvoten. Dessutom uppmärksammas det av Vägverket (1999) att innehållet inte är samstämmigt med vad som logiskt kan förväntas. Till exempel har en smal väg med hastighetsgräns 110 km/h en lägre olyckskvot än en motorväg med samma hastighetsgräns.

Ett av de grundantaganden som gjorts då VTI-modellen framarbetades var att trafikolycksrisken för fordon vilka transporterar farligt gods är likvärdig övrig trafik. Därmed kan generella trafikolyckskvoter användas vid beräkning av frekvenser. Genom att använda trafikarbete och antal olyckor specifika för tung trafik skulle istället antagande kunna göras att trafikolycksrisken för fordon med farligt gods antas vara likvärdig övrig tung trafik. Nackdelen med detta tillvägagångssätt är dock att det kan vara svårt och omständligt att finna tillförlitligt underlag för att skatta olyckskvoter specifika för tung trafik.

Vägverket (1999) har skattat olyckskvoter specifika för tung lastbil. I rapporten konstateras att, för det statliga huvudvägnätet har tunga fordon en genomsnittlig olyckskvot på 0,77 olycksfordon per miljon fordonskilometer, medan motsvarande siffra för personbil är 0,52. Det anges dock att det är svårt att dra slutsatser utifrån detta eftersom det är troligt att olyckor, vilka enbart leder till egendomsskador, med tung lastbil i högre grad rapporteras än sådana olyckor med personbilar.

I Tabell 5.7 nedan återges olyckskvoter för tunga lastbilar redovisade av Vägverket (1999). Olyckskvoterna har beräknats genom att data för trafikarbete avseende mitten av 1990-talet har kombinerats med genomsnittligt antal olyckor per år och kategori med tung lastbil för åren 1992-1997. Olycksmaterial och exponeringsdata är omfattande, varför inverkan av slumpen kan antas vara begränsad. Det anges dock att slutsatser bör dras med viss försiktighet eftersom siffrorna är förknippade med osäkerheter, bland annat till följd av att osäkerheter i data för trafikarbete funnits och att olycksrapporteringsgrad kan skilja sig mellan tätort och landsbygd.

Tabell 5.7 Olyckskvot per olyckstyp för tunga lastbilar baserat på olycks- och exponeringsdata för mitten av 1990-talet. Återgiven från Vägverket (1999). MV avser motorväg, 4-F avser fyrfältsväg och 2-F avser tvåfältsväg.

Vägtyp	Singel	Möte	Omkörning & Upphinnande	Övrigt	Total Olyckskvot
Europaväg					
MV 110	0,12	0,01	0,21	0,08	0,42
MV 70-90	0,14	0,01	0,97	0,33	1,44
4-F 70	0,15	0	1,08	0,59	1,84
2-F 110	0,18	0,07	0,12	0,12	0,49
2-F 90	0,21	0,11	0,17	0,24	0,75
2-F 50-70	0,44	0,09	0,64	0,81	1,99
Övr. riksväg					
2-F 90	0,15	0,1	0,12	0,2	0,57
2-F 50-70	0,33	0,13	0,24	0,58	1,28
Primära länsvägar					
2-F 90	0,13	0,13	0,11	0,21	0,57
2-F 50-70	0,28	0,15	0,12	0,44	1

Olyckskvoter går också att finna i Trafikverkets publikationer. Trafikverket publicerar dokumentserien ”Effektsamband” (Trafikverket, 2016b). Dokumentserien har ett brett syfte, bland annat att vara ett stöd och ett hjälpmedel vid planering och projektering av åtgärder inom transportsystemet. Dokumentserien innehåller flera delar varav en del kallad ”bygg om och bygg nytt” behandlar fysiska åtgärder i form av nybyggnad eller förbättringar av transportsystemet. Det anges att denna del i första hand är avsedd att användas vid prioriteringsarbetet för strategisk planering och effektbeskrivningar i förstudier för väg- och järnvägsutredningar.

Speciellt ett kapitel presenterad i ett separat dokument Trafikverket (2016c) behandlar trafiksäkerhet. I inledningen anges att huvudsyftet med trafiksäkerhetskapitlet är att dokumentera Trafikverkets vägtrafiksäkerhetsmodell. Vägtrafiksäkerhetsmodellen bygger på polisrapporterade olyckor och ger värden för personskador och egendomsskador per miljon axelparkilometer. Modellen ger värden indelade efter tre olyckstyper, nämligen:

1. Olyckor mellan motorfordon och singelolyckor med motorfordon,
2. Olyckor mellan motorfordon och fotgängare och
3. Olyckor mellan motorfordon och cykel/moped

Utöver dessa finns även en modell för viltolyckor. Modellen ger också värden för hur fördelningen avseende antal döda och skadade efter skadegrad kan beräknas.

För att beräkna olyckskvoter ges så kallade systemvärden för ett omfattande antal vägtyper indelat efter väghållare, miljötyp, antal körfält, hastighetsgräns med mera. De systemvärden som anges för en specifik vägtyp kombineras sedan ihop till en olyckskvot för den aktuella vägtypen. Modellen presenteras i sin helhet i Trafikverket (2016c), dit läsaren hänvisas för mer detaljer kring begränsningar och hur modellen ska användas. Följande kan dock konstateras:

- Trafikverkets modell antar att antal olyckor är proportionellt mot ÅDT, vilket är en förenkling. I själva verket påverkas olyckskvoten och andel singelolyckor av ÅDT. Se avsnitt 5.7 för vidare diskussion kring detta.
- För olyckor med farligt gods-transporter kan antagande göras att det är den första olyckstypen som är av intresse, eftersom att för övriga olyckstyper kan det antas att risken för utsläpp av det farliga godset är försumbar.

- I beräkning av olyckskvoter för den första olyckstypen inkluderas även motorcykelolyckor. Hur stor andel dessa olyckor utgör av den totala olyckskvoten går inte att utläsa, men det är troligtvis marginellt. Antagandet kan därför anses vara konservativt eftersom detta ökar olyckskvoten, men förväntas endast bidra till en liten effekt.
- Storleken på korrigering som ska göras för siktclass på landsbygdsvägar har en begränsad inverkan på olyckskvoten, i storleksordningen några procent. Detta kan bortses från med tanke på övriga osäkerheter.
- Uppräkning av antal egendomsskador ska göras med 0,2 % per år i modellen. Påverkan på grund av detta är försumbar och kan bortses från.

Med utgångspunkt i ovanstående punkter har nya olyckskvoter för länkar beräknats baserat på de systemvärden som anges i Trafikverket (2016c). Olyckskvoterna har beräknats genom att summera systemvärden för antal personskadeolyckor och antal egendomsskador. Olyckskvoterna finns redovisade i Bilaga B.

Olyckskvoter i Bilaga B anges tabellerade efter antal miljoner axelparkilometer. Om dessa olyckskvoter används att beräkna frekvens för farligt godsolyckor på en länk ska således multiplikation ske med axelparkilometer istället för fordonskilometer. Hur detta görs i praktiken redovisas också i Bilaga B.

Framräknade värden avser år 2016 men den tidsjustering som ska göras enligt modellen är så pass liten att detta kan bortses från så länge modellen används inom en överskådlig framtid. Det är också viktigt att påpeka att det bör kontrolleras i Trafikverkets publikationer om nya värden finns att tillgå då en riskanalys ska genomföras.

Även om olyckskvoterna vid en första anblick kan te sig väldigt finindelade finns i själva verket en mängd andra parametrar som indelning inte är gjord för som kan tänkas påverka olyckskvoten. Exempel på sådana parametrar är vägens geometriska egenskaper, däribland linjeföring, kurvighet och lutning. För mer information hänvisas till Vägverket (2004), Björketun och Matstoms (2003) och Jamil (2006).

Vid en jämförelse mellan de olyckskvoter som presenteras i beräkningsmaterisen i Räddningsverket (1996), Vägverket (1999) och de som har beräknats och presenterats i Bilaga B kan det konstateras att relativt stora skillnader uppvisas. Det är emellertid av flera skäl svårt att dra några slutsatser utifrån detta eftersom kategoriseringen av vägtyper skiljer sig och nya hastighetsgränser har tillkommit.

Eftersom bakgrunden till de olyckskvoter som anges i Räddningsverket (1996) är okänd och beskrivning av hur värden har tagits fram och vilka antaganden, förenklingar och justeringar som har gjorts saknas är det svårt att värdera dessa. Vid en jämförelse med olyckskvoterna presenterade i Bilaga B kan det konstateras att storleken på olyckskvoterna generellt är mindre. Detta skulle kunna förklaras med att storleken på olyckskvoterna har minskat över tid, men det skulle också kunna vara en följd av att olyckskvoterna i Räddningsverket (1996) har justerats upp för att kompensera för att korsningar inte beaktas i modellen/beräkningsmatrisen. Vid en jämförelse syns att minskningen generellt är störst för vägar med låg hastighet i tätortsmiljö och generellt minst för landsbygdsmiljö och höga hastigheter. Detta talar för att justering uppåt kan ha gjorts i Räddningsverket (1996) för att kompensera för korsningstäthet. För Trafikverkets trafiksäkerhetsmodell finns istället en separat korsningsmodell. Ytterligare en förklaring till att olyckskvoterna i Räddningsverket (1996) är högre skulle kunna vara att fler olyckstyper har beaktats, till exempel kollision med fotgängare och cykel eftersom det antas att dessa olyckor inte leder till utsläpp av farligt gods. Dessa olyckstyper har inte beaktats i de olyckskvoter som presenteras i Bilaga B.

De olyckskvoter som gäller tung trafik och presenteras i Tabell 5.7 bygger på data från mitten av 1990-talet varför det kan förväntas att dessa skulle vara i samma storleksordning som de olyckskvoter

som presenteras i Räddningsverket (1996). För flertalet vägtyper är dock olyckskvoten flera gånger större än vad som anges av Räddningsverket (1996). Särskilt gäller detta de som har en stor olyckskvot för kategorin ”övrigt”. I Vägverket (1999) anges att viltolyckor har exkluderats, det förefaller dock i rapporten som att resterande olyckstyper har inkluderats. En förklaring till skillnaden skulle därför kunna vara att olyckstyper som inte bedömts kunna leda till en farligt godsolycka har exkluderats då värden till beräkningsmatrisen i Räddningsverket (1996) har tagits fram. Huruvida detta stämmer eller inte framgår dock inte i Räddningsverket (1996).

5.6 Andel singelolyckor

Värden för andel singelolyckor finns inte redovisade av Nilsson (1994) men däremot i Räddningsverket (1996). Här anges andel singelolyckor indelade utefter vägens miljö, vägtyp och hastighetsgräns. Varifrån värdena kommer anges dock inte. Värden anges enbart som punktvärden.

Det kan konstateras att värden för andelen singelolyckor som anges i beräkningsmatrisen i Räddningsverket (1996) generellt är betydligt lägre för vägar i tätortsmiljöer och med lägre hastighetsgräns jämfört med vägar i landsbygdsmiljö med högre hastighetsgräns. Detta ter sig rimligt eftersom en högre korsningstäthet rimligtvis medför ett högre antal kollisionsoolyckor.

Förutom vägmiljö beror också andel singelolyckor på vägens trafikflöde. Detta redogörs för vidare i avsnitt 5.7.

Utifrån Tabell 5.7, med data från Vägverket (1999), har andel singelolyckor för tung trafik beräknats genom att dividera antalet singelolyckor per miljon fordonskilometer med totala antalet olyckor per miljon fordonskilometer för tung trafik. I Tabell 5.8 nedan presenteras utfallet. Det ska noteras hur det absoluta antalet singelolyckor per miljon fordonskilometer är större för vägar med lägre hastighetsgräns. Detta uppmärksammas i Vägverket (1999) som något märkligt, det borde vara lättare att undvika singelolyckor vid lägre hastighet. Förklaringar kan vara en högre rapporteringsgrad men också en följd av fler singelolyckor i korsningar och rondeller.

Tabell 5.8. Andel singelolyckor för tung lastbil beräknade från Tabell 5.7 utifrån de värden som presenteras av Vägverket (1999). Kolumnen där kategori övrigt har beaktats har beräknats genom att radvis dividera olyckskvot för singelolycka med total olyckskvot. Kolumnen där kategori övrigt ej har beaktats har beräknats genom att radvis dividera olyckskvot för singelolycka med summan av olyckskvoter för singelolycka, mötesolycka och omkörning- och upphinnandeolycka.

Vägtyp	Andel singelolyckor (med beaktande av kategori övrigt)	Andel singelolyckor (utan beaktande av kategori övrigt)
Europaväg		
MV 110 km/h	0,29	0,35
MV 70-90 km/h	0,10	0,13
4-F 70 km/h	0,08	0,12
2-F 110 km/h	0,37	0,49
2-F 90 km/h	0,28	0,43
2-F 50-70 km/h	0,22	0,38
Övr. riksväg		
2-F 90 km/h	0,26	0,41
2-F 50-70 km/h	0,26	0,47
Prim länsvägar		
2-F 90 km/h	0,23	0,35
2-F 50-70 km/h	0,28	0,51

En fullständig jämförelse mellan de rekommenderande värden för andel singelolyckor som anges i beräkningsmatrisen i Räddningsverket (1996) och de värden som gäller för tung trafik enligt Tabell 5.8 är svår att göra. Kategoriseringen är inte densamma och i Vägverket (1999) har enbart statliga vägar utvärderats, varför inte alla vägtyper kan jämföras. Dessutom är det möjligt att olyckor av kollisionstyp även finns inbakade i den kategori som benämns ”övrigt” i Tabell 5.7.

