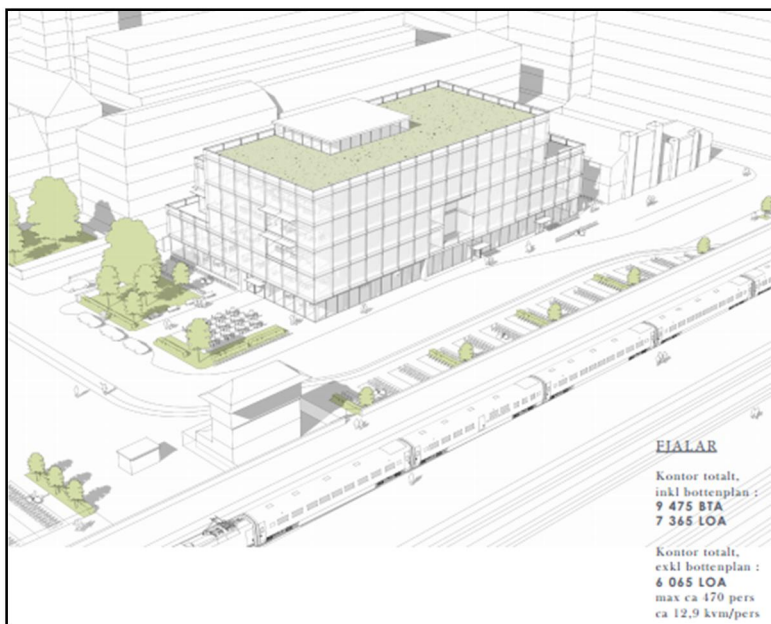


RAPPORT

Riskbedömning med avseende på transport av farligt gods på järnväg
kv. Fjalar Uppsala



Rapportnummer:

1021-103

Datum:

2015-10-26

Beställare:

Vasakronan
Max Dymling
Berndtsson Arkitekter

Vår uppdragsansvarige:

Lars Strömdahl (Brandingenjör och
Civilingenjör Riskhantering)
070-86 35 571

lars.stromdahl@structor.se

Datum	Revidering	Status	Upprättad av	Granskad av
2015-10-01		Granskningshandling	Lars Strömdahl	Jens Bengtsson
2015-10-26	2016-01-25	Slutgiltig handling	Lars Strömdahl	Jens Bengtsson

Structor Riskbyrå AB
Solnavägen 4
113 65 Stockholm
Org.nr. 556872-1251
www.structor.se

Sammanfattning

Vasakronan har genom Berndtsson Arkitekter gett Structor Riskbyrån i uppdrag att genomföra en riskbedömning med avseende på transporter med farligt gods på Ostkustbanan för etableringen av kontorsbebyggelse inom kvarteret Fjalar.

Syftet med denna riskbedömning är att utgöra underlag till utformningen av detaljplanerna, med hänsyn till olycksrisker. Därigenom är syftet också att uppfylla Länsstyrelsens krav på att riskhanteringsprocessen ska beaktas vid planering inom 150 meter från en transportled med farligt gods. Målet är att beräkna risknivåer vid planområdena och utifrån dessa föreslå riskreducerande åtgärder som möjliggör en acceptabelt låg risknivå.

Identifierade risker är förknippade med järnvägstrafik inklusive transporter med farligt gods på Ostkustbanan. Påverkan på planområdet kan ske genom mekanisk påverkan vid urspårningar eller olycksförlopp som involverar farligt gods. Samtliga klasser av farligt gods utom RID-S klass 1 & 7 förekom på sträckan under det studerade referensåret. Då klass 9 och 2.2 inte bedömts medföra någon beaktansvärd påverkan på människor är de klasser som ingår i grundberäkningen RID-S klass 2.1, 2.3, 3, 4, 5, 6 och 8. I känslighetsanalysen beaktas dock möjligheten att transporter med samtliga klasser av farligt gods kan förekomma. Det skyddsvärda definieras som människor inom planområdet.

Resultaten visar att risknivåerna är sådana att riskreducerande åtgärder ska vidtas givet att nytta överväger åtgärdernas kostnad inom planområdet. Åtgärder som med små medel kan reducera risker ska dessutom alltid vidtas oavsett risknivån i området. Identifierade åtgärder är primärt relaterade till individrisken eftersom samhällsrisknivån visat sig vara svår att påverka med åtgärder inom aktuellt planområde. Samhällrisk mäts över ett stort område (1km²) och riskreducerande åtgärder behöver således vidtas för det större området för att få ett önskvärt resultat.

Åtgärder att införa i detaljplanen för kv. Fjalar är:

- Prickmark (ingen ny bebyggelse får uppföras) mellan järnvägen och den nya byggnaden.
- Ventilationsintag till byggnaden placeras på sida som inte vetter mot järnvägen.
- Utrymning från byggnaden ska kunna ske bort från järnvägen.

Om dessa åtgärder vidtas bedöms den föreslagna planen för kv. Fjalar medföra acceptabelt låga risknivåer för såväl de senast tillgängliga trafikflödena (2013) som prognosticerade flöden för 2030.

Innehåll

SAMMANFATTNING	3
1 INLEDNING	6
1.1 SYFTE.....	6
1.2 MÅL	6
1.3 AVGRÄNSNINGAR	6
1.4 KRAVBILD	6
1.5 REVIDERINGAR.....	7
2 OMRÅDESBESKRIVNING.....	7
2.1 KV. FJALAR.....	8
2.2 OSTKUSTBANAN	9
3 OMFATTNING AV RISKHANTERING	10
4 RISKIDENTIFIERING	11
4.1 URSPÅRNING.....	11
4.2 TRANSPORTER AV FARLIGT GODS PÅ OSTKUSTBANAN.....	11
4.3 IDENTIFIERADE OLYCKSSCENARIER	12
4.4 PLANOMRÅDETS PÅVERKAN PÅ JÄRNVÄGEN	12
4.5 SAMMANFATTNING AV RISKIDENTIFIERING.....	14
5 RISKANALYS	15
5.1 RESULTAT GRUNDBERÄKNING – INDIVIDRISKNIVÅ	15
5.2 RESULTAT GRUNDBERÄKNING – SAMHÄLLSRISKNIVÅ	16
5.3 OSÄKERHETER OCH KÄNSLIGHETSANALYS.....	17
5.3.1 <i>Känslighetsanalysernas påverkan på individrisken</i>	18
5.3.2 <i>Känslighetsanalysernas påverkan på samhällsrisken</i>	19
6 RISKVÄRDERING.....	20
6.1 JÄMFÖRELSE MED RISKKRITERIER	20
6.2 BEHOV AV RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	21
6.2.1 <i>Lokalisering av byggnad</i>	21
6.2.2 <i>Anpassning av byggnad</i>	21
7 SLUTSATS	22
REFERENSLISTA.....	23
BILAGA A - FREKVENSBERÄKNINGAR.....	24
RID-S KLAS 1	25
RID-S KLAS 2.1	25

RID-S KLASS 2.3	26
RID-S KLASS 3	26
RID-S KLASS 4	27
RID-S KLASS 5	27
RID-S KLASS 6	28
RID-S KLASS 8	29
REFERENSLISTA - BILAGA A	29
BILAGA B – KONSEKVENSBERÄKNINGAR	30
<i>Mekanisk påverkan vid urspårning</i>	<i>30</i>
<i>Farligt gods</i>	<i>30</i>
REFERENSLISTA BILAGA B	33
BILAGA C - BERÄKNING AV RISKNIVÅER	34
<i>Individrisk</i>	<i>34</i>
<i>Samhällsrisk</i>	<i>37</i>
REFERENSLISTA - BILAGA C	37

1 Inledning

Vasakronan har genom Max Dymling på Berndtsson Arkitekter gett Structor Riskbyrå i uppdrag att beskriva och bedöma storleken på aktuella olycksrisker i samband med ny detaljplan för kv. Fjalar.

1.1 Syfte

Syftet med denna riskbedömning är att utgöra underlag till utformningen av detaljplanen, med hänsyn till olycksrisker. Därigenom är syftet också att uppfylla länsstyrelsens krav på att riskhanteringsprocessen ska beaktas vid planering inom 150 meter från en transportled med farligt gods.

1.2 Mål

Målet är att beräkna risknivåer vid planområdena och utifrån dessa vid behov föreslå riskreducerande åtgärder som möjliggör en acceptabelt låg risknivå.

1.3 Avgränsningar

Denna riskbedömning är avgränsad till att behandla olyckor på Ostkustbanan i form av urspårningar och transporter av farligt gods, som har en direkt påverkan på människors liv och hälsa. Effekter på människors hälsa till följd av långvarig exponering av exempelvis buller eller luftföroreningar beaktas inte. Ingen hänsyn tas till attentat eller händelser som genomförs med uppsåt.

1.4 Kravbild

Riskbedömningen avser att uppfylla kraven på riskhantering i *Riskhänsyn vid ny bebyggelse*¹ (se Figur 1), samt även beakta storstadslänens länsstyrelser riskpolicy *Riskhantering i detaljplaneprocessen*². Därigenom kan även de krav på hänsyn till människors hälsa och säkerhet som ställs i Plan- och bygglagen³ och Miljöbalken⁴ uppfyllas.



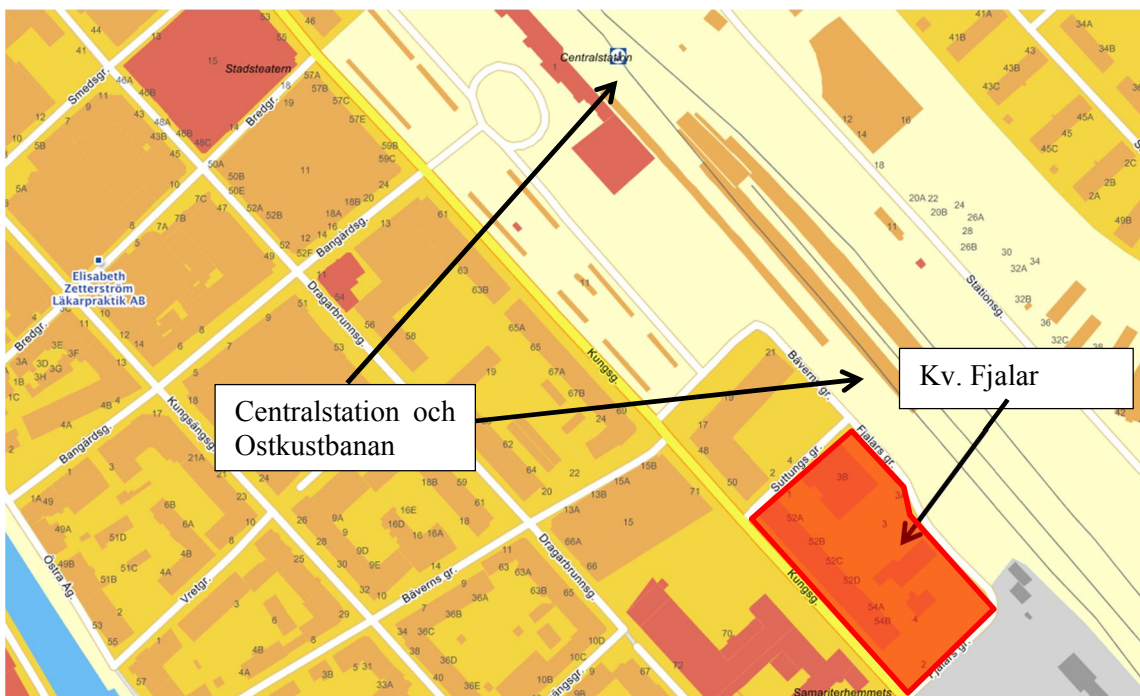
Figur 1. Styrande dokument som anger kravbild för denna riskbedömning.

1.5 Revideringar

Revidering sedan föregående version är markerade med vertikalt streck i vänster marginal likt detta stycke.

2 Områdesbeskrivning

Kv. Fjalar ligger utmed Kungsgatan på södra sidan av Resecenter/Uppsala Station. Fastigheten är centralt placerad i Uppsala och i nära anslutning till Ostkustbanan, se Figur 2. Området som kv. Fjalar ligger i är under utbyggnad och närliggande fastigheter är också under utveckling.

