

Risicanalys och tunnlar - hur bör händelser med låg sannolikhet och hög konsekvens hanteras?

Hanna Eklöf & Olivia Wernberg | Avdelningen för Riskhantering och samhällssäkerhet | LTH | LUNDS UNIVERSITET



**Risikanalys och tunnlar – hur bör risken för händelser med
låg sannolikhet och hög konsekvens hanteras?**

Hanna Eklöf & Olivia Wernberg

Lund 2019

Titel

Risikanalys och tunnlar – hur bör risken för händelser med låg sannolikhet och hög konsekvens hanteras?

Title

Risk analysis and tunnels – how should high impact and low probability events be managed?

Author

Hanna Eklöf & Olivia Wernberg

Number of pages: 103

Illustrations: Hanna Eklöf & Olivia Wernberg

Keywords

high impact, low probability, risk analysis, tunnel safety, major accident

Sökord

låg sannolikhet, hög konsekvens, risikanalys, säkerhet i trafiktunnlar

Abstract

Events that can be described as high impact and low probability (HILP-events) have been proven difficult to deal with, for example background data often is sparse. Due to the construction of traffic tunnels these events need to be taken into consideration. A tool for doing this is risk analysis, and with this tool the events can be identified and handled with a quantitative or qualitative approach. This Master's Thesis investigates what current research suggest about how HILP-events should be included in a risk analysis for traffic tunnels. The Master's Thesis also investigates how HILP-events are dealt with in practice today by interviewing relevant actors. The result from the investigations led up to five recommendations regarding improvement for how HILP-events can be managed in a risk analysis for traffic tunnels. The recommendations are as follows; HILP-events need to be taken into consideration in risk analysis for traffic tunnels; A holistic approach, resilience and complexity are all aspects which should be integrated in an early stage when dealing with HILP-events; When identifying HILP-events the process should start in an early stage of the project, if possible the process should be iterative; If the risk of HILP-events is to be quantified the uncertainties connected to this should be presented. Presenting an absolute risk should be avoided; Uncertainties in the background knowledge which is used when quantifying the risk needs to be presented. A long-term solution is to create a database for tunnel related "near misses" and accidents.

© Copyright: Division of Risk Management and Societal Safety, Faculty of Engineering
Lund University, Lund 2019

Avdelningen för Riskhantering och samhällssäkerhet, Lunds Tekniska Högskola, Lunds universitet, Lund 2019.

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

Sweden

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

Telephone: +46 46 222 73 60

Förord

Denna rapport utgör ett examensarbete på Brandingenjörsprogrammet och Civilingenjörsprogrammet i riskhantering vid Lunds Universitet.

Under arbetets gång har flera personer och företag hjälpt oss, och vi skulle framförallt vilja tacka följande:

Handledare *Henrik Tehler*, för god vägledning och värdefulla kommentarer.

Extern handledare *Oskar Jansson*, RiskTec, för tips och råd under arbetets gång.

Intervjupersoner; *Johan Ingvarson*, PS Group; *Karin af Geijerstam*, Länsstyrelsen Västra Götaland; *Henric Modig*, Trafikverket; *Patrik Hult*, HPH Projekt; *Niclas Åhnberg*, Brandskyddslaget; *Johan Lundin*, WSP; *Stefan Karlsson*, Storstockholms Brandförsvär, för värdefull koppling till arbetslivet.

Per Hellström, Strålsäkerhetsmyndigheten, för värdefull information om kärnkraftsbranschen.

Brandskyddslaget, Malmö, för kontorsplats och trevligt lunchsällskap.

Slutligen riktas ett tack till andra personer som på något sätt bidragit till att examensarbetet kunnat genomföras.

Hanna Eklöf och Olivia Wernberg, Lund 2019

Sammanfattning

Sedan 1990-talet har tunnelbyggande varit närvarande i vårt samhälle och trafiktunnelarnas komplexitet har sedan dess ständigt ökat. Risker och olyckor som kan uppstå i dessa system kan därmed också bli mer komplexa och mer svårhanterliga. Några av dessa risker kan beskrivas som händelser med låg sannolikhet och hög konsekvens (HILP-händelser). HILP-händelser kan på grund av sin karaktär vara svåra identifiera och hantera. Eftersom händelserna per definition sällan inträffar saknas det ofta underlagsdata som kan ligga till grund för att skatta deras sannolikhet och konsekvens. För att skapa förståelse för dessa risker och för att kunna värdera dem är riskanalys ett vanligt verktyg.

Problematiken har lett fram till att det finns ett behov av att undersöka hur HILP-händelser kan hanteras i riskanalysen för trafiktunnlar vilket är vad detta examensarbete syftade till att undersöka. Detta genomfördes med hjälp av litteraturstudier, där vetenskaplig och grå litteratur undersöktes, samt med hjälp av intervjuer med personer som arbetar med dessa frågor.

Den vetenskapliga litteraturstudien (Scoping Study) syftade till att undersöka vad forskning säger om hur dessa händelser kan hanteras. Denna visade bland annat att det är viktigt att hantera dessa händelser i riskanalysen men att kvantifiera risken för dem kan vara problematiskt då underlagsdata ofta är begränsad. Litteraturstudien som behandlade Grå litteratur syftade till att undersöka hur HILP-händelser behandlas i praktiken inom olika branscher. Vägledande dokument från myndigheter och branschspecifika aktörer genomfördes. Generellt fanns det en benägenhet att vilja hantera HILP-händelserna kvantitativt, men problematiken kopplat till detta beskrevs också. Slutligen genomfördes en intervjustudie för att skapa en förståelse hur dessa händelser hanteras i praktiken idag och vilka möjligheter som finns för att hantera dem annorlunda. Några aspekter som lyftes var att det kan finnas ett syfte med att kvantifiera risken för HILP-händelser om man vill kunna jämföra olika lösningar men att det finns svårigheter med att göra detta vilket är kopplat till att det ofta finns en begränsad mängd underlagsdata.

Resultatet från rapportens olika delar ledde fram till fem rekommendationer för hur hanteringen av HILP-händelser kan förbättras. Följande rekommendationer togs fram;

- HILP-händelser kan ej ignoreras utan måste beaktas i riskanalyser för trafiktunnlar.
- Aspekter som helhetsperspektiv, resiliens och komplexa system ska tas i beaktning vid hantering av HILP-händelser och bör integreras i förstudien under projekteringen.

- En identifieringsprocess för HILP-händelser bör utföras i ett tidigt projektstadium samt vara iterativ.
- Kvantifieras risken för HILP-händelser bör man vara tydlig och transparent i riskanalysen. Man bör samtidigt undvika att presentera en absolut risk.
- Osäkerheter i den underlagsdata som används bör presenteras tydligt. Långsiktigt rekommenderar vi att en databas för insamling av uppstådda tillbud skapas.

Summary

In Sweden tunnel constructions for traffic has been present in our society since the 1990s. The complexity of traffic tunnel construction has since then increased. This has led to that the risks are more complex and more difficult to handle. Some of the risks that can occur are described as events with high impact and low probability (HILP-events). These events can cause severe consequences and even though the risk of them occurring is low, they are undesired in our society. To deal with risks in tunnels, a risk analysis is a common tool. For HILP-events the background data is often limited due to the characteristics of the events (they occur rarely), which leads to that a quantification of the risk could be questioned.

The problems stated above lead up to that the Master's Thesis aimed to investigate how HILP-events can be dealt with in the risk analysis for traffic tunnels. To do this a scoping study, a search through grey literature and interviews with people in the industry were held. The scoping study implies that HILP-events needs to be dealt with in the risk analysis, the events cannot be ignored due to low probability. It also showed that it is difficult to quantify the risk for HILP-events due to the sparse background data. The result from the search through grey literature indicated that there is a wish to quantify the risk for HILP-events but also that there is an awareness regarding the issue of doing so when data are sparse. The interviews were held to create a connection between the academic world and the industry regarding the issue of how HILP-events can be dealt with in a risk analysis. Some aspects highlighted in the interviews was that quantification of the risk can be useful when there is a need to compare different solutions but once again this is problematic due to sparse data.

These results where the foundation of the recommendations that is proposed in this Master's Thesis. The purpose of these recommendations is to improve how HILP-events can be dealt with in the risk analysis for traffic tunnels. The presented recommendations are as follows;

- HILP-events need to be taken into consideration in risk analysis for traffic tunnels
- A holistic approach, resilience and complexity are all aspects which should be integrated in an early stage when dealing with HILP-events.
- When identifying HILP-events the process should start in an early stage of the project, if possible the process should be iterative.
- If the risk of HILP-events is to be quantified the uncertainties connected to this should be presented. Presenting an absolute risk should be avoided.

- Uncertainties in the background knowledge which is used when quantifying the risk needs to be presented. A long-term solution is to create a database for tunnel related “near misses” and accidents.

Förkortningar

ALARP – As Low As Reasonably Possible

AML - Arbetsmiljölagen

CST – Gemensamma säkerhetsmål

EU – Europeiska Unionen

FOI – Totalförsvarets Forskningsinstitut

FUT – Förvaltningen för Utbyggnad av Tunnelbanan

IAEA – International Atomic Energy Agency

LSO – Lagen om Skydd mot Olyckor

MAH – Major Accident Hazards

MSB – Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap

NOPSEMA - National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority

NRV – Nationella referensvärden

OSDR - Offshore Safety Directive Regulator

PBL – Plan- och bygglagen

QRA – Quantitative Risk Assessment

SÄPO – Säkerhetspolisen

TF – Trafikförvaltningen

UNISDR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction

Definitioner

Risk: risk är osäkerheten rörande både förekomsten och konsekvenserna av händelser som kan skada sådant som betraktas som värdefullt. (av eng. risk is uncertainty about and severity of the consequences of an activity with respect to something that human value) (Society for Risk Analysis (SRA), 2018).

Låg sannolikhet: händelser som sällan eller aldrig inträffat. Ingen siffra kommer sättas som gräns då det skiljer sig för olika branscher och händelser.

Hög konsekvens: händelser som leder till mycket allvarliga konsekvenser för det specifika systemet. Inte heller här kommer en siffra att sättas.

Händelser med låg sannolikhet och hög konsekvens: på engelska ”High Impact Low Probabaility” (HILP), benämns som HILP-händelser.

Tunnel: minst 100 meter lång väg omsluten av jord eller berg eller en konstruktion som medger att fordon kan föras under t.ex. högre belägen mark, byggnader eller vatten (TSFS 2015:27).

Trafikanter: den som färdas eller annars uppehåller sig på väg eller i fordon på väg (Trafikverket & Sveriges Kommuner och Landsting, 2012).

Trafiktunnlar: samlingsnamn för tunnlar avsedda för väg, järnväg och tunnelbana/spårvagn.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Syfte och mål.....	2
1.2	Frågeställning	2
1.3	Disposition	3
1.4	Avgränsningar	3
2	Teoretisk bakgrund	5
2.1	Risikanalys	5
2.2	Ramverk för risk.....	5
3	Projektering av trafiktunnlar	7
3.1	Bakgrund	7
3.2	Säkerhetsmål för trafiktunnlar.....	7
3.3	Järnvägstunnlar.....	8
3.4	Vägtunnlar.....	9
3.5	Tunnelbana och spårväg.....	10
3.6	Planeringsprocess för byggande av tunnlar.....	10
4	Scoping Study	13
4.1	Bakgrund	13
4.2	Steg 1: Identifiera litteratursökningens frågeställning	13
4.3	Steg 2: Identifiera relevant vetenskaplig litteratur	13
4.3.1	Val av databas	14
4.3.2	Identifiering av sökord	14
4.4	Steg 3: Urval av artiklar	16
4.5	Steg 4: Analys av data.....	16
4.5.1	Övergripande analys	17
4.5.2	Analys av grupp 1	19
4.6	Steg 5: Utblick.....	23

4.6.1	Analys av ytterligare litteratur	23
4.7	Slutsatser från Scoping Study	25
5	Grå litteratur.....	31
5.1	Bakgrund	31
5.2	Industri med farlig verksamhet	31
5.3	Katastrofriskhantering	33
5.4	Offshore olja- och gasindustri	34
5.5	Kärnkraft	36
5.6	Utblick.....	37
5.7	Analys och slutsats från Grå litteratur	40
6	Intervjustudie	45
6.1	Bakgrund	45
6.2	Sammanfattning och slutsatser från intervjuer.....	45
7	Analys	49
7.1	Beaktning av HILP-händelser	49
7.2	Hantering av HILP-händelser.....	51
7.3	Identifiering av HILP-händelser.....	52
7.4	Kvantitativ och kvalitativ hantering av HILP-händelser.....	54
7.5	Underlagsdata för HILP-händelser.....	56
8	Diskussion.....	59
8.1	Osäkerheter.....	59
8.2	Framtida forskning	61
9	Slutsats	63
10	Referenser	65
10.1	Lagar, förordningar och föreskrifter	71
Bilaga A	73
Bilaga B	77

Bilaga C	79
Bilaga D	81
Bilaga E.....	83

1 Inledning

Riskbilden för trafiktunnlar är något som ständigt är i förändring. Teknikutvecklingen går snabbt framåt och hur detta påverkar trafiktunnlar har bland annat aktualiserats i samband med att en gasdriven buss i Stockholm fattade eld till följd av en felkörning mot en trafikunnel (Bednarska Balcer, Fock, & Lodding, 2019). Bussen hann aldrig in i tunneln men om bussen hade befunnit sig i tunneln hade konsekvenserna kunnat bli väldig

t omfattande. Riskbilden för trafiktunnlar förändras ständigt vilket ställer krav på att riskanalys för trafiktunnlar följer denna utveckling.

I Sverige byggs det idag ett flertal olika trafiktunnlar och sedan 1990-talet har tunnelbyggandet ständigt varit närvarande i vårt samhälle och trafiktunnlarnas komplexitet har ökat. Idag är det vanligt att tunnlar i städer byggs med olika typer av överdäckningar med exempelvis samhällskritiska verksamheter ovanpå. Tunnlar kan även byggas med flera olika typer av på- och avfarter samtidigt som trafikflöden ständigt förändras. Exempel på tunnlar som har byggts de senaste åren är bland annat Citytunneln i Malmö, Västkustbanan samt Förbifart Stockholm, vilken kommer bli en av världens längsta tunnlar (Transportstyrelsen, 2016).

Säkerheten för trafikanter i dessa tunnlar baseras på devisen att det ska vara lika säkert att befinna sig inom en tunnel för ett specifikt trafikslag som utanför tunneln för samma trafikslag (Transportstyrelsen, 2016). Skillnaden mellan en tunnel och en väg i det fria är att tunneln är omsluten av väggar och tak vilket leder till att vissa händelser i tunneln kan få större konsekvenser än om motsvarande händelse skulle inträffa på en väg i det fria. Ett exempel på en tunnelolycka där konsekvenserna blev omfattande är branden i Mont Blanc-tunnel 1999. En lastbil fattade eld och 39 trafikanter omkom till följd av att de inte kunde ta sig ut från tunneln (Agerberg, 2001). Det ska alltså inte finnas en ökad risk för trafikanter i tunnel vilket ställer stora krav på säkerheten och hantering av risk för trafiktunnlar.

Att använda riskanalyser är vanligt för att kunna bedöma risken för en viss händelse. En riskanalys kan både vara kvalitativ och kvantitativ beroende på vilken typ av analys och detaljningsnivå som önskas. Den kvantitativa riskanalysen är användbar för att bestämma riskbidrag från en verksamhet samt för att utvärdera och jämföra olika alternativ, till exempel olika utformningar av en aktuell byggnad. Metodiken används bland annat inom samhällsbyggsektorn men även inom katastrofhantering och industri med farlig verksamhet. En kvantitativ riskanalys har som fördel att den enkelt kan användas för att jämföra olika risker.

Det är därmed möjligt att jämföra risken för en trafikant i en tunnel med risken för samma trafikant på en vägsträcka utanför tunneln. För att kunna utföra den kvantitativa riskanalysen krävs underlagsdata. Flera av de händelser som kan ge upphov till allvarliga konsekvenser i en tunnel har sällan eller aldrig inträffat. Detta innebär att underlaget för att bedöma sannolikheten kan vara begränsat vilket kan leda till att det finns stora osäkerheter i riskanalysen.

Hur en sådan brist på information ska hanteras i praktiken innebär svårigheter. Idag använder man sig av både kunskap om hur ofta händelsen har inträffat tidigare samt olika typer av expertbedömningar. I andra branscher har kritiker uppmärksammat att detta kan jämföras med kvalificerade gissningar och tillvägagångssättet har ifrågasatts (Länsstyrelsen i Kronobergs län, 2003). Det har diskuterats om det finns en poäng med att försöka kvantifiera händelser med låg sannolikhet och hög konsekvens när det finns så lite information om och när de faktiskt inträffar.

1.1 Syfte och mål

Syftet med examensarbetet var därför att undersöka hur händelser med liten sannolikhet och hög konsekvens bör hanteras i riskanalysen inom trafiktunnlar. Arbetet syftade till att undersöka vad befintlig litteratur anger samt hur dessa händelser behandlas i praktiken. Målet var att kartlägga hur dessa händelser hanteras idag inom olika branscher samt ta fram ett antal förslag på rekommendationer för hur dessa händelser bör hanteras inom trafiktunnlar.

1.2 Frågeställning

Nedan presenteras de frågeställningar som besvaras i examensarbetet. Den huvudsakliga frågan som behandlas är;

- Hur bör händelser med liten sannolikhet och hög konsekvens hanteras i riskanalyser med avseende på trafiktunnlar?

För att ge ett svar på den huvudsakliga frågeställningen krävs svar på ett antal mer detaljerade frågor;

- Vad står det i befintliga vetenskapliga studier om hur händelser med liten sannolikhet och hög konsekvens ska hanteras?
- Vad finns det för rekommendationer och riktlinjer för hur dessa händelser hanteras inom andra branscher än trafiktunnlar?
- Hur behandlas dessa händelser inom branschen för trafiktunnlar?

- Hur anser personer inom branschen för trafiktunnlar samt andra branscher att dessa händelser bör hanteras?

Med utgångspunkt i en analys av dessa frågor kommer ett svar på den övergripande frågan att kunna ges.

1.3 Disposition

Rapporten inleds med ett teoretiskt avsnitt angående riskhanteringsprocessen. Därefter beskrivs det hur befintliga regelverk för olika trafiktunnlar är utformade. Nästa steg behandlar Scoping Study vilket följs av en genomsökning av Grå litteratur och därefter presenteras genomförda intervjuer. Metodikerna som använts presenteras i respektive avsnitt. Slutligen förs en diskussion angående resultaten och förslag till rekommendationer presenteras.

Examensarbetet delades in i tre faser. Den första fasen bestod av en litteraturstudie som uppdelades i tre olika delar. Den första delen bestod av en så kallad Scoping Study, en metodisk undersökning av vetenskapliga studier, som berörde hur händelser med låg sannolikhet och hög konsekvens bör behandlas i en riskanalys. Den andra delen bestod av undersökning av så kallad Grå litteratur där syftet var att undersöka hur dessa händelser hanteras inom specifika organisationer och sektorer. Den sista delen i den första fasen bestod av en litteratursökning för trafiktunnlar där syftet var att skapa en förståelse för kontexten och därmed kunna ge förslag på rekommendationer anpassade till trafiktunnlar i ett senare skede.

Den andra fasen av examensarbetet bestod av en intervjustudie. Syftet med intervjuerna var att få en förståelse för hur händelser med låg sannolikhet och hög konsekvens behandlades i praktiken. Dessutom undersöktes intervjuobjektens syn på problematiken och deras åsikter kring hur frågan skulle kunna hanteras i framtiden.

Den tredje fasen bestod av tolkning och värdering av resultatet från den första och andra fasen. Med hjälp av det insamlade materialet och den analyserande data utformades sedan förslag på rekommendationer för hur händelser med låg sannolikhet och hög konsekvens bör hanteras i riskanalyser för trafiktunnlar.

1.4 Avgränsningar

Arbetet avgränsades till att inkludera hantering av händelser med låg sannolikhet och hög konsekvens i riskanalyser. Kopplingen mellan trafiktunnlar som system, riskanalyser och hantering av HILP-händelser gjordes främst i samband med projekteringsfasen. Litteraturstudien behandlade händelser inom flera olika branscher medan den analyserande

delen samt de vägledande rekommendationerna var avgränsade till att endast behandla trafiktunnlar i Sverige där konsekvensen kan uttryckas i personrisk (allvarliga skador eller dödsfall) för trafikanter.

2 Teoretisk bakgrund

I detta avsnitt ges det ges en beskrivning av ett ramverk för risk samt en djupare beskrivning av riskanalys som verktyg.

2.1 Riskanalys

Riskanalysen är ett vanligt verktyg för att skapa förståelse och värdera olika verksamheters risker. Riskanalys innebär en systematisk identifiering av risker och bedömning av risknivåer med hjälp av tillgänglig kunskap (Society for Risk Analysis (SRA), 2018).

Det finns flera olika metoder för att utföra en riskanalys. Ett traditionellt sätt att genomföra detta på anges i SS-EN 31010 (Swedish standards institute (SIS), 2018). I denna beskrivs det att följande steg bör ingå; definition av mål och avgränsningar, inventering och analys av riskkällor samt analys av risker och bedömning av konsekvens och sannolikhet.

Riskanalysen kan vara kvalitativ, kvantitativ eller en mix av de båda. I en kvantitativ riskanalys beräknas sannolikhet och konsekvens för risken och uttrycks i siffror. Risken presenteras med hjälp av olika riskmått som till exempel individrisk och samhällsrisk. I den kvalitativa riskanalysen beskrivs sannolikheten och konsekvensen med hjälp av nominell eller ordinal skala (Räddningsverket, 2003).

Bedömning av sannolikhet kan ske på olika sätt. Vanliga angreppssätt är empiriska skattningar, logiska system och expertbedömningar. Bedömning av konsekvenser innebär att de direkta effekter som kan uppstå efter en viss händelse kartläggs. I den kvantitativa analysen beräknas och uttrycks konsekvensen i absoluta tal, till exempel förväntat antal döda eller förväntad ekonomisk skada (Räddningsverket, 2003). Efter att sannolikheten och konsekvensen för en viss händelse bestämts görs en riskvärdering. Detta kan bland annat göras med en riskmatris, FN-kurva eller individriskkonturer (ibid.).

2.2 Ramverk för risk

Ett traditionellt perspektiv på risk är att man bedömer risken för varje händelse som en kombination av sannolikhet och konsekvens, vilket beskrivs i avsnitt 2.1 ovan. Ett nyare perspektiv angående risk kommer presenteras nedan. Detta ramverk har ett större fokus på osäkerhet istället för på sannolikhetsbegreppet.

Risk kan karakteriseras genom en kombination av tre faktorer (A, C, U). A beskriver den händelse som risken är kopplad till, C hänvisar till de konsekvenser som uppstår till följd av händelse A. Kopplat till händelse A och dess konsekvens finns en osäkerhet U (Aven, 2011).

