

# Transport av farligt gods

## -Analys av ERA-ramverket och beräkningsjämförelse av utsläppsfrekvenser

---

Christoffer Hansson Evertsson | Avdelningen för riskhantering  
och samhällssäkerhet | LTH | Lunds universitet



**Transport av farligt gods**  
**- Analys av ERA-ramverket och beräkningsjämförelse av utsläppsfrekvenser**

**Christoffer Hansson Evertsson**

**Lund 2024**

**Title:** Transport of dangerous goods- analysis of ERA-methodology and comparison of frequency calculations related to release of dangerous goods.

**Author:** Christoffer Hansson Evertsson

**Number of pages:** 45

**Illustrations:** Christoffer Hansson Evertsson

### **Sökord/Keywords**

Riskanalys, risk, transport av farligt gods, bantrafik, tågtrafik, lastbilstrafik, föreskrifter om transport av farligt gods, riskanalysmetoder / Risk analysis, risk, transport of dangerous goods, rail traffic, train traffic, trucktraffic, regulations on transportation of dangerous goods, risk analysis methods.

### **Abstract**

Risk assessment is an important part of societal planning which includes evaluation and risk estimations regarding transportation of dangerous goods. There are several methods available for varying purposes connected to risk analysis of dangerous goods. These methods can contain varying assumptions and calculations regarding different parts of risk estimation. In order to develop an appropriate risk analysis method that is comparable and reproducible according to set criteria's, the framework called ERA is evaluated. The evaluation is conducted through a complete analysis of the risk estimations guide provided by EUDG, and through comparing frequency calculations with a methodology commonly used in Sweden called VTI. One important conclusion is that there is a need for a comprehensive risk analysis method in Sweden and the ERA-methodology is an appropriate framework for risk estimation even in its partly uncompleted state.

© Copyright:

Division of Risk Management and Societal Safety, Faculty of Engineering, Lund University, Lund 2024

Avdelningen för Riskhantering och samhällssäkerhet, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2024.

---

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

<http://www.risk.lth.se>  
Telefon: 046 - 222 73 60

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



## Förord

Följande rapport utgör ett examensarbete vid avdelningen för riskhantering och samhällssäkerhet (VRSM01) och har genomförts under vårterminen 2024. Arbetet är en avslutande del och genomförs som dubbelexamen för Brandingenjör- och riskhanteringsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola.

Arbetet har inte genomförts utan motgångar och måldokumentet som togs fram innan uppstarten av rapporten hade troligtvis sett annorlunda ut om den upprättades idag. Med stöd och inspiration från kursare, familj, handledare och flertalet andra har arbetet formats till vad det är idag, och jag vill tacka följande personer

Henrik Hassel (handledare)	För god handledning med givande möten, tips och stöd.
Pontus Olsson / Fabian Ardin & Mårten Markselius / Oscar Alvarsson & Jonathan Jansson / Johan Ingvarson & Annika Roos (Tidigare studenter inom riskhantering)	För att respektive personers examensarbete lade grunden, tillförde inspiration och gav tankeställare till genomfört arbete.
Cassandra Hansson Evertsson (Brand- och Riskkonsult, kollega på Firetech, syster och en av mina närmsta vänner)	För stöttning, diskussioner och givande tips.
Max Myrhede (Brand- och riskkonsult, tidigare kollega på Firetech)	För diskussioner och tips.
Kurskamrater	För givande samtal och pratstunder.
Erika Larsson (Sambo)	För ett stöd som inte går att värdera.



## Sammanfattning

Riskhantering har under ett flertal decennier fått allt större inflytande vid fysisk planering av samhället. En del av detta är kopplat till riskerna som uppkommer vid transport av farligt gods, som i varierande omfattning utgör en fara för omgivningen. För att få förståelse och en uppskattning av risknivån i områden framarbetades en rapportserie av Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) under tidigt 90-tal, vilken blev en väl använd metodik i Sverige efter att en sammanfattande handbok av räddningsverket gavs ut. Handboken innefattar metodik för att uppskatta frekvenser av farligtgodsolyckor på väg och järnväg, samt tillhörande konsekvenser och kostnader. Frekvensberäkningar enligt VTI-handboken inom riskanalyser är en utbredd metodik än idag, men övriga delar av riskanalyser har ofta stora variationer i utförandemetodik och vilka antagande som görs. Till följd av detta fokuserar följande examensarbete på att utvärdera en nyare metodik som har potential att användas som en mall för alla huvudsakliga delar av riskestimering i riskanalyser.

Ramverket som utvärderas kallas ERA, som är ett omfattande ramverk framtagen av European Union Agency for Railways i slutet på 2010-talet. Metoden består av guider för beslutsfattande och riskestimering samt tillhörande mindre dokument och verktygs-mallar. Fokus ligger på att utvärdera riskestimerings-guiden, som används för att beskriva infrastruktur och tillhörande sårbarhet, frekvenser och effekter av händelser, konsekvenser och slutgiltig risk i form av individrisk och samhällsrisk.

Utvärderingen av ERA-ramverket inleds genom en omfattande analys av hela riskestimerings-guiden, där metoden analyseras med avseende på transparens, rimlighet och praktisk genomförbarhet. Därefter genomförs även tre beräkningsfall kallade ”Exempelfall” för utsläppsfrekvensberäkningar för järnvägstransporter, enligt metodiker från VTI-handboken respektive ERA-ramverket. Detta genomförs för att kunna jämföra metodik och resultat mellan VTI-handboken (som ofta används i Sverige idag) och för ERA-ramverket (som potentiellt kan ersätta VTI).

Analysen av ERA-ramverket påverkades av att metoden inte är färdigställd i alla delar och dokument som hänvisas till finns inte tillgängligt. Dock bedöms stora delar av metodiken transparent och rimlig, med en viss begränsad användbarhet till följd av begränsningar i data. Alla ingående delar bidrar till ett ramverk som har potential att återspegla verkligheten på ett detaljrikt och transparent sätt, där användaren följer en mall som kan bidra till förbättring av jämförbarhet, reproducerbarhet och transparens för riskanalyser i Sverige. Dessvärre försämras användbarhet och jämförbarhet av att metoden delvis är svårförståelig, saknar vissa förklaringar och motiveringar och är inte färdigställd i alla ingående delar.

Beräkningar av utsläppsfrekvenser som genomfördes för ERA-ramverket och VTI-handboken visade på skillnader i både resultat och metodik. VTI-handboken tar hänsyn till platsspecifika plankorsningar, spårkvalité och ger alternativ för beräkningar beroende på sammansättningen av farligt gods. Dessa parametrar togs inte hänsyn till i beräkningar med ERA-ramverket, eftersom det finns brister i statistik och i förklaringar för hur korrigeringar ska genomföras. Beräknade utsläppsfrekvenser var generellt lägre för ERA-ramverket än för tunnväggiga- och tjockväggiga tankar enligt beräkningar med VTI-handboken.





## Summary

Over several decades risk management has become increasingly more important in the planning of society. This is partly linked to the risks posed by transport of dangerous goods, which to varying degrees pose a danger to the humans and the environment. To understand and estimate the level of risk in specific areas a series of reports was produced by “Statens väg- och transportforskningsinstitut” (VTI) in the early 1990s. This became a well-used methodology for risk analysis in Sweden after a summarising guide was published by “Räddningsverket”. The model includes methodology for estimating frequencies of dangerous goods accidents on road and rail, and associated consequences and costs. Frequency calculations according to the VTI model in risk analyses are still commonly used in Sweden, but other parts of risk analysis often have large variations in methodology and assumptions. As a result, the following thesis focuses on evaluating a newer model that has the potential to be used as a template for all main parts of risk estimation in risk analyses.

The model being evaluated is called the ERA methodology, which is a comprehensive framework developed by the European Union Agency for Railways in the late 2010s. The methodology consists of decision-making and risk estimation guides and associated documents and tool templates. The focus is on evaluating the risk estimation guide, which is used to describe infrastructure and associated vulnerabilities, frequencies and impacts of events, consequences, and final risk in terms of individual and societal risk.

The evaluation of the ERA methodology starts with a comprehensive analysis of the entire risk estimation guide, where the methodology is analysed in terms of transparency, reliability, and applicability. Subsequently, three calculation example cases for frequency calculations are also carried out, according to methodologies from the VTI-manual and ERA-Framework. This is done to compare the methodology and results between the VTI (which is often used in Sweden today) and the ERA-framework (which could potentially replace VTI).

The analysis of the ERA methodology was affected by the fact that the methodology is not finalised in all parts and referenced documents are not available. However, large parts of the methodology are considered transparent and reasonable, with some limited usability due to data limitations. All components contribute to a model that has the potential to reflect reality in a detailed and transparent way, where the user follows a template that can contribute to the improvement of comparability, reproducibility, and transparency of risk analysis in Sweden. Unfortunately, usability and comparability are impaired by the fact that the method is partly difficult to understand, lacks certain explanations and justifications, and is not finalised in all parts.

Emission rate calculations carried out for the ERA-framework and VTI-manual showed differences in both results and methodology. The VTI method takes into account site-specific crossings, track quality and provides options for calculations depending on the composition of dangerous goods. These parameters were not taken into account in calculations with the ERA method, as there are shortcomings in statistics and in explanations for how corrections should be implemented. Frequencies were lower for the ERA method compared to the calculation of thin-walled tankers (VTI), but generally higher compared to the calculation of thick-walled tankers (VTI).



.....	I
<b>1. INLEDNING.....</b>	<b>1</b>
1.1 BAKGRUND.....	1
1.2 SYFTE OCH MÅL .....	3
1.3 FRÅGESTÄLLNINGAR.....	3
1.4 AVGRÄNSNINGAR OCH BEGRÄNSNINGAR.....	3
<b>2. BAKGRUND OCH TEORI.....</b>	<b>4</b>
2.1 TRANSPORT AV FARLIGT GODS.....	4
2.2 RISK .....	4
2.3 RISKANALYS.....	4
2.4 RISKAVSTÅND.....	6
2.5 INDIVIDRISK OCH SAMHÄLLSRISK.....	6
2.6 ACCEPTANSKRITERIER OCH VÄRDERING AV RISKER .....	6
2.7 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR SPECIFIKA OMRÅDEN.....	7
<b>3. METODIK .....</b>	<b>9</b>
<b>4. GUIDNING VID RISKANALYS AV TRANSPORT AV FARLIGT GODS .....</b>	<b>10</b>
4.1 ERA-RAMVERKET .....	10
4.2 VTI-HANDBOKEN .....	11
4.3 NEDERLÄNDSKA RIKTLINJER .....	12
4.4 HALLANDSDOKUMENTET .....	13
<b>5. BESKRIVNING AV ERA-RAMVERKET .....</b>	<b>14</b>
5.1 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH BESKRIVNING AV RISKSITUATION (ÖVERGRIPANDE DEL) .....	14
5.1.1 Specifik indata kopplat till området.....	14
5.1.2 Kartläggning av området.....	15
5.1.3 Riskestimering och beslutsfattande.....	16
5.1.4 Infrastruktur och användningssätt .....	16
5.1.5 Trafik av farligt gods.....	18
5.1.6 Scenarier och relevanta faror .....	18
5.1.7 Sårbarheter.....	19
5.1.8 Kombinerade transportsätt .....	20
5.1.9 Tolkning och formatering av resultat .....	20
5.2 RISKESTIMERING I AKTUELLT OMRÅDE (BERÄKNINGSDEL).....	21
5.2.1 Frekvens av transporterhändelser (F1).....	21
5.2.2 Frekvenser av händelser i samband med transport av farligt gods (F0).....	22
5.2.3 Frekvenser för utsläpp av farligt gods (F_DGR) .....	24
5.2.4 Val av scenarier (DGSC) .....	25
5.2.5 Frekvenser av valda scenarier (F_DGSC).....	25
5.2.6 Konsekvenser av scenarierna.....	26
5.2.7 Riskestimering .....	27
5.3 SAMMANSTÄLLNING AV BESKRIVNING OCH REFLEKTIONER.....	27
5.3.1 Förutsättningar och beskrivning av risksituation .....	27
5.3.2 Riskestimering .....	29
<b>6. BERÄKNINGAR MED ERA-RAMVERKET OCH VTI-HANDBOKEN .....</b>	<b>31</b>
6.1 BESKRIVNING AV FÖRUTSÄTTNINGAR I ”EXEMPELFALL” .....	31

6.2 BERÄKNING MED VTI.....	32
6.3 BERÄKNING MED ERA .....	34
6.4 RESULTAT .....	36
<b>7. DISKUSSION .....</b>	<b>39</b>
7.1 ANALYS AV ERA-RAMVERKET .....	39
7.2 UTSLÄPPSFREKVENSBERÄKNINGAR .....	40
7.3 POTENTIAL, UTVECKLING OCH BEHOV AV ERA-RAMVERKET.....	41
<b>8. SLUTSATS.....</b>	<b>43</b>
<b>REFERENSER .....</b>	<b>44</b>
<b>BILAGA 1: BERÄKNINGAR.....</b>	<b>1</b>
BERÄKNINGAR MED VTI.....	1
BERÄKNINGAR FÖR ERA-RAMVERKET .....	4

# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

I Sverige genomförs fysisk planering för att förändringar och tillbyggnationer skall kunna verkställas i alla delar av landet. Detta är en del av den fysiska planeringen där mark- och vattenområden planeras att användas. Den fysiska planeringen består av de fyra olika delarna regionplan, översiktsplan, områdesbestämmelser och detaljplan enligt plan- och bygglagen (PBL) där områdesbestämmelser och detaljplan är juridiskt bindande. Det är kommunerna själva som ansvarar för dess mark- och vattenområde och därtill endast kommunerna som har befogenhet kring planläggning inom kommunens gränser. Det finns dock även krav på regional fysisk planering om grundläggande drag för mark- och vattenområden inom Stockholm- och Skåne län, som ska ge vägledning för beslut i den fysiska planeringen (Boverket, 2021).

Huvudsyftet med att framställa en detaljplan, som gäller inom ett specifikt område, är att beskriva var byggnader får placeras och hur de får utformas. I samband med framtagande av en detaljplan krävs omfattande beskrivningar, bedömningar och analyser ur ett riskhanteringsperspektiv för att grunda beslut som tas till detaljplanen. Detta genomförs genom följande sju olika steg (Boverket, 2023).

- Kommunikation och samverkan
- Planering och organisation
- Riskkartläggning
- Riskanalys
- Riskvärdering
- Åtgärder
- Uppföljning

En av de riskkällor som behöver beaktas när kartläggning av risker genomförs är transport av farligt gods. Denna riskkälla undersöks vidare i en riskanalys där riskområdet utförligt beskrivs och sannolikheten och konsekvenser för händelser kopplat till transport av farligt gods undersöks. Även andra risker kopplat till området ska undersökas och osäkerheter i indata, underlag och beräkningsmodeller ska tas hänsyn till (Boverket, 2023). Risk är ett brett begrepp som är aktuellt inom olika delar av hanteringen av farligt gods. Enligt MSB (2020) och föreskrifterna RID-S och ADR-S innefattar transport av farligt gods transport, lossning, lastning och hantering av farligt gods. Farligt gods innebär ämnen som medför risker för miljö, hälsa, egendom eller fara för liv till följd av ämnets fysikaliska eller kemiska egenskaper. Transport av farligt gods skall vara klassificerat enligt klasser i enlighet med föreskrifterna för transport av farligt gods på järnväg (RID-S) respektive väg (ADR-S) (MSB, 2020).

De risker som medförs vid transport av farligt gods skall beaktas, eftersom plan- och bygglagen (PBL) kap. 5§ (2010:900) beskriver att människors hälsa och säkerhet ska tas hänsyn till vid planering av byggnadsverk med specifika ändamål. För transport av farligt gods är risk ett centralt begrepp som förknippas med explosioner, bränder och spridning av

farliga ämnen, vars risker kan beräknas på olika sätt genom olika modeller. Vilka kriterier som finns kopplat till riskvärdering kan också variera mellan olika länder och även inom landets gränser till följd av faktorer som kultur, politisk styrning, ekonomi, geografiska skillnader och landets historik (Davidsson, Lindgren, & Mett, 1997).

I Sverige finns en välkänd metod för hantering av risker kopplat till transport av farligt gods kallad VTI-handboken som grundar sig i beräkningsmodeller framtagna i en tidigare rapportserie VTI:s (387:1–6) från Statens väg- och transportforskningsinstitut under 1994. VTI gavs ut som en handbok från Räddningsverket (1996) vilken sammanfattade och redigerade de metoder som presenterades och beskrevs av tidigare rapportserie. VTI-handboken är idag 28 år gammal och mycket har hänt inom riskhantering och samhällsplanering sedan handboken gavs ut.

Sedan VTI-handboken gavs ut har olika modeller och beräkningsmetoder uppkommit för att beräkna frekvenser och konsekvenser inom transport av farligt gods som exempelvis den nederländska modellen, Hallandsmodellen eller den nyligen framtagna ERA-ramverket. Tidigare examensarbete från Olsson (2020) har redovisat en egen beräkningsmodell för beräkning av frekvenser av olyckor vid transport av farligt gods på vägbana som även innefattar en ytlig analys av VTI. Det finns även ett examensarbete av Ardin & Markselius (2016) som helt fokuserar på att analysera VTI och djupdyker i en grundlig analys. Parallellt med Ardin & Markselius arbete genomfördes även ett examensarbete av Alvarsson & Jansson (2016) som undersökte hur riskanalyser genomförs i svenska storstadsregioner baserat på en samling relevanta riskanalysrapporter. Arbetet visade att VTI användes i 12 av 15 rapporter för att beräkna frekvenser, men att rapporterna till stora delar hade markanta skillnader i genomförandet av övriga aspekter i riskanalyserna. Slutsatsen av arbetet var bland annat att det kan behövas riktlinjer eller reglering av hur frekvens- och konsekvensberäkningar genomförs (Alvarsson & Jansson, 2016). Detta är något som även Aven (2017) belyser och detta var även en av anledningarna till att framställningen av den nederländska modellen för riskanalyser genomfördes.

Examensarbetet genomförs för att vidare undersöka möjligheten till att få ett standardiserat ramverk för vägledning av riskanalyser vid transport av farligt gods i Sverige. Användning av ett standardiserat ramverk förväntas innefatta egenskaper och tillvägagångssätt som ger jämförbara och tillförlitliga resultat, genom bland annat vägledning av frekvens- och konsekvensberäkningar och därefter riskestimering. I detta arbete analyseras ERA-ramverket som potentiell standard för alla huvudsakliga delar i genomförandet av riskanalysrapporter, med utgångspunkt för genomförande i Sverige. Detta då målet med ramverket är att fungera som en standardmetod för genomförandet av riskanalyser och ska kunna appliceras som vägledning i olika omfattning beroende på förutsättningar och användarkompetens i hela EU-området.

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med arbetet är att undersöka om det finns möjlighet att införa en standardiserad metodik för genomförandet av riskanalyser i Sverige. Till följd av detta är syftet med arbetet att analysera den framtagna europeiska ramverket för hantering av transport av farligt gods (ERA-ramverket) för att undersöka dess potential som standard i Sverige.

Målet med arbetet är att undersöka hela ERA-ramverkets metodik med avseende på ramverkets generella antaganden och tillvägagångsätt för att analysera och diskutera rimlighet, transparens och praktiska genomförbarhet. Målet är även genom att jämföra resultatet av beräkningar för utsläppsfrekvenser och tillhörande antagande få en förståelse för vilka skillnader och likheter som finns mellan ERA-ramverket och VTI-handboken. Föregående nämnda mål eftersträvas med slutgiltigt syfte att undersöka om ERA-ramverket kan användas som en tillförlitlig transparent standardmetod som fungerar på ett heltäckande sätt för genomförandet riskanalyser i Sverige.

## 1.3 Frågeställningar

Arbetet ligger till grund för försöka besvara huvudfrågeställningen ”kan ERA-ramverket användas som en standard för riskhantering vid transport av farligt gods i Sverige?”