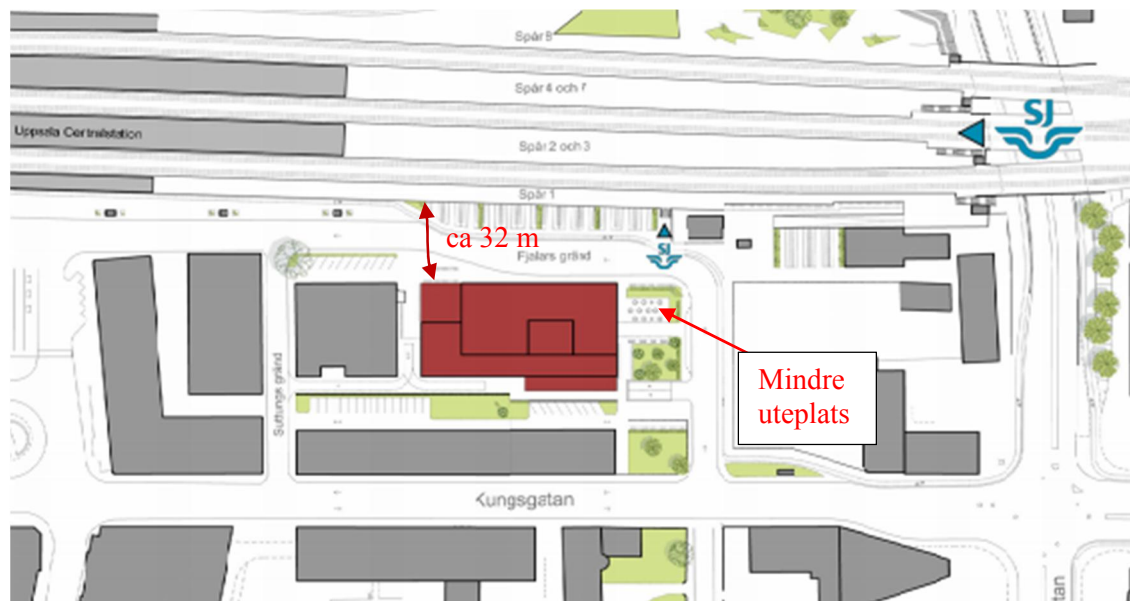


Figur 2. Kartbild över del av Uppsala centrum med planområdet markerade i röd färg och den aktuella riskkällan som utgörs av Ostkustbanan.

2.1 Kv. Fjalar

Planområdet utgörs av ett kvarter som begränsas av Fjalars gränd, Suttungs gränd och Kungsgatan, kvarteret finns idag mindre kontorsbyggnader.

Syftet med pågående planarbete är att möjliggöra en sex- till sjuvånings kontorsbyggnad med en ca 9 475 BTA. En mindre uteplats kommer också möjliggöras i liv med och söder om byggnaden. De närmaste delarna av byggnaden placeras 32 meter från närmaste järnvägsspår, se Figur 3. Mellan den nya byggnaden och spåret kommer befintlig betongperrong finnas kvar liksom lokalgatan Fjalars gränd. Beräkningarna som presenteras i rapporten är baserade på ett bebyggelsefritt avstånd på 30 m.



Figur 3. Översiktsbild kv. Fjalar.



Figur 4. Illustration av fasad mot järnväg, Berndtsson Arkitekter AB.

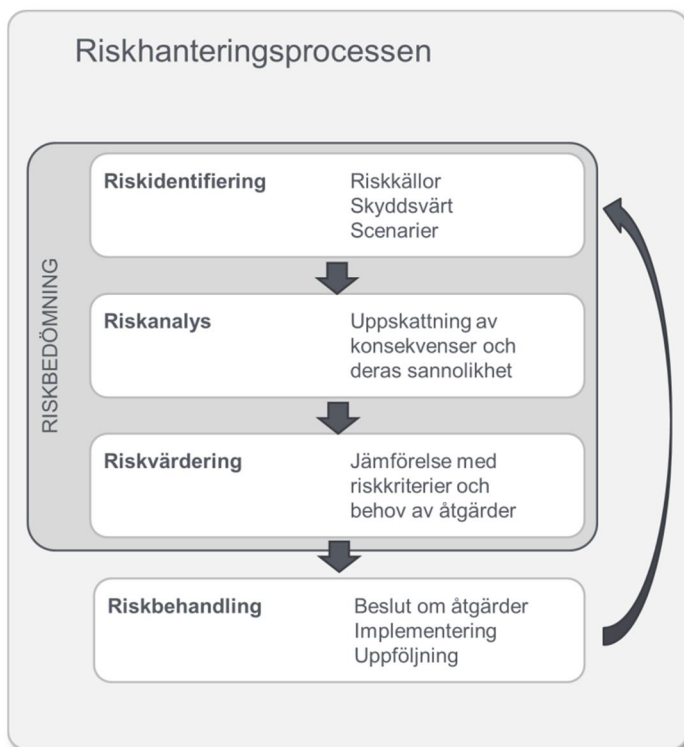
2.2 Ostkustbanan

Ostkustbanan är järnvägen mellan Stockholm och Sundsvall via Uppsala och Gävle. Inom Uppsala spårområde finns det sammanlagt 8 spår. Alla dessa spår är dock inte genomgående utan det är bara spår 1 och 2, vilka är lokaliserade närmast planområdet, och spår 7 och 8 längst bort från planområdet som är genomgående. Övriga spår trafikeras av regionaltåg med start- eller slutstation i Uppsala. Då det råder vänstertrafik inom den svenska järnvägstrafiken innebär det att det i första hand är norrgående genomgående gods- och persontrafik som trafikerar spår 1 och 2. Flertalet växlar och en mindre rangerbangård finns söder om området, den närmaste växeln är på ett avstånd av ca 200 m och den mindre rangerbangården på ca 500 m.

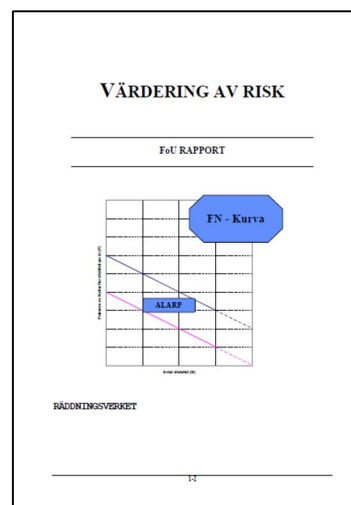
För uppskattning av trafikflödet har uppgifter från Trafikverket använts⁵. Uppgifterna gör gällande att i genomsnitt trafikeras sträckan av runt 204 tåg per dygn. Trafiken utgjordes under 2013 av 197 persontåg och 7 godståg per vardagsmedeldygn. Analysen har även kompletterats med prognosticerade trafikflöden för år 2030. Trafikflödesprognosen för 2030 indikerar en ökning av både persontåg och godståg och det prognosticerade antalet tåg är 332 persontåg respektive 11 godståg. Persontågen håller en hastighet om upp till 120 km/h medan godstågen kör fram i max 100 km/h. Hastigheten utmed området är dock starkt begränsad då tågen saktar in i god tid innan de anländer Uppsala station och har en lång accelerationssträcka innan de uppnår maxhastighet efter ett stopp.

3 Omfattning av riskhantering

I detta uppdrag genomförs en riskbedömning enligt de principer som presenteras i riskhanteringsprocessen enligt ISO 31 000⁶, se Figur 5.



Figur 5. Riskhanteringsprocessen anpassad utifrån ISO 31 000⁶.



Figur 6. Riskvärderingskriterier tillämpas enligt *Värdering av risk*⁷.

Riskbedömningen genomförs som en kvantitativ analys där individ- och samhällsrisknivåer beräknas. Tillämpade riskvärderingskriterier för både individ- och samhällsrisk utgörs av de föreslagna kriterierna i *Värdering av risk*⁷, se Figur 6.

4 Riskidentifiering

En översiktlig riskbedömning har tagits fram inom projektet i ett tidigare skede⁸. Den beskriver samtliga riskkällor av betydelse för området och identifierar behovet av en fördjupad analys med avseende på Ostkustbanan. Riskerna kring Ostkustbanan utgörs av urspårande tåg samt transporter med farligt gods. Det skyddsvärda definieras som människor inom planområdet som kan komma att påverkas vid en urspårning eller en olycka med farligt gods. Den övergripande riskbedömningen identifierar även den skyddsbarriär som perrongen utgör mellan spårområdet och aktuellt planområde.

Verksamhetens påverkan på järnvägen har även identifierats och belysts, se nedan kap. 4.4.

4.1 Urspårning

Ett urspårande tåg (persontåg eller godståg) kan vid en allvarlig urspårning träffa byggnader eller människor som vistas i den del av planområdet som ligger närmast spåren. Konsekvenserna av en urspårning beror på hur långt ifrån spåret som tåget hamnar. För de allra flesta urspårningar stannar vagnarna i direkt anslutning till spåret, men i undantagsfall kan vagnar hamna på relativt stora avstånd, upp till omkring 30 meter från spåren. Sannolikheten för att det ska inträffa beror på antalet tåg, vagnar och axlar som passerar den aktuella sträckan samt egenskaperna på den aktuella järnvägssträckan.

Tabell 1. Trafikflöde⁵ på Ostkustbanan förbi Uppsala år 2013.

Tågtyp	Antal tåg per dygn	Medelantal vagnar	Medelantal axlar/vagn
Persontåg	197	3	3
Godståg ¹	7	27	3,5

Tabell 2. Prognosticerat trafikflöde⁵ på Ostkustbanan förbi Uppsala år 2030.

Tågtyp	Antal tåg per dygn	Medelantal vagnar	Medelantal axlar/vagn
Persontåg	332	3	3
Godståg	11	27	3,5

4.2 Transporter av farligt gods på Ostkustbanan

Statistik över antalet transporter med farligt gods på Ostkustbanan år 2010 har erhållits från Trafikverket⁹, se Tabell 3. Då materialet inte innehåller några exakta siffror utan anger ett intervall så har det högsta värdet i intervallet använts för att ge ett konservativt resultat. För riskgrupper 2.1, 2.2 och 2.3 redovisas i det aktuella materialet enbart det totala antalet vagnar med farligt gods klass 2. Fördelningen mellan de olika riskgrupperna har därför baserats på den nationella kartläggning som genomfördes av MSB 2006¹⁰ och som visade att på nationell nivå så var omkring 73 % av klass 2 transporter riskgrupp 2.1, 3 % var riskgrupp 2.2 och omkring 24 % var riskgrupp 2.3. I övrigt kan det noteras att den största delen av det farliga godset utgörs

¹ Ett normalt godståg har generellt sett runt 29 vagnar med i genomsnitt 3 axlar per vagn. På Ostkustbanan går dock 12 stycken flygbränsletransporter per vecka t.o.r., vilka går i tågsätt om 17 vagnar med 4 axlar per vagn och därför har antalet vagnar och axlar viktats.

av klass 3 som i sin tur är direkt beroende av de flygbränsletransporter som går mellan Gävle Hamn och Arlanda.

Tabell 3. Transporter med farligt gods på Ostkustbanan förbi Uppsala.

RID-S klass	Antal transporterade vagnar per år
1	0
2	151 - 500
3	15001 - 19743
4.1	151-200
4.2	11-20
4.3	76-150
5.1	6091-900
5.2	14-17
6.1	1-50
7	0
8	101-400
9	290-538

4.3 Identifierade olycksscenarier

Baserat på uppskattningen av farligt gods-flödet i föregående avsnitt konstateras att det förekom transporter med samtliga klasser av farligt gods utom RID-S klass 1 och klass 7. De olycksscenarier eller olycksförlopp som därmed förväntas kunna uppkomma presenteras översiktligt i Tabell 4. Eftersom det finns osäkerheter i flödesuppskattningarna kan känslighetsanalyser där samtliga klasser av farligt gods förekommer bli aktuella. Av den anledningen beskrivs olycksförlopp för samtliga klasser.

4.4 Verksamhetens påverkan på järnvägen

Ostkustbanan ingår i Trafikverkets utpekade riksintresse för kommunikation¹¹ och hänsyn vid detaljplaneläggning behöver därför tas till påverkan på järnvägens funktion.

Trafikverket¹² rekommenderar generellt en 30 m bebyggelsefri zon utmed järnväg. Planerad bebyggelse ligger på 32 m från järnvägen och uppfyller således Trafikverkets rekommendation. från Ostkustbanan och således utom den av rekommenderade bebyggelsefria zonen.

Verksamheten som planeras i byggnaden utgörs av kontor och mindre affärsverksamheter i markplan. Inga risker har identifierats inom byggnaden som bedöms kunna påverka Ostkustbanans funktion eller leda till avbrott i järnvägstrafiken förbi området.

