

**Riskhänsyn i Fördjupad Översiktsplan,
Storsjö Strand, Östersunds kommun**

Uppdragsgivare: Östersunds kommun
Kontaktperson: Krister Frykberg
Tyréns AB Uppdragsansvarig: Magnus Åkerlind
Tyréns AB Uppdragsnummer: 220619
Datum: 2009-04-30

Tyréns AB

Handläggare:

Kvalitetsgranskning:

Fredrik Carlsson

Martin Kylefors

Tyréns AB
Region Nord

Nybrogatan 15
871 31 Härnösand
Tel: 0611 78 26 00
Fax: 0611 78 26 01
www.tyrens.se

Säte: Stockholm
Org.Nr: 556194-7986

Innehållsförteckning

1 Inledning	3
1.1 Uppdragsbeskrivning	3
1.2 Mål och syfte	3
1.3 Omfattning	3
1.4 Tillgängligt underlag	3
1.5 Metod	3
1.6 Avgränsningar	4
1.7 Riskvärdering	4
2 Förutsättningar	6
2.1 Området	6
2.1.1 BK1	6
2.1.2 BK2	7
2.1.3 BK3	7
2.1.4 JK2 (Övre bangården)	7
2.2 Järnvägen	8
2.2.1 Bangård och stickspår	9
3 Analys	10
3.1 Riskidentifiering	10
3.1.1 Urspårning	10
3.2 Sannolikhet för skadehändelse – olycka med farligt gods	12
3.3 Konsekvens av skadehändelse	14
3.4 Beräkning av risknivå p g a farligt gods	16
3.4.1 Individrisk	16
3.4.2 Individrisk med vall	16
3.4.3 Samhällsrisk	17
3.5 Värdering av risk	19
3.5.1 Urspårning	19
3.5.2 Individrisk	19
3.5.3 Samhällsrisk	20
3.5.4 Deterministisk analys	20
3.5.5 Utformning	20
3.5.6 Osäkerhet	21
4 Slutsatser och förslag till åtgärder	22
5 Referenser och litteratur	23

1 Inledning

1.1 Uppdragsbeskrivning

Tyréns AB har på uppdrag av Östersunds kommun upprättat en riskanalys till den fördjupade översiktsplanen för planområdet storsjö strand, Östersunds kommun, med avseende på områdets lokalisering intill järnvägen.

Analysen är upprättad av Fredrik Carlsson (civilingenjör riskhantering) och kvalitetsgranskad av Martin Kylefors (tekn lic, brandingenjör).

1.2 Mål och syfte

Målet med analysen är att beskriva hur stor inverkan järnvägen med farligt gods transporter som riskkälla har på säkerheten avseende förslagen på markanvändning.

Syftet med analysen är att avgöra erforderlig riskhänsyn (avseende olycksrisker) i översiktsplanen och den vidare planeringen.

1.3 Omfattning

Analysen avser olycksrisker som hänger samman med den nära lokaliseringen intill järnvägen och då främst transporter av farligt gods. Riskanalysen besvarar följande frågeställningar.

- Hur påverkas planområdet av järnvägen?
- Vilka åtgärder eller begränsningar möjliggör genomförandet?

Vid utformning av program för planer är det betydelsefullt att visa riskhänsyn. Plan- och byggnadslagen utgår från att kommunerna i sina planer och beslut från början beaktar sådana risker för säkerhet som har samband med markanvändning och bebyggelseutveckling.

1.4 Tillgängligt underlag

- Övergripande riskbedömning för fördjupad översiktsplan – transport av farligt gods på järnväg Storsjö Strand, Östersund, WSP Brand- och Riskteknik, 2007-09-07
- Översiktsplan för Storsjö strand, förslag för samråd, sep 2008
- Platsbesök av Magnus Åkerlind, 2009-03-24

1.5 Metod

Analysen arbetar efter följande frågeschema.

- Vad kan hända?
- Hur ofta kan det hända?
- Vilka blir konsekvenserna?

1.6 Avgränsningar

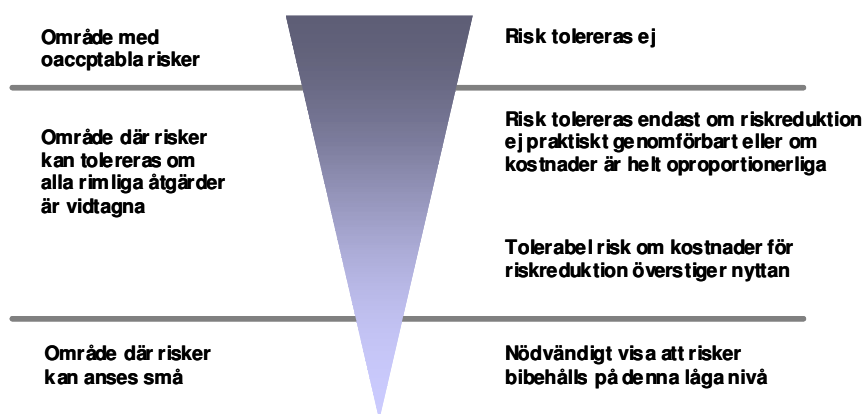
Studien omfattar inte buller, vibrationer, elektromagnetisk strålning, luft- eller markföroreningar. Studien omfattar inte ett eventuellt resecentrum i området T2 intill stationsbyggnaden.

1.7 Riskvärdering

Värdering av risker har sin grund i hur man upplever riskerna. Som allmänna utgångspunkter för värdering av risk är följande fyra principer vägledande:

1. Rimlighetsprincipen: Om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk skall detta göras.
2. Proportionalitetsprincipen: En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.
3. Fördelningsprincipen: Riskerna bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.
4. Principen om undvikande av katastrofer: Om risker realiserats bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

Risker kan kategoriskt placeras i tre fack. De kan anses vara acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla. Figur 1.1 beskriver principen för riskvärdering (Davidsson m fl, 1997).



Figur 1.1 Princip för uppbyggnad av riskvärderingskriterier (Davidsson m fl, 1997).

Länsstyrelsen i Skåne län fastställde 2007 en vägledning avseende värdering av risker längs transportleder för farligt gods (RIKTSAM rapport 2007:06). Vägledning bygger på ett underlag utarbetat av Øresund Safety Advisers AB, numera Tyréns AB, på Länsstyrelsens uppdrag.