5.7 Trafikflödets inverkan på olyckskvoter och andel singelolyckor

I den nuvarande utformningen av modellen har vägens trafikflöde (ÅDT) inte någon inverkan på olyckskvoten eller andel singelolyckor och beaktas således inte i schablonvärden i beräkningsmatrisen. Detta har kritiserats av Vägverket (1999).

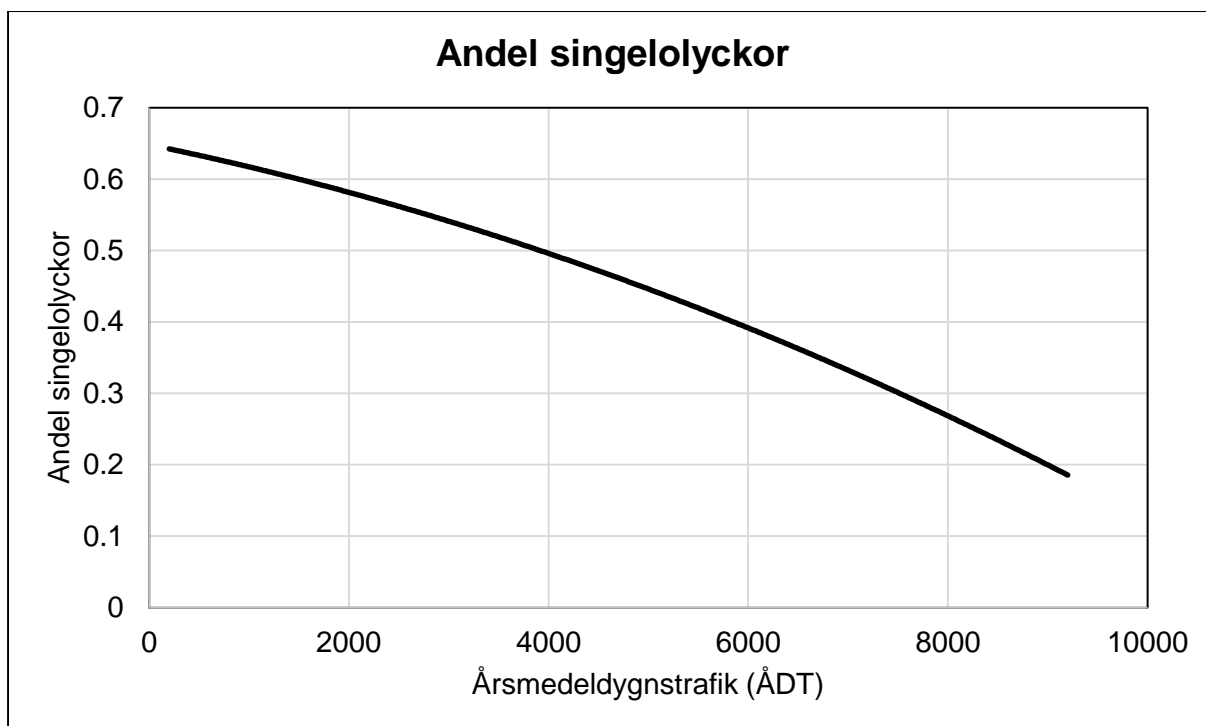
Olyckskvoterna i Trafikverkets trafiksäkerhetsmodell är oberoende av flödet, något som anges i Trafikverket (2016c) lyfts fram som en förenkling. Björketun och Matstoms (2003) konstaterar att flödets inverkan på olyckskvoten är svagt. Ett högre flöde på vägen åtföljs nästan alltid av en högre vägstandard och en lägre hastighetsgräns, något som verkar utjämnande på risken (Vägverket, 1999). Det som styr huruvida en väg ska mötessepareras är också storleken på trafikflödet (Trafikverket, 2016c).

När trafikflödet på en väg är låg dominerar singelolyckor på vägen, men i takt med att trafikflödet ökar, ökar också antalet möten mellan fordon vilket medför att mötesolyckor och omkörningsolyckor blir fler (Björketun & Matstoms, 2003). Även antalet upphinnandeolyckor⁴ kan förväntas öka. I Trafikverket (2016c) anges att teoretiska beräkningar för fria fordon visar att antalet singelolyckor växer proportionerligt med trafikökning medan kollisionsolyckor växer med kvadraten på trafikökningen.

Eftersom olyckstypsfördelningen för en väg förändras med avseende på vägens trafikflöde innebär detta i förlängningen att andelen singelolyckor är beroende av vägens trafikflöde. Ett lägre trafikflöde medför en större andel singelolyckor och högre trafikflödet medför större andel upphinnande och omkörningsolyckor och därmed en lägre andel singelolyckor.

I Trafikverket (2016b) finns även statistiska samband för antal döda och svårt skadade som en funktion av ÅDT uppdelat på singel- respektive kollisionsolyckor. Genom att beräkna kvoten för sambandet för singelolyckor genom sambandet för summan av singelolyckor och kollisionsolyckor kan andelen singelolyckor som funktion av ÅDT beräknas. Se Figur 5.1 nedan.

⁴ Upphinnandeolycka innebär att ett fordon hinner ikapp och kör in i framförvarande fordon.



Figur 5.1. Andel singelolyckor för döda och svårt skadade på länk (ej gång/cykel, ej vilt). Gäller landsbygd, tvåfältsväg (5,7-10m) 90 km/h. Diagrammet är baserat på data från Trafikverket (2016c). I beräkningsmatrisen som presenteras av Räddningsverket (1996) är andel singelolyckor för 90-vägar 0,45.

En rad faktorer försvårar dock generaliseringen av detta samband:

- Sambandet gäller enbart för tvåfältsväg på landsbygd med hastighetsgräns 90 km/h och vägbredd 5,7-10 meter.
- Sambandet avser enbart döda och svårt skadade och säger inget om trafikolyckor som enbart leder till lindriga personskador eller egendomsskador.
- Sambandet för singelolyckor minskar med ökad ÅDT i underlaget vilket hänförs till att vägstandard, och då främst sidoområde, är högre för vägar med hög ÅDT samt att hastigheten på marginalen minskar med ett större trafikflöde. I sambandet finns alltså redan "inbakat" att vägar med hög ÅDT har en högre standard än vägar med lägre ÅDT och därför uppvisar ett mindre antal singelolyckor.
- De statistiska samband som figuren bygger på baseras i sin tur enbart på sex mätvärden med relativt stor spridning (R-värde ungefär 0,75). Detta medför att sambandet ovan är osäkert.

Sambandet i Figur 5.1 ovan kan därför enbart ses som en grov indikation på hur andel singelolyckor kan tänkas variera med avseende på ÅDT och kan inte appliceras för beräkningar i modellen.

5.8 Andra orsaker till utsläpp vid vägtransport än trafikolyckor

En av avgränsningarna som gjordes då VTI-modellen togs fram var att enbart trafikolyckor beaktas vid beräkning av frekvensen för farligtgodsoolyckor. Enligt olycksstatistiken som presenteras i kapitel 4 hade minst 32 av 63 olyckor under åren 2011-2015 andra orsaker än trafikolyckor. Detta överensstämmer med den sammanställning som gjorts av MSB för åren 2007-2012. Denna sammanställning redovisar händelser där räddningsinsatser har genomförts och visar att av totalt 345 händelser vid vägtransport utgjordes 162 av trafikolyckor, d.v.s. ungefär 47 % (MSB, 2014b). Observera att intervallen mellan sammanställningen i kapitel 4 och sammanställningen utförd av MSB delvis överlappar eftersom åren 2011 och 2012 finns med i båda.

Exempel på sådana andra orsaker som skulle kunna medföra utsläpp av det farliga godset är:

- Felaktig hantering av godset (t.ex. felaktigt lastad eller dåligt säkrad last)
- Felaktig hantering av utrustning (t.ex. öppna ventiler och luckor)
- Slitage och felaktigt underhåll av utrustning (t.ex. korrosion och utmattning)
- Lastbil som är högre än fri höjd i till exempel tunnel eller under bro
- Fel ämne i tank
- Brand i fordon
- Antagonistiska handlingar

De dominerande orsakerna som identifierades i genomgången av insatsrapporter var problem kopplade till felaktig hantering av godset och utrustningen. Men också orsaker som kunde hänföras till korrosion/fel på utrustning identifierades. Flera av händelserna gick inte att klassificera eftersom insatsrapporten innehöll för lite information.

Den största andelen av utsläpp som inte föräntats av en trafikolycka kan hänföras till transporter av styckegods, i flera av fallen har last ramlat av och hamnat på vägen.

De vanligaste händelserna enligt genomgången är felaktig lastning i styckegodstransporter. Dessa kan rimligen i mindre utsträckning förväntas leda till stora utsläpp, då endast en eller ett fåtal av kollin i de flesta fall går sönder. Fall där felaktig lastning orsakat utsläpp vid tanktransporter kan exempelvis vara att en ventil eller lucka glömts öppen. Sammanställningen av insatsrapporterna visar att utsläppsmängden i de fall den kan tydas generellt sett är lägre för denna typ av olyckor.

Även om insatsrapporterna kan vara otydliga, och den genomgång som har genomförts är osäker, indikerar detta att en betydande andel av händelser med farligt gods under vägtransporter har andra orsaker än vad som definitionsmässigt är trafikolyckor.

I den avhandling vid ett universitet i Kanada som tidigare nämnts har även scenarier som inte är trafikolyckor utvärderats. Några slutsatser som anges är att majoriteten av utsläppen sker inom tätort och härrör från fordon som inte är tankbilar samt att sådana händelser med tankbilar är sannolikare att medföra ett större utsläpp än fordon som inte är tankbilar (Button, 1999).

Sammantaget kan sägas att andra orsaker till utsläpp vid vägtransport utöver trafikolyckor måste beaktas för att en helhetsbild av risker kopplade till vägtransport av farligt gods ska kunna skapas.

5.9 Hur osäkerheter beaktas i VTI-modellen i nuläget

Genom att använda modellen efter beskrivningen i Räddningsverket (1996) behandlas inte osäkerheterna explicit. Det är upp till användaren av modellen att hantera osäkerheterna och att bara använda generella punktskattningar och tabellvärden för parametrarna kommer att leda till att frekvensen beräknas som en punktskattning.

Lindberg och Morén (1994) anger att osäkerheterna i en del skattningar som gjorts är stora och vissa skattningars giltighet troligtvis är starkt tidsbegränsad. Vidare anges att den framtagna metoden kan behöva vidare utveckling. Även Räddningsverket (1996) varnar för att dra allt för långtgående slutsatser av analyser gjorda med hjälp av metoden eftersom det statistiska underlaget är begränsat.

Hur indataparameterna som anges i Räddningsverket (1996) har tagits fram redovisas bristfälligt, vilket bidrar till en osäkerhet som är dold för den som använder modellen. Nedan anges osäkerheter förknippade med respektive parameter.

Eftersom ingen bakgrund eller beskrivning finns över hur schabloner för olyckskvoter (O_k) i beräkningsmatrisen i Räddningsverket (1996) har tagits fram bidrar denna parameter till en svårkvantifierbar osäkerhet. Vid jämförelse med nya värden från Trafikverket (2016b), se Bilaga B, kan dock konstateras att genom att använda de olyckskvoter som anges i Räddningsverket (1996) för en länk behandlas denna parameter troligen konservativt.

För andel singelolyckor (Y) finns inte heller angivet varifrån värdena kommer. I modellens nuvarande utformning kan parametern dock som mest bidra med en osäkerhet som påverkar resultatet med en faktor 2.

Index för farligtgoodsolycka (I) är baserat på ett bristfälligt underlag och denna parameter bidrar till en betydande osäkerhet i den beräknade frekvensen.

Parametrar som styr det totala antalet fordon avsedda för farligt gods, ÅDT och X, måste vid varje enskild analys inhämtas av användaren från externa källor. Hur mycket osäkerhet dessa bidrar till för utfallet beror i stor utsträckning på hur bra underlag som går att hitta i varje enskilt fall. Eftersom underlag för att skatta X ofta är mycket begränsat bidrar parametern till stora osäkerheter i dessa fall.

5.10 Summering av utvärderingen

Nedan presenteras de huvudsakliga slutsatser som kan dras baserat på utvärderingen:

- Singelolyckor uppvisar den största risken för farligtgoodsolyckor.
- Överlag är redovisade värden som till exempel olyckskvoter, andel singelolyckor och index för farligtgoodsolycka i Räddningsverket (1996) dåligt underbyggda och troligtvis utdaterade.
- Trafikflödet har en påverkan på vilka typer av olyckor som sker. Lägre trafikflöde medför en större andel singelolyckor. Detta fångas inte upp i VTI-modellen.
- Vältning är på grund av våldet mot fordonet en stor riskfaktor som ökar både sannolikheten för utsläpp och utsläppsmängd.
- Både den genomgång av insatsrapporter som genomförts och flera andra källor visar att en betydande andel av olyckor där utsläpp av farligt gods har skett har föregåtts av att transportfordonet har välts.
- Vägutformningen har betydelse för sannolikheten att vältning ska ske, en stor släntlutning och förekomst av diken invid vägkanten ökar sannolikheten för att vältning ska ske.
- Tankfordon, och särskilt tankfordon med släp har en större risk för att välta än andra lastbilar. Tankfordon är dessutom den vanligaste transporten av farligt gods.
- Andra orsaker än trafikolyckor står för ungefär hälften av händelserna där det farliga godset släppts ut under vägtransport. Detta beaktas inte alls i VTI-modellen eftersom den enbart modellerar trafikolyckor.