Tabell 4. Allmänna beskrivningar av olycksförlopp för de olika klasserna av farligt gods. Generella bedömningar av påverkan baseras på tillgänglig litteratur^{13,14,15}.

RID-S klass	Beskrivning
1 - Explosiva ämnen och föremål	De explosioner som olyckor med RID-S klass 1 kan medföra påverkar omgivningen med tryckpåverkan, värmestrålning och splitter. Vid stora mängder explosiva varor kan skador från tryckvågen uppstå på flera hundratals meter, och splitterskador på uppemot en kilometer.
2 – Gaser	Olycksförloppen vid olyckor som involverar gaser skiljer så mycket åt beroende på vilken typ av gas som är inblandad. Nedan beskrivs de olika riskgrupperna <i>2.1 Brandfarliga gaser</i> , <i>2.2 Icke giftig, icke brandfarlig gas</i> samt <i>2.3 Giftiga gaser</i> .
<i>2.1 - Brandfarliga gaser</i>	Olyckor med brandfarliga gaser inkluderar olika brandförlopp som kan påverka omgivningen genom värmestrålning eller tryckpåverkan. Vid ett läckage som antänds omgäende uppstår en jetflamma som orsakar värmestrålning mot omgivningen. Om ingen antändning sker kan den utsläppta gasen bilda ett brännbart gasmoln som förflyttar sig med vinden och vid senare antändning orsakar en gasmolnsexplosion. Gasmolnsexplosionen orsakar värmestrålning och under vissa mycket specifika förhållanden även tryckvågor mot omgivningen. I sällsynta fall kan även en typ av explosion som kallas BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) uppstå. Dessa tre scenarier kan medföra påverkan på några hundratals meter om den brandfarliga gasen transporteras i stora mängder i tank.
<i>2.2 – Icke giftig, icke brandfarlig gas</i>	Den påverkan på omgivningen som kan uppstå vid olyckor med denna riskgrupp är främst om det till följd av kraftig uppvärmning sker en kärlsprängning, som kan leda till omkringflygande kärldelar eller splitter.
<i>2.3 – Giftiga gaser</i>	En olycka med giftig gas kan leda till påverkan på omgivningen om ett läckage leder till att ett giftigt gasmoln kan sprida sig från olycksplatsen. Spridningen av den giftiga gasen beror bland annat på läckagestorlek och väderförhållanden. Påverkan på människor kan uppkomma på flera hundratals meter.
3 – Brandfarliga vätskor	Olycksförlopp med brandfarliga vätskor innebär typiskt att ämnet vid läckage strömmar ur tanken och breder ut sig på marken och formar en pöl. Pölens utbredning beror på underlagets utformning (lutning, diken, porositet med mera). Om det sker en antändning uppstår en pölbrand, som påverkar omgivningen inom ett par tiotal meter genom värmestrålning från flammor och produktion av skadlig rök.
4 – Brandfarliga fasta ämnen	Olyckor som involverar brandfarligafasta ämnen kan påverka omgivningen inom något tiotal meter främst genom värmestrålning och giftiga brandgaser.
5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Oxiderande ämnen är brandfrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera eller understödja brand i andra ämnen samt i vissa fall leda till explosioner. Organiska peroxider är mycket reaktiva och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Påverkan på omgivningen kan alltså uppstå genom värmestrålning vid bränder eller tryckpåverkan och splitter vid explosioner. Påverkan på människor kan sträcka sig upp till femtio meter från olyckan.
6 – Giftiga och smittfarliga ämnen	Giftiga substanser som troligen kan orsaka allvarlig ohälsa eller död, eller smittfarligt ämne, bedöms vid ett olycksscenario påverka människor endast vid direkt kontakt med ämnet.
7 – Radioaktiva ämnen	Ämnen som genom sitt sönderfall producerar alfa-, beta- eller gammastrålning transporteras inte på sådant sätt så att de kan medföra akut påverkan på människor vid ett tidsbegränsat olycksscenario. Allvarliga skador på människor bedöms generellt uppkomma vid långvarig exponering, vilket inte beaktas i denna riskbedömning.
8 – Frätande ämnen	Ämnen som i flytande eller fast form kan skada levande vävnad eller utrustning bedöms vid ett olycksscenario påverka människor endast vid direkt kontakt med ämnet
9 – Övriga farliga ämnen	Ett vanligt exempel på RID-S klass 9 är asbest. Allvarliga skador på människor bedöms generellt uppkomma vid långvarig exponering, vilket inte beaktas i denna riskbedömning.

4.5 Sammanfattning av riskidentifiering

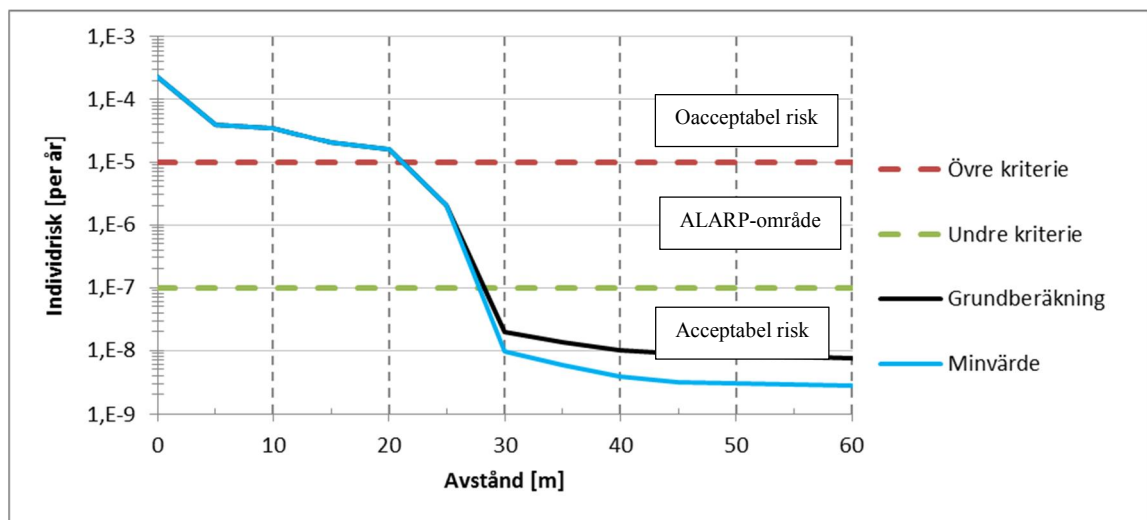
Studerad riskkälla utgörs av järnvägstrafik inklusive transporter med farligt gods på Ostkustbanan. Påverkan på planområdet kan ske genom antingen mekanisk påverkan vid urspårningar eller olycksförlopp som involverar farligt gods. Samtliga klasser av farligt gods utom RID-S klass 1 & 7 förekom på sträckan under det studerade referensåret. Då klass 9 och 2.2 inte bedömts medföra någon beaktansvärd påverkan på människor är de klasser som ingår i grundberäkningen RID-S klass 2.1, 2.3, 3, 4, 5, 6 och 8. Med anledning av osäkerheter i både fördelningen mellan klasserna av farligt gods, samt prognoser för det framtida trafikflödet, bör känslighetsanalysen dock även ta hänsyn till transporter av samtliga farligt gods klasser, och ett eventuellt högre framtida totalflöde.

Det skyddsvärda definieras som människor som stadigvarande vistas både inom och utanför planområdet.

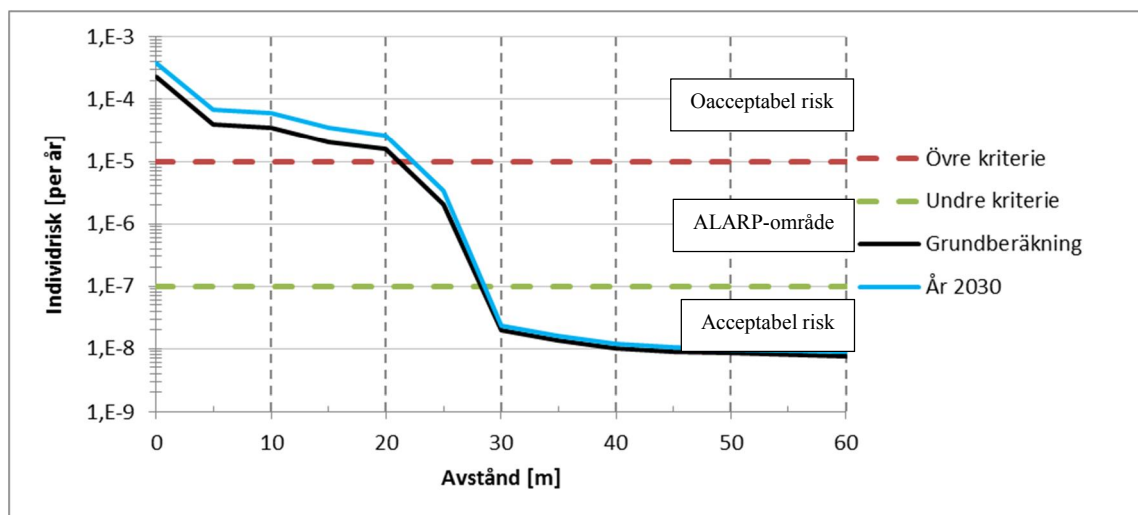
5 Riskanalys

Riskanalysen genomförs som en kvantitativ analys med beräkningar av frekvenser och konsekvenser för de identifierade olycksscenarierna. I Bilaga A beskrivs de förutsättningar och antaganden som legat till grund för frekvensberäkningarna, medan Bilaga B beskriver konsekvensberäkningar och Bilaga C hur beräkning av risknivåer genomförts. I följande avsnitt redovisas resultaten av beräkningarna.

5.1 Resultat grundberäkning – Individrisknivå



Figur 7. Individrisknivå beräknad för Ostkustbanan genom Uppsala för maximal mängd farligt gods (grundberäkning) och minimal mängd farligt gods enligt det intervall som ges av Trafikverket för den aktuella sträckan⁹ 2010.

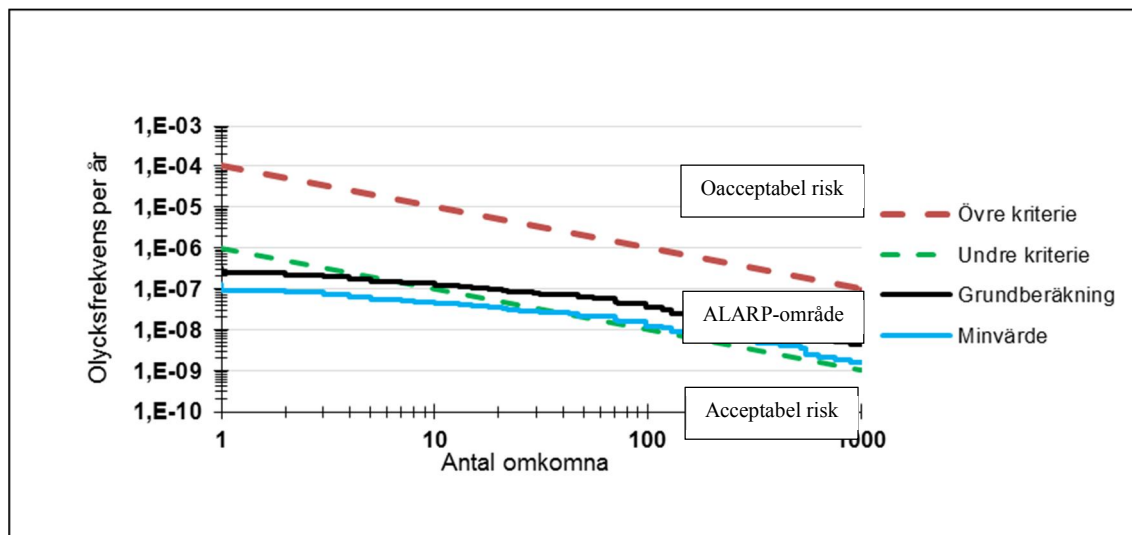


Figur 8. Individrisknivå beräknad för Ostkustbanan genom Uppsala för maximal mängd farligt gods (grundberäkning) och prognosticerat trafikflöde 2030.