RIKTSAM anger att:

Bostäder, kontor och hotell kan normalt accepteras utan vidare utredning på ett avstånd av 150 meter från transportleden. På närmare avstånd krävs en utredning enligt Vägledning 3, RIKTSAM (omfattande riskanalys).

Enligt vägledning 3 bör situationen kunna bedömas tolerabel om följande kombinationer av kriterier uppfylls:

- Den probabilistiska riskanalysen kan påvisa att individrisken understiger 10^{-7} per år.
- Den probabilistiska riskanalysen kan påvisa att samhällsrisken understiger 10^{-5} per år där $N=1$ och 10^{-7} per år där $N=100$.
- Den deterministiska analysen kan påvisa att tillskottet av oönskade händelser reduceras eller elimineras av förhållandena på platsen eller efter åtgärder.

Samhällsrisken avser 1 km^2 med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km transportled. Samhällsrisken skall presenteras i sin helhet i F/N diagram.

Handel (övrig handel) och kontor (i ett plan) kan normalt accepteras utan vidare utredning på ett avstånd av 70 meter från transportleden. På närmare avstånd krävs en utredning enligt Vägledning 3, RIKTSAM (omfattande riskanalys).

Enligt vägledning 3 bör situationen kunna bedömas tolerabel om följande kombinationer av kriterier uppfylls:

- Den probabilistiska riskanalysen kan påvisa att individrisken understiger 10^{-6} per år
- Den deterministiska analysen kan påvisa att det ” nettotillskott” av oönskade händelser reduceras eller elimineras av förhållandena på platsen eller efter åtgärder.

Industri och handel (sällanköpshandel) kan normalt accepteras utan vidare utredning på ett avstånd av 30 meter från transportleden. På närmare avstånd krävs en utredning enligt Vägledning 3, RIKTSAM (omfattande riskanalys).

Enligt vägledning 3 bör situationen kunna bedömas tolerabel om följande kombinationer av kriterier uppfylls:

- Den probabilistiska riskanalysen kan påvisa att individrisken understiger 10^{-5} per år.
- Den deterministiska analysen kan påvisa att riskerna med hårda konstruktioner eller motsvarande, som kan orsaka skada på eventuellt avåkande fordon, kan undvikas.

2 Förutsättningar

I detta kapitel anges de förutsättningar som ligger till grund för analysen.

2.1 Området

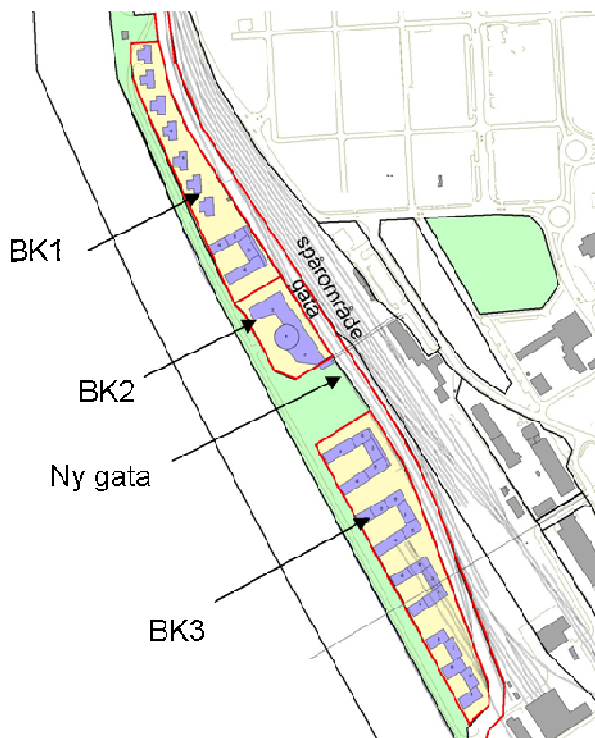
Analysen avser planområdet "Storsjö strand" beläget i västra Östersund i anslutning till järnvägen. Planområdet omfattar hela strandområdet nedanför järnvägen mellan Hamngatan och Tjalmargatan. Vidare ingår stadsdelen Söder, delen väster om Bangårdsgatan. Landarealen är totalt ca 50 hektar, varav ca 5 hektar vid stranden och ca 3 hektar mellan järnvägen och Bangårdsgatan föreslås för exploatering med bostäder och verksamheter. Se figur 2.1. I områdena BK1, BK2, BK3 samt JK2 kan det bli aktuellt med nybyggnation och beskrivs närmare nedan.



Figur 2.1 Flygfoto över projektområdet taget från nordväst med de olika delarna som omfattas i översiktsplanen Storsjö strand.

2.1.1 BK1

BK1 har en sammanlagd areal av ca 11 000 kvm. Byggnaderna som föreslås är flerbostadshus i form av stadsvillor med 3-4 våningar med plats för ca 80 lägenheter. Bostäderna planeras ungefär 30 meter från järnvägen, se figur 2.2. Området sluttar lätt ned mot strandkanten.



Figur 2.2 Översiktsbild för områdena BK1, BK2, BK3 samt gata som planeras att byggas.

2.1.2 BK2

I området föreslås bostäder alternativt ett hotell med konferenslokaler ca 30 meter från järnvägen, se figur 2.2.

I alternativet bostäder föreslås flerbostadshus i medeltal fyra våningar med plats för ca 130 lägenheter. Antal våningar i byggnaderna kan variera beroende på hur den kan komma att påverka utsikten från staden. Området sluttar lätt ned mot strandkanten.

I alternativet hotellbyggnad kopplas hotellbyggnaden samman med gångbro till centralstation. Hotellbyggnaden kan enligt förslaget vara högre än bostadshusen.

2.1.3 BK3

BK3 har en sammanlagd areal av ca 30 000 kvm. Byggnaderna som föreslås är flerbostadshus med ca 300 lägenheter. Byggnadshöjder och placering föreslås som BK2, 30 meter från järnväg och medelvåningshöjd 4 våningar, se figur 2.2. Byggnaderna kan i områdets södra del vara högre. Området sluttar lätt ned mot strandkanten.

2.1.4 JK2 (Övre bangården)

Området ligger i södra delen av planområdet, se figur 2.3, och består av två delar – söder respektive norr om planerad gatuviadukt över järnvägen, se figur 2.4. I området föreslås bostäder eller eventuellt småindustri, handel eller kontor ca 20 meter från järnväg. Utformning av de olika delarna är oklara, för bostäder förslås

utformningen enligt figur 2.3. Marknivån i området ligger ungefär 1-1,5 meter över marknivån för järnvägen.

