

Bilaga A - Frekvensberäkningar

Uppdragsnamn

Ribban 7

Uppdragsgivare

Svefa AB, Fagersta

Uppdragsnummer

511025

Datum

2024-09-10

Handläggare

Felicia Klint

Egenkontroll

FKT 2024-06-07

Internkontroll

EMM 2024-06-07

FKT 2024-09-10

1. Inledning

I denna bilaga beräknas frekvensen för de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för bebyggelse inom det studerade planområdet. I den inledande analysen /1/ bedöms en fördjupad analys av följande olycksscenarier som nödvändig:

TGOJ-järnvägen

- Ursparning
- Tågbrand
- Olycka vid transport av LNG (farligt gods klass 2.1)

Hamnvägen

- Olycka vid transport av brandfarliga gaser (tankbil och gasolflaskor) och vätskor (drivmedel)

2. TGOJ-Järnväg

2.1 Förutsättningar och indata

I tabell A.1 nedan visas de förutsättningar som gäller för TGOJ-järnvägen.

/1/ Inledande riskanalys – Ribban 5 och 7, upprättad av Brandskyddslaget daterad 2021-01-14.

Tabell A.1. Förutsättningar för TGOJ-järnvägen – Indata till frekvensberäkningar. På järnvägen går det inte några persontåg.

Faktor	Antal 2024
Järnvägssträcka	1 km
Hastighetsbegränsning (km/h):	
- Persontåg	-
- Godståg	100 km/h
Årsmedeldygnstrafik (tåg per dygn):	
- Persontåg	-
- Godståg	7 per dygn
Olyckskvoter per tågkm	
- Persontåg	-
- Godståg*	25E-08 /2/
Antal farligt godsvagnar per år	Ca 76 600
Andel av godsvagnar som rymmer farligt gods***	5,1%

* Olyckskvot för spår med växlar

** Antaget att en tågtransport innefattar 30 vagnar.

2.2 Beräkningar järnvägsolycka

I detta avsnitt beräknas frekvensen för järnvägsolycka på den aktuella järnvägssträckan där denna passerar planområdet. Avsnittet behandlar först skadescenariot urspårning, där resultatet sedan nyttjas för frekvensberäkningar för scenarier förknippade med transporter av farligt gods.

2.2.1 Urspårning

En urspårning kan medföra att de urspårade järnvägsvagnarna hamnar en bit från spåret. Urspårningen kan då leda till skador inom planområdet även om tåget inte rymmer farligt gods. Huruvida personer i planområdet skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning.

Frekvensen för urspårning beräknas utifrån olyckskvot för urspårning förknippade med tågtyp samt spårutformning enligt uppgifter som redovisas i *Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone /2/*. Beräkningarna utgår från olyckskvoten $25 \cdot 10^{-8}$ per tågkm, vilket är för spår med växlar.

Ytterligare järnvägsolyckor som kan medföra efterföljande olycksscenarier är kollisioner, antingen mellan spårfordon och i plankorsningsolyckor. Enligt /3/ bedöms sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje vara så låg att den försvinner i den allmänna osäkerheten. Därför beaktas skadescenariot inte vidare i de fortsatta beräkningarna.

/2/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002

/3/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

Frekvensen för urspårning beräknas för persontåg respektive godståg på en **1 km järnvägssträcka** i anslutning till det aktuella planområdet. Beräkningarna utgår från olyckskvot för **spår med växlar**. Frekvensen utförs för trafiksiffror utifrån given information från verksamheten.

- Urspårning godståg: 6,4E-04 urspårningar per år

Den genomsnittliga olyckskvoten för tågtrafik i Sverige, under perioden 2001-2015 /4, 5/, är ca 7E-08 per tågkm. För aktuell sträcka och trafikering skulle detta motsvara 1,8E,4 urspårningar per år vilket är lägre än ovan. Statistiken över bantrafikskador redovisar dock ingen fördelning av antalet urspårning för persontåg respektive godståg. Det kan dock konstateras att för den aktuella perioden så utgör persontågskm ca 70 % av det totala antalet tågkm i Sverige. På den aktuella järnvägssträckan förekommer enbart godstrafik och inga persontåg, detta kan bidra till att den beräknade urspårningssekvensen är högre än för den genomsnittliga olyckskvoten.

Urspårning i anslutning till bebyggelse

Vid en urspårning så är det troligaste följdscenariot att ett hjulpar hoppar av rälen och tåget förblir upprätt inom några enstaka meter från spåret. Sannolikheten att de urspårade vagnarna lämnar spårområdet är begränsad. Beroende på tågets hastighet och längd, rälsens kvalitet, förekomst av främmande föremål på spåret, omgivningens topografi etc. kan dock tåget spåra ur och hamna utanför spårområdet. Då kan människor utomhus skadas om de står i vägen för tåget. Om tåget kör in i byggnader nära spårområdet kan delar av byggnaden skadas.

Skadeområdet understiger i princip alltid 25-30 meter vinkelrätt ut från spåret (om järnvägen ligger mycket högre än omgivningen kan skadeområdet bli större). Detta skadescenario motsvarar en helt snedställd tågagn. Sannolikheten för detta värsta tänkbara scenario är mycket låg.

De fortsatta frekvensberäkningarna för urspårning och dess påverkan på kringliggande bebyggelse utförs utifrån den metodik som redovisas i UIC Code 777-2 R /2/.

I avsnitt 2.1 ovan redovisas urspårningsfrekvensen för urspårning på en 1 km lång järnvägssträcka i höjd med det aktuella planområdet. Vid beräkning av hur mycket urspårningen påverkar risknivån inom områdena utmed järnvägen och sannolikheten för att ett urspårat tåg kolliderar med intilliggande bebyggelse används först en reducerande faktor som motsvarar den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret. Denna faktor beräknas som $V^2/80$, där V är tågets hastighet (km/h) vid urspårningstillfället.