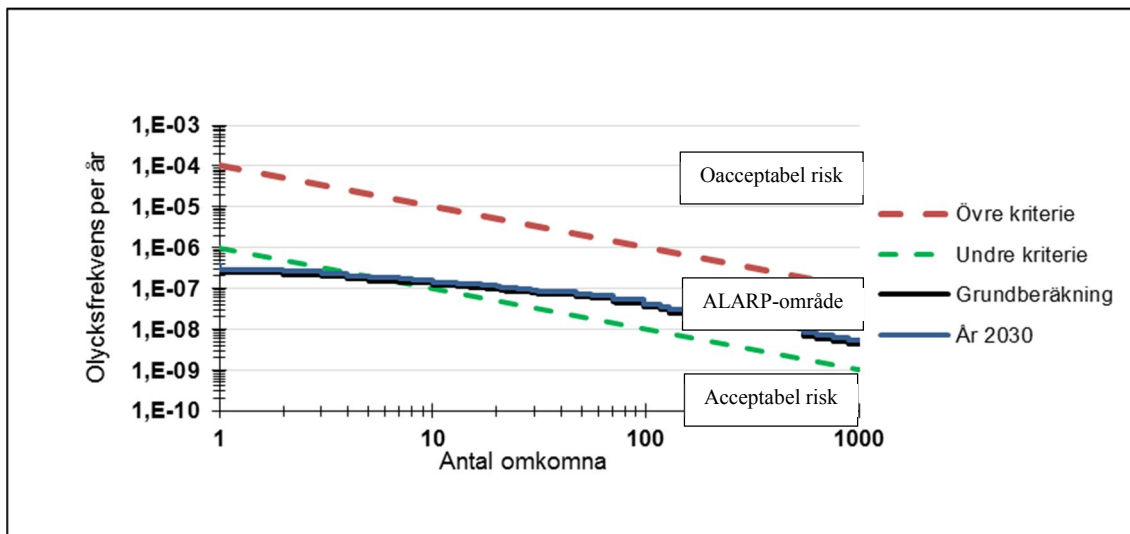
Individrisken beskriver sannolikheten att en person som vistas på en viss plats ska drabbas av en olycka kopplad till järnvägen. Individriskgraferna brukar delas in i tre olika delar, nämligen oacceptabel risknivå, ALARP-område (As Low As Reasonably Practicable), samt acceptabel risknivå. ALARP eller As Low As Reasonably Practicable innebär att alla rimliga åtgärder ska vidtas för risker som ligger inom detta område.

Resultaten från beräkningarna visar att individrisken hamnar i ALARP-området för det område som ligger mellan 20 och 30 meter från järnvägen. Närmare än 20 meter är riskerna att betrakta som oacceptabelt höga och längre bort än 30 meter är de att betrakta som acceptabla även utan att åtgärder vidtas. För de prognosticerade trafikflödena för år 2030 ökar individrisknivån något men avståndet till acceptabla nivåer förblir trots det ca 30 meter. Skillnaden i risknivå mellan grundberäkningen som är den maximala mängden farligt gods i intervallet och den minimala mängden gods i intervallet är relativt liten för individrisken, vilket syns i figuren ovan.

5.2 Resultat grundberäkning – Samhällsriskenivå



Figur 9. Samhällsriskenivå uppskattad för området med dagens bebyggelse och efter utbyggnad för maximal mängd farligt gods (grundberäkning) och minimal mängd farligt gods enligt det intervall som ges av Trafikverket för den aktuella sträckan⁹ 2010.



Figur 10. Samhällsrisknivå uppskattad för området med dagens bebyggelse och efter utbyggnad för maximal mängd farligt gods (grundberäkning) och prognosticerat trafikflöde 2030.

Den beräknade samhällsrisknivå beskriver sannolikheten för att visst antal människor ska påverkas av en olycka som sker på järnvägen. Risknivån för grundberäkningen håller sig i den undre delen av ALARP-området eller i området där riskerna bedöms acceptabla. Skillnaden mellan risknivå för grundberäkningen och minimivärdet i intervallet är större än för individrisken till följd av att det är stor spridning i intervallet för de transportererna med störst konsekvenser (exempelvis giftiga gaser), men det håller sig generellt inom samma område. Risknivåerna för de prognosticerade trafikflödena för 2030 är marginellt högre och innebär inte någon principiell skillnad i förhållande till värderingskriterierna.

5.3 Osäkerheter och känslighetsanalys

Resultaten i riskbedömningar bör alltid betraktas med vetskap om de osäkerheter som finns i de många antaganden och ingångsvärden som använts vid analysen. I denna riskbedömning bedöms de antaganden och ingångsvärden som är särskilt förknippade med osäkerheter vara:

- Uppskattningar av antal påverkade vid de olika scenarierna
- Det framtida trafikflödet på Ostkustbanan
- Flödet av farligt gods på Ostkustbanan

För att genomföra analysen krävs att antaganden görs om en rad olika parametrar. För att säkerställa att riskerna inte underskattats har de gjorda antagandena varit konservativa. Baserat på detta kan det antas att den verkliga risknivån inte överstiger den beräknade. För att testa om detta antagande är rimligt genomförs en känslighetsanalys där ett antal omräkningar av resultaten gjorts, i vilka ingående variabler fått ändrade värden. De genomförda beräkningarnas varierande förutsättningar beskrivs nedan:

Känslighetsanalys 1

Persontätheten inom det studerade området höjs med 50 % från 4850 personer/km² till 7275 personer/km².

Känslighetsanalys 2 Trafikflödet på järnvägen dubblas (antalet resandetåg dubblas, totala antalet godståg dubblas och antalet vagnar med farligt gods dubblas).

Känslighetsanalys 3 Flödet av farligt gods antas ha en fördelning som är mer representativ för genomsnittet på hela det svenska järnvägsnätet. Tabell 5 visar fördelningen mellan klasserna i grundberäkningen (specifik data för sträckan) och för känslighetsanalys 3 (nationell fördelning för åren 2006-2014¹⁶).

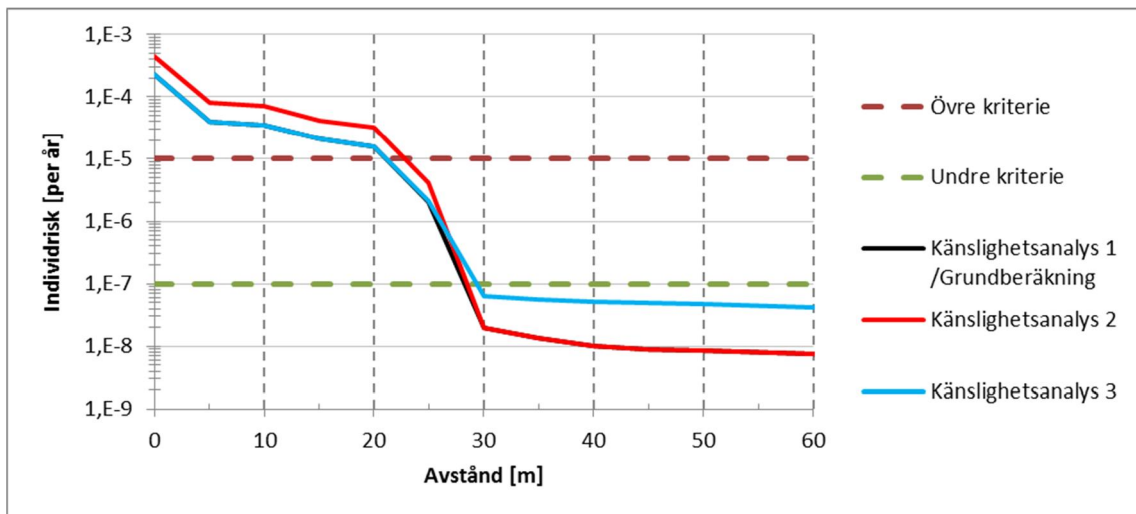
Tabell 5. Fördelning mellan klasser av farligt gods i Känslighetsanalys 3.

RID-S klass	Andel i grundberäkning [%]	Andel i känslighetsanalys 3 [%]
1	0	0,01
2.1	1,51	19,59
2.3	0,50	6,53
3	81,86	38,63
4	1,53	5,60
5	10,44	14,61
6	0,21	1,87
7	0	0,02
8	1,66	12,01
9	2,23	0,43

5.3.1 Känslighetsanalysernas påverkan på individrisken

Resultaten (se Figur 11) indikerar att modellen som använts är robust utifrån att de förändringar som sker i individriskberäkningarna är relativt små. Känslighetsanalys 1 medför som väntat ingen förändring i individrisknivå då det enbart är befolkningstätheten som har ändrats och det har ingen inverkan på individrisken. Känslighetsanalys 2 medför en ökning av individrisknivån men ett ALARP-område som även fortsättningsvis sträcker sig till knappt 30 meter från järnvägen. Resultaten från känslighetsanalys 3 ger en i princip oförändrad individrisknivå nära järnvägen och en något högre risknivå än för grundberäkningen på större avstånd. Detta beror på att andelen brandfarlig vätska som ger medellånga konsekvensavstånd är mindre medan övriga varor som har ett längre konsekvensavstånd är högre. På avstånd över 30 meter är dock individrisken fortsatt acceptabelt låg.

Sammantaget visar resultaten att den ursprungligt beräknade risknivån är relativt robust mot de studerade förändringarna. Även med en fördubbling av trafikflödet på järnvägen beräknas individrisknivån bli acceptabelt låg bortom 30 meter från järnvägen utan att några åtgärder vidtas. Grundberäkningens resultat bedöms därmed vara en god utgångspunkt för fortsatta resonemang om riskreducerande åtgärder.



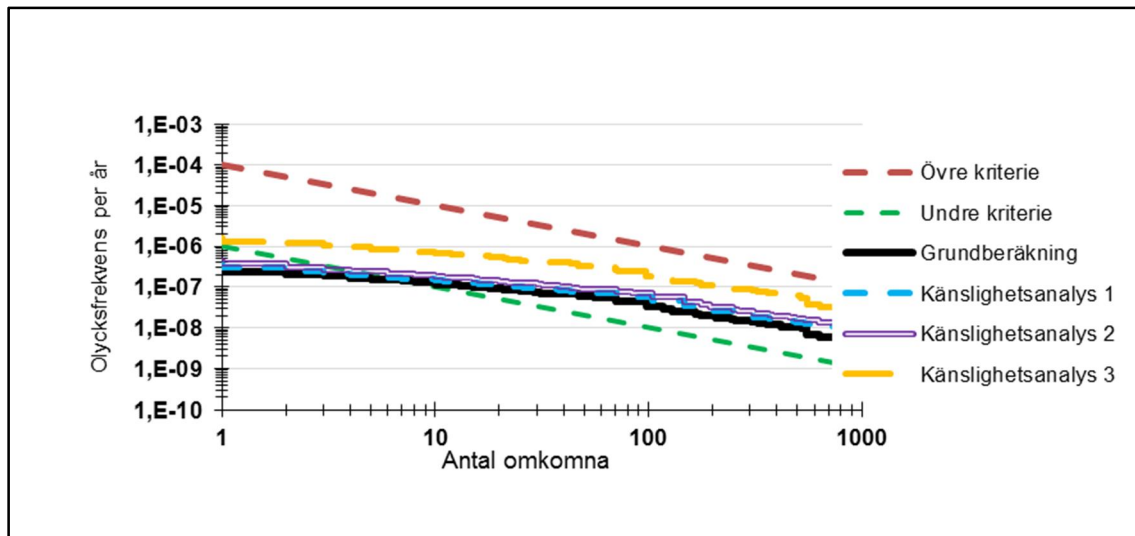
Figur 11. Individriskkurvor för grundberäkningen samt Känslighetsanalyser 1, 2 och 3.

5.3.2 Känslighetsanalysernas påverkan på samhällsrisk

Resultatet av känslighetsanalysen för samhällsrisk visar att förändringar i indata ger en viss påverkan på resultatet. Det sker en ökning i samhällsrisknivån för känslighetsanalyserna 1 & 2, men risknivån uppnår inga oacceptabla nivåer utan håller sig i de lägre delarna av ALARP-området (se Figur 12). Resultaten visar att i samtliga analyser så är det framförallt riskbidraget från olyckor med brandfarlig/giftig gas som bidrar till att samhällsrisknivån når in i ALARP-området, men även brandfarlig vätska påverkar på de mindre konsekvenserna.

Resultatet från känslighetsanalys 3 visar på en kraftigt förhöjd samhällsrisknivå som når högre upp i ALARP-området. Likt grundberäkningen är samhällsrisknivån dock inte oacceptabelt hög. Det faktum att risknivån höjs vid känslighetsanalys 3 bedöms bero på att andelen gaser är betydligt större i det nationella genomsnittet än på den aktuella sträckan. Riskbidraget från giftiga gaser är i detta scenario betydande och beror på att dessa scenarier har relativt långa konsekvensavstånd vilket medför ett stort antal påverkade människor, men de inträffar med relativt låg frekvens. Det finns ingenting som tyder på att mängden giftiga gaser skulle öka kraftigt på sträckan då dessa transporter är direkt kopplade till sådana verksamheter som hanterar dem. Baserat på avsaknaden av sådana verksamheter utmed den aktuella sträckan bedöms det faktiska flödet på sträckan vara mer relevant att utgå ifrån än det nationella snittet.