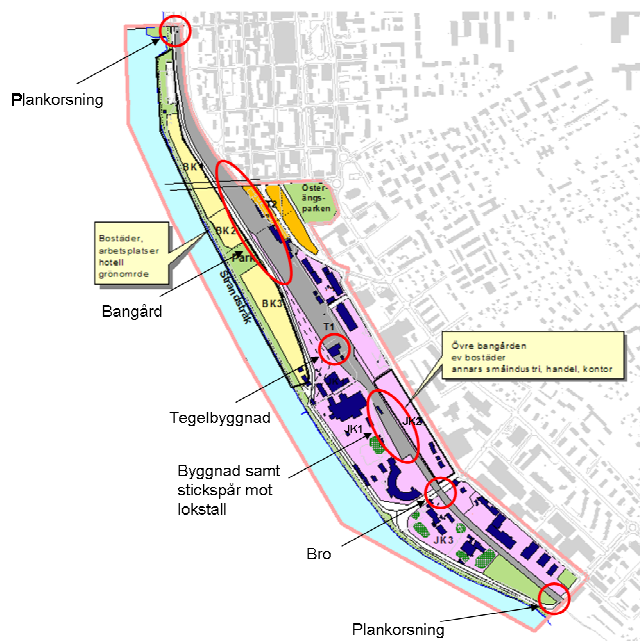


Figur 2.3 Översiktsbild av JK2 med förslaget bostäder och bro över järnvägsspår.

2.2 Järnvägen

Järnvägsspåren löper i en nordväst-sydöstlig riktning genom exploateringsområdet och omfattar Mittbanan och Inlandsbanan med trafik-, växlings- och uppställningsspår. På järnvägen går persontrafik och godstrafik. Sträckningen är tämligen rak med undantag i södra och norra delen där spåren kröker lätt, se figur 2.4.

I sydöstra samt i nordvästra delen av exploateringsområdet finns två plankorsningar. Plankorsningarna är försedda med bom och varningssignal, se figur 2.4.



Figur 2.4 Risker förknippade med området.

Trafikprognosen för sträckan år 2020 är enligt Banverket (2009) 11 godståg per dygn (en ökning med ca 35 % från 2009) och 38 persontåg per dygn (en ökning med ca 45 % från 2009). Till detta tillkommer 5 vagnuttagningar på bangården, (en ökning på ca 25 % från 2009). Vagnuttagning är en enklare form av lokal godstrafik som bland annat får köra i max 40 km/h.

På längre sikt finns ett trafikscenario med en ökad tågtrafik till Trondheim (främst godståg). Dessa tåg skulle då även passera Östersund. Det krävs stora investeringar från den norska sidan för att detta scenario ska bli verklighet. Även på den svenska sidan krävs investeringar, något som inte finns med i gällande investeringsplaner. Det är svårt att säga hur många tåg som skulle tillkomma i detta trafikscenario, men det skulle kunna innebära en ökning med ca 15 tåg per dygn. (Banverket, 2009).

På godstågen transporteras farligt gods. Transporterna är reglerade i bestämmelser (föreskrifter) från Räddningsverket. Farligt gods är ämnen med farliga egenskaper, t ex brandfarliga, frätande eller giftiga.

2.2.1 Bangård och stickspår

Vid perrongen i mitten av exploateringsområdet ligger en bangård, som bredast 13 parallella spår med stickspår ner till JK1, se figur 2.1. Efter beslut från Banverket ska de tre spåren närmast BK3 avvecklas. Enligt Green Cargo (2009) förekommer det ibland farligt gods på bangården. Vagnarna med farligt gods ställs på bangården över natten före leverans till kund dagen efter.

Den övre bangården, JK2, planeras i planförslaget att ersättas med bostäder, handel, små industri eller kontor. I anslutning till JK 2 finns ett stickspår ner mot lokstallet.

3 Analys

3.1 Riskidentifiering

Skadehändelser är de händelser som kan leda till skada. Med de givna förutsättningarna har följande skadehändelser identifierats:

- Urspåring
- Olycka med farligt gods på järnväg

3.1.1 Urspåring

Data över hur långt från spårmittpunkt som tåg vid inträffade urspåringar har hamnat som längst framgår av Tabell 3.1 och Tabell 3.2.

Tabell 3.1 Data över hur långt urspårade resandetåg har avvikit från spårmittpunkt, samt viktad sannolikhet med beaktande av endast de kända data. Från Fredén (2001).

	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15- 25 m	> 25 m	Okänt
Data (%)	69	16	2	2	0	12
Viktad slh (%)	78	18	2	2	0	-

Tabell 3.2 Data över hur långt urspårade godståg har avvikit från spårmittpunkt, samt viktad sannolikhet med beaktande av endast de kända data. Från Fredén (2001).

	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15- 25 m	> 25 m	Okänt
Data (%)	64	18	5	2	2	9
Viktad slh (%)	70	20	5	2	2	-

Spridningen (avvikelsen från spåret) är beroende av tågets hastighet och spårets läge i förhållande till omgivningen och omgivningens beskaffenhet. I detta specifika fall är hastigheten reglerad till max 140 km/h på en spårsträckning med svaga kurvor i planområdets nordvästra och sydöstra del. Vid perrongen är hastigheten reglerad till max 40 km/h. Mellan dessa områden kommer tågen att hålla en hastighet mellan 40 km/h och 140 km/h i inbromsnings- samt accelerationssträcka. Ju lägre hastighet ett tåg håller, desto mindre är sannolikheten att ett tåg spårar ur och desto mindre blir konsekvenserna vid en olycka. Utrymmet mellan spår och bebyggelse varierar längs sträckan med övervägande grönområden samt upplagsutrymmen för industri. Markområdet i JK2 ligger 0,5-1,5 meter ovan järnvägen.

I anslutning till JK1 finns en befintlig tegelbyggnad i direkt anslutning till järnväg.

Tåg som spårar ur har vid en hastighet på 100 km/h en urspårningsvinkel på maximalt 7 grader (Östlund, 1995).

I planförslaget föreslås bebyggelsen i JK2 på ett avstånd av ca 20 meter från järnvägen och BK1-3 på ett avstånd på ungefär 30 meter från järnvägen.

I anslutning till JK2 föreslås en bro över till strandsidan. I direkt anslutning till järnvägen vid JK2 finns en byggnad, se figur 2.4. Båda kan bidra till att konsekvenserna vid en olycka med farligt gods kan förvärras.

