

Risikanalys av farligtgodstransporter i Borlänge kommun.

Ett underlag till rekommendationer
i planprocessen

Thomas Carlsson

Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden
Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Report 5129, Lund 2003

Risikanalys av farligtgodstransporter i Borlänge kommun.

**Ett underlag till rekommendationer i
planprocessen**

Thomas Carlsson

Borlänge 2003

Titel: Riskanalys av farligtgodstransporter i Borlänge kommun – Ett underlag till rekommendationer i planprocessen.

Title: A risk analysis of transportation of dangerous goods in the municipality of Borlänge – A basis for recommendations in the planning process.

Författare/Author: Thomas Carlsson

Report 5129
ISSN: 1402 - 3504
ISRN:LUTVDG/TVBB--5129—SE

Number of pages: 129

Keywords: Borlänge, Risk analysis, Dangerous goods, Societal risk, Individual risk, Roads, Railroads

Sökord: Borlänge, Riskanalys, Farligtgoods, Samhällsrisk, Individrisk, Vägar, Järnvägar

Abstract: The aim of this report is to carry out a risk analysis of transportation of dangerous goods in the municipality of Borlänge as a basis for recommendations in the planning process.

Language: Swedish

Varje ansträngning har vidtagits för att innehållet i denna rapport skall vara korrekt och sanningsenligt. Att helt undvika fel kan aldrig garanteras varför läsare av denna rapport själv bär ansvaret för eventuella konsekvenser av beslut baserade på denna rapport. Författaren bär dock ansvaret för innehållet i rapporten.

© Copyright: Thomas Carlsson, Räddningstjänsten Dala mitt samt Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2003.

Department of Fire Safety Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden
brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se/english>
Telephone: +46 46 222 73 60
Fax: +46 46 222 46 12

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund
brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se>
Telefon: 046 - 222 73 60
Telefax: 046 - 222 46 12

Förord

Jag vill tacka Marcus Abrahamsson, Berit Andersson, Håkan Frantzich och Henrik Johansson på avdelningen för brandteknik som tålmodigt hjälp mig med idéer, förslag, tips och ställt upp då jag behövt diskutera mina frågeställningar.

För att över huvud taget kunna genomföra en riskanalys med trovärdigt resultat krävs så aktuell och tillförlitlig indata som möjligt. Insamlingen av dessa indata har varit både tids- och tålmodigskrävande. Det hade dock inte varit möjligt att få fram indata utan ett mycket gott tillmötesgående av berörda personer från vägverket, banverket, Green Cargo, BK-tåg och räddningsverket. Ett tack riktas härmed till dessa personer.

Avslutningsvis vill jag rikta ett särskilt tack till all personal vid räddningstjänsten Dala Mitt som genom sitt trevliga bemötande skapat de bästa arbetsförhållanden.

Handledare vid avdelningen för brandteknik har varit tekn. lic. Berit Andersson. Handledare och kontaktperson vid räddningstjänsten Dala Mitt har varit brandingenjör Håkan Pettersson.

Sammanfattning

Borlänge är knutpunkt för transporter av gods i Dalarna. De centrala delarna av Borlänge korsas dels av riksväg 50, dels av riksväg 70. Dessutom är Borlänge en stor järnvägsknut med tågtrafik mot Ludvika, Falun, Mora/Malung och Avesta/Krylbo.

På uppdrag av räddningstjänsten Dala mitt har en riskanalys avseende farligtgodstransporter utförts för följande transportleder:

- Riskväg 50 mot Falun
- Riksväg 50 mot Ludvika
- Riksväg 70 mot Säter
- Riksväg 70 mot Djurås
- Riksväg 70 mellan Åkrerondellen och Mellstarondellen
- Järnvägarna mot Falun, Ludvika, Mora och Avesta/Krylbo.