Det finns alltid en osäkerhet kring om händelsen kan inträffa, vilka konsekvenser som kan uppstå och storleken på dessa (Aven, 2011). Ramverkets utgångspunkt är att beskriva händelser och konsekvenser, vilket även innefattar att beskriva deras osäkerheter. Aven (2017) introducerar ytterligare parametrar för att beskriva osäkerheten (P, SoK, K). P är subjektiv sannolikhet, SoK (Strength of the Knowledge) är styrkan i bakgrundsinformation och K (Knowledge) är bakgrundsinformation. Syftet är att förtydliga att för varje händelse A som ska analyseras används bakgrundsinformation, och att denna information har olika styrka. Vid till exempel singelolyckor i trafiken är man ofta mer säker på sin bedömning av sannolikheten än när det gäller sannolikheten för farligt gods-olyckor, trots att denna skillnad inte behöver synas i de bedömningar som man gör. Exempelvis går det att bedöma att sannolikheten för en eller flera singelolyckor i en viss tunnel under ett år är 0,01 och att sannolikheten för en eller flera farligt gods-olyckor är 0,001. Baserat på dessa sannolikhetsbedömningar, uttryckta i siffror, går det inte att avgöra vilken underlagsdata man förlitar bedömningen på. Syftet med SoK är att belysa dessa skillnader, vilket förhoppningsvis leder till en bättre beslutsunderlag.

Aven (2017) menar att alla sannolikheter är subjektiva om de till exempel bedöms med hjälp av data som extrapoleras för att passa en specifik händelse. Sannolikheten för händelse A givet bakgrundsinformation K kan uttryckas som $P(A|K)$. För att uttrycka sannolikhetens beroende av K beskrivs därmed (P) som den subjektiva sannolikheten.

Då den subjektiva sannolikheten (P) grundar sig på bakgrundsinformation (K) och dess styrka (SoK) är det viktigt att beskriva och utvärdera dessa parametrar. Genom att göra detta leder det till en mer transparent analys av händelsen och dess konsekvens. Aven (2017) beskriver därmed risk som:

(A, C, U) där U kan beskrivas som (P, SoK, K).

Detta synsätt kommer användas som utgångspunkt när risk som ramverk behandlas och kommer benämnas ACU-ramverket.

3 Projektering av trafiktunnlar

I följande avsnitt presenteras lagar och regler rörande trafiktunnlar för trafikslagen järnväg, väg, tunnelbana och spårväg samt vilka riktlinjer det finns angående riskanalys inom detta område. Syftet är att skapa en bakgrund till de rekommendationer som tas fram senare i rapporten och besvara frågeställningen *Hur behandlas dessa händelser inom branschen för trafiktunnlar?*

3.1 Bakgrund

Vid värdering av säkerhet i väg- och järnvägstunnlar är ambitionsnivån att risken inom tunnelarna inte ska vara större än vad den är för trafikslaget utanför tunneln (Transportstyrelsen, 2016). Det ska alltså inte innebära en större risk för trafikanter att färdas inom tunnlar jämfört med utanför tunnelarna.

Transportstyrelsen (2016) presenterar ett allmänt vedertaget tillvägagångssätt för att behandla risker kopplat till farligt gods hämtat från DNV GL (2014). Det utgår från följande principer:

1. Principen om berättigande av aktivitet, anger att det ska finnas en nytta som är större än risken.
2. Principen om optimering av skydd, åstadkomma sökt säkerhetsnivå på effektivaste vis.
3. Fördelningsprincipen, risk bör vara skäligt fördelad inom samhället i relation till fördelar som verksamhet medför.
4. Undvikande av katastrofer, samhällets reaktioner på inträffade olyckor och risker är vanligen i direkt proportion till storleken, eller till och med i större proportion om storleken ökar. Risker bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser som kan hanteras av tillgängliga beredskapsresurser än i katastrofer.
5. Proportionalitetsprincipen, de totala risker som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerligt stora jämfört med de fördelar som verksamheten medför.
6. Principen om ständiga förbättringar, samhällets risknivåer i stort bör inte öka och får gärna minska över tid.

Framförallt är princip 4 aktuell för frågeställningarna i denna rapport.

3.2 Säkerhetsmål för trafiktunnlar

I Sverige finns det i viss omfattning krav på hur säkerheten i trafiktunnlar ska utformas för väg, järnväg, tunnelbana och spårväg men dessa regler är inte gemensamma för trafikslagen. För projektering inom de olika trafikslagen gäller olika lagar och regler, det finns dock planer på

att ta fram gemensamma säkerhetsmål för tunnlar inom dessa trafikslag (Transportstyrelsen, 2016). Till skillnad från tidigare har transportstyrelsen idag ett trafikövergripande ansvar och bemyndigande enligt plan- och bygglagen vilket gör att de kan arbeta övergripande med säkerhet för alla tre trafikslag (ibid.).

Transportstyrelsen (2016) föreslår att gemensamma säkerhetsmål för de olika trafikslagen bör uttryckas med riskmålet ”sannolikhet per dödsfall per personkilometer” och acceptanskriterier i en FN-kurva. Det beskrivs vidare att händelser där 300 personer antas omkomna inte bör presenteras i en FN-kurva då underlaget för dessa händelser ofta är för osäkert, och det föreslås därmed en separat utredning för dessa händelser (ibid.). Denna utredning är ännu inte färdigställd och det finns därför ingen vägledning för hur HILP-händelser (se Definitioner) ska hanteras idag.

För väg- och järnvägstunnlar finns det inom Europeiska unionen (EU) gemensamma regler men däremot är tunnelbana och spårväg lokala system och där finns inga övergripande regler som gäller inom EU. Trafiktunnlar som byggnadsverk berörs i allmänhet i de svenska lagar som Lagen om skydd mot olyckor (LSO) (SFS 2003:778), Plan- och bygglagen (PBL) (SFS 2010:900) samt Arbetsmiljölagen (AML) (SFS 1977:1160). LSO anger att anläggningens ägare har ansvar för analys av risker och PBL behandlar trafiktunnlar i planprocessen. AML behandlar arbetsmiljö och då arbetet är avgränsat till trafikanter är AML inte aktuell.

3.3 Järnvägstunnlar

Säkerhet i järnvägstunnlar regleras i Järnvägslagen (SFS 2004:519) som grundar sig på lagar från EU. Förordningen 1303/2014/EG av den 18 november 2014 om teknisk specifikation för driftskompatibilitet (TSD) avseende ”säkerhet i järnvägstunnlar” i järnvägssystemet i Europeiska unionen gäller i Sverige enligt Järnvägslagen. Denna avser minimumkrav som måste uppfyllas och hänvisar till CSM-RA för riskanalys och riskbedömning.

Förordningen 402/2013/EG av den 30 april 2013 om den gemensamma säkerhetsmetoden för riskvärdering och riskbedömning (CSM-RA-förordningen). Förordningen ska tillämpas vid alla ändringar av järnvägssystemet, vilket även innefattar järnvägstunnlar.

Förordningen beskriver allmänna principer för riskhanteringsprocessen och att risken i ett system kan bedömas med följande principer för riskacceptans:

- Användning av vedertagen praxis
- Jämfört med liknande system

- En uttrycklig riskuppskattning.

Om riskuppskattning används som princip för riskacceptans kan riskkällorna uppskattas kvantitativt eller kvalitativt och kan sedan bedömas utifrån kriterier för riskacceptans som härleds ur unionlagstiftning eller allmänna nationella bestämmelser. Kommissionens beslut 2012:226/EU om den andra uppsättningen gemensamma säkerhetsmål för järnvägssystemet, presenterar säkerhetsmål där syftet är att kunna bedöma och jämföra säkerheten för bland annat passagerare i järnvägssystemet mellan medlemsstaterna. Gemensamma säkerhetsmål (CST), och nationella referensvärden (NRV) presenteras för dödsolyckor och vägda allvarliga skador där allvarliga skador i statistiskt hänseende motsvarar 0,1 dödsfall. Värden mäts i enheten persontågkilometer som motsvarar ett persontågs förflyttning en kilometer (ibid.).

Trafikverkets krav vid tunnelbyggnad (TDOK 2016:0231) anger krav som ska tillämpas vid utformning och dimensionering vid nybyggnad och förbättring av vägtunnlar, järnvägstunnlar samt undermarksstationer. För järnvägstunnlar ska personsäkerheten verifieras med en säkerhetsanalys som ska följa EU-kommissionens förordning 402/2013. Säkerhetsanalysen ska tillämpa kriterier för samhällsrisks med hjälp av en FN-kurva med en övre och undre gräns för området ALARP (as low as reasonably practicable). För att kunna utföra detta måste risken kvantifieras.

3.4 Vägtunnlar

Förordningen (SFS 2006:421) om säkerhet i vägtunnlar innehåller föreskrifter om tillämpning av lag (SFS 2006:418) om säkerhet i vägtunnlar. Förordningen beskriver att under projektering av en tunnel ska en särskild utredning som beskriver olycksriskerna och åtgärder för att minska risken för olyckor och deras följder göras. Riskanalysen ska göras i enlighet med bästa tillgängliga metod och med beaktning av alla faktorer som rör utformning och dimensionering.

Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar (TSFS 2015:27) beskriver att för tunnlar med speciell utformning eller speciella förutsättningar avseende specifika parametrar ska en riskanalys genomföras. Tunnlar med speciell utformning kan exempelvis vara om det är en på- eller avfart i tunneln eller om det är en sänktunnel eller en överdäckning. Parametrar med speciella förutsättningar är till exempel tunnellängd, andel tunga lastbilar eller geografiska och meteorologiska förutsättningar. För exempel på metoder för riskanalys hänvisar föreskriften vidare till Boverkets rapport, Riskanalysmetoder, Delprojekt 2.2, bilaga till regeringsuppdraget Personsäkerhet i tunnlar (Boverket, 2005b)

Även Trafikverkets krav vid tunnelbyggande (TDOK 2016:0231) samt råd vid tunnelbyggande (TDOK 2016:0232), som beskrivs i avsnitt 3.3 för järnvägstunnlar gäller för de vägtunnlar trafikverket ansvarar för. Vidare beskriver Trafikverket i råd vid tunnelbyggande (TDOK 2016:0232) att för riskanalyser vid vägtunnlar är det acceptabelt att använda en kvantitativ eller kvalitativ metodik. För tunnlar med överdäckning presenteras även sannolikheter för ett antal scenarier med olyckor med farligt gods som kan användas för riskbedömning (ibid.).

3.5 Tunnelbana och spårväg

Säkerhet i tunnelbana styrs av lagen (SFS 1990:1157) och förordningen (SFS 1990:1165) om säkerhet vid tunnelbana och spårväg. Dessa reglerar i första hand spår- och trafiktekniska delar inom anläggningen och det saknas krav på utformningen utanför detta område. Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2017:119) om personsäkerhet i tunnlar och plattformsrum för tunnelbana och spårväg gäller för tunnelbanetunnlar. I denna beskrivs att det ska genomföras en riskbedömning där en kvantitativ riskanalys ska ingå. Eftersom PBL (SFS 2010:900) styr byggandet av tunnlar påverkas även tunnelbanetunnlar. Det finns dock inga specifika föreskrifter i PBL för tunnelbana. Detta förklaras delvis med att det funnits ett långt uppehåll i utbyggnaden av tunnelbanan (Transportstyrelsen, 2016).

Den enda tunnelbanan som finns i Sverige ägs av landstinget genom trafikförvaltningen (TF) och de har utgivit byggherrekra. Aktuella riktlinjer baseras på funktionskrav men det finns inga generella minimikrav på åtgärder, angivna risknivåer eller metoder för riskanalyser (Transportstyrelsen, 2016). Landstinget i Stockholms län har inrättat Förvaltningen av tunnelbanan (FUT) för att ansvara för kommande utbyggnad av tunnelbanan i Stockholm. De arbetar med att tolka dagens lagstiftningskrav och ta fram egna byggherrekra (ibid.).

3.6 Planeringsprocess för byggande av tunnlar

Nedan presenteras en översiktlig bild av planeringsprocessen för byggande av tunnlar. Lag (1995:1649) om byggande av järnväg och Väglagen (SFS 1971:974) har använts för att beskriva hur processen ser ut för de specifika trafikslagen. Denna process anses även vara applicerbar för tunnelbana- och spårvägstunnlar. Figur 1 visar hur de olika planeringsprocesser relaterat till varandra. Deras horisontella läge redovisar en ungefärlig placering med avseende på projektets tidsplan.



Figur 1: Överskådlig bild av projekteringsprocessen för tunnlar.

PBL (SFS 2010:900) anger att varje kommun ska ha en översiktsplan. Denna är inte bindande men ska ge vägledning för beslut om hur mark- och vattenområden ska användas. Detta påverkar därmed tunnelns placering och utformning. I en fördjupad översiktsplan finns det möjlighet att studera de konsekvenser som en tunnel kan bidra till med avseende på hur detta påverkar områdets struktur. I detaljplanen bestäms det vad specifika mark- och vattenområden ska användas till. Då tunnlar är ett relativt stort byggnadsverk är det viktigt att de planmässiga förutsättningarna för tunnlar beaktas i detta skede. För tunnlar krävs inget bygglov då det inte definieras som ett byggnadsverk men för eventuella byggnader som kompletterar tunneln kan det krävas.

Enligt Väglagen (SFS 1971:974) och Lag (1995:1649) om byggande av järnväg omfattar projekteringsprocessen för en tunnel följande skeden; idéskedet, förstudie, utredning, arbetsplan, eventuella bygglovshandlingar, bygghandlingar samt byggnämnan. Därefter påbörjas byggskedet som pågår fram till att tunneln tas i drift. Idéskedet ingår inte i den formella planprocessen men det är här tankar om projektet föds. Förstudien syftar till att beskriva de förutsättningar som finns men också vad som krävs för att projektet ska kunna utföras. I detta steg kommer man även fram till om ytterligare utredning krävs. I denna utredning redovisas ofta olika tunnelalternativ som jämförs med varandra. Till exempel kan olika tunnelplaceringar jämföras och diskuteras. En arbetsplan upprättas som ska ställas ut för granskning enligt väglagens bestämmelser, för järnväg kallas denna järnvägsplan. Syftet är även att visa vilken mark som tas i anspråk för tunnelprojektet och under dess byggtid. Endast mindre avvikelser får lov att göras då denna är fastställd. Bygghandlingar visar i detalj hur trafikaneläggningen ska byggas och ligger till grund för eventuella bygglov. För tunnlar görs därefter en byggnämnan.

Under avsnitten för respektive trafikslag (avsnitt 3.3-3.5) har det beskrivits i detalj hur risk och personsäkerhet ska behandlas i projekteringen. Analys av risker görs under hela

projekteringsprocessen men beroende på var i processen man befinner sig kan analysen se olika ut. I idéskedet görs en behovsanalys där syftet är att visa de kommunikationsproblem (trafikrelaterade) som projektet kan underlätta och olika tänkbara lösningsalternativ redovisas (Boverket, 2005a). En översiktlig riskinventering tas fram i förstudien och detta är även underlag för projektets säkerhetskoncept. I utredningsskedet tas en handling för de säkerhetsfrågor som måste beaktas i projektet fram. Detta säkerhetskoncept bör redovisa mål för säkerheten i tunnel och även förslag på behov av olika typer av riskvärderingar (ibid.). I arbetsplanen utvecklas sedan en fördjupad plan för tunnels vidare säkerhet (ibid.). Eftersom arbetsplanen måste efterföljas ska säkerhetskonceptet vara relativt fastställt i detta skede.

4 Scoping Study

I följande avsnitt presenteras först Scoping Study som metodik, utförandet av litteratursökningen samt resultatet från litteratursökningen. Därefter genomfördes en ”utblick” för att infånga litteratur som inte inkluderades i aktuell Scoping Study men som ändå ansågs vara relevant för rapportens frågeställningar. Slutligen analyseras de resultat som framkom.

4.1 Bakgrund

Scoping Study är en metodik som används för att systematiskt kartlägga litteratur inom ett visst forskningsområde (Beerens & Tehler, 2016). Examensarbetets frågeställning kräver en kartläggning av befintlig litteratur för att kunna besvaras. En Scoping Study möjliggör en bred sökning vilket leder till att det är en lämplig metodik. Eftersom rapportens huvudsakliga frågeställning inte är avgränsad till ett specifikt forskningsområde är det önskvärt att samla in litteratur från flera olika discipliner vilket kräver en bred sökning. Metodiken som användes har följt strukturen enligt Arksey och O’Malley (2005). Aktuell Scoping Study genomfördes i januari, 2019.

4.2 Steg 1: Identifiera litteratursökningens frågeställning

Det första steget var att identifiera sökningens frågeställning. Arksey och O’Malley (2005) rekommenderar att en öppen frågeställning används för att få en bred täckning av litteraturen och för att inte missa relevanta artiklar. Till följd av detta påbörjades en enkel sökning för att skapa en överblick av områdets generella omfattning. Med denna bakgrund definierades frågeställningen för litteratursökningen till: *Vad säger befintliga vetenskapliga studier om hur händelser med liten sannolikhet och hög konsekvens ska hanteras?*

4.3 Steg 2: Identifiera relevant vetenskaplig litteratur

Det andra steget var att identifiera relevant vetenskaplig litteratur för att kunna besvara frågeställningen kopplat till aktuell Scoping Study. För att kunna genomföra den systematiska sökningen gjordes en uppdelning angående val av databas och identifiering av sökord (Beerens & Tehler, 2016).

4.3.1 Val av databas

Den elektroniska databasen Scopus (<https://www.scopus.com>), som ägs av Elsevier, användes som databas då det är den största databasen med referentgranskning av litteratur, den är multidisciplinär och har en bred täckningsgrad inom många olika områden (Beerens & Tehler, 2016). Sökningen avgränsades till engelskspråkig litteratur och vetenskapliga artiklar som var referentgranskat.

4.3.2 Identifiering av sökord

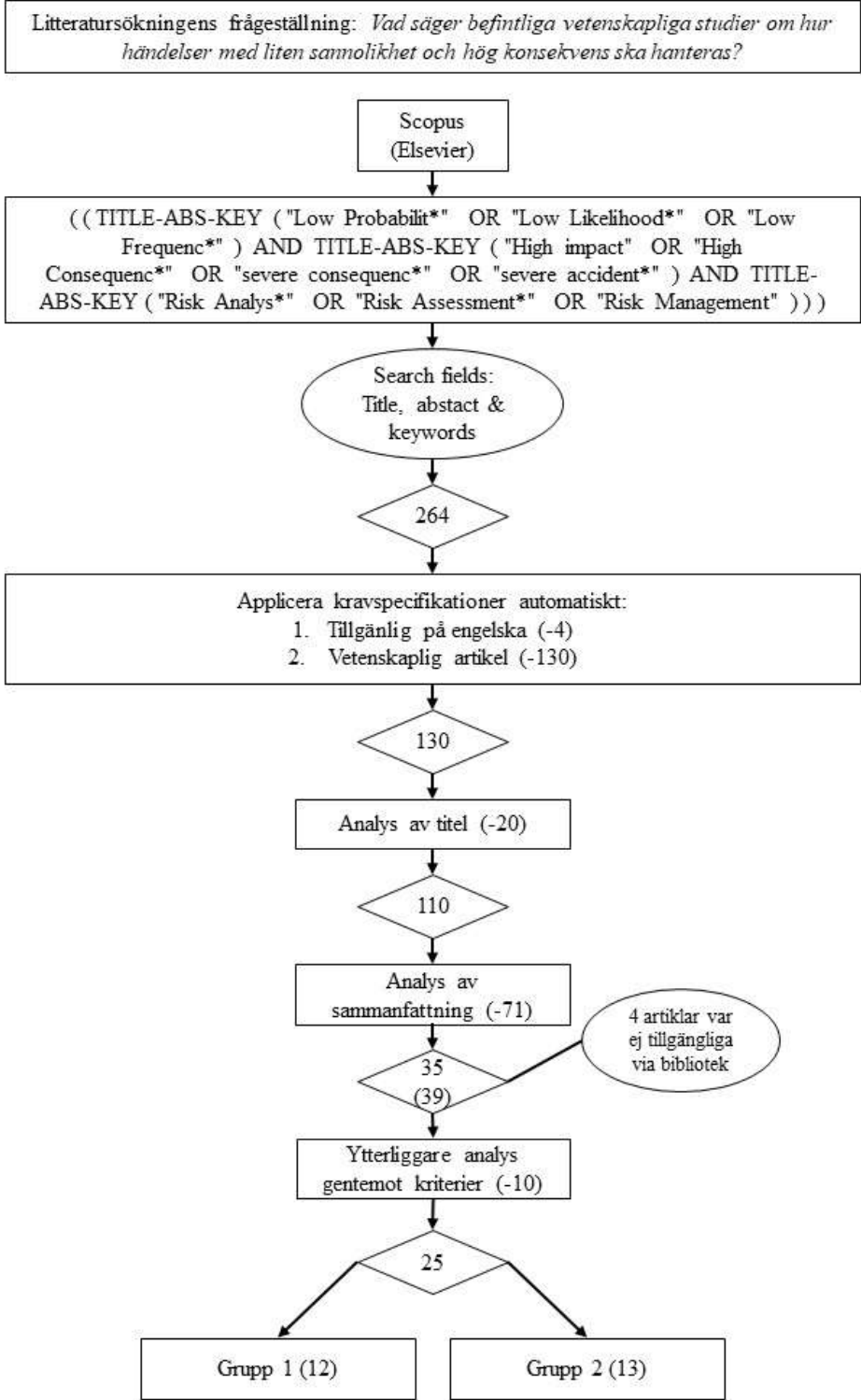
Sökningen genomfördes med en boolesk sökningsteknik med nyckelorden “low probability”, “high impact” och “risk analysis”. Då nyckelorden har synonymer skulle en sökning med endast nyckelorden leda till bristfälligt resultat (Beerens & Tehler, 2016). Det skapades därmed en lista med synonymer till respektive nyckelord. Det utfördes sedan sökningar för respektive synonym där antalet träffar noterades för varje ord och irrelevanta synonymer kunde därmed elimineras. Notera att orden “probability” och “frequency” inte är synonymer men den första sökningen enligt Steg 1 visade att i viss litteratur används dessa ord för samma begrepp. Samma gäller för andra sökord. Nedan presenteras de identifierade nyckelorden och dess synonymer. Mellan sökgrupperna A, B och C har operator ”AND” använts och operator ”*” har använts för att identifiera olika ändelser av relevanta ord.

(A) “low probabilit*” OR “low likelihood*” OR “low frequenc*”

(B) “high impact” OR “high consequenc*” OR “severe consequenc*” OR “severe accident*”

(C) “risk analys*” OR “risk assessment*” OR “risk management”

Den initiala sökningen gav 264 träffar. Kravspecifikationen angående referentgranskat litteratur ledde till att 130 träffar eliminerades och specifikationen angående engelskspråkiga artiklar eliminerade 4 artiklar. Det kvarstod då 130 artiklar. Figur 2 nedan presenterar ett flödesschema över beskrivna steg.