Tegelbyggnaden i anslutning till järnvägen, se figur 2.4, kan bidra till att konsekvenserna vid urspårning ökar. Tegelhuset ligger ca 100 meter från BK3 och ca 150 meter från JK2.

Beroende på hur bron i anslutning till JK2, figur 2.3, utformas kan den bidra till större konsekvenser vid urspårning.

3.2 Sannolikhet för skadehändelse – olycka med farligt gods

Skadehändelsen ”olycka med farligt gods” omfattar olyckor där sk ”farligt gods” släpps ut på ett sätt som kan ge olyckor i omgivningen. Den initiala händelsen är i dessa fall tågolyckor (urspårning, kollision, plankorsningsolycka).

Urspårningar kan i huvudsak bero på rälsbrott, solkurva, spårlägesfel, vagnfel eller andra orsaker (Fredén, 2001). Den kan även bero på kollision, men enligt Fredén är sannolikheten för sammanstötning mellan tåg så låg att den försvinner i de allmänna osäkerheterna avseende urspårning. Urspårningstalen för olika vagnstyper framgår av Tabell 3.3 och relaterar till antalet vagnaxelkilometrar.

Tabell 3.3 Urspårningstal för 2-axliga respektive boggivagnar på ospecificerad räl placerad på ospecificerad slipers.

	2-axlig vagn	Boggivagn
Spårberoende	$16,7 \cdot 10^{-9}$	$7,3 \cdot 10^{-9}$
Ej spårberoende, vagnfel	$4,0 \cdot 10^{-9}$	$0,6 \cdot 10^{-9}$
Ej spårberoende, operatörsfel	$3,1 \cdot 10^{-9}$	$3,1 \cdot 10^{-9}$
Ej spårberoende, okänt	$1,6 \cdot 10^{-9}$	$0,3 \cdot 10^{-9}$
Summa	$1,05 \cdot 10^{-8}$	$4,8 \cdot 10^{-9}$

I beräkningarna har ospecificerad räl placerad på ospecificerad sliper använts på grund av information angående spårkvaliteten inte hann samlas in under projektet.

På järnvägen går i dagsläget 8 godståg per vardagsmedelsdygn samt 4 vagnuttagningar (totalt 12 godståg). Detta innebär att ungefär 3000 godståg går på sträckan varje år. På samma sträcka transporterades 0 – 4100 ton farligt gods under september år 2006 (SRV 2006). Antar man att transportererna är samma under hela året transporteras 0 - 49 200 ton farligt gods per år. Med en snittstorlek på 40 ton per vagn farligt gods innebär detta att det varje år transporteras 1230 vagnar farligt gods per år.

Godstågens storlek antas vara det genomsnittliga värdet på 29 vagnar per tåg (baserat på underlag till RIKTSAM) och med i genomsnitt 0,4 vagnar lastade med farligt gods. Andelen vagnar lastade med farligt gods blir således knappt 1,4 % av den totala godstrafiken. Fördelningen av det farliga godset uppskattas utifrån mängden farligt gods för 1996, 2006 samt hur den genomsnittliga fördelningen ser ut för riket, fördelningarna redovisas i tabell 3.4. Osäkerheten avseende flödet av farligt gods samt spårkvalitet bedöms och redovisas i Avsnitt 3.5.6.

Tabell 3.4 Fördelning mellan godsslag vid transport av farligt gods på järnväg; data från Räddningsverket för Östersund samt riket.

RID-klass	Ämne	SRV 1996	SRV 2006	Riks-genomsnitt (SRV2006)	Antagen fördelning
1	Explosiva ämnen och föremål	-	-	-	-
2	Gaser	23,0%	17,1%	15,2%	18,0%
3	Brandfarliga vätskor	36,1%	-	53,9%	10,0%
4	Brandfarliga fasta ämnen	23,0%	-	1,3%	2,0%
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	9,8%	-	12,1%	5,0%
6	Giftiga ämnen	0,7%	-	1,3%	1,0%
7	Radioaktiva ämnen	-	-	0,0%	0,0%
8	Frätande ämnen	6,6%	82,9%	10,1%	62,0%
9	Övriga farliga ämnen och föremål	1,0%	-	6,0%	2,0%

Antalet sammanstötningar med tunga vägfordon vid plankorsningar beror på utformningen av korsningen (bommar, ljud/ljus –reglerad korsning eller kryssmärke/inget skydd).

Frekvensen av olycka som inbegriper en vagn lastad med farligt gods har beräknats enligt VTI-modellen med följande data:

- 6750 godståg/år motsvarar 27 tåg/dygn enligt Banverkets (2009) prognos om Norge uppgraderar sina spår, mycket konservativt satt då prognosen för år 2020 är 16 tåg/dygn.
- 29 vagnar per (gods)tåg.
- 0,4 vagnar per tåg lastad med farligt gods (1,4 %).
- 3.7 vagnaxlar per vagn i genomsnitt. 4 vagnaxlar för vagn lastad med farligt gods.
- Urspårningstal för boggivagn respektive 2-axlig vagn enligt Tabell 3.3.
- 0.3 km spårlängd. Genom att ta 300 meter bedöms de olika ämnesklasserna att beaktas för ett specifikt område.
- Sannolikhet för läcka sätts konservativt till 0.3 (konservativt viktat medelvärde för alla utsläppsstorlekar avseende tjockväggiga och tunnväggiga tankar).

- 2 plankorsningar med bommar (frekvens för sammanstötning med tungt vägfordon per korsning $5 \cdot 10^{-8}$ per år).

Med ovanstående data beräknas frekvensen för farligt gods olycka till $3,3 \cdot 10^{-5}$ per år med trafikscenariot om Norge uppgraderar sin järnväg (27 godståg per dygn).

Med ovanstående data beräknas frekvensen för farligt gods olycka till $1,95 \cdot 10^{-5}$ per år med trafikscenariot år 2020 (16 godståg per dygn).