Detta möjliggörs genom att undersöka flera underliggande frågeställningar, se nedan:

- \* Är antaganden och tillvägagångsätt i ERA-ramverkets beräkningar och metodik motiverade med relevanta förklaringar och med transparens?
- \* Hur produceras och används indata i ERA-ramverket och hur motiveras detta?
- \* Vilka skillnader för tillvägagångsätt, transparens och resultat baserat på olika exempel fall finns för ERA-ramverket och VTI-handboken vid utsläppsfrekvensberäkningar?
- \* Hur kan ERA-ramverket kompletteras, förändras och utvecklas för att implementeras som standardmetod i Sverige?

## 1.4 Avgränsningar och begränsningar

Analysdelen av arbetet som görs på ERA-ramverket är avgränsat till transport av farligt gods på väg och järnväg och tar inte hänsyn till andra transportmetoder för transport av farligt gods. Vidare inkluderas inte konsekvenser för egendom, miljö eller mark utan endast hänsyn till skador på människor tas. Arbetet innefattar en analys av ERA-ramverkets beräkning av frekvens, konsekvens, riskvärdering och riskestimering som ingår i metodiken för en riskanalys. Dock görs ingen analys av åtgärdsförslag eller beslutsfattande som annars generellt innebär delar av riskhanteringen i riskanalyser, eftersom tid och resurser är begränsat. Beräkningarna som genomförs för framtagandet av utsläppsfrekvenser i ERA-ramverket och VTI-handboken genomförs endast för järnvägstransportsträckor, eftersom ERA-ramverket endast har framtagen data på järnväg.

## 2. Bakgrund och Teori

### 2.1 Transport av farligt gods

Farligt gods innefattar ämnen som medför risker för miljö, hälsa, egendom eller fara för liv. Riskerna varierar utefter aktuella ämnets fysikaliska eller kemiska egenskaper, som reagerar eller interagerar med omgivningen (MSB, 2020). Transporter av farligt gods sker på olika sätt men inom Sverige är transport via väg och järnväg dominerande som regleras av tillståndsmyndigheten MSB. Flyg och Sjöfart regleras av tillståndsmyndigheten Trafikverket. MSB och Trafikverket ansvarar för regler och föreskrifter till deras respektive ansvarsområde kopplat till transport av farligt gods (Trafikverket, 2017).

Järnväg ska vara utformat med säkerhetsavstånd från bebyggelse för att underhåll och räddningsinsatser ska kunna genomföras samt för att begränsa de risker som tillkommer byggnationer med intilliggande järnväg. Ny bebyggelse bör generellt inte accepteras inom 30 meter från järnväg, även om riskområdet ofta är betydligt större för olyckor med farligt gods. Som tumregel skall därför all ny bebyggelse eller förändringar 150 meter från närmsta spår genomgå riskanalyser där risker undersöks och utvärderas kopplat till järnvägen (Trafikverket, 2017).

Järnväg värderas, utöver som riskkälla, även som skyddsobjekt eftersom transporter av farligt gods är en viktig del i samhällets funktion. Det bör därmed säkerställas att ny bebyggelse inte hindrar eller försvårar transport på järnväg, samt att risker för bland annat brand i byggnad utvärderas där effekter av brand och tillkommande räddningsinsatser undersöks och åtgärdas (Västernorrland, 2022).

### 2.2 Risk

Risk är ett viktigt begrepp som diskuteras och utvärderas frekvent i samband med transport av farligt gods. Det är viktigt att värdera fler aspekter än bara ”risk” när beslut ska fattas, eftersom det även är viktigt att beakta vilka fördelar, alternativ och kostnader som finns. Frekvens av händelser och konsekvens kopplat till dessa är generellt hur risk beskrivs, som alltså beskriver hur ofta något sker och vilka effekter som medföljer händelsen. Detta kan användas genom att kumulativt addera risker för olika händelser som riskerar att inträffa inom ett område av intresse, för att få en täckande bild av riskerna inom området (Garrick & Kaplan, 1981).

Begreppet risk inom transport av farligt gods bygger generellt på sannolikheter och konsekvenser för att vissa händelser skall inträffa, vars omfattning med avseende på konsekvenser och tillhörande sannolikhet för händelsen utreds. Det kan till viss del vara problematiskt och utmanande att värdera risker eftersom det ibland kan vara svårt att avgöra om en risk är hög eller låg. Detta kan exempelvis bero på osäkerheter kopplade till riskberäkningar och värdering av risker, vilket är viktigt att uppmärksamma när riskanalyser genomförs och värderas (Västernorrland, 2022).

### 2.3 Riskanalys

Riskhantering består generellt av de tre samverkande delarna beslutsfattare, intressent och riskanalytiker som alla på något sätt ingår i processer i riskhanteringen. Riskanalytikern har



en viktig roll inom riskhantering som inkluderar att ta hänsyn till beslutsfattarens processer samt att medföra tillförlitlighet och intressenters aspekter (Ezell & Lathrop, 2017).

Vid genomförandet av riskanalys finns olika metoder att använda för olika delar av riskanalysen, som beskriver tillvägagångssätt för olika beräkningar eller beskrivningar. För att en specifik modell ska anses vara användbar måste den på något sätt beskriva verklighetens situation med acceptabel precision och tillförlitlighet och användas på det sätt och med det mål som metoden är framtagen för. För att metoden ska vara representativ för verkligheten krävs det att metoden redovisar passande och rimliga antaganden som även tar hänsyn till underliggande relationer mellan olika faktorer som kan påverka varandra. Modeller bör baseras på vad som kan observeras och beskrivas av verkligheten (Ezell & Lathrop, 2016). Dock kan inte alla delar inkluderas av vad som har hänt i verkligheten eftersom statistik är begränsad och alla händelser som kan inträffa har inte skett.

Enligt Ezell & Lathrop (2017) kan området som innefattas av riskanalys inom riskhantering beskrivas med 16 olika områden som påverkar kvalitén på aktuell riskanalys, dessa beskrivs i Tabell 1 nedan:

Genomförandekultur för kvalitét av riskanalys	Resurser och omfattning av rapport	Omfattning	1
		Antaganden	2
		Data	3
		Expertis inom område	4
		Framtagna expertbedömningar	5
	Riskanalys	Fullständig händelseidentifiering	6
		Fullständig effektidentifiering av händelser	7
		Undersökning av fullständighetsgrad	8
		Motarbetning av riskreducerande åtgärder	9
		Osäkerhet	10
	Rapporteringssätt, kommunikation av siffror	Validitet av siffror	11
		Effektfulla parametrar	12
		Varningar	13
		Redovisning av begränsningar till arbetet (resurser, mål, tid etcetera)	14
	Transparens och dokumentation	Analytisk dokumentation	15
		Dokumentation för intressenter	16

Tabell 1 visar de 16 olika områdena som påverkar kvalitén på aktuell riskanalys.

De 16 olika områden av en riskanalys som Ezell & Lathrop (2017) betonar undersöks i riskanalyser genom att genomföra tester genom olika frågeställningar. Det finns beskrivning om generella svagheter inom respektive område som ofta kan vara aktuellt (Ezell & Lathrop, 2017)

Generell vanligt förekommande kritik mot riskanalyser är att de är alltför tekniska/matematiska, baserade på bristfälligt underlag samt att de är svårförståeliga. Dessa problem kan inte heller undgås genom att förenkla riskanalyserna då det exempelvis ofta

krävs en detaljerad matematisk hantering i många fall (Davidsson, Lindgren, & Mett, 1997). Däremot kan det vara det svårt att nå en nivå som kan anses helt tillförlitligt för det statistiska underlaget.

Kvantitativa riskanalyser bör produceras av experter inom området vars resultat tydliggörs för intressenter och beslutsfattare, vilket ofta vid riskanalyser av transport av farligt gods redovisas i form av samhällsrisk och individrisk. Det är också viktigt att antagande är noga grundade och att det undersöks hur viktiga de olika parametrarna är. Gemensamma kriterier för framställande av riskanalyser är viktigt för att få en sammanhållande helhet och riskanalyser med kvalitet. Validering av riskanalyser är utmanande men det är viktigt att mål för respektive riskanalys tydligt presenteras för att analyserna ska uppnå struktur och tydlighet (Aven, 2017).

## 2.4 Riskavstånd

Vid olyckor med hantering av farligt gods riskerar omgivningen inom ett visst område att påverkas av effekter. Omfattning kan variera kraftigt från olika fall till följd av många kontextuella faktorer. Genom att uppskatta sannolikheter och konsekvenser kan riskavstånd approximeras för att avgöra var riskerna är acceptabla och inom vilka områden som förebyggande åtgärder skall genomföras. Områden utanför riskavstånd är därmed inte nödvändigtvis riskfria, dock är risknivån acceptabel. Vid utsläpp påverkar bland annat väderförhållande och topografi riskavståndet (Västernorrland, 2022).

## 2.5 Individrisk och Samhällsrisk

Risk inom områden beskrivs genom individrisk och samhällsrisk. Dessa två metoder beskriver risker förknippat med att en person respektive en befolkning i ett samhälle befinner sig inom ett specifikt område under ett års tid.

Individrisk beräknas för att mäta risken för en enskild person på en specifik plats, vilket används för att få fram avstånd där risken kan anses vara acceptabel. Vilka gränser som anses acceptabla ligger under eller mellan  $10^{-5}$ - $10^{-7}$  händelser per år med dödligt utfall, som är framtaget och föreslagen av Davidsson et. al. (1997), och används generellt som kriterier vid framtagandet av riskanalyser av farligt gods.

Ur ett samhällsperspektiv ger inte individrisken någon riskbild eller uppfattning om konsekvenserna av en olycka. Därmed används samhällsrisk för att undersöka hur många som utsätts för fara vid olyckshändelser. Antalet personer som befinner sig inom valt område samt om personerna infinner sig inom- eller utomhus är några faktorer som inkluderas i beräkningar (Västernorrland, 2022). Vid ett dödsfall ges gränsvärden till  $10^{-4}$ - $10^{-6}$  gånger per år, som minskar beroende på antal döda enligt en logaritmisk skala (Davidsson, Lindgren, & Mett, 1997).

## 2.6 Acceptanskriterier och värdering av risker

Riskvärdering har generellt fyra utgångspunkter för värdering av risk i förhållande till bland annat nya transportvägar där farligt gods transporter förväntas förekomma eller förändrat nyttjande av markområden/fabriksanläggningar (Davidsson, Lindgren, & Mett, 1997).

- Ska verksamheten överhuvudtaget tillåtas?
- Är riskreducerande åtgärder relevanta/nödvändiga att vidta?

- Vilka lösningar ska väljas av de föreslagna?
- Vilka intilliggande aktiviteter ska tillåtas inom närliggande område?

Riskvärderingar genomförs på olika sätt och därav kan riskerna vara svåra att jämföra och bedöma i förhållande till varandra. Detta kan därför kompletteras genom användning av handledningar som ”räddningsverksrapporten” för värdering av risk. Dessa kriterier avses alltid för en sträcka på en kilometer förutsatt att inget särskilt undantag tas hänsyn till (Västernorrland, 2022).

## 2.7 Förutsättningar för specifika områden

För att en riskanalys ska återspegla de faktiska förhållandena i verkligheten bör aspekter om förutsättningarna för aktuellt område tas hänsyn till. Aspekter som måste beaktas är känsligheten för markområdet, trafikmängder, lokala förutsättningar och avvikelser (Västernorrland, 2022).

Känslighet inom aktuellt område påverkas av vad området innefattar. Till exempel är skaderisken högre för hotellbyggnader än kontor eftersom det kan förväntas att kontoret står tomt under delar av dygnet. Vanligtvis förväntas ingen sova i kontorsbyggnader medan människor förväntas finnas i hotell dygnet runt. Markplanering omkring järnvägsspår och hur de används påverkar hur känsligt området är, vid känsligare område ställs högre krav på riskreducerande åtgärder (Västernorrland, 2022).

För att underlätta markplaneringen för exempelvis detaljplaneprocessen finns en vägledning i hur markanvändning, avstånd och riskhantering ska beaktas i samband planprocessen för risker med farligt godstransporter (Länstyrelserna, 2006).

Mängden trafik av farligt gods varierar beroende på vilken sträcka av järnvägen som är aktuell. Därav är det viktigt att tillförlitlig statistik finns tillgänglig för aktuellt område samt vilka ämnen och mängder som transporteras. Det är även viktigt att använda prognoser för framtida transportvaror och mängder, eftersom riskanalysen som genomförs ska vara aktuell även i framtiden (Västernorrland, 2022). Det är även enligt Länsstyrelsen Gävleborg & Länsstyrelsen Västernorrland (2022) lämpligt att genomföra prognoser 15–20 år in i framtiden där Trafikverkets trafikuppräkningsstal EVA bör användas. Detta trafikuppräkningsstal för vägtransporter inkluderar dock alla typer utav transportlastbilar på väg, vilket inte nödvändigtvis återspeglar vägtrafiken av farligt gods. Enligt trafikanalys (2021) har mängden farligt gods som transporteras via lastbil på väg minskat med totalt 40% mellan 2015–2021. Transportmängden för farligt gods via järnväg har under perioden 2014–2019 ökat med totalt 10% (Trafikanalys, 2019), men under perioden 2019–2022 har farligt godstransporterna på järnväg minskat med 2% (Trafikanalys, 2022). Farligt gods transporter via framförallt väg och järnväg som har transporteras i Sverige under de senaste decenniet visar på en minskning av transportmängder, dock har en mindre ökning skett för transporter via järnväg.

Lokala förutsättningar som påverkar riskbilden inom specifika områden är i huvudsak hastighetsbegränsningar, topografi, hård och skarp omgivningsstruktur och utöver spåret för farligt gods flera andra allmänfarliga riskkällor inom området. Högre hastighet medför större risk både genom ökad sannolikhet och ökad konsekvens på aktuella sträckor. Riskbilden påverkas även av om omgivningen har oeftergivliga skarpa strukturer, exempelvis vassa kanter eller utåt stickande delar som pålar, stora stenar eller stubbar som då kan skada en tank

med farligt gods. Placering påverkar också riskbilden eftersom om godsleden är placerad högre än omgivningen kan vätskor lättare spridas och om godsleden är placerad lägre försvåras spridningen (Västernorrland, 2022).

Vidare är det även viktigt att skapa en helhetsbild av aktuellt område, där det tas hänsyn till om flera riskkällor finns. Vid flera riskkällor bör dessa beaktas ur ett helhetsperspektiv och inte endast som separata riskkällor. Riskkällor som ska beaktas kan till exempel vara andra närliggande transportleder av farligt gods eller verksamheter i närheten som betraktas som farlig verksamhet (Västernorrland, 2022).

### 3. Metodik

Arbetet baseras på att beskriva och utvärdera ERA-ramverket samt att genomföra och jämföra utsläppsfrekvensberäkningar med VTI-handboken med avseende på transport av farligt gods. Detta inleds genom att beskriva vilka tillvägagångsätt och innehåll ERA-ramverket och VTI-handboken har, genom att undersöka respektive handledningar som beskriver metoderna. Arbetet beskrivs uppdelat i respektive delmoment nedan.

#### **Beskrivning och analys av ERA-ramverket**

Efter att ERA-ramverket och VTI-handbokens generella drag och översiktliga områden beskrivits genomförs en analys genom reflektioner av det tillgängliga materialet i beräkningsdokumentet ”Guide for risk estimation” (EUDG, 2018) tillhörande ERA-ramverket. Analysen består av en utvärdering av ERA-ramverkets tillvägagångsätt för framtagning av frekvenser, scenarier, konsekvenser, risk och tillhörande delar i samband med transport av farligt gods på väg och järnväg. Reflektioner i analysen går ut på att undersöka transparens och relevans i hur ERA-ramverket motiverar antaganden och vilka grunder det finns kopplat till dessa samt om de delar som behövs för att genomföra en fullständig riskanalys med praktisk genomförbarhet finns. Reflektioner beskrivs genom resonemang som stödjer sig på litteratur, rapporter och statistik men också egna antaganden och enklare uppskattningar.

#### **Jämförelse av frekvensberäkningar**

Vidare genomförs beräkningar av utsläppsfrekvenser i olika utsläppsstorlekar vid transport av farligt gods på järnväg genom att applicera ERA-ramverket och VTI-handboken i givna ”Exempelfall”. Dessa ”Exempelfall” baseras inte på någon befintlig riskanalys utan dess förutsättningar bestäms av specifika utvalda områden, med tillhörande specifik data och antaganden. Utvalda områden väljs utifrån en redovisad prognos för godstransporter på olika järnvägssträckor, där sträckor med både lägre och högre trafikprognos väljs. Både ERA-ramverket och VTI-handboken har olika steg för beräkning av utsläppsfrekvenser och dessa steg har olika ingående valbara alternativ som beskrivs och förklaras. Vilka alternativ som väljs för att genomföra beräkningar på specifika ”Exempelfall” baseras på relevanta motiveringar och förklaringar. Skillnader och likheter i beräkningsmetodiken i ERA-ramverket och VTI-handboken för de olika steg och alternativ som ingår för att beräkna utsläppsfrekvenser undersöks och jämförs, även resultatet från beräkningarna för de specifika ”Exempelfall” som valts jämförs.

## 4. Guidning vid Riskanalys av transport av farligt gods

I detta kapitel beskrivs översiktliga tillvägagångsätt i ERA-ramverket och VTI-handboken som båda används för frekvensberäkningar och jämförelse i kapitel 6. Utöver dessa två modeller beskrivs även Hallands-dokumentet och Nederländska-riktlinjer. Dessa fyra redovisas för att få en förståelse av vad som ingår i respektive dokument och hur de kan används i riskanalyssyfte. I kapitel 5 analyseras och utvärderas i ERA-ramverket baserat på en grundlig analys av hela metoden som bygger på delarna som beskrivs i detta kapitel. VTI-handboken som används som jämförelse till ERA-ramverket för utsläppsfrekvenser beskrivs i generella drag som helhet och även mer ingående för de delar som behövs för utsläppsfrekvensberäkningar. Hallands- och Nederländska-modellen beskrivs genom huvudsakliga drag utan att grundligt beskriva dess ingående delar.

### 4.1 ERA-ramverket

Det framtagna europeiska ramverket för transport av farligt gods innehåller fyra huvudsakliga dokument. Dessa fyra dokument är listade i följande punktformer:

- 1. Framework guide (overview) (EUDG, 2018)
- 2. Guide for risk estimation (EUDG, 2018)
- 3. Guide for decision-making (EUDG, 2018)
- 4. Framework Glossary (EUDG, 2018)

Av dessa delar är det huvudsakligen ”*Guide for risk estimation*” som används men även mindre delar av de andra dokumenten har använts för att få en förståelse i detta arbete. Om inget annat nämns refererar ingående delar av detta kapitel till ”*Guide for risk estimation*” (EUDG, 2018).

Metoden är anpassad för att appliceras på transport av farligt gods på järnväg, väg och inlandssjöfart men i detta arbete tas endast hänsyn till transport via järnväg och väg. Guiden är framtagen för att användas av en bredare front än experter vilket den uppnår genom att redovisa framtagna standardiserade beräkningar och statistik, som för expertanvändare i vissa delar går att korrigera, redigera eller använda egna metoder för. Standardiserad statistik och beräkningar är framtagen med uppskattning och estimat som ska kunna användas direkt. Målet med denna metod är att utöver experter inom området ska även företag och ledningar inom regionala och nationella myndigheter utan expertis inom riskhantering kunna använda metoden. Att ändra eller korrigera tillvägagångsättet är mer djupgående och innebär att ”experten” kan redigera eller korrigera parametrar som kanske inte fullt ut återspeglar verkligheten på det område analysen ska genomföras för. Metoden är fortfarande under utveckling och korrigerar tillvägagångsätt och indata allt eftersom feedback och mer data från analyser och workshops inkommer. Utöver de fyra dokument som nämnts tidigare finns även verktyg som används för beräkningarna som också utvecklas under fortsatt arbete med metoden. Det ska betonas att standardvärden på parametrar förenklar beräkningar för användare, men kan avvika från verkligheten då det råder specifika platsförhållande som inte nödvändigtvis stämmer med standardiserade data.

ERA-ramverket använder Bow-tie principen för att beskriva de viktigaste händelserna kopplat till transport av farligt gods som i regel är kopplat till utsläpp av farliga ämnen, men även händelser utan utsläpp inkluderas. Risk beskrivs som frekvens av skadlig händelse i

förhållande till omfattningen av dess konsekvenser. Riskestimater kan genomföras för skador på människa, miljö eller egendom från händelser till följd av transport av farligt gods men metoden fokuserar på skador på människa.