Sammantaget pekar både litteraturgenomgången och genomgången av insatsrapporter på att singelolyckor utgör en större risk för farligtgoodsolyckor än kollisionsoolyckor. Detta kan förmodligen förklaras med att vältning är en huvudsaklig riskfaktor för utsläpp och att vältning är betydligt vanligare vid singelolyckor. I modellens nuvarande utformning fångas detta inte upp. I själva verket är kollisionsoolyckor mer betydande för utfallet, och som känslighetsanalysen visar innebär en ökning av andel singelolyckor att beräknad frekvens för farligtgoodsolyckor minskar. Detta förhållande står i motsats till det som framkommit i utvärderingen.

6 Vidareutveckling av modellen

Kunskapsbehovet för olyckskvotens storlek för olika vägar är tämligen väl tillgodosett. Trafikverket har trafiksäkerhetsmodeller där olyckskvoter kan beräknas för länkar och korsningar och vägspecifik data finns att inhämta i databasen STRADA. Utifrån Trafikverkets modell för länkar har nya värden för olyckskvoter för länkar beräknats enligt antaganden redovisade i avsnitt 5.5, dessa redovisas i Bilaga B. Huruvida detta underlag är bättre eller sämre att använda jämfört med de värden som rekommenderas i Räddningsverket (1996) är svårt att avgöra. Detta eftersom hur parametrarna har tagits fram och vilka avvägningar som gjorts motiveras varken av Nilsson (1994) eller Räddningsverket (1996). Kategoriseringen efter vägtyp och hastighetsgräns är inte heller densamma, vilket ytterligare försvårar en jämförelse. Ett argument för att inte använda de värden som anges i Räddningsverket (1996), utan istället använda de som kommer från Trafikverket (2016b), är att det åtminstone är känt hur underlaget har tagits fram.

VTI-modellen ger ingen vägledning i hur trafikflödet påverkar riskens storlek. Påverkan på olyckskvoten till följd av variationer i trafikflödet kan dock till stor del förväntas fångas upp eftersom vägkategori och hastighetsgräns för en väg ofta har valts utefter trafikflödets storlek. Däremot kan olyckstypsfordelningen förväntas vara annorlunda; lägre trafikflöde medför en större andel singelolyckor och högre trafikflöde medför en lägre andel singelolyckor. Hur mycket detta kan påverka i varje enskilt fall beror på, men generellt kan sägas att ju mer avvikande trafikflöde från genomsnittet, desto större påverkan.

För parametern index för farligtgoodsolycka (I) finns ett stort behov att ta fram nya värden för svenska förhållanden. Förslag på tillvägagångssätt kan vara att fullständigt inventera samtliga insatsrapporter från händelser med farligt gods på väg i Sverige, och inte bara de som lett till utsläpp som gjorts i detta arbete. Genom att utnyttja koordinatdata från insatsrapporterna kan olycksplatsens förutsättningar kartläggas, exempelvis hastighetsgränsen, och nya värden för parametern kan uppskattas.

Utvärderingen visar att det främst är singelolyckor som leder till farligtgoodsolyckor, i modellens nuvarande utformning är det istället kollisionsoolyckor som utgör det största bidraget till frekvensen. För att modellen ska ta hänsyn till detta behöver den utvecklas. Nedan ges några förslag till enklare vidareutvecklingar av VTI-modellen.

6.1 Dela upp parametern index för farligtgoodsolycka

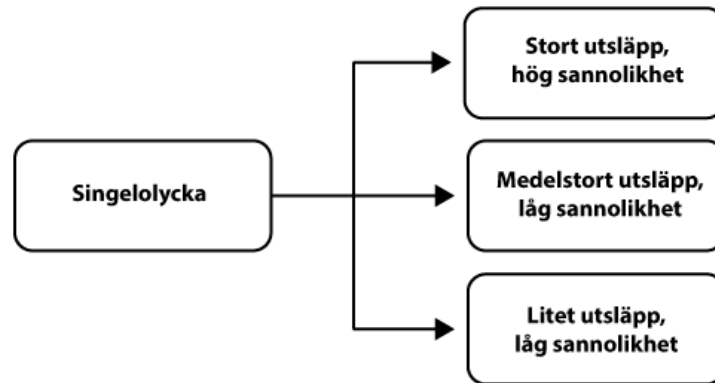
Som utvärderingen och genomgången av insatsstatistik visar har singelolyckor större sannolikhet för utsläpp, vilket inte fångas upp i modellen. En given vidareutveckling av modellen är därmed att använda olika index för farligtgoodsolycka för de olika olyckstyperna. I praktiken innebär detta att ekvation 3.1 delas in i två ekvationer, en som uppskattar frekvensen för singelolyckor som leder till utsläpp och en som uppskattar frekvensen för kollisionsoolyckor som leder till utsläpp. Se ekvation 6.1 och 6.2 nedan.

$$\lambda_{FG,singel} = O * I_{singel} * X * Y \quad (6.1)$$

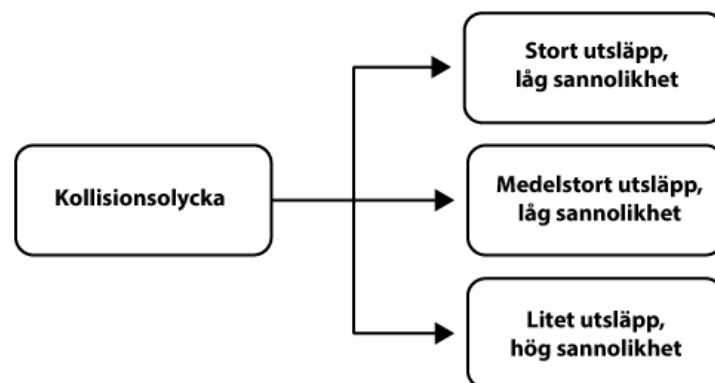
$$\lambda_{FG,kollision} = O * I_{kollision} * (1 - Y)(2X - X^2) \quad (6.2)$$

Detta tillvägagångssätt tar hänsyn till att både kollisionsoolyckor och singelolyckor påverkar frekvensen för farligtgoodsolycka, men singelolyckor kan viktas som mer betydelsefulla genom att ett större värde för I_{singel} ansätts än för $I_{kollision}$. För att detta tillvägagångssätt ska vara tillämpligt behöver dock sannolikhet för utsläpp för de båda olyckstyperna kvantifieras för olika vägtype baserat på hastigheter och vägens övriga förutsättningar som till exempel släntlutning.

Som utvärderingen i kapitel 5 visar skiljer sig singelolyckor och kollisionsoolyckor troligtvis även vad gäller storleken på de utsläpp som sker vid en farligtgodsolycka. En ytterligare fördel med angreppssättet är att frekvensen för singelolyckor och frekvensen för kollisionsoolyckor kan ges olika fördelningar för utsläppsmängder. Dessa fördelningar behöver bestämmas och justeras baserat på hastighet och övriga miljöegenskaper för de båda olyckstyperna. Se Figur 6.1 och 6.2 nedan för exempel.



Figur 6.1. Exempel på utsläppsfördelning för singelolycka.



Figur 6.2. Exempel på utsläppsfördelning för kollisionsoolycka.

6.2 Modell som beaktar singelolyckor och kollisionsoolyckor med andra tunga fordon

Ett möjligt sätt att förklara överrepresentationen av singelolyckor är att kollisionsoolyckor behöver ett mycket stort krockvåld för att leda till utsläpp, och att detta sker sällan. Detta kan modelleras om antagande görs att kollisionsoolyckor med mindre fordon, till exempel personbilar, inte kan leda till utsläpp. Detta innebär att för att en kollisionsoolycka ska kunna leda till utsläpp krävs att båda fordonen är tunga fordon. Frekvensen för farligtgodsolyckor kan då beräknas som summan av

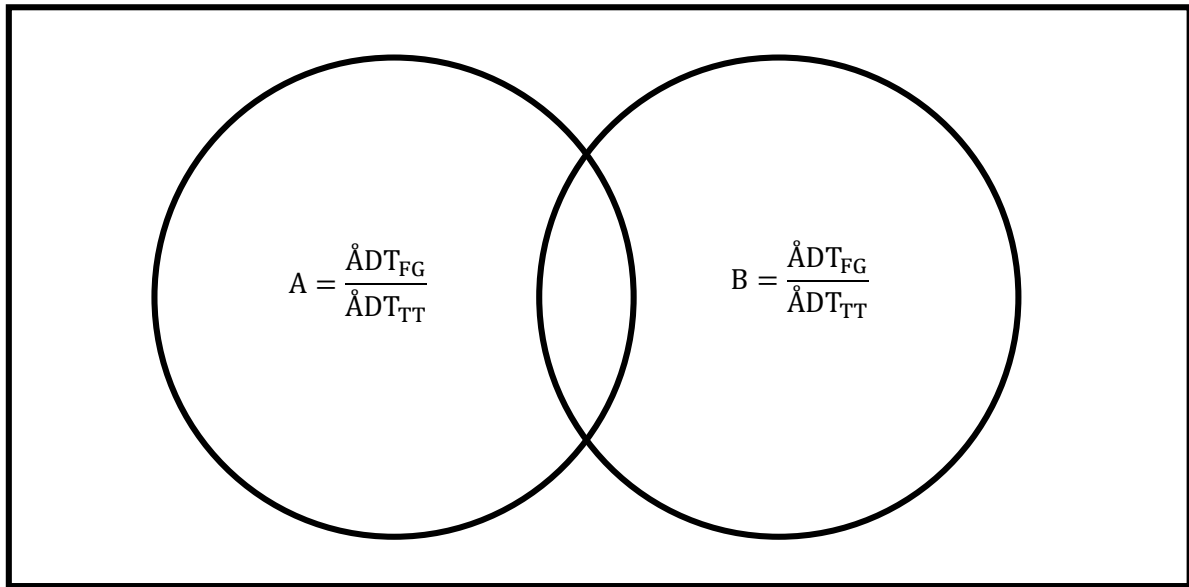
singelolyckor med fordon avsedda för farligt gods och kollisionsolyckor där det andra kollisionsfordonet utgörs av ett tungt fordon. Vidare härledning följer nedan.

För att en farligtgoodsolycka skall kunna uppkomma genom kollision krävs således att två tunga fordon kolliderar. Givet en trafikolycka och att fordonstyper kan antas vara jämnt fördelade på vägen kan sannolikheten för detta kan beräknas enligt ekvation 6.3 nedan.

$$\left(\frac{\dot{A}DT_{TT}}{\dot{A}DT_{TOT}}\right)^2 \quad (6.3)$$

Där $\dot{A}DT_{TT}$ är årsmedelsdygnstrafik för tung trafik $\dot{A}DT_{TOT}$ är total årsmedeldygnstrafik.

Givet att båda kollisionsfordonen utgörs av tung trafik kan sannolikheten att minst ett fordon är avsett för farligt gods beräknas som unionen av de två mängderna i Figur 6.3.



Figur 6.3. Venn diagram som visar sannolikheten för att minst ett fordon är avsett för farligt gods givet kollisionsolycka med två tunga fordon. A betecknar sannolikheten att det första fordonet är avsett för farligt gods och B på motsvarande sätt att det andra fordonet är det.

Denna sannolikhet kan beräknas enligt ekvation 6.4.

$$P(FG|TT) = A \cup B = 2 \frac{\dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{TT}} - \left(\frac{\dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{TT}}\right)^2 \quad (6.4)$$

Därmed kan sannolikheten för en kollision med tunga fordon där minst ett av fordonen är avsedda för farligt gods givet olycka skrivas enligt ekvation 6.5 nedan.

$$\left(\frac{\dot{A}DT_{TT}}{\dot{A}DT_{TOT}}\right)^2 \left[2 * \frac{\dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{TT}} - \left(\frac{\dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{TT}}\right)^2 \right] \quad (6.5)$$

Därmed kan det hela skrivas enligt ekvation 6.6 nedan.

$$\lambda_{FG} = I * O \left[\left(Y * \frac{\dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{TOT}} \right) + (1 - Y) \left(\frac{\dot{A}DT_{TT}}{\dot{A}DT_{TOT}} \right)^2 \left[2 * \frac{\dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{TT}} - \left(\frac{\dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{TT}} \right)^2 \right] \right] \quad (6.6)$$

Uttrycket i ekvation 6.6 blir en funktion av ytterligare en parameter, nämligen andelen av årsmedeldygnstrafiken som utgörs av tung trafik. Även om modellen blir mer komplicerad är underlag för att uppskatta denna parameter lätt att finna och kan inhämtas från Trafikverkets databaser för många vägar.

En fördel med att använda denna förändring av modellen är att det troligen är en god approximation att använda samma värde för index för farligtgodsolycka (I) för singelolyckor och kollisionsoolyckor, vilket innebär att denna parameter blir lättare att kvantifiera. Troligtvis ska I vara ett högt värde i denna variant.

Eftersom antagandet har gjorts att enbart singelolyckor med fordon avsedda för farligt gods och kollision med andra tunga fordon kan leda till farligtgodsolyckor försummas frekvensen för kollision med andra fordon. Dessa kan givetvis också potentiellt leda till utsläpp, men troligen i en betydligt mindre utsträckning. Modellen kan också utökas till att delas upp och inkludera frekvens för kollision med vanlig trafik, men i sådana fall blir modellen betydligt mer komplex och det krävs olika index för farligtgodsolycka för olika typer av kollisioner, data som kan vara svårt att få fram.