Figur 2: Flödesschema för Scoping Study.

4.4 Steg 3: Urval av artiklar

För att kunna göra ett urval av relevanta artiklar krävs en metod för att eliminera irrelevanta artiklar. Arksey och O'Malley (2005) beskriver att denna systematiska granskning av artiklar kan ske med hjälp av inkluderande och exkluderande kriterier. Detta skedde med hjälp av kriterier som beskrivs i Tabell 1. De inkluderande kriterierna har formulerats för att de ansågs behandla frågeställningen och de exkluderande för att de berör ämnen som ligger utanför rapportens avgränsning.

Tabell 1: Kriterier för urval av artiklar.

Inkludera följande:	<ul style="list-style-type: none">• Artiklar där syftet är preventiv hantering av händelser• Artiklar där osäkerheter benämns• Artiklar som berör alla möjliga typer av branscher• Artiklar som berör personrisk• Artiklar som berör metodik för hantering av HILP-händelser i riskanalysprocessen.
Exkludera följande:	<ul style="list-style-type: none">• Artiklar som inte stämmer in på de två översta punkterna för inkluderande kriterier• Artiklar som fokuserar på riskperception.• Artiklar som fokuserar på ekonomiska risker• Artiklar som fokuserar på medicinska risker• Artiklar som fokuserar på riskkommunikation.

Kriteriet som berör exkluderande av artiklar inom området ekonomi och medicin har formulerats till följd av att risker inom dessa områden generellt inte syftar till personrisker inom området designprocess som till exempel byggandet av trafiktunnlar gör. Riskperception och riskkommunikation är två områden som ofta behandlas inom riskhanteringsprocessen men då rapporten avgränsas till hantering av HILP-händelser inom riskanalysen ingår de inte i rapportens tillämpningsområde. Artiklar inom dessa områden anses därmed inte vara relevanta för litteratursökningens frågeställning.

Detta första urval skedde med en titelanalys och 20 artiklar eliminerades. Som ett andra steg i urvalet analyserades artiklarnas sammanfattning mot samma kriterier och 71 artiklar kunde elimineras. 39 kvarstående artiklar ansågs uppfylla de inkluderande kriterierna, se Figur 2.

4.5 Steg 4: Analys av data

Steg 4 var det slutliga steget i Scoping Study och bestod av analys av data som uppdelades i två olika grupper, övergripande analys och djupgående analys. Den första, övergripande analysens syfte var att få en generell uppfattning om trender och koncept som finns i insamlad data (Arksey & O'Malley, 2005). Den andra, mer djupgående analysens syfte var att få en mer detaljerad bild av data för att kunna besvara frågeställningen (ibid.).

Fyra av de 39 artiklar som valdes för övergripande analys uteslöts då de ej gick att få tag på via tillgängliga biblioteks sökvägar. Det återstod då 35 artiklar där samtliga lästes för att kunna bestämma om dess ämne var relevant för frågeställningen. Tio av dessa artiklar ansågs efter genomläsning inte uppfylla kriterierna presenterade i Tabell 1 och uteslöts därför från analysen.

4.5.1 Övergripande analys

Den övergripande analysen behandlar 25 artiklar som finns presenterade i Bilaga A. Dessa kodades gentemot ett antal kriterier som presenteras i Tabell 2. Artiklarna kodades genom att varje kodningskriterierna besvarades med ja/nej. Då litteratursökningens frågeställning syftar till hantering av HILP-händelser var målet med dessa kodningskriterier att fånga upp de artiklar som beskriver hantering av HILP-händelser.

Tabell 2: Kodningskriterier och dess definitioner för den djupgående analysen.

Kodningskriterier	Definitioner
Kvalitativ analys	Det förs ett kvalitativt resonemang för hur HILP-händelser kan hanteras.
Kvantitativ analys	Det förs ett kvantitativt resonemang för hur HILP-händelser kan hanteras.
Beräkning av sannolikheter	Presenterar en beräkningsmetod för HILP-händelser.
Process för hantering av händelser	Artiklar som presenterar en process för hantering av HILP-händelser. Med process menas att det inte endast är en beräkningsgång.
Motivering av processen	Tydlig motivering till varför den presenterade processen är användbar och vad den kan tillföra.
Implementering av process	Om metoden/processen som presenteras har anknytning till verkligheten. Till exempel genom ett praktiskt fall.

Kodningen ledde till att artiklarna delades in i grupp 1 och grupp 2. Artiklarna i grupp 1 valdes för en djupare analys medan grupp 2 analyserades övergripligt vilket presenteras i Bilaga B.

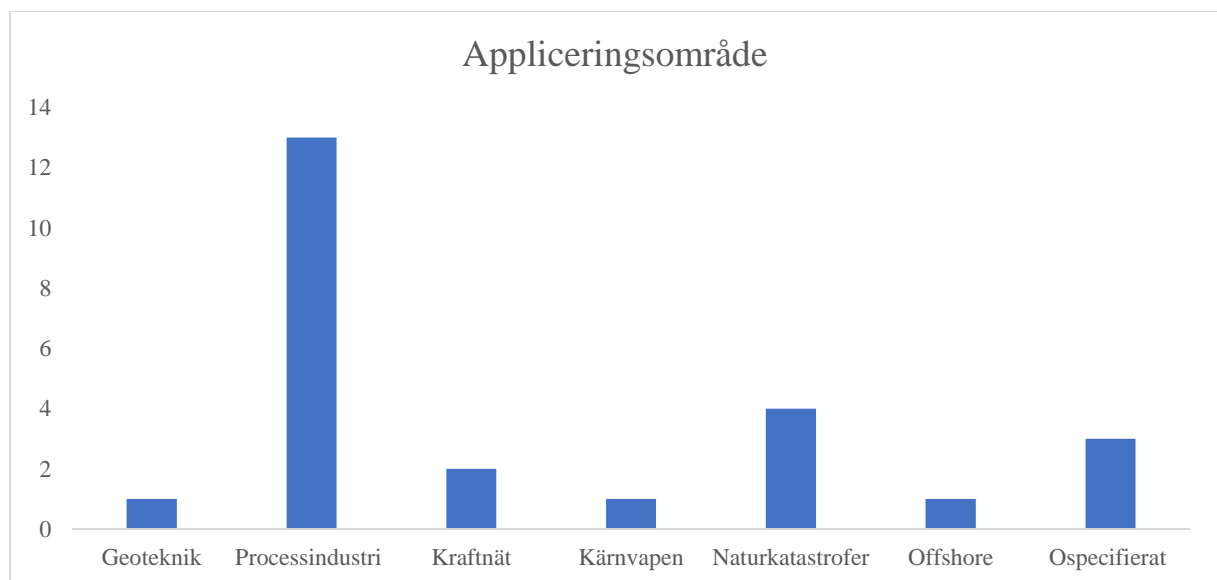
Sex artiklar förde ett kvalitativt resonemang, 15 förde ett kvantitativt resonemang och tre artiklar förde både ett kvalitativt och kvantitativt resonemang. En artikel sammanfattade litteratur på ämnet och förde därmed varken ett kvantitativt eller kvalitativt resonemang. Syftet med de två första kodningskriterierna var att skapa en första översikt över forskningsområdet genom att kartlägga vilka typer av resonemang som fördes kring problemet.

Tretton av de artiklar som förde ett kvantitativt resonemang saknade en beskrivning för hantering av HILP-händelser. Då de endast presenterade en beräkningsmetodik och saknade en beskrivning av hur resultatet skulle hanteras valde vi att inte gå vidare med analysen av dessa initialt. För att kunna besvara frågeställningen krävs en förklaring av hur händelserna ska

hanteras och inte endast en metodik för beräkning av sannolikheten. Dessa metodiker kan dock vara användbara om man vill kvantifiera sannolikheten och presenteras därför kort i Bilaga B. De 13 artiklarna hamnade därmed i grupp 2.

Totalt sex artiklar presenterade en process för hantering av HILP-händelser. Av dessa artiklar hade två stycken en tydlig motivering till varför metodiken var användbar och visade på hur den gick att implementera. Tre artiklar presenterade endast en tydlig motivering och en visade endast på hur metodiken gick att implementera. Fem artiklar förde ett kvalitativt resonemang om hur dessa händelser kan hanteras men presenterar ingen tydlig metodik för hur detta ska genomföras. Då litteratursökningens frågeställning syftar till hantering av händelserna var målet med dessa kodningskriterier att fånga upp de artiklar som beskriver hantering av händelser med liten sannolikhet. Därför blev nästa steg att göra en djupare analys av dessa tolv artiklar för att på så vis kunna kartlägga synpunkter från litteraturen på hur dessa händelser bör hanteras.

De 25 artiklar som ingår i analysen behandlade dessa händelser inom ett antal olika områden. Majoriteten av artiklarna berörde området processindustri och naturkatastrofer men artiklarna behandlade även områden som kraftnät, kärnvapen samt offshore olja- och gasindustri. Ett antal artiklar specificerade aldrig någon bransch där deras metodik eller resonemang kunde appliceras. Samtliga artiklar och dess område presenteras Figur 3.



Figur 3: Appliceringsområden för de artiklar som ingår i analysen.

4.5.2 Analys av grupp 1

Nedan presenteras en sammanfattning av de tolv artiklar som ingick i grupp 1 och som därmed valdes ut för djupare analys. Aspekter som lyfts i detta avsnitt anses beskriva hur hanteringen av HILP-händelser kan behandlas.

4.5.2.1 Hantering av HILP-händelser

Ett flertal artiklar betonar att HILP-händelser måste hanteras på något sätt i en riskanalys men att det även finns svårigheter i att beskriva och identifiera HILP-händelser. Begreppet ”Black Swan” används exempelvis för att beskriva HILP-händelsers karaktär (Paltrinieri & Reniers, 2017; Sanders, Sarkani, & Mazzuchi, 2013). Begreppet ”Black Swan” hänvisar till de händelser som ansågs vara omöjliga att inträffa innan de väl inträffade (Paltrinieri & Reniers, 2017). Sanders et al. (2013) skriver även att när dessa händelser, som anses vara omöjliga att inträffa, väl inträffar får de vanligtvis stora konsekvenser och när händelsen sedan analyseras retrospektivt blir det oftast uppenbart att dessa händelser skulle komma att inträffa. Paltrinieri & Reniers (2017) beskriver även att dessa händelser ofta uppkommer initialt till följd av små avvikelser i systemet, avvikelserna benämns som små händelser, ”Small Things”.

Det finns även de händelser som är kända men där konsekvensen inte har varit möjlig att förutspå. Sanders et al. (2013) beskriver dessa händelser som ”Known-unknown” vilka även benämns som ”Perfect Storm”. Ett exempel som behandlar denna typ av händelser är Fukushima-olyckan 2011. Kärnkraftverket var dimensionerat att klara av en normal tsunami, att en tsunami i kategori 9 skulle inträffa var något som ansågs ha så låg sannolikhet att det inte togs med i dimensioneringen. Att en tsunami skulle kunna inträffa var en händelse som var känd men dess höga konsekvens var något som var okänt (ibid.). Mignan, Wiemer & Giardini (2014) skriver att vid kvantifiering av risken måste det även tas hänsyn till HILP-händelser för att få med hela riskbilden.

Mellan dessa inträffade händelser finns det nästan alltid en lång tidsperiod. Ale (2005) menar att denna långa tidsperiod mellan varje händelse leder till att man uppfattar uppkomsten av en ny händelse med katastrofala följder som omöjlig. Att HILP-händelser inte ännu har inträffat är inte en garanti för att ett system är säkert (Rosenthal, Kleindorfer, & Elliott, 2006). När dessa händelser inträffar leder det till att liknande system ser över sina säkerhetsåtgärder vilket ofta leder till kostsamma åtgärder. Om dessa åtgärder hade införts i ett tidigare stadie av designprocessen hade kostnaderna varit mindre (Sanders m.fl., 2013).

4.5.2.2 Dominoeffekter

Händelser där en initial händelse som nödvändigtvis inte behöver leda till allvarliga konsekvenser men som är starten till en kedja av andra händelser och som i slutändan leder till allvarliga konsekvenser, benämns i litteraturen som ”domino events” (Necci, Cozzani, Spadoni, & Khan, 2015), ”chain events” (Wahlstrom, 1992) och ”multi-risks” (Mignan m.fl., 2014), i fortsättningen ”dominoeffekter”. Dessa händelser är svåra att förutse och svåra att kvantifiera eftersom en händelse kan leda till flera olika osäkra utfall. De flesta stora katastrofer som inträffat de senaste åren har inneburit omfattande dominoeffekter, till exempel orkanen Katrina i USA 2005 och utbrottet av Eyjafjallajökull på Island 2010 (Mignan m.fl., 2014). Necci et al. (2015) skriver att eftersom dominohändelser är resultatet av komplexa spridningseffekter krävs det specifika analyser för att kunna förstå riskerna som kan uppstå från denna typ av händelse. De skriver också att det är viktigt att inte ignorera denna typ av händelser då de utgör en stor del av de risker som vi utsätts för idag. Wahlstrom (1992) skriver att komplexiteten i de interaktioner som finns vid dominoeffekter gör det svårt att se kopplingen mellan orsak och verkan. Det är svårt att förutsäga konsekvenser i system som man inte förstår fullt ut (ibid.).

4.5.2.3 Kvantifiering av risk för HILP-händelser

Flera artiklar lyfter problematiken med att kvantifiera risken för händelser som vi har lite kunskap om. Emblemsvåg (2014) skriver att det vanligaste sättet att behandla sannolikheter är genom att uppskatta frekvensen, som bygger på att en och samma händelse upprepar sig på samma sätt om och om igen. Han skriver att sannolikhetsläran uppstod genom att man studerade tärningskast, inte genom att studera naturfenomen och att det därmed blir tydligt att det finns en problematik med att kvantifiera sannolikheten för dessa händelser. För att frekvensuppskattningar ska vara tillämpbara måste händelsen upprepa sig på samma sätt vilket sällan eller aldrig händer för HILP-händelser (ibid.). De flesta katastrofer inträffar endast en gång på exakt samma sätt och med exakt samma utfall. Slår du en tärning tillräckligt många kommer du att få samma utfall (t.ex. slå en sexa) mer än en gång (ibid.).

Mignan et al. (2014) skriver;

Extreme events may be defined as events, which are “rare, severe and outside the normal range of experience of the system in question” (Matalas, Zimmerman, Bier, Lambert, & Haines, 1999). This definition however assumes that extreme events are somewhat anomalous. In this line of reasoning, quantification of extremes would make them normal, i.e., non-extreme. (s. 2012).

Vidare beskriver de att HILP-händelser kan räknas till ”extreme events” som beskrivs ovan. Med deras resonemang går det därmed inte att kvantifiera HILP-händelser. Vid en kvantifiering anses händelserna inte längre kunna definieras som ”extreme events”. Om det går att kvantifiera sannolikheten på ett troligt sätt måste det finnas någon form av underlag för detta, vilket det sällan gör när vi studerar HILP-händelser (Mignan m.fl., 2014).

4.5.2.4 Dynamisk riskanalys

Ytterligare ett sätt för att hantera svårigheter med att kvantifiera risken för HILP-händelser är att använda sig av en dynamisk riskanalys. En ”vanlig” riskanalys utförs ofta i designstadiet och ger en statisk bild av risken och man missar då att ta hänsyn till den naturliga utvecklingen som finns i både tekniska och icke-tekniska system, tack vare att ny information om systemet blir tillgängligt under dess livslängd (Paltrinieri & Reniers, 2017). En dynamisk riskanalys innebär att det hela tiden sker en uppdatering av riskanalysen och att man ser på risker som att de hela tiden förändras. Paltrinieri & Reniers (2017) delar in processen i; dynamisk riskidentifiering, dynamisk analys av en inledande händelse och dynamisk analys av konsekvenser. Genom att låta riskhantering vara en pågående process och att använda små händelser för att förstå hur systemet utvecklas menar de att HILP-händelser kan undvikas (ibid.).

4.5.2.5 Sårbarhet

Sanders et al (2013) beskriver att en viktig aspekt för dessa händelser är sårbarheten. För en händelse kan sannolikheten antas ha värdet 1, vilket betyder att händelsen kommer inträffa. Därmed är risken endast en funktion av konsekvensen. Då konsekvensen beror på sårbarheten är det alltså systemets sårbarhet som bestämmer risknivån. Om sårbarheten är liten, nära noll, betyder det att risken kan vara noll. Vad som oftast är problematiskt för vissa olyckor är att sårbarheten aldrig har blivit testad eller är känd, vilket leder till osäkerhet för konsekvensen och därmed den totala risken (ibid.).

Veeramany, Coles, Unwin, Nguyen & Dagle (2018) beskriver att sårbarhetsanalys är en del av en modell för att hantera HILP-händelser, där syftet är att identifiera de mest sårbara delarna av systemet. Mignan et al. (2014) menar att sårbarhet inte är statiskt utan förändras över tid. Ett systems sårbarhet kan förändras när det åldras eller vid reparation och underhåll. Necci et al (2015) beskriver att för modeller som behandlar dominoeffekter krävs det ett sårbarhetsperspektiv för att försöka fånga upp osäkerheter som finns för HILP-händelser. Begreppet sårbarhet kan indelas i tre komponenter som består av potential för eskalering av scenariot, exponering av skyddsobjekt samt skyddsobjektets motståndskraft (Necci m.fl., 2015).

4.5.2.6 Helhetsperspektiv

Orr & Boulding (1979) skriver att man sällan har ett helhetsperspektiv på risk vilket de menar har en negativ påverkan på hur risker hanteras. Genom att inte ha ett helhetsperspektiv finns det en möjlighet att många risker utesluts ur analysen. Orr & Boulding (1979) ger ett exempel där de beskriver att efter Buffalo Creek olyckan 1972 (översvämning) ökade alkoholism, brottslighet och psykisk ohälsa markant för invånarna i det påverkade området. Kanske måste även dessa samhällsrisker inkluderas i riskanalysen för att få en komplett riskbild. Vi tenderar att endast fokusera på händelsen i sig och de direkta konsekvenserna men underskattar de följdkonsekvenser som också kan uppstå (ibid.). Wahlstrom (1992) skriver också om vikten av att ha ett helhetsperspektiv för att kunna förstå de komplexa interaktioner som finns i våra system.

Park, Seager, & Rao (2011) menar att genom att applicera ett resilient perspektiv på risk är det enklare att hantera händelser som är oväntade eller som vi saknar kunskap om. Ett resilient förhållningssätt till risk innebär att det skapas system som är flexibla, anpassningsbara och mångsidiga. Författarna menar att detta är ett måste för att kunna hantera de risker som finns i dagens samhälle. Även här tas tidigare stora olyckor som orkanen Katrina och Fukushima-olyckan upp och pekar på att genom ett resilient förhållningssätt hade det skapats möjlighet att upptäcka och förhindra dessa olyckor (ibid.). Även Veeramany et al. (2016) lyfter vikten av att applicera ett resilient förhållningssätt i riskhanteringsprocessen och att detta kan bidra till att minska den totala riskbilden.

4.6 Steg 5: Utblick

Syftet med Scoping Study var att få en bred sökning på relevant litteratur men som beskrivits ovan är den avgränsad till att använda en databas samt till användning av ett begränsat antal sökord. Då det finns en risk att all litteratur som finns på ämnet inte fångades in i Scoping Study gjordes en sökning efter ytterligare litteratur. Sökningen påbörjades genom en diskussion med handledare angående annan relevant litteratur. Med hjälp av denna litteratur skedde sedan en vidare sökning av valda artiklars referenser. Inga specifika urvalskriterier likt de som upprättades Scoping Study användes i denna sökning. Målet med sökningen var att identifiera aspekter som stärker eller motsäger information som erhöles i Scoping Study samt identifiera ytterligare aspekter rörande riskanalys. Artiklarna som analyseras nedan finns presenterade Bilaga C.

4.6.1 Analys av ytterligare litteratur

Begreppet komplexitet är något som flertalet artiklar berör och som används för att beskriva svårigheter med att förstå hur system fungerar. Johansen & Rausand (2014) presenterar en definition för komplexitet:

Complexity is an acknowledgment of limitations in the understanding of the following: 1) The sociotechnical system in all its operational contexts; 2) How risk can be assessed, based on the available knowledge and the assumptions about the system elements. (ss. 280–281)

Vidare belyser de hur komplexitet kan hanteras i riskanalysen och skriver att en av de viktigaste aspekterna är att en diskussion kring riskanalysens osäkerhet förs. De ser komplexitet som både en utmaning och en styrka, det är inget som hindrar analysen av risk men det hjälper till att beskriva osäkerheter som finns kopplat till processen (ibid.). Komplexitet är något som även berörs av Jensen & Aven (2018). De utgår från samma definition som Johansen & Rausand (2014) presenterar ovan och utvecklar begreppet genom att koppla komplexitet till olika aktiviteter i systemet. I den traditionella riskanalysen (t.ex. Quantitative Risk Assessment (QRA)) bryts systemet ner i händelser och sannolikheten för varje händelse bedöms. Dessa sannolikheter används senare för att bestämma en övergripande riskbild för systemet (ibid.). Jensen & Aven (2018) menar att detta tillvägagångsätt inte speglar en trolig bild av verkligheten då dessa system ofta är komplexa och det är svårt att se hur interaktioner mellan händelserna kommer ske. Interaktioner är sällan linjära och olyckor sker på oväntade sätt, som inte går att fånga in i de mer traditionella metodikerna. De föreslår istället att man fokuserar på

riskhantering och att skapa sig en övergripande bild av systemet, genom till exempel anpassningsbar riskhantering, robust och resiliert hantering av risk (ibid.).

Årstad & Aven (2017) introducerar begreppet ”självgodhet” (av eng. complacency) och kopplar det till svårigheten med att förstå komplexitet. Självgodhet används för att beskriva en situation där en aktör är omotiverat säker på att de risker man utsätts för är låga, trots att information som pekar på motsatsen finns tillgänglig. Det innebär exempelvis att välfungerande verksamheter med ett gediget säkerhetsarbete kan röra sig mot allvarliga olyckor utan att förstå att det sker (ibid.). Dekker & Pruchnicki (2014) skriver också om problematiken med att omedvetet röra sig mot allvarliga händelser, vid större olyckor kan man ofta se att det funnits en inkubationstid, där systemet rört sig mer och mer mot en olycka. Det kan finnas en gradvis acceptans av att röra sig från till exempel säkerhetsrutiner (ibid.). Årstad & Aven (2017) skriver också om komplexitet och vikten av att ta hänsyn till komplexitet vid hantering av risk. De menar bland annat att komplexitet inte kan elimineras och det är inte ett problem som finns för att man inte har arbetat tillräckligt med att eliminera det. Att ta hänsyn till komplexitet är en nödvändighet, inte ett val eller beslut (ibid.).