För att genomföra en riskanalys genomförs först en beskrivning av situationen och dess förutsättningar. Detta görs genom följande steg:

- **Analys-** Av ett område och dess tillhörande risker kopplat till transport av farligt gods.
- **Definiera omfattning, resurser och kompetens för riskestimering-** Antingen väljs och redovisas den förenklade metoden som ska appliceras på det aktuella området, eller så används expertkompetens för specifika data och egenskaper för området samlas in, undersöks och/eller beräknas.
- **Generaliserad beskrivning-** Av riskscenarier och risksituation, samt vilka riskhanteringsalternativ som finns.
- **Undersökning-** Av infrastruktur av järnväg och omgivning, transportvolym och vad som transporteras. Även om relevanta risker inom området och information om liknande transport av farligt gods scenarier. Information från kartläggning av området samt sårbarheter inom aktuellt område undersöks.
- **Information-** Från fallstudier.
- **Definiera-** Relevanta riskestimeringssindikatorer, relevant formatering av resultat och förenklad redovisning av resultat.

Vidare behöver riskerna kopplat till risksituationen i området undersökas genom standardvärden eller en djupare undersökning av frekvenser och konsekvenser. Detta görs genom följande steg:

- **Estimering-** Av transportfrekvenser med hjälp av referensscenarier och framtagna standardvärden, eller med expertkompetens anpassa värden med motiverade områdesspecifika estimeringar där detta anses behövas.
- **Estimering-** Av olyckshändelser vid transport av farligt gods samt estimering av sannolikhet att en eller flera vagnar med farligt gods är involverad i en olycka med eller utan utsläpp med givna standardvärden. Vid expertbedömning kan motiverade sannolikheter och frekvenser användas i stället för standardvärden.
- **Estimering-** Av utsläpp från en olycka med farligt gods.
- **Val-** Av scenarier baserat på referensmaterial i ERA-ramverket, som kan kombineras eller ersättas av scenarier baserat på relevanta referensscenarier eller genom tillagda scenarier som kan motiveras av användare med expertkompetens.
- **Estimering-** Av frekvenser i referensscenarier.
- **Estimering-** Av skador till följd av referensscenarier, eller av skador redigerade enligt expertbedömning.
- **Beräkning-** Av risken till följd av transport av farligt gods.

Alla beskrivna ingående delar kommer till stor del att ingå i analysen i kapitel 5, där de ingående delarna och tillvägagångssättet tydligare och utförligare redovisas samt analyseras.

## 4.2 VTI-handboken

Handboken från Räddningsverket (1996) är framtagen för att förenkla tillvägagångssätten i VTI:s tidigare rapportserie (387:1–6), som är anpassad för riskestimering vid transport av



farligt gods med svenska förhållanden. Detta avsnitt refererar till Räddningsverket (1996) om inget annat nämns. Handboken är begränsad till transport i tankar på järnväg eller väg med farligt gods i form av vätska eller kondenserad gas. Enligt räddningsverket (1996) innefattar risker vid transport av farligt gods inte lossning eller lastning. Räddningsverket (1996) tar heller inte hänsyn till tillbud (nästan olyckor) utan använder endast risker för farligt gods olyckor där det farliga ämnet läcker ut.

Handboken består av fyra huvudsakliga avsnitt som ses i punktform nedan.

- 1. Att beräkna förväntade antalet farligtgoodsolyckor på järnväg
- 2. Att beräkna förväntade antalet farligtgoodsolyckor på väg
- 3. Att beräkna konsekvenserna vid en farligtgoodsolycka
- 4. Att beräkna kostnader för farligtgoodsolyckor

I detta arbete kommer i huvudsak kapitel 1 användas eftersom beräkningar genomförs för utsläppsfrekvenser på järnväg.

Frekvenser som används i handboken är framtagna ur händelsedata från alla Sveriges järnvägar (med undantag från Malmbanan). De uppskattade frekvenserna är alltså genomsnittsvärden och bör utvärderas och redigeras om analys ska genomföras på specifika sträckor med speciella förhållanden, som avviker från ”genomsnittsförhållanden”. Vad och hur gods transporteras beskrivs genom att redovisa mängd, ämne, transportled och rörelseform som kvantifieras i ”tonkilometer”. Vidare nämner handboken ”urspårningstal” och ”kollisionstal” som de olycksfrekvenser som undersöks, som mäts i urspårningar per vagnaxelkilometer respektive kollisioner per kilometer. Handboken poängterar två viktiga punkter att ta hänsyn till, vilka är massan av kollisionsfordon på vägkorsningar samt spårkvalitén. Massan av ett tungt vägfordon definieras som fordon > 3,5 ton, även om intressanta massor som påverkar utsläppsrisker betydligt vid olyckor ligger högre (20–30 ton). Olyckor med lätta fordon, cyklist, djur eller gående har mycket låg sannolikhet att skada tankvagnar vid kollision, och kan därför försummas eller alternativt inkluderas i någon form av expertbedömning. Tankvagnar (farligt gods) har också lägre sannolikhet att spåra ut än genomsnittsgodsvagnar, dock finns det inte alltid möjligt att få information om tågens sammansättning av vagnar. Om ovan nämnda faktorer inte är kända kan genomsnittsvärden antas.

### 4.3 Nederländska Riktlinjer

I Nederländerna finns riktlinjer för hur riskhantering avseende olycksrisker med farliga ämnen bör ske på en nationell nivå, på nederländska finns dessa i en bokserie som förkortats *VROM*. Riktlinjerna är relativt styrande och kallas i rapporten för Nederländska modellen (Uijt de Haag & Ale, 2005).

Inom boken kallad “Purple book” finns riktlinjer för transport av farligt gods på väg för kvantitativa riskanalyser. Här regleras både hantering av enkla förfaranden genom bland annat kontroller av verkligt antal farligt gods transporter på en aktuell sträcka i förhållande till ett gränsvärde för det aktuella befolkningsdensiteten samt väg- och omgivningstyp. Vid överstigande gränsvärden för transporter undersöks riskerna närmre med ett datorprogram som kallas RBM II (Uijt de Haag & Ale, 2005).



Den nederländska modellen för detaljerad kvantitativ riskanalys summerades av Olsson (2020) i nedan huvudsakliga egenskaper:

- Förenkling av osäkerheter bedöms vara förknippat med olyckskvoten då denna beräknas som en linjär funktion av olyckskvoten för trafikolyckor med motorfordon som ger personskada.
- Metoden kräver tillgång till data för olyckor och transportarbete på aktuell väg men dess uppbyggnad är i övrigt relativt enkel.
- Uppdelning mellan singel- och kollisionsolyckor ges ej eftersom det är frekvensen av olyckor med utsläpp som enbart beaktas.
- Modellen har generellt relativt hög transparens.

#### 4.4 Hallandsdokumentet

Länsstyrelsen i Hallands län tog år 2011 fram Hallandsmodellen då deras årliga regionala undersökning för risk- och sårbarhetsanalyser visade att risk för utsläpp av farliga ämnen var dominerande inom länet och dess konsekvens av ett eventuellt utsläpp påfrestande för samhället. Undersökningens syfte var att öka förståelsen för risk av transporter med farligt gods samt öka förmågan av hantering vid olyckor (Davidsson & Thorwaldsdotter, 2011).

Hallandsmodellen summerades av Olsson (2020) i nedan huvudsakliga egenskaper:

- Hallandsmodellen innefattar i huvudsak grova uppskattningar då den inte beaktar det lokala vägnätets egenskaper, dock tar modellen med uppmätt ÅDT för tung trafik.
- Nationellt antal olyckor per år framstår som underbyggt vilket bidrar till att modellen innefattar relativt stora osäkerheter för den generiska olyckskvoten. Därutöver innefattar inte data utländska transporter med farligt gods inom Sverige.
- I riskanalyser kan den generiska olyckskvoten tillämpas enkelt.
- Den generiska olyckskvoten är baserad på nationellt antal olyckor per år vilket saknar tydlig motivation om var och hur det togs fram och således bidrar till viss avsaknad av transparens.

En del av Hallandsmodellen innefattade att för utvalda transportsätt kvantifiera frekvenser av olyckor. Genom att ta fram statistik för inträffade olyckor samt utfört trafikarbete med tung trafik togs en generell olycksfrekvens fram, vilket resulterade i  $4 \cdot 10^{-7}$  olyckor för transporter av farligt gods på väg (Davidsson & Thorwaldsdotter, 2011).

## 5. Beskrivning av ERA-ramverket

Innehållet i ERA-ramverket är anpassat för att kunna appliceras vid transport av farligt gods på väg, järnväg eller insjö. I denna analys studeras framför allt hur frekvens, konsekvens och risk tas fram vid transport på väg eller järnväg. Hur ingående parametrar motiveras, beskrivs och vilka tillhörande antagande som görs undersöks för att kunna analysera ERA-ramverkets transparens.

I följande kapitel analyseras respektive område till den grad det är färdigställt, tillhörande dokumentet *"Guide for risk estimation"* (EUDG, 2018). Analysen genomförs med tillgängligt material som finns tillgå på European union agency for railway:s hemsida och tar inte hänsyn till eventuella delar som kan ha uppdaterats men inte publicerats innan arbetet påbörjades (2024-01-13). I dokumentet för ERA-ramverket betonas att ramverket är under utveckling och vissa delar är inte färdigställda.

Slutligen i detta kapitel redovisas en sammanställning, som sammanfattar analyser på respektive delar i ERA-ramverket.

### 5.1 Förutsättningar och beskrivning av risksituation (Övergripande del)

Första delen i ERA-ramverket innefattar huvudsakligen beskrivning av aktuellt område och risksituation, som beskrivs och analyseras i en reflektion. Denna del omfattas av steg som förklarats ytligt i kapitel 4, vilket kommer att utvärderas grundligt i följande kapitel.

#### 5.1.1 Specifik indata kopplat till området

##### Beskrivning

Det finns tre olika typer av egenskaper hos parametrar som ingår i ERA-ramverket, vilket är öppna standardvärden, stängda standardvärden och öppna värden. Standardvärden är framtagna av de experter som format ramverket och ska i ett senare skede sammanställas i ett dokument där parametrarnas validitet förklaras. Stängda standardvärden är applicerbara på det mesta och konstruerade för att inte ändras, dock kan det i specifika fall skickas in förfrågan om att ändra parametern till metodutvecklarna där standardvärdet inte anses lämpligt. För öppna standardvärden är det däremot upp till ansvarig användare att se till att ändra parametern, om det anses behövas och om tillräcklig information finns tillgänglig för att fastställa lämpliga värden utifrån förutsättningarna inom aktuellt område. För öppna parametrar ska egna värden tas fram genom att studera aktuellt område och använda tillförlitliga källor för informationsinsamling. Tillvägagångssättet för fastställande av öppna parametrar ska vara motiverat och redovisat.

##### Reflektion

Indata som används kan variera beroende på tillgänglig information kring parametrar som behövs i aktuellt område och det är användaren som ansvarar för att relevant data inom det aktuella området används, genom att undersöka förutsättningar och potentiell platsspecifik statistik. Detta anses vara ett rimligt och transparent sätt att använda indata.

Om det inte är möjligt att använda platsspecifika indata anses det generellt användbart med framtagna standardvärde som redovisas i ERA-ramverket, inom delar där information och

statistik är begränsad eller saknas, förutsatt att aktuell infrastruktur är någorlunda jämförbara med genomsnittliga framtagna data.

### **5.1.2 Kartläggning av området**

#### **Beskrivning**

För att kartlägga och beskriva områden ska verktyg i form av mallar användas, där områdets infrastruktur införs i uppdelade ”segment” av transportsträckor inom vilka ingående egenskaper är homogena. Även segment som påverkas av de effekter som scenarierna skapar ska tas hänsyn till i kartläggningen vilket görs genom ”beräknings-grid” som använder sig av de givna effekterna för att beräkna risk.

För skapa en bild av området kan satellitbilder användas som grund för att rita ut olika segmentsträckor som finns inom området. Det krävs dock även ingående information och expertis om området för att kunna beskriva segment och områdets egenskaper så noga som möjligt, vilket kan beskrivas i framtagna mallar från ERA-ramverket i form av mallar för sårbarheter och trafik. De segmentegenskaper som huvudsakligen studeras är transportvolym och typ av infrastruktur. Segmenten baseras delvis på trafikvolym vilket studeras vid transportsträckan inom aktuellt område, där olika segment delas upp till följd av trafikförändringar vid avfarter, påfarter eller korsningar. Segment skapas även beroende på vilken infrastruktur som finns kring transportsträckan vilket i grova drag kan vara stadsmiljö eller landsbygd.

Efter att segment baserats på infrastruktur och transportvolym skall även sårbarheter tas hänsyn till. Detta görs främst ur människoaspekt och genomförs genom att dela upp området i segment, som till stor del är beroende av densiteten av människor både inomhus och utomhus vid olika tidpunkter.

#### **Reflektion**

Det kan vara svårt att genomföra kartläggning på områden med stora variationer i infrastruktur och sårbarheter och vilken programvara som används bör anpassas efter behov. Det är viktigt att användaren tar hänsyn till målet med riskestimeringen och vilka resurser som finns tillgängliga, samt att hitta en balans mellan den komplexa verkligheten och modelleringen av denna. Att beskriva området genom uppdelning av transportsträckor i segment är ett vanligt tillvägagångssätt i samband med framställning av riskanalyser och beskrivs bland andra även av VTI-handboken.

ERA-ramverket betonar att val av segment ska baseras på områdets egna förutsättningar vilket ger användaren det huvudsakliga ansvaret för att se till att förutsättningarna för trafik och sårbarheter återspeglar verkligheten på bra sätt. ERA-ramverket förser användaren med Excell-mallarna ”Use\_Case\_-\_traffic” (EUDG, 2019) och ”Use\_Case\_-\_human\_vulnerabilities” (EUDG, 2019) som kan användas för att beskriva segmentens trafik- respektive sårbarhetsaspekter på ett detaljerat sätt, dock kan det i praktiken vara svårt att beskriva förutsättningarna i mallarnas redovisade detaljnivå. Det kan till exempel vara svårt att beskriva hur förhållandet av transporterade farligt godsmängder förhåller sig till dygnets 24 timmar eftersom statistik om detta är begränsad. Att statistik är begränsad är dock något som även ERA-ramverket nämner och avser att förbättra i framtiden med hjälp av elektronisk spårning av transporter. Det kan dock vara användbart att beskriva tidsmässiga

transportförhållande om det finns skrivna regler eller förhållningssätt för transporter av farligt gods i området, det kan exempelvis handla om att det är förbjudet att transportera under dagtid. Att beskriva sårbarheter är något som varierar kraftigt i svårighetsgrad beroende på vilken miljö- och byggnadsinfrastruktur som finns inom aktuellt område. Att rita upp infrastruktur och även ta hänsyn till dess tillhörande verksamheter åligger användaren själv att ansvara för, samt att beskriva sårbarheter som medföljer respektive verksamhet i hela infrastrukturen. Användaren bestämmer själv vilket program som ska användas för att rita upp infrastruktur baserat på preferenser, omfattning av arbete och tillgängliga resurser vilket anses vara rimligt.

### ***5.1.3 Riskestimering och beslutsfattande***

#### **Beskrivning**

Det är viktigt att riskestimering genomförs på ett skäligt sätt med väl motiverade antagande och utan att vinkla parametrar för att förbättra resultatet. Dokumentet för riskestimering kan användas separat från dokumentet om beslutsfattande men det kan vara bra att kombinera användandet av dokumenten för att få en sammanhållande bild av hela riskhanteringen. Beslutsfattande hör till viss del ihop med riskestimeringen eftersom de beslut om åtgärder som tas används för att göra nya riskestimeringar. Det är också viktigt att användaren kommunicerar med beslutsfattare om nya sätt att hantera befintliga risker när dessa identifieras. Riskestimeringen skall vara transparent och oberoende av andra beslut som rör riskhanteringen för att objektivt beskriva risk och åtgärders påverkan på risken. Skillnader i ingående data när en åtgärd har gjorts ska antecknas och även parametrar som modifieras skall antecknas med förklaring. Alla delar med ”öppna” parametrar eller ”öppna” standardparametrar går att korrigera när effekter av åtgärder skall tas hänsyn till.

Vid användandet av denna guide är det viktigt att även anteckna risker, sårbarheter och faror som användaren identifierar men som inte beaktas i ERA-ramverket. Det är även viktigt att beskrivningar kring varje risksituation och information om åtgärdstestning finns tillgängligt att redovisa för involverade parter.

#### **Reflektion**

Genomförandet av skälig riskestimering bygger på transparens och rimlighet, vilket tydligt framgår som en viktig punkt i ERA-ramverket. Det framgår i ERA-ramverket att för att få bästa möjliga resultat går det inte att undgå ansvaret som användaren själv har för att se till att de antaganden som görs är applicerbara på de aktuella fallen. Detta innebär att metoden inte ger en heltäckande bild av exakt vad som ska tas hänsyn till i specifika riskestimeringar eller vilken indata och antaganden som bäst passar, utan kompetens hos användaren krävs för att täcka in alla potentiella risker och platsspecifika förutsättningar. Att metoden poängterar att användaren har ett ansvar för att se till att antaganden och beskrivningar på ett täckande och rimligt sätt stämmer överens med verkligheten utifrån det givna fallet tyder på en transparens från metoden. Detta eftersom ERA-ramverket då inte utesluter att vissa situationer kanske inte passar eller är applicerbara i metoden och därför krävs det att användaren går utanför ERA-ramverkets omfattning med egna expertantaganden.

### ***5.1.4 Infrastruktur och användningssätt***

#### **Beskrivning**

För att beskriva vilken typ av infrastruktur som finns i aktuellt område och på vilket sätt

transport av farligt gods sker har tabeller för respektive parametrar tagits fram. Dessa tabeller är uppdelade för väg, järnväg, insjö och blandade transportmetoder där det till exempel redogörs om området där transporten sker är i stadsmiljö, i förorter, på landsbygden eller på motorväg. Det redovisas också exempelvis vid vägtransporter om aktuellt område är på väg, logistikområde eller parkeringsytor och på järnväg kan det vara på öppna spår eller på stationer och bangårdar. Dessa parametrar är framtagna med ändamål att få referensvärden baserat på relevant statistik, som sedan kan användas utifrån vilken typ av infrastruktur som finns i området. Det är även möjligt att forma egna parametrar baserat på infrastruktur och användningssätt om detta behövs.

Parametrar inom transportinfrastruktur som vanligen används är följande:

- Sträckor med ”open lines” (OLN) som är vanliga transportsträckor där gods, passagerare eller farligt gods transporteras.
- Område med parkeringssegment (PRK).
- Område med logistiksegment (HLT) där hantering, lastning, lossning eller liknande genomförs.
- Område med tömnings/fyllnings-segment (FLU) av materialet som transporteras, eftersom detta inte inkluderas i lastning/lossning.
- Segment av stationer, sidospår och liknande (STSD) som kan innebära temporära uppehåll.
- Segment av bangårdar (MYS) som kan innebära mottagning, omformering eller liknande av tåg.

Dessa områden med olika typer av infrastruktur kan direkt kopplas till användningssätt inom området, alltså vilka typer av operationer som genomförs.

För att beskriva infrastrukturen på den sträcka som är aktuell i det område som riskanalysen genomförs används ett dokument kallat ”*Use Case - infrastructure and operation*” (EUDG, 2019) där information om olika segment i aktuellt område skrivs in. Här beskrivs en sträcka från en startpunkt till en slutpunkt, där ingående segment med olika hastigheter, bebyggelse (infrastrukturkategori) inklusive dess bredd, riktningar, antal filer eller spår och sträckans användningssätt.