Sammantaget bedöms resultaten i grundberäkningen vara relevanta att utgå ifrån i fortsatta resonemang om riskreducerande åtgärder.



Figur 12. Samhällsriskskurvor för grundberäkningen och för Känslighetsanalyser 1, 2 & 3.

6 Riskvärdering

6.1 Jämförelse med riskkriterier

De riskkriterier som används för jämförelse är enligt ovan hämtade från Räddningsverkets *Värdering av risk*⁷. Resultaten från analysen visar att individrisken är acceptabelt låg på avstånd som överstiger 30 meter från järnvägen och behovet av åtgärder inom detta område är att betrakta som begränsat utifrån ett individriskperspektiv. I området mellan 20-30 meter från järnvägen måste alla rimliga åtgärder vidtas för att minimera riskerna. Inom detta område är det framförallt konsekvenser till följd av mekanisk påverkan och pölbränder som ger upphov till det största riskbidraget. Inom 20 meter är individrisken till följd av mekanisk påverkan oacceptabelt hög vilket innebär att bebyggelse och vistelse inom detta område i största möjliga mån ska undvikas.

Det är viktigt att poängtera att analysen inte tar hänsyn till perrongens riskreducerande effekt. Perrongen kommer med stor sannolikhet hindra tåg från att lämna spårområdet. Av denna orsak är risken nära spårområdet <20 m, som i huvudsak beror av mekanisk påverkan, överskattad i beräkningarna. Då planområdet ligger utanför konsekvensområdet för urspårning/mechanisk påverkan får dock denna överskattning ingen inverkan på de åtgärder och slutsatser som dras för detaljplane-området. För området mellan detaljplaneområdet och järnvägen kan inverkan av perrongen förväntas sänka risknivån, den bedöms dock även fortsättningsvis hamna inom området för oacceptabel risk alternativt inom området där alla rimliga åtgärder ska vidtas.

Resultaten med avseende på samhällsrisks visar att den beräknade samhällsrisksnivån hamnar inom området där åtgärder ska vidtas om åtgärdens nytta överstiger kostnaden. Det har tidigare konstaterats att riskbidraget från olyckor med transporter av brandfarliga/giftiga gaser gör att samhällsrisken generellt i Uppsala är något förhöjd. De typer av olycksförlopp som dessa olyckor innebär är mycket svåra att hantera med hjälp av åtgärder i den bebyggda miljön. Det har inte identifierats några rimliga åtgärder som kan vidtas inom de aktuella planerna för att minska den generella samhällsrisksnivån inom den studerade kvadratkilometern. Det beror på att risken studeras över ett större (1 km²) område, vilket får till följd att åtgärder som vidtas inom det relativt begränsade planområdet inte ger någon effekt på totalrisken. Med avseende på resulterande individrisksnivåer kan dock vissa åtgärder vidtas vid planområdena, se följande avsnitt.

6.2 Behov av riskreducerande åtgärder

Som utgångspunkt för identifiering av lämpliga riskreducerande åtgärder används följande rapporter: *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner*¹⁷ och *Transporter av farligt gods – Handbok för kommunernas planering*¹⁸. Dessa skrifter tillsammans med analys av vilka typer av olyckor som ger det största riskbidraget gör det möjligt att välja åtgärder som är anpassade för det aktuella objektet.

6.2.1 Lokalisering av byggnad

I den föreslagna detaljplanen är det kortaste avståndet mellan byggnader inom kv. Fjalar och Ostkustbanan 32 meter vilket innebär att individrisken inom detta område ligger i det acceptabla området.

I området mellan byggnaderna och järnvägen råder en individrisknivå som hamnar inom det oacceptabla området eller inom ALARP-området, varför det inte är lämpligt att utforma området så att det inbjuder till stadigvarande vistelse.

Planförslaget ger möjligheten att anordna en kontorsbyggnad på sex till sju våningsplan med mindre affärslokaler i markplan. Dessa affärslokaler bedöms utifrån riskbedömningen vara lämpliga för det aktuella området.

6.2.2 Anpassning av byggnad

Under förutsättning att föreslagen utformning och lokalisering behålls enligt ovanstående avsnitt ska tekniska åtgärder väljas utifrån ett avvägande mellan kostnad och nytta. Framförallt gäller detta samhällsrisk, m.a.p. stora konsekvenser, som för området ligger inom det så kallade ALARP-området. Att sänka samhällsrisk, m.a.p. olyckor med 10-1000 omkomna skulle innebära åtgärder utanför aktuellt planområde som är svåra att vidta inom en enskild detaljplan. Ett par byggnadstekniska åtgärder bedöms dock som rimliga att vidta (rimlighetsprincipen⁷). Detta motiveras bland annat av att åtgärderna endast utgör mindre ingrepp i byggnadens utformning. Dessa åtgärder är följande:

- Ventilationsintag till byggnaden placeras på den sida som inte vetter mot järnvägen. Detta medför att sannolikheten för att personer i byggnaden ska drabbas av konsekvenser i form av gasutsläpp och brandrök. Ventilationssystemet bör också utformas så att det är avstängningsbart.
- Utrymning från byggnaderna ska kunna ske bort från järnvägen för att säkerställa att människor vid t.ex. en stor pölbrand inte utrymmer mot järnvägen och därmed utsätts för oacceptabla strålningsnivåer.

7 Slutsats

Resultaten visar att risknivåerna för både individrisken och samhällsrisken är sådana att riskreducerande åtgärder behövs för att säkerställa en acceptabel risknivå för den föreslagna markanvändningen. De identifierade åtgärderna är framförallt kopplade till individrisken samt samhällsrisken för olyckor med begränsade konsekvenser. Detta då dessa åtgärder kan göras inom planområdet, däremot när det gäller samhällsrisken för stora konsekvenser är den svår att påverka då den även omfattar områden som ligger utanför det aktuella planområdet.

Åtgärder att införa i detaljplanen för Kv. Fjalar är:

- Prickmark (ingen ny bebyggelse får uppföras) mellan järnvägen och den nya byggnaden.
- | • Ventilationsintag till byggnaden placeras på sida som inte vetter mot järnvägen.
- Utrymning från byggnaden ska kunna ske bort från järnvägen.

Om dessa åtgärder vidtas bedöms den föreslagna planen för Kv. Fjalar medföra acceptabelt låga risknivåer för såväl de senast tillgängliga trafikflödena (2013) som prognosticerade flöden för 2030.

Referenslista

- ¹ Länsstyrelsen i Stockholms län (2000). *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill väg och järnväg för transport av farligt gods samt intill bensinstationer*. Rapport 2000:01, Länsstyrelsen i Stockholms län.
- ² Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län & Västra Götalands län, (2006). *Riskhantering i detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods*. Faktablad 2006:000.
- ³ Plan- och bygglagen, SFS 2010:900.
- ⁴ Miljöbalk, SFS 1998:808.
- ⁵ Hägg, E, Planhandläggare Trafikverket (2015). Senaste prognoserna för järnvägstrafiken. Mail 2015-04-21.
- ⁶ SIS (2010). *Svensk Standard SS-ISO 31000:2009. Riskhantering – Principer och riktlinjer*. Utgåva 1, ICS: 03.100.01;04.050. Stockholm: Swedish Standards Institute (SIS).
- ⁷ Räddningsverket (1997). *Värdering av risk*. FoU RAPPORT. ISBN 91–88890–82-1. Karlstad: Statens räddningsverk.
- ⁸ Structor (2014) *Inledande riskbedömning kv. Fjalar*
- ⁹ Trafikverket (2010) *Statistik Farligt gods på järnväg 200910–201009*. Källa: Banstat. Datum 2010-10-22. Trafikverket.
- ¹⁰ MSB (2013) *Trafikflödet på järnväg*. [Elektronisk] Tillgänglig: <https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Farligt-gods/Flodesstatistik/Jarnvag/> . 2013-08-22.
- ¹¹ Trafikverket elektronisk dat 2015-09-29, <https://riksintressenkartor.trafikverket.se/weave/riksintressen.html>
- ¹² Trafikverket (2013), *Transportsystemet i samhällsplaneringen*. Publikation 2013:121
- ¹³ Länsstyrelsen i Skåne län (2007). *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods (RIKTSAM)*. Rapport ”Skåne i utveckling”, 2007:6.
- ¹⁴ Stadsbyggnadskontoret Göteborg (1997) *Översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS*. Göteborg: Stadsbyggnadskontoret.
- ¹⁵ FOA (1997) *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker*. Tumba: Forsvarets forskningsanstalt, avdelningen för vapen och skydd.
- ¹⁶ TRAFKA (2015) *Bantrafik 2014*. Statistik 2015:13. Trafikanalys.
- ¹⁷ Boverket & Räddningsverket (2006). *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner – Vägledningsrapport*. Karlstad: Räddningsverket.
- ¹⁸ SKL (2012). *Transporter av farligt gods – Handbok för kommunernas planering*. Stockholm: Sveriges kommuner och landsting, Avdelningen för tillväxt och samhällsbyggnad.

Bilaga A - Frekvensberäkningar

För beräkning av hur ofta olyckor på järnvägen förväntas inträffa används den metod som presenteras i Banverkets *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*¹. Viktiga indata till beräkningarna är delvis hämtade därur, delvis inhämtade från andra källor. De presenteras i Tabell 6.

Tabell 6. Indata till frekvensberäkningar.

Variabel	Använt värde i grundberäkning	Använt värde för 2030
Studerad järnvägssträcka [km]	1	1
Antal spår [st]	8	8
Antal växlar [st]	5	5
Medelantal vagnar som deltar i urspårning [st]	3,5	3,5
Antal persontåg per genomsnittsdryg [st]	197	332
Antal vagnar per persontåg [st]	3	3
Antal godståg per genomsnittsdryg [st]	7	11
Antal vagnar per godståg [st]	27	27
Axelantal per vagn [st]	3,5	3,5

Med hjälp av beräkningsmodellen uppskattas frekvenser för urspårningar. Urspårningen i sig kan medföra påverkan på människor inom planområdet, vilket beror på hur långt från spåret som vagnarna hamnar. Uppskattning av avståndsfördelning för urspårade vagnar presenteras i Tabell 7.

Tabell 7. Fördelning över avstånd från spår för urspårade vagnar [m]¹.

Avstånd från spår	0-5 m	5-15 m	15-25 m	> 25 m
Resandetåg	96 %	2 %	2 %	0 %
Godståg	91 %	5 %	2 %	2 %

Fördelningen som används vid konsekvensberäkningarna, se Bilaga B, är sedan viktad utifrån fördelningen mellan resandetåg och godståg på den aktuella sträckan.

Förutom den mekaniska påverkan som kan uppkomma vid en urspårning kan olycksförloppet initiera mer komplexa olycksförlopp som involverar farligt gods (om farligt gods förekommer på inblandade vagnar). Vid beräkningarna beaktas sannolikheten för att farligt gods är inblandat i urspårningen med hänsyn till medelantalet vagnar som antas delta i en urspårning och andelen av godsvagnarna som innehåller farligt gods.

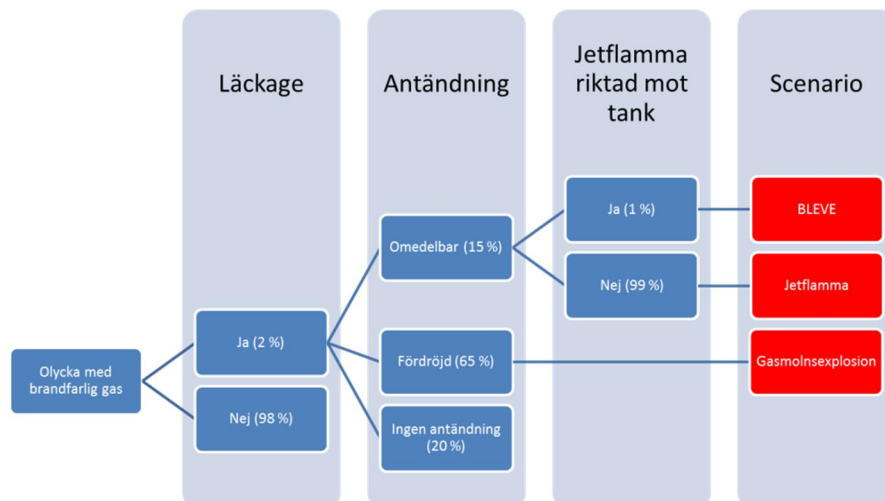
För fortsatt beräkning av frekvenser för olika möjliga olycksscenarioer som kan påverka människor, används händelseträdsmetodik. I följande avsnitt presenteras (i förekommande fall) händelseträd för de olika klasserna av farligt gods som förekommer.