Frekvensen för urspårning i anslutning till bebyggelse per år (F_1) beräknas med följande ekvation:

$$F_1 = F_r \times d \times 10^{-3} \quad \text{där}$$

F_r = urspårningsfrekvens per km (se avsnitt 2.1)

d = den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret, vilket beräknas som $V^2/80$, där V är tågets hastighet (km/h) vid urspårningstillfället

$$d_{\text{godståg, 100 km/h}} = 100^2/80 = 125 \text{ m}$$

/4/ Bantrafikskador 2015 (Statistikrapport 2016:20), Trafikanalys

/5/ Bantrafik 2017 (Rapportnr 2018:17), Statistikrapport från Trafikanalys

Sannolikheten för kollision med byggnad kan beräknas som funktion av avståndet från spåret enligt följande ekvation för dubbelspår:

$$P_2 = \left(\left(\frac{b-a}{b} \right)^2 + \left(\frac{b-(a+4,2)}{b} \right)^2 \right) \times 0,25 \times \frac{c}{d}$$

d = den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret, vilket beräknas som $V^2/80$, där V är tågets hastighet (km/h) vid urspårningstillfället

b = det maximala vinkelräta avståndet (m) från spåret som vagnen kan hamna, vilket beräknas som $V^{0,55}$

$$b_{\text{godståg, 100 km/h}} = 100^{0,55} = 12,6 \text{ m}$$

a = vinkelrätt avstånd (m) mellan spårmittpunkt och byggnad

c = det, längs spåret, parallella avståndet inom vilket byggnad löper risk att träffas av urspårad vagn på ett avstånd a , vilket beräknas med ekvationen:

$$c = \frac{d}{b} \times (b - a) \text{ om } b > a. \text{ Är } b < a \text{ blir } c = 0.$$

Sannolikheten för byggnadskollaps till följd av kollision beräknas vidare med följande ekvation:

$$P_3 = \left(1 - \frac{2}{3} \times \frac{t \times (2b - 2a - t)}{(b - a)^2} \right) \times \alpha \quad \text{för} \quad b - t - a > 0 \quad \text{där}$$

t = det vinkelräta avståndet (m) från spåret där den urspårade vagnens hastighet sjunkit under 60 km/h, vilket beräknas med ekvationen:

$$t = \frac{a \times d'}{d - d'}$$

a = se ovan

d' = det, längs spåret, längsta avståndet som den urspårade vagnen kan gå, där hastigheten överstiger eller är lika med 60 km/h. Antaget 45 m/2/.

α = sannolikheten för ras beroende av konstruktionens robusthet. $\alpha = 1$ innebär att alla kollisioner där hastigheten överstiger 60 km/h leder till ras.

$$F_{1, \text{godståg}} = 6,4 \cdot 10^{-4} \times 125 \times 10^{-3} = 8,0 \cdot 10^{-5}$$

I tabell A.2 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på urspårning på den aktuella järnvägssträckan.

Tabell A.2. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka. Avståndet utgår från närmaste genomgående spår.

a (meter)	P_2	P_3	Frekvens kollision ($F_1 \times P_2$)	Frekvens byggnadskollaps ($F_1 \times P_2 \times P_3$)
0	36,1%	100,0%	2,9E-05	2,9E-05
1	27,4%	93,7%	2,2E-05	2,1E-05
2	20,3%	86,6%	1,6E-05	1,4E-05
3	14,5%	78,6%	1,2E-05	9,1E-06
4	10,0%	69,6%	8,0E-06	5,6E-06
5	6,6%	59,7%	5,2E-06	3,1E-06
6	4,1%	49,2%	3,2E-06	1,6E-06
7	2,3%	39,2%	1,9E-06	7,3E-07
8	1,2%	33,4%	9,7E-07	3,2E-07
9	0,6%	0,0%	4,8E-07	0,0E+00
10	0,3%	0,0%	2,4E-07	0,0E+00
11	0,2%	0,0%	1,5E-07	0,0E+00
12	0,1%	0,0%	7,9E-08	0,0E+00
13	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00
14	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00
15	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00
16	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00

2.2.2 Brand i godståg

I underredet till en järnvägsvagn sitter ett flertal olika komponenter och system som kan orsaka rökutveckling eller brand. Orsakerna till bränder i tåg är bland annat tekniska fel som t.ex. el-, motor- eller bromsfel. Tågbränder kan också starta inne i järnvägsvagnen, till följd av t.ex. elfel. Inne i vagnen kan även anlagda bränder vara en möjlig brandorsak.

Enligt statistik från Trafikverket så rapporterades 107 brandhändelser i godståg under perioden januari 2002 till juli 2012 /6, 7/. Under motsvarande tidsperiod producerades ca 0,44 miljarder godstågskm på järnvägen /8,9/. Detta ger en total olyckskvot på $2,4 \cdot 10^{-7}$ bränder per godstågskm.

Utifrån den redovisade statistiken i /7/ kategoriseras tågbränderna utifrån brandstorlek där statistiken visar på följande fördelning, se tabell A.3.

/6/ Tunnelsäkerhet Dimensionerande brandeffektkurvor i godståg (Trafikverket publ.nr. 2016:117), Brandskyddslaget AB på uppdrag av Trafikverket, 2016

/7/ PM Statistik godståg (Trafikverket rapport 101107-22-025-121), Brandskyddslaget på uppdrag av Trafikverket, 2015

/8/ Bantrafik 2006, Statens institut för kommunikationsanalys Rapport 2008:2

/9/ Bantrafik 2012, Trafikanalys, Statistik Rapport 2013:28

Tabell A.3. Fördelning av brandstorlek vid brand i godståg.

Kategori	Beskrivning	Andel
Mycket stor brand	Branden är så stor att motsvarande en hel vagn blivit utbränd eller att beskrivningen i insatsrapporten visar på en brand som varit svårt att släcka p.g.a. intensitet eller omfattning.	3,7%
Stor brand	Branden är så stor att det krävs mer än en handbrandsläckare för att släcka den. Detta bedöms likvärdigt med att branden är större än 1 MW.	32,7%
Liten brand	Branden har självslocknat eller släckts med maximalt en handbrandsläckare.	46,7%
Väldigt liten brand	I händelsebeskrivningen beskrivs endast rökutveckling och ingen faktisk brand.	16,8%

I tabell A.4 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på brand i godståg på den aktuella järnvägssträckan.