Aven & Ylönen (2018) skriver att det traditionella synsättet på riskhantering med ett stort fokus på sannolikhetsberäkningar inte fångar upp alla aspekter av risk och osäkerheter för ett sociotekniskt system. Med ett sociotekniskt system menas ett system där minst två personer interagerar med någon form av tekniskt system med både intern och extern påverkan samt ingår i ett organisatoriskt ledningssystem. Syftet med perspektivet är att belysa de sociala och tekniska komponenter som finns i ett system och dess samverkan (ibid.). Rasmussen (1997) beskriver även det sociotekniska systemet och menar att riskhantering kräver tvärdisciplint samarbete och ett helhetsperspektiv.

Aven & Ylönen (2018) presenterar det sociotekniska perspektivet för säkerhet som fokuserar på tre aspekter; det holistiska synsättet med inhämtning av kunskap tvärdisciplint; i ett komplext system kan inte händelser fullt ut förutspås och kontrolleras samt att vid säkerhetshantering bör det ständigt fokuseras på robusthet och resiliens för ett system. Författarna beskriver att olycksutredningar nästan alltid visar att olyckor är en konsekvens av samverkan mellan människan och det tekniska systemet och beskriver vidare att resiliens och robusthet leder till att systemet bättre kan hantera negativa överraskningar (ibid.).

Paté-Cornell (2012) menar att statistik kan användas för att karaktärisera slumpmässiga utfall om händelsen inträffar relativt frekvent, underlaget anses vara bra och de faktorer som kan

påverka är väl förstådda. Förhållandena som beskrivits stämmer dock inte överens med händelser som "Black Swan" och "Perfect Storm" och bör därför inte användas i dessa fall (ibid.). Paté-Cornell (2012) skriver även att det finns en fara i att beskriva dessa osannolika händelser som "Black Swan" och "Perfect Storm" då det kan skapas en ursäkt för att inte hantera dem, på grund av att de är osannolika och "omöjliga" att upptäcka. Paté-Cornell (2012) anser att dessa händelser bör hanteras proaktivt med fokus på att uppmärksamma förändringar, tidig detektion och snabb respons.

Aven (2017) skriver om hur risker kan karakteriseras och tar bland annat upp att fokus bör ligga på riskreducerande åtgärder framför att försöka identifiera samtliga potentiella risker. Vidare skriver han att genom att inte endast fokusera på att identifiera potentiella skador utan istället fokusera på kunskap vi har om systemet och vad som kan påverka detta, kan vi minska riskerna (ibid.). Dessutom menar han att risk inte endast kan karaktäriseras utav siffror och att riskanalysen bör inkludera beskrivningar av hur starkt den så kallade bakgrundsinformationen är med avseende på de värden som används (ibid.). Det är exempelvis en stor skillnad mellan två riskanalyser där man i båda fallen har kommit fram till att sannolikheten för en viss händelse är 0,01, men där underlaget för denna bedömning är mycket olika. I ena fallet har man kanske tillgång till en stor mängd historisk data, expertbedömningar, modellering och simuleringar medan man i andra fallet enbart förlitar sig på en persons bedömning. Den personen kanske inte heller är expert inom det aktuella området. Skattningen av sannolikheten, d.v.s. 0,01 är detsamma i båda dessa fall, det är endast bakgrundsinformationen som ligger till grund för skattningen som skiljer. Avslutningsvis beskriver Aven (2017) att risk inte endast bör kvantifieras, utan att riskanalysen bör vara semi-kvantitativ om man önskar att använda siffror.

4.7 Slutsatser från Scoping Study

I följande avsnitt sammanfattas och analyseras olika aspekter som lyfts i artiklarna angående hantering av HILP-händelser. Analysen delas upp i tio olika punkter vilket sedan kommer användas som bakgrund till avsnitt 7, som behandlar förslag till rekommendationer.

[A] HILP-händelser bör inte ignoreras

Ett genomgående tema i de analyserande artiklarna är att man inte bör bortse från HILP-händelser i en riskanalys. Bland annat skriver Mignan et al (2014) att om man inte tar med HILP-händelser får man inte med hela riskbilden. Ett av syftena med att utföra en riskanalys är att identifiera alla möjliga händelser som kan skada sådant som betraktas som värdefullt (se avsnitt 2.1), vilket HILP-händelser faller inom ramen för och händelserna måste därmed

hanteras. Paté-Cornell (2012) påpekar att det är viktigt att ha i åtanke är att begrepp som ”Black Swan” och ”Perfect Storm” kan användas som en ursäkt för att inte behandla HILP-händelser just för att de är osannolika och omöjliga att upptäcka. Detta tankesätt får inte vara en anledning till att inte hantera händelserna.

[B] Resursfråga gällande HILP-händelser

En annan aspekt gällande hantering av HILP-händelser som är viktig att belysa är den ekonomiska delen. Sanders et al. (2013) beskriver att om åtgärderna för HILP-händelserna implementeras i projekteringen i designstadiet blir det ofta avsevärt mindre kostsamt än om det krävs installation av åtgärder efter att systemet har tagits i drift. Detta indikerar att hantering av HILP-händelser även är något som måste implementeras i ett tidigt skede av designstadiet.

[C] Identifiering och klassificering av HILP-händelser

En svårighet med att hantera HILP-händelser uppkommer redan vid identifieringen. Både ”Black Swan” och ”Perfect Storm” beskriver denna svårighet (Paltrinieri & Reniers, 2017; Sanders m.fl., 2013). Dessa begrepp målar upp en bild över hur HILP-händelser kan inträffa vilket kan underlätta för att identifiera olika typer av HILP-händelser.

Att händelserna inträffar sällan är ingen garanti för att systemet är säkert (Rosenthal m.fl., 2006). Detta är viktigt att påpeka då systemets säkerhetsnivå inte kan säkerställas bara för att något inte har inträffat, och om inte detta uppmärksammas är det möjligt att man skapar en falsk trygghetskänsla. Om det inte tas hänsyn till detta vid identifieringen av HILP-händelser skapas en risk att möjliga händelser inte beaktas i analysen.

[D] Dominoeffekter är relevanta avseende HILP-händelser

Ytterligare en aspekt som kan vara användbar vid identifiering av HILP-händelser är dominoeffekter som beskriver hur en initial händelse kan starta en kedja av händelser som leder till allvarliga konsekvenser (Mignan m.fl., 2014; Necci m.fl., 2015; Wahlstrom, 1992). För att HILP-händelser ska uppstå måste alltså inte den initiala händelsen vara av stor vikt för det totala händelseförloppet. Detta blir problematiskt då man inte alltid inser vilka konsekvenser en initial händelse kan leda till, vilket bidrar till den svårighet som finns med att identifiera HILP-händelser. Dominoeffekter kan även leda till att man får flera möjliga kombinationer av händelseförlopp som kan leda till HILP-händelser, något som kan leda till att identifieringsprocessen upplevs som övermäktig. Dock anses dominoeffekter vara ett viktigt verktyg då den ger en enkel och tydlig förklaring till hur HILP-händelser kan uppstå.

[E] Kvantifiering av risken samt problematik med frekvensuppskattning

En annan svårighet som uppkommer vid hantering av HILP-händelser är kvantifiering av risken. Emblemsvåg (2014) och Paté-Cornell (2012) lyfter att frekvensuppskattningar bygger på att händelser upprepar sig kontinuerligt vilket inte sker med HILP-händelser. Ska man kunna göra en användbar uppskattning av frekvensen krävs alltså en tillräcklig mängd underlagsdata, vilket inte är fallet för HILP-händelser. Dessutom skriver Mignan et al. (2014) att HILP-händelser kan liknas vid ”extreme events”, där det i definitionen beskrivs att de inte går att kvantifiera dem. Skulle man försöka göra det kan de inte längre räknas som ”extreme events” utan klassas som normala händelser. Ovanstående resonemang pekar på problematiken eller till och med omöjligheten med att försöka kvantifiera risken för HILP-händelser.

[F] Bakgrundsinformation är viktig

Aven (2017) påpekar att i riskanalysen bör det ingå en beskrivning av den bakgrundsinformation som finns kring underlagsdata då den kan skilja sig från fall till fall. Detta kan kopplas samman med begreppet K och SoK som presenteras i ACU-ramverket. Där beskrivs det att två händelser med samma sannolikhet kan ha två helt olika typer av styrka (SoK) i sin bakgrundsinformation (K) vilket leder till att deras resultat bör behandlas olika. Genom att tydligt beskriva den bakgrundsinformation som använts belyser man tydligt de osäkerheter som är närvarande och skapar då en transparens gentemot mottagaren av analysen som därmed kan göra en bättre bedömning av risken.

[G] Sårbarhetsanalys och konsekvensbedömning kan vara användbart

Konsekvensen av en HILP-händelse beror till stor del på systemets sårbarhet. Om sårbarheten är liten kommer konsekvensen också vara liten vilket leder till en låg risknivå och vice versa för hög sårbarhet (Sanders m.fl., 2013). Det är därför viktigt att försöka identifiera systemets sårbarhet och Veeramany et al. (2018) menar att sårbarhetsanalys är en del av en modell för att hantera HILP-händelser. Då sannolikheten för dessa händelser definitionsmässigt är låg är sannolikheten i större utsträckning svår att minimera men genom att arbeta för att minska konsekvensen för händelsen är det möjligt att minska risken. I ACU-ramverket ligger det ett större fokus på hantering av konsekvensen jämfört med den traditionella riskanalysen vilket stödjer användandet av sårbarhetsanalyser för HILP-händelser.

Aven (2017) skriver att fokus bör ligga på riskreducerande åtgärder där syftet är att minska konsekvenserna vilket också stärks av ACU-ramverkets syn på konsekvenshantering. För

HILP-händelser står sannolikhetsbegreppet ofta i fokus men då konsekvensen alltid är hög för dessa händelser är det viktigt att även den hanteras.

[H] Resiliens och helhetsperspektiv på risk

En aspekt som tas upp för att kunna förbättra hanteringen av HILP-händelser är att man ska ha ett helhetsperspektiv på risk (Orr & Boulding, 1979; Wahlstrom, 1992). Ett helhetsperspektiv kan antas leda till bättre förståelse för systemet vilket kan minska risken för att HILP-händelser inte identifieras och därmed inte hanteras. Ett helhetsperspektiv kan liknas vid ett resilient system, som är flexibelt, anpassningsbart och mångsidigt (Park m.fl., 2011; Veeramany m.fl., 2016). Aven & Ylönen (2018) beskriver att resiliens och robusthet leder till att sociotekniska system bättre kan hantera negativa händelser. Genom att applicera detta synsätt fångas många av de redan nämnda angreppssätten in, till exempel identifiering och konsekvenshantering. Begreppet resiliens är även vanligt inom andra områden, vilket kan vara en fördel vid implementering.

[I] Komplexitet

Ytterligare ett begrepp som kan användbart för att skapa en förståelse för HILP-händelser är komplexitet. Komplexitet är ofta något som används för att beskriva svårigheten med att förstå system, men genom att vara medveten om detta skapas möjlighet att beskriva osäkerheter som finns i systemet (Johansen & Rausand, 2014). I den traditionella riskanalysen är det vanligt att fel- och händelsetråd används som beräkningsmetodik. Jensen & Aven (2018) menar att dessa metoder inte är lämpliga då de inte tar hänsyn till de komplexa interaktioner som är närvarande i systemet, istället hänvisar de till att man bör ha ett resilient perspektiv. Årstad & Aven (2017) beskriver att den hänsyn som bör tas till komplexitet är en nödvändighet, inte ett val eller beslut. Detta pekar på att komplexitet är ett viktigt begrepp att ta hänsyn till vid hantering av risken för HILP-händelser och visar även att det finns en fara i att förenkla systemet i för stor utsträckning. Kopplat till detta beskriver Årstad & Aven (2017) begreppet "självgodhet" där det finns också en fara i att man inte ser systemets risker till följd av att man har för hög tilltro till systemets säkerhet. Genom att belysa att begreppet finns skapas också möjligheten att hantera problematiken vilket framförallt är viktigt för HILP-händelser.

[J] Konkreta verktyg och metoder

Väljer man att kvantifiera sannolikheten för HILP-händelser bör en beräkningsmetodik anpassad för detta användas, i Bilaga B presenteras ett antal sådana metoder.

Aven (2017) beskriver att den bakgrundsinformation som sannolikheten baseras på är en viktig aspekt för att bedöma styrkan i sannolikheten. Han beskriver vidare att om man önskar att kvantifiera risken bör analysen vara semi-kvantitativ, för att tydliggöra att siffrorna endast är en uppskattning.

För att hantera svårigheten med att kvantifiera risken för HILP-händelser, då det trots problematiken kan finnas en önskan att göra detta, presenteras bland annat dynamisk riskanalys som verktyg. Genom att använda sig av detta verktyg skapas det en möjlighet att inkludera den naturliga utveckling som finns i systemet, då man ser risker som att de hela tiden är i förändring (Paltrinieri & Reniers, 2017). Detta leder till att kvantifieringen av risken uppdateras då bakgrundsinformationen ständigt förändras vilket ger en bättre styrka i bakgrundsinformationen.

5 Grå litteratur

I följande avsnitt presenteras resultat och analys från Grå litteratur. Med grå litteratur menas dokument från myndigheter, organisationer och företag som inte är vetenskapliga publikationer. Dokumenten behandlar HILP-händelser ur ett praktiskt perspektiv. Avsnittet syftar till att besvara frågeställningen *Vad finns det för rekommendationer och riktlinjer för hur dessa händelser hanteras inom andra branscher än trafiktunnlar?* Först förklaras vilken metodik som använts för sökningen och sedan presenteras resultatet. Därefter redovisas en utblick likt den som görs i avsnitt 4.6.

5.1 Bakgrund

Utöver en systematisk genomgång av den vetenskapliga litteraturen på området genomfördes även en genomsökning av grå litteratur. Syftet var att hitta vägledning för hur HILP-händelser kan hanteras i praktiken. Som utgångspunkt för analysen undersöktes de mest frekventa branscher som identifierats i Scoping Study som har liknande riskhanteringsproblem som trafikbranschen. För myndigheter och privata aktörer som berördes i respektive bransch genomsöktes deras hemsidor efter vägledningar och riktlinjer. Dessutom fördes en diskussion om vilka ytterligare branscher som skulle kunna vara av intresse och även dessa inkluderades. Följande branscher identifierades som intressanta:

- Industri med farlig verksamhet
- Katastrofhantering
- Offshore olja- och gasindustri
- Kärnkraft

En sökning efter ”riskanalys” och synonymer till HILP-händelser gjordes i databaser hos myndigheter kopplade till dessa branscher och relevanta dokument sparades. Sökorden användes för att kunna fånga upp dokument som antingen berörde utförandet av en riskanalys eller uttryckte något om sannolikhetsbegreppet. Dessa genomsöktes sedan för att hitta rekommendationer för hur HILP-händelser kan hanteras. I några fall refererade man till ytterligare dokument där en liknande genomsökning gjordes. Dokumenten som analyserades finns presenterade i Bilaga D. Sökningen genomfördes i mars, 2019.

5.2 Industri med farlig verksamhet

I Scoping Study berördes ett flertal artiklar hantering av risker inom processindustrin. Processindustrin kan likställas med industri med farlig verksamhet. I Sverige berörs dessa

industrier av Sevesodirektiven och Sevesolagen som beskriver att industrierna ska ta fram en säkerhetsrapport och detta innefattar att utföra en riskanalys. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har tagit fram ett antal guider för utförandet som presenteras i detta avsnitt. Endast information som rör hantering av HILP-händelser kommer lyftas från dessa.

Vid bedömning av den riskanalys som ingår i säkerhetsrapporten finns ingen fastslagen nivå som visar om risken för en verksamhet är acceptabel eller ej (MSB, 2012). För att kunna utföra denna riskanalys krävs en identifiering av riskkällor och MSB (2012) beskriver att vid denna identifiering bör man ha en bred ansats och även inkludera påverkan som kan uppstå från dominoeffekter. Direktivet 2012/18/EU om åtgärder för att förebygga och begränsa faran för allvarliga olyckshändelser där farliga ämnen ingår beskriver även att dominoeffekter bör beaktas. Dominoeffekter benämns endast ytligt i Handbok för riskanalys (Räddningsverket, 2003) och det ges ingen tydlig beskrivning till hur eller varför det bör ingå i riskanalysen. Räddningsverket (2003) beskriver begreppet riskidentifiering och gör skillnad på händelser som *ska* och *bör* identifieras. HILP-händelser definieras som händelser som *bör* identifieras och därmed har en lägre prioritet än de händelser som *ska* identifieras. MSB (2016) menar att vid en riskidentifiering bör HILP-händelser uppmärksammas då de ofta är svårare än andra händelser att upptäcka. Dock skriver MSB (2012) att händelser med mycket liten sannolikhet och stora konsekvenser har en låg risknivå och att dess påverkan för människan bedöms därmed som liten. Det finns även en problematik med att riskanalysen fokuserar på de största och mest osannolika händelserna vilket blir på bekostnad av de mer frekventa olyckorna (Räddningsverket, 1997).

I säkerhetsrapporten, som är ett krav för industrier med farlig verksamhet, ska det finnas en detaljerad beskrivning av möjliga scenarier samt deras sannolikheter (MSB, 2016). MSB (2016) skriver att för riskanalyser bör sannolikhetsbedömningen primärt utgöras av olycksstatistik och beskriver vidare att om det finns osäkerheter i en riskanalys angående dessa händelser bör de uppmärksammas. Räddningsverket (2003) använder sig av skattningstrappan för att beskriva hur sannolikhet kan bedömas. Det förs även en diskussion angående begreppet sannolikhet och riskanalytikerns objektivitet. Kritiska röster menar att det inte går att mäta sannolikhet då det är omöjligt att ta hänsyn till alla faktorer som påverkar händelseförloppet och därmed sannolikheten (Räddningsverket, 2003). De beskriver vidare att bedömning av sannolikheten ofta påverkas av hur människan uppfattar risken vilket leder till subjektivitet för bedömningen (ibid.).

Metodiken ”Worst Case” är en deterministisk riskvärdering som beskriver värsta troliga händelse som förväntas kunna ske (Räddningsverket, 1997). Användandet av denna metodik leder ofta till att orimligt stora resurser ges till händelser som beskrivs som mycket osannolika, vilket i praktiken inte blir hållbart. Ytterligare en metodik för riskvärdering är kostnads-nytta-analys som kan vara användbar för HILP-händelser (ibid.).

Räddningsverket (2003) poängterar vikten av att en riskanalys har en hög kvalitet då den ofta är ett underlag för beslutsprocessen. Några av de svårigheter som kan påverka kvalitén på en riskanalys är att data som används för kvantitativ analys inte alltid är relevant, svårigheter att identifiera relevanta möjliga olyckshändelser, förenklingar och antaganden motiveras och redovisas inte samt förenklingar för modellering av komplexa system (ibid.)

5.3 Katastrofriskhantering

Ytterligare en bransch som berördes i Scoping Study var katastrofriskhantering. Med katastrof menas en allvarlig störning i samhället till följd av en farlig händelse där förlusten kan beskrivas i ekonomiska, mänskliga och ekologiska termer (United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR), 2016). Detta område innefattar till exempel naturolyckor så som översvämning, ras, skred och skogsbrand, men även teknologiska, biologiska, miljömässiga samt hälsorelaterade risker inkluderas i området. I Sverige är det främst MSB som är den ansvariga myndigheten för detta område. Dokument som analyserats är kopplade till risk- och sårbarhetsanalyser vilka främst är dokument som behandlar hantering av katastrofer och riskanalyser.

MSB (2011) skriver att en kvantifiering av sannolikheten möjliggör för olika aktörer att relatera informationen till sin egen analys men att ”En analys blir inte mer ”säker” eller ”sann” för att analysen innehåller siffror. (s.46)”. Problematik med kvantifiering lyfts även av Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) (2011) och Länsstyrelsen i Kronobergs län (2003) som skriver att sannolikhetsbedömningar kan uppfattas som kvalificerade gissningar och att underlaget som kvantifieringen baseras på ofta är osäkert. Ett sätt att komma runt detta kan vara att jämföra oönskade händelser med varandra och bedöma vilka som är mer eller mindre sannolika i förhållande till varandra (FOI 2011). MSB (2011) skriver att om det inte finns tillgång till god numeriska data för beräkning av sannolikhet kan en kvalitativ analys vara mer lämpad, eller att både kvantitativa och kvalitativa resonemang förs.

FOI (2011) presenterar även en ”skattningstrappa” för att avgöra kvalitén på den tillgängliga information som används i riskanalysen. Denna är indelad i tre kvalitetsnivåer där nivå 1 representerar information som kan anses ha högst kvalitet:

1. empiriska stabila data över både sannolikhet och konsekvens
2. logiska systembedömningar som bygger på empiriska skattningar för olika komponenter i ett system och på felträdsanalyser
3. subjektiv bedömning eller expertuppskattning av risk.

Länsstyrelsen i Kronobergs län (2003) menar att genom att fokusera på konsekvenser av en viss händelse och utvärdera sårbarheten spelar sannolikhetsbedömningen mindre roll. De skriver också att vi människor är duktiga på att hantera komplexa situationer men att vi aldrig kommer kunna förstå en situation till 100 % (ibid.).

5.4 Offshore olja- och gasindustri

En tredje bransch där HILP-händelser behandlas är offshore olja- och gasindustrin, vilket framkom i Scoping Study. I Sverige är detta en liten bransch, men i till exempel Norge och Storbritannien är branschen desto större.

OffshoreVäst (2014) presenterar grundläggande begrepp inom offshore olja- och gasindustri samt kartlägger hur lagar och regelverk ser ut. De presenterar några olika länders regelverk i Europa och beskriver även hur dessa behandlar risk. I Storbritannien utgår man från ett målorienterat regelverk med ”Safety Case” som fundamentalt begrepp. I ett ”Safety Case” definierar man större risker och utvecklar scenarier för vad som kan gå fel, dessa analyseras och riskreducerande åtgärder införs (ibid.). Offshore Safety Directive Regulator (OSDR) (2016) beskriver hur man bäst arbetar med dessa ”Safety Case” och tar bland annat upp vikten av att identifiera ”Major Accident Hazards” (MAH) som kan liknas med HILP-händelser. De presenterar en metodik för detta som innebär att alla möjliga händelser ska identifieras och att de måste hanteras, en händelse får inte lämnas utanför analysen bara för att den anses vara mindre sannolik. Metodiken för hur de hanteras kan vara både kvantitativ och kvalitativ, det viktigaste är att det görs en motivering till varför man väljer specifik metodik (ibid.). Även i Australien används ”Safety Cases” och National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority (NOPSEMA) (2017) presenterar vägledning för hur detta arbete ska gå till. Att beräkna sannolikheter för händelser som inte ännu har inträffat kan vara svårt och kan medföra stora osäkerheter, men genom att studera liknande anläggningar och genom användning av felträd menar de att sannolikheten kan bestämmas. NOPSEMA (2017) skriver

också att det är viktigt att presentera vilket underlag och vilka antaganden som görs för att bestämma sannolikheten.