### **Reflektion**

ERA-ramverket inkluderar ett antal olika parametrar som kan beskriva ett område eller delar av ett områdes transportinfrastruktur och tillhörande arbetssätt, vilket kan vara ett bra sätt att beskriva förutsättningar i specifika områden som inte bara består av enkla transportsträckor utan kan bestå av parkeringsplatser, underhållsområde, rastplatser eller annat. Det finns dock idag mycket lite data på dessa specifika förutsättningar och inga standardvärden är framtagna av ERA-ramverket för exempelvis vägtransporter, vilket leder till att användning av dessa parametrar skall baseras på egna antaganden och statistik som kan vara svårt att framställa eller få tillgång till. Generellt är det som i tidigare delar brist på statistik som kan användas för att dessa detaljerade delar ska kunna användas, dock kan det i framtiden bli aktuellt givet att relevant statistik dokumenteras och används för att göra det möjligt att reflektera verkligheten på ett mer heltäckande sätt.

### 5.1.5 Trafik av farligt gods

#### Beskrivning

ERA-ramverket antar att transporter sker med antingen passagerare, gods eller farligt gods. Farligt gods antas transporteras i stora tankar, mellan tankar eller i form av mindre paket/artiklar. Statistik från EU används för att ta fram standardvärde för händelser vid transport av normalgods och farligt gods. ERA-ramverket beräknar utsläppsfrekvenser baserat på transporterade mängder av farligt gods i tankar eller dylikt för olika klassificeringar av farligt gods baserat på EU-krav och transportstatistik av farligt gods. Även andelar av specifika klasser för farligt gods och vilken tid på dygnet som transporterna sker är framtaget ur statistik. Men dessa delar kan givetvis ändras beroende på om platsspecifik information i det område som riskanalysen genomförs finns tillgängligt.

För att beskriva trafikvolymerna har ett dokument *"Use\_Case\_-\_traffic"* (EUDG, 2019) tagits fram där egen relevant statistik förs in för det område där riskanalysen genomförs. I dokumentet ska detaljer om vilka volymer passagerartransport, godstransport och farlig godstransport som förekommer skrivas in. Vilket förhållande olika klasser inom farligt gods transporteras i, samt fördelningen av transporter på dygnets 24 timmar kan också skrivas in. Om det inte finns tillgänglig statistik för det aktuella området ska standardvärden framtagna ur EU statistik användas.

#### Reflektion

Eftersom EU har lagställda krav redovisade i föreskrifterna ADR-S och RID-S på hur farligt gods transporteras, i form av vissa typer av transporttankar och behållare är det rimligt att standardvärden har tagits fram för detta. Dock bör statistik för trafikförhållande med olika klasser av farligt gods och frekvenser av farligt gods som är framtagen baserat på EU-genomsnitt undersökas om det är rimligt att användas som ett genomsnitt även för riskanalyser i Sverige eftersom transportmängder- och förhållande kan tänkas skiljas mellan olika länder. Detta styrks av att transport av farligt gods beror till stor del på verksamhetsaktivitet inom främst industrisektorn vars omfattning kan variera i olika länder (Erkut, Tjandra, & Verter, 2007). Om det finns tillgång till platsspecifik statistik kan det vara bra att främst applicera denna, för att öka pricksäkerheten i hur statistiken i beräkningsmodellen faktiskt representerar verkligheten. Detta är något som ERA-ramverket framhäver och det trycks på att beskriva trafiksituationen i *"Use\_Case\_-\_traffic"* (EUDG, 2019) med data som återspeglar platsspecifik trafik, vilket anses vara en styrka som ökar metodens flexibilitet och transparens.

### 5.1.6 Scenarier och relevanta faror

#### Beskrivning

ERA-ramverket har tagit fram tabeller i ett dokument *"Inland TDG RMF – Table of allocation of TDG scenarios"* (EUDG) som ska redogöra för konsekvenser och tillhörande sannolikheter för att vissa scenarier sker. Detta ska tas fram för alla klasser av farligt gods med effekter av olika scenarier. Det är viktigt att användaren identifierar och tar hänsyn till risker som kan finnas i det specifika fallet, och som inte nödvändigtvis täcks av ERA-ramverket. Scenarier som identifieras av användare som inte täcks av ERA-ramverkets tabeller ska tas hänsyn till, och dessa scenarier ska skickas in för att utvärderas och potentiellt läggas till i tabellerna.

## Reflektion

Beskrivningen av effekter som medföljer beroende på vilket ämne och i vilken form denna transporteras är framtaget i enlighet med klassificering och beskrivning av specifika ämnen i föreskrifterna ADR-S och RID-S. Det är därför rimligt att de effekter som tas hänsyn till baseras på just dessa beskrivningar men det är också viktigt att användaren utvärderar andra potentiella risker som inte täcks av metoden som betonas av ERA. I dagsläget är dock tabellen ”*Inland TDG RMF – Table of allocation of TDG scenarios*” (EUDG) inte färdigställd och användaren får själv analysera vilka konsekvenser och tillhörande sannolikhet respektive scenario har. Att användare själva får ansvara för antagande av scenarier och beräkna konsekvenser motarbetar själva syftet med metoden om reproducerbarhet, jämförbarhet och transparens.

### 5.1.7 Sårbarheter

#### Beskrivning

I ERA-ramverket delas sårbarheter upp i mänskliga, egendom och infrastruktur, viktiga funktioner och miljö som alla på något sätt är utsatta av potentiell skada till följd av transport av farligt gods. För att kunna beskriva på vilket sätt dessa sårbarheter påverkas är det viktigt att kartlägga sårbarheterna i kombination med att använda avstånden som scenarier av farligt gods påverkar. Avstånd som tagits fram för scenarier med alla typer av klasser av farligt gods beskrivs i dokumentet ”*Inland TDG RMF – Table of allocation of TDG scenarios*” (EUDG) eller enligt egna identifierade scenarier.

För att beskriva sårbarheterna för människor har ett dokument ”*Use Case - \_human\_vulnerabilities*” (EUDG, 2019) tagits fram för att användaren ska beskriva var och när människor befinner sig i området. Detta innebär att hur många som befinner sig i området uppskattas och beskrivs samt hur många av dessa som befinner sig inomhus och utomhus under dygns alla timmar. Det ska också redovisas hur många som antas använda publik infrastruktur under dygnet samt hur många som är utomhus och inomhus av dessa. Även faciliteter som är kopplade till transportsystem ska undersökas (till exempel tågstationer) där personer väntar på transport samt eventuell personal i transportsystemet tas hänsyn till. Om det finns personer på andra specifika platser ska detta även tas hänsyn till när sårbarheter för människor undersöks.

#### Reflektion

När en riskanalys genomförs i samband med detaljplanering inkluderas generellt inte sårbarheter som miljö, egendom eller viktiga funktioner i någon större omfattning utan fokus ligger på att undersöka hur riskerna påverkar människor inom området enligt förordning PBL kap. 5§ (2010:900) vilket metoden fokuserar på. Sårbarhet är svårt att beskriva och innefattar stora osäkerheter eftersom det kräver uppskattningar om när och var människor befinner sig inom det aktuella området. För att undersöka detta krävs noggranna beskrivningar av byggnationers utformning och tillhörande verksamheter i området, samt uppskattningar av hur många som befinner sig inomhus eller utomhus under dygnets alla timmar. Det finns inget redovisat dokument för standardvärden som beskriver sårbarheterna men det finns en mall ”*Use Case - \_human\_vulnerabilities*” (EUDG, 2019) som kan användas för att själv beskriva sårbarheterna i området. Denna mall ger möjlighet för en detaljerad beskrivning av människors vistelse i området baserat på hur användaren själv utformat infrastrukturen och



dess tillhörande verksamheter, vilket anses vara en rimlig och transparent metodik. Användningen av denna mall anses dock kräva resurser i form av kompetens, tid och utvärdering av förutsättningar och utformning för det givna området.

### **5.1.8 Kombinerade transportsätt**

#### **Beskrivning**

När det inom ett område sker transporter av farligt gods med två eller fler transportslag är det viktigt att beskriva hur transportskiftet ser ut och ta i beaktning de sårbarheter som de olika transportmetoderna innefattar. Om en specifik sårbarhet finns inom minst en av transportmetoderna ska den inkluderas i riskanalysen för att få en heltäckande bild. Det är fullt möjligt att genomföra riskanalyser på området med mer än en av transportmetoderna väg, järnväg eller insjö eftersom de alla ingår i ERA-ramverket och delas in i segment.

#### **Reflektion**

Det är upp till användaren att bedöma de risker och scenarier som bidrar till risksituationen vid kombinerade transportsätt eftersom det är svårt att applicera redan begränsad statistik och information, vilket anses vara rimligt.

### **5.1.9 Tolkning och formatering av resultat**

#### **Beskrivning**

Resultatet fås från beräkningar i alla de Grid-celler som kartlagts i området genom användarens programvara, där sårbarheterna som finns i cellen påverkas av effekter som sker med en viss frekvens. Detta resultat redovisas i form av individrisk och samhällsrisk med hänsyn till människan som sårbarhet.

Det antas att individrisken är konstant genom hela celler eftersom de parametrar som påverkar individrisken i cellerna antas konstanta i hela cellens area. Det går att genomföra individrisk för segment eller sträckor ett visst avstånd från transportsträckorna för farligt gods som redovisar ett genomsnittligt värde för individrisk.

Samhällsriskens beskrivs genom sårbarhet för människor i kombination med effekter av potentiella scenarier med vissa frekvenser. För att beskriva detta används F/N-kurvor, där N representerar hur många människor som minst dör till följd av ett scenario och F representerar hur ofta dessa scenarier sker. F/N-kurvor kan tas fram för specifika zoner av intresse eller för hela det aktuella området. Det kan även vara bra att jämföra F/N-kurvor efter att olika åtgärder har genomförts för att se hur dessa påverkar samhällsriskens i området.

#### **Reflektion**

Att resultatet formateras genom individrisk och samhällsrisk i form av F/N-kurvor är ett standardiserat sätt att redovisa resultatet från riskanalyser enligt Aven (2017), vilket även framgår i Alvarsson & Janssons (2016) arbete där 14/14 rapporter från olika riskanalyser framtagna i Sverige använde individrisk och 12/14 av dessa undersökte samhällsrisk. Genom att använda grid-cellerna kan individrisk och samhällsrisk fås på specifika delar av det aktuella området, vilket kan vara användbart för att se vilka delar som är extra utsatta. Det poängteras även att uppdatering av beräkningarna ska genomföras allt eftersom åtgärder som minskar effekter eller frekvenser införs, som ger nya kurvor som går att jämföra med tidigare kurvor. Detta är en viktig del av sambandet mellan beslutsfattare och riskanalytiker, eftersom



beslutsfattare hanterar beslut om vilka åtgärder som skall vidtas och riskanalytikern gör därefter om beräkningar baserat på beslutade förändringar.

## 5.2 Riskestimering i aktuellt område (beräkningsdel)

Detta kapitel utvärderar genom beskrivning och analys den andra fasen av ERA-ramverket. I denna del beskrivs arbete om frekvens, konsekvens och scenariobeskrivningar i det aktuella området där riskanalysen genomförs.

### 5.2.1 Frekvens av transporterhändelser (F1)

#### Beskrivning

För att bedöma och använda transportfrekvenser finns olika alternativ beroende på vad som passar i den givna situationen. I ERA-ramverket används godstransport som bas för beräkningar av händelser med transport av farligt gods eftersom det antas att transport av farligt gods har samma förutsättningar som vanlig godstransport. Beroende på vilka förutsättningar som råder i det aktuella området kan antalet händelser som kan förväntas ske variera.

De händelser som används i metoden är grupperade som kollisioner mellan fordon, övriga kollisioner, singelolyckor och godsolycka/händelse, där alla innefattar ytterligare indelningar. I dessa indelningar införs data, som antingen kan vara standardvärden framtagna ur europeisk statistik eller egen specifik statistik på det aktuella området. Korrektionsfaktorer kan också användas på standardvärdena om dessa kan motiveras. I dagens läge är standardstatistik till ERA-ramverket endast framtaget som ett genomsnitt i alla olika infrastrukturer från stadsområden till landsbygden. I vilken del av transportsystem som olyckor sker tas hänsyn till, där till exempel tåganvändning delas upp i bangårdsområde respektive aktiva spår. Statistik för transporthändelser ska i framtiden tas fram för transport via väg, järnväg och insjö men för tillfället finns ingen framtagen standardstatistik för väg eller insjö och endast begränsad statistik för järnväg. Frekvenser redovisas som händelse per år, händelser per ton, händelser per ton och kilometer och händelser per transporterad enhet. Nedan i Figur 1 beskrivs ett exempel på hur frekvenser redovisas för olika transportsätt och inom vilka specifika platsförutsättningar (landsbygd, stadsmiljö, etc.) genom Excell beräkningsmallen ”Eu\_fl\_rl” (EUDG). I detta fall har inga korrekationer genomförts utan frekvenserna baserat endast på standardvärde från ERA-ramverket.

Mode	Infrastructure category	Operation category	(Occurrence areas names)	(N_OCC/y)	(F1 names)	F1_T (N_OCC/ton)	F1_TK (N_OCC/ton.km)	F1_TU (N_OCC/operated transport unit)	(by default - correction factor per type of operation) ; [0..infinity] ; (not corrected = 1)
<b>ROAD SEGMENTS</b>			<b>ROADS SAFETY PERFORMANCE</b>			<b>ROADS SAFETY PERFORMANCE</b>			
RD	NET	ALL	OCC_RD_NET_ALL		F1_RD_NET_ALL				0%
RD	ORD	ALL	OCC_RD_NEL_ALL		F1_RD_OLN_ALL				0.00%
RD	ORD	URBAN	OCC_RD_OLN_URBAN		F1_RD_URBAN				1.00
RD	ORD	SUB-URBAN	OCC_RD_OLN_SUBURBAN		F1_RD_SUB-URBAN				1.00
RD	ORD	COUNTRY SIDE 2	OCC_RD_OLN_COUNTRY2		F1_RD_COUNTRY2				1.00
RD	ORD	HIGHWAY	OCC_RD_OLN_HIGHWAY		F1_RD_HIGHWAY				1.00
RD	PRK	ALL	OCC_RD_PRK_ALL		F1_RD_PRK_ALL				0.00%
RD	HLT	ALL	OCC_RD_HLT_ALL		F1_RD_HLT_ALL				0.00%
RD	FLU	ALL	OCC_RD_FLU_ALL		F1_RD_FLU_ALL				0.00%
RD	USR	ALL	OCC_RD_USR_ALL		F1_RD_USR_ALL				0.00%
<b>RAILWAY SEGMENTS</b>			<b>RAILWAYS SAFETY PERFORMANCE</b>			<b>RAILWAYS SAFETY PERFORMANCE</b>			
RL	NET	ALL	OCC_RL_NET_ALL	408.33	F1_RL_NET_ALL	2.48E-07	9.87E-10	6.97E-06	100%
RL	OLN	ALL	OCC_RL_OLN_ALL	265.42	F1_RL_OLN_ALL	1.61E-07	6.42E-10	4.53E-06	65.00%
RL	OLN	URBAN	OCC_RL_OLN_URBAN		F1_RL_OLN_URBAN	1.61E-07	6.42E-10	4.53E-06	1.00
RL	OLN	SUB-URBAN	OCC_RL_OLN_SUBURBAN		F1_RL_OLN_SUBURBAN	1.61E-07	6.42E-10	4.53E-06	1.00
RL	OLN	COUNTRY SIDE 1	OCC_RL_OLN_COUNTRY1		F1_RL_OLN_COUNTRY1	1.61E-07	6.42E-10	4.53E-06	1.00
RL	OLN	COUNTRY SIDE 2	OCC_RL_OLN_COUNTRY2		F1_RL_OLN_COUNTRY2	1.61E-07	6.42E-10	4.53E-06	1.00
RL	SDST	ALL	OCC_RL_SDST_ALL	142.92	F1_RL_SDST_ALL	8.67E-08	3.45E-10	2.44E-06	35.00%
RL	SDST	ENTRY	OCC_RL_SDST_ENTRY		F1_RL_SDST_ENTRY	8.67E-08	3.45E-10	2.44E-06	1.00
RL	SDST	EXIT	OCC_RL_SDST_WITHIN		F1_RL_SDST_WITHIN	8.67E-08	3.45E-10	2.44E-06	1.00
RL	SDST	WITHIN	OCC_RL_SDST_EXIT		F1_RL_SDST_EXIT	8.67E-08	3.45E-10	2.44E-06	1.00
RL	MYS	ALL	OCC_RL_MYS_ALL	n/a	F1_RL_MYS_ALL				100%
RL	MYS	RECEPTION	OCC_RL_MYS_RECEPTION		F1_RL_MYS_RECEPTION				0.08
RL	MYS	UNCOUPLING	OCC_RL_MYS_UNCOUPLING		F1_RL_MYS_UNCOUPLING				0.21
RL	MYS	SHUNTING	OCC_RL_MYS_SHUNTING		F1_RL_MYS_SHUNTING				0.70
RL	MYS	DEPARTURE	OCC_RL_MYS_DEPARTURE		F1_RL_MYS_DEPARTURE				0.01
RL	HLT	ALL	OCC_RL_HLT_ALL		F1_RL_HLT_ALL				0.00%
RL	FLU	ALL	OCC_RL_FLU_ALL		F1_RL_FLU_ALL				0.00%
RL	USR	ALL	OCC_RL_USR_ALL		F1_RL_USR_ALL				0.00%

Figur 1: Beräkningsscenario för standardvärden i "Eu\_f1\_rl" (EUDG).

## Reflektion

För att bestämma antalet händelser som sker i samband med transport av farligt gods används sannolikhet för händelse i samband med transport av normalgods i samband med mängd farligt gods transporter. Detta är ett antagande som görs eftersom transport av farligt gods och normalgods ingår i samma transportsystem och inte sällan transporteras de tillsammans i långa godståg. Det kan därför anses vara rimligt att anta att händelsestatistik från transport av gods är applicerbar även för farligt gods, även om transport av enbart farligt gods säkerligen har transportegenskaper som skiljer sig något från normalgods. ERA-ramverket ger möjlighet för användaren att ta hänsyn till infrastrukturens olika delar på aktuell sträcka som har en påverkan på händelsefrekvenser. Det är dock möjligt att korrigera dessa värden i Excell-mallen "eu\_f1\_rl" för att ta hänsyn till platsspecifika förhållande men vilket värde som ska antas i korrigeringen är upp till användaren att motivera. Det framgår inte någon beskrivning av förutsättningar för framtagna snittvärden och det kan därför vara svårt att veta vilket korrigeringsvärde som ska antas i det specifika fallet. Enligt trafikanalys (2015) finns definierad data om statistik för järnvägstransport i Sverige men stora delar av denna information är sekretessbelagd. Det beskrivs också att det för tillfället inte är möjligt att föra statistik för trafiken på bangårdar, i terminaler eller i hamnar, vilket kan vara problematiskt eftersom de flesta olyckorna sker på rangerbangårdar (Trafikanalys, 2015). Det kan därför också vara svårt att fylla i egen statistik enligt ERA-modellens definitioner på olika händelser i olika områden. Det kan också tänkas vara liknande förutsättningar i övriga EU som beskrivs ovan för Sverige, att statistik är begränsad till följd av sekretess och svårigheter att följa trafik på bangårdar och liknande vilket påverkar användbarheten av detaljrikheten i ERA-ramverket.

### 5.2.2 Frekvenser av händelser i samband med transport av farligt gods (F0)

#### Beskrivning

Inom ERA-ramverket räknas en händelse vid transport av farligt gods både när läckage sker och när läckage av det transporterade materialet inte sker, frekvenser av dessa händelser

beskrivs som F0. Det krävs bara att någon av händelserna listade i metoden inträffar oberoende av vilka konsekvenser som medförs för att händelser skall ses som bidrag till F0.

För att beräkna frekvenser av händelser kopplat till farligt gods används P1 som är andelen av transporterat gods som innefattar farligt gods. Bestämmandet av P1 är beroende av specifika förhållande, eftersom farligt gods generellt inte transporteras i samma omfattning inom olika transportsträckor. Andelen av farligt gods bestäms med hänsyn till de trafikförhållande som råder i området. I beräkningarna är transportmängderna i tankar stängda parametrar eftersom EU länderna i grunden efterföljer samma transportregler och regler om godshantering. Förhållandet mellan vilka klasser som transporteras är en öppen parameter där den som utför analysen kan välja fördelning baserat på transport i det specifika området, eller använda standardvärden om detta är okänt.