RID-S klass 1

För uppskatta frekvensen av explosioner till följd av olyckor med RID-S klass 1, används inget händelseträd. Detta med anledning av att sannolikheten för detonation inte är direkt relaterad till att det sker en olycka där det farliga ämnet läcker ut. Istället kan det antas att en explosion kan uppkomma till följd av osäkra explosiver, brandpåverkan eller stötpåverkan med en frekvens av ungefär $7,52 \cdot 10^{-10}$ per vagnkilometer².

RID-S klass 2.1

De händelseförlopp som kan uppkomma vid olyckor med brandfarlig gas har (enligt avsnitt 4.3) identifierats som: jetflamma, gasmolnexplosion och BLEVE. Ett möjligt förlopp illustreras av händelseträdet i Figur 13.



Figur 13. Händelseträd för olycka med brandfarlig gas.

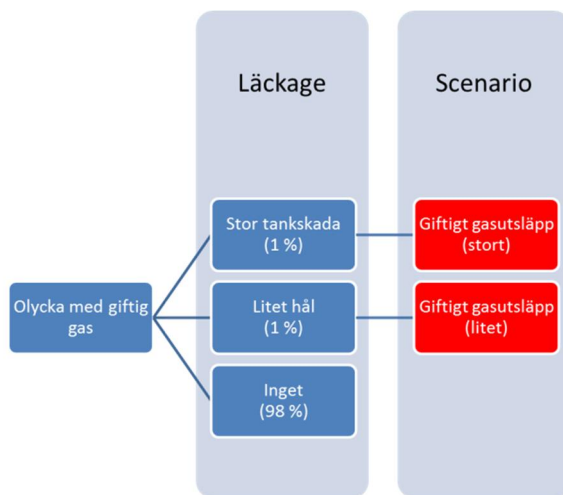
Sannolikheten för läckage från gastanken antas vara 2 %¹. Sannolikhetsfördelningen för de olika typerna av antändning antas är anpassade utifrån *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail*³. Följande sannolikheter är resultatet av en sammanvägning av de två uppsättningar med sannolikheter som presenteras i rapporten för ”Litet utsläpp” respektive ”Stort utsläpp”:

- Omedelbar antändning: 15 %
- Fördröjd antändning: 65 %
- Ingen antändning: 20 %

Vidare antas grovt att en av hundra (1 %) jetflammar är så riktad att den genom kraftig uppvärmning orsakar en BLEVE i en närliggande tank (eller om jetflamman reflekteras, en BLEVE som involverar den aktuella tanken själv).

RID-S klass 2.3

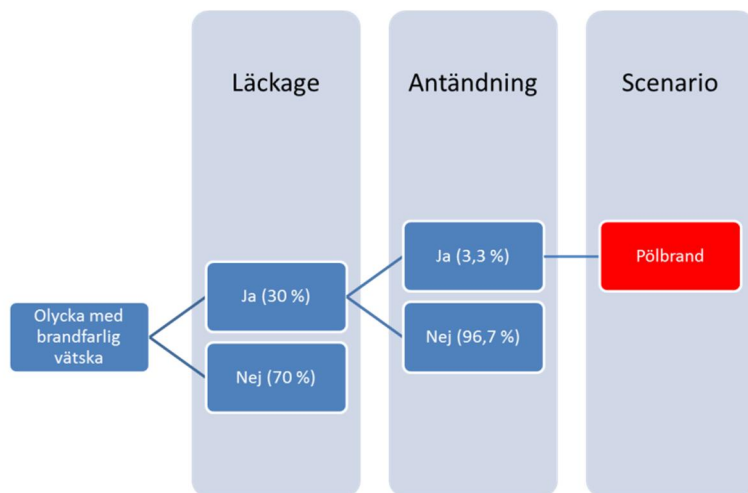
Ett giftigt gasutsläpp kan till följd av ett läckage bilda ett giftigt gasmoln som förflyttar sig med vinden i omgivningen. Spridningsvinkeln på molnet beror bland annat på läckagets storlek och vilket utflöde av fas som det medger. Sannolikheten för ”stor tankskada” respektive ”litet hål” uppskattas till 1 %¹.



Figur 14. Händelseträdet för olycka med giftig gas.

RID-S klass 3

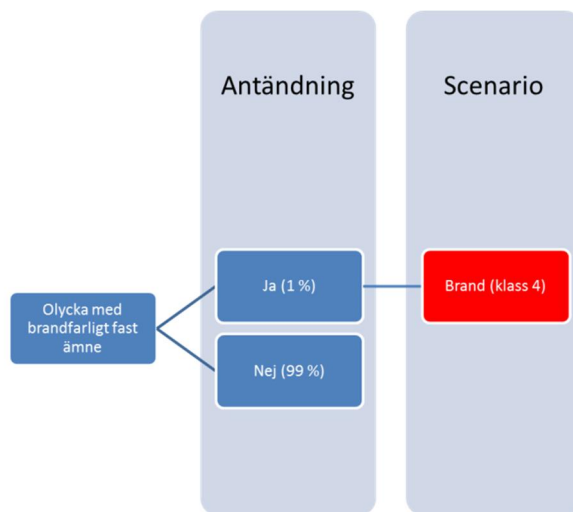
Det identifierade olycksscenario utgörs enligt tidigare av ett utsläpp med brandfarlig vätska som bildar en pöl och som vid en antändning orsakar en pölbrand. Sannolikheten för att ett läckage uppstår, givet att en olycka inträffar, antas vara 30 %¹. Givet att ett sådant läckage har inträffat antas sannolikheten för en antändning av pölen vara en trettiondel (3,3 %)⁴. Händelseträdet i Figur 15 visar hur händelseförloppet kan utvecklas.



Figur 15. Händelseträdet för olycka med brandfarlig vätska.

RID-S klass 4

Olyckor med brandfarliga fasta ämnen kan påverka omgivningen om det sker en antändning, vilket kan resultera i en kraftig brand även om inget läckage uppstått. Sannolikheten för antändning, givet att en olycka skett med vagnar som transporterar brandfarliga fasta ämnen, uppskattas till 1 %.



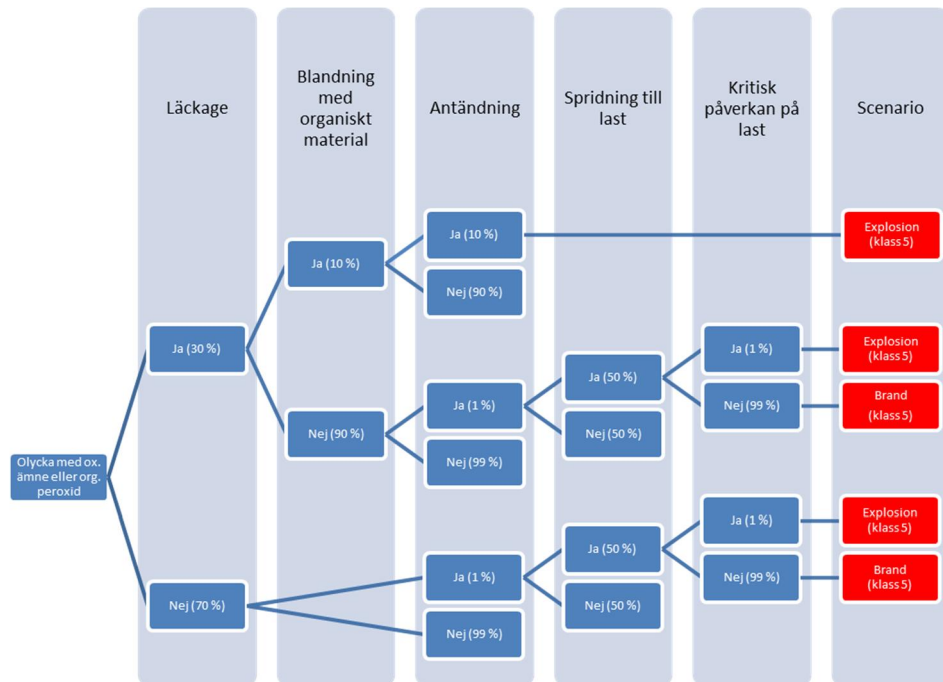
Figur 16. Händelseträ för olycka med brandfarligt fast ämne.

RID-S klass 5

Olyckor med oxiderande ämnen och organiska peroxider kan orsaka kraftiga bränder och under särskilda förhållanden leda till explosioner. En antändning och explosion kan ske i samband med en olycka där det utsläppta oxiderande ämnet (eller den organiska peroxiden) först blandas med ett organiskt flytande ämne. Blandningen som bildas utgör då ett kraftfullt sprängämne. Vidare kan en explosion uppkomma efter kraftig brandpåverkan även om någon blandning med organiskt material inte skett.

Sannolikheten för läckage uppskattas till 30 %¹. Sannolikheten för att det i samband med utsläppet av RID-S klass 5 också förekommer ett utsläpp av exempelvis RID-S klass 3, och att blandning mellan dem kan ske uppskattas till 10 %. Sannolikheten för en påföljande antändning av blandningen uppskattas till 10 %⁵.

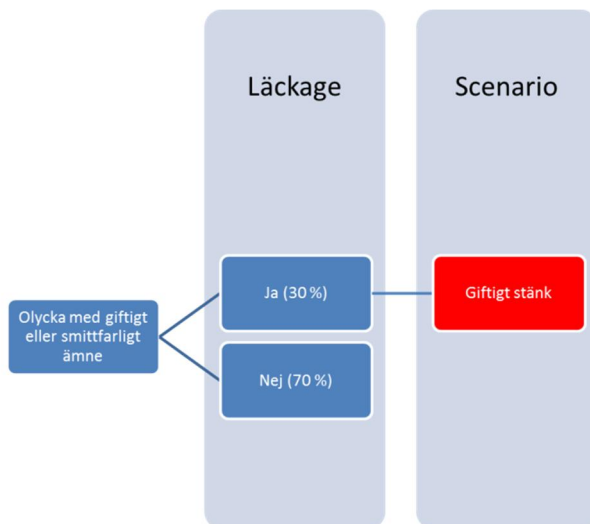
Sannolikheten för antändning som följer en olycka utan blandning uppskattas på samma sätt som för RID-S klass 4 ovan till 1 %. Sannolikheten för att den uppkomna branden ska sprida sig till lastutrymmet uppskattas grovt till 50 %. För att en brand som spridit sig till lasten ska leda till en explosion krävs att temperaturen överstiger 190°C under en längre tidsperiod. Det eventuella sönderfallet avstannar ofta om värmekällan avlägsnas⁶. Olycksstatistik för olyckor med RID-S klass 5 visar också på att det är relativt långa olycksförlopp med brinntider på 1-16 timmar innan detonation. Sannolikheten för att en brand som spridit sig till lasten påverkar denna så kraftigt att en detonation (explosion) uppkommer bedöms grovt vara en på hundra (1 %).



Figur 17. Händelsetråd för olycka med oxiderande ämne eller organisk peroxid.

RID-S klass 6

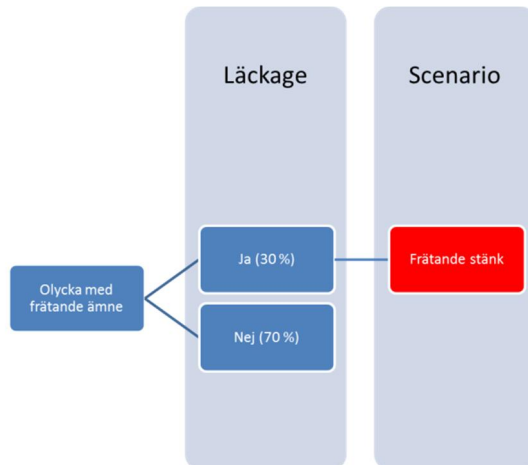
Skador på människor till följd av olyckor med giftiga eller smittfarliga ämnen bedöms enligt tidigare kunna uppstå där stänk eller iväggkastat ämne hamnar. En förutsättning är därmed att ett läckage uppstår. Sannolikheten för läckage uppskattas till 30 %¹.