6.3 Beaktande av andra händelser som leder till utsläpp

Som konstaterats i avsnitt 5.8 leder många händelser som definitionsmässigt inte är trafikolyckor till utsläpp av farligt gods i samband med vägtransport. För att få en fullständig bild av risknivåer kopplade till vägtransporter av farligt gods behöver detta beaktas.

Hur detta påverkar risknivåer behandlas vidare i avsnitt 7.2.

6.4 Hantering av osäkerheter

Abrahamsson (2002) presenterar ett synsätt där osäkerheter kan kategoriseras i tre grupper, nämligen parameterosäkerheter, modellosäkerheter och osäkerheter till följd av ofullständighet (completeness uncertainty). Med parameterosäkerheter avses att värden för parametrar som ska ansättas i en modell inte är precist kända. Modellosäkerheter uppkommer av att en modell i praktiken alltid är en förenkling av verkligheten. Osäkerheter till följd av ofullständighet kan uppkomma i kvantitativa riskanalyser till följd av att inte alla riskkällor som bidrar till risknivån inkluderas.

Vidare redogör Abrahamsson (2002) för ytterligare ett sätt att kategorisera osäkerheter på: kunskapsrelaterad osäkerhet och naturlig variation. Kunskapsrelaterade osäkerheter är osäkerheter som härrör från brist på kunskap medan naturlig variation istället är stokastisk. Kunskapsosäkerhet är möjlig att reducera genom att införskaffa mer information, något som naturlig variation inte är.

Att hantera osäkerheter när riskanalyser för farligt gods genomförs och då frekvensen för en farligtgodsolycka ska uppskattas är betydelsefullt av flera olika anledningar. I de flesta fall finns ett begränsat underlag av data att använda som grund för riskanalysen. Att genomföra en osäkerhetsanalys då frekvensen ska beräknas är ett sätt att visa på hur den bristande kunskapen som legat till grund för riskanalysen påverkar resultatet.

Syftet med att en riskanalys för transporter av farligt gods genomförs är i första hand att riskanalysen ska användas som beslutsunderlag i den fysiska planeringen. Att klargöra för beslutsfattaren att osäkerheter finns i beslutsunderlaget är därför följaktligen viktigt och ökar användbarheten av beslutsunderlaget. I nuvarande utformning av VTI-modellen genereras enbart frekvens för farligtgodsolycka som ett punktvärde, något som riskerar att tolkas som en mer precis uppskattning av frekvensen än vad som verkligen är fallet.

Nilsson (2005) har genomfört ett examensarbete om hantering av osäkerheter i samband med riskanalyser för transporter av farligt gods. Examensarbetet handlade inte om frekvenser specifikt, utan om riskanalyser för transporter av farligt gods i sin helhet. Nilsson (1994) skriver som en av sina slutsatser att osäkerhetskällorna är många och att osäkerhethantering är en nödvändighet för ett

användbart resultat. Vidare skriver Nilsson (1994) att styrkan med en kvantitativ riskanalys är att ett resultat som ligger så nära verkligheten som möjligt eftersträvas och att denna styrka går förlorad om det kompromissas med osäkerhetshanteringen.

6.4.1 Parameterosäkerheter

Nedan förs en diskussion kring hur osäkerheterna i respektive indataparameter kan hanteras.

6.4.1.1 Olyckskvoter (O_k)

Tabellerade olyckskvoter som finns att inhämta från olika källor måste tolkas som schablonvärden. Även om dessa vid en första anblick kan te sig finindelade finns i själva verket en mängd andra parametrar som indelning inte är gjord efter som kan tänkas påverka olyckskvoten. Exempel på sådana parametrar är vägens geometriska egenskaper, däribland linjeföring, kurvighet och lutning. För mer information hänvisas till Vägverket (2004), Björketun och Matstoms (2003) och Jamil (2006).

I både Trafikverket (2016c) och Räddningsverket (1996) rekommenderas att vägspecifik olycksdata ska beaktas för att uppskatta olyckskvotens storlek. Trafikverket (2016c) rekommenderar att tabellerade värden för en viss väg uppdateras med den faktiska frekvensen för inträffade olyckor. I Räddningsverket (1996) anges två alternativ för att beräkna antalet olyckor på en väg, antingen utnyttjas vägspecifik olycksdata eller så används schablonvärde från beräkningsmatrisen. Olycksdata för en given väg kan exempelvis inhämtas från databasen STRADA.

Istället för att begränsa sig till en metod kan de båda metoderna kombineras för att tillsammans minska osäkerheterna. Genom att inkorporera verklig olycksdata för en väg då modellen används kan unika förutsättningar för den aktuella vägen beaktas och osäkerheten i olyckskvoten minskas.

6.4.1.2 Andel singelolyckor (Y)

I känslighetsanalysen (avsnitt 5.1) har det visats att parametern Y endast kan påverka resultatet med en faktor två. I utvärderingen har det däremot framkommit att det nästan uteslutande är singelolyckor som leder till utsläpp av farligt gods. Därför anses denna parameter vara mycket viktig. Att denna problematik med singelolyckor fångas upp bygger dock på att modellen anpassas, till exempel enligt den vidareutveckling som presenteras i avsnitt 6.1.

Andel singelolyckor anges i Räddningsverket (1996) som punktvärden för olika vägar i VTI-modellen. Att rakt av använda dessa punktvärden torde vara en dålig strategi då det visat sig att andel singelolyckor är en mer komplex parameter. Dels är bakgrunden till de värden som Räddningsverket presenterar inte redovisade, dels beror andel singelolyckor på vägens trafikflöde, dels finns indikationer om att den skiljer sig mellan personbilar och tung trafik. Det finns dessutom goda skäl att anta att det finns vägspecifika förhållanden som gör att enbart en uppdelning på vägtyp inte är tillräcklig.

Ett bra sätt att minska osäkerheterna i denna parameter är att använda sig av statistikdatabasen STRADA. Databasen innehåller detaljerad olycksstatistik och totalt antal singel- och kollisionsolyckor kan enkelt hämtas för den specifika vägen som efterfrågas. Utifrån denna data kan andel singelolyckor enkelt beräknas eller uppdateras med hjälp av Bayesiansk uppdatering och därmed reduceras osäkerheterna.

6.4.1.3 Trafikflöde ($\dot{A}DT$)

Parametern $\dot{A}DT$ har i känslighetsanalysen (avsnitt 5.1) visats ha en begränsad inverkan på den beräknade frekvensen för farligtgodsolyckor. Däremot har andelen singelolyckor visats vara en funktion av trafikflödet (avsnitt 5.7), varför det ändå är värdefullt att samla in data om vägens trafikflöde. Att samla in data för trafikflöde och trafikflöde för tung trafik kan också utgöra värdefullt underlag för att uppskatta vilket värde som ska ansättas för andelen fordon som transporterar farligt gods (X). När en riskanalys genomförs är det också viktigt att beakta att denna parameter kan ändras till följd av bland annat olika typer av samhällsplaneringsbeslut. Det finns alltså en osäkerhet över tid

som bör beaktas. Hur detta ska göras måste bestämmas från fall till fall och beror på riskanalysens syfte.

6.4.1.4 Andel fordon avsedda för farligt gods (X)

Andel fordon avsedda för farligt gods har visats vara en betydelsefull parameter för frekvensens storlek. Känslighetsanalysen (avsnitt 5.1) har visat att genom att ersätta denna parameter med årsmedeldygnstrafik för fordon som transporterar farligt gods dividerat med total årsmedeldygnstrafik blir frekvensens storlek approximativt en linjär funktion av antalet fordon som transporterar farligt gods på vägen.

Generellt sett finns det begränsat med detaljerat och vägspecifikt underlag för att uppskatta storleken på denna parameter, något som gör att denna parameter kan förväntas bidra till en betydande del av osäkerheterna kopplade till riskanalyser för farligt gods på väg. När en riskanalys genomförs måste den som genomför riskanalysen själv ansätta ett värde och ofta finns inget enkelt sätt att uppskatta denna parameter. Ett tillvägagångssätt för att uppskatta parametern kan vara att samla in data för hur stort trafikflödet av tung trafik är på en given väg och därefter göra antagande om hur stor andel av den tunga trafiken som transporterar farligt gods. Lokala variationer kan dock vara påtagliga och leder utpekade för transport av farligt gods eller vägar invid särskilda anläggningar och likande kan ha en betydligt större andel fordon som transporterar farligt gods än riksgenomsnittet.

En annan framkomlig väg kan vara att mäta antalet fordon som transporterar farligt gods på vägen med exempelvis kamerautrustning. En bred fördelning, som täcker ett stort intervall, kan antas och därefter kan resultat från stickprovsmätningar användas för att reducera osäkerheterna. Att mäta antal fordon är dock resurskrävande och kan i sig bidra till osäkerheter om inte mätning sker över tillräckligt lång tid.

Det är också viktigt att påpeka att denna parameter kan förändras till följd av exempelvis olika typer av politiska beslut, samhällsplaneringsbeslut och företagsbeslut. Exempelvis kan det i framtiden transporteras farligt gods på en väg där transporter inte sker idag. Det finns alltså också en osäkerhet över tid som bör beaktas.

Sammantaget är osäkerheter i denna parameter svåra att reducera. Det är därför viktigt att framhålla osäkerheterna i en analys.

6.4.1.5 Index för farligtgodsoolycka (I)

Som det har redogjorts för i avsnitt 5.3 är Räddningsverkets schablonvärden för index för farligtgodsoolycka framtagna baserat på ett bristfälligt sätt och har därefter skalas om med avseende på hastighetsgränsen för vägen. Även om hastigheten kan förväntas ha inverkan på sannolikheten för utsläpp har det visats att andra faktorer också kan inverka. En betydande sådan faktor är huruvida vältning sker vid olyckan. Faktorer som kan förväntas inverka på sannolikheten för vältning är exempelvis förekomst av diken och hur stor släntlutningen invid vägen är.

De schablonvärden som anges i Räddningsverket (1996) måste ses som osäkra och att använda dessa punktvärden är i de flesta fall otillräckligt. Eftersom sannolikheten för utsläpp kan förväntas skilja sig avsevärt mellan singel- och kollisionsoolyckor kan det vara en god idé att dela upp parametern enligt det tillvägagångssätt som föreslås i avsnitt 6.1.

Eftersom begränsat underlag för att skatta denna parameter finns kan denna faktor förväntas bidra till en betydande del av osäkerheterna kopplade till frekvensberäkningar som utförs. Det kan därför vara fördelaktigt att kombinera information från de källor som finns tillgängliga, även om inte dessa avser svenska förhållanden.

6.4.2 Möjliga tillvägagångssätt för osäkerhetshantering

Ett vanligt sätt att hantera osäkerheter är att använda konservativa värden. Resultatet av att enbart använda konservativa värden blir dock att tillförlitligheten och precisionen i analysen blir lidande. Med detta angreppssätt kommer risknivåer i de flesta fall att överskattas. Metoden kan ses som ett försök att försäkra sig om att inte underskatta risken. För att få så verklighetsskildrande uppskattningar som möjligt men ändå klargöra osäkerheternas inverkan ställs krav på bättre metoder för osäkerhetshantering.

Abrahamsson (2002) har gjort en inventering av för- och nackdelar för flertalet olika sätt att angripa osäkerheter i riskanalyser. Det är viktigt att påpeka att hur osäkerheter hanteras måste bestämmas från situation till situation. Det finns dock ett flertal sätt som lämpar sig mer eller mindre väl för osäkerhetshantering kopplat till VTI-modellen.

Intervallanalys kan användas för att se hur osäkerheter kan fortplanta sig i en modell. Genom att låta modellens parametrar anta de värden (största eller minsta) som ger minsta och största möjliga resultat kan ett intervall skapas vilket innehåller den bästa skattningen av risken och återspeglar osäkerheterna. Detta förutsätter att största och minsta värde för parametrarna kan ansättas. Metoden är enkel, lättförståelig och kräver inga större beräkningsresurser. Intervallet som skapas kan dock lätt bli mycket stort och generera orealistiska värden.

Ansatsen ”Fuzzy arithmetic” beskrivs av Abrahamsson (2002) som en generalisering av intervallanalys. Fördelar med metoden är att den inte kräver detaljerad empirisk information utan subjektiva fördelningar kan ansättas. Bonvicini, Leonelli och Spandoni (1998) har visat hur denna ansats kan appliceras på riskanalyser för farligt gods. Bonvicini, Leonelli och Spadoni (1998) lyfter fram att ansatsen kan vara fördelaktig eftersom de ofta finns lite information att tillgå och att mindre beräkningsresurser erfordras. Vidare skriver Bonvicini, Leonelli och Spadoni (1998) att om tillräckligt med beräkningsresurser samt underlag finns för att bestämma fördelningar för parametrarna kan Monte Carlo-analys istället tillämpas.