I Borlänge finns i huvudsak två större förbrukare av farligt gods. SSAB tunnplåt AB, som förbrukar ca 100 000 ton gasol/år, och Stora Ensos pappersbruk i Kvarnsveden. Gasolleveranser till SSAB:s anläggning sker, delar av året från Sundsvall och transporteras då på järnvägen via Falun. Under andra delar av året levereras gasolen från Göteborg och transporteras då på järnvägen via Ludvika. Till pappersbruket i Kvarnsveden sker leveranser av farligt gods i huvudsak med lastbil.

Mängden farligt gods som transporteras på vägnätet är svår att uppskatta då underlaget är mycket bristfälligt. I denna rapport har mängden skattats utifrån den enkätundersökning som Räddningsverket genomförde under 3:e kvartalet 1998. Undersökningen var riktad till transportörerna och hade en svarsfrekvens på endast 56 % varför tillförlitligheten ej bedöms som särskilt stor. Underlaget för järnvägstransporterna är betydligt bättre, då transportörerna redovisat exakt antal vagnar och nettoton på respektive sträcka.

Riskberäkningarna visar att både individ och samhällsriskerna längs de studerade vägsträckorna är höga men kan accepteras under förutsättningen att alla rimliga riskreducerande åtgärder vidtagits invid vägar där hastighetsgränsen är 70 km/h eller högre. Längs den del av riksväg 70, mellan Åkrerondellen och Mellstarondellen, där 50 km/h råder ligger den beräknade individrisken på en låg nivå på ett avstånd över 60 m från utsläppskällan, d.v.s. riskerna anses som små över detta avstånd.

Längs studerade järnvägssträckningar anses individrisken som liten på ett avstånd över 30 meter från järnvägskant medan samhällsriskerna anses vara för stora.

De slutsatser som följer av denna rapport är:

- Riskbilden kring vägar där det transporteras farligt gods är hög med nuvarande förutsättningar.
- Riskbilden går att reducera genom enkla åtgärder, t.ex. genom att sänka hastighetsgränsen. En begränsning av hastigheten till högst 50 km/h reducerar riskbilden invid vägen kraftigt.
- Andelen ADR-klass 2 påverkar riskbilden i stor omfattning.
- Kring järnvägar är det svårt att motivera längre skyddsavstånd än 30 m.

Innehållsförteckning

FÖRORD	1
SAMMANFATTNING	3
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	5
1 INLEDNING	1
1.1 UPPGIFT	1
1.2 SYFTE OCH MÅLSÄTTNING	1
1.3 AVGRÄNSNINGAR	1
1.4 METOD	1
1.5 ANVÄNDA PROGRAMVAROR	2
1.5.1 Precision tree	2
1.5.2 Bfk	2
1.5.3 GASOL	2
1.5.4 Tillägg i Arcview för analys av farligtgodstranporter på väg	2
2 NULÄGES OCH OMVÄRLDSBESKRIVNING	3
2.1 RÄDDNINGSTJÄNSTEN DALA MITT	3
2.2 STOCKHOLMS LÄN	3
2.3 GÖTEBORGS STAD	3
2.4 VÄGVERKET	3
2.5 BANVERKET	4
2.6 BOVERKET	4
3 TILLÄMPLIG LAGSTIFTNING OCH ANDRA STYRDOKUMENT	5
3.1 MILJÖBALKEN SFS 1998:808	5
3.2 PLAN OCH BYGGLAGEN SFS 1987:10	5
3.3 RÄDDNINGSTJÄNSTLAGEN SFS 1986:1102	6
3.4 LAG OM TRANSPORT AV FARLIGT GODS SFS 1982:821	6
4 RISKKRITERIER	9
4.1 INDIVIDRISK	9
4.1.1 Jämförelse av internationella riskkriterier för individrisk vid industriella risker	10
4.1.2 Tillämpade individriskkriterier för transportolyckor vid andra projekt	10
4.2 SAMHÄLLSRISK	11
4.2.1 Jämförelse av internationella riskkriterier för samhällsrisk vid industriella risker	12
4.2.2 Tillämpade samhällsriskkriterier för transportolyckor vid andra projekt	12
5 FARLIGT GODS	13
5.1 KLASSIFICERING	13
5.2 KONSEKVENSER AV OCH SANNOLIKHETER FÖR UTSLÄPP AV FARLIGT GODS	14
5.2.1 Klass 1 Explosiva ämnen	14
5.2.2 Klass 2 Kondenserade gaser	15
5.2.3 Klass 3 Brandfarliga vätskor	16
5.2.4 Klass 4 Brandfarliga fasta ämnen	17
5.2.5 Klass 5 Oxiderande ämnen och organiska peroxider	17
5.2.6 Klass 6 Giftiga och smittförande ämnen	17
5.2.7 Klass 7 Radioaktiva ämnen	17
5.2.8 Klass 8 Frätande ämnen	17
5.2.9 Klass 9 Övriga ämnen	18