Figur 18. Händelsetråd för olycka med giftigt eller smittfarligt ämne.

RID-S klass 8

Skador på människor till följd av olyckor med frätande ämnen bedöms enligt tidigare kunna uppstå där stänk eller iväg kastat ämne hamnar. En förutsättning är därmed att ett läckage uppstår. Sannolikheten för läckage uppskattas till 30 %¹.



Figur 19. Händelseträd för olycka med frätande ämne.

Referenslista - Bilaga A

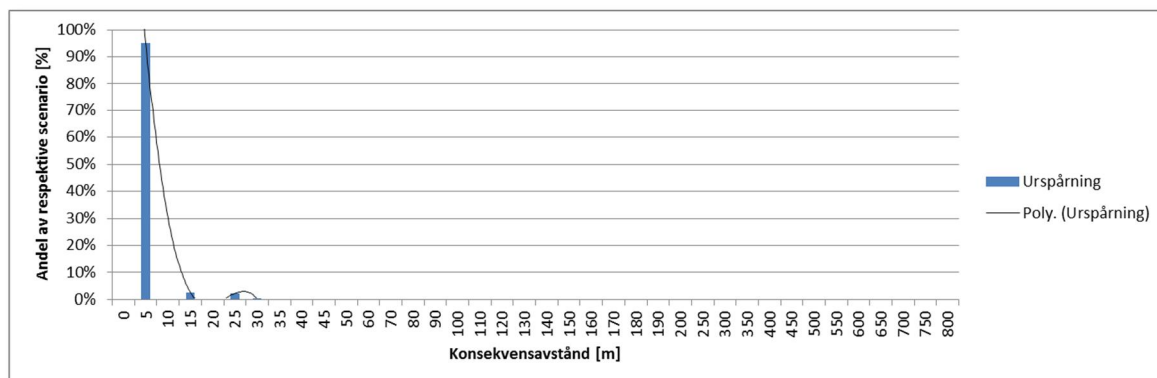
- ¹ Banverket (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Sven Fredén, Banverket: Borlänge.
- ² HMSO (1991). *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances*. London : Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission.
- ³ Purdy, G. (1993) *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail*. Journal of Hazardous Materials, 33, 229-259. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- ⁴ HMSO (1991). *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances*. Appendix 9. London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission.
- ⁵ Wuz (2010). *Helsingborgs stad – Strategi för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods*. Kävlinge, Wuz risk consultancy AB
- ⁶ Marlair, G och Kordek, M-A.(2005) *Safety and security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers*. Journal of Hazardous Materials, ss. A123. pp 13-28.

Bilaga B – Konsekvensberäkningar

I följande avsnitt beskrivs konsekvenserna av de scenarier som identifierats i samband med frekvensberäkningarna, för mekanisk påverkan vid urspårning, samt vid olyckor med farligt gods.

Mekanisk påverkan vid urspårning

Figur 20 visar fördelning av konsekvensavstånd vid urspårningar¹.

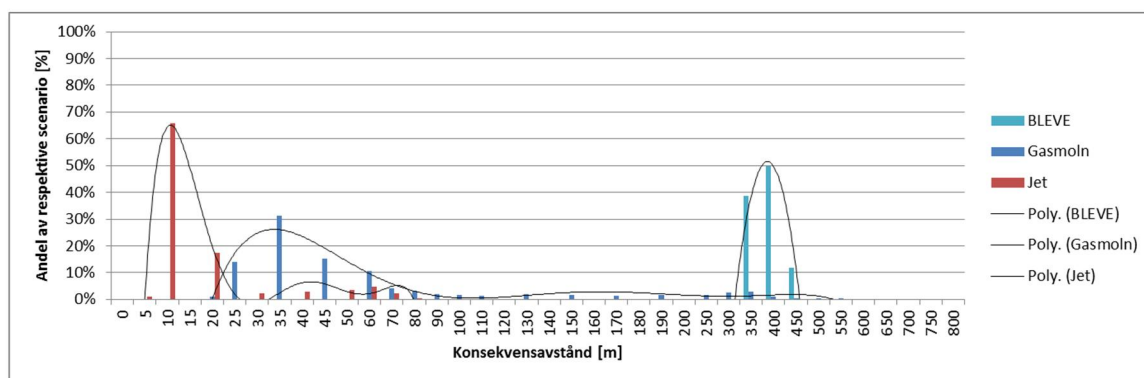


Figur 20. Använd fördelning av konsekvensavstånd för mekanisk skada vid urspårning. Kurvan "Poly. (Antagen fördelning)" visar en trendlinje för tydlighet i figuren

Farligt gods

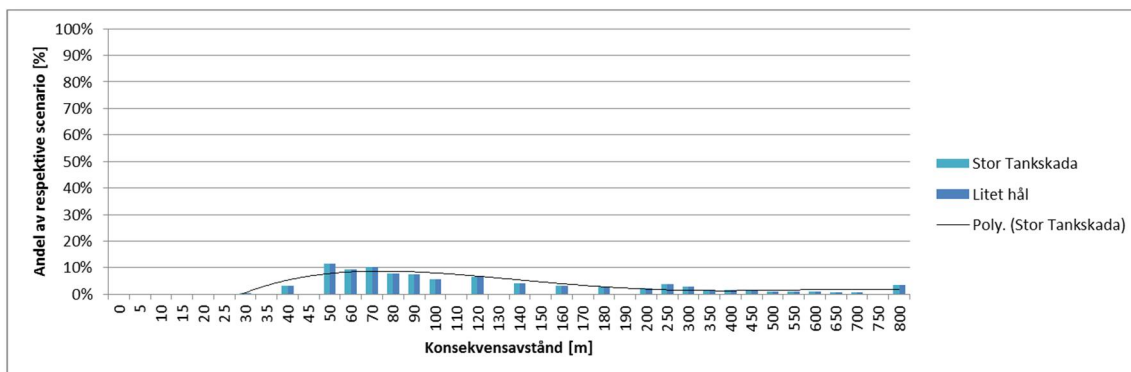
Konsekvensavstånd för de olika identifierade olycksförloppen har tidigare beräknats bland annat i samband med att Länsstyrelsen i Skåne län upprättade sina *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen*². Dessa tillämpas för nedanstående olycksförlopp.

Figur 21 visar fördelningar för BLEVE, gasmolnexplosion och jetflamma.



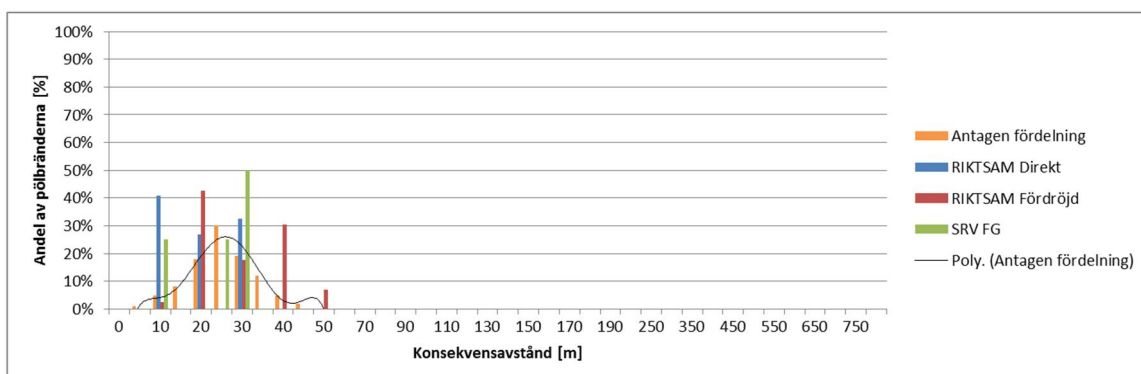
Figur 21. Använda fördelningar av konsekvensavstånd för BLEVE, gasmolnexplosion samt jetflammar, anpassat från RIKTSAM.

Figur 22 visar fördelningar för utsläpp av giftig gas.



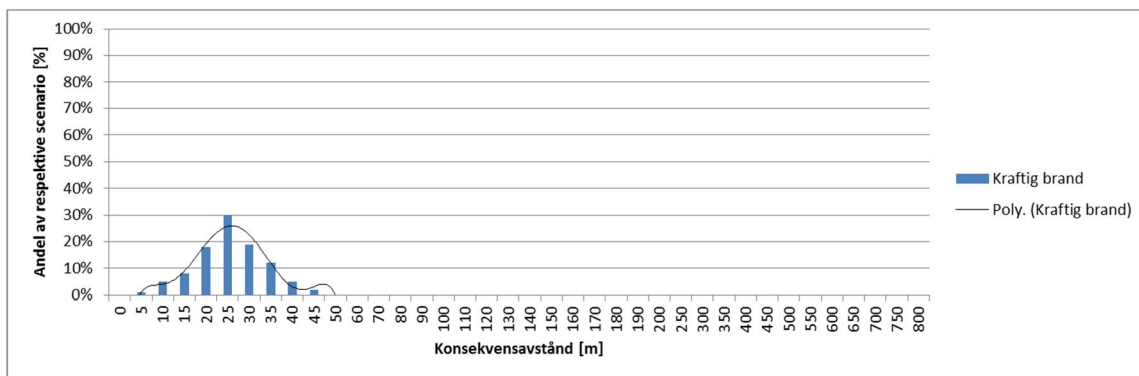
Figur 22. Använda fördelningar av konsekvensavstånd vid utsläpp av giftig gas.

En sådan pölbrand som det identifierade olycksscenarioet utgör kommer att påverka omgivningen främst genom värmestrålning. Ett vanligt förekommande antagande³ är att människor omkommer inom det område där värmestrålningen överstiger 15 kW/m². Storleken på detta område definierar det så kallade konsekvensavståndet. Konsekvensavståndet beror bland annat på hur stor pöl som bildas och därigenom hur stora flammor som uppstår samt på vilket avstånd från den aktuella byggnaden som pölen uppstår. I konsekvensberäkningarna har därför antagits en fördelning av hur långa konsekvensavstånd som uppstår vid en pölbrand, utifrån en jämförande studie av andra tillämpade strålningsberäkningar². Resultatet presenteras i Figur 23.



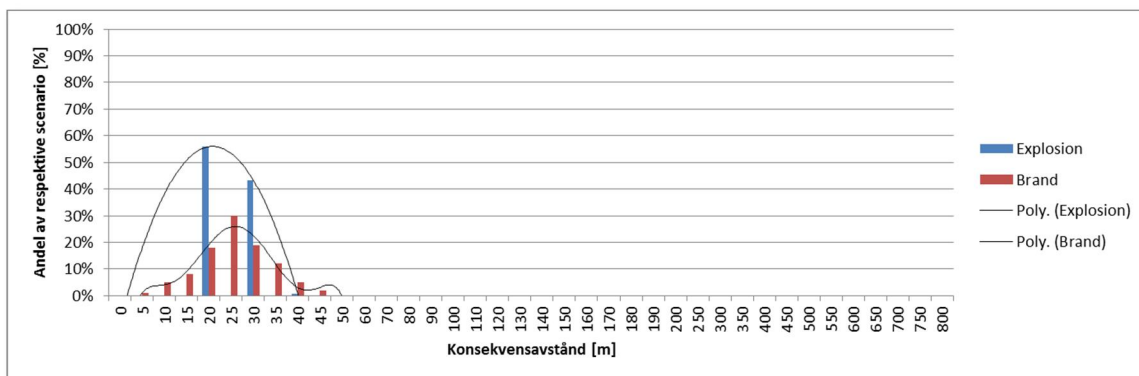
Figur 23. Använda fördelningar för konsekvensavståndet vid pölbränder. Den fördelning som används i denna riskbedömning kallas i figuren för "Antagen fördelning" (orange färg).

Figur 24 visar fördelning för olyckor med brandfarliga fasta ämnen.



Figur 24. Använd fördelning för konsekvensavstånd vid brand i brandfarliga fasta ämnen.