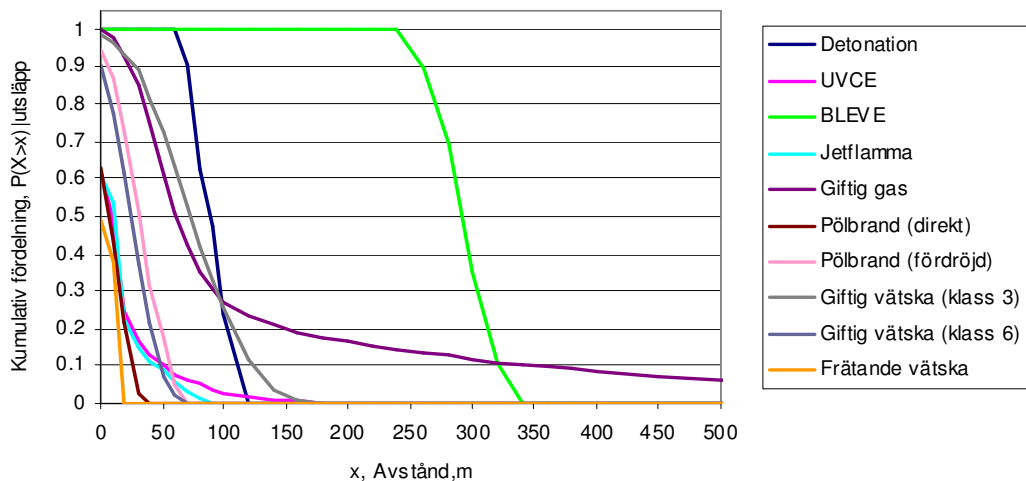
3.3 Konsekvens av skadehändelse

Farligt gods utgörs av flera olika ämnen vars fysikaliska och kemiska egenskaper varierar. De huvudsakliga riskkällorna vid transport av farligt gods utgörs av dem som kan leda till en eller flera av följande tre konsekvenser; brand, explosion och utsläpp av giftiga och frätande kemikalier. Principiellt kan en indelning ske i massexplösiva ämnen, giftiga kondenserade gaser, brandfarliga kondenserade gaser, giftiga vätskor, brandfarliga vätskor och frätande vätskor. Massexplösiva ämnen kan detonera vid olyckor. Skadeverkan är en blandning av strålnings- och tryckskador. Tryckkondenserade gaser är lagrade under tryck i vätskeform. Vid utströmning kommer en del av vätskan att förångas och övergå i gasform. Utströmningen ger upphov till ett gasmoln som driver i väg med vinden. Vätskor som strömmar ut breder ut sig på marken och bildar vätskepölar. Beroende av vätskans flyktighet kommer avdunstningen att gå olika fort. Brand och explosion kan uppstå sekundärt efter ett utsläpp av brandfarlig gas eller vätska. Om direkt antändning sker vid utsläppskällan uppstår en jetflamma. Antänds en vätskepöl uppstår en poolbrand. Vid utströmning av brandfarlig gas används ofta termerna UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion) och BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion). UVCE inträffar om ett gasmoln antänds på ett längre avstånd från utsläppskällan och BLEVE är ett resultat av att en pga värmepåverkan kokande vätska (tryckkondenserad gas) släpps ut momentant från en bristande tank och exploderar med stor kraft. Ovanstående konsekvenser kan härledas till farligt gods i RID-klass 1, 2, 3, 6 och 8. Brandfarliga fasta ämnen i RID-klass 4, oxiderande ämnen och organiska peroxider i RID-klass 5, radioaktiva ämnen i RID klass 7 och övriga ämnens i klass 9 utgör normalt ingen fara för omgivningen då konsekvenserna koncentreras till fordonets närhet.

Representativa scenarier för olika typer av gods och dimensionerande avstånd för skadehändelser redovisas i Tabell 3.5. Det dimensionerande avståndet har valts som ett representativt scenario för varje skadehändelse, definierat som 80 %-percentilen i beräkningar över variationen i utfall på grund av olika vindhastigheter, hålstorlekar etc (beräkningar genomförda i RIKTSAM med 10 000 iterationer); dvs ett avstånd som innehålls i 80 % av fallen. Hela fördelningen på utfall redovisas i Figur 3.1.

Tabell 3.5 Representativa scenarier för olika skadehändelser med transport av farligt gods. B=brännbart, G=giftigt, F=Frätande. Dimensionerande avstånd avser ett avstånd som vid en given olycka innehålls i 80 % av fallen.

Scenario	Typ av gods	Skadehändelse	Dimensionerande avstånd
1	Explosivämne	Detonation	110
2	Tryckkondenserad gas, B	UVCE	20
3	Tryckkondenserad gas, B	BLEVE	320
4	Tryckkondenserad gas, B	Jetflamma	25
5	Tryckkondenserad gas, G	Giftmoln	150
6	Vätska, B	Pölbrand direkt	30
7	Vätska, B	Pölbrand fördröjd	50
8	Vätska, B, G	Pölbrand direkt	30
9	Vätska, B, G	Pölbrand fördröjd	50
10	Vätska, B, G	Giftmoln	110
11	Vätska, G	Giftmoln	25
12	Vätska, F	Frätskada	20

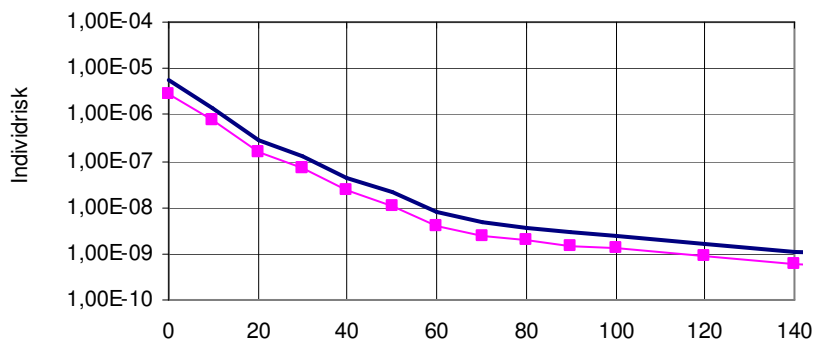


Figur 3.1 Fördelning över riskavstånd för olika varierade parametrar. Totalt 10 000 iterationer ligger till grund för redovisningen.

3.4 Beräkning av risknivå p g a farligt gods

3.4.1 Individrisk

Individrisken längs Östersunds järnväg för scenariot att Norge skulle uppgradera sin järnväg återges i Figur 3.2. Beräkningarna bygger på de presenterade skadehändelserna i Figur 3.1 med variationer i antaganden om hålstorlek, vindar etc i enlighet med Figur 3.1.



Figur 3.2 Individrisken som funktion av det vinkelräta avståndet från järnvägen. Heldragen linje avser individrisken om Norge skulle uppgradera sin järnväg, punkterad linje avser prognos för 2020.