NOPSEMA (2012) beskriver hur riskidentifieringen kan göras och trycker på att MAH ska inkluderas i analysen. Genom att först gå igenom alla identifierade risker och undersöka om de kan resultera i en MAH minskar risken för att HILP-händelser missas. Efter att en övergripande analys av riskerna framtagits undersöker man var det finns stora osäkerheter och i dessa fall görs en mer detaljerad analys för att undersöka om MAH kan inträffa (ibid.). Eftersom det är vanligt med osäkert dataunderlag rörande MAH är det inte alltid säkert att man kan se om en initial händelse kan leda till en MAH. NOPSEMA (2012) menar då att det är viktigt att inte eliminera en händelse på grund av det eftersom vi faktiskt inte vet vad som kan komma att hända.

För den norska olje- och gasindustrin rekommenderar Norsk Olje & Gass (2015) att för händelser som benämns som "major accidents" bör den traditionella kvantitativa riskanalysen ersättas. Utformningen för denna metodiken bör vara anpassad till dessa specifika händelser och den typ av kunskap och förståelse som finns om händelserna. Metodiken bör fokusera på en mer övergripande riskanalys med förebyggande hantering och konsekvensanalys (ibid.).

Norsk olje & gass (2017) beskriver att om sannolikheter ska användas för HILP-händelser är dessa beroende av deras bakgrundsinformation. Om en händelse har en stark bakgrundsinformation kan händelsens beräknade sannolikhet anses vara tillräcklig, men om bakgrundsinformationen istället är svag bör sannolikhetsbegreppet inte användas för riskanalysen. För exempelvis händelser som "Black Swan" är bakgrundsinformationen svag och det krävs därmed krävs en annan syn på riskerna jämfört med den traditionella, hur detta bör se ut har man dock inte kommit fram till (ibid.).

Författarna beskriver vidare att bakgrundsinformationen ständigt uppdateras och förändras vilket bör tas i beaktning för riskhantering (Norsk olje & gass, 2017). Problematiken med HILP-händelser är att dessa händelser inte går att förutse. Det går inte att kontrollera det otänkbara, men genom att öka kunskap och förståelse för dessa händelser går det att "converting the unthinkable to the conceivable" (Norsk olje & gass, 2017, s. 34). De beskriver vidare att det även bör fokuseras på åtgärder som ökar systemets robusthet och resiliens med avseende på de specifika händelserna (ibid.).

5.5 Kärnkraft

Kärnkraft som bransch tillhörde inte en av de branscherna som nämndes i Scoping Study. Efter diskussion med handledare ansågs denna bransch vara relevant då risker inom kärnkraft kan få stora konsekvenser och HILP-händelser hanteras därför i stor utsträckning. Nedan presenteras några viktiga aspekter som lyfts i dokument som behandlar riskanalyser inom branschen.

Strålsäkerhetsmyndigheten ansvarar för att utforma regler och pröva tillstånd för kärnkraftverk samt bedriva tillsyn mot dessa verksamheter i Sverige. Säkerheten på kärntekniska anläggningar regleras av Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2018:12) om säkerhet i kärntekniska anläggningar. I föreskrifterna beskrivs att när ett kärnkraftverk uppförs eller ändras och tas i drift ska både en deterministisk och en probabilistisk analys av säkerheten utföras. Grundtanken med säkerhetsarbetet inom kärntekniska anläggningar är att arbeta med barriärer och djupförsvär för att förebygga risker och lindra konsekvenserna av dessa (ibid.).

En metodik som är vanlig för att göra riskanalyser inom kärnkraftsbranschen är Probabilistic Safety Assessment (PSA) där felträd och händelseträd används. Detta är en omfattande metodik bestående av 12 steg vilka presenteras i Tabell 3 nedan.

Tabell 3: 12 steg i PSA (IAEA 2016).

	Steg som kan ingå i PSA	Beskrivning av steg
1	Plant Operational States Analysis	Definiera systemet och dess gränser
2	Hazards Events Analysis	Identifiera alla möjliga typer av händelser som kan komma att påverka systemet och beskriv deras frekvenser
3	Initiating Events Analysis	Identifiera utfallen av aktuella händelser och beskriv deras frekvenser
4	Accident Sequence Analysis	Identifiera vilka konsekvenser som kan uppstå från beskrivna händelser
5	Success Criteria Formulation and Supporting Analysis	Beskriva systemets aktiva och passiva komponenter reagerar för varje händelse
6	Systems Analysis	Identifiera och kvantifiera hur systemet kan falla med avseende för steg 3 och 4.
7	Human Reliability Analysis	Ta hänsyn till hur mänskliga faktorer kan påverka systemets säkerhet
8	Data Analysis	Beskriv tillförlitligheten för underlagsdatan
9	Dependent Failures Analysis	Beskriv hur systemets delar är beroende av varandra och även hur de kan påverkas negativt
10	Model Integration and Risk Metric Frequency Quantification	Presentera resultatet med specifika metodiker gällande kärnkraft som används för att bestämma åtgärdernas nivå
11	Results Analysis and Interpretation	Identifiera processer och delar av systemet som påverkar risken och beskriv även deras osäkerheter, exempelvis med en känslighetsanalys.
12	Maintenance and Upgrade of the PSA	Skapa en process för att underhålla och uppdatera systemet och den genomförda PSA.

International Atomic Energy Agency (IAEA) (2016) beskriver att för en PSA är det viktigt att vara medveten om styrkan i underlagsdata. Om underlagsdatan anses tillräcklig går det att använda resultatet från en PSA i beslutsprocessen. Om underlagsdatan istället har en svag styrka bör man vara försiktig med att använda resultatet. IAEA (2016) skriver också att resultatet från en PSA kan användas för att jämföra olika lösningar med varandra samt för att kontrollera systemets robusthet, till exempel med en känslighetsanalys.

Strålsäkerhetsmyndigheten har även gett ut föreskrifter och allmänna råd om konstruktion och utförande av kärnkraftsreaktorer (SSMFS 2008:17). I denna presenteras fem olika händelseklasser som grupperar händelser i klasser från normal drift till extremt osannolika händelser. Dessa händelseklasser ligger sedan till grund för utformningen av anläggningens djupförsvar för konstruktionen (ibid.). Hellström (2015) beskriver att djupförsvar består av barriärer där syftet är att hindra ett negativt händelseförlopp så tidigt som möjligt för att minska konsekvenserna. Tanken är att barriärerna ska vara uppbyggda på olika nivåer för att på så sätt skapa ett djupförsvar (ibid.). Djupförsvar är uppdelat på fem nivåer där syftet är att den första nivån är den första barriären för att förhindra ett radioaktivt utsläpp. Om inte denna barriär förhindrar utsläppet är tanken att barriären på nästkommande nivå ska förhindra utsläppet. Nivåerna ska vara utformade så att de är oberoende av varandra så att en svaghet i en nivå inte påverkar resterande nivåer (Hellström, 2015). De fem olika nivåerna presenteras i Tabell 4.

Tabell 4: Nivåer i djupförsvar (Hellström, 2015).

Nivå	Funktion
1	Kvalitet i konstruktion, ska förebygga driftstörningar och andra fel
2	Upptäcka och kontrollera driftstörningar så att de inte leder till olyckor och att reaktorn kan återföras till normaldrift
3	Minimera konsekvenserna av olyckor och motverka omfattande bränsleskador
4	Säkerställa att radioaktiva utsläpp orsakade av olyckor med omfattande bränsleskador är så låga som möjligt
5	Lindra konsekvenser av radioaktiva utsläpp

5.6 Utblick

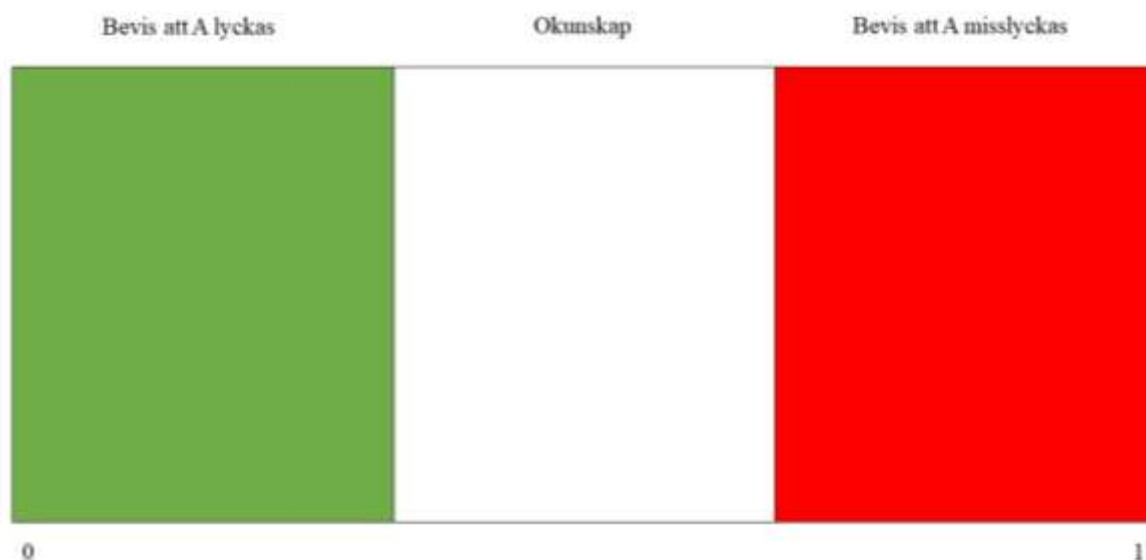
Syftet med avsnittet Grå litteratur var att söka efter relevanta dokument som beskriver hur HILP-händelser kan behandlas i praktiken. Då ovan sökning har begränsats till ett fåtal branscher finns det en risk att relevanta dokument har uteslutits från analysen. Därför genomfördes en sökning via sökmotorn Google (<http://www.google.com>). För sökningen användes samma nyckelord som i Scoping Study och sökningen genomfördes i mars, 2019. Målet med sökningen var att identifiera vägledning för hur HILP-händelser kan hanteras inom

området grå litteratur. Sökningen avgränsades till att endast behandla de 100 första träffarna, till följd av tidsbegränsning. För dessa träffar skedde ett urval med hjälp av kriterier enligt Tabell 1. Från denna sökning identifierades endast en artikel som var av intresse, vilket tyder på att den tidigare genomförda sökningen av relevanta branscher var tillräckligt omfattande. Den analyserande artikeln finns presenterad i Bilaga D.

Government Office for Science (2011) presenterar en redogörelse för hur HILP-händelser kan hanteras. Rapporten presenterar flera rekommendationer för hur Storbritanniens statliga organ kan arbeta med dessa typer av risker. Government Office for Science (2011) skriver att det första steget är att försöka identifiera dessa händelser. De menar att risker kan delas upp i tre olika kategorier för identifiering; risker som experter har god kännedom om men som allmänheten inte känner till (t.ex. översvämningsrisker); risker som identifieras av experter men som vi förstår lite om (t.ex. solstormar); risker som de flesta, eller alla experter har svårt att identifiera.

Government Office for Science (2011) beskriver att en teknik för att identifiera HILP-händelser kan vara att använda sig av experter från flera olika discipliner för att skapa en miljö med olika perspektiv. De beskriver även en annan strategi där man bör använda experternas erfarenhet och kunskap vid problemlösning för att upptäcka oidentifierade risker, denna kallas ”Red Teaming” och används vanligtvis inom det militära. Denna metod används vanligtvis för att hantera antagonistiska hot och identifiera sårbarheter i systemet (ibid.).

För att hantera de osäkerheter som är närvarande vid skattning av sannolikheter för HILP-händelser presenterar Government Office for Science (2011) metoder för att beskriva dessa osäkerheter. En metod benämns som ”Italian Flags” och syftar till att synliggöra vad som är känt i en sannolikhetsfördelning och vad som inte är känt, alltså vad som är osäkert. ”Italian Flags” beskrivs i färgerna rött, grönt och vitt där rött symboliserar bevis för att det inte kommer inträffa, grönt symboliserar bevis för att det kommer inträffa och vitt symboliserar okunskap kring bevisen för sannolikheten. Den vita färgens syfte är alltså att synliggöra det vi inte vet något om. ”Italian Flags” presenteras i Figur 4.



Figur 4: "Italian Flags", ett sätt att åskådliggöra osäkerheter i skattad sannolikhet.

Government Office for Science (2011) introducerar även en metod som Renn (2008) har utvecklat, som innehåller ett antal riskklasser för att kunna identifiera och klassificera olika typer av risker. Syftet med denna metod är att skapa underlag till att kunna använda ett helhetsperspektiv och inte endast använda sig av det traditionella angreppssättet med sannolikhet och konsekvens, vilket han anser krävs i det moderna samhället.

Renn (2008) har skapat nio olika kriterier som har delats in i sex riskklasser, alla döpta efter grekisk mytologi för att påvisa att risker är något komplext och att de inte går att kontrollera. Riskklassen "Damocles" behandlar risker med hög potential till stor skada men väldigt låg sannolikhet (t.ex. kärnkraftsolycka). "Cyclops" beskriver händelser där sannolikheten för att det ska inträffa är osäkert men som kan ge stor skada (t.ex. naturkatastrofer). "Pythia" beskriver händelser med väldigt osäkra utfall där skattning av sannolikheten och konsekvens är osäker till följd av komplexitet i systemet (t.ex. växthuseffekten). "Pandora" beskriver händelser där det finns osäkerheter i skattningen av sannolikhet och konsekvens för händelsen, där risken har en längre inkubationstid (t.ex. luftföroreningar). "Cassandra" beskriver händelser där sannolikheten för att det inträffar och storleken på konsekvensen är känd men det finns ingen direkt oro i samhället för detta då det inträffar i framtiden. Det finns en förskjutning mellan den initiala händelsen och den skadan som kan ske (t.ex. människoorsakad klimatförändring). "Medusa" beskriver händelser med låg sannolikhet och låg konsekvens men på grund av specifika karaktärsdrag skapar de stor oro för människor. Ofta är det ett stort antal människor som är påverkad av risken men negativa effekter för denna risk kan inte vetenskapligt påvisas (t.ex. mobilanvändande) (ibid.). Renn (2008) beskriver att dessa klasser behandlar olika kombinationer av osäkerhet, komplexitet och oklarhet (av eng. ambiguity) och menar på att

detta är de största utmaningar med riskhantering. Genom att använda sig av dessa kriterier menar Renn (2008) att det skapas en kunskapsbank (bakgrundsinformation) som leder till att det är lättare att specificera hanteringsprocess och åtgärder för varje riskklass. Kategorierna delas in i tre olika riskhanteringsprocesser; vetenskapsbaserad (av eng. science-based), försiktighetsbaserad (av eng. precautionary), samt diskursiv (av eng. discursive) (ibid.). Riskhanteringsprocessen och strategier för hantering presenteras i Tabell 5.

Tabell 5: Översikt av Renns (2008) principer för kategorisering och hantering av risker.

Hantering	Riskklass	Storlek på konsekvens	Sannolikhet att det inträffat	Strategier för hantering
Vetenskapsbaserad	Damocles	Hög	Låg	Minska potential för katastrof Mer fokus på att skatta sannolikhet Öka resiliens Minska överraskningar Katastrofhantering
	Cyclops	Hög	Osäker	
Försiktighetsbaserad	Pythia	Osäker	Osäker	Implementera försiktighetsåtgärder Utveckla andra alternativ Öka kunskap Katastrofhantering
	Pandora	Osäker	Osäker	
Diskursiv	Cassandra	Hög	Hög	Riskkommunikation Medverkan från allmänhet Medvetet byggande Beredskapsplanering
	Medusa	Låg	Låg	

5.7 Analys och slutsats från Grå litteratur

Nedan analyseras de olika aspekter som lyfts i avsnittet. Analysen utgår från samma punkter som användes för att analysera Scoping Study för att lättare kunna koppla samman rapportens olika delar i ett senare skede. Analysen ligger till grund för de förslag till rekommendationer som ges senare i rapporten.

[A] HILP-händelser bör inte ignoreras

I samtliga branscher anges det att HILP-händelser bör hanteras. Räddningsverket (1997) och MSB (2012) öppnar upp för att behandla HILP-händelser i mindre utsträckning, till följd av deras karaktär. Både NOPSEMA (2012) och OSDR (2016) skriver att HILP-händelser inte får uteslutas från analysen till följd av att vi har för lite kunskap om händelsen och dess konsekvens. Ovanstående resonemang leder fram till att det generella förhållningssättet är att HILP-händelser bör inkluderas i riskanalysen.

[B] Resursfråga gällande HILP-händelser

Frågan om resurser lyfts av Räddningsverket (1997), det finns en risk att eftersom HILP-händelser kan vara svåra att identifiera och beräkna risken för, kan de få en oproportionerligt stor del av projektets resurser under processens gång jämfört med andra risker. I projekt måste man hela tiden göra en avvägning kring hur mycket tid och resurser man kan lägga på ett visst steg, och det finns en risk att HILP-händelser kan kräva mycket av den totala resursen. Att vara medveten om detta är viktigt, men det är också viktigt att resursfrågan inte blir själva anledningen till att ignorera händelserna helt.

[C] Identifiering och klassificering av HILP-händelser

Det första steget för att hantera HILP-händelser i riskanalysen är att identifiera dem. En klassificering av möjliga händelser kan vara till hjälp för att man ska förstå vad som behöver identifieras. Government Office for Science (2011) presenterar en kategori-uppdelning för att belysa att vissa händelser är svårare att upptäcka. De beskriver också två metoder, ”Red Teaming” och användandet av experter från olika discipliner. Government Office for Science (2011) beskriver också en metod, ”Renn-method”, som kan användas för att identifiera och klassificera olika risker. Att skapa en explicit metodik för identifiering av HILP-händelser ökar medvetenheten kring identifiering och skapar en möjlighet att hantera dem i praktiken. Det är även viktigt att lyfta att en specifik metodik för identifiering av HILP-händelser tydliggör att detta är en viktig del i riskanalysprocessen.

[D] Dominoeffekter är relevanta avseende HILP-händelser

Direktivet 2012/18/EU beskriver att dominoeffekter bör tas i beaktning då händelser som ska ingå i riskanalysen ska identifieras. Då HILP-händelsers förlopp ofta kan beskrivas med dominoeffekten finns det en risk att många händelser utesluts från analysen om inte detta tas i beaktning. Dock saknas det en tydlig beskrivning för hur detta kan göras i praktiken, vilket kan leda till att det är svårt för yrkesverksamma att utföra detta steg. Dessutom är det inte tydligt beskrivit i vägledande dokument hur dominoeffekter kan användas och det görs heller ingen tydlig koppling till HILP-händelser och därmed kan förståelsen för detta påverkas.

[E] Kvantifiering av risken samt problematik med frekvensuppskattning

MSB (2011) menar att en kvantifiering av risken kan möjliggöra att händelser kan jämföras men att en kvantifiering inte alltid bidrar till en bättre analys, detta anser även FOI (2011). Att jämföra händelser med varandra kan vara användbart i en riskanalys men kräver att underlagsdata och dess osäkerhet redovisas på ett tydligt och transparens sätt, annars förloras syftet med att jämföra.

[F] Bakgrundsinformation är viktig

MSB (2016), IAEA (2016) och NOPSEMA (2017) skriver att i riskanalysen är det viktigt att vara tydlig med vilka antaganden som görs och vilka osäkerheter som finns kopplade till dessa. Länsstyrelsen i Kronobergs län (2003) skriver att om underlaget är osäkert är en sannolikhetsbedömning inte mer än en kvalificerad gissning. Vikten av att vara tydlig med osäkerheter är en betydande del i ACU-ramverket, där parametern U (osäkerhet) beskrivs med hjälp av ytterligare tre parametrar (P, K, SoK). Då det generellt för HILP-händelser finns begränsad mängd data är det viktigt att vara tydlig i detta avseende, vilket SoK kan hjälpa till att synliggöra. Norsk olje & gass (2017) anser att om sannolikhetsbegreppet används vid HILP-händelser bör bakgrundsinformationen vara stark, vilket kan kopplas till SoK. Norsk olje & gass (2017) och IAEA (2016) skriver också om att bakgrundsinformationen uppdateras ständigt, vilket bör beaktas i analysen.

För att beskriva de osäkerheter som finns i analysen presenteras två olika metoder. FOI (2011) presenterar ”Skattningstrappan”, metodiken är dock generell och går inte in på detalj kring hur data inhämtas, men visar ändå underlagets ursprung kan påverka analysen. Government Office for Science (2011) beskriver metoden ”Italian Flags” där syftet är att synliggöra osäkerheter i underlagsdata. Som beskrivits ovan kan en explicit metodik bidra till att synliggöra ett visst problem, i detta fall osäkerheter i antaganden och underlagsdata.

[G] Sårbarhetsanalys och konsekvensbedömning kan vara användbart

Både Norsk Olje & Gass (2015) och Länsstyrelsen i Kronobergs län (2003) menar att vid hantering av HILP-händelser bör det finnas en mer anpassad metodik jämfört med den traditionella riskanalysen. Det främsta fokus bör ligga på konsekvenser och helhetsperspektiv, där sannolikhetsbedömningar inte är det primära i riskanalysen. Detta synsätt kan kopplas ihop med ACU-ramverket där konsekvensbedömningar och osäkerhet kring händelserna är det primära istället för sannolikhetsbegreppet. Ovan argumentation tyder på att vid hantering av

HILP-händelser krävs en bred ansats för att inkludera alla möjliga händelser samt att ett större fokus läggs på konsekvens jämfört med sannolikhet. Detta indikerar också på att den traditionella riskanalysen behöver utvecklas för att vara mer anpassad till att hantera HILP-händelser.

[H] Resiliens och helhetsperspektiv på risk

MSB (2012) anser att man bör ha en bred ansats när händelser som ska ingå i riskanalysen identifieras. Genom att göra detta minskas risken för att HILP-händelser, som per definition inträffar sällan, inte inkluderas i riskanalysen vilket är ett av de problem som lyfts kopplat till hanteringen av HILP-händelser.

[I] Komplexitet

Länsstyrelsen i Kronobergs län (2003) skriver att komplexa situationer är något vi människor generellt är duktiga på att förstå men vi kommer aldrig förstå dem till 100 %. Även Räddningsverket (2003) menar att en svårighet i riskanalysen är att hantera komplexa händelser. HILP-händelser är ofta komplexa vilket då leder till att de är svåra att förstå. Genom att vara medveten om denna svårighet minskar inte problemet i sig men skapar en kunskap kring HILP-händelsers förekomst och karaktär.

[J] Konkreta verktyg och metoder

Om det trots allt ses önskvärt att använda en kvantitativ riskanalys presenterar IAEA (2016) metodiken PSA som används i stor utsträckning inom kärnkraftsbranschen. Denna metodik är mer omfattande än den traditionella riskanalysen som presenteras i avsnitt 2.1 samtidigt som där finns stora likheter. Fördelen med PSA är att i denna inkluderas flera steg för att identifiera riskerna och flera steg för att analysera de osäkerheter som finns i både systemet och analysen. Analysen blir mer transparent vilket bör skapa ett bättre underlag till beslutsfattare, samtidigt blir den också mer tidskrävande. Frågan om resurser är en aspekt som hela tiden måste tas hänsyn till i det praktiska arbetet.