6	FÖRUTSÄTTNINGAR	19
6.1	BEFOLKNING	19
6.2	FÖRBRUKARE FARLIGT GODS	19
6.3	METEOROLOGISKA FÖRHÅLLANDEN	19
6.3.1	<i>Luftskiktens stabilitet</i>	19
6.3.2	<i>Vindhastigheter</i>	20
6.4	ANTAGANDEN	21
6.5	GROVRISKANALYS	22
7	FLÖDEN AV FARLIGT GODS	23
7.1	INSAMLING AV FLÖDESDATA	23
7.2	FLÖDEN PÅ VÄGAR INOM BORLÄNGE KOMMUN	23
7.2.1	<i>Fördelning av ADR-klasser</i>	24
7.3	FLÖDEN PÅ JÄRNVÄGAR INOM BORLÄNGE KOMMUN	25
7.3.1	<i>Fördelning av RID-klasser</i>	25
8	TRAFIKFLÖDE	27
8.1	VÄG	27
8.2	JÄRNVÄG	27
9	FREKVENNS AV FARLIGTGODSOLYCKOR	29
9.1	VÄG	29
9.2	JÄRNVÄG	30
10	SCENARIER AV FARLIGTGODSOLYCKOR	31
11	RISKBERÄKNINGAR	33
11.1	INDIVIDRISK	33
11.2	SAMHÄLLSRISK	35
12	KÄNSLIGHETSANALYS	39
12.1	OSÄKERHETER	39
12.1.1	<i>Indata</i>	39
12.2	VÄGTRANSPORTER	39
12.3	JÄRNVÄGSTRANSPORTER	43
12.4	DISKUSSION KRING KÄNSLIGHETSANALYSEN	44
13	DISKUSSION, SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FYSISK RAM	45
13.1	DISKUSSION	45
13.2	SLUTSATSER	46
13.3	FÖRSLAG TILL FYSISK RAM	46
13.3.1	<i>Generellt</i>	46
13.3.2	<i>Väg</i>	46
13.3.3	<i>Järnväg</i>	48
14	FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER FÖR ATT FÖRBÄTTRA PRECISIONEN AV RISKANALYSER AV FARLIGTGODSTRANSPORTER	49
14.1	INDATA	49
14.2	FREKVENNSBERÄKNINGAR	49
14.3	RISKBERÄKNINGAR	49
14.4	ÖVRIGT	49
15	REFERENSER	51
15.1	LITTERATUR	51
15.2	INTERNET	52
15.3	MUNTliga	52

BILAGOR	53
1. FREKVENST OCH SANNOLIKHETSBERÄKNINGAR	55
1.1 Olycksfrekvenser på väg	55
1.2 Olycksfrekvenser på järnväg	60
1.3 Händelseträdanalyt	63
2. KONSEKVENSTBERÄKNINGAR	73
2.2 Ämnen tillhörande klass 2	73
2.3 Ämnen tillhörande klass 3	76
3. BERÄKNING AV INDIVIDRISK	79
Väg	80
Järnväg	84
4. BERÄKNING AV SAMHÄLLSRISK	87
Befolkning	87
Väg	88
Järnväg	90
5. KÄNSLIGHETSTANALYST	93
Väg	93
Järnväg	99
6. UTDATA FRÅN PROGRAMVARA	104
6.1 GASOL	104

1 Inledning

1.1 Uppgift

Uppgiften har varit att föreslå relevanta riskavstånd kring farligtgoodsleder, i första hand i Borlänge kommun. Föreslagna riskavstånd skall kunna användas i den GIS-miljö som räddningstjänsten Dala Mitt (RDM) använder i riskhanteringsprojektet och kunna motiveras. Dessutom ska de föreslagna riskavstånden ligga till grund för RDMs rekommendationer till skyddsavstånd kring farligtgoodsleder i översiktsplaneringen.