Det kan konstateras att individrisknivån inom planområdet ligger under $1 \cdot 10^{-5}$ per år, men att risknivån inte sjunker under $1 \cdot 10^{-6}$ förrän vid ca 10 meter och $1 \cdot 10^{-7}$ per år vid ca 30 meter. I JK2 särskiljer sig förutsättningarna i och med att höjdskillnaden är ungefär 0,5 till 1,5 meter. Höjdskillnaden kan med kompletteringar förutsättas ha samma egenskaper som att upprätta en vall. Beräkningarna för sträckning med vall presenteras i 3.4.2

3.4.2 Individrisk med vall

Individrisken beräknas också för de förhållanden som uppstår då en vall som reducerar risken är uppförd mellan spår och byggnader, se Figur 3.3.

Vallen reducerar risken genom att avåkning inte sker lika långt bort från spåren (i riktning mot byggnader i JK2) samt att ett eventuellt utsläpp av brandfarlig vätska (gäller även giftiga eller frätande vätskor) hindras sprida sig. Vallen antas hindra de godståg som annars hade nått längre än 5 meter från spåren (mindre än 10 % av de godståg som spårar ur kommer längre bort än 5 meter), se Tabell 3.2. Övriga 90 % kommer även utan vall inte längre än 5 m bort från spåren. Urspåringsvinkeln för tåg med hastigheten 100 km/h är maximalt 7 grader (Östlund, 1995) och därför kan en vall verka hindrande.

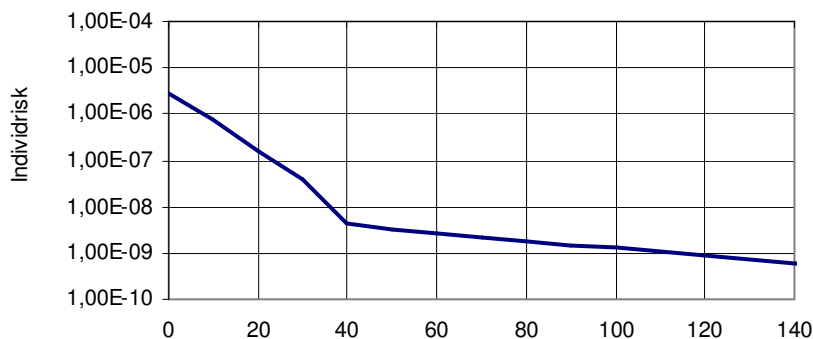
Beräkningarna skiljer sig från figur 3.1 i två avseenden:

- Även de ca 10 % av godstågen som annars når längre än 5 m bort från spåren stannar inom 5 m. Detta innebär att startpunkten för exempelvis en

explosion, en brand eller ett utsläpp av giftig gas inte sker närmare planområdet än 5 m bort från spåren.

- Utsläpp av brandfarlig vätska hindras sprida sig i riktning mot bostadsområdet och pölkanten når inte längre bort från spåren än 5 m. Detta påverkar sannolikheterna och konsekvenserna pölbränderna, se scenarier i Tabell 3.5.

Beräkningarna för andra pölar än de med brandfarlig vätska tar däremot inte hänsyn till vallens inverkan vid beräkning av olycksutbredningen. Detta är ett konservativt antagande.



Figur 3.3 Individrisken som funktion av det vinkelräta avståndet från järnvägen, med en vall uppförd.

Med en vall uppförd sjunker risknivån till $1 \cdot 10^{-6}$ per år vid ca 10 meter och $1 \cdot 10^{-7}$ per år vid ca 25 meter. Risknivån överstiger aldrig $1 \cdot 10^{-5}$ per år.

3.4.3 Samhällsrisk

Samhällsrisken är ett mått på risken för en population. Hänsyn tas till hur många som befinner sig inom ett område och ibland tas hänsyn till att det finns olika många människor inom området dag- respektive nattetid. Likaså utgår beräkningarna från att människor finns inom- och utomhus.

Enligt RIKTSAM ska samhällsrisken beräknas för 1 km^2 . I beräkningar för samhällsrisken görs följande antaganden och indata:

- Hotellet i BK2 placeras i mitten av en 1 km lång sträcka och hänsyn tas till människor i området.
- Enligt SCB är befolkningstätheten för Östersund Stad $1632 \text{ människor/km}^2$. I området kommer flervåningshus att upprättas samt att området kommer att bli mer tillgängligt i och med att det rustas upp. I området ligger järnvägsstation, vilket bidrar till en viss ökning av befolkningstäthet vid vissa tidpunkter. I beräkningarna används befolkningstätheten $1600 \text{ invånare/km}^2$ inom 30 meter, $2400 \text{ människor/km}^2$ inom 30-100 meter från järnvägen och $1800 \text{ människor/km}^2$ utanför 100 meter. $1800 \text{ människor/km}^2$ innefattar sjön.

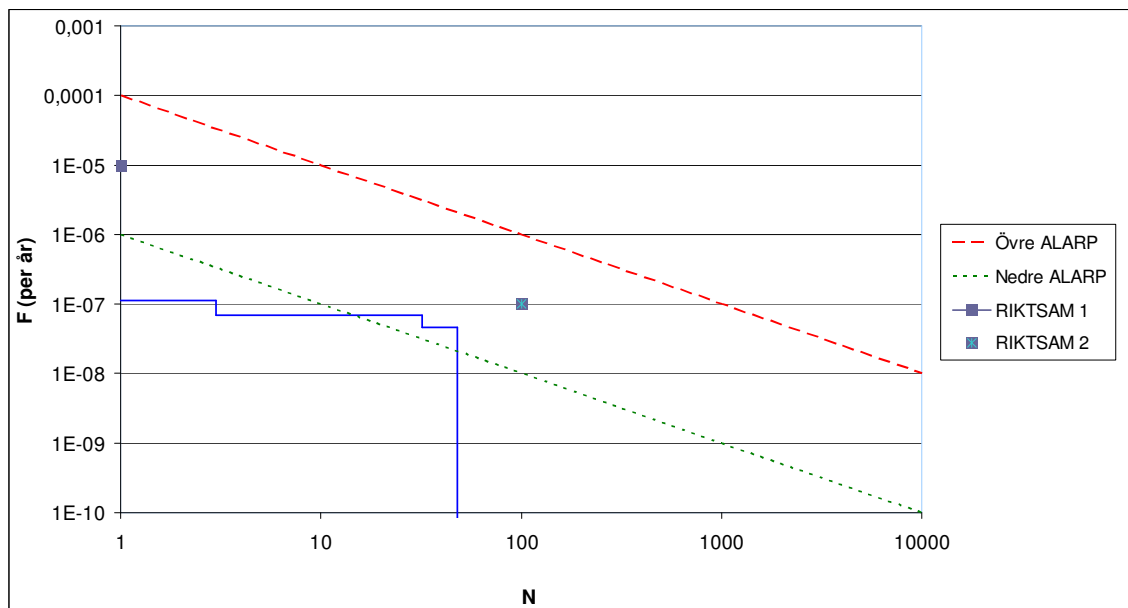
- Boende antas befinna sig i området dygnet runt. Detta är givetvis en överskattning men genom detta antagande så tas hänsyn till eventuella besökare i området.
- Hotellet antas vara öppet året runt och dygnet runt. Antalet gäster och anställda antas enligt en fördelning. 50 % av tiden, d.v.s. 12 h/dygn (dagtid under alla dagar) är antalet människor 30 st, 20 % av alla nätter/kvällar är fullbelagt, d.v.s. 600 personer och 30 % av nätterna är beläggningen lite mindre (400 människor). Nätter/kvällar utgör 12 h/dygn. I hotellet finns funderingar på att ha en konferensanläggning, ökningen av antalet människor som konferensanläggningen medför antas täckas av befolkningstätheten i området (2400 människor/km²).
- Människor antas befinna sig inomhus 80 % av tiden och utomhus 20 % av tiden.
- Alla skadehändelser enligt Figur 3.1 analyseras.