Vilka mängder olika klasser transporteras i kan beskrivas i detalj som en öppen parameter, där hänsyn tas till klassificering, transportstorlek (liten, mellan eller stor förvaring av gods, enligt riktlinjer för respektive klass) och riktning på spår, om det inte finns tillgänglig information om detta kan standardvärde från ERA-ramverket antas. Stor förvaring av gods innebär max last av bulk-containerar eller liknande, mellan innebär mellanlast bulk-containerar eller cylindrar och liten förvaring innebär paket och artiklar i mindre storlek. Vilka mängder detta innebär är framtaget av de experter som deltog i ramverket med hänsyn till gällande EU-regler, men kan i framtiden redigeras utifrån väldefinierad statistik från potentiell elektronisk rapportering.

Frekvenser av transport av farligt gods kan också variera kraftigt under dygnets timmar, speciellt om det till exempel finns restriktioner om vilka timmar som transporter får genomföras. Detta kan till exempel vara fallet om riskerna är stora under aktiva dagstimmar och det därför beslutas att transporter ska genomföras under nattetid. Detta kan regleras genom ett en flik i Excellmallen "Use\_Case\_-\_traffic" (EUDG, 2019) som är framtaget för att beskriva dygnstransportsfördelningen.

Händelser kopplat till transport av farligt gods (F0) kan estimeras genom Ekvation 1.

$$F0 = F1 * P1 * CORRECTION_{F1F0} * CF_{F0}$$

*Ekvation 1: Frekvenser av händelser i samband med transport av farligt gods.*

Där  $CORRECTION_{F1F0}$  är en korrektionsfaktor till F0 och F1 som oftast sätts till 1, men ska vidare utvärderas av experter i senare skede.  $CF_{F0}$  är en korrektionsfaktor (mellan 0 och 1) till P1 som är en stängd parameter som inte går att redigera för att den innehåller komplicerade beräkningar som inte redovisas i dokumentet.

### **Reflektion**

ERA-ramverket poängterar att det är viktigt att P1, som är andelen farligt gods som transporteras, beskrivs utifrån vilka ämnen som faktiskt transporteras på avsedd sträcka. Det är användarens ansvar att undersöka och beskriva vilket förhållande olika klassificeringar av farligt gods transporters i förhållande till totala godstransporten. Om det inte finns platsspecifik information anses det vara rimligt att använda standardstatistik framtagen av metoden. I vilka klassspecifika tankmängder och former olika ämnen transporteras går inte att

redigera eftersom detta baseras på EU-direktiv för transportsätt för olika klasser, som används i stängda beräkningar för att bestämma P1. Dessa beräkningar är inte redovisade och det är därför inte möjligt att undersöka dess ingående sammansättning eller egenskaper vilket inte medför transparens i beräkningarna. Det är dock möjligt att korrigera transportförhållandet genom att använda korrektionsfaktorer där detta är nödvändigt, dock framgår det inte särskilt tydligt hur detta ska gå till. Enligt Lathrop & Ezell, (2016) är beräkningsmodeller för riskanalyser ofta svår genomförliga med komplicerade matematiska beräkningar, vilket undviks i ERA-ramverket genom att standardisera beräkningar för egenskaper som kan anses gälla för alla transporter inom applicerbart område (EU-området i denna metod). Beräkningsmetodiken för framtagning av frekvenser av farligt gods i ERA-ramverket anses vara rimlig men saknar transparens om hur beräkningar ska genomföras och om hur stängda parametrar har beräknats.

### **5.2.3 Frekvenser för utsläpp av farligt gods (F\_DGR)**

#### **Beskrivning**

ERA-ramverket använder statistik för utsläpp för att kunna estimerarisker på ett enhetligt sätt även om tillgänglig statistik är begränsad. Statistik kan dock förändras och förbättras i framtiden. Kategorierna av utsläpp som används i ERA-ramverket är:

- Inget utsläpp
  - Ingen mängd av det transporterade godset släpps ut och endast mekanisk verkan tas hänsyn till i riskestimering.
- Litet utsläpp
  - Mindre utsläpp i form av att det droppar eller luktar, dock antas detta inte vara en fara för människor och ingen estimering av risker utöver serviceuppehåll till följd av utsläpp genomförs.
- Begränsat utsläpp
  - Utsläpp som sker till följd av ett brott i ett mindre rör eller motsvarande hål i tank, med begränsad mängd utsläppsmängd från behållare/tank. Det antas att räddningstjänst eller motsvarande stoppar flödet inom 60 minuter eller att det avtar av sig själv innan.
- Kontinuerligt utsläpp
  - Utsläpp antas ske till följd av brott av den största komponenteten kopplad till behållaren/tanken eller motsvarande storlek på skalet av behållaren/tanken. Behållaren/tanken antas tömmas helt utan möjlighet för ingrepp av räddningstjänst genom ett kontinuerligt flödesutsläpp.
- Fullt (nästan omedelbart) utsläpp
  - Plötsligt utsläpp av hela mängden farligt gods som transporteras i behållaren/tanken antas, till följd av att ett mycket stort brott eller total avbrytning i skalet på behållaren/tanken inträffat. Omfattningen bestäms av kapaciteten av behållaren/tanken.

Dessa kategorier har applicerats på vägar och järnvägar men inte för insjötransporter. Statistiken som används är begränsad och det understryks att materialet bör uppdateras allt eftersom mer statistik med befogad tillförlitlighet och utförlighet inkommer. Standardvärde anges utifrån ERA-ramverket i Tabell 2.

	Inget utsläpp	Litet utsläpp	Begränsat utsläpp	Kontinuerligt utsläpp	Fullt utsläpp
Vägar	30%	30%	33%	6%	1%
Järnväg (Transportsträckor)	17%	70%	9%	3,9%	0,1%
Järnväg (stationer, bangårdar etcetera)	32%	58%	8,5%	1,5%	0%

Tabell 2: Fördelning av olika utsläppsstorlekar vid olika typer av infrastruktur.

## Reflektion

Hur ett utsläpp sker vid en händelse med farligt gods kan vara en viktig faktor för efterföljande konsekvenser. ERA-ramverket involverar att räddningstjänsten stoppar utsläppsflöden efter en given tid, vilket troligtvis sker i majoriteten av fall i verkligheten där utsläpp blir långvariga. Detta skiljer sig från exempelvis VTI-handboken som endast klassificerar utsläppsstorlekar som liten, medel eller stor utan några tillhörande egenskaper eller utsläppsförlopp. Det kan anses vara en styrka att ERA-ramverket återspeglar mer hur det går till i verkligheten (även om antaganden är konservativa), som enligt Lathrop & Ezell, (2016) är en viktig aspekt för modeller skall kunna bidra med tillförlitlighet. Det framgår att redovisade utsläppsförhållanden från ERA-ramverket är framtagna ur lämplig statistik och att dessa standardvärden ska användas för respektive transportsätt. Metodiken för utsläppsstorlekar anses vara rimligt men redovisar inte hur data har tagits fram och tar inte i beaktning hur till exempel hastigheter påverkar utsläpps sannolikheter.

### 5.2.4 Val av scenarier (DGSC)

#### Beskrivning

Om det finns underlag på transportförhållande på ämnen med olika UN nummer som transporteras i aktuellt område kan RID/ADR/ADN användas i samverkan med det sammanställda dokumentet ”*Inland TDG RMF – Table of allocation of TDG scenarios*” (EUDG), som är framställt i samband med ERA-ramverket. Detta dokument är baserat på RID/ADR/ADN och redovisar scenarier för de olika klasserna av farligt gods samt tillhörande sannolikhet för att dessa ska inträffa. Detta dokument är dock inte färdigställt och kan därför inte studeras i sin helhet.

#### Reflektion

Eftersom denna del inte är färdigställd krävs det att användare själv utvärderar effekter av alla potentiella scenarier med farligt gods.

### 5.2.5 Frekvenser av valda scenarier (F\_DGSC)

#### Beskrivning

För att bestämma frekvenser för enskilda typer av scenarier används den ursprungliga händelsefrekvensen kombinerat med de scenariospecifika förutsättningarna i området, som utgör en specifik sannolikhet som krävs för att händelsen i scenariot skall uppstå. Detta beräknas genom Ekvation 2 nedan:

$$F_{DGSC} = F_{Händelse} * P_{Farligt gods} * P_{Klass} * P_{Förvaringsstorlek} * P_{Storlek av utsläpp} * P_{Scenariospecifikt förhållande} * P_{Scenariotyp}$$

Ekvation 2: Frekvens av aktuellt scenario.

De ingående parametrarna i ekvationen beskrivs och bestäms enligt nedan:

- $F_{\text{Händelse}}$ : Frekvens för händelser vid transport av gods. Frekvenser beror på typ av infrastruktur som finns i området och vilken typ av aktivitet som sker. Infrastrukturen kan till exempel vara bangård/station på järnväg och aktivitet kan vara transport av gods (Frekvens för händelser vid transport av normalgods per kilometer likställs för frekvenser för händelser vid transport av farligt gods på samma transportsträcka).
- $P_{\text{Farligt gods}}$ : Sannolikhet att farligt gods transporteras.
- $P_{\text{Klass}}$ : Sannolikhet att en viss klass inom farligt gods transporteras.
- $P_{\text{Förvaringsstorlek}}$ : Sannolikhet att ämnet som transporteras finns i liten, mellan eller stor mängd (Tankens/behållarens storlek).
- $P_{\text{Storlek av utsläpp}}$ : Sannolikhet för att inget-, litet-, begränsat-, kontinuerligt- eller fullt utsläpp sker.
- $P_{\text{Scenariospecifikt förhållande}}$ : Sannolikhet för att förutsättningar som krävs för att olika typer av händelser ska kunna ske uppstår. Dessa händelser kan exempelvis vara brand, explosion eller BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions) som kräver olika specifika förutsättningar för att kunna inträffa. Dessa sannolikheter tas från tabeller med standardvärden, dock genomförs specifika beräkningar gällande BLEVE.
- $P_{\text{Scenariotyp}}$ : Sannolikhet att en viss typ av scenario inträffar, detta tas från framställd tabell av scenarion när denna är färdigställd.

Ändringar av parametrar och scenarier är möjligt för användaren, mot att det motiveras med skäliga förklaringar. Det är även möjligt att skicka in förslag på ändringar i parametrar som används för att uppskatta frekvensberäkningarna.

## Reflektion

Beräkningen i Ekvation 2 anses vara rimlig eftersom den tar hänsyn till infrastruktur och tågverksamhet som ska ha undersökts och beskrivits av användaren enligt steg i tidigare beskrivningar, samt att den tar hänsyn till alla sannolikheter kopplat till specifika förutsättningar som krävs för att olika scenarier ska kunna ske. Det är dock svårt att använda beräkningen till det ändamål som den är konstruerad för eftersom beräkningen är anpassad och bygger på att infrastruktur och typ av tågverksamhet är redovisat enligt kriterier från ERA-ramverket. Dessa kriterier inkluderar många olika typer av infrastruktur och tågverksamhet och statistik kopplat till dessa specifika delar är begränsade och har inte fullständigt tagits fram som standardvärde för ERA-ramverket. ”Operational model” ska användas för estimering av sannolikhet för att farligt gods involveras, sannolikhet för att specifika klasser involveras och sannolikhet för att olika förvaringsmängder transporteras men tillvägagångsättet, beskrivning och resultat från ”Operational model” är inte fullständig och det är oklart hur denna ska användas. Användning av Ekvation 2 anses dock fortfarande kunna ske men med ett större ansvar hos användaren själv, som får göra egna antaganden och beräkningar för händelsefrekvenser och andra ingående delar där det saknas data eller beskrivningar.

### 5.2.6 Konsekvenser av scenarierna

#### Beskrivning

ERA-ramverket är inte färdigställd och där finns i nuläget inte färdigställt material om hur effekter eller konsekvenser av scenarierna beräknas. Dokumentet ”*Inland TDG RMF – Table*



*of allocation of TDG scenarios*” (EUDG) ska innehålla konsekvenser av olika händelser kopplar till alla klassificeringar men är ofullständig.

### **Reflektion**

Det kan vara bra att ha givna konsekvenser av specifika standardscenarier, eftersom det annars kan uppstå skillnader mellan samma typer av scenarier beroende på hur effekterna beräknas. Det finns dock inget tillgängligt eller färdigställt materialet på denna del så metoden tillför inte något till konkret till metodiken, förutom grundidén om att ha standardiserade konsekvenser.

### **5.2.7 Riskestimering**

#### **Beskrivning**

Genom att redovisa samhällsrisk och individrisk i form av F/N-kurvor (I riskanalyser används vanligen bara F/N-kurvor, som är en typ av F/S-kurva) kan riskestimering göras på alla grid-celler som uppförts i området. Samhällsrisk och individrisk tas fram genom en rad olika steg som sammanfattande består av beskrivning av förutsättningar (Infrastruktur, trafikförhållande, sårbarheter, segment i området), beräkningsprogram där grid-celler och trafiksegment införs, information om vilka, var, när och under vilka väderförhållande framtagna scenarier sker. De sammanlagda konsekvens effekterna för varje grid-cell tas fram och F/N-kurvor och individrisk kan tas fram i på alla platser. Denna process är under utveckling och ska publiceras på hemsidan när det är färdigställt.

#### **Reflektion**

Att använda samhällsrisk och individrisk i riskanalyser är enligt Alvarsson & Jansson (2016) ett standardiserat tillvägagångsätt för att estimerar risker. Det kan också vara bra att dessa kurvor även kan beräknas inom små specifika platser i det aktuella området för att se skillnader på individrisk och samhällsrisk inom olika delar av området. Detta kan vara givande eftersom det enligt Trafikverket (2017) finns särskilda avstånd som ska tas hänsyn till vid exempelvis nybebyggelse. Vidare är riskestimering metoden från ERA som helhet inte färdigställd och det är därför problematiskt att analysera alla delar på ett rimligt och täckande sätt i användandet av metoden.

## **5.3 Sammanställning av beskrivning och reflektioner**

För att lättare få en förståelse av helheten sammanfattas respektive huvudsakliga analyserade reflektioner för båda delar av ERA-ramverket nedan.

### **5.3.1 Förutsättningar och beskrivning av risksituation**

#### **- Specifika indata kopplat till området**

Specifika förutsättningar för aktuella områden tas hänsyn till genom en metod som möjliggör för användaren att själv fastställa parametrar som är ”öppna” eller ändra parametrar som är ”öppna standardvärde”. Detta anses ge en transparens och rimlighet i metoden eftersom det är användaren själv som beskriver indata baserat på vilka resurser som finns att tillgå i det specifika fallet och om det finns eller kan uppkomma statistik om förutsättningar i området.

#### **- Kartläggning av området**

Metoden redovisar ett tillvägagångsätt för att beskriva området på ett heltäckande sätt men som delvis kan anses överflödigt, eftersom det inte finns tillräcklig med statistik och eventuellt undersökning i detaljnivå på respektive område kräver således resurser. För beskrivning av området ålägger metoden användaren själv att välja vilka program som används för att rita upp området. Detta anses vara rimligt eftersom omfattningen av resurser kan variera och områdets komplexitet kan även vara något som kräver olika avancerade programvara.

#### - **Riskestimering och beslutsfattande**

Eget ansvar och lämplig kompetens samt att användaren av metoden har ett eget ansvar för att redovisa en heltäckande bild som återspeglar verkligheten är viktiga punkter som ERA-ramverket framhäver. Detta innebär att gå utanför metoden i de fall som inte täcks av redovisat tillvägagångsätt och data i ERA-ramverket, vilket kan anses vara ett rimligt och transparent sätt att genomföra riskanalyser eftersom det finns en stor variation mellan olika förutsättningar.

#### - **Beskrivning av risksituationer (Infrastruktur & användningsätt, trafik av farligt gods, scenarier & relevanta faror, sårbarheter)**

ERA-ramverkets metodik för att beskriva infrastruktur i området och hur transportområde används anses vara täckande och transparent, där användaren själv beskriver området i detalj genom givna mallar samt egenvald programvara. Dock kan det vara svårt att applicera relevant data i detaljnivå med beskrivning av området.

Gällande trafik av farligt gods anses det att framtagen Excell-mall på ett rimligt och detaljerat sätt kan beskriva trafikförhållande i området baserat på undersökt trafik i det aktuella fallet, där detaljnivån kan styras av vad som passar och är tillgängligt/möjligt att genomföra. Dock bör standardstatistik från ERA användas med försiktighet eftersom det är oklart hur väl denna stämmer överens och ska korrigeras med svenska förhållande.

Sårbarheter beskrivs i metoden på ett rimligt sätt genom att använda beskriven verksamhet och infrastruktur i området, som styr var och när människor befinner sig i området. Det trycks även här på att användaren har ett ansvar att beskriva verkligheten vilket kan beskrivas på ett bra sätt genom att använda framtagen mall samt att använda egna programvara där infrastrukturen är uppritad.

För att beskriva de faror och scenarier som kan ske i området har metoden tagit fram ett dokument med alla klassificeringar och tillhörande potentiella scenarier av farligt gods, vilket anses vara ett bra sätt att beskriva scenarier som då påverkar riskestimering på samma sätt i alla riskanalyser. Dock är detta dokument inte färdigställt och det krävs därmed att användaren själv beskriver alla scenarier och faror i aktuellt område utan stöd av framtagen mall för scenarier.

#### - **Kombinerade transportsätt**

Det framhävs att det är upp till användaren själv att beskriva och ta hänsyn till alla sårbarheter och risker kopplat till områden med flera transportsätt, vilket anses vara rimligt eftersom det kan vara svårt att framställa en standardiserad metodik för speciella områden som innefattar flera transportsätt.



### - **Tolkning och formatering av resultat**

Metoden använder samhällsrisk och individrisk för att beskriva och estimerar risker inom området vilket är ett utbrett och standardiserat sätt att formatera resultat i riskanalyser. Det trycks även på att programvaran som används ska kunna beskriva individrisk och samhällsrisk enligt ”grid-celler”, som ger möjlighet att undersöka inom vilka specifika platser i området som har förhöjda eller låga risknivåer och möjliggör maximerad effekt av riskreducerande åtgärder.

### **5.3.2 Riskestimering**

#### - **Frekvens av transporthändelser**

Metoden använder händelsekriterier till framtagen mall som kan anses rimliga, men beskrivning om på vilka grunder statistiken är framtagen och hur den ska korrigeras utifrån områdesspecifika förhållande saknas. Det kan också vara svårt att applicera data eftersom det krävs att data tas fram efter kriterier från mallen, som inte nödvändigtvis är samma kriterier som när händelserapporter/-undersökningar genomförs. Det finns också sekretess på godstransporter i Sverige samt ingen möjlighet att föra statistik inom bangårdar, vilket försvårar framtagandet av lämplig statistik.

#### - **Frekvens av händelser i samband med transport av farligt gods**

Metodiken för händelsefrekvenser med farligt gods anses vara rimlig. Dock redovisas inte ingående parameter om hur transporter sker och vilka mängder som transporteras för olika klasser och detta kan därför inte analyseras. Det är oklart hur man ska använda och få fram förhållande enligt den metodik och mallar som redovisas. Det anses därför vara användarens egna ansvar att beskriva andelar av olika klassificeringar men med möjlighet att fortfarande använda framtagen händelsestatistik.

#### - **Frekvenser för utsläpp av farligt gods**

Metoden beskriver och motiverar olika utsläppsstorlekar som anses vara rimliga med viss grad av verklighetsförankring. Det anses även vara rimligt med framtagna standarddata för utsläppsstorlekar, dock innefattar kriterier vissa begränsningar som avsaknad hur hastighet påverkar utsläppsstorlekar.

#### - **Val av scenarier**

Dokumentmallen är inte färdigställd, så det är återigen upp till användaren att ansvara för en fullständig analys och beräkning av alla potentiella scenarier.

#### - **Frekvenser av valda scenarier**

Beräkningsvägen i metoden anses vara rimlig och transparent inom flera delmoment, men i praktiken är framtagen ekvation svår använd till det ändamål den är framtagen för eftersom vissa ingående delar är ofullständiga. Metoden saknar transparens genom motiveringar och förklaring till beräkningsmoment och genomförandet av vissa delar är oklara.