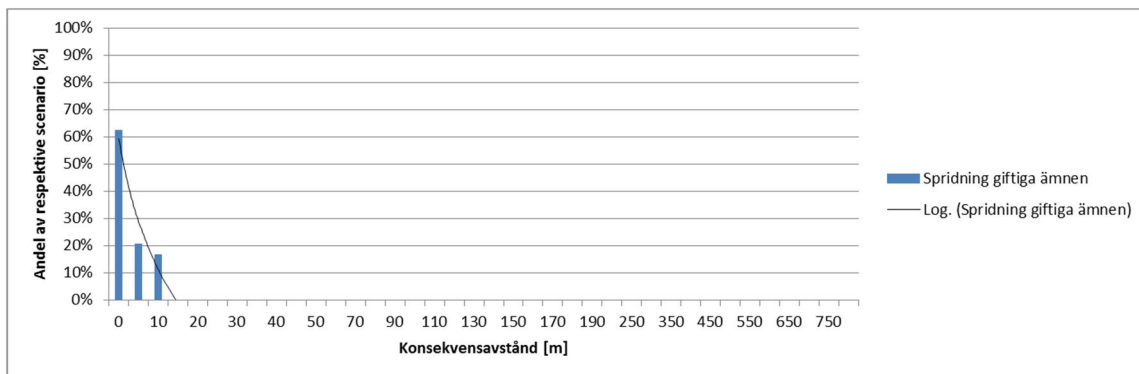
Figur 25 visar fördelningar för explosioner och bränder med RID-S klass 5.



Figur 25. Använda fördelningar för konsekvensavstånd vid explosioner och bränder med oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Det finns inga framtagna modeller som hanterar stänk av giftiga ämnen, men en olycka med giftiga eller smittsamma ämnen bedöms inte ge upphov till några akuta konsekvenser förutom i direkt anslutning till olyckan. Därför används den konsekvensavståndsfördelning för frätande

stänk som antagits i RIKTSAM, se Figur 26. Denna fördelning tillämpas även för olyckor med frätande ämnen.



Figur 26. Använda fördelningar för konsekvensavstånd vid spridning av giftigt eller smittfarligt ämne samt för frätande ämnen.

Referenslista Bilaga B

¹ Banverket (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Sven Fredén, Banverket: Borlänge.

² Länsstyrelsen i Skåne län (2007). *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods (RIKTSAM)*. Rapport ”Skåne i utveckling”, 2007:6.

³ Mistander (2009). *Användning av gränsvärden vid riskhänsyn i samhällsplaneringen - En genomgång på uppdrag av avdelningen för Samhällsskydd och beredskap på Länsstyrelsen i Stockholms län*. Stockholm: Länsstyrelsen.

Bilaga C - Beräkning av risknivåer

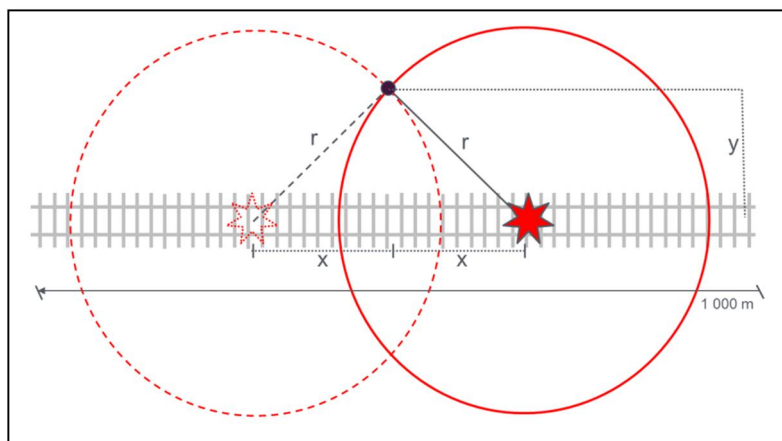
I följande avsnitt beskrivs hur beräkningarna av individrisk resp. samhällsrisk genomförs.

Individrisk

Beräkningsmetoden som används i denna riskbedömning bygger på den metod som används ibland andra Helsingborgs stads *Strategi för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods*¹.

Resultaten av frekvensberäkningarna och konsekvensuppskattningarna ovan räknas samman till en risknivå utmed den aktuella sträckan genom en beräkningsgång som kan beskrivas enligt följande (med scenariot pölbrand som exempel).

En specifik punkt i omgivningen påverkas endast av en olycka som inträffar på en sträcka nära punkten. Längden på denna sträcka beror på punktens avstånd från järnvägen och hur stort område som det studerade olycksscenarioet påverkar, se Figur 27.



Figur 27. Olyckor med konsekvensavståndet (r) måste inträffa någonstans på sträckan ($2x$) för att påverka en given punkt på ett avstånd (y) från vägen. Med hjälp av Pythagoras sats kan sträckan ($2x$) beräknas, givet att konsekvensavståndet (r) samt avståndet till vägen (y) är känt.

Resonemanget i Figur 27 leder till att en frekvenskorrigeringsfaktor som är specifik för en punkt på ett givet avstånd kan beräknas. Beräkningarna bygger vidare på att ett stort antal punkter i omgivningen (olika värden på y) studeras med upprepade beräkningar för alla de identifierade olycksscenarioerna. Den använda upplösningen för beräkningarna (värden på y) är:

0-50 meter från väggkant	Var 5:e meter
50-200 meter från väggkant	Var 10:e meter
200-800 meter från väggkant	Var 50:e meter

Formeln som används för att beräkna en frekvenskorrigeringsfaktor per kilometer blir: $\frac{2\sqrt{r^2-y^2}}{1000}$, se Tabell 8.

Tabell 8. Frekvenskorrigeringsfaktor (utsnitt).

↓ Olyckan når (r) [m]	Studerat avstånd (y) [m]				
	0	5	10	15	... 800
0	0	-	-	-	0
5	0,01	0	-	-	0
10	0,02	0,02	0	-	0
15	0,03	0,03	0,02	0	0
20	0,04	0,04	0,03	0,03	0
...					0
800	1,60	1,60	1,60	1,60	0

Siffrorna i tabellen utläses i det enklaste fallet som att om en olycka sker någonstans inom den studerade kilometersträckan och som har en konsekvens som når 5 meter kommer sannolikheten för att den påverkar en slumpmässigt vald punkt längs med spåret vara 1 %. Detta utgår ifrån att olyckan har en konsekvens som når totalt 10 m längs med spåret och det motsvara 1 % av 1 km. För längre avstånd från spåret blir beräkningarna mer komplicerade utifrån de trigonometriska beräkningar som visas i Figur 27.

Vidare har det i konsekvensberäkningarna ovan uppskattats en fördelning av hur långa konsekvensavstånd som förväntas uppstå vid de olika scenarierna, vilka redovisas för pölbrand i Tabell 9. Dessa värden är framtagna utifrån de redovisade diagrammen i Figur 23.

Tabell 9. Fördelning av konsekvensavstånd (utsnitt).

↓ Olyckan når (r) [m]	Sannolikhetsfördelning
	konsekvensavstånd
	Pölbrand
0	0 %
5	1 %
10	5 %
15	8 %
20	18 %
...	
800	0 %

Därefter multipliceras värden korsvis mellan de två tabellerna (Tabell 8 och Tabell 9) ovan redovisas i Tabell 10 för att väg samman sannolikheten att en olycka får ett visst konsekvensavstånd med sannolikheten att den specifika punkten påverkas av konsekvensen.

Tabell 10. Resultat av korsvis multiplikation (utsnitt).

↓ Olyckan når (r) [m]	Studerat avstånd [m]				
	0	5	10	15	.. 800

0	0	-	-	-	..	0
5	0,0001	0	-	-	..	0
10	0,0010	0,0009	0	-	..	0
15	0,0024	0,0023	0,0018	0	..	0
20	0,0072	0,0070	0,0062	0,0048	..	0
...						

Respektive kolumn summeras sedan för att ta fram en reduceringsfaktor som ska appliceras på respektive avstånd för att ta hänsyn till hur stor del av den ursprungliga frekvensen som faktiskt påverkar en specifik punkt, se Tabell 11. Vidare sker en justering av frekvenserna med avseende på att vissa av olycksscenerierna inte har en cirkulär utbredning, utan bedöms påverka olika andelar av en cirkelsektor, se Tabell 12.

Tabell 11. Kolumnvis summering av Tabell 10 (utsnitt).

	Studerat avstånd [m]					
	0	5	10	15	...	800
Reduceringsfaktor	0,051	0,050	0,046	0,040	...	0

Tabell 12. Exempel på justeringar med avseende på olyckssceneriernas utbredning.

Olycksscenario	Andel av cirkel	Kommentar
Pölbrand	1	Pölbranden antas ge cirkulär utbredning av värmestrålning
BLEVE	1	BLEVE antas ge cirkulär utbredning av värmestrålning
Jetflamma	0,2	Jetflamman antas riktas mot en specifik plats på en sida av olyckan i 20 % (1/5) av fallen (den första av fem följande riktningar på flammen antas drabba en specifik plats: rakt mot platsen, rakt från platsen, uppåt samt vinkelrätt från platsen åt två håll).
Gasmolnexplosion	0,06	Gasmolnexplosion (UVCE) antas enligt ¹ ge en utbredning av omkring 22 grader i vindriktningen (22/360=0,06)

Efter detta multipliceras reduceringsfaktorn med respektive andel av cirkel och den ursprungliga frekvensen (för pölbrand beräknades den tidigare till $2 \cdot 10^{-5}$) för att ge en individrisknivå på olika avstånd (Tabell 13). De resulterande värdena används slutligen för att plotta individrisken som en kurva, se Figur 7.

Tabell 13. Resulterande individrisk på olika studerade avstånd (utsnitt).

	Studerat avstånd [m]			
	0	5	10	...
Individrisk	$0,051 \cdot 1 \cdot (2 \cdot 10^{-5})$	$0,050 \cdot 1 \cdot (2 \cdot 10^{-5})$	$0,046 \cdot 1 \cdot (2 \cdot 10^{-5})$...

Samhällsrisk

I detta avsnitt beskrivs hur samhällsrisken beräknas. Vid beräkningar av samhällsrisken studeras generellt sett en sträcka på 1 kilometer², där det aktuella planområdet placeras i mittpunkten och det studerade området sträcker sig 500 meter åt vardera hållet om järnvägen.

Persontätheten i det studerade området har grovt uppskattats på tillgänglig statistik rörande Uppsala kommun³. Det värde som finns för befolkningstätheten för Uppsala domkyrkoförsamling vilket inkluderar större delen av centrala Uppsala och även det aktuella planområdet har använts. Befolkningstätheten var i det senaste underlaget 4850 personer per kvadratkilometer. Nattetid bedöms antalet personer inom området vara i princip den samma som det folkbokförda antalet. Dagtid är det lite svårare att bedöma med hänsyn till jobbpendling, skolgång och andra aktiviteter som gör att personer rör sig in och ut från det studerade området. Befolkningstätheten ansätts, i brist på mer detaljerat underlag, till lika stor dag som natt. Sammantaget innebär det att samma befolkningstäthet används även för dagtid. Befolkningstätheten som används i samtliga beräkningar är 4850 personer per kvadratkilometer, vilket får anses vara högt skattat givet att området kring kv. Fjalar tillhör en del av Uppsala domkyrkoförsamling som är någon glesare bebyggt.

För att sedan beräkna samhällsrisken har en förenkling gjorts i form av att befolkningstätheten bedöms vara likformig över hela det studerade området. Detta innebär att konsekvensen beräknas indirekt genom att beräkna den yta som scenariot påverkar och utifrån det uppskatta antalet personer. Längs med järnvägen finns ett bebyggelsefritt område där personer inte förväntas uppehålla sig och denna yta behöver därför räknas bort från den totala ytan vid beräkning av samhällsrisken. Ytan beräknas som arean av ett cirkelsegment där konsekvensavståndet utgör cirkelns radie varifrån den yta som utgörs av bebyggelsefritt område subtraheras. I de fall där konsekvensen inte har en cirkulär utbredning multipliceras cirkelarean med kvoten mellan spridningsvinkeln och 360 grader.

Beräkning av konsekvens och frekvens genomförs sedan för samtliga scenarier för samtliga klasser av farligt gods. Därefter adderas sannolikheterna för de konsekvenser som är lika stora för de olika scenarierna. Sedan plottas den kumulativa frekvensen för olyckor som har X eller fler antal skadade i ett så kallat F/N-diagram och jämförs med de kriterier som finns framtagna.

Referenslista - Bilaga C

¹ Wuz (2010). *Helsingborgs stad – Strategi för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods*. Kävlinge, Wuz risk consultancy AB.

² Länsstyrelsen i Skåne län (2007). *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods (RIKTSAM)*. Rapport ”Skåne i utveckling”, 2007:6.

³ Regionförbundet Uppsala län (2012). *Areal och befolkningstäthet 2012-12-31 Uppsala kommun*, Hämtat på <http://www.regionfakta.com/Uppsala-lan/Uppsala-lan/Uppsala/Geografi/Areal-och-befolkningstathet/> 2013-10-21