Tabell A.4. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för brand i godståg på aktuell järnvägssträcka.

Scenario	Frekvens [per år]
Brand i godståg	6,1E-04
Mycket stor brand (3,7 %)	2,3E-05
Stor brand (32,7 %)	2,0E-04
Liten brand (46,7 %)	2,9E-04
Väldigt liten brand / rökutveckling (16,8 %)	1,0E-04

2.3 Järnvägsolycka med farligt gods

2.3.1 Allmänt

Olycksfrekvensen för järnvägsolycka med farligt gods beräknas utifrån motsvarande metodik som redovisas i avsnitt 2.1. Med hänsyn till potentiella följdscenarier så kommer beräkningarna att omfatta dels **järnvägsolycka utan brand** ($F_{\text{urspärning}} + F_{\text{sammanstötning}}$) och dels **järnvägsolycka med brand** ($F_{\text{tågbrand}}$).

Frekvensberäkningarna för järnvägsolycka med godståg innefattar även farligt godsvagnar.

Sannolikheten för att en farligt godsvagn ingår i det olycksdrabbade tåget och påverkas av olyckan beräknas utifrån andelen farligt godsvagnar i förhållande till det totala antalet godsvagnar (X).

Järnvägsolycka utan brand: Följdscenarier med farligt gods vid järnvägsolycka utan brand förknippas med starka påkänningar till följd av t.ex. att vagnar spårar ur eller påverkas av motsvarande kraftiga påkänningar. Vid en urspärning spårar i genomsnitt 3,5 vagnar ur /10/. Sannolikheten för att en farligt godsvagn spårar ur beräknas då utifrån följande ekvation:

$$P = 1 - (1-X)^{3,5}$$

Järnvägsolycka med brand: Sannolikheten för att en farligt godsvagn utsätts för brandpåverkan beräknas utifrån ekvationen: $P = X$.

I tabell A.5 redovisas den förväntade frekvensen för järnvägsolycka med farligt gods. Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för järnvägsolycka med farligt godsvagn är oberoende av vilken last som ryms i vagnarna, d.v.s. fördelningen av olyckor mellan de olika farligt godsklasserna är direkt kopplad till andelen av respektive klass. Det antas att ca 5,1 % av den totala godsmängden per år utgör farligt gods.

Tabell A.5. Beräknad olycksfrekvens för olycka med farligt godstransport (totalt samt per farligt godsklass) på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
klass 1	0,00%	0,0E+00
Klass 2	97,34%	1,0E-04
klass 3	0,00%	0,0E+00
klass 4	2,66%	2,8E-06
klass 5	0,00%	0,0E+00
klass 6	0,00%	0,0E+00
klass 7	0,00%	0,0E+00
klass 8	0,00%	0,0E+00
klass 9	0,00%	0,0E+00
Totalt		1,1E-04

I tabell A.6 redovisas den förväntade frekvensen för järnvägsolycka med brand i farligt godsvagn. Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för järnvägsolycka är oberoende av vilken last som ryms i vagnarna, d.v.s. fördelningen av olyckor mellan de olika farligt godsklasserna är direkt kopplad till andelen av respektive klass.

Tabell A.6. Beräknad olycksfrekvens för olycka med farligt gods med brand (totalt samt per farligt godsklass) på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
Klass 1	0,00%	0,0E+00
Klass 2	97,34%	3,0E-05
Klass 3	0,00%	0,0E+00
Klass 4	2,66%	8,3E-07
Klass 5	0,00%	0,0E+00
Klass 6	0,00%	0,0E+00
Klass 7	0,00%	0,0E+00
Klass 8	0,00%	0,0E+00
Klass 9	0,00%	0,0E+00
Totalt		3,1E-05

Utifrån resultatet av tabell A.5 och tabell A.6 beräknas att järnvägsolycka med brand (3,1E-05 per år) utgör ca 23 % av den totala frekvensen för olycka med farligt gods (d.v.s. järnvägsolycka utan brand 1,1E-04 per år + järnvägsolycka med brand 3,1E-05 per år).

2.3.2 Klass 2.1 – Brännbara gaser

Allmänt

Utifrån den inledande analysen är det LNG i klass 2.1 som kommer att förekomma på den aktuella sträckan. Enligt analysen ska gasen transporteras tryckkondenserade i vacuumisolerade dubbelmantlade tankar med hög hållfasthet. Enligt uppgifter planeras även för leveranser i vätskefas.

Sannolikheten för läckage av farligt gods till följd av järnvägsolycka varierar beroende på om godset transporteras i en tunn- eller tjockväggig vagn. Eftersom LNG transporterna kommer att vara tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl är sannolikheten för utsläpp är mycket låg. Generellt gäller att tjockväggiga tankar har en sannolikhet för läckage som är 1/30 av den för tunnväggiga tankar /10/. För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 %.

Observera att det i /10/ redovisas en *not* att de sannolikheter som är angivna för tjockväggiga tankar främst har angetts för att markera att sannolikheten för utsläpp är mycket nära 0. Med hänsyn till detta kommer utsläppsfördelningen att utgå från ovanstående uppgifter om en generell reducering av sannolikheten för utsläpp från tjockväggiga tankar i förhållande till tunnväggiga tankar. För tjockväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp då 1 %.

I /10/ anges en fördelning mellan olika utsläppsstorlekar för järnvägstankar givet utsläpp: litet (62,5 %); medelstort (20,8 %); stort utsläpp (16,7 %). Värdena avser både tunnväggiga och tjockväggiga vagnar.

I konsekvensberäkningarna studeras endast litet respektive stort läckage. I de fortsatta beräkningarna antas det grovt att samtliga medelstora utsläpp motsvarar stora utsläpp. Sannolikheten för litet (punktering) respektive stort utsläpp givet olycka är då ca 0,625 % respektive ca 0,375 %.