NOPSEMA (2017) och OSDR (2016) presenterar den scenariobaserade metodiken ”Safety Case”. Denna metodik kan beskrivas som omfattande vilket bör minimera risken för att HILP-händelser inte identifieras och hanteras i riskanalysen. Beräkning av sannolikheten för händelserna kan ske med felträdd och data från liknande anläggningar (NOPSEMA 2017). Detta gör det möjligt att kvantitativt bestämma risken och i samband med detta är det viktigt att vara tydlig med antaganden och osäkerheter. Felträdd och händelseträdd är också vanligt inom

kärnkraftbranschen och det är bland annat därför som PSA som metodik utvecklats till att vara så pass omfattande samt anpassad för kärnkraftsbranschen (IAEA, 2016). Finns det ett önskemål om att använda en kvantitativ analys kan det finnas ett syfte i att utveckla en metodik anpassad till den aktuella branschen då det förmodligen ökar implementeringsgraden för metodiken.

6 Intervjustudie

I detta avsnitt presenteras de intervjuer som utfördes. Avsnittet syftar till att besvara frågeställningen *Hur anser personer inom branschen för trafiktunnlar samt andra branscher att dessa händelser bör hanteras?* Först beskrivs den metodik som användes under intervjuerna och därefter presenteras viktiga aspekter som framkom under intervjuerna i en sammanfattning.

6.1 Bakgrund

Intervjuer genomfördes för att skapa en bild av hur HILP-händelser hanteras i praktiken idag. En öppen intervjuform användes då syftet var att intervjuobjektet skulle få beskriva sin bild av området (Lantz, 1993). Målet var att inhämta information om hur riskanalyser för trafiktunnlar hanteras, därför krävdes en bredd på intervjupersonernas roll, erfarenhet och kunskap.

Intervjuerna genomfördes med öppna frågor och delades in i tre sektioner. Syftet med den första delen var att skapa en överblick för intervjuobjektets yrkesroll, vilka typer av riskanalyser som utförs och hur intervjuobjektet ser på problematiken kring riskanalyser och HILP-händelser. Den andra delen av intervjun syftade till att undersöka vad intervjuobjektet anser om de aspekter som har erhållits från litteratursökningarna. Den sista delen av intervjun syftade till att diskutera vilka förbättringar som intervjuobjektet ansåg kan genomföras för riskanalyser och HILP-händelser. Frågorna som vi utgick ifrån baserades på de slutsatser som litteraturstudierna gav och finns presenterade i Bilaga E.

Sju personer intervjuades. Fyra av dessa är konsulter där tre arbetar med tunnelsäkerhet och en med säkerhet inom processindustri. En person arbetar på Trafikverket, en person arbetar på räddningstjänst och en person arbetar på länsstyrelsen. Efter dessa sju intervjuer bedömdes tillräcklig information vara inhämtad. De fyra intervjuerna med konsulter ansågs bidra med tillräcklig information från deras synsätt och det ansågs även vara tillräckligt att intervju en person från respektive offentliga organ då de i praktiken bör ha samma synsätt och bedömningskriterier.

6.2 Sammanfattning och slutsatser från intervjuer

Syftet med intervjuerna var att inhämta kunskap om hur riskanalyser utförs i praktiken och därför har vi valt att anonymisera svaren då vi anser att det inte finns något syfte med att veta vem som har sagt vad. Det primära syftet var att belysa åsikter för hur HILP-händelser kan hanteras i riskanalyser. Utifrån de frågor som ställdes till intervjuobjekten sammanfattas resultatet nedan.

Hantering av HILP-händelser: Ingen av de intervjuade ser någon anledning till att inte behandla HILP-händelser i riskanalysen. En person ifrågasätter dock hur mycket resurser man ska lägga på händelserna och en person påpekar att detta är ett vanligt tankesätt i branschen. Tre personer hänvisar till principen av undvikande av katastrofer för att motivera att händelserna ska hanteras.

Problem med hur det görs idag: Samtliga av de intervjuade ansåg att det finns ett problem med hur man arbetar med dessa händelser idag. Fyra personer lyfter att det finns en problematik med hur underlag presenteras och används, till exempel nämns extrapolering av statistik som ett problem. Ett annat problem med detta är att osäkerheter i underlaget inte redovisas tydligt. En person tar upp problematik kring FN-kurvan (kopplat till trafiktunnlar) och att denna inte redovisar acceptanskriterier för höga konsekvenser. En person beskriver att svårigheten är att få HILP-händelser gripbara och kommunicerbara. Två personer menar att den granskande parten gärna vill att risken redovisas kvantitativt, vilket de menar blir problematiskt när underlaget är dåligt. En person tycker att det kan vara svårt att väga samhällsnyttan för dessa risker.

Kvantitativ hantering av HILP-händelser: Sex personer menar att en kvantifiering av HILP-händelser är något som bör göras för att stärka analysen men att det finns en problematik i utförandet. Tre personer menar att denna problematik härstammar från det underlag som finns tillgänglig och menar att redovisning av osäkerheter, till exempel med hjälp av en känslighetsanalys, skapar en mer nyanserad bild av händelserna. De menar att det är viktigt att riskanalysen är transparent för att skapa så bra underlag till beslutsfattare som möjligt. En person tycker att problematiken härstammar från att till följd av osäkert underlag blir det svårt att beräkna risken för HILP-händelser. En person påpekar att man gärna använder sig av kvantitativa metoder men utvecklar inte resonemanget vidare. En person menar att utan acceptanskriterier för risken finns det ingen mening att kvantifiera, framförallt om underlaget är dåligt. Hen säger dock att kvantifiering kan användas för att jämföra lösningar, men det finns inget syfte att beräkna en absolut risknivå utan kriterier. En person instämmer i att kvantifiering kan vara användbart vid jämförelse men med dåligt underlag kan det bidra till onödiga resurser måste användas. En person uttrycker att det kan upplevas ”obekvämt” att hantera nya händelser, till exempel händelser som faller utanför farligt gods, då man saknar erfarenhet kring att hantera sådana händelser.

Kvalitativ hantering av HILP-händelser: Samtliga av de intervjuade menar att det finns ett syfte att föra ett kvalitativt resonemang, men alla utom en menar att endast ett kvalitativt resonemang oftast inte är tillräckligt. En person säger att man kan föra ett kvalitativt resonemang men undrar vad det ger för nytta om man inte kan basera det på något. En person uttrycker att endast en kvalitativ hantering kräver att resonemangen som förs är lika gedigna som hen menar att en kvantifiering skulle bidra till. En person tycker att eftersom acceptanskriterier (t.ex. FN-kurva) uttrycks kvantitativt blir det svårt att jämföra detta med kvalitativa resonemang. En person arbetar främst med kvalitativa resonemang i dagsläget med fokus på åtgärder och barriärer och anser att detta fyller ett bättre syfte än ett kvantitativt tillvägagångssätt. Hen menar också att det är enklare för verksamheter att förstå risk när det inte endast presenteras i siffror, vilket en annan person också påpekar. En person lyfter att i fall där marginalerna är små kan det finnas ett syfte att släppa sannolikhetsbegreppet och istället ha ett konsekvensbaserat synsätt, för att på så sätt skapa en högre robusthet. Slutligen beskriver en person att hen upplever att man gått från att föra ett mer kvantitativt resonemang till ett mer kvalitativt resonemang, där man använder sig av experter för att göra en bedömning. Hen menar att det är viktigt med legitimitet hos de som utför analysen för att skapa trovärdighet för analysen.

Underlagsdata: Fyra personer lyfter att man ofta försöker extrapolera data från liknande händelser inom andra branscher för att skapa bättre underlag, en av dessa trycker dock på att detta inte fyller något syfte då underlagsdata anses vara dålig. Hen hänvisar också till OREDA-databasen i Norge, där statistik som berör HILP-händelser inhämtas och uppdateras varje år, och menar att något liknande borde utvecklas i Sverige. En menar att det finns en problematik i att använda historiska data för att prognostisera framtiden men påpekar också att det finns ingen annan tillgänglig metodik. En person uttrycker att det är viktigt att ha respekt för de osäkerheter som finns i underlagsdata och att dessa bör redovisas tydligt.

Uppdatering av analys: De intervjuade uppger att en uppdatering av riskanalyser inte görs i dagsläget. En person berättar dock att det varit på tal i ett av projekten som hen arbetar i, till följd av att nya kunskaper kring systemet har inhämtats sedan det togs i drift. Några uppger att riskanalysen uppdateras under projekteringens gång och menar att det kanske även borde göras efter systemet är i drift, men antyder också att detta kräver stora resurser.

Framtida hantering av HILP-händelser: En person menar att ett sätt att förbättra hanteringen är att vara med i internationella sammanslutningar för att kunna inhämta ny kunskap kring

ämnet. En person trycker på att riskanalytikern ska fokusera på analysen och ej riskvärderingen. Hen menar att riskvärderingen bör göras av beslutsfattare som har mandat att ta samhällsviktiga beslut, vilken en annan person också påpekar. En tycker att mycket fungerar bra idag men påpekar även att analysmetodik och bakgrundsinformation kan förbättras. En person tycker att kunskapsnivån inom branschen behöver höjas för samtliga aktörer.

Övrigt: Fyra personer lyfter att dessa frågor kan påverkas av den politiska omgivningen. Det lyfts även att tid och kostnader påverkar hur mycket resurser som kan läggas på dessa händelser, vilket skiljer sig från projekt till projekt. En person pratar om att det är viktigt att kunna förmedla risknivån pedagogiskt för att bra beslut ska kunna fattas. Kopplat till detta beskriver hen också att bara för att en händelse har låg sannolikhet eller har en låg risknivå betyder det inte att människor inte kan dö, vilket är viktigt att förmedla till en icke insatt person. En person menar att hållbart samhällsbyggande är en aspekt som måste tas i beaktning när man arbetar med HILP-händelser, och ger som exempel; varför byggs järnvägar genom städer istället för runt om städer? En järnväg där farligt gods transporteras som går genom en stad istället för runt om staden kan tänkas ha en högre riskbild då fler människor kan påverkas vid en olycka, men vi väljer ändå att bygga järnvägar genom städer. Personen menar att det är en avvägning av samhällsnyttan. Två personer uttrycker att man bör försöka bygga in en robusthet för dessa händelser. En av dessa säger också att avancerad teknik kan leda till ökad komplexitet vilket kan minska robustheten i systemet. En person tycker att fokus i dessa frågor bör ligga på helheten och att det kan vara problematiskt att gå in på detaljnivå när det finns begränsat med resurser.

7 Analys

I följande avsnitt görs en analys av de resultat som har presenterats i rapporten och rapportens olika delar knyts samman. Analysen är grunden till förslag till rekommendationer för hur HILP-händelser bör hanteras i en riskanalys för trafiktunnlar. Som utgångspunkt för analysen är det viktigt att ha i åtanke att det i dagsläget inte finns någon vägledning för hur HILP-händelser bör behandlas i svenska trafiktunnlar. Kopplingen mellan HILP-händelser kommer rikta sig till de olika stadierna i tunnelprojekteringen. Varje avsnitt kommer att avslutas med en rekommendation angående hur HILP-händelser bör behandlas i trafiktunnlar. De tre första rekommendationerna är relevanta för olika projekteringsfaser medan de två sista rekommendationerna riktar sig till riskanalys som verktyg. Rekommendationerna bör ses som indikationer på de delar och aspekter i riskanalysen som anses vara viktiga vid hantering av HILP-händelser för trafiktunnlar. Alla tunnelprojekt är olika vilket gör det viktigt att vara medveten om att alla rekommendationer inte alltid är applicerbara.

Analysen grundar sig på rubrikerna i Tabell 6, vilka har identifierats i litteraturstudierna. För att undvika återupprepning vid underbyggning av de argument som presenteras kommer hänvisning till dessa att ske i analysen. Vill man få en tydligare bild av vad som menas finns det att läsa under respektive rubrik i litteraturstudierna.

Tabell 6: Referenssystem som används i analysen som leder fram till förslag till rekommendationer. Systemet hänvisar till tidigare analyser i rapporten.

A	HILP-händelser bör inte ignoreras
B	Resursfråga gällande HILP-händelser
C	Identifiering och klassificering av HILP-händelser
D	Dominoeffekter är relevanta avseende HILP-händelser
E	Kvantifiering av risken samt problematik med frekvensuppskattning
F	Bakgrundsinformation är viktig
G	Sårbarhetsanalys och konsekvensbedömning kan vara användbart
H	Resiliens och helhetsperspektiv på risk
I	Komplexitet
J	Konkreta verktyg och metoder

7.1 Beaktning av HILP-händelser

Det första steget vid en hantering av HILP-händelser i en riskanalys är att välja att inkludera händelserna. Resultatet från rapportens delar (litteraturstudier samt intervjustudie) pekar på att händelserna inte kan ignoreras [A]. Det anges dessutom inte i något av regelverken för trafiktunnlar att hantering av dessa händelser kan uteslutas. Flera av de intervjuade hänvisar till principen av undvikande av katastrofer som presenteras i 3.1 som argument för detta. Att

detta steg har lyfts men också ifrågasatts [A, B] visar att hantering av HILP-händelser inte är en självklarhet och att det finns en osäkerhet kring om händelserna måste tas i beaktning, vilket visar på examensarbetets relevans.

Det finns en skillnad i att hantera HILP-händelser teoretiskt och praktiskt och det öppnas upp för att inte alltid hantera händelserna på grund av låg risknivå och även att resursfrågan ständigt är närvarande [B]. Detta påpekas också vid intervjuerna. Eftersom sannolikheten är låg för dessa händelser verkar det till viss del användas som argument för att inte hantera dem. I alla projekt som utförs finns det alltid en tids- och kostnadsaspekt som måste tas hänsyn till, eftersom dessa händelser sällan inträffar och har långa tidsintervall är det lättare att ta beslut om att exkludera dem jämfört med händelser som inträffar oftare men som har lägre konsekvens. Det är även viktigt att påpeka att händelserna inte får elimineras från analysen på grund av man saknar kunskap om själva händelsen [A]. En intervjuperson anger att det kan upplevas obekvämt att angripa dessa händelser när man saknar erfarenhet och kanske inte har hanterat liknande händelser tidigare. Problematiken som behandlar beaktning av de händelser som man inte har erfarenhet ifrån är något som ständigt är närvarande vid hantering av HILP-händelser.

Begrepp som "Black Swan" och "Perfect Storm" visar också på att ovanstående argumentation angående resurser inte är hållbar i längden, och det gäller även för trafikbranschen. Dessa två begrepp används som argumentation för att HILP-händelser måste hanteras och att de inte får uteslutas ur en riskanalys [C]. Även om trafiktunnlar är ett relativt begränsat system kan händelser som man tidigare trott varit omöjliga inträffa (t.ex. branden i Mont Blanc-tunneln). Exkluderande av dessa händelser kan leda till större kostnader i ett senare skede, antingen om det inträffar något i systemet eller om åtgärder måste införas. Denna aspekt kan vara viktig att ha i åtanke när tunnlar byggs då det ofta blir stora projekt och system som är beständiga när de väl är färdigställda [B].

Som beskrivit tidigare grundar sig risknivån för trafiktunnlar gällande trafikanter på att risken inte får vara större än vad risken är att färdas utanför tunneln. Vi anser att om detta ska kunna säkerställas måste hela riskbilden för trafiktunneln tas i beaktning, vilket betyder att HILP-händelser måste inkluderas. Frågan är bara hur man skall hantera denna typ av risk.

Alla typer av tunnlar ser olika ut och kan därmed påverkas av olika typer av risker. Några parametrar som kan påverka riskbilden för vägtunnlar är tunnelns längd, överdäckning samt på- och avfart till tunneln, vilka beskrivs i avsnitt 3.4. En tunnel under mark i en större stad

med ett högt trafikflöde har en helt olik riskbild än jämfört med en mindre tunnel på landbyggen där trafikflödet är lägre. Dock anser vi att en beaktning av HILP-händelser måste göras i alla system, oavsett komplexitet. Men för den mindre tunnel kan det räcka med att händelserna diskuteras i idéstadiet och att man där inser att åtgärderna inte är försvarbara med avseende på resursfrågan. I mer komplexa system kan denna inledande diskussion leda fram till att en separat riskutredning krävs.

Vår rekommendation är därmed att HILP-händelser inte kan ignoreras utan måste beaktas i riskanalyser för trafiktunnlar.

7.2 Hantering av HILP-händelser

Ett viktigt synsätt som har framkommit är att använda ett helhetsperspektiv alternativt ett resilient synsätt vid utförande av en riskanalys [H]. Detta lyfts även av en intervjuperson, som anser att vid hantering av HILP-händelser där det finns begränsat med resurser bör man ha ett helhetsperspektiv snarare än att lägga tid på att gå in på detaljer. Från intervjuerna framgick det dock att vissa identifierade händelser som anses känsliga, till exempel antagonistiska hot, hanteras av andra aktörer, i detta fallet SÄPO. Det leder till att dessa händelser exkluderas från riskanalysen vilket försvårar användandet av ett helhetsperspektiv.

Något som bland annat karakteriserar HILP-händelser är att de är komplexa och det finns därför en stor problematik med att förenkla beskrivningen av de system som de kan uppstå i. När system förenklas i fel- och händelsetråd försvinner många av de komplexa interaktioner som kan leda fram till HILP-händelser [I]. Det är viktigt att vara medveten om att det inte endast är systemet som påverkar komplexitet utan det handlar även om vår förståelse för komplexitet och vi kan ibland bli "självgoa" och därmed försvåra situationen ytterligare [I]. Komplexitet är en egenskap i systemet och inget som går att eliminera, därmed är det viktigt att skapa en förståelse för detta för att kunna hantera systemet. Då trafiktunnlar kan anses vara komplexa system är det viktigt att vara medveten om att system som beskrivs i en riskanalys är en förenklad bild av verkligheten där samtliga interaktioner och komponenter inte alltid återspeglas.

Att applicera ett resilient perspektiv och därmed ett helhetsperspektiv på ett projekt för trafiktunnlar kan bidra till en ökad förståelse för systemet och därmed skapa en bättre analys.

HILP-händelser innefattas av stora osäkerheter, både i hur de kan uppstå och vad i systemen de påverkas av. Eftersom det är svårt att förutspå hur händelserna kan inträffa är det fördelaktigt att ha ett helhetsperspektiv, där man inte undersöker exakta detaljer i händelseförloppet. Risken

för enklare olyckor kan ofta reduceras med en enklare lösning, till exempel kan en krockdrabbad tunnelsträcka utföras med lägre hastighetsrekommendationer. Då HILP-händelser sker mer sällan är det svårt att använda direkta åtgärder då det inte går att förutspå HILP-händelser på samma sätt. När HILP-händelser väl inträffar är det för sent att införa åtgärder eftersom konsekvenserna är så stora. För HILP-händelser är det mer lönsamt att fundera över tunnelns placering, längd och lutning vilket kan bestämmas i till exempel översiktsplanen samt förstudien. För dessa delar i projekteringen har man ett mindre detaljrikt fokus, vilket är nödvändigt för HILP-händelser.

Ett resilient perspektiv innefattar att man är medveten att det inte går att fånga in alla typer av HILP-händelser, att vi inte har förståelse för allt som kan inträffa men det innebär också att man på något sätt måste ta ”höjd” för detta när systemet utformas. Riskanalyser för tunnlar genomförs vanligen på statiska system där känslighetsanalysen eventuellt kan användas för att ta i beaktning att system förändras. Gasbussolyckan i Stockholm är ett exempel som visar på hur en systemförändring (olika typer av drivmedel) kunde ha lett till en allvarlig olycka, vilket skulle kunna ha varit en HILP-händelse. Genom att använda sig av ett resilient perspektiv kan framtida risker ändå fångas upp i riskanalysen och förhoppningsvis förhindras. Den specifika olyckan kunde inte förutspås men det borde ha funnits en möjlighet att förutspå att andra typer av drivmedel kunde komma att användas för fordon. Vi anser att det finns en fara i att behandla en trafikunnel som ett statiskt system i en riskanalys och vi anser att ett resilient perspektiv kan hjälpa till att skapa ett mer dynamiskt förhållningssätt.

Utifrån detta är vår rekommendation att aspekter som helhetsperspektiv, resiliens och komplexa system ska tas i beaktning vid hanteringen av HILP-händelser. Vi rekommenderar att detta bör implementeras tidigt i projekteringen av trafikunnelar.

7.3 Identifiering av HILP-händelser

För att hantera HILP-händelser är det första steget i riskanalysen att identifiera dem. Detta steg anses utmanade till följd av HILP-händelsernas karaktär, vilket har lyfts i både litteratur- och intervjustudie. Några olika aspekter och verktyg för att göra detta har presenterats, till exempel användning av experter och ”Renn-method” samt begreppen ”Black Swan” och ”Perfect Storm” [C]. Intervjuerna angav också att användning av experter vid bedömning av risker blir allt vanligare, och kan ses som ett komplement till riskanalysen. Att ha en förståelse för att HILP-händelser ofta uppstår till följd av dominoeffekter kan också underlätta

identifieringsprocessen och anses vara en viktig aspekt [D]. Dessa verktyg kan vara användbara då det kan vara svårt att förstå HILP-händelsers karaktär och uppkomst.

Än så länge har det inte inträffat någon HILP-händelse i tunnlar i Sverige. Så länge ingen större olycka inträffar i svenska trafik tunnlar finns det en risk att man skapar en falsk trygghetskänsla angående att systemet är säkert. Detta kan bidra till att identifieringen av HILP-händelser inte fullföljs. Vid identifiering av risker i trafik tunnlar finns det en risk att man utgår från samma typ av risker för olika tunnelprojekt, till exempel för att det kan upplevas obekvämt att hantera nya risker eller att man väljer att fördela resurserna på något annat. Vi anser att användning av någon av dessa specifika metod för att göra detta kan underlätta hantering av nya risker identifieringsprocessen. Precis som beskrivits i tidigare avsnitt underlättas hantering av HILP-händelser om de tas i beaktning på en systemnivå, snarare än en detaljnivå. En identifieringsprocess bör därför inledas redan i projektets idéstadie för att skapa en möjlighet att kunna fånga upp möjliga HILP-händelser. En identifieringsprocess behöver dock inte leda till att man har fångat upp samtliga HILP-händelser, detta då systemen kan vara komplexa samt att de är föränderliga. För att ta hänsyn till detta anser vi även att identifieringsprocessen bör vara iterativ, likt den tidigare beskrivna dynamiska riskanalysen. Detta stärks även av att om systemet ska vara resilient kan inte riskbilden antas vara statiskt.