#### - **Konsekvenser av scenarierna**

Det är upp till användaren själv att beräkna och bedöma konsekvenser eftersom denna del inte är färdigställd.

- **Riskestimering**

Idén för riskestimering i metoden stämmer väl överens med etablerat tillvägagångsätt i Sverige och innefattar de huvudsakliga delarna i en riskanalys. Modellen är dock inte färdigställd och det kräver därför ett större ansvar och egna metodpreferenser från respektive användare i ofullständiga delar av denna modell.

## 6. Beräkningar med ERA-ramverket och VTI-handboken

I följande kapitel beskrivs förutsättningar kopplat till specifika ”Exempelfall” som sedan används för att beräkna olycksfrekvenser med ERA-ramverket och VTI-handboken. Dessa exempelfall väljs på verkliga sträckor med variationer i godstransportsfrekvenser baserat på prognoser. Resultatet och tillvägagångssättet i beräkningarna jämförs för att få en bild av likheter och skillnader som finns i antaganden och metodik.

### 6.1 Beskrivning av förutsättningar i ”Exempelfall”

För att genomföra beräkningar som är jämförbara mellan ERA-ramverket och VTI-handboken beskrivs specifika område med bestämda förutsättningar. Beräkningar genomförs baserat på metodikerna i respektive metod för transport av farligt gods på järnväg. Eftersom både ERA-ramverket och VTI-handboken tar hänsyn till skillnader i trafikegenskaper genom att konstruera segment med homogena trafikförhållande, används endast ett segment av transportsträcka i respektive exempelfall.

Utsläppsfrekvenser beräknas på tre olika sträckor som baseras på verkliga järnvägsbanor, med transportprognos för godstransporter enligt Trafikverket (2023). Dessa tre sträckor väljs utifrån banor med olika transportfrekvenser som ingår i transportprognosen och sträckornas egenskaper undersöks genom tillgängliga satellitbilder.

För respektive ”Exempelfall” antas enligt Trafikanalys (2022) att andelen farligt gods är 5% utan specificering med hänsyn till klassificering, eftersom inga platsspecifika undersökningar görs. Sträckor som undersöks antas bestå av tågverksamhet på öppna spår eftersom godståg förväntas att transporteras på huvudspår utan att stanna på mindre stationer mellan målstationerna. Storleken på tågen antas i snitt bestå av nio vagnar, eftersom det enligt Edwards, Joborn & Sjöberg (2017) kan antas att godstransporter är cirka 270 meter i snitt och en vagn är cirka 30 meter. En genomsnittsvagn med farligt gods antas innehålla 14 ton (troligtvis högt antagande), som är maxlasten för flexibla containrar enligt föreskrift RID-S.

#### EXEMPELFALL 1

Första området som används är järnvägsbanan mellan Lund och Höör. Enligt basprognos från Trafikverket (2023) kommer godstransporter år 2040 bestå av 43 godståg per dygn. Specifika förutsättningar undersöks enligt satellitbilder och vägbilder från google maps redovisas i Tabell 3 nedan.

Spårkvalité	Betongslipers
Total sträcka	37 km
Antal plankorsningar utan skydd	0 st
Antal plankorsningar med ljud/ljus	0 st
Antal plankorsningar med bommar	4 st

Tabell 3: Spåregenskaper för järnvägssträckan mellan Lund och Höör.

#### EXEMPELFALL 2

Andra området som används är järnvägsbanan mellan Hässleholm och Kristianstad. Enligt basprognos från Trafikverket (2023) kommer godstransporter år 2040 bestå av 13 godståg per

dygn. Specifika förutsättningar undersöks enligt satellitbilder och vägbilder från google maps redovisas i Tabell 4 nedan.

Spårkvalité	Betongslipers
Total sträcka	30 km
Antal plankorsningar utan skydd	3 st
Antal plankorsningar med ljud/ljus	0 st
Antal plankorsningar med bommar	11 st

Tabell 4: Spåregenskaper för järnvägssträckan mellan Hässleholm och Kristianstad.

### EXEMPELFALL 3

Tredje området som används är järnvägsbanan mellan Åstorp och Kattarp. Enligt basprognos från Trafikverket (2023) kommer godstransporter år 2040 bestå av 1 godståg per dygn. Specifika förutsättningar undersöks enligt satellitbilder och vägbilder från google maps redovisas i Tabell 5 nedan.

Spårkvalité	Betongslipers
Total sträcka	11 km
Antal plankorsningar utan skydd	3 st
Antal plankorsningar med ljud/ljus	3 st
Antal plankorsningar med bommar	8 st

Tabell 5: Spåregenskaper för järnvägssträckan mellan Åstorp och Kattarp.

## 6.2 Beräkning med VTI

Metodiken för att genomföra beräkningarna med VTI är beskriven genom sju olika steg nedan, därtill är valda alternativ och antaganden motiverade för att metodiken ska appliceras på respektive ”Exempelfall”. Fullständig beräkningsgång redovisas i Bilaga 1: Beräkningar.

**Steg 1:** Beräkningarna inleds genom att bestämma och anta olika indata kopplat till förutsättningar för området i respektive ”Exempelfall”. Indata som behövs är segment, antal vagnar med och utan farligt gods i genomsnitt för ett tåg, typ av tågrörelse, antal plankorsningar med ljud och ljus, bommar eller utan skydd samt antal tåg med farligt gods. Indata till de tre ”Exempelfall” som används är beskrivna under förutsättningarna för respektive ”Exempelfall”, samt i gemensamma förutsättningar som beskrivs i kapitel ovan.

**Steg 2:** I detta steg bestäms banstandard på det aktuella spårsegmentet, som i respektive ”Exempelfall” innebär klass A eftersom alla består av betongslipers. Enligt Borg & Rane (2014) utgör betongslipers även huvuddelen av de svenska bansträckorna och används nästan alltid vid högt belastade spår. Givet spårkvalitén bestäms urspårningstal enligt framräknade värden i VTI-handboken och multipliceras med antalet vagnar som i genomsnitt spårar ut (3.5 enligt VTI), som redovisas i Tabell 6 nedan.

	Urspårningstal per kilometer kopplat till spårkvalité
Farligt gods vagnar	$0.8 \cdot 10^{-9} \cdot 3.5$
Normal gods vagnar	$1.8 \cdot 10^{-9} \cdot 3.5$

Tabell 6: Urspårningstal kopplat till spårkvalité av betongslipers.

**Steg 3:** För att inkludera övriga urspårningsorsaker (vagnfel, operatörsfel, okänt) som inte kan kopplas till spårkvalité används från VTI framräknat urspårningstal som redovisas i Tabell 7 nedan.

	Urspårningstal per kilometer kopplat till övriga orsaker
Farligt gods vagnar	$4 \cdot 10^{-9} \cdot 3.5$
Normal gods vagnar	$8.7 \cdot 10^{-9} \cdot 3.5$

Tabell 7: Urspårningstal som inte kan kopplas till spårkvalité.

**Steg 4:** Sannolikhet för sammanstötning mellan tåg kan variera men en genomsnittlig frekvens på  $6 \cdot 10^{-8}$  sammanstötningar per tåg och kilometer är framräknat och används i VTI-handboken. Om möjligt kan detta värde räknas ut för aktuellt område genom egna skattningar vilket inte görs i respektive ”Exempelfall” utan genomsnittlig frekvens används.

**Steg 5:** Antal kollisioner med vägfordon baseras på omfattningen av plankorsningar med olika skyddsnivåer i respektive ”Exempelfall”, som beskrivs i förutsättningar.

**Steg 6:** Med framräknade och antagna värden från tidigare steg beräknas antal urspårade/skadade vagnar genom följande ekvationer:

$$F1 = AT * S * \left( TAF * 2.5 * (UTif + UTOf) + (UTig + UTog) * \frac{2}{TAV} \right)$$

Ekvation 3: Frekvens för urspårningar.

$$F2 = AT * S * FKT * \frac{3}{TAV}$$

Ekvation 4: Frekvens för kollisioner.

$$F3 = AT * 2 * \frac{PK1 * FKV1 + PK2 * FKV2 + PK3 * FKV3}{TAV}$$

Ekvation 5: Frekvens för kollisioner vid plankorsningar med olika skyddsnivåer.

Förklaringar och storheter till dessa tre formler ges i Tabell 8:

Parameter/konstant	Förklaring	Storhet
F1	Frekvens för urspårningar	Urspårningar/år
F2	Frekvens för kollisioner mellan tåg	Urspårningar/år
F3	Frekvens för kollisioner med vägfordon vid plankorsningar	Urspårningar/år
AT	Antal tåg med farligt gods per år	Tåg/år
S	Längd på sträckan i segment	Kilometer
TAF	Genomsnitt antal farligt gods vagnar per tåg	Antal vagnaxlar
UTif	Urspårningstal för vagnar med farligt gods (Spårkvalitéberoende)	Urspårningar/år
UTOf	Urspårningstal för normalvagnar med gods (Spårkvalitéberoende)	Urspårningar/år

UTig	Urspårningstal för vagnar med farligt gods (Ej till följd av spårkvalité)	Urspårningar/år
UTUg	Urspårningstal för normalvagnar med gods (Ej till följd av spårkvalité)	Urspårningar/år
TAV	Medelstorlek tåg	Antal vagnaxlar
FKT	Förväntat antal kollisioner mellan tåg	Kollisioner/(tågkm)
PK1	Plankorsningar med bommar	Antal
FKV1	Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon, på plankorsning med bommar	Antal
PK2	Plankorsningar med ljud/ljus	Antal
FKV2	Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon, på plankorsning med ljud/ljus	Antal
PK3	Plankorsningar utan skydd	Antal
FKV3	Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon, på plankorsning utan skydd	Antal

Tabell 8: Förklaringar till respektive parameter i ekvation 3-5.

**Steg 7:** Slutligen beräknas frekvenser för de tre olika utsläppsstorlekarna litet, medel och stort utsläpp och även inget utsläpp. Detta genomförs genom att använda sannolikheter att respektive utsläppsstorlek sker till följd av skada på antingen tunnväggig eller tjockväggig tank, multiplicerat med frekvens för att en vagn med farligt gods skadas som beräknats enligt tidigare steg. I respektive scenario beräknas frekvenser för både tunnväggig och tjockväggig tank. Sannolikheten för respektive skadeföljd redovisas i Tabell 9.

	Litet utsläpp	Medel utsläpp	Stort utsläpp	Inget utsläpp
Sannolikhet (Tunnväggig tank, tågfärd)	25%	4%	1%	70%
Sannolikhet (Tjockväggig tank, tågfärd)	1%	1%	1%	97%

Tabell 9: Sannolikhet för respektive utsläppsstorlek vid händelse i samband med transport farligt gods på järnväg.

## 6.3 Beräkning med ERA

För att beräkna olycksfrekvenser med farligt gods följs de tre grundläggande stegen i ERA-ramverket med olika alternativ som beskrivs nedan.

### Steg 1: Estimering av transporthändelser (F1)

- Alternativ 1: frekvenser baserad på egen statistik
- Alternativ 2a: frekvenser av framtagna standardvärden
- Alternativ 2b: frekvenser av framtagna standardvärden men med egna definierade korrektionsvärden

I detta steg väljs alternativ 2a, eftersom statistiken om transporthändelser (olyckor etc.) är begränsad och att det därför kan vara svårt att anpassa statistik i specifika områden baserat på de kriterier som ERA-ramverket använder. Eftersom det är relativt sällan som olyckor och

transporthändelser sker kan det vara fördelaktigt att använda en mer omfattande källa till statistik, dock på bekostnad av specifika platsegenskaper som kan påverka den egentliga sannolikheten att händelser sker.

**Steg 2:** Estimering av transporthändelser med farligt gods (F0) med eller utan utsläpp av farliga ämnen. För att bestämma frekvenser av händelser med farligt gods används P1 som är sannolikheten att en transporthändelse inkluderar farligt gods som multipliceras med frekvens av transporthändelser (F1).

- Alternativ 1: P1 bestäms genom att använda trafikbeskrivningen inom området. Detta innebär specifik data om hur stor andel av trafiken som innefattar farligt gods och fördelningen av vilka olika klasser av farligt gods som transporteras.
- Alternativ 2: P1 bestäms som standardvärde som är framtagen av ERA-ramverket genom komplicerade beräkningar (som inte redovisas), med möjlighet att korrigera med korrektionsfaktorer.

I detta fall väljs alternativ 2 utan att korrigera P1 eftersom det rekommenderas av ERA-ramverket, vilket innebär att korrektionsfaktorer ansätts till 1 och värdet på P1 antas till 0.05 enligt förutsättningar i exempelfall. Vagnar med farligt gods transporteras oftast i kombination med vanligt gods och händelsefrekvenser som orsakas av faktorer som inte rör spårkvalité antas därmed vara densamma.

Steg 3: Sannolikhet för att utsläpp av farligt gods sker i storlek med olika kategoriserade utsläppsmängder (P(RELEASE SIZE)) används för att beräkna frekvenser för olika utsläppsstorlekar. Dessa storlekar kategoriseras som inget, litet, begränsat, kontinuerligt och fullt utsläpp av aktuellt farligt gods. Frekvenser för respektive utsläppsstorlekar beräknas genom att använda Ekvation 6.

$$F_{Utsläpp} = F1_{Händelse} * P_{Farligt\ gods} * P_{Klass} * P_{Förvaringsstorlek} * P_{Storlek\ av\ utsläpp}$$

*Ekvation 6 Frekvens för utsläpp.*

I denna ekvation antas alla klassificeringar av farligt gods ingå och olika förvaringsstorlekar tas inte hänsyn till eftersom ERA-ramverket bygger in detta i stängda beräkningar. Därmed blir  $P_{Klass} \& P_{Förvaringsstorlek} = 1$ .

Fördelning av utsläppsmängder väljs genom standardvärden framtagna i ERA-ramverket för olika transportsätt och tågverksamhet, från relevant men begränsad statistik. Den tågverksamhet som antas i respektive ”Exempel-fall” är enligt förutsättningar vanlig transport av tåg på järnväg.

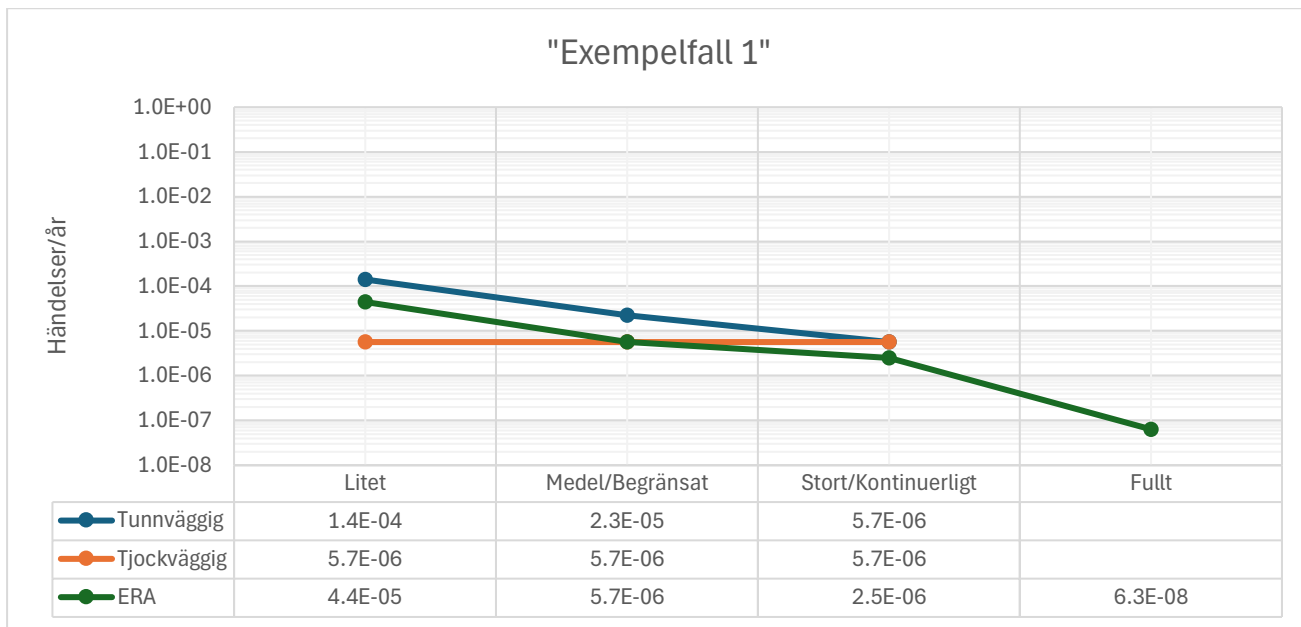
	Inget utsläpp	Litet utsläpp	Begränsat utsläpp	Kontinuerligt utsläpp	Fullt utsläpp
Järnväg (Transportsträckor)	17%	70%	9%	3,9%	0,1%

*Tabell 10: Sannolikhet för respektive utsläppsstorlek vid händelse i samband med transport farligt gods på järnväg.*

## 6.4 Resultat

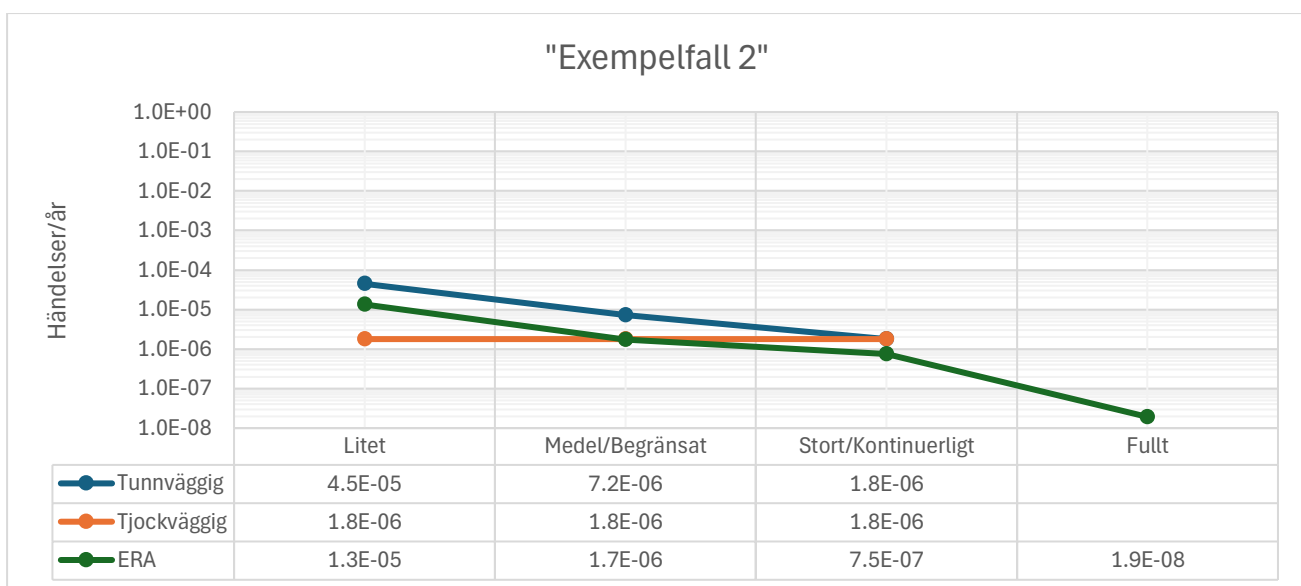
Detta kapitel består av resultat från frekvensberäkningarna med VTI-handboken och ERA-ramverket, där detaljerade beräkningsgång finns att tillgå i Bilaga 1: Beräkningar.

I Figur 2 nedan redovisas utsläppsfrekvenser baserat på förutsättningar från ”Exempelfall 1”. Beräkningar redovisas för VTI, både för tunn- och tjockväggiga tankar, samt för ERA-ramverket. VTI-handboken och ERA-ramverket har något olika definitioner för utsläppsstorlekar men dessa har översatts till passande gemensamma kriterier.



Figur 2 Utsläppsfrekvenser för "Exempelfall 1".