Klass 2.1. Brännbara gaser

För brännbara gaser kan tre scenarier antas uppstå beroende på typen av antändning:

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck.
- *Gasmolnexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck.
- *Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE)*: gasexplosion där hela en tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en brand under en längre tid vilket hettar upp den kondenserade gasen så att den kokar upp och expanderar tills tanken exploderar.

Beroende på utsläppsstorleken varierar sannolikheten för direkt respektive fördröjd antändning. För utsläpp på järnväg finns fördelningsstatistik /11/:

	Litet	Stort
• omedelbar antändning: (jetflamma)	10 %	20 %
• fördröjd antändning: (gasmolnexplosion/gasmolnsbrand)	0 %	50 %
• ingen antändning:	90 %	30 %

Enligt *VROM – Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book"* /12/ kan vidare fördelningen mellan gasmolnsbrand och gasmolnexplosion givet en fördröjd antändning ansättas till 60 respektive 40 %.

En **BLEVE** antas kunna uppstå i en oskadad tankvagn utan fungerande säkerhetsventil antingen om en stor jetflamma från intilliggande skadad tank är riktad direkt mot tanken eller om järnvägsolyckan omfattar en tågbrand som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning.

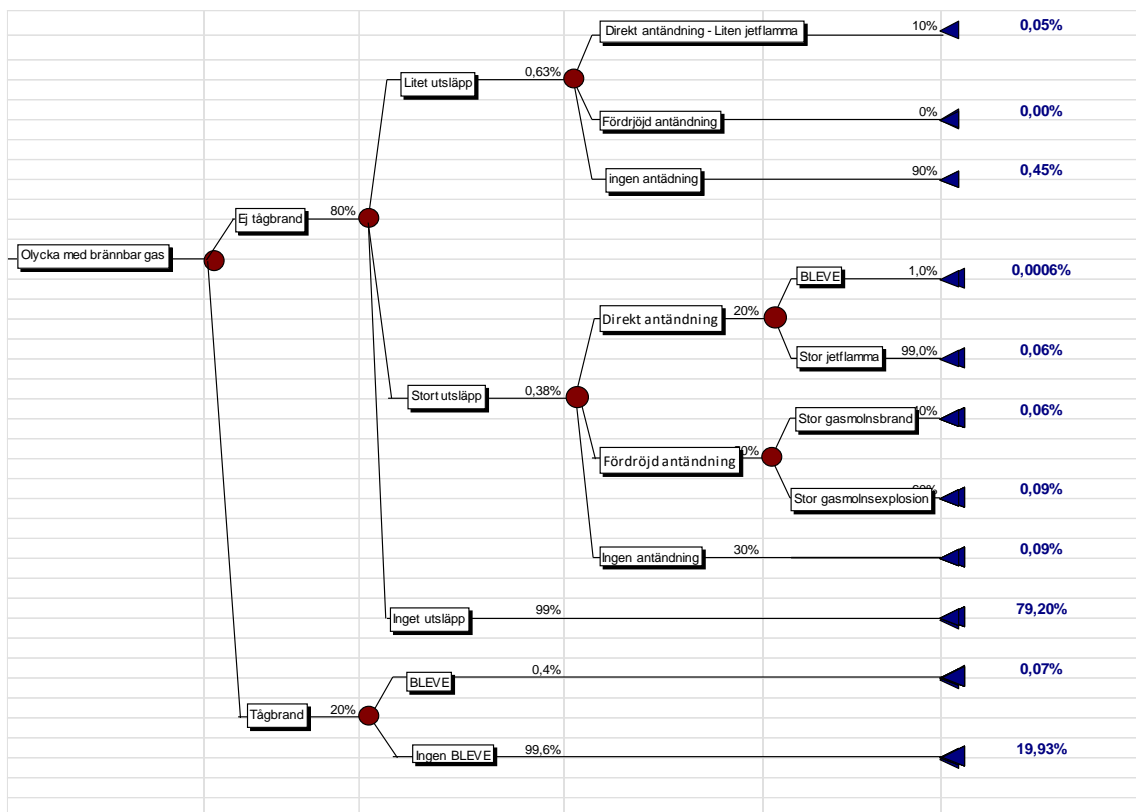
Sannolikheten för att förhållandena kring något av dessa scenarier är sådana att en BLEVE uppstår bedöms vara mycket låg, uppskattningsvis mindre än 1 % för respektive scenario.

Sannolikheten för BLEVE till följd av tågbrand antas (p.g.a. att det förutsätter en icke fungerande säkerhetsventil m.m.) endast vara 10 % givet en mycket stor brand i godsvagn. Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 3,7 % enligt avsnitt 2.2.2 (se tabell A.3).

Beräknade frekvenser för olika olyckshändelser redovisas i figur A.1 och tabell A.7.

/11/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993

/12/ Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book". Ministerie van Verkeer en Waterstaat (VROM), Nederländerna, 2005



Tabell A.7. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 2.1	1,3E-04
Urspårning	1,0E-04
Tågbrand	3,0E-05
Direkt antändning av litet utsläpp - jetflamma	6,7E-08
Fördröjd antändning av litet utsläpp	0,0E+00
Direkt antändning av stort utsläpp - jetflamma	8,0E-08
Fördröjd antändning av stort utsläpp	2,0E-07
-Stor gasmolnsbrand	8,1E-08
-stor gasmolnsexplosion	1,2E-07
BLEVE	1,0E-07
-pga jetflamma	8,1E-10
-pga brand i godsvagn	9,9E-08