Som påtalats ovan kan en framkomlig väg kan vara att använda fördelningar och simulering med Monte Carlo-analys. I en sådan analys ansätts sannolikhetsfördelningar för de enskilda parametrarna istället för punktvärden och ett stort antal iterationer genomförs vilket genererar en sannolikhetsfördelning istället för ett punktvärde för den beräknade frekvensen. Detta angreppssätt kan vara något mer tidskrävande än andra angreppssätt men ger också en bättre kvantifiering av osäkerheterna förknippade med analysen och hur de tillsammans påverkar resultatet. Tillgång till beräkningsresurser är i regel inget problem med moderna persondatorer. Monte Carlo-analys redovisar hur osäkerheternas fortplantning kan bidra till extrema resultat, men speglar samtidigt vilka skattningar som är troliga, givet att fördelningarna är väl underbyggda. Ytterligare en fördel med att göra en Monte Carlo-analys är att det är enkelt att rangordna parametrarna efter vilken påverkan de har på den beräknade frekvensen. Därmed blir det tydligt för en användare vilka parametrar som resurser i första hand ska spenderas på för att osäkerheterna i resultatet ska reduceras.

När fördelningarna som ska ingå i Monte Carlo-analysen ska bestämmas är Bayesiansk uppdatering ett bra sätt att hantera parameterosäkerheter. Metoden används för att kombinera information från flera källor för att därmed skapa en mer tillförlitlig skattning. Eftersom det för flera av parametrarna i VTI-modellen finns osäker information att tillgå från flera källor kan detta angreppssätt på ett lämpligt sätt minska osäkerheterna. Exempel på hur detta kan genomföras för olyckskvoter är att utgå från de olyckskvoter som anges i beräkningsmatrisen i Räddningsverket (1996) och därefter uppdatera med olyckskvoten från Bilaga B samt med vägspecifik data från ett utdrag ur STRADA. Därmed skapas en fördelning som tar hänsyn till all tillgänglig data.

Sammanfattningsvis finns det bra möjligheter att hantera många av modellens osäkerheter. Det viktigaste är inte vilken metod som används för att hantera och redovisa osäkerheter, utan det viktigaste är att osäkerheterna hanteras för att göra riskanalysen användbar.

7 Diskussion

7.1 Modellen

Det viktigaste som kommit fram i utvärderingen är att det främst är singelolyckor som ger upphov till farligtgoodsolyckor. En förklaring till detta är att vältning är en betydande riskfaktor för att utsläpp av det farliga godset ska ske vid en trafikolycka och att vältning är betydligt vanligare vid singelolyckor än vid kollisionsoolyckor. Ytterligare en förklaring är att ett stort krockvåld mot tank eller gods i regel krävs för att ett utsläpp ska ske, något som i regel förmodligen inträffar sällan vid kollision med en personbil. En kollision med annat tungt fordon sker rent sannolikhetsmässigt mer sällan än kollision med en personbil.

Att singelolyckor utgör majoriteten av farligtgoodsolyckor och dessutom generellt sett medför större utsläppsmängder fångas inte upp av VTI-modellen med dess nuvarande utformning. Istället förutsäger VTI-modellen det motsatta. Om andel singelolyckor är hög minskar beräknad frekvens jämfört med om andel singelolyckor är låg vid i övrigt samma förutsättningar. Beräknad frekvens minskar alltså istället för att öka ju större andelen singelolyckor är för en väg.

Det har också visats att storleken på vägens trafikflöde (ÅDT) har påverkan på olyckstyps-fördelningen, där ett lågt trafikflöde medför en större andel singelolyckor. Hur betydelsefullt detta är har inte utretts i föreliggande examensarbete. Om beaktande av vägens trafikflöde görs då en riskanalys genomförs med nuvarande utformning av modellen och justering enbart görs av parametern Y (andel singelolyckor) kommer detta påverka beräknad frekvens felaktigt. Om det för en väg med ett högt ÅDT ansätts en lägre andel singelolyckor än vad som rekommenderas i Räddningsverket (1996) kommer detta medföra att den beräknade frekvensen blir större eftersom fler kollisionsoolyckor förväntas på vägen och kollisionsoolyckor är mer betydande för utfallet. Om det för en väg med lågt ÅDT ansätts en högre andel singelolyckor kommer istället beräknad frekvens att minska.

Den uppdelning i singel- och kollisionsoolyckor som gjorts i modellen kan också vara något problematisk och ibland kan det vara svårt att avgöra om en olycka ska klassas som en singelolycka eller en kollisionsoolycka enligt denna indelning. Det är fullt tänkbart att föraren av ett tungt fordon i samband med en lindrigare kollision med exempelvis en personbil väjer undan och kör av vägen till följd av undermanövern. Den utlösande händelsen bör i ett sådant fall kanske klassas som en kollisionsoolycka, men förloppet som medför utsläpp liknar mer en singelolycka. En av de två händelser som klassats som kollisionsoolycka vid genomgången av insatsrapporterna har haft ett liknande händelseförlopp.

Parametern index för farligtgoodsolycka har som tidigare beskrivits tagits fram genom att antal utsläpp på grund av trafikolycka ett visst år dividerats med antal förväntade olyckor samma år. För beskrivning se avsnitt 3.4. Parametern har tagits fram med antagandet att de 20 olyckor som observerades år 1990 är representativa. Det är dock möjligt att dessa 20 olyckor som lett till utsläpp även inkluderar sådana händelser som ej utgörs av trafikolycka. Som presenteras i kapitel 4 har genomgången av insatsrapporterna endast hittat mellan 26 och 31 trafikolyckor som lett till utsläpp för totalt 5 år, vilket är betydligt lägre än vad som rapporterades 1990. Det kan finnas många orsaker till denna skillnad. I avsnitt 2.1 beskrivs hur antal körda kilometer med last för svenskregistrerade fordon har minskat ordentligt sedan 90-talet. Emellertid kan detta bero på att svenska lastbilstransporter istället ersatts av utländska transporter. Det kan också bero på att olyckskvoterna minskat som visats i avsnitt 5.5.

Schablonvärden för index för farligtgoodsolycka i Räddningsverket (1996) har omskalats genom att beakta främst hastighetens inverkan på sannolikheten för utsläpp, där högre hastighet medför högre sannolikhet. Det är troligt att hastigheten påverkar sannolikheten för utsläpp eftersom en större hastighet medför ett större krockvåld vid olycka men i själva verket är det troligen huruvida vältning

av fordonet inträffar eller ej vid olyckan som har störst inverkan på sannolikheten för att ett utsläpp ska ske. Med anledning av detta bör sannolikheten för vältning användas som en förklarande faktor då värden för index för farligtgoodsolycka uppskattas. Det är dock också fullt möjligt att hastigheten kan inverka på sannolikheten för vältning, men detta är inget som har utretts i föreliggande examensarbete. Flera andra faktorer som bidrar till vältning har hittats, däribland släntlutning invid vägen, förekomst av diken och utförande av vägräcken. Förutom att vältning i större grad orsakar utsläpp spelar även vägens övriga förutsättningar in för utsläppssannolikheten, till exempel huruvida hårda föremål finns utefter vägbanan som till exempel vägtrummor.

Risk för vältning kan också förväntas föreligga i korsningar och cirkulationsplatser. Det är rimligt att anta att tung trafik har större sannolikhet till att välta i snäva svängar, som till exempel cirkulationsplatser och korsningar. Detta kan framförallt förväntas i transporter av vätskor på grund av vätskerörelser i tanken. I modellen hanteras inte detta explicit, och det framgår inte ifall schablonvärden för till exempel olyckskvoter justeras med avseende på cirkulationsplatser och korsningar. När en modell utvecklas medför denna alltid en förenkling av den verklighet eller de observationer som ska modelleras. Även om detta är oundvikligt är det viktigt att modellens generella förutsägelser någorlunda överensstämmer med kunskapsläget. Samtidigt är det också viktigt att en modell inte blir så komplicerad att det inte går att få fram underlag för indataparametrarna. Två alternativa utformningar för modellen har föreslagits i avsnitt 6.1 och 6.2. Dessa modeller bygger på VTI-modellen, men har utvecklats för att beakta de observationer som gjorts i detta examensarbete.

Den modell som föreslagits i avsnitt 6.1 utgår från VTI-modellens nuvarande utformning, men med hänsyn taget till det observerade problemet med singelolyckor. Skillnaden är att index för farligtgoodsolycka delas upp och olika värden kan ansättas för singel- respektive kollisionsoolyckor. Därmed kan modellen anpassas till observationerna genom att ett högre värde ansätts för singelolyckor än för kollisionsoolyckor. En nackdel med detta är dock att det kan vara svårt att få fram tillförlitligt underlag för att uppskatta sannolikheten för utsläpp uppdelat på både singelolyckor och kollisionsoolyckor.

Modellen som föreslagits i avsnitt 6.2 har tagits fram baserat på antagandet att det enbart är singelolyckor eller kollision med andra tunga fordon som medför utsläpp. I detta fall blir modellen mer komplicerad och trafikflöde för tung trafik krävs som indataparamater. Underlag för denna parameter är dock för många vägar lätt att finna i Trafikverkets databaser. En fördel med att utforma modellen på detta vis är att sannolikheten för utsläpp för både singelolyckor och kollisionsoolyckor med andra tunga fordon kan förväntas vara relativt hög och att samma värde för index för farligtgoodsolycka eventuellt kan ansättas. Modellen antar att de tunga fordonen är jämt fördelade på vägen, vilket inte behöver vara fallet. Utöver detta gör ett icke konservativt antagande att kollisionsoolyckor med annan trafik inte kan orsaka farligtgoodsolyckor.

Det är viktigt att poängtera att modellerna endast ska ses som förslag till vidareutveckling. Modellerna har inte verifierats och viktig kunskap saknas avseende parametrar och utsläppsmängder.

7.2 Effekter för fysisk planering

Ett vanligt appliceringsområde för VTI-modellen är som verktyg för att beräkna frekvensen för farligtgoodsolyckor i riskanalyser för transporter av farligt gods. Dessa riskanalyser genomförs i regel som en del av riskhanteringsprocessen inom den fysiska planeringen. Syftet är att riskanalyserna ska utgöra en del av beslutsunderlaget för samhällsplaneringen.

Ofta tillämpas vissa skyddsavstånd från en farligtgoodsled till mark som ska exploateras. Det vanligaste ämnet som transporteras är brännbara vätskor, och för att dessa ska utgöra ett hot mot bebyggelse krävs relativt stora utsläpp. Mindre utsläpp av dessa ämnen kan främst förväntas påverka vägens närmiljö, vilket kan vara viktigt ur miljöhänsyn, men inte lika viktigt ur ett säkerhetsperspektiv. För andra typer av ämnen som inte är lika vanliga, till exempel explosiva ämnen

och giftiga gaser, kan dock även små utsläpp medföra längre riskavstånd. Eftersom konsekvenser inte har utretts i detta examensarbete kommer påverkan på fysisk planering diskuteras främst utefter frekvenser och sannolikheter för utsläpp.

I utvärderingen är det tydligt att kollisionsolyckor inte uppvisas i den utsträckning som modellen förutsäger. På grund av för lite olycksstatistik och information om det svenska vägnätet har denna utvärdering inte kunnat avgöra om modellen medför en över- eller underskattning av riskerna på en övergripande nivå. Det är möjligt att antal singelolyckor underskattas, men att detta kompenseras av kollisionsolyckor, vilket skulle kunna innebära att frekvensen på en nationell nivå sett uppskattas på ett användbart sätt. Det kan dock konstateras att det sätt som modellen uppskattar singel- och kollisionsolyckor, och därmed vilka vägtyper som farligtgoodsolyckor förekommer på, medför att olyckorna systematiskt felfördelas.

Eftersom modellens utformning gör att kollisionsolyckor utgör det största bidraget till frekvensen, och olika vägar har olika andel kollisionsolyckor, blir effekter för beräknade risknivåer i anslutning till vägar olika stor för olika vägar. Kollisionsolyckor utgör dock det största bidraget för samtliga vägtyper enligt den indelning som presenteras av räddningsverket. Även om andel singelolyckor är hög är alltså andel kollisionsolyckor av det totala utfallet högre.

För vägar med hög andel singelolyckor kommer risker med transporter enligt utvärderingen vara allra störst. Detta gäller speciellt när vägen har förutsättningar som ger hög sannolikhet för vältning, till exempel stor släntlutning. Vägar med låg andel singelolyckor kommer å andra sidan generellt sett uppvisa lägre risker. Eftersom VTI-modellen egentligen uppskattar det motsatta sambandet kommer frekvenser kring dessa vägar värderas som låg relativt vägar med låg andel singelolyckor. Utöver detta har utvärderingen visat att utsläppsmängder kan variera kraftigt beroende på vilken olyckstyp som föranlett utsläppet, vilket inte beaktas i VTI-modellen. Utsläppen kan förväntas vara störst vid singelolyckor.

För att bättre förstå vilka effekter detta har för fysisk planering behövs förståelse för vilka vägtyper som finns i vilka miljöer. Enligt räddningsverkets schablonvärden har vägar på landsbygd med hög hastighet (70-110 km/h) högre andel singelolyckor, och vägar med lägre hastighetsgränser (30-50 km/h) i tätort har generellt sett låg andel singelolyckor. Givet att detta stämmer innebär utvärderingens resultat att risker kopplade till vägtransport av farligt gods är större på landsbygd än i tätort. Detta är en förenklad slutsats eftersom generaliseringar för landsbygd respektive tätort inte rakt av kan göras. Egentligen gäller att vissa vägtyper (som kan förväntas i högre utsträckning i tätort) innebär relativt sett lägre risker än andra vägtyper (som generellt uppträder i landsbygd).