För de skadehändelser som kan påverka görs en schablonmässig skattning av konsekvenserna uttryckt i andel av personerna inom det dimensionerande riskavståndet som antas omkomma i beräkningarna, utomhus respektive inomhus, se Tabell 3.6. Skattningen är grov och bygger indirekt på bedömningar av olika scenariers utbredning, hastighet, möjlighet att uppfatta situationer etc.

Tabell 3.6 Andel personer som antas omkomma i samhällsriskberäkningarna för de olika skadehändelserna.

Skadehändelse	Andel omkomna utomhus	Andel omkomna inomhus
Detonation	50 %	50 %
BLEVE	90 %	10 %
Giftmoln (större)	90 %	10 %
Pölbrand fördröjd	20 %	-
D:o med giftig vätska	20 %	-
Giftmoln från vätskepöl	30 %	10 %
UVCE	30 %	10 %
Jetflamma	50 %	-
Pölbrand direkt	40 %	-
D:o med giftig vätska	40 %	-
Giftmoln (mindre)	30 %	10 %
Frätskada	40 %	-

Den beräknade samhällsriskens redovisas i Figur 3.4.



Figur 3.4 Samhällsrisken för Storsjö strand redovisad som F/N-kurva. På den vertikala axeln redovisas den beräknade frekvensen av scenario med N eller fler omkomna, enligt den horisontella axeln. De streckade linjerna anger övre och nedre gräns för det område inom vilket ALARP tillämpas, fyllda kvadrater anger de punktvärden i F/N-diagrammet som inte får överskridas enligt RIKTSAM.

Av F/N-kurvan framgår att risknivån understiger de kriterier som anges i RIKTSAM.

3.5 Värdering av risk

3.5.1 Urspårning

Genom att förlägga byggnader minst 25 meter från närmaste spår (räl) i BK1-3 så bedöms inte dessa kunna bli berörda av andra urspårningar än de som leder till en farligt gods olycka. Inom 25 meter bedöms även resandetåg kunna påverka.

Befintlig tegelbyggnad i mitten av planområdet bedöms kunna förvärra en olycka men bedöms inte påverka BK1-3 eller JK2 nämnvärt, då transporten av farligt gods främst består av frätande ämnen (Se avsnitt 3.2) med bedömda korta riskavstånd.

Genom att förlägga byggnader minst 20 meter från närmaste spår (räl) i JK2 så bedöms inte dessa kunna bli berörda av urspårningar än de som leder till en farligt gods olycka. Överfartsbron i anslutning till JK2 bedöms kunna förvärra en eventuell olycka med farligt gods beroende på hur den utformas samt att byggnaden i direkt anslutning till järnvägen vid JK2 bedöms kunna förvärra en olycka med farligt gods.

3.5.2 Individrisk

Individrisknivån $1 \cdot 10^{-7}$ per år (kriterium i RIKTSAM) erhålls ca 30 meter längs järnvägssträckan och 25 meter där vall (≥ 2 meter) eller motsvarande uppförs.

3.5.3 Samhällsrisk

Enligt beräkningen är samhällsrisknivån acceptabel. Samhällsrisk för N=100 och N=1 understiger den gräns som anges i RIKTSAM.

Beräkningarna är genomförda för en 1 km lång sträcka, med det tillkommande hotellet placerad i mitten.

3.5.4 Deterministisk analys

RIKTSAM anger att ”den deterministiska analysen ska kunna påvisa att tillskottet av oönskade händelser reduceras eller elimineras av förhållandena på platsen eller efter åtgärder”.

En deterministisk analys försöker förutse störningar som kan inträffa och i aktuellt fall dominerar olyckor som orsakas av frätande ämnen samt utsläpp av gaser.

I det värsta fallet sker utsläppet av frätande ämnen och gaser efter att ett godståg spårat ut. I avsnitt 3.1.1 anges hur långt ett urspårat godståg förväntas nå och i tabell 3.2 anges sannolikheten för att ett tåg med farligt gods spårar ur.

Utsläpp av frätande ämnen är kopplad till vagnens närhet. Förutsättningarna i de olika områdena (plan mark i BK1-3 och en meter högre mark i JK2), den låga sannolikheten för olycka samt det korta konsekvensområdet för frätande ämnen anses inga ytterligare åtgärder vara nödvändiga.

Gaser kommer inte att vara begränsade vid dess närområde men på grund av den låga sannolikheten för olycka med transport av gaser bedöms inga ytterligare åtgärder nödvändiga för att uppfylla RIKTSAM

3.5.5 Utformning

Utformning av byggnad och område ska ske med hänsyn till riskerna. I föreliggande fall antas denna hänsyn kunna visas genom:

BK1-3 – Bostäder och hotell

- Hotell byggs inte närmare än 30 meter från järnvägen.
- Hotellet förses med avstängningsbar ventilation.
- Bostäder byggs inte närmare än 30 meter från järnvägen.