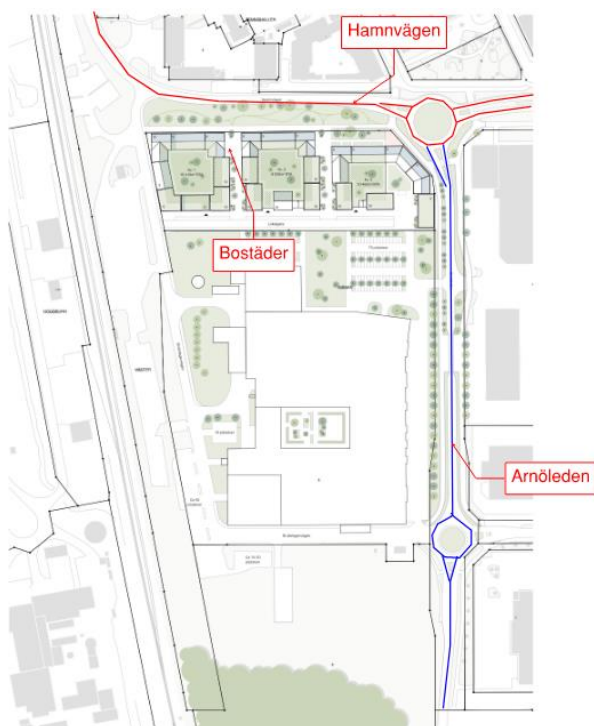
3. Hamnvägen

3.1 Förutsättningar och indata

I den inledande och den fördjupande analysen studeras exploateringsområdet söder om Hamnvägen och väster om Arnöleden. Enbart Hamnvägen är en rekommenderad väg för transporter av farligt gods, men det förekommer enstaka transporter av gas till lokala verksamheter på Arnöleden. Aktuella vägar förbi områden illustreras i figur A.2.

Vägarna har ett körfält i respektive riktning.

Hastighetsbegränsningen på sträckorna utmed planområdet är 50 km/h för Hamnvägen och Arnöleden och 30 km/h.



Figur A.2 Studerade sträckor utmed planområdet.

3.1.1 Trafik

Hamnvägen utgör en sekundär transportled för farligt gods utmed aktuellt planområde. Att vägen är en sekundär transportled innebär att vägen rekommenderas att användas för transporter av farligt gods till och från verksamheter i anslutning till vägen. Däremot tillåts inte genomfartstransporter. Restriktionerna för genomfartstransporter innebär att mängden farligt gods på en sekundär transportled kan uppskattas utifrån vilka verksamheter som ligger i anslutning till vägen. Från den inledande analysen framkom det att det i huvudsak är följande verksamheter som kan tänkas generera transporter med farligt gods förbi det aktuella området:

- Woody Bygghandel (transporter av gasolflaskor samt styckegods)
- Gasolmacken (tanktransporter av gasol)
- OKQ8 (transporter av drivmedel (bensin, diesel, etanol samt gasolflaskor))

Woody och Gasolmacken får leveranser av gasol 1 gång/vecka. Woody får leveranser av gasolflaskor och Gasolmacken i tankbil.

Transporter till OKQ8 uppskattas till 2-3 drivmedelstransporter i veckan och en transport med gasolflaskor.

I huvudrapporten framkommer det att det idag går upp mot 13 700 fordon/dygn vilken har använts i beräkningarna nedan.

3.1.2 Framtid

Inga nya verksamheter planeras i området vilket kan generera transporter av farligt gods på aktuella vägar.

3.1.3 Indata till frekvensberäkningarna

Den fördjupade riskanalysen baseras på trafiksiffror för nuläge. Siffrorna bedöms inte ändras i större utsträckning framtiden då enbart transporter till närliggande områden förekommer på vägarna. I analysen har det inte identifierats några planer på nya verksamheter som kan öka antalet transporter med farligt gods. En ökning av transporter har däremot analyserats i en känslighetsanalys, se bilaga C.

Mängden transporterad farligt gods utgår från kartläggningen i den inledande analysen /1/ vilket beskrivs i avsnitt 3.1.1 ovan. Eftersom Hamnvägen är en rekommenderad väg för farligt gods samt den mest trafikerade vägen kommer frekvensberäkningarna för farligt gods konservativt utgå från denna väg. På Arnöleden kommer enbart enstaka transporter av farligt gods förekomma, denna väg är ej klassad för farligt gods.

I tabell A.8 redovisas antagen fördelning samt antal transporter av respektive farlig godsklass utifrån trafiksiffrorna.

Tabell A.8 Uppskattad fördelning och antal transporter av farligt gods på respektive vägar

Klass	Hamnvägen*	
	Andel	Antal FaGo per år
1. Explosiva ämnen och föremål	0,0%	0
2. Gaser	50,0%	156
3. Brandfarliga vätskor	50,0%	156
4. Brandfarliga fasta ämnen	0,0%	0
5. Oxiderande ämnen, organiska peroxider	0,0%	0
6. Giftiga ämnen	0,0%	0
7. Radioaktiva ämnen	0,0%	0
8. Frätande ämnen	0,0%	0
9. Övriga farliga ämnen och föremål	0,0%	0
Totalt	0,0%	312

* Beräkningarna utgår från Hamnvägen.

3.2 Beräkningar Trafikolycka

I detta avsnitt beräknas frekvensen för trafikolycka på aktuella vägsträckor där dessa passerar planområdet. Avsnittet behandlar först skadescenariot trafikolycka, där resultatet sedan nyttjas för frekvensberäkningar för scenarier förknippade med transporter av farligt gods. Frekvensberäkningarna utförs utifrån den metodik som presenteras i MSB:s rapport "Farligt gods – riskbedömning vid transport" /14/.

Beräkningarna utgår från den indata som redovisas i avsnittet ovan samt i huvudrapporten avseende faktorerna:

- Antal fordonskilometer (fkm) – aktuell sträcka x antal fordon
- Vägstandard
- Hastighetsbegränsning

3.2.1 Trafikolycka allmänt

Frekvensen för en trafikolycka på den aktuella vägsträckan beräknas utifrån en schablonolyckskvot enligt /14/ med hänsyn till aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning. För den aktuella sträckan blir den genomsnittliga olyckskvoten 1,2 trafikolyckor per 10⁶ fordonskilometer.