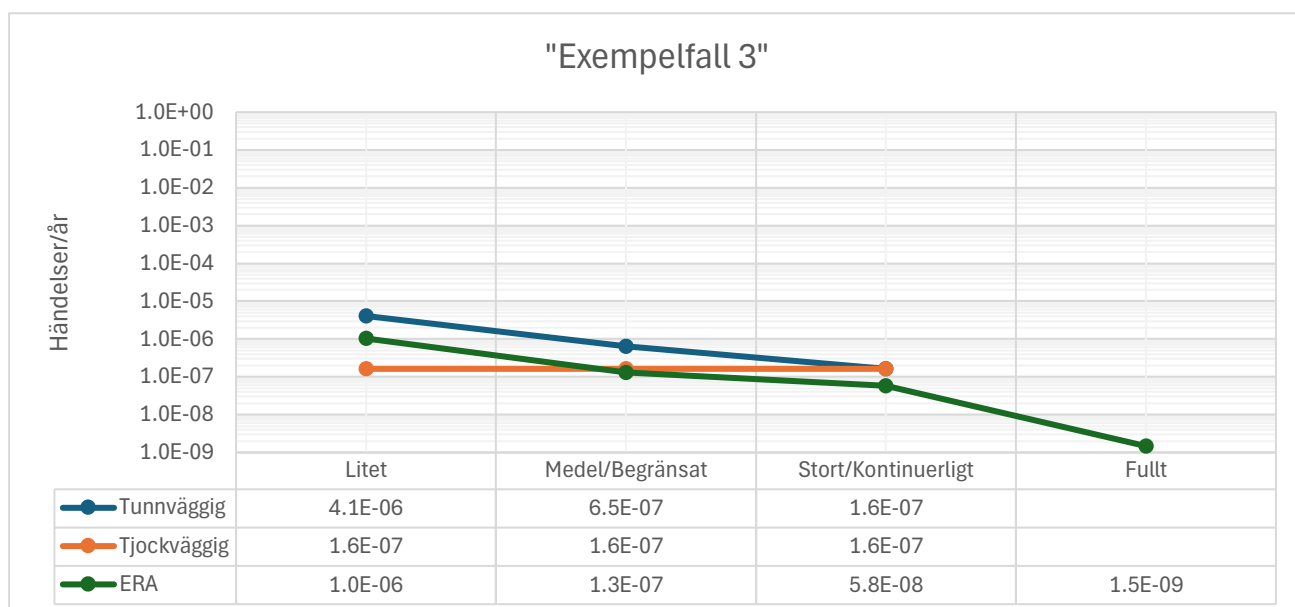
Utsläppsfrekvenser baserat på förutsättningar i ”Exempelfall 2” redovisas i Figur 3 nedan.



Figur 3 Utsläppsfrekvenser för "Exempelfall 2".

Slutligen redovisas även utsläppsfrekvenser för ”Exempelfall 3” i Figur 4 nedan.





Figur 4 Utsläppsfrekvens för "Exempelfall 3".

Resultatet i Figur 2, Figur 3 och Figur 4 visar att förhållandet mellan händelsefrekvenser mellan metodikerna enligt VTI och ERA är nästan konstant mellan exempelfallen. VTI med tunnväggig tank har generellt högst frekvens. VTI med tjockväggig tank har samma frekvenser för litet, medel och stort utsläpp. Detta då Handboken hänvisar till "mycket liten sannolikhet" för utsläpp och därför väljs 0.01 (1%) för alla utsläppsstorlekar vid en händelse trots att det inte finns någon egentlig grund till antagandet. Metodik enligt ERA-ramverket medförde en händelsefrekvens som landade mellan tunn- och tjockväggig vid "litet" utsläpp, ungefär samma som tjockväggig vid begränsat utsläpp och lägre än båda VTI-metodikerna vid kontinuerligt (även om fullt utsläpp inkluderas). Det har i resultatet förutsatts att "Medel" enligt VTI är översättbart med "Begränsat" enligt ERA, och "Stort" utsläpp enligt VTI är översättbart med "Kontinuerligt" enligt ERA, medan "Fullt" har kategoriserats som en egen storlek enligt ERA eftersom det anses vara en väsentlig skillnad mellan en totalt/fullt plötsligt utsläpp än ett utsläpp som är kontinuerligt eller stort. Generellt så beskrivs utsläppsstorlekarna på ett utförligt sätt med viktig information enligt ERA, medan VTI inte förser läsaren med någon beskrivning till sina valda utsläppsstorlekar. Detta försvårar såklart användbarheten, jämförbarheten och relevansen av resultatet i genomförda beräkningar, eftersom det är oklart vad "stort", "medel" och "litet" utsläpp enligt VTI innebär.

Något som faktiskt försköt förhållandet mellan resultaten i exempelfallen var antalet och skyddsnivån av plankorsningar i respektive område. Beräkningar genomfördes baserat på aktuell utformning av spårsträckorna i respektive "Exempelfall" och enligt VTI-handboken varierade indata utefter hur många plankorsningar som fanns i olika skyddsnivåer, som beskrivs i Tabell 11 nedan.

Plankorsning	Bommar (/km)	Ljud/Ljus (/km)	Utan skydd (/km)
"Exempelfall 1"	0.11	0	0
"Exempelfall 2"	0.37	0	0.10
"Exempelfall 3"	0.73	0.27	0.27

Tabell 11 Antal plankorsningar med olika skyddsnivå på 1 km respektive "Exempelfall".

För att undersöka hur dessa plankorsningar påverkar totalt antal händelser i respektive ”Exempelfall”, redovisas andelen händelsefrekvenser som beror på dessa plankorsningar i Tabell 12 nedan. De ingående beräkningsekvationerna som använts för totalt antal händelser är Ekvation 3, Ekvation 4 och Ekvation 5 som beräknar frekvenser för urspårningar, kollision mellan tåg respektive kollision vid plankorsning.

Andel:	Urspårningar	Kollisioner (Tåg- Tåg)	Kollisioner (Plankorsningar)
"Exempelfall 1"	70.6%	27.8%	1.7%
"Exempelfall 2"	67.5%	26.5%	6%
"Exempelfall 3"	57.0%	22.4%	20.6%

*Tabell 12 Bidragande andelar till total händelsefrekvens från respektive händelsetyp.*

Resultatet från Tabell 12 visar att kollisioner i plankorsningar står för en händelseandel mellan cirka 2% och 21% i detta olika exempelfallen. Detta innebär alltså att antalet plankorsningar kan påverka resultatet relativt kraftigt om det förekommer många plankorsningar i det aktuella området. Metodiken enligt ERA-ramverket inkluderar inte plats specifika plankorsningar, dock inkluderas kollisioner i plankorsningar indirekt som ett genomsnitt enligt använd statistik.

## 7. Diskussion

I detta kapitel redovisas en övergripande diskussion av analyserade ERA-ramverket och resultat av utsläppsfrekvensberäkningarna.

Första delen består av en diskussion med mål att besvara om ERA-modellens metodik innefattar en transparens för användaren både ur användningssättets flexibilitet och hur indata och antaganden tas fram och motiveras med relevanta förklaringar. Den andra delen utgör diskussion av utsläppsfrekvensberäkningar för ERA-ramverket och VTI-handboken, med mål att jämföra likheter och skillnader i beräkningsgång, antaganden samt resultat. Efterföljande del består av diskussion om ERA-ramverkets potential, utvecklingsmöjligheter och vilket behov som finns i Sverige.

### 7.1 Analys av ERA-ramverket

ERA-ramverket anses kunna ge stöd för att genomföra fullständiga händelse- och effektidentifieringar som enligt Ezell & Lathrop (2017) är huvudsakliga moment för att genomföra riskestimeringar i riskanalyser på ett täckande sätt. Dock innebär händelseidentifiering ett ansvar för användaren som inte går att undgå, eftersom en metod inte kan täcka alla potentiella scenarier i alla typer av områden med olika förutsättningar. Metoden redovisar en detaljrik och verklighetsförankrad metodik för att beskriva hur infrastruktur i det aktuella området ser ut. Det är givetvis upp till användaren själv att säkerställa att modelleringen stämmer med verkligheten till högsta möjliga grad, men ERA-ramverket tillförser användaren med verktyg genom Excell-mallar och beskrivningar för att på ett utförligt sätt beskriva egenskaper, infrastruktur och sårbarhet i området.

Metoden ger generellt en uppfattning om ett stort användar-ansvar där metoden ska kunna användas på olika sätt, i olika situationer och med varierande omfattning som baseras på kompetens, resurser och mål med användandet. Dessa är aspekter som enligt Ezell & Lathrop (2017) är viktiga för en kvalitativ genomförandekultur av riskanalyser. Det ges även möjligheter att gå utanför metodiken i modellen, där det trycks på att det hela tiden är användarens ansvar att riskestimeringen innefattar risker och faror som återspeglar verkligheten. Detta anses vara en viktig aspekt i metoden som ger en transparens och bredd i modellen, eftersom användaren själv kan förbättra och ändra vissa drag i metoden.

Även om detaljnivån på beskrivning av infrastruktur och användningssätt anses vara en viktig del av ramverket, kan det även anses överflödigt och till vissa delar oanvändbart.

Oanvändbarheten för beskrivningen av infrastruktur är kopplat till svårigheten med att beskriva händelsefrekvenser från statistik av transport av farligt gods kopplat till olika typer av infrastruktur. Statistiken är generellt mycket begränsad och det finns helt enkelt ingen relevant händelsestatistik att använda till vissa typer av infrastruktur.

Att dokumentet ”Inland TDG RMF - Table of allocation of TDG scenarios” (EUDG) inte är färdigställt anses försämra jämförbarheten i metoden. Detta eftersom enligt Ingvarsson & Roos (2003), Alvarsson & Jansson (2016) och EUDG (2018) är det fördelaktigt om händelser som involverar specifika ämnen som kan kopplas till specifika scenarier har bestämda enhetliga effekter. Transport av farligt gods har föreskrifter om transportmängder och typ av transportbehållare inom EU, vilket gör att inga större skillnader anses finnas vid scenarier på olika platser. Det anses därför lämpligt att samma beräkningar används för specifika klasser, i

stället för att olika beräkningar genomförs av olika riskanalysovervakare som kan leda till stora skillnader i resultat trots att förutsättningarna är densamma.

Standardstatistik som redovisas i tillhörande dokument är ofullständig och begränsad och det framgår inte hur parametrar ska korrigeras för att passa in på det aktuella området. Det är svårt att få en beräkning som återspeglar verkligheten baserat på begränsad statistik, som är ett generellt problem i riskanalyser. Det krävs därför en god kompetens för att komplettera saknaden av statistik, som enligt Ezell & Lathrop (2017) görs genom expertbedömningar. Dock kan bedömningar åter igen variera mellan användare och bli ytterligare en osäkerhetsfaktor.

Hela genomförandet av riskanalys påverkar riskestimering i slutändan, från grundläggande aspekter som hur infrastruktur beskrivs till vilka effekter som scenarier beräknas ha. Varje antagande och val har en påverkan på slutresultatet, vilket innebär att modelleringen av verkligheten varierar beroende på vem som genomför riskanalysen. Att ha en gemensam metodik för hur en riskanalys ska genomföras, vilka delar som ska inkluderas och tas hänsyn till samt ha överensstämmande antagande för faktorer som har samma förutsättningar anses vara viktiga delar för modellen. Detta äventyras dock av att metoden inte är färdigställd inom flera olika delar, vilket leder till att användare behöver vända sig till egna metoder, beräkningar och antaganden som alternativ.

## 7.2 Utsläppsfrekvensberäkningar

Beräkning av utsläppsfrekvenser i ERA-ramverket begränsades av att det inte var möjligt att följa intentionerna med metodiken, eftersom metoden inte är färdigställd. Eftersom det inte finns någon tillgänglig händelsestatistik valdes redovisade standarddata från ERA-ramverket på alla ”Exempelfall”, där det inte heller gjordes några korrigeringar eftersom det inte framgår hur dessa ska genomföras och det finns ingen data om specifika händelser enligt ERA-ramverkets kriterier. I nästkommande steg följdes rekommendationer från ERA-ramverket om använda standardvärde för P1, eftersom det varken motiveras eller förklaras i ERA-ramverket hur parametern ska beräknas eller korrigeras. För att förenkla genomfördes utsläppsfrekvensberäkningar gemensamt för alla klassificeringar, enligt banstatistik om transport av farligt gods i Sverige.

För ansättandet av antalet farliga godståg som transporteras användes en prognos av godståg i de specifika fallen, vilket anses begränsa validitet av resultaten eftersom andelen farligt godstogs från tidigare statistik och inte prognoser. Hur andelen farligt gods ser ut idag är inte nödvändigtvis samma i året då prognosen av godståg är framtagen för. Enligt statistik från trafikanalys (2021), (2019) & (2022) minskar total mängd farligt gods som transporteras, dock huvudsakligen på väg. Elektrifiering och avslutandet av användandet av fossila bränslen kan tänkas komma av påverka mängden farligt gods som transporteras men tas alltså inte hänsyn till. Slutligen användes redovisade utsläppsstorlekförhållande från ERA-ramverket som baserades på transportsätt och typ av tågverksamhet. Denna metodik anses vara begränsad och uppfyller inte intentionerna med att beskriva en situation baserat på förhållande och förutsättningar i det aktuella området, dock är metoden och statistiken begränsad på ett sätt som ger få möjligheter. Samma förutsättningar används i beräkningar med VTI-handboken.

Skillnader i metoderna är delvis att VTI-handboken tar hänsyn till spårkvalité, vilket dock anses ha en liten effekt och betydelse eftersom spår i Sverige idag enligt Borg & Rane (2014) huvudsakligen består av samma grundkvalitet (Betongslipers). Eventuella variationer av slitage och utförandekvalité hade troligtvis krävt relevanta platsundersökningar som är svåra att ta hänsyn till. Något som inkluderas i VTI-handboken och inte i ERA-ramverket är påverkan av plankorsningar på händelsefrekvens, vilket ha en påverkan på områden med många plankorsningar. Detta kan ses i andelsberäkningar för VTI i respektive ”Exempelfall”, där andel frekvenser som beror på plankorsningar varierar från cirka 2–20%. Dock undviks det idag plankorsningar (framför allt oskyddade) inom tätbebyggda områden, där det i stället byggs tunnlar eller dylikt. Det kan docka vara värt vid användning av ERA-ramverket även ta hänsyn till platsspecifika plankorsningar där det uppenbarligen kan ha en påverkan på antalet händelser, om det alltså finns många och oskyddade plankorsningar.

Eftersom metoderna har olika definitioner på utsläppsstorlekar har antaganden gjorts för att översätta frekvenserna mellan metoderna, där ”litet” anses vara densamma i båda, ”begränsat” i ERA antas vara jämförbart med ”medelstort” i VTI, ”Kontinuerligt” i ERA anses jämförbart med ”stort” i VTI och slutligen ges ”fullt utsläpp” en egen kategori från ERA. Det är inte möjligt att jämföra utsläppsstorlekarna genom motiverade antaganden eftersom ERA-ramverket beskriver vad utsläppsstorlekarna innebär, men detta gör inte VTI. Översättningen av olika utsläppsstorlekar görs därför som ett grovt antagande. Jämförelse med VTI-handboken och ERA-ramverket visade på att ERA generellt har lägre utsläppsfrekvenser med undantag från ”litet” utsläpp där tjockväggig tank från VTI har betydligt lägre frekvens. Även om kategorierna ”kontinuerligt utsläpp” och ”fullt utsläpp” från ERA skulle slås ihop är frekvenser för ”stort” utsläpp cirka dubbelt så högt med VTI. För övrigt är skillnaden att det i VTI-handboken tar hänsyn till platsspecifika plankorsningar och använder tabellerade värde för urspårningstal kopplat till spårkvalité och övriga faktorer medan ERA-ramverket har ett bestämt händelsetal som i detta fall baseras på statistik i EU.

För övrigt är det svårt att jämföra beräkningar mellan en handbok som är baserad på specifika beräkningar inom ett nischat område med ett ramverk som i princip täcker hela innehållet i en riskanalys. ERA-ramverket är just ett ramverk och är inte lika bunden till specifika beräkningar som VTI-handboken, då dess syfte är bredare än några begränsade beräkningar. Beräkningar genomfördes enligt de förutsättningar som finns, vilket kan ha påverkat dess relevans och trovärdigt eftersom information och data var begränsad och ramverket är inte färdigställt.

### **7.3 Potential, utveckling och behov av ERA-ramverket**

ERA-ramverket är framtagen som ett försök att få en standardiserad modell för riskanalyser i olika omfattning och inom olika områden. Modellen är bred och innefattar de huvudsakliga delarna som behövs i fullständiga riskestimeringar och kan även kompletteras med framtaget beslutfattandedokument. Det anses finns potential att använda ramverket som den är idag, genom att följa de huvudsakliga momenten enligt ramverket men med kompletteringar av användarens preferenser. ERA-ramverket är framtagen för användare med varierande kompetens och kunskap inom området, vilket inte anses kunna uppfyllas eftersom komplettering av modellen med preferenser och andra metodiker kräver en gedigen och lämplig kompetens. Metoden förlorar genom dess ofullständighet delvis dess huvudsakliga

fördel, att riskanalyser kan genomföras med samma förutsättningar där kriterier för riskestimering får en jämförbarhet och reproducerbarhet.

Metoden anses ha potential att både användas som en standard i Sverige och användas i olika syften, under förutsättning att ramverket används som ett ramverk och användaren besitter kompetens att komplettera de delar som behövs. Ramverket användbarhet och syfte anses dock öka när ramverket har färdigställts. Det krävs dock resurser för att färdigställa metoden och arbetet är inte helt enkelt eftersom det kräver en gedigen expertkompetens inom många områden. Behovet av att ha en standardiserad metodik för att genomföra riskanalyser anses dock vara högt i Sverige, eftersom det idag inte råder några bestämda riktlinjer på hur riskanalyser ska genomföras vilket gör att antaganden och metodik kan skilja rejält. Frekvensberäkningar är en av få delar i riskanalyser som har ett generaliserat tillvägagångsätt, där VTI oftast används (Alvarsson & Jansson, 2016). Dock är gårdet att ifrågasätta användandet av VTI-handboken eftersom som Ardin & Markselius (2016) nämner att många delar av metoden är utdaterade och beräkningar saknar transparens. Utan standardiserad metodik och förutsättningar för parametrar som inte är platsspecifika anses syftet med att genomföra riskanalyser diskutabelt. Detta eftersom två genomförda riskanalyser på samma objekt värderas enligt samma kriterier där det ena resultatet kan vara inom acceptabla gränser medan det andra kräver åtgärder, även om verklighetens riskbild är densamma i båda fallen. Detta styrks av genomförda utsläppsfrekvensberäkningar med ERA och VTI, som är genomförda på samma verklighet men med stora variationer i resultat som kommer att påverka den slutgiltiga riskestimeringen.

## 8. Slutsats

Analysen av ERA-ramverket visar på att metoden innefattar en väl grundad metodik som är genomarbetad av personer med kompetens och expertis inom området. Stora delar av ramverket är transparent, rimlig och anpassbar utifrån olika situationer. Dock är väsentliga delar av metoden inte klar och vissa antaganden och beräkningar är inte motiverade eller beskrivna vilket inte medför transparens. Därav äventyras metodens kvalité, tydlighet och användbarhet. Genomförande av riskanalyser enligt ramverket kräver en gedigen kompetens inom området och behovet av denna kompetens ökar till följd av ramverkets ofullständighet. Tyvärr försämras även riskanalyserns jämförbarhet och enhetlighet vilket är något som verkligen är åtråvärt för att styrka syftet med att genomföra riskanalyser. Resultatet av att genomföra riskanalyser ska inte påverkas allt för mycket av vem som genomför analysen, vilket den till stor del görs idag eftersom det inte finns några regler eller ramverk som styr hur riskanalyser ska genomföras.

Beräkningar enligt ERA-ramverket är svåra att värdera eftersom det är ett ramverk och inte en specifik beräknings-metod. Det viktiga med ramverket är att förse användaren med tillvägagångsätt och riktlinjer för delar som ska ingå i en riskanalys, vilket den anses göra. ERA-ramverket är begränsad av vilken detaljnivå som statistik finns tillgänglig i, vilket gör att ingående händelser i olika situationer blir problematiskt att beskriva med ERA-ramverkets kriterier. Delar av metodiken i ERA-ramverket är inte färdigställt eller redovisat, vilket gör att beräkningar enligt metodiken som beskrivs kan vara mycket svårt att genomföra enligt det sätt som beskrivs. Dock kan andra metodiker komplettera ramverket.