Vid en första anblick kan en trafik tunnel uppfattas som statisk då det är ett fast byggnadsverk, men många av de komponenter som ingår i en tunnel är inte statiska. Dessa komponenter kan vara allt från trafikflöde, hastighetsbegränsningar, andel farligt-gods och köbildning. Till exempel kan en projektering av en tunnel ha genomförts med antagandet att en viss andel farligt-gods transporteras i tunneln men när denna sedan tas i drift visar det sig att mängden samt typ är högre än projekterat för. Från intervjuerna framkom det att i dagsläget görs det sällan någon typ av uppdaterad riskanalys där nya förutsättningar tas i beaktning, till exempel att andra typer av händelser kan komma att uppstå. Enligt LSO är det dock anläggaren som är ansvarig för riskanalyser för tunneln i driftskedet och dynamiska riskanalyser skulle därför kunna vara genomförbara. Vi anser att en iterativ identifieringsprocess skapar möjlighet att fånga upp nya typer av HILP-händelser och det kan användas för att öka systemets resiliens.

Vår rekommendation är därmed att en identifieringsprocess för HILP-händelser bör utföras i ett tidigt projektstadium samt vara iterativ.

7.4 Kvantitativ och kvalitativ hantering av HILP-händelser

HILP-händelser hanteras generellt kvantitativt i riskanalyser inom branschen för trafikunnelar, vilket framförallt bekräftas i intervjustudien. För tunnelar i tunnelbana och järnväg finns det krav på att riskanalysen ska utföras kvantitativt. För vägtunnelar beskrivs det dock att riskanalyser ska göras i enlighet med bästa tillgängliga metod, vilket då kan vara både kvantitativa och kvalitativa metodiker.

En kvantitativ hantering kräver att man använder sig av någon form av frekvensuppskattning eller sannolikhetsbedömning, vilket har kritiserats med avseende på att HILP-händelser sällan eller aldrig upprepar sig [E]. Det är dock viktigt att poängtera att vid användning av subjektiv sannolikhet stämmer inte detta. Subjektiv sannolikhet har som utgångspunkt att det alltid går att beräkna sannolikheten, eftersom den är just subjektiv. En kvantitativ riskanalys har beskrivits som användbar vid jämförelse av risker [E] vilket även ett antal intervjupersoner ansåg. En intervjuperson utvecklade ett resonemang om att kvantifiering fyller ett syfte om det går att jämföra olika risker men att resultatet inte bör behandla som en absolut risknivå, särskilt om underlaget är otillräckligt. I utredningsstadiet vid projektering av tunnelar görs ofta jämförelser med olika typer av lösningar. Det kan exempelvis vara att tunnelns längd och mynning utreds och risker med olika placeringar jämförs. Om risken för dessa beräknas med hjälp av samma underlagsdata kan dessa risker jämföras och vara ett beslutsunderlag. Om syftet är att jämföra olika alternativ med samma underlag anser vi att en kvantifiering av risken är användbart och tillförlitlig.

Ytterligare en aspekt som har lyfts är att fokus bör ligga på riskreducerande åtgärder där syftet är att minska konsekvenserna vilket också stärks av ACU-ramverkets syn på konsekvenshantering. Detta bör också leda till att sannolikhetsbedömningen spelar mindre roll, vilket är fördelaktigt vid hantering av HILP-händelser eftersom sannolikhetsbedömningen är osäker [G]. En av de intervjuade påpekar att i de fall där marginalerna för sannolikheten är små finns det ett syfte att släppa sannolikhetsbegreppet och istället ha ett mer konsekvensbaserat synsätt. För HILP-händelser verkar det alltså som att hanteringen kan underlättas av att analysera systemets sårbarhet och de konsekvenser som kan uppstå snarare än att beräkna sannolikheten, vilket kan kopplas samman med resonemanget angående användandet av ett helhetsperspektiv och ett resilient angreppssätt.

Om en kvantitativ riskanalys trots allt används har det presenterats ett antal metoder för hur detta kan utföras. Används en kvantitativ metodik för HILP-händelser i trafikunnelar anser vi

att denna bör vara omfattande likt presenterade metodiker [J]. En omfattande metodik möjliggör en bredare och djupare analys där de olika stegen bidrar till att säkerställa kvalitén på analysen. Resultatet från intervjuerna pekar på att vid genomförandet av en kvantitativ riskanalys krävs det en gedigen metodik, en transparens i analysen samt stark underlagsdata. Vi anser att om inte detta kan tillämpas finns det inget syfte med en kvantitativ analys och man är åter igen tillbaka i att det kan likställas med att göra en kvalificerad gissning.

En fördel med att använda en kvantitativ analys kan vara att man söker efter underlagsdata och använder den data som finns för att skapa en förståelse för vad som kan hända. Vid en kvalitativ analys är det inte säkert att lika mycket information insamlas då inga beräkningar krävs och det kan finnas en fara i att bedömning av risken görs på en mindre mängd underlag. Detta behöver dock inte betyda att en kvantitativ analys leder till ett bättre resultat, men en sådan typ av analys kan leda till att mer underlagsdata samlas in och därmed skapas en större kunskap om systemet. En semi-kvantitativ analys kan vara användbar för att tydliggöra att sannolikheterna inte är absoluta utan ligger i ett intervall. Dessa intervall kan även användas i ett pedagogiskt syfte, detta då många av de aktörer som är inblandade i projektering av tunnlar inte är riskanalytiker. Storleken på intervallet kan till viss del återspegla styrkan i bakgrundsinformation, en stark underlagsdata bör kunna leda till ett smalare intervall.

Ovanstående resonemang har visat på svårigheter med att främst hantera HILP-händelser med ett kvantitativt tillvägagångssätt men även kvalitativ hantering. Dock måste HILP-händelser hanteras på något sätt, och i vissa av regelverken för trafik-tunnlar anges det att detta ska göras kvantitativt. Vi anser att det är viktigt att vara medveten om de begränsningar och den problematik som framförallt finns när sannolikheten ska bestämmas. Vi anser också att ett tillvägagångssätt som man skulle kunna använda är att man använder den data som finns för att resonera sig fram till en riskbild, exempelvis med en semi-kvantitativ riskanalys, men man beräknar ingen absolut risk. Det sifferunderlag som finns tillgängligt används som stöd i analysen, men inte som enda underlag för ett beslut. Vid utförandet av riskanalyser är det ofta ett krav att presentera risken i en siffra som går att bedöma som acceptabel eller ej acceptabel risk. Vi anser att för HILP-händelser där underlaget kan bedömas otillräckligt finns det en fara i detta då både riskanalytikern och bedömaren kan lägga för mycket vikt vid denna siffra som egentligen inte säger något om riskbilden. ACU-ramverket kan underlätta och belysa denna problematik då den synliggör osäkerheter som finns i underlaget.

Vår rekommendation är därmed att man är tydlig och transparent vid kvantifieringen av risken. Man bör samtidigt undvika att presentera en absolut risk för HILP-händelser i trafiktunnlar.

7.5 Underlagsdata för HILP-händelser

Ett problem som ständigt dyker upp när HILP-händelser ska hanteras är avsaknaden av underlagsdata. För risker inom trafiktunnlar kan underlagsdatan anses vara begränsad till följd av att tunnlar är relativt nytt byggnadsverk, det finns en begränsad mängd tunnlar i relation till mängden vägar och att allvarliga olyckor har varit sällsynta. Som beskrivits i avsnitten ovan är detta ett problem om man vill identifiera, beräkna och analysera dessa händelser då det finns lite information att basera detta på.

Det har framkommit att det är viktigt att vara tydlig med antaganden och osäkerheter i riskanalysen vilket även innefattar underlagsdata [F]. Detta påpekas även av intervjupersoner och stärks av det som beskrivs i ACU-ramverket kopplat till styrkan i bakgrundsinformation. Den subjektiva sannolikheten är beroende av bakgrundsinformation vilket visar att det är viktigt att analysera underlagsdatan och vara medveten om dess styrka/svaghet.

För att hantera problemet med en begränsad underlagsdata inom trafikbranschen är det vanligt att man försöker extrapolera data från exempelvis liknande händelser i andra länder. En intervjuperson beskriver också att det kan vara problematiskt att använda historiska data för att prognostisera framtiden. Extrapolerad data kan ifrågasättas då den alltid måste anpassas till den nya situationen vilket leder till att datan försvagas. Från intervjuerna framkom det att för HILP-händelser i trafiktunnlar förekommer det att man extrapolerar FN-kurvan som finns för risker med högre sannolikhet till att gälla för även HILP-händelser. Användandet av en FN-kurva är problematiskt då det innebär att man måste beräkna en absolut risk för HILP-händelsen, vilket innebär svårigheter. Dessutom beskrivs det att FN-kurvan inte bör användas för HILP-händelser då underlaget är för dåligt. Det finns alltså en problematik med att både extrapolera data och att extrapolera FN-kurvan vilket bör uppmärksammas.

För att synliggöra de osäkerheter som finns kopplat till sannolikheterna har två metoder presenterats, skattningstrappan och "Italian Flags" [F]. Båda metodernas syfte är att synliggöra osäkerheter och de kan därför vara användbara för att påvisa detta och därmed skapa en transparens för HILP-händelser i analysen. En känslighetsanalys kan också vara ett användbart verktyg vilket har påpekats under intervjuerna. Något som också tas upp i intervjuerna är att en gemensam databas för att insamla data från olyckor och "near misses" kan vara användbart

för att kunna skapa bättre underlagsdata för att utföra riskanalyser för trafiktunnlar. Detta har gjorts i andra branscher men i dagsläget finns inget motsvarande för trafikbranschen.

Vid beräkning av risken för en HILP-händelse är beräkningarna alltid beroende av sin underlagsdata. Detta betyder att om underlagsdatan är svag eller otillräcklig kommer det påverka resultatet. Styrkan i resultatet kommer aldrig vara starkare än sin underlagsdata. Det går alltså att resonera att om underlagsdatan är svag kommer också resultatet vara svagt och det blir svårt att använda den för att stärka sin analys. Med detta i åtanke krävs det en transparens och tydlighet när underlagsdata används vilket kan ske med ovan beskrivna metoder som syftar till att synliggöra osäkerheter.

Med detta i åtanke rekommenderar vi att det finns en transparens och tydlighet när underlagsdata används vilket kan ske med ovan beskrivna metoder som syftar till att synliggöra osäkerheter. För att förbättra hanteringen av HILP-händelser i riskanalyser för trafiktunnlar mer långsiktigt rekommenderar vi att en databas för insamling av uppstådda tillbud skapas.

8 Diskussion

Detta avsnitt syftar till att presentera och uppmärksamma de aspekter som kan ha påverkat resultat och slutsatser i rapporten. Examensarbetets slutsatser baseras till stor del på det som framkom från litteraturstudierna. Det finns en risk att de rekommendationer som presenteras inte är applicerbara då verkligheten inte alltid stämmer överens med vad som beskrivs i teorin. Syftet med intervjuerna var bland annat att minska denna risk. Det är återigen viktigt att ha i åtanke att de identifierade rekommendationerna i respektive avsnitt endast är förslag och inget som måste följas.

Nedan följer en diskussion angående de osäkerheter som finns i rapportens olika delar och därefter presenteras förslag till framtida forskning kopplat till ämnet.

8.1 Osäkerheter

Syftet med frågeställningen som behandlade vetenskaplig litteratur var att undersöka vad befintlig litteratur skrev angående HILP-händelser i riskanalyser och det finns alltid en osäkerhet i att all relevant litteratur inte har fångats in. För Scoping Study användes endast en databas, Scopus, vilket självklart innebär att dokument som inte finns i den databasen inte kommer med i denna studie. Även om Scopus är den största databasen för referentgranskad litteratur finns det en risk att relevant litteratur inte var tillgänglig. Sökningen gjordes med hjälp av nyckelord som matchades mot sammanfattningar, fanns inte dessa nyckelord med i sammanfattningen gavs inget resultat i sökningen. Detta kan ha lett till att relevanta artiklar som inte tog upp de valda nyckelorden i sammanfattningen uteslöts. Eftersom sökningen begränsades till de valda nyckelorden kan detta också ha bidragit till att artiklar som inte innehöll dem, men som använde sig av liknande ord, uteslöts. I Scoping Study fick fyra artiklar uteslutas på grund av att de inte var tillgängliga via bibliotekets sökvägar och dessa kan ha innehållit användbar information. Vid genomläsning av litteraturen användes inkluderings- och exkluderingskriterier som kan ha bidragit till att relevant litteratur eliminerades. Kriterierna valdes för att arbetet skulle kunna effektiviseras, genom att endast läsa rubriker och sammanfattningar togs litteratur som inte matchade kriterierna bort och därmed finns det en risk att relevanta artiklar eliminerades. Det sållades dock inte ut några artiklar som vid en första genomläsning var osäkra, då togs de vidare till nästa steg i processen. En ”utblick” genomfördes för att minska risken att relevant litteratur inte togs med i sökningen vilket bör leda till att nämnda osäkerheter minskas något.

Vid genomläsning av litteraturen analyserades artiklarna gentemot ett antal kodningskriterier. Artiklar som inte matchade kriterierna analyserades inte lika djupt som de som matchade. Det finns en risk att vid genomläsning så missades relevanta åsikter och poänger som togs upp i artiklarna. Vid genomläsning av artiklarna kan vi ha varit påverkade av andra artiklar och information som vi erhållit om ämnet och därmed omedvetet letat efter liknande information i artiklarna.

Syftet med avsnittet som behandlar Grå litteratur är att undersöka hur dessa händelser hanteras inom specifika organisationer och myndigheter. Då avsnittet endast behandlar ett begränsat antal branscher finns det en osäkerhet kring att viktiga branscher och synpunkter kring hantering av HILP-händelser har missats. Dock har urvalet kring valda branscher motiverats med branscher som identifierades i aktuell Scoping Study samt genom en diskussion med handledare. Då sökningen genomfördes i olika typer av databaser var det inte möjligt att ha en lika systematisk sökningsrutin som för Scoping Study, vilket kan ha lett till att relevanta dokument missades. För att motverka detta genomfördes sökningar med olika synonymer för HILP-händelser och det gjordes även försök i att identifiera aktuell benämning för HILP-händelser för varje specifik bransch. För varje bransch har sökningen haft utgångspunkt i svenska myndigheter och organisationers databaser. Förutom för de branscher där Sverige inte är en framstående aktör, till exempel offshore olja- och gasindustri där utgångspunkt istället har varit länder som är framstående inom branschen. Denna begränsning kan ha lett till att relevant information har missats men det är även en avgränsning till följd av tidsbegränsning. Även för Grå litteratur har det skett en ”utblick” där syftet var att identifiera relevant litteratur som kan ha missats i de tidigare sökningarna vilket bör minska osäkerheterna för att missa relevant information inom området.

Som metodik för intervjuerna användes en öppen intervjumethodik vilket ledde till att det inte var en systematisk genomgång av exakt samma frågor för alla intervjuer. De öppna frågorna ledde även till att varje intervjuobjekt hade en möjlighet att rikta intervjun åt ett område som intresserade dem mest. Detta i kombination med tidsbegränsning ledde till att intressanta följdfrågor och resonemang kring olika områden inte alltid kunde utvecklas. Samtliga intervjuer skedde över telefon- eller videosamtal vilket ledde till att det endast gick att tolka rösten och inte ansikts- och kroppsspråket. Nyanser av svaren kan ha misstolkats eller missats och detta kan ha försvårat tolkningen av resultatet. Valet av antalet intervjuer är en kombination av syftet med intervjuerna, tidsbegränsning och tillgänglighet av intervjuobjekt. Efter de sju intervjuerna ansågs syftet med intervjuerna vara uppnått. Det är möjligt att fler intervjuobjekt

hade skapat en bättre förståelse för området men i relation med tidsåtgången ansågs det inte vara hållbart. Kontaktinformation till majoriteten av intervjuobjekten erhöles från extern handledare och detta kan ha lett till att intervjuobjekten kommer från en likasinnad grupp inom branschen och resultatet speglar därmed inte samtliga åsikter från branschen. Då intervjuobjekten har olika roller inom branschen samt är från olika organisationer kan det ändå antas att det finns en viss bredd i resultatet som speglar åsikter från branschen. Att använda en öppen intervjumethodik ställer krav på oss som intervjuade personerna vilket även kan ha påverkat resultatet. En osäkerhet är att vi under intervjuernas gång har utvecklat vår metodik gällande att ställa frågor, följdfrågor samt be intervjuobjekten förtydliga vad de har menat. Denna osäkerhet är svår att mäta och uppskatta men bör uppmärksammas. Trots nämnda osäkerheter ansågs syftet med intervjuerna vara uppnått då resultatet främst användes för att skapa en förståelse för hur HILP-händelser hanteras i praktiken.

Slutligen bör det påpekas att rapportens litteraturstudier har behandlat allmän hantering av HILP-händelser och inte varit specificerad till trafiktunnlar. Detta kan verka missvisande i förhållande till examensarbetet huvudsakliga frågeställning som behandlar trafiktunnlar. Denna avvägning har gjorts då litteraturstudiernas syfte var att fånga in så många aspekter för hantering som möjligt. Dock anses förslagen vara applicerbara för trafiktunnlar vilket även bör ha stärkts av intervjustudien samt att vi exemplifierar rekommendationerna i analysavsnittet.

8.2 Framtida forskning

Nedan följer ett antal förslag på ämnen för framtida forskning som har framkommit under rapportens gång.

En aspekt som framkom under intervjuerna var problematiken med värdering av risk. Några av intervjupersonerna anser att riskanalytikern inte ska behöva göra värderingen om en risk är acceptabel eller ej acceptabel. Då HILP-händelser kan vara politiskt känsliga och uppmärksammade av media krävs det en tydlig distinktion mellan hantering och värdering av risk. Värdering av risk ingår inte i rapportens omfattning och har därmed inte berörts tidigare. Dock anses detta vara en intressant aspekt då värdering av HILP-händelser ofta påverkar hanteringen av HILP-händelser. Detta skulle därför kunna ses som ett ämne för framtida examensarbete.

Under arbetet med rapporten framkom det en önskan om att kvantitativt bestämma risken för HILP-händelser. Ett antal beräkningsmetodiker identifierades i Bilaga B. Vid beräkning av sannolikheten för HILP-händelser kan det vara intressant att undersöka vilka av dessa som är

applicerbara i praktiken. Dessutom kan det finnas ytterligare beräkningsmetodiker som inte identifierats i avsnittet som kan vara av intresse. Att undersöka dessa skulle kunna vara ett ämne för framtida examensarbete.

Vid ett flertal tillfällen uppgavs det att principen för undvikande av katastrofer är en viktig aspekt vid argumenterande för att man ska hantera HILP-händelser. Denna princip grundar sig i att vi har en riskaversion mot katastrofer och händelser med stora konsekvenser. Rapporten avgränsades till att inte inkludera detta i någon större utsträckning då det berör värdering av risk. Det skulle vara intressant att undersöka hur riskaversion påverkar hantering av HILP-händelser.

9 Slutsats

I följande avsnitt besvaras den huvudsakliga frågeställningen som examenarbetet grundar sig på. Rapporten har även berört andra frågeställningar men då syftet med dem var att utgöra en grund för att kunna besvara den huvudsakliga frågan presenteras de inte nedan. Frågeställningens svar presenteras nedan i form av förslag till rekommendationer för förbättring av hur HILP-händelser bör hanteras. Dessa presenteras även mer utförligt i avsnitt 7. Rekommendationerna är framförallt applicerbara på trafiktunnlar men går med viss modifikation att anpassa till andra system eller projekt.

Hur bör HILP-händelser hanteras i riskanalyser med avseende på trafiktunnlar?

- HILP-händelser kan ej ignoreras utan måste beaktas i riskanalyser för trafiktunnlar.
- Aspekter som helhetsperspektiv, resiliens och komplexa system ska tas i beaktning vid hantering av HILP-händelser och bör integreras i förstudien under projekteringen.
- En identifieringsprocess för HILP-händelser bör utföras i ett tidigt projektstadium samt vara iterativ.
- Kvantifieras risken för HILP-händelser bör man vara tydlig och transparent i riskanalysen. Man bör samtidigt undvika att presentera en absolut risk.
- Osäkerheter i den underlagsdata som används bör presenteras tydligt. Långsiktigt rekommenderar vi att en databas för insamling av uppstådda tillbud skapas.

10 Referenser

- Agerberg, M. (2001). Fimp orsakade brand i Mont Blanc-tunneln. *Ny Teknik*. Hämtad från <https://www.nyteknik.se/digitalisering/fimp-orsakade-branden-i-mont-blanc-tunneln-6475996>
- Ale, B. J. M. (2005). Risk is of all time. *Kuste*, (70), 173–184.
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: Towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology: Theory and Practice*, 8(1), 19–32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Årstad, I., & Aven, T. (2017). Managing major accident risk: Concerns about complacency and complexity in practice. *Safety Science*, 91, 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.08.004>
- Aven, T. (2011). On Some Recent Definitions and Analysis Frameworks for Risk, Vulnerability, and Resilience. *Risk Analysis*, 31(4), 515–522. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2010.01528.x>
- Aven, T. (2017). Improving risk characterisations in practical situations by highlighting knowledge aspects, with applications to risk matrices. *Reliability Engineering and System Safety*, 167, 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.05.006>
- Aven, T., & Ylönen, M. (2018). A risk interpretation of sociotechnical safety perspectives. *Reliability Engineering and System Safety*, 175, 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.03.004>
- Bednarska Balcer, J., Fock, C., & Lodding, M. (2019). Buss exploderade och brann upp. Hämtad 03 april 2019, från <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/stockholm/buss-har-exploderat-vid-centralstationen>
- Beer, M., Zhang, Y., Tong, S., & Kwang, K. (2013). Reliability analysis with scarce information: Comparing alternative approaches in a geotechnical engineering context. *Structural Safety*, 41, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2012.10.003>
- Beerens, R. J. J., & Tehler, H. (2016). Scoping the field of disaster exercise evaluation - A literature overview and analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19, 413–446. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.09.001>

- Boverket. (2005a). *Personssäkerhet i tunnlar*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2005b). *Risikanalysmetoder - Delprojekt 2.2, bilaga till regeringsuppdrag Personssäkerhet i tunnlar*. Karlskrona: Boverket.
- Dekker, S., & Pruchnicki, S. (2014). Drifting into failure: theorising the dynamics of disaster incubation. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 15(6), 534–544. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2013.856495>
- DNV GL. (2014). *Harmonised Risk Acceptance Criteria for Transport of Dangerous Goods*. London: DNV GL.
- Emblemsvåg, J. (2014). On probability in risk analysis of natural disasters. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 17(4), 508–518. <https://doi.org/10.1108/09653560810901755>
- Frohwein, H. I., Lambert, J. H., & Haines, Y. Y. (1999). Alternative measures of risk of extreme events in decision trees. *Reliability Engineering and System Safety*, 66, 69–84. [https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(99\)00022-8](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(99)00022-8)
- Government Office for Science. (2011). *Blackett Review of High Impact Low Probability Risks*. London: Government Office for Science.
- Heimann, D. I. (1987). Computing risk profiles for composite low-probability high consequence events. *Annals of Operations Research*, 9(1), 545–560. <https://doi.org/10.1007/BF02054754>
- Hellström, P. (2015). *DiD-PSA: Development of a Framework for Evaluation of the Defence-in-Depth with PSA. 2015:4*. Solna: Strålsäkerhetsmyndigheten.
- Hund, L., Schroeder, B., Rumsey, K., & Huerta, G. (2018). Distinguishing between model- and data-driven inferences for high reliability statistical predictions. *Reliability Engineering and System Safety*, 180, 201–210. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.07.017>
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2016). *Attributes of Full Scope Level 1 Probabilistic Safety Assessment (PSA) for Applications in Nuclear Power Plants. IAEA-TECDOC-1804*. Vienna: IAEA.
- Jensen, A., & Aven, T. (2018). A new definition of complexity in a risk analysis setting. *Reliability Engineering and System Safety*, 171, 169–173.