Vid beräkning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

$$\text{Antal förväntade fordonsolyckor} = O = \text{Olyckskvot} \times \text{Totalt trafikarbete} \times 10^{-6}$$

Där det totala trafikarbetet per år beräknas enligt följande:

$$\text{Totalt trafikarbete} = 365 \times \text{ÅDT} \times \text{Aktuell vägsträcka}$$

Frekvensen för trafikolycka beräknas utifrån maximala trafiksiffror på den aktuella vägsträckan. Frekvensen beräknas för total trafik på en **1 km vägsträcka** i anslutning till den aktuella planområdet.

/14/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

Hamnvägen: $O = 1,2 \times (365 \times 10400 \times 1,0) \times 10^{-6} = 4,6$ olyckor per år

3.2.1.1 Fordonsbrand

En fordonsbrand kan antingen uppstå till följd av en trafikolycka eller till följd av fordonsfel. Det statistiska underlag som ska användas för beräkning av frekvensen för fordonsbrand går dock inte att dela upp avseende dessa två scenarier. Detta beror på underlaget utgör antalet fordonsbränder i Sverige vid polisrapporterade vägtrafikolyckor och huruvida trafikolyckan startade som en fordonsbrand eller om branden uppkom till följd av trafikolyckan går ej att urskilja.

Under åren 1994-1999 rapporterades årligen i genomsnitt 64,7 fordonsbränder i Sverige vid polisrapporterade vägtrafikolyckor till Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS) /15/. Under motsvarande år rapporterades ca 15 700 trafikolyckor med personskada per år /16/. Utifrån detta så uppskattas sannolikheten för brand i fordon vid olycka till ca 0,4 % (64,7 / 15 700). Detta bedöms vara ett konservativt antagande då de polisrapporterade olyckorna med personsador inte utgör samtliga olyckor som kan leda till fordonsbrand.

3.2.1.2 Trafikolycka med farligt gods

Den förväntade frekvensen för en trafikolycka där farligt godstransport är inblandad beräknas utifrån följande ekvation /14/:

$$O_{FaGo} = O \times (X \times Y) + (1 - Y) \times (2X - X^2)$$

där

X = Andelen transporter skyltade med farligt gods (antal farligt godstransporter delat med totalt antal fordon).

Y = Andelen singelolyckor på vägdelen.

Andelen singelolyckor ansätts utifrån uppgifter i /14/ med hänsyn till aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning. För aktuella sträckor blir värdet på Y maximalt 15 %.

Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för trafikolycka är oberoende av vilken last som ryms i lastbilen, d.v.s. sannolikheten för att en farlig godstransport är inblandad är direkt kopplad till hur stor andel av det totala antalet transporter som rymmer farligt gods. Fördelningen av olyckor mellan de olika klasserna antas därmed vara densamma som andelen av respektive klass enligt tabell A.8.

I tabell A.9 redovisas den beräknade frekvensen för trafikolycka med farligt gods på Hamnvägen.

/15/ Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS), uppgifter erhållna av Arne Land, Statens Väg- och Transportforskningsinstitut 2003-05-27

/16/ Vägtrafikskador 2004, Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), Rapport 2005:14, 2005

Tabell A.9 Beräknad olycksfrekvens per farlig godsklass på studerad vägsträcka.

Scenario	Frekvens [per år] Hamnvägen	
	Andel	Frekvens
Klass 1	0,0%	0,0E+00
Klass 2	50,0%	3,5E-04
klass 3	50,0%	3,5E-04
klass 4	0,0%	0,0E+00
Klass 5	0,0%	0,0E+00
Klass 6	0,0%	0,0E+00
Klass 7	0,0%	0,0E+00
klass 8	0,0%	0,0E+00
klass 9	0,0%	0,0E+00
Totalt		6,9E-04

3.2.1.3 Klass 2.1 Brännbara gaser

På aktuella vägar kan transporter av gasol förekomma vilket tillhör ADR-klass 2.1 (brännbara gaser).

Enligt tidigare riskinventering /1/ förekommer det tre transporter i veckan totalt till kringliggande verksamheter där transporter kan förekomma på Hamnvägen.

Transportsättet påverkar följdscenarierna vid olycka med gas. De identifierade transportererna transporterar gasol dels med gasflaskor, dels i tank.

Sannolikheten för utsläpp av farligt gods till följd av en trafikolycka (Index för farligt godsolyckor) ansätts utifrån uppgifter i /14/ med hänsyn till aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning. För aktuell motorvägssträcka blir sannolikheten för utsläpp 3 %.

Transporter med tankbil

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek, vilket innebär högre tålighet. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset då sänks till 1/30 /14/. Sannolikheten för läckage av gas blir då 3 %·1/30 = 0,1 %.

Givet utsläpp antas fördelningen mellan olika läckagestorlekar till följande i enlighet med /14/:

- Litet läckage: 62,5 %
- Medelstort läckage: 20,8 %
- Stort läckage: 16,7 %

För brännbara gaser kan följande scenarier antas uppstå beroende på typen av antändning:

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- *Gasmolnexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck
- *BLEVE*: Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion kan uppkomma om tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en utbredd brand under en längre tid.