Syftet med arbetet är att svara på den huvudsakliga frågan: *kan ERA-ramverket användas som en standard för riskhantering vid transport av farligt gods i Sverige?*

Det korta svaret är ja, men på ett begränsat sätt. ERA-ramverket kan användas som en ram i Sverige för att få ett standardiserat genomförande av riskestimering, där ramverket förser användaren med delar som ska ingå i en riskanalys och beskrivningar för hur delarna ska genomföras. Delar av rapporten kräver dock egna preferenser med avseende på antagande och beräkningar. Guiden är även delvis svårförståelig och vilka delar som är ofullständiga framgår inte särskilt tydligt, vilket inte direkt bjuder in till användande av metoden. Det rekommenderas dock att använda ERA-ramverket som ett ramverk som beskriver vilka delar som ska finnas i en riskanalys, då inte alla riskanalyser idag nödvändigtvis beskriver exempelvis samhällsrisk som är en viktig del av analysen. En del av syftet med ramverket är att en bredare bas av användare ska kunna utnyttja ramverket, inte bara "experter". På grund av ramverkets ofullständig och även svårförståelighet rekommenderas det inte att ramverket används i syfte att använda resultatet, utan gedigen kompetens inom området.

För att få ett större genomslag för ERA-ramverket i Sverige kan en förenklad och översatt version av metoden vara en viktig faktor, som dessutom då kan anpassas till svenska förhållande. Behov finns för en enhetlighet inom riskanalyser, som kan göra riskestimering jämförbar och reproducerbar med ett transparent tillvägagångsätt. Möjligen om ERA-ramverket färdigställs kan den användas som ett kravställt ramverk inom riskanalyser, vilket den dock inte bör i dagens version.



## Referenser

- Alvarsson, O., & Jansson, J. (2016). *Jämförelsestudie av riskbedömningar avseende vägtransport av farligt gods*. Lunds Universitet.
- Ardin, F., & Markselius, M. (2016). *Utsläpp av farligt gods vid vägtransport- Utvärdering av modell för frekvensberäkning*. Lunds Universitet.
- Aven, T. (2017). *Risk Analysis Validation and Trust in Risk Management: A postscript*. Hämtat från <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2017.08.009>
- Borg, J., & Rane, J. (2014). *Kreosotsliprar i det svenska järnvägsnätet*.
- Boverket. (2021). *Så planeras Sverige*. Hämtat från Så planeras Sverige: <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/>
- Boverket. (2023). *Strategi för riskhantering inför planläggning eller beredning av beslut enligt PBL*. Hämtat från <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/riskhantering-och-pbl/strategi/riskkartlaggning/>
- Davidsson, G., & Thorwaldsdotter, R. (2011). *Riskanalys av farligt gods i Hallands län*. Hämtat från [https://catalog.lansstyrelsen.se/store/24/resource/2011\\_19](https://catalog.lansstyrelsen.se/store/24/resource/2011_19)
- Davidsson, G., Lindgren, M., & Mett, L. (1997). *Värdering av risk*. Räddningsverket.
- Edward, H., Joborn, M., & Sjöberg, H. (2017). *Samgods och tomtågsflöden, Ett Trafikverksprojekt*.
- Erkut, E., Tjandra, A., & Verter, V. (2007). *Hazardous Materials Transportation*. Hämtat från [http://dx.doi.org/10.1016/S0927-0507\(06\)14009-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0927-0507(06)14009-8)
- EUDG. (2018). *Framework glossary*. European Union Agency of Railways.
- EUDG. (2018). *Framework guide*. European Union Agency for Railways.
- EUDG. (2018). *Guide for decision-making*. European Union Agency for Railways.
- EUDG. (2018). *Guide for risk estimation*. European Union Agency for Railways.
- EUDG. (2019). *Use\_case - traffic*. European Union Agency for Railways.
- EUDG. (2019). *Use\_case-human\_vulnerabilities*. European Union Agency for Railways.
- EUDG. (2019). *Use\_case-infrastructure\_and\_operation*. European Union Agency for Railways.
- EUDG. (u.d.). *EU\_fl\_rl*. European Union Agency for Railways.
- EUDG. (u.d.). *Inland TDG RMF - Table of allocation of TDG scenarios*. European Unions Agency for Railways.
- Ezell, B., & Lathrop, J. (2016). *Validation in the Absence of Observed Events*. doi:10.1111/risa.12442
- Ezell, B., & Lathrop, J. (2017). *A systems approach to risk analysis validation for risk management*. Hämtat från <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2017.04.006>



- Garrick, J. B., & Kaplan, S. (1981). *On The Quantitative Definition of Risk*.  
doi:<https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1981.tb01350.x>
- Ingvarsson, J., & Roos, A. (2003). *Metoder för risk- och sårbarhetsanalys - med inriktning mot allvarliga händelser inom processindustri och transport av farligt gods*.
- Länstyrelserna. (2006). *Riskhantering i detaljplaneprocessen*.
- MSB. (2020). *Transport av farligt gods Händelserapportering 2007-2019*.
- Olsson, P. (2020). *Vägtransport av farligt gods - beräkningsmodell för olycksfrekvens*. Lunds Universitet.
- Räddningsverket. (1996). *FARLIGT GODS RISKBEDÖMNING VID TRANSPORT Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*.
- Trafikanalys. (2015). *Möjligheter att kartlägga flöden av farligt gods i Sverige - en förstudie*. Hämtat från [https://www.trafa.se/globalassets/pm/2011-2015/2015/pm2015\\_3\\_moejligheter\\_att\\_kartlaegga\\_floeden\\_av\\_farligt\\_gods\\_i\\_sverige\\_-\\_en\\_foerstudie.pdf](https://www.trafa.se/globalassets/pm/2011-2015/2015/pm2015_3_moejligheter_att_kartlaegga_floeden_av_farligt_gods_i_sverige_-_en_foerstudie.pdf)
- Trafikanalys. (2019). *Bantrafik 2019*.
- Trafikanalys. (2021). *Lastbilstrafik 2021*.
- Trafikanalys. (2022). *Bantrafik 2022*.
- Trafikverket. (2017). *Transporter av farligt gods i samhällsplaneringen*. Hämtat från <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/samhallsplanering/Sakerhet-och-konflikter/Transporter-av-farligt-gods/>
- Trafikverket. (2023). *Prognos för godstransporter 2040 - trafikverkets basprognoser 2023*.
- Uijt de Haag, P. A., & Ale, B. J. (2005). *Guidelines for quantitative risk assessment, 'Purple book'*. PUBLICATIETEEKS GEVAARLIJKE STOFFEN.
- Västernorrland, L. G. (2022). *Riskhantering vid transportleder för farligt gods*.

## Bilaga 1: Beräkningar

Beräkningar för utsläppsfrekvenser i VTI-handboken och ERA-ramverket redovisas i denna bilaga.

### Beräkningar med VTI

För att genomföra beräkningar för utsläppsfrekvenser av farligt gods med VTI-handboken behövs följande indata genom antaganden och representativa värden:

- Infrastruktur- Bestäm urspårningstal som är knuten till spårkvalité (A, B, C, D eller obestämd). Bestäm även kollisionstal i antal och skyddsform för potentiella vägövergångar.
- Fordon- Bestäm urspårningstal som inte kan kopplas till spårkvalité.
- Trafik- Bestäm antal tåg och antal vagnar med och utan farligt gods. Bestäm tågens klassificerade rörelser (som egentligen erhålls från trafikutövaren). För att ta hänsyn till framtidens transporter kan information om produktionsvolym och produktionsteknik inhämtas från aktuella verksamheter och kommunala planeringskontor.

Beräkningar genomfördes i Excell genom följande beräkningsgångar med förutsättningar från respektive ”Exempelfall”.

Förutsättningar för respektive ”Exempelfall” ges från undersökning av sträckorna och med data från VTI och redovisas i Tabell 13 nedan, som används i de olika ingående frekvensberäkningarna.

	”Exempelfall 1”	”Exempelfall 2”	”Exempelfall 3”	Beteckning i ekvationer
Spårkvalité	A	A	A	
Spårsträcka (km)	1	1	1	S
Antal plankorsningar utan skydd (st)	0	0.1	0.27	PK3
Antal plankorsningar med ljud/ljus (st)	0	0	0.27	PK2
Antal plankorsningar med bommar (st)	0.11	0.37	0.73	PK1
Antal godståg per år (st)	15 695	4745	365	AT
Medelstorlek tåg (Vagnaxlar)	18	18	18	TAV
Antal farligt gods per tåg (Vagnaxlar)	0.9	0.9	0.9	TAF
Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon per år, på plankorsning utan skydd	$2 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-8}$	FKV3
Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon per år, på plankorsning med ljud/ljus	$15 \cdot 10^{-8}$	$15 \cdot 10^{-8}$	$15 \cdot 10^{-8}$	FKV2

Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon per år, på plankorsning med bommar	$5 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-8}$	FKV1
Frekvens för sammanstötning	$6 \cdot 10^{-8}$	$6 \cdot 10^{-8}$	$6 \cdot 10^{-8}$	FKT
Urspårningstal per kilometer kopplat till spårkvalité (farligt gods)	$2.8 \cdot 10^{-9}$	$2.8 \cdot 10^{-9}$	$2.8 \cdot 10^{-9}$	UTif
Urspårningstal per kilometer kopplat till spårkvalité (normalt gods)	$6.3 \cdot 10^{-9}$	$6.3 \cdot 10^{-9}$	$6.3 \cdot 10^{-9}$	UTOF
Urspårningstal per kilometer kopplat till övriga orsaker (farligt gods)	$1.4 \cdot 10^{-8}$	$1.4 \cdot 10^{-8}$	$1.4 \cdot 10^{-8}$	UTig
Urspårningstal per kilometer kopplat till övriga orsaker (normalt gods)	$3 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-8}$	UTUg

Tabell 13 Indata till respektive "Exempelfall".

#### - Frekvensberäkning urspårningar

Beräkningar för frekvenser av urspårningar genomfördes med Ekvation 7 som redovisas nedan.

$$F1 = AT * S * (TAF * 2.5 * (UTif + UTOF) + (UTig + UTUg) * 2/TAV)$$

Ekvation 7 frekvens för urspårningar.

Resultatet från beräkningar för frekvens av urspårningar (F1) redovisas för respektive "Exempelfall" i Tabell 14 nedan.

Frekvens av urspårningar per år	
Exempelfall 1	$4 \cdot 10^{-4}$
Exempelfall 2	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Exempelfall 3	$9,3 \cdot 10^{-6}$

Tabell 14 Urspårningsfrekvenser för respektive "Exempelfall".

#### - Frekvensberäkning kollisioner mellan tåg

Beräkningar för frekvenser av kollisioner mellan olika typer av tåg genomfördes med Ekvation 8, som redovisas nedan.

$$F2 = AT * S * FKT * 3/TAV$$

Ekvation 8 frekvens för kollisioner mellan tåg.

Resultatet från beräkningar för frekvens av kollisioner mellan tåg (F2) redovisas för respektive "Exempelfall" i Tabell 15 nedan.

Frekvens av kollisioner mellan tåg per år	
---	--

Exempelfall 1	$1,6 \cdot 10^{-4}$
Exempelfall 2	$4,7 \cdot 10^{-5}$
Exempelfall 3	$3,7 \cdot 10^{-6}$

Tabell 15 Kollisionsfrekvenser mellan tåg för respektive "Exempelfall".

### - Frekvensberäkning kollisioner vid plankorsningar

Beräkningar för frekvenser av kollisioner mellan tåg och vägfordon vid plankorsningar i olika skyddsformer genomfördes med Ekvation 9, som redovisas nedan.

$$F3 = AT * 2 * (PK1 * FKV1 + PK2 * FKV2 + PK3 * FKV3) / TAV$$

Ekvation 9 frekvens för kollisioner mellan tåg och vägfordon på plankorsningar.

Resultatet från beräkningar för frekvens av kollisioner mellan tåg och vägfordon (F3) redovisas för respektive "Exempelfall" i Tabell 16 nedan.

	Frekvens av kollisioner mellan tåg och vägfordon per år
Exempelfall 1	$9,4 \cdot 10^{-6}$
Exempelfall 2	$1,1 \cdot 10^{-5}$
Exempelfall 3	$3,4 \cdot 10^{-6}$

Tabell 16 Kollisionsfrekvenser mellan tåg och vägfordon vid plankorsningar för respektive "Exempelfall".

### - Summa av frekvensberäkningar av F1, F2, F3

Summan av de tre tidigare beräknade frekvenserna F1, F2 och F3 redovisas i Tabell 17 nedan.

	Summa av F1, F2 och F3
Exempelfall 1	$5,7 \cdot 10^{-4}$
Exempelfall 2	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Exempelfall 3	$1,6 \cdot 10^{-5}$

Tabell 17 Total händelsefrekvens.

### - Beräkningar av utsläppsfrekvenser i olika storlekar

Frekvenser av utsläpp i olika storlekar beräknas för både tunnväggiga och tjockväggiga tankar genom att multiplicera sannolikhet för respektive utsläppsstorlek från tabellerade värden i VTI-handboken men framräknad total utsläppsfrekvens, vars resultat redovisas i Tabell 18 respektive Tabell 19 nedan.

	Inget	Litet	Medel	Stort
Exempelfall 1	$4 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$5,7 \cdot 10^{-6}$
Exempelfall 2	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$7,2 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$
Exempelfall 3	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$4,1 \cdot 10^{-6}$	$6,5 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$

Tabell 18 Utsläppsfrekvenser i olika storlek med tunnväggiga tankar.

	Inget	Litet	Medel	Stort

Exempelfall 1	$5,5 \cdot 10^{-4}$	$5,7 \cdot 10^{-6}$	$5,7 \cdot 10^{-6}$	$5,7 \cdot 10^{-6}$
Exempelfall 2	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$
Exempelfall 3	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$

Tabell 19 Utsläppsfrekvenser i olika storlek med tjockväggiga tankar.

### - Plankorsningars påverkan på händelsefrekvens

Genom att dividera frekvens av kollisioner mellan tåg och vägfordon på plankorsningar i olika skyddsnivåer med total händelsefrekvens ( $F_3/(F_1+F_2+F_3)$ ) beskrivs dess procentuella påverkan på antalet händelser i respektive ”Exempelfall”, som redovisas i Tabell 20 nedan.

	Urspårningar (F1 andel)	Kollisioner mellan tåg (F2 andel)	Kollisioner med tåg och vägfordon (F3 andel)	Antal plankorsningar på 1km (alla skyddsnivåer)
Exempelfall 1	70,6%	27,8%	1,7%	0,11
Exempelfall 2	67,5%	26,5%	6%	0,47
Exempelfall 3	57%	22,4%	20,6%	1,27

Tabell 20 Plankorsningars påverkan på total utsläppsfrekvens i respektive ”Exempelfall”.

## Beräkningar för ERA-ramverket

För att genomföra beräkningar enligt ERA-ramverket behövs enligt vald beräkningsmetodik (som beskrivs i beräkningsdel) följande indata och antaganden:

- Frekvenser för händelser vid transport av gods.
- Frekvenser för händelser vid transport av farligt gods, som baseras på händelser vid transport av gods och innefattar andelen farligt gods som transporteras.
- Utsläppsfrekvenser i olika definierade storlekar.

Beräkningar genomfördes i Excell genom följande beräkningsgångar med förutsättningar från respektive ”Exempelfall”.

Förutsättningar för respektive ”Exempelfall” ges från undersökning av sträckorna och med data från VTI och redovisas i Tabell 21 nedan, som används i de olika ingående frekvensberäkningarna.

	Exempelfall 1	Exempelfall 2	Exempelfall 3
Sträcka (km)	1	1	1
Antal godståg per år	15 695	4745	365
Andel klassificering av farligt gods	100% (Alla klasser)	100% (Alla klasser)	100% (Alla klasser)
Andel farligt gods av totalt gods (%)	5%	5%	5%
Antal godsvagnar per genomsnittståg (st)	9	9	9
Antal vagnar med farligt gods per år	$9 \cdot 0,05 \cdot 15 695 = 7063$	$9 \cdot 0,05 \cdot 4745 = 2135$	$9 \cdot 0,05 \cdot 365 = 164$

Farligt gods på sträckan per år (ton)	7063*14=98 879	2135*14=29 894	164*14=2300
---------------------------------------	----------------	----------------	-------------

Tabell 21 Indata till respektive "Exempelfall".

En vagn översätts till 14 ton farligt gods, som är maxlasten för flexibla containrar enligt föreskrift RID-S. (Finns inga standardvärde redovisade i ERA-ramverket, trots att det nämns att det finns ett dokument för det).

### - Estimering av transporthändelser (F1)

Frekvens för transporthändelser tas från statistik i ERA-ramverket, som redovisas i Tabell 22 nedan.

	Exempelfall 1	Exempelfall 2	Exempelfall 3
Frekvenser av olyckor per år (händelser/ton km)	$6,42 \cdot 10^{-10}$	$6,42 \cdot 10^{-10}$	$6,42 \cdot 10^{-10}$

Tabell 22 Händelser i samband med godstransport (F1).

### - Transporthändelser med farligt gods (F0)

Frekvens för händelser vid transport av farligt gods (F0) tas fram genom att multiplicera andelen farligt gods (P1) med transporthändelser i samband med transport av gods (F1) samt respektive korrektionsfaktorer.

F0 beräknas med Ekvation 10 nedan och resultatet för respektive "Exempelfall" redovisas i Tabell 23.

$$F0 = F1 * P1 * CORRECTION_{F1F0} * CF_{F0}$$

Ekvation 10 frekvenser av händelser med farligt gods.

Där det antas att  $CORRECTION_{F1F0} = CF_{F0} = 1$  (Enligt rekommendation från modellen).

	Exempelfall 1	Exempelfall 2	Exempelfall 3
Frekvenser av olyckor per år (händelser/ton km)	$6,42 \cdot 10^{-10} \cdot 0,05 = 3,2 \cdot 10^{-11}$	$6,42 \cdot 10^{-10} \cdot 0,05 = 3,2 \cdot 10^{-11}$	$6,42 \cdot 10^{-10} \cdot 0,05 = 3,2 \cdot 10^{-11}$

Tabell 23 Händelser i samband med transport av farligt gods (F0).

### - Sannolikhet för olika utsläppsstorlekar av farligt gods (P(RELEASE SIZE))

Sannolikhet för olika utsläppsstorlekar i samband med händelser vid transport av farligt gods bestäms enligt redovisad statistik i ERA-ramverket för järnvägstransporter, som gäller för respektive "Exempelfall" och redovisas i Tabell 24 nedan.

	Inget utsläpp	Litet utsläpp	Begränsat utsläpp	Kontinuerligt utsläpp	Fullt utsläpp
Järnväg (Transportsträckor)	17%	70%	9%	3,9%	0,1%

Tabell 24 Sannolikhet för olika utsläppsstorlekar vid händelser av farligt gods.

- **Beräkningar av utsläppsfrekvenser i olika storlekar**

För att beräkna frekvenser för olika utsläppsfrekvenser används Ekvation 11 nedan för respektive ”Exempelfall” och resultat redovisas i Tabell 25.

$$F_{Utsläpp} = F_{Händelse} * P_{Farligt\ gods} * P_{Klass} * P_{Förvaringsstorlek} * P_{Storlek\ av\ utsläpp}$$

Ekvation 11 Frekvenser av utsläppsstorlekar av aktuellt farligt gods.

	Inget utsläpp	Litet utsläpp	Begränsat utsläpp	Kontinuerligt utsläpp	Fullt utsläpp
Exempelfall 1	2.6E-04	4.4E-05	5.7E-06	2.5E-06	6.3E-08
Exempelfall 2	8.0E-05	1.3E-05	1.7E-06	7.5E-07	1.9E-08
Exempelfall 3	6.2E-06	1.0E-06	1.3E-07	5.8E-08	1.5E-09

Tabell 25 Frekvenser av olika utsläppsstorlekar för respektive ”Exempelfall”.