Antagandet i VTI-modellen att singel- och kollisionsolyckor har samma sannolikhet för utsläpp får generellt olika påverkan för vägar i tätort jämfört med vägar på landsbygd. Om ett representativt medelvärde väljs som index för farligtgoodsolycka kommer frekvenser i tätort överskattas, medan frekvenser på landsbygd istället underskattas. Om resonemanget förs vidare och antagande görs att tätort har en hög befolkningstäthet medan landsbygd har låg befolkningstäthet överskattas samhällsriskerna för transporter av farligt gods för samhället i stort.

För att slutsatser kring den absoluta risknivån som uppskattas med hjälp av frekvenser beräknade med VTI-modellen ska kunna dras krävs dock mer kunskap om sannolikheten för att utsläpp ska ske för de båda olyckstyperna. Det är också viktigt att poängtera att det inte är huruvida en väg är belägen i landsbygd eller tätort som är relevant, utan istället förekomst av singelolyckor och förutsättningar som ökar sannolikheten för vältning.

Resonemanget pekar dock på hur viktigt det är att beakta skillnaderna mellan singelolyckor och kollisionsolyckor för risker med transporter av farligt gods i samhällsplaneringen. Vid fysisk planering bör vägar med hög andel singelolyckor och förutsättningar för vältning beaktas särskilt.

Det är dock viktigt att poängtera att vissa av de faktorer som ökar sannolikheten för vältning kan på andra sätt ha positiva effekter för olyckornas utfall. Diken kan till exempel samla upp vätska och därmed minska utsläppets utbredning. Även mitträcken har en i övrigt positiv påverkan på trafikolycksrisken. Att dessa faktorer ökar sannolikheten för vältning innebär därför inte att de enkelt kan avfärdas som bra eller dåliga ur ett farligt gods-perspektiv, utan det måste avgöras från fall till fall.

Det bör också nämnas att parametern index för farligtgodsolycka justerar olycksfördelningen mellan olika vägar med avseende på vägens hastighetsgräns, vilket gör att vägar med hög hastighet får en högre olycksfrekvens. Justeringen beror dock på fordonens hastighet, och inte andel singelolyckor, vilket innebär att problemet inte fångas upp. På så vis kan riskerna för en väg med hög hastighet men låg andel singelolyckor överskattas jämfört med vad kunskapsläget idag visar på.

Det har också visats i utvärderingen att andra orsaker som inte är trafikolyckor utgör ungefär hälften av genomförda räddningsinsatser där utsläpp av farligt gods har skett under vägtransport år 2011-2015. Insatsrapporterna indikerar dock att dessa utsläpp generellt sett är relativt små. Underlaget som legat till grund för att säga att dessa utsläpp generellt sett är små är dock dels litet och dels osäkert eftersom utsläppsmängden har uppskattas på plats av räddningstjänsten. En förklaring till att utsläppen är mindre kan vara att sådana utsläpp oftast härrör från transporter av styckegods. Detta medför att utsläppen kan förväntas bli mindre än vid tanktransporter till följd av att det ofta är enstaka behållare eller kollin som går sönder.

Eftersom en avgränsning som gjorts då VTI-modellen först utvecklades var att enbart trafikolyckor skulle beaktas som en orsak till utsläpp innebär dessa övriga händelser inga felaktigheter i modellen i sig. Om VTI-modellen används som enda representation av frekvensen utelämnas de olyckor som inte utgörs av trafikolyckor. För att få en fullständig bild av riskerna förknippade med vägtransport av farligt gods behöver dessa orsaker beaktas vid genomförandet av en riskanalys.

De konsekvenser som kan uppstå på grund av utsläppen kan antas bli begränsade och därmed inte påverka omgivningen på samma avstånd som stora utsläpp gör. Konsekvenserna av sådana utsläpp kan därför generellt antas vara begränsade till vägens direkta närhet. Detta kan främst förväntas påverka individrisken eftersom bebyggelse precis intill vägar är sällsynt, särskilt vägar där farligt gods transporteras. Av miljöhänsyn är dessa olyckor ändå viktiga att förstå, speciellt om det farliga godset transporteras i vattenskyddsområden eller liknande.

Generellt kan sägas att det finns stora osäkerheter kopplade till riskanalyser av transporter av farligt gods. Det har påtalats att osäkerheter inte är något som explicit hanteras om modellen används i sin nuvarande utformning, utan osäkerhetshandlingarna är helt upp till användaren som genomför en riskanalys. Att hantera osäkerheterna förknippade med en riskanalys för transport av farligt gods är viktigt eftersom riskanalysen ofta ska användas som beslutsunderlag i den fysiska planeringen.

Att enbart använda konservativa värden i en riskanalys innebär att stora skyddsavstånd till en väg där farligt gods transporteras krävs eller att kostsamma åtgärder måste genomföras om önskemål om att exploatera marken ändå finns. Att hantera osäkerheterna genom att använda konservativa värden är således inte ett effektivt angreppssätt då riskanalysen genomförs för att tjäna som beslutsunderlag i den fysiska planeringen. Utöver detta försummas viktig information kopplad till analysen.

En riskanalys som istället hanterar osäkerheterna, till exempel genom att belysa vilka intervall risknivåer ligger inom, vilka värden på risknivåer som är mer eller mindre troliga och vad dagens kunskapsläge återspeglar innebär flera avgörande saker. Större betydelse läggs på riskanalysens begränsningar, vilket för beslutsfattaren tydliggör begränsningarna i dagens kunskapsläge. Att hantera och redovisa osäkerheterna innebär därför att mer informerade beslut kan fattas. Samtidigt innebär det att beslutsfattaren får fler frågor att ta hänsyn till. De mest extrema risknivåer osäkerheterna kan bidra till kan vara omöjliga för beslutsfattaren att acceptera. Om möjligheten till dessa utfall inte blir tydlig

för beslutsfattaren kan oacceptabla beslut tas i blindo. Om dessa risknivåer däremot redovisas, men har konstateras vara väldigt osannolika eller mer kunskap kan utesluta dessa risknivåer, kanske risken kan accepteras efter att osäkerheterna minskats eller vissa åtgärder vidtagits.

Flera andra sätt att hantera osäkerheter har lyfts fram. Det är inte alltid så att en enda metod för att hantera osäkerheterna alltid är bäst, utan olika metoder kan potentiellt användas. I avsnitt 6.4.2 har Bayesiansk uppdatering av sannolikhetsfördelningar kombinerat med Monte Carlo-analys framförts som ett bra angreppssätt för att hantera osäkerheter då VTI-modellen används.

7.3 Felkällor

Det underlag som ligger till grund för VTI-modellen har konstaterats i många fall ha låg transparens. Detta har orsakat många problem under utvärderingen eftersom det inte kan fastläggas hur värden tagits fram. Under utvärderingens gång har det varit svårt i vissa fall att värdera ny information, eftersom den är svår att jämföra med den gamla. Nya värden kan innebära antaganden och begränsningar som är svåra att jämföra med Räddningsverkets schablonvärden, eftersom dessa antaganden och begränsningar är otydliga.

Den låga transparensen i framtagandet innebär också att vilka osäkerheter som är förknippade med metoden blir dolda, vilket ytterligare försvårar möjligheterna att skapa en bild av riskerna som återspeglar hela kunskapsläget.

Insamlingen och sammanställningen av insatsrapporter har varit en både givande och frustrerande process. Kategoriseringen av fritextsvaren har delvis baserats på VTI-modellens parametrar, till exempel vad gäller uppdelningen singel- och kollisionsolyckor. Kategoriseringen om till exempel olycksfordonet vält eller ej och huruvida det var en singel- eller kollisionsolycka fick göras utefter fritextsvaren, vilket resulterade i att en kategorisering inte alltid kunde göras för varje enskild händelse.

Hade en annan kategorisering gjorts efter andra villkor hade troligtvis också andra samband hittats. I flera av insatsrapporterna nämns till exempel trötthet som trolig orsak till olyckan. En närmare undersökning av människa-teknik-organisationsaspekter av olyckor som leder till utsläpp hade kunnat leda till åtgärder som förhindrar olyckor, men troligtvis inte lika mycket till en utveckling av modellen. Eftersom frekvenser enbart är intressanta över en längre tid när de används inom fysisk planering är säsong- eller dygnsbetonade orsaker som halka, mörker, och annat mindre betydelsefulla ur ett modellperspektiv.

De insatsrapporter som erhöles i detta examensarbete hade på förhand grovsorterats av MSB för att materialet endast skulle innehålla insatsrapporter relevanta för frågeställningarna. Detta kan utgöra en felkälla till insatsstatistiken. I MSB:s grovsortering försvann även insatsrapporter där olyckor där fordon avsedda för farligt gods varit inblandade, men som ej lett till utsläpp. Denna information hade kunnat användas för att på ett bättre sätt förstå vad som skiljer olyckor som leder till utsläpp med de som inte leder till utsläpp. I dessa insatsrapporter bör de kollisionsolyckor som förväntas enligt modellen finnas.

Vidare har rapporteringen i många fall varit oklar och innehållit för lite information för att på ett bra sätt sammanställa alla rapporter. Mer utförliga fritextsvar och beskrivning av plats och händelseförlopp hade hjälpt sammanställningen mycket.

Till stor del är informationen användbar till att förstå utsläpp av farliga ämnen i samband med vägtransport, men den varierande detaljrikedomen i informationen gör att insatsrapporterna inte enkelt kan översättas till heltäckande aggregerad statistik.

7.4 Utveckling av kunskapsläget

Trafikverket har trafiksäkerhetsmodeller där olyckskvoter kan beräknas för länkar och korsningar. Det går också att inhämta vägspecifik data från databasen i STRADA. Därmed gäller att kunskapsbehovet för olyckskvotens storlek för olika vägar och vägtyper kan anses vara tämligen väl tillgodosett.

Under examensarbetets gång har dock ett flertal kunskapsbrister identifierats. Till viss del handlar detta om att uppdatera föråldrad information, men även en del ny kunskapsutveckling behövs. För att en ny modell ska vara användbar behövs framförallt mer kunskap om skillnader i sannolikhet för utsläpp och utsläppsmängder uppdelat på singelolyckor och kollisionsoolyckor. På grund av att farligtgodsolyckor tacksamt nog är sällsynta, och mycket data kan behövas för att få tillförlitliga resultat kan det vara nödvändigt att samla in statistik från flera länder med liknande förhållanden. Exempelvis skulle detta kunna genomföras som en Europeisk studie.

Nedan utpekas de områden där mest behov finnas av vidare kunskapsutveckling.

- Det behövs mer kunskap för att hantera risker kopplade till utsläppsorsaker som inte kan kopplas till trafikolyckor med vägfordon som transporterar farligt gods. Detta kan till exempel göras genom att utreda hur ofta det händer, och om speciella omständigheter föreligger vid sådana utsläpp. Det behövs också mer kunskap om vilka utsläppsmängder dessa olyckor kan medföra.
- Sannolikhet för utsläpp och storleken på utsläppen som kan förväntas givet en trafikolycka behöver utredas vidare för svenska förhållanden. Särskilt behöver singelolyckor särskiljas från kollisionsoolyckor och faktorer som påverkar vältning beaktas. Detta görs lämpligen genom vidare forskning. Att även titta mer uttömmande på statistik från andra länder kan hjälpa kunskapsläget.
- En viktig parameter som det idag saknas tillfredsställande underlag för att skatta är hur stor andel av trafikflödet som utgörs av transporter av farligt gods för specifika vägar. En sådan sammanställning har visat sig vara svår att utföra med hänsyn till rikets säkerhet. Ett tillvägagångssätt för att ändå komma vidare är att undersöka möjligheten att ta fram generella värden för olika sorters vägtyper eller geografiska områden.

Avslutningsvis kan nämnas att det också är av vikt att komma ihåg att frekvensuppskattning av farligtgodsolyckor enbart utgör en begränsad del av en riskanalys. Bland annat kan konsekvensuppskattningar i regel förväntas bidra med stora osäkerheter till beräknade risknivåer och generellt finns begränsat med underlag över hur mycket gods, vilket typer av farligt gods och var transportererna sker. Innan resurser eventuellt spenderas på att förbättra modell och indata för frekvensuppskattningar måste därför det hela sättas i ett större perspektiv. Det är inte meningsfullt att ta fram noggrann indata att använda vid frekvensuppskattningar om det inte får någon betydande påverkan på slutresultatet. För vissa parametrar i VTI-modellen kan dock sägas att osäkerheterna kring dessa kan minskas relativt enkelt.

8 Slutsatser

Examensarbetets slutsatser presenteras nedan uppdelat efter examensarbetets tre frågeställningarna.

Vilka behov av uppdatering och/eller förändring av modellen finns?

Modellen behöver anpassas för att ta hänsyn till det aktuella kunskapsläget. Det innebär främst att:

- Modellen behöver anpassas och vidareutvecklas för att ta hänsyn till att singelolyckor är de trafikolyckor som i huvudsak orsakar utsläpp, till exempel enligt vidareutvecklingsförslaget som presenteras i avsnitt 6.1.
- Parametern index för farligtgoodsolycka, som beskriver sannolikheten för utsläpp vid en olycka, behöver uppdateras och omarbetas så att relevanta faktorer beaktas.
- Det behövs en metod för att hantera andra orsaker till utsläpp än trafikolyckor. Utvärderingen har visat att uppemot hälften av alla utsläpp av farligt gods under vägtransport inte är till följd av trafikolyckor. Avgränsningen att endast trafikolyckor beaktas då frekvensen beräknas gör att en betydande andel av händelserna utelämnas.

På vilket sätt beaktas osäkerheter i modellen i nuläget och hur kan osäkerheter hanteras och integreras i modellen?