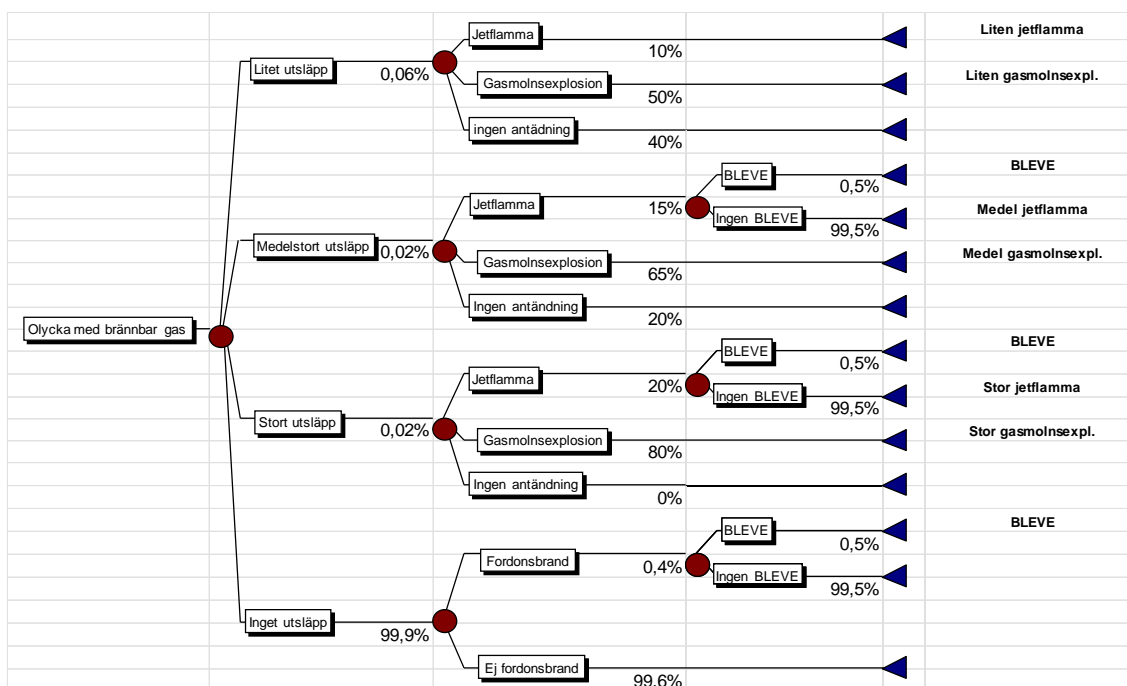
För utsläpp vid trafikolycka med tankbil ansätts följande fördelning över sannolikhet för antändning beroende på utsläppsstorlek /17/:

	Litet utsläpp	Medelstort utsläpp	Stort utsläpp
• Jetflamma (omedelbar antändning):	10 %	15 %	20 %
• Gasmolnexplosion (fördröjd antändning):	50 %	65 %	80 %
• ingen antändning:	40 %	20 %	0 %

En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank utan fungerande säkerhetsventil antingen om en medelstor eller stor jetflamma från intilliggande skadad tank är riktad direkt mot tanken eller om trafikolyckan leder till fordonsbrand som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre tid. Sannolikheten för att förhållandena kring något av ovanstående scenarier är sådana att en BLEVE uppstår bedöms dock vara mycket låg, uppskattningsvis mindre än 0,5 % för respektive scenario.

Figur A.3 redovisar händelsesträd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbar gas i flaskpaket. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.10.

/17/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993



Figur A.3 Händelsetråd över olycka med transport av brännbar gas (klass 2.1) där gasen transporteras i tankbil.

Tabell A.10 Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbar gas i tankbilar på aktuell vägsträcka.

Scenario	Frekvens [per år] Hamnvägen
Olycka med klass 2.1	3,5E-04
Liten jetflamma	2,2E-08
Liten gasmolnsexplosion	1,1E-07
Medelstor jetflamma	1,1E-08
Medelstor gasmolnsexplosion	4,7E-08
Stor jetflamma	1,2E-08
Stor gasmolnsexplosion	4,6E-08
BLEVE	
- P.g.a. jetflamma riktad mot oskadad tank	1,1E-10
- P.g.a. fordonsbrand under oskadad tank	6,9E-09

Transporter med flaskpaket i lastbil

För gastransporter med flaskpaket i lastbil antas det att sannolikheten för läckage motsvarar Index för farligt godsolyckor enligt ovan, dvs. 3 %. Någon reduktion görs inte på grund av eventuell högre tålighet. Vidare så antas sannolikheten för läckage vara oberoende av antalet flaskor per transport.

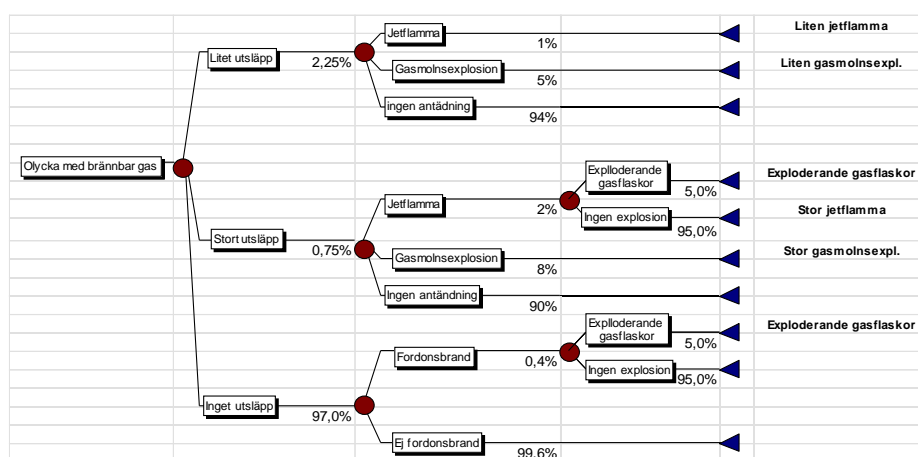
Den mest kritiska punkten på en gasflaska för utsläpp bedöms vara ventilen som vid en olycka kan slås av. Flaskornas egentyngd innebär att sannolikheten för att det ska gå håll på själva flaskan bedöms vara mycket låg. Utsläppsmängden beror därmed på antalet flaskor som skadas så allvarligt vid olyckan att dess respektive ventil slås av. Det antas att maximalt 5 flaskor skadas tillräckligt allvarligt, vilket utgör scenariot stort utsläpp. Sannolikhetsfördelningen för utsläpp från en flaska och 5 flaskor bedöms vara 75 % respektive 25 %.