JK2 – Bostäder och kontor

- Bostäder och kontor byggs inte närmare än 25 meter från järnvägen under förutsättning att området kompletteras med vall (≥ 2 m). Utan vall gäller samma utformning som i BK1-3.

JK2 – Industri, handel (sällanhandel och övriga) samt kontor (i ett plan)

- Verksamhet byggs inte närmare än 25 meter från järnvägen. Med vall (≥ 2 m) byggs verksamheten, med de specifika förutsättningarna (marknivå för

planområde +1 meter jämfört med järnväg, vall ≥ 2 meter), inte närmare än 10 meter från järnväg.

3.5.6 Osäkerhet

Det finns osäkerhet i antaganden, indata och modell. Nedan presenteras och kommenteras osäkerheterna i analysen.

Mellan hastighetsbegränsningarna 40 och 140 km/h kommer en hastighetssänkning respektive ökning att ske. VTI-modellen tar ingen hänsyn till att hastigheten varierar inom området utan sannolikheten för olycka beräknas med samma sannolikhet oavsett vilken av dessa hastigheter som används. En lägre hastighet bidrar till en lägre sannolikhet för urspårning och mindre konsekvenser vid en olycka vilket inte beaktas i beräkningarna.

I beräkningarna har ospecificerad räl placerad på ospecificerad sliper använts på grund av information angående spårkvaliteten inte hann samlas in under projektet. Värdena bidrar till att beräkningarna blir konservativa (överskattade).

I beräkningarna används Banverkets prognos om den norska sidan skulle rustas upp. Detta skulle medföra en ökning med 15 stycken godståg per dygn jämfört med Banverkets prognos för 2020, dvs 16 godståg per dygn. Beräkningar har genomförts för båda scenarierna men skiljer sig inte nämnvärt. Individrisknivån inom planområdet ligger under $1 \cdot 10^{-5}$ per år i båda fallen. Risknivån sjunker under $1 \cdot 10^{-7}$ per år vid ca 30 meter för båda scenarierna. I och med att 27 godståg används i beräkningarna lämnas marginaler för framtida ökning av trafiken och beräkningarna är konservativa.

Individrisken är beräknad med hänsyn tagen till urspårningsfrekvensen för 300 meters spårsträckning och 2 plankorsningar och samhällsrisken för 1 km spårsträcka. Utbredningen av olyckor är därefter beräknad vinkelrätt från spåret mitt för planområdet. Sammantaget är beräkningarna konservativa (en överskattning) i det att många olyckor kan inträffa i enlighet med underlaget utan att egentligen påverka planområdet.

I den relativa fördelningen mellan de olika RID-klasserna har ämnen som inte transporteras idag beaktats för att ta hänsyn till eventuellt framtida transporter av farligt gods. Sammantaget är fördelningen konservativ då frätande ämnen, med relativt kort riskavstånd, har minskat och klasser med längre riskavstånd ökat.

4 Slutsatser och förslag till åtgärder

Analysen avser planområde i västra Östersund. Kommunens önskemål är att kunna utnyttja marken för att anlägga bostäder, eventuellt ett nytt hotell, småindustri, handel eller kontor. Järnvägen löper i nordvästlig-sydligostlig riktning ca 20-30 meter från planområdet. På järnvägen förekommer transport av farligt gods.

Riskenivå

Enligt beräkningarna för individrisk erhålls aldrig $1 \cdot 10^{-5}$ per år, vilket är en nivå för att uppfylla kraven för handel (sällanköpshandel) samt industri. $1 \cdot 10^{-6}$ per år uppnås vid ca 10 meter från närmaste spår vilket är kravnivån för handel (övrig handel) och kontor (i ett plan). $1 \cdot 10^{-7}$ per år uppnås vid ca 30 meter från närmaste spår, vilket är kravet för bostäder, kontor samt hotell.

Motsvarande avstånd där vall (≥ 2 meter) uppförs är 0 meter för $1 \cdot 10^{-5}$ per år (sällanköpshandel), 10 meter för $1 \cdot 10^{-6}$ per år (övrig handel och kontor i ett plan) och 25 meter för $1 \cdot 10^{-7}$ per år (bostäder, kontor samt hotell).

Samhällsrisk för $N=100$ uppnås aldrig och för $N=1$ har den beräknats till $1,1 \cdot 10^{-7}$ per år, vilket är under de gränser som anges i RIKTSAM.

Krav avseende åtgärder och utformning

Följande åtgärder ska vidtas för att uppfylla de krav som anges i RIKTSAM:

- Inga bostäder eller kontor placeras närmare spårmitten än 30 meter längs järnvägen. Där planområdet kompletteras med vall ≥ 2 meter intill järnvägen tillåts bostäder och kontor att placeras 25 meter från järnvägen.
- Hotell placeras inte närmare spårmitten än 30 meter längs järnvägen.
- Ingen industri, handel eller kontor (i ett plan) placeras närmare spårmitten än 25 meter. Där planområdet kompletteras med vall ≥ 2 meter intill järnvägen tillåts dessa verksamheter inte närmare än 10 meter från järnväg.

Övriga rekommendationer avseende åtgärder och utformning

Utformning av byggnad och område bör ske med hänsyn till riskerna. I föreliggande fall antas denna hänsyn kunna visas genom:

- Hotell förses med avstängningsbar ventilation.

5 Referenser och litteratur

Banverket, telefon- och mailkontakt med Göran Hörnell, 2009

Davidsson m fl, *Värdering av risk*, Rapport P21-182/97, Räddningsverket, Karlstad, 1997.

Fredén, S., *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Banverket, Miljösektionen, rapport 2001:5, 2001

Green Cargo, Telefon- och mailkontakt med Thomas Stumsner, 2009

Räddningsverket, *Farligt gods – riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*. Statens Räddningsverk, Karlstad, 1996.

Räddningsverket (SRV), *Flödet av farligt gods på järnväg – en översiktlig kartering i GIS-miljö*, Rapport P21-212/97, Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.

Räddningsverket (SRV), Kartläggning av farligt godstransporter, sep 2006

Östlund, L., Svensson, S., & Thelandersson, S., *Dubbelspårsutbyggnad Kävlinge-Lund. Konsekvenser och skyddsåtgärder vid urspårning eller kollision.*, Rapport TVBK-7048, Avdelningen för bärande konstruktioner, Lunds Tekniska Högskola, 1995.

Øresund Safety Adviser, *RIKTSAM - Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen*, ØSA Uppdrag 01664, åt Länsstyrelsen i Skåne län.