- Genom att använda modellen hanteras inte osäkerheter explicit, utan detta lämnas till användaren.
- Transparensen i många av modellens schablonvärden för indataparametrar är låg, vilket i sig bidrar till osäkerheter i framräknade frekvenser.
- Det finns goda möjligheter att hantera många av osäkerheterna med hjälp av till exempel Bayesiansk uppdatering för att beakta information från flera källor i kombination med Monte Carlo-metoder.

Hur påverkar en eventuell uppdatering av modellen, modellens parametrar och osäkerhets-hantering framräknade utfall och risker inom fysisk planering?

- Olika vägar uppvisar olika risknivåer på ett sätt som inte fångas upp av modellen. Detta får konsekvenser för fysisk planering genom att risknivåer systematiskt fördelas felaktigt mellan olika vägtyper. Vägar med hög andel singelolyckor uppvisar störst risk i motsats till vad modellen säger. Dessa vägar bör särskilt beaktas.
- Modellen överskattar troligtvis frekvensen till följd av att kollisionsoolyckor är så pass betydelsefulla i modellen. Detta medför i förlängningen en överskattad risknivå, särskilt för vägar där huvudsakligen kollisionsoolyckor sker.
- Den vidareutveckling som föreslås i avsnitt 6.1 skulle medföra att risknivåer fördelas mellan olika vägar på ett sätt som bättre återspeglar dagens kunskapsläge, vilket ger bättre förutsättningar för fysisk planering.
- Hantering av osäkerheter gör att dagens kunskapsläge kan återspeglas på ett bättre sätt för beslutsfattaren. Detta förbättrar ytterligare möjligheterna till sakligt belagda beslut inom fysisk planering.

Referenser

- Abrahamsson, M. (2002). *Uncertainty in Quantitative Risk Analysis - Characterisation and Methods of Treatment* (Licentiatavhandling, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 1024). Lund: Lunds universitet.
- Alvarsson, O. & Jansson, J. (2016) *Jämförelsestudie av riskbedömningar avseende transport av farligt gods*. (Examensarbete, Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 5032). Lund: Lunds universitet.
- Björketun, U. & Matstoms, P. (2003). *Effektsamband för samhällsekonomiska analyser inom transportområdet* (VTI meddelande 943). Linköping: Statens- väg och transportforskningsinstitut (VTI).
- Bonvicini, S., Leonelli, P. & Spadoni, G. (1998). Risk analysis of hazardous materials transportation: Evaluating uncertainty by means of fuzzy logic. *Journal of Hazardous Materials*, 62(1), 59-74.
- Button, N. P. (1999). *Release and fire incident rates for trucks carrying dangerous goods* (Doktorsavhandling). Waterloo: University of Waterloo.
- Fredén, S. (1994a). *Om sannolikheter för järnvägsolyckor med farligt gods* (VTI rapport Nr 387:2). Linköping: Statens- väg och transportforskningsinstitut (VTI).
- Fredén, S. (1994b). *Användning av analysmetoden: ett fiktivt beräkningsexempel* (VTI rapport Nr 387:6). Linköping: Statens- väg och transportforskningsinstitut (VTI).
- Gwehenberger, J., & Langwieder, K. (2002). *Tanker trucks in the current accident scene and potentials for enhanced safety*. Delft: 7th International Symposium on Heavy Vehicle & Dimensions.
- Helmersson, L. (1994). *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg* (VTI rapport Nr 387:4). Linköping: Statens- väg och transportforskningsinstitut (VTI).
- Henriksson, P. & Yahya, M.-R. (2016). *Utländska lastbilar i Sverige – Revidering av indata till avgasmodellen HBEFA avseende trafikarbetets fördelning inom segmentet* (VTI notat 16-2016). Linköping: Statens- väg och transportforskningsinstitut (VTI).
- Hjort, M. & Sandin, J. (2012). *Trafiksäkerhetseffekt vid införande av längre och tyngre fordon – En kunskapsöversikt* (VTI notat 17-2012). Linköping: Statens- väg och transportforskningsinstitut (VTI).
- Ingvarsson, J., & Roos, A. (2003). *Metoder för risk- och sårbarhetsanalys - med inriktning mot allvarliga händelser inom processindustri och transport av farligt gods* (Examensarbete, Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 5113). Lund: Lunds Universitet.
- Jamil, S. (2006). *Samband mellan trafikolyckor och väggeometri – En analys av kopplade olycks- och vägdata för större vägar i Region Väst* (Examensarbete, Avdelningen för geologi och geoteknik, Chalmers Tekniska Högskola, 2006:76). Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- Lindberg, E. & Morén, B. (1994). *Risikanalysmetod för transporter av farligt gods på väg och järnväg: projektsammanfattning* (VTI rapport Nr 387:1). Statens- väg och transportforskningsinstitut (VTI).
- MSB (2014a). *Revidering och utveckling och av dagens insatsrapport*. Hämtad 2016-10-14, från: <https://www.msb.se/sv/Produkter--tjanster/Inrapportering/Raddningstjänstens-insatser/Utveckling-och-revidering-av-dagens-insatsrapport/>

- MSB (2014b). *Transport av farligt gods, händelserapportering 2007-2012* (MSB786). Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- MSB (2015a). *Väg – Trafikanalys*. Hämtad 2016-10-09, från: <https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Transport-av-farligt-gods/Statistik/Vag/Trafikanalys/>
- MSB (2015b). *Räddningstjänst i siffror 2014*. Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- MSBFS 2015:1. *Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng*. Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- Nilsson, G. (1994) *Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafik olyckor* (VTI rapport Nr 387:3). Linköping: Statens- väg och transportforskningsinstitut (VTI).
- Nilsson, A. (2005). *Osäkerheter vid riskanalyser i samband med transport av farligt gods*. (Examensarbete, Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 5172). Lund: Lunds universitet.
- Nystedt, F. (2007). Rationell riskhantering i samhällsplaneringen. *Bilagan nr 1*. ss. 13-15.
- Persson, U. & Svarvar, P. (1994) *Ekonomisk analys av farligt godsolyckor vid järnvägs- och tankbilstransporter av ammoniak och bensin* (VTI rapport Nr 387:5). Linköping: Statens- väg och transportforskningsinstitut (VTI).
- Räddningsverket (1996). *Farligt gods – Riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*. Karlstad: Statens räddningsverk.
- Räddningsverket (2003). *Handbok för riskanalys*. Karlstad: Statens Räddningsverk.
- Räddningsverket (2006). *Kartläggning av farligt godstransporter September 2006*. Karlstad: Statens Räddningsverk.
- Schieder U.-P., Gwehenberger, J. & Langwieder, K. (2003). Ladung – Einflüsse und Auswirkungen bei Lkw-Unfällen. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik*. März 2003, Heft 3.
- Shen, X., Yan, Y., Li, X., Xie, C., & Wang, L. (2014) Analysis on Tank Truck Accidents Involved in Road Hazardous Materials Transportation in China. *Traffic Injury Prevention*, 15(7), 762-768.
- SKL (2012). *Transporter av farligt gods – Handbok för kommunernas planering*. Stockholm: Sveriges kommuner och landsting.
- Stewart A.M., Van Aerde M. (1990). An empirical analysis of Canadian gasoline and LPG truck releases, *Journal of Hazardous Materials*, 25(1-2), 205-217.
- Torstensson, H. (1999). *Säkerhetsbrister och skador vid tanktransport av farligt gods på väg*. Fou rapport. Karlstad: Räddningsverket.
- Trafikanalys (2015). *Möjligheter att kartlägga flöden av farligt gods i Sverige – en förstudie* (PM 2015:3). Stockholm: Trafikanalys.
- Trafikanalys (2016). *Trafikarbete på svenska vägar*. Stockholm: Trafikanalys.
- Trafikverket (2013). *Hastighetsundersökning 2012, Resultatrapport* (Publikationsnummer 2013:002). Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket (2016a). *Sveriges vägnät*. Hämtad 2016-11-09, från: <http://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/vag/Sveriges-vagnat/>

- Trafikverket (2016b). *Bygg om eller bygg nytt*. Kapitel 1. Introduktion. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket (2016c). *Bygg om eller bygg nytt*. Kapitel 6. Trafiksäkerhet. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket (2016d). *Bygg om eller bygg nytt*. Kapitel 3. Trafikanalyser. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket (2016e). *Bygg om eller bygg nytt*. Kapitel 2. Vägtyper, korsningar och förbättringsåtgärder. Borlänge: Trafikverket.
- Vägverket (1997). *Vägutformningens betydelse vid olyckor med farligt gods*. (Publikation 1997:87). Borlänge: Vägverket.
- Vägverket (1999). *Antal olyckor och risker för tung lastbil på det statliga huvudvägnätet: nya riskberäkningar baserat på de senaste trafikräkningarna: validering av riskmodell för transport av farligt gods* (Publikation 1999:37). Borlänge: Vägverket.
- Vägverket (2004). *Vägar och gators utformning*. (VV Publikation 2004:80). Borlänge: Vägverket.

Bilaga A Insatsrapportering

Nedan presenteras den data som ligger till grund för sammanställningen av insatsrapporter som presenteras i kapitel 4. Utsläppsmängd, vältning, orsak och miljö har kategoriserats efter rapportens innehåll.

Tabell A-1. Kategorisering av insatsrapporter med datum, UN-nr för ämne, rapporterad utsläppsmängd samt kategorisering av olyckstyp, vältning, orsak och miljö enligt fritextsvaren.

Datum	UN-nr	Utsläppsmängd	Olyckstyp	Vältning	Orsak	Miljö
14/10/2015	1202	50 l	Okänd	Ja		Väg
18/09/2015	1203	50 l	Singelolycka	Ja		Väg
24/08/2015	1202	200 l	Singelolycka	Ja		Väg
19/07/2015	1866	Okänd	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, styckegods	Okänd
30/06/2015	2796	Okänd	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Okänd	Väg
29/04/2015	3262	1 l	Okänd	Nej		Okänd
29/04/2015	1202	Okänd	Okänd	Nej		Okänd
21/04/2015	2426	100 kg	Singelolycka	Ja		Väg
19/03/2015	3077	Okänd	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, styckegods	Okänd
03/03/2015	Saknas	Okänd	Singelolycka	Ja		Väg
03/03/2015	1971	Okänd	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Okänd	Väg
24/02/2015	1824	1500 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, styckegods	Väg
22/01/2015	3264	5 l	Singelolycka	Ja		Väg
21/11/2014	3295	5000 l	Singelolycka	Ja		Väg
31/10/2014	1814	2 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, styckegods	Okänd
31/10/2014	1863	5 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, tankbil	Väg
30/10/2014	2014	30 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, tankbil	Väg
15/10/2014	1202	2000 l	Kollisionsolycka	Ja		Väg
25/09/2014	1230	20 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, tankbil	Väg
05/08/2014	1993	Okänd	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, styckegods	Väg
30/07/2014	1202	500 l	Singelolycka	Ja		Väg
28/07/2014	2067	300 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, styckegods	Väg
27/05/2014	1830	Okänd	Singelolycka	Ja		Väg
25/03/2014	3265	60 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, styckegods	Okänd
11/02/2014	1263	100 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, styckegods	Okänd
23/01/2014	1789	1 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, styckegods	Okänd
20/01/2014	1993	45 l	Kollisionsolycka	Nej		Väg
12/12/2013	1202	50 l	Singelolycka	Ja		Väg
12/12/2013	1202	50 l	Singelolycka	Ja		Väg
28/11/2013	1760	Okänd	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, styckegods	Väg
27/11/2013	1202	Okänd	Singelolycka	Ja		Väg
15/10/2013	3375	3000 l	Singelolycka	Ja		Väg

25/09/2013	1789	4900 l	Singelolycka	Ja		Väg
03/09/2013	1202	Okänd	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Okänd	Okänd
29/08/2013	999	30 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, styckegods	Väg
19/08/2013	1972	Okänd	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Okänd	Väg
08/07/2013	3077	40000 kg	Singelolycka	Okänd		Väg
24/06/2013	1202 & 2426	Okänd	Singelolycka	Ja		Väg
17/04/2013	1202	Okänd	Okänd	Nej		Okänd
20/02/2013	1824	100 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, tankbil	Väg
10/01/2013	1202	Okänd	Singelolycka	Ja		Väg
06/12/2012	1202	40 l	Okänd	Okänd		Okänd
22/11/2012	2426	250 l	Singelolycka	Ja		Väg
30/10/2012	1202	800 l	Singelolycka	Okänd		Väg
28/10/2012	3264	Okänd	Singelolycka	Ja		Väg
17/08/2012	1824	2000 l	Singelolycka	Ja		Väg
27/04/2012	1719	20 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, styckegods	Väg
20/04/2012	1202	Okänd	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Okänd	Väg
02/04/2012	2582	250 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Okänd	Väg
22/03/2012	1202	10 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, styckegods	Okänd
20/02/2012	1202	300 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Okänd	Okänd
20/12/2011	1202 & 1203	15000 l	Singelolycka	Ja		Väg
30/11/2011	2031	60 l	Singelolycka	Okänd		Väg
29/11/2011	1805	20 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Okänd	Okänd
20/09/2011	3082	100 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, tankbil	Väg
17/09/2011	1202	300 l	Singelolycka	Ja		Väg
14/09/2011	1263	250 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, styckegods	Väg
07/09/2011	1202	400 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Fel på utrustning	Okänd
26/08/2011	1830	75 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Okänd	Väg
21/07/2011	1202	50 l	Singelolycka	Okänd		Okänd
24/06/2011	1830	5 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Fel på utrustning	Väg
17/06/2011	1760	50 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, styckegods	Okänd
06/05/2011	1824	0,1 l	Annan (ej trafikolycka)	Nej	Felaktig lastning, styckegods	Okänd

Bilaga B Olyckskvoter

Här redovisas framräknade olyckskvoter för länkar. Olyckskvoterna har beräknats enligt förutsättningar som redogjorts för i avsnitt 5.5. För korsningar finns en separat korsningsmodell, se Trafikverket (2016c).