För gasflaskor uppskattas sannolikheten för antändning baserat på fördelningsstatistiken för tankbil enligt ovan, men hänsyn tas till de begränsade utsläppsmängderna. Vid utsläpp från gasflaskor uppskattas sannolikheten för antändning mycket grovt vara 10 % av sannolikheten för utsläpp från tankbil:

	Litet	Stort
• omedelbar antändning (jetflamma):	1 %	2 %
• fördröjd antändning (gasmolnsexplosion):	5 %	8 %
• ingen antändning:	94 %	90 %

Sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon är enligt tidigare ca 0,4 %. Vid transport av gasflaskor antas mycket grovt att sannolikheten för att en fordonsbrand blir så utbredd att den sprids till lasten och hettar upp en eller flera gasflaskor så mycket att de exploderar är 5 %. Uppskattningsvis exploderar ett stort antal av flaskorna i lasten, men sannolikheten för att flera flaskor exploderar samtidigt bedöms vara mycket låg. Explosionslasten blir därmed också låg.

Figur A.4 redovisar händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbar gas i flaskpaket. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.11.



Figur A.4 Händelsetråd över olycka med transport av brännbar gas (klass 2.1) där gasen transporteras i gasflaskor.

Tabell A.11 Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbar gas i gasflaskor på aktuella vägsträckor.

Scenario	Frekvens [per år] Hamnvägen
Olycka med klass 2.1	3,5E-04
Liten jetflamma	7,8E-08
Liten gasmolnexplosion	3,9E-07
Stor jetflamma	4,9E-08
Stor gasmolnexplosion	2,1E-07
Exploderande gasflaskor	
- P.g.a. jetflamma	2,6E-09
- P.g.a. fordonsbrand	6,7E-08

3.2.1.4 Klass 3. Brandfarliga vätskor

På Hamnvägen går det drivmedeltransporter (bensin, diesel, etanol) till OKQ8 som ligger norr om aktuellt planområde. I de fortsatta beräkningarna så antas det konservativt att samtliga vätsketransporter rymmer klass 1-vätskor, d.v.s. vätskorna har en låg flampunkt som innebär en hög sannolikhet för antändning.

Sannolikheten för utsläpp av farligt gods till följd av en trafikolycka (Index för farligt godsolycka) ansätts enligt ovan utifrån uppgifter i /14/ med hänsyn till aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning. Den genomsnittliga sannolikheten för utsläpp av farligt gods för den aktuella sträckan antas enligt avsnitt 3.2.1.3 till 3 %.

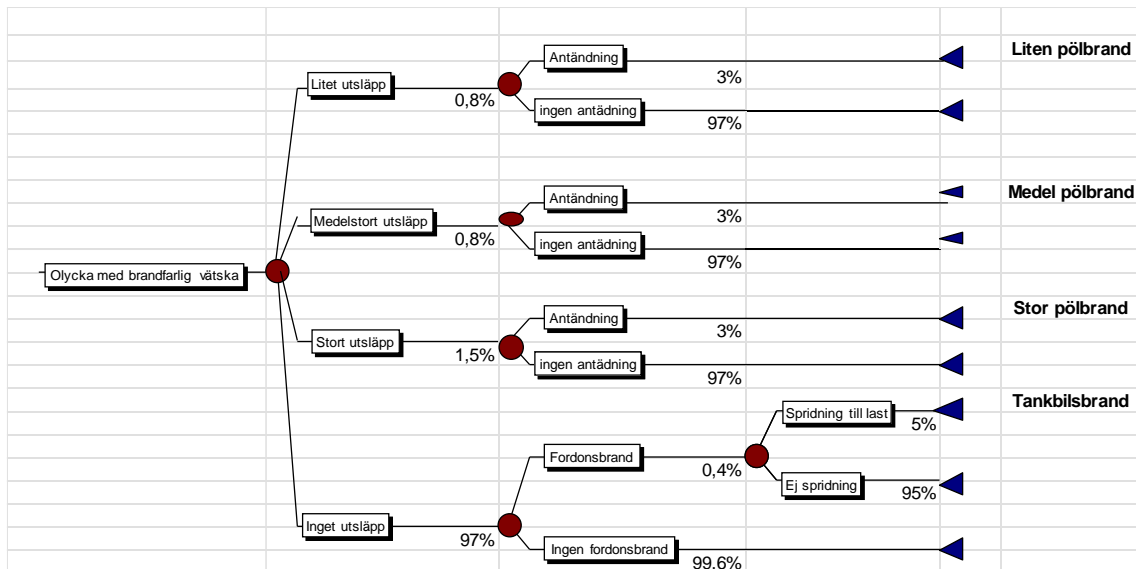
Det antas att en stor andel av transporterna utgörs av tankbil med släp. Givet utsläpp antas fördelningen mellan olika läckagestorlekar till följande i enlighet med /14/:

- Litet läckage: 25 %
- Medelstort läckage: 25 %
- Stort läckage: 50 %

Sannolikheten för att klass 1-vätskor antänds vid utsläpp till följd av en trafikolycka antas vara ca 3 % /14, 17/ oberoende av utsläppsstorleken.

Omfattande brand kan även uppstå om t.ex. en motorbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Enligt tidigare uppskattas sannolikheten för att en trafikolycka leder till fordonsbrand till ca 0,4 %. I ADR-S // anges det krav på fordon som ska användas för transport av brandfarliga vätskor, vilket bl.a. innebär en begränsad sannolikhet för spridning av t.ex. motorbränder till lasten. Sannolikheten för antändning av lasten till följd av fordonsbrand vid trafikolycka uppskattas grovt vara ca 5 %.

Figur A.5 redovisar händelsesträd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarlig vätska. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.12.



Figur A.5. Händelsetråd över olycka med transport av brandfarlig vätska (klass 3) på Hamnvägen.

Tabell A.12 Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska på aktuell vägsträcka.

Scenario	Frekvens [per år]
	Hamnvägen
Trafikolycka med brandfarlig vätska (klass 3)	3,5E-04
Liten pölbrand	7,8E-08
Medelstor pölbrand	7,8E-08
Stor pölbrand	1,6E-07
Tankbilsbrand	6,7E-08