<https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.11.018>

- Johansen, I. L., & Rausand, M. (2014). Defining complexity for risk assessment of sociotechnical systems: A conceptual framework. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*, 228(3), 272–290. <https://doi.org/10.1177/1748006X13517378>
- Khakzad, N. (2015). Application of dynamic Bayesian network to risk analysis of domino effects in chemical infrastructures. *Reliability Engineering and System Safety*, 138, 263–272. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2015.02.007>
- Khakzad, N., Khakzad, S., & Khan, F. (2014). Probabilistic risk assessment of major accidents : application to offshore blowouts in the Gulf of Mexico. *Nat Hazardz*, 74, 1759–1771. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1271-8>
- Khakzad, N., Khan, F., Amyotte, P., & Cozzani, V. (2014). Risk Management of Domino Effects Considering Dynamic Consequence Analysis. *Risk Analysis*, 34(6), 1128–1138. <https://doi.org/10.1111/risa.12158>
- Khakzad, N., Khan, F., & Paltrinieri, N. (2014). On the application of near accident data to risk analysis of major accidents. *Reliability Engineering and System Safety*, 126, 116–125. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2014.01.015>
- Länsstyrelsen i Kronobergs län. (2003). *ROSA - en metod för risk- och sårbarhetsanalyser*. Kronoberg: Länsstyrelsen i Kronobergs län.
- Lantz, A. (1993). *Intervjumetodik* (3:e uppl.). Lund: Studentlitteratur AB.
- Lenoxl, M. J., & Haines, Y. Y. (1996). The Constrained Extremal Distribution Selection Method. *Risk Analysis*, 16(2), 161–176. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1996.tb01446.x>
- Lv, C., Zhang, Z., Ren, X., & Li, S. (2014). Predicting the frequency of abnormal events in chemical process with Bayesian theory and vine copula. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 32, 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2014.09.004>
- Maes, M. A., & Dann, M. R. (2011). Assessing global change when data are sparse. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 15(4), 349. <https://doi.org/10.1504/IJRAM.2011.042673>

- Matalas, N. C., Zimmerman, R., Bier, V. M., Lambert, J. H., & Haimes, Y. Y. (1999). A Survey of Approaches for Assessing and Managing the Risk of Extremes. *Risk Analysis*, 19(1), 83–94. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1999.tb00391.x>
- Meel, A., O'Neill, L. ., Levin, J. ., Seider, W. ., Oktem, U., & Keren, N. (2007). Operational risk assessment of chemical industries by exploiting accident databases. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 20, 113–127. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2006.10.003>
- Mignan, A., Wiemer, S., & Giardini, D. (2014). The quantification of low-probability–high-consequences events: part I. A generic multi-risk approach. *Natural Hazards*, 73(3), 1999–2022. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1178-4>
- Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB). (2011). *Vägledning för Risk- och sårbarhetsanalyser*. Karlstad: MSB.
- Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB). (2012). *Olycksrisker och MKB: Att integrera risk- och säkerhetsfrågor i MKB-processen*. Karlstad: MSB.
- Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB). (2016). *Säkerhetsrapport - Ett stöd vid det systematiska arbetet med att upprätta, förnya och granska en säkerhetsrapport*. Karlstad: MSB.
- National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority (NOPSEMA). (2012). *Guidance note - Hazard Identification*. Perth: NOPSEMA.
- National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority (NOPSEMA). (2017). *Guidance note - Risk Assessment*. Perth: NOPSEMA.
- Necci, A., Cozzani, V., Spadoni, G., & Khan, F. (2015). Assessment of domino effect: State of the art and research Needs. *Reliability Engineering and System Safety*, 143, 3–18. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2015.05.017>
- Norsk olje & gass. (2017). *Black swans - An enhanced perspective on understanding, assessing and managing risk*. Oslo: Norsk Olje & Gass. <https://doi.org/10.1109/MSPEC.2010.5605881>
- Norsk Olje & Gass. (2015). *Enhanced Risk Assessment and Management*. Oslo: Norsk Olje & Gass. <https://doi.org/10.1680/clair.25950.0006>

- Offshore Safety Directive Regulator (OSDR). (2016). *Assessment Principles for Offshore Safety Cases (APOSC)*. Bootle: Health and Safety Executive (HSE).
- OffshoreVäst. (2014). *Vägledning till regelverken offshore - Olja & Gas*. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- Orr, D. W., & Boulding, K. (1979). Catastrophe and Social Order. *Human Ecology*, 7(1), 41–52. <https://doi.org/10.1007/BF00889351>
- Paltrinieri, N., & Reniers, G. (2017). Journal of Loss Prevention in the Process Industries Dynamic risk analysis for Seveso sites. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 49, 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2017.03.023>
- Park, J., Seager, T. P., & Rao, P. S. C. (2011). Lessons in Risk- Versus Resilience-Based Design and Management. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 7(3), 396–399. <https://doi.org/10.1002/ieam.228>
- Paté-Cornell, E. (2012). On "Black Swans" and "Perfect Storms": Risk Analysis and Management When Statistics Are Not Enough. *Risk Analysis*, 32(11), 1823–1833. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2011.01787.x>
- Räddningsverket. (1997). *Värdering av risk*. Karlstad: Statens Räddningsverk.
- Räddningsverket. (2003). *Handbok för riskanalys*. Karlstad: Statens Räddningsverk.
- Rasmussen, J. (1997). Risk management in a dynamic society - A modelling problem. *Safety Science*, 27(2–3), 183–213. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(97\)00052-0](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(97)00052-0)
- Reinhardt, J. C., Chen, X., Liu, W., Manchev, P., & Pat, M. E. (2016). Asteroid Risk Assessment: A Probabilistic Approach. *Risk Analysis*, 36(2), 244–261. <https://doi.org/10.1111/risa.12453>
- Renn, O. (2008). *Risk governance: Coping with uncertainty in a complex world*. *Risk Governance: Coping with Uncertainty in a Complex World* (1:a uppl.). London: Earthscan. <https://doi.org/10.4324/9781849772440>
- Rosenthal, I., Kleindorfer, P. R., & Elliott, M. R. (2006). Predicting and Confirming the Effectiveness of Systems for Managing Low-Probability Chemical Process Risks. *Process Safety Progress*, 25(2), 135–155. <https://doi.org/10.1002/prs>
- Sanders, G. A., Sarkani, S., & Mazzuchi, T. (2013). High Consequence Systems

- Phenomenological Characterization : A Tutorial. *Systems Engineering*, 16(4), 464–472.
<https://doi.org/10.1002/sys>
- Society for Risk Analysis (SRA). (2018). *Society for Risk Analysis Glossary. Encyclopedia of Science and Technology Communication*. Herdon: SRA.
<https://doi.org/10.4135/9781412959216.n276>
- Swedish standards institute (SIS). (2018). *SS-ISO 31000:2018, IDT, Riskhantering - Vägledning*. Stockholm: SIS.
- Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI). (2011). *FOI:s Modell För Risk- Och Sårbarhetsanalys (FORSA)*. Stockholm: FOI.
- Trafikverket & Sveriges Kommuner och Landsting. (2012). *Vägars och gators utformning 2012:199*. Borlänge: Trafikverket.
- Transportstyrelsen. (2016). *Säkerhetsmål för trafikanter i vägtunnlar, järnvägstunnlar och tunnelbana*. Norrköping: Transportstyrelsen.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). (2016). *Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction. United Nations General Assembly*. Genève: UNISDR.
- Veeramany, A., Coles, G. A., Unwin, S. D., Nguyen, T. B., & Dagle, J. E. (2018). Trial Implementation of a Multihazard Risk Assessment Framework for High-Impact Low-Frequency Power Grid Events. *IEEE Systems Journal*, 12(4), 3807–3815.
<https://doi.org/10.1109/JSYST.2017.2737993>
- Veeramany, A., Unwin, S. D., Coles, G. A., Dagle, J. E., Millard, D. W., Yao, J., ... Gouriseti, S. N. G. (2016). Framework for modeling high-impact , low-frequency power grid events to support risk-informed decisions. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 18, 125–137. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.06.008>
- Wahlstrom, B. (1992). Avoiding Technological Risks The Dilemma of Complexity. *Technological forecasting and social change*, 42(4), 351–365.
[https://doi.org/10.1016/0040-1625\(92\)90079-9](https://doi.org/10.1016/0040-1625(92)90079-9)
- Årstad, I., Aven, T. (2017) Managing major accident risk: Concerns about complacency and complexity in practice. *Safety Science*, 91, 114.121.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.08.004>

10.1 Lagar, förordningar och föreskrifter

Kommissionens genomförandeförordning (EU) 402/2013 av den 30 april 2013 om den gemensamma säkerhetsmetoden för riskvärdering och riskbedömning och om upphävande av förordning (EG) nr 352/2009, 2013 EUT (L 121), 3.5.2013

Europaparlamentets och rådets direktiv 2012/18/EU av den 4 juli 2012 om åtgärder för att förebygga och begränsa faran för allvarliga olyckshändelser där farliga ämnen ingår och ändring och senare upphävande av rådets direktiv 96/84/EG, 2012 EUT, (L 197), 24.7.2012

Kommissionens beslut 2012:226/EU av den 23 april 2012 om den andra uppsättningen gemensamma säkerhetsmål för järnvägssystemet, 2012 EUT, (L 115), 27.4.2012

Kommissionens förordning (EU) 1303/2014 av den 18 november 2014 om teknisk specifikation för driftskompatibilitet (TSD) avseende ”säkerhet i järnvägstunnlar” i järnvägssystemet i Europeiska unionen, 2014 EUT, (L 356), 12.12.2014

SFS 1971:948, *Väglag*, Stockholm: Infrastrukturdepartementet

SFS 1977:1160, *Arbetsmiljölagen*, Stockholm: Arbetsmarknadsdepartementet

SFS 1990:1157, *Säkerhet vid tunnelbana och spårväg*, Stockholm: Näringsdepartementet

SFS 1990:1165, *Säkerhet vid tunnelbana och spårväg*, Stockholm: Näringsdepartementet

SFS 1995:1649, *Lag om byggande av järnväg*, Stockholm: Infrastrukturdepartementet

SFS 2003:778, *Skydd mot olyckor*, Stockholm: Justitiedepartementet

SFS 2004:519, *Järnvägslagen*, Stockholm: Näringsdepartementet

SFS 2006:418, *Säkerhet i vägtunnlar*, Stockholm: Näringsdepartementet

SFS 2006:421, *Säkerhet i vägtunnlar*, Stockholm: Näringsdepartementet

SFS 2010:900, *Plan- och bygglagen*, Stockholm: Näringsdepartementet

SSMFS 2018:12 *Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om säkerhet i kärntekniska anläggningar*, Solna: Strålsäkerhetsmyndigheten

SSMFS 2008:17 *Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om konstruktion och utförande av kärnkraftsreaktorer*, Solna: Strålsäkerhetsmyndigheten

TDOK 2016:0231, *Krav vid tunnelbyggande*, Borlänge: Trafikverket

TDOK 2016:0232, *Råd vid tunnelbyggande*, Borlänge: Trafikverket

TSFS 2015:27, *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar m.m.*, Norrköping: Transportstyrelsen

TSFS 2017:119, *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om personsäkerhet i tunnlar och plattformsrums för tunnelbana och spårväg*, Norrköping: Transportstyrelsen

Bilaga A

Lista över litteratur som analyserades i avsnitt 4.5. För kodningskriterierna betyder ”x” ja.

Tabell 7: Kodning av artiklar som används i Scoping Study

Titel	Författare	År	Kvalitativ	Kvantitativ	Beräkning av slh	Process för hantering	Motivering till process	Implementering av process
Trial Implementation of a Multihazard Risk Assessment Framework for High-Impact Low-Frequency Power Grid Events	Veeramany A., Coles G.A., Unwin S.D., Nguyen T.B., Dagle J.E.	2018		x		x		x
Distinguishing between model- and data-driven inferences for high reliability statistical predictions	Hund L., Schroeder B., Rumsey K., Huerta G.	2018		x	x			
Dynamic risk analysis for Seveso sites	Paltrinieri N., Reniers G.	2017	x	x		x	x	
Framework for modeling high-impact, low-frequency power grid events to support risk-informed decisions	Veeramany A., Unwin S.D., Coles G.A., Dagle J.E., Millard D.W., Yao J., Glantz C.S., Gourisetti S.N.G.	2016		x		x	x	
Asteroid Risk Assessment: A Probabilistic Approach	Reinhardt J.C., Chen X., Liu W., Manchev P., Paté-Cornell M.E.	2016		x	x			
Assessment of domino effect: State of the art and research Needs	Necci A., Cozzani V., Spadoni G., Khan F.	2015						
Application of dynamic Bayesian network to risk analysis of domino effects in chemical infrastructures	Khakzad N.	2015		x	x			
Predicting the frequency of abnormal events in chemical process with Bayesian theory and vine copula	Lv C., Zhang Z., Ren X., Li S.	2014		x	x			
On the application of near accident data to risk analysis of major accidents	Khakzad N., Khan F., Paltrinieri N.	2014		x	x			

Probabilistic risk assessment of major accidents: application to offshore blowouts in the Gulf of Mexico	Khakzad N., Khakzad S., Khan F.	2014		x		x		
Risk Management of Domino Effects Considering Dynamic Consequence Analysis	Khakzad N., Khan F., Amyotte P., Cozzani V.	2014		x		x		
The quantification of low-probability-high-consequences events: Part I. A generic multi-risk approach	Mignan A., Wiemer S., Giardini D.	2014	x	x		x	x	
High consequence systems phenomenological characterization: A tutorial	Sanders G.A., Sarkani S., Mazzuchi T.	2013	x			x	x	x
Reliability analysis with scarce information: Comparing alternative approaches in a geotechnical engineering context	Beer M., Zhang Y., Quek S.T., Phoon K.K.	2013		x		x		
Assessing global change when data are sparse	Maes M.A., Dann M.R.	2011		x		x		
Lessons in risk- versus resilience-based design and management	Park J., Seager T.P., Rao P.S.C.	2011	x					
On probability in risk analysis of natural disasters	Emblemsvåg J.	2008	x	x		x	x	x
Operational risk assessment of chemical industries by exploiting accident databases	Meel A., O'Neill L.M., Levin J.H., Seider W.D., Oktem U., Keren N.	2007		x		x		
Predicting and confirming the effectiveness of systems for managing low-probability chemical process risks	Rosenthol I., Kleindorfer P.R., Elliott M.R.	2006	x					
Risk is of all time	Ale B.J.M.	2005	x					
Alternative measures of risk of extreme events in decision trees	Frohwein H.I., Lambert J.H., Haimes Y.Y.	1999		x		x		
The constrained extremal distribution selection method	Lenox M.J., Haimes Y.Y.	1996		x		x		
Avoiding technological risks. The dilemma of complexity	Wahlström B.	1992	x					

Computing risk profiles for composite low-probability high-consequence events	Heimann D.I., Glickman T.S.	1987	x	x
Catastrophe and social order	Orr D.W.	1979	x	

Bilaga B

I detta avsnitt analyseras de artiklar som inkluderades i grupp 2 i Scoping study.

I grupp 2 ingår 13 artiklar som ej behandlar hur HILP-händelser bör hanteras men de presenterar metodiker för att beräkna sannolikheten för denna typ av händelse. Rapporten undersöker olika metoder för att behandla HILP-händelser i riskanalysen. En av dessa metoder kan vara att beräkna sannolikheten, och för att göra detta finns det ett flertal olika beräkningsprocesser, men det är inte rapportens primära fokus att utvärdera specifika beräkningsmetoder. Om sannolikheten för HILP-händelser ska hanteras kvantitativt bör en kartläggning av de olika beräkningsprocesserna genomföras vilket ligger utanför detta arbetes avgränsning.

Sju artiklar föreslår användning av Bayesiansk metodik för att skatta sannolikheten. Tre av dessa använder sig av "near misses" för att uppdatera sannolikheten (Khakzad, Khakzad, & Khan, 2014; Khakzad, Khan, & Paltrinieri, 2014; Lv, Zhang, Ren, & Li, 2014). Två artiklar "lånar" information för att uppdatera sannolikheten (Maes & Dann, 2011; Meel m.fl., 2007). Två artiklar beskriver inte vilken data som används för att uppdatera sannolikheten (Khakzad, 2015; Khakzad, Khan, Amyotte, & Cozzani, 2014). Med "near misses" menas händelser som kunde ha lett till en allvarlig olycka men som ej gjorde det och med "låna" information menas med att man använder data från liknande händelser från hela världen. Tre av de artiklar som använder sig av Bayesiansk teori använder sig av dominoeffekter för att beskriva händelseförloppet för händelser med låg sannolikhet men hög konsekvens (Khakzad, 2015; Khakzad, Khakzad, m.fl., 2014; Khakzad, Khan, Amyotte, m.fl., 2014). Dominoeffekter lyfts även som en viktig aspekt för hanteringen tidigare i rapporten. En artikel använder sig av dominoeffekter för att beskriva händelseförloppet men går ej in djupare på behandling av sannolikheten (Heimann, 1987).

Tre artiklar använder sig av expertbedömning för parameteruppskattning (Beer, Zhang, Tong, & Kwang, 2013; Lenoxl & Haimés, 1996; Reinhardt, Chen, Liu, Manchev, & Pat, 2016). En artikel använder beslutsträd för att kvantifiera och beräkna sannolikheten för dessa händelser (Frohwein, Lambert, & Haimés, 1999).

En artikel utvecklar en metod där syftet är att bedöma hur väl andra metoder är att kvantifiera sannolikheten för HILP-händelser och denna bedömning görs med hjälp av en uppskattning av sannolikhetsfördelningens extremvärden (Hund, Schroeder, Rumsey, & Huerta, 2018).

Bilaga C

En lista över analyserad litteratur som har analyserats för utblick i avsnitt 4.6.

Tabell 8: Lista över analyserad litteratur för avsnittet utblick.

Titel:	Författare:	År:
A new definition of complexity in a risk analysis setting	Jensen, Anders Aven, Terje	2018
A risk interpretation of sociotechnical safety perspectives	Aven, Terje Ylönen, Marja	2018
Improving risk characterisations in practical situations by highlighting knowledge aspects, with applications to risk matrices	Aven, Terje	2017
Managing major accident risk: Concerns about complacency and complexity in practice	Årstad, Ingrid Aven, Terje	2017
A new perspective on how to understand, assess and manage risk and the unforeseen	Aven, Terje Krohn, Bodil S.	2014
Defining complexity for risk assessment of sociotechnical systems: A conceptual framework	Johansen, Inger Lise Rausand, Marvin	2014
Drifting into failure: theorising the dynamics of disaster incubation	Dekker, Sidney Pruchnicki, Shawn	2014
On "Black Swans" and "Perfect Storms": Risk Analysis and Management When Statistics Are Not Enough	Paté-Cornell, Elisabeth	2012
Risk management in a dynamic society - A modelling problem	Rasmussen, Jens	1997

Bilaga D

Lista med litteratur som analyserades i avsnitt 5.

Tabell 9: Litteratur som analyserades i avsnittet Grå litteratur.

Titel:	Författare:	År:
Industri med farlig verksamhet:		
Säkerhetsrapport - Ett stöd vid det systematiska arbetet med att upprätta, förnya och granska en säkerhetsrapport	MSB	2016
Olycksrisker och MKB - Att integrera risk- och säkerhetsfrågor i MKB-processen	MSB	2012
Handbok för riskanalys	Räddningsverket	2003
Värdering av risk	Räddningsverket	1997
Katastrofriskhantering		
Vägledning för risk- och sårbarhetsanalyser	MSB	2011
FOI:s Modell för risk- och sårbarhetsanalys (FORSA)	FOI	2011
ROSA – en metod för risk- och sårbarhetsanalyser	Länsstyrelsen för Kronobergs län	2003
Offshore olja- och gasindustri		
Black swans - An enhanced perspective on understanding, assessing and managing risk	Norsk olje & gass	2017
Guidance note - Risk Assessment	NOPSEMA	2017
Assessment Principles for Offshore Safety Cases (APOSC)	Offshore Safety Regulator (OSDR)	Directive 2016
Enhanced Risk Assessment and Management	Norsk Olje & Gass	2015
Vägledning till regelverken offshore -Olja & Gas	OffshoreVäst	2014
Guidance note - Hazard Identification	NOPSEMA	2012
Kärnkraft		
Attributes of Full Scope Level 1 Probabilistic Safety Assessment (PSA) for Applications in Nuclear Power Plants. IAEA-TECDOC-1804.	IAEA	2016
DiD-PSA: Development of a Framework for Evaluation of the Defence-in-Depth with PSA. 2015:04	Strålsäkerhetsmyndigheten	2015
Utblick		
Blackett Review of High Impact Low Probability Risks Government Office for Science	Government Office for Science	2011

Bilaga E

Nedan presenteras de frågor som användes som underlag för intervjuerna.

Del 1

Syftar till att förstå bakgrund kring hur hen arbetar med riskanalys och om det finns några problem idag.

1. Vad är din yrkesroll?
2. Vilken erfarenhet har du av att göra riskanalyser?
3. Kan du berätta lite om hur processen kring en riskanalys ser ut?
4. Hur brukar du arbeta med händelser med låg sannolikhet och högkonsekvens?
5. Ser du något problem med hur dessa behandlas idag?
6. Vad fungerar bra idag?
7. Vad tycker du är den största utmaningen med händelserna?

Del 2

Syftet med denna del är att testa de "hypoteser" som teorin står bakom.

8. Hur går tankarna när man väljer vilka händelser som ska inkluderas i riskanalysen?
9. Hur tänker ni kring sannolikheten för dessa händelser? Gör ni det kvantitativt eller kvalitativt?
10. Även om det är svårt att kvantifiera så försöker man ju ofta göra det, till exempel genom att titta på liknande händelser. Men det kanske egentligen inte stämmer överens med verkligheten, hur tänker du kring det?
11. Hur mycket fokus läggs på sannolikhet jämfört med konsekvenser?
12. Vad tror ni om att inte kvantifiera sannolikheten, och istället fokusera på att skapa sig en helhetsbild där man inte går in på detalj kring specifika händelser, och där fokus sedan blir att minska konsekvenser?

Del 3

Syftet med denna del är att blicka framåt och undersöka vad som kan vara en lösning på problemet (om intervjupersonen upplever att det finns ett problem).

13. Har du några förslag på hur situationen kan förbättras?