Observera att olyckskvoterna i denna bilaga anges per miljon axelparkilometer. Schabloner för olyckskvoter i Räddningsverket (1996) presenteras i stället med enheten miljoner fordonskilometer. Om data för ÅDT finns tillgänglig i antal axelpar kan olyckskvoterna användas rakt av, i annat fall måste ÅDT omräknas till enheten axelpar. Finns information om ÅDT indelat efter fordonskategori kan Tabell B-1 användas. I annat fall finns schablonvärden för olika vägtyper enligt Trafikverkets trafikmätningssystem angivna i Tabell B-2.

Tabell B-1. Genomsnittligt antal axlar och axelpar för olika fordonstyper. Återgiven från Trafikverket (2016c).

Fordonstyp	Genomsnittligt antal axlar	Genomsnittligt antal axelpar
Personbil	2	1
Lastbil utan släp	2,2	1,1
Lastbil med släp	5,5	2,75

Tabell B-2. Schablonvärden för axelpar indelat efter vägtyper. Återgiven, något omarbetad, från Trafikverket (2016d).

Vägtyp	Personbil		Lastbil utan släp (+ buss)		Lastbil med släp		Medelvärde	
	andel fordon	axelpar per fordon	andel fordon	axelpar per fordon	andel fordon	axelpar per fordon	axelpar per fordon	fordon per axelpar
Europavägar	86 %	1	6 %	1,1	8 %	2,75	1,15	0,87
Riksvägar och primära länsvägar	92 %	1	4 %	1,1	4 %	2,75	1,075	0,93
Sekundära och tertiära länsvägar	95 %	1	2,5 %	1,1	2,5 %	2,75	1,05	0,95
Tätort	93 %	1	4 %	1,1	3 %	2,75	1,05	0,95

Framräknade olyckskvoter är indelade efter flertalet olika vägegenskaper, några av dessa förklaras kortfattat nedan. För en mer detaljerad redogörelse hänvisas till Trafikverket (2016e). Därefter redovisas olyckskvoterna i Tabell B-3 för vägar med kommunal väghållare och Tabell B-4 för vägar med statlig väghållare.

Trafikfunktion: Beskriver trafikens karaktär. Indelas i genomfart/infart (GIF), tangent och citygata. För mer information se (Trafikverket 2016e, s. 2).

Trafikmiljö: Beskriver omgivningens karaktär längs vägen. Indelas i ytterområde (Y), mellanområde (M) och centrumområdet (C).

Följande anges om ytterområde: ”Skyddszon mellan gata och bebyggelse eller obebyggd omgivning. Inga tomtutsläpp eller lokala gatuanslutningar finns och ingen parkering förekommer på vägbanan. GC-trafik⁵ förekommer inte eller är separerad till friliggande GC-väg.” (Trafikverket 2016e, s. 2)

Följande anges om mellanområde: ”Brett gaturum, bebyggelse > 2 m från körbana, enstaka lokala gatuanslutningar, GC-bana skild från körbana med kantstöd alternativt gångbanor och cyklister på körbanan, korsande GC-trafik i korsningar, inte parkering.” (Trafikverket 2016e, s. 2)

Följande anges om centrumområde: ”Trångt gaturum, bebyggelse på ömse sidor, tomtutsläpp, lokala gatuanslutningar, gångbanor och cyklister i körbanan, frekvent korsande GC- trafik, parkering.” (Trafikverket 2016e, s. 2).

Tabell B-3. Beräknade olyckskvoter för vägar med kommunal väghållare år 2016. Olyckskvoterna har beräknats enligt avsnitt 5.5 och har enheten per miljon axelparkilometer.

Miljötyp	Vägtyp	Körfält	Trafikfunktion	Trafikmiljö	Hastighetsgräns.	Olyckskvot
Tätort	Vanlig väg	2	City	C	40	0,64
Tätort	Vanlig väg	2	City	M	40	0,60
Tätort	Vanlig väg	2	GIF	C	40	0,56
Tätort	Vanlig väg	2	GIF	M	40	0,50
Tätort	Vanlig väg	2	Tangent	C	40	0,60
Tätort	Vanlig väg	2	Tangent	M	40	0,54
Tätort	Vanlig väg	2	City	C	50	0,71
Tätort	Vanlig väg	2	City	M	50	0,67
Tätort	Vanlig väg	2	GIF	C	50	0,62
Tätort	Vanlig väg	2	GIF	M	50	0,54
Tätort	Vanlig väg	2	GIF	Y	50	0,50
Tätort	Vanlig väg	2	Tangent	C	50	0,67
Tätort	Vanlig väg	2	Tangent	M	50	0,60
Tätort	Vanlig väg	2	Tangent	Y	50	0,54
Tätort	Vanlig väg	2	GIF	M	60	0,32
Tätort	Vanlig väg	2	GIF	Y	60	0,29
Tätort	Vanlig väg	2	Tangent	M	60	0,36
Tätort	Vanlig väg	2	Tangent	Y	60	0,32
Tätort	Vanlig väg	2	GIF	M	70	0,36
Tätort	Vanlig väg	2	GIF	Y	70	0,32
Tätort	Vanlig väg	2	Tangent	M	70	0,40
Tätort	Vanlig väg	2	Tangent	Y	70	0,36
Tätort	Vanlig väg	2	GIF	Y	80	0,25
Tätort	Vanlig väg	2	Tangent	Y	80	0,25
Tätort	4-fältsväg	4	City	C	40	0,96
Tätort	4-fältsväg	4	City	M	40	0,91
Tätort	4-fältsväg	4	GIF	C	40	0,81
Tätort	4-fältsväg	4	Tangent	C	40	0,91
Tätort	4-fältsväg	4	City	C	50	1,06
Tätort	4-fältsväg	4	City	M	50	0,99
Tätort	4-fältsväg	4	GIF	C	50	0,91

⁵ GC betyder gång/cykel.

Tätort	4-fältsväg	4	GIF	M	50	0,82
Tätort	4-fältsväg	4	GIF	Y	50	0,75
Tätort	4-fältsväg	4	Tangent	C	50	0,99
Tätort	4-fältsväg	4	Tangent	M	50	0,89
Tätort	4-fältsväg	4	Tangent	Y	50	0,82
Tätort	4-fältsväg	4	GIF	M	60	0,44
Tätort	4-fältsväg	4	GIF	Y	60	0,41
Tätort	4-fältsväg	4	Tangent	M	60	0,48
Tätort	4-fältsväg	4	Tangent	Y	60	0,44
Tätort	4-fältsväg	4	GIF	M	70	0,48
Tätort	4-fältsväg	4	GIF	Y	70	0,46
Tätort	4-fältsväg	4	Tangent	M	70	0,53
Tätort	4-fältsväg	4	Tangent	Y	70	0,48
Tätort	4-fältsväg	4	GIF	Y	80	0,29
Tätort	4-fältsväg	4	Tangent	Y	80	0,29
Tätort	4-fältsväg	4	GIF	Y	90	0,32
Tätort	4-fältsväg	4	Tangent	Y	90	0,32

Tabell B-4. Beräknade olyckskvoter för vägar med statliga väghållare år 2016. Olyckskvoterna har beräknats enligt avsnitt 5.5 och har enheten per miljon axelparkilometer.

Miljötyp	Vägtyp	Körfält	Bredd	Hastighetsgräns.	Olyckskvot
Tätort	Vanlig väg	2	-	40	0,38
Tätort	Vanlig väg	2	< 5,7	50	0,47
Tätort	Vanlig väg	2	5,7 - 6,6	50	0,47
Tätort	Vanlig väg	2	6,7 - 7,9	50	0,47
Tätort	Vanlig väg	2	8. - 10	50	0,47
Tätort	Vanlig väg	2	10,1 - 11,5	50	0,47
Tätort	Vanlig väg	2	11,6 -	50	0,47
Tätort	Vanlig väg	2	-	60	0,40
Landsbygd	Vanlig väg	2	< 5,7	70	0,51
Landsbygd	Vanlig väg	2	5,7 - 6,6	70	0,44
Landsbygd	Vanlig väg	2	6,7 - 7,9	70	0,44
Landsbygd	Vanlig väg	2	8. - 10	70	0,34
Landsbygd	Vanlig väg	2	10,1 - 11,5	70	0,32
Landsbygd	Vanlig väg	2	11,6 -	70	0,32
Landsbygd	Motortrafikled	2	-	50	0,34
Landsbygd	Motortrafikled	2	-	70	0,27
Landsbygd	Vanlig väg	2	< 5,7	80	0,31
Landsbygd	Vanlig väg	2	5,7 - 6,6	80	0,31
Landsbygd	Vanlig väg	2	6,7 - 7,9	80	0,31
Landsbygd	Vanlig väg	2	8. - 10	80	0,24
Landsbygd	Vanlig väg	2	10,1 - 11,5	80	0,25
Landsbygd	Vanlig väg	2	11,6 -	80	0,25
Landsbygd	Vanlig väg	2	< 5,7	90	0,25
Landsbygd	Vanlig väg	2	5,7 - 6,6	90	0,25
Landsbygd	Vanlig väg	2	6,7 - 7,9	90	0,25
Landsbygd	Vanlig väg	2	8. - 10	90	0,22

Landsbygd	Vanlig väg	2	10,1 - 11,5	90	0,21
Landsbygd	Vanlig väg	2	11,6 -	90	0,21
Landsbygd	Vanlig väg	2	< 5,7	100	0,20
Landsbygd	Vanlig väg	2	5,7 - 6,6	100	0,20
Landsbygd	Vanlig väg	2	6,7 - 7,9	100	0,20
Landsbygd	Vanlig väg	2	8. - 10	100	0,21
Landsbygd	Vanlig väg	2	10,1 - 11,5	100	0,24
Landsbygd	Vanlig väg	2	11,6 -	100	0,24
Landsbygd	Motortrafikled	2	-	80	0,23
Landsbygd	Motortrafikled	2	-	90	0,20
Landsbygd	Motortrafikled	2		100	0,20
Landsbygd	Motortrafikled	2		110	0,20
Landsbygd	Vanlig väg, mötesfri	2+1	13-14	80	0,32
Landsbygd	Vanlig väg, mötesfri	2+1	13-14	90	0,28
Landsbygd	Vanlig väg, mötesfri	2+1	13-14	100	0,23
Landsbygd	Vanlig väg, mötesfri	2+1	13-14	110	0,27
Landsbygd	Vanlig väg, mötesfri, gles	2+1	9.-13	90	0,31
Landsbygd	Vanlig väg, mötesfri, gles	2+1	9.-13	100	0,26
Landsbygd	Mötesfri, motortrafikled	2+1	13-14	90	0,32
Landsbygd	Mötesfri, motortrafikled	2+1	13-14	100	0,29
Landsbygd	Mötesfri, motortrafikled	2+1	13-14	110	0,21
Landsbygd	Målad 2+1	2+1	12,5-13	80	0,26
Landsbygd	Målad 2+1	2+1	12,5-13	90	0,22
Landsbygd	Målad 2+1	2+1	12,5-13	100	0,22
Landsbygd	Målad 2+1 gles	2+1	6,7-13	80	0,31
Landsbygd	Målad 2+1 gles	2+1	8. -13	80	0,28
Landsbygd	Målad 2+1 gles	2+1	6,7-13	90	0,27
Landsbygd	Målad 2+1 gles	2+1	8. -13	90	0,24
Landsbygd	Målad 2+1 gles	2+1	6,7 - 13	100	0,27
Landsbygd	Målad 2+1 gles	2+1	8. -13	100	0,24
Landsbygd	Motorväg	4		50	1,21
Landsbygd	Motorväg	4-6		70	0,60
Landsbygd	Motorväg	4-6		80	0,29
Landsbygd	Motorväg	4-6		90	0,26
Landsbygd	Motorväg	4	18,5	100	0,28
Landsbygd	Motorväg	4	21,5	100	0,22
Landsbygd	Motorväg	4-6	>24,5	100	0,23
Landsbygd	Motorväg	4	18,5	110	0,22
Landsbygd	Motorväg	4	21,5	110	0,17
Landsbygd	Motorväg	4	>24,5	110	0,16 ^a
Landsbygd	Motorväg	4-6	>24,5	110	0,19 ^b

Landsbygd	Motorväg	4	<24,5	120	0,23 ^a
Landsbygd	Motorväg	4	>24,5	120	0,18 ^a
Landsbygd	Motorväg	4	Alla	120	0,21 ^a
Landsbygd	4-fältsväg	4	>16	80	0,35
Landsbygd	4-fältsväg	4	>18	90	0,31
Landsbygd	4-fältsväg	4	18,5	100	0,30
Landsbygd	4-fältsväg	4	>20,5	100	0,25
Landsbygd	4-fältsväg	4	18,5	110	0,26
Landsbygd	4-fältsväg	4	>20,5	110	0,20

a: Gäller för ÅDT <32000.

b: Gäller för ÅDT >32000.