1.2 Syfte och målsättning

Detta arbete syftar till att belysa och föreslå ett eller flera säkerhets/utredningsavstånd kring farligtgoodsleder. Arbetet utförs dels som ett projekt inom RDM, dels som 10 p problembaserad riskvärdering inom brandingenjörsprogrammet vid Lunds tekniska högskola. Målsättningen är att urskilja ett eller flera avstånd kring farligtgoodsleder inom vilket/vilka särskild riskhänsyn bör tas innan etablering av ny verksamhet. Utöver denna målsättning bör detta arbete kunna tillämpas även på övriga farligtgoodsleder i Dalarna.

1.3 Avgränsningar

- Endast de i *Sverigeatlas över rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods* kommer att studeras.
- Endast ADR-klasserna 1, 2, 3 och 5 studeras i konsekvensanalysen då dessa bedöms ge allvarligast konsekvenser för liv och hälsa.
- Endast de risker som genereras av farligtgodstransporterna beräknas. Någon hänsyn till det riskbidrag som genereras av annan farlig verksamhet kommer ej att tas.

1.4 Metod

Inledningsvis skedde en litteraturstudie i syfte att klarlägga hur andra kommuner i Sverige behandlar skyddsavstånden kring farligtgoodsleder samt en inventering av nuläget avseende transporter med farligt gods. Därefter insamlades statistiskt underlag om transportflöden, vägars och järnvägars beskaffenhet, sannolikheter för antändning mm. Slutligen genomfördes statistiska beräkningar och sannolikhetsuppskattningar avseende olycksfrekvenser.

För beräkningar av olycksfrekvenser på väg har den beräkningsmodell som beskrivs i Räddningsverkets *handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg och järnvägsfarligtgoodsolyckor* används. Urspråningsfrekvenser på järnväg har beräknats med den modell som beskrivs i rapporten, *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, (Fredén, 2001).

Riskberäkningarna har genomförts med CPQRA-metodik. (CPQRA = Chemical Process Quantitative Analysis)

1.5 Använda programvaror

1.5.1 Precision tree

Tillägg till Microsoft Excel för konstruktion av händelseträd med tillhörande beräkning av sannolikheter. Programmet är från början framtaget för beslutsanalys och ingår som en del i Pallisade decision tool. (www.palisade-europe.com)

1.5.2 Bfk

Programvara ingående i räddningsverkets informationsbank, RIB, som simulerar kemolyckor och kemangrepp (C stridsmedel). Kan användas som beslutsstöd vid utrymning. Programmet beräknar bl.a. riskavstånd och skadeutfall vid utsläpp av tryckkondenserade, toxiska gaser. Programvaran är utvecklad av FOI, försvarets forskningsinstitut.

1.5.3 GASOL

Programvara ingående i räddningsverkets informationsbank, RIB, som simulerar utsläpp av gasol. Programvaran beräknar spridning och koncentrationer i luft vid utsläpp från tankar och rör. Programvaran har utvecklats av bl.a. avdelningen för brandteknik vid Lunds tekniska högskola.

1.5.4 Tillägg i Arcview för analys av farligtgodstransporter på väg

Parallellt med arbetet med denna analys har GIS-tekniker Mikael Berg, projektanställd vid RDM, skrivit ett tillägg till Arcview för riskanalys av farligtgodstransporter på väg. Tillägget är baserat på de modeller, antaganden och riskavstånd som ligger till grund för denna rapport. Då tillägget är under utveckling vid denna rapports färdigställande har det endast använts till att visualisera det undre av kriterierna för individrisk på kartbild längs studerade vägsträckor samt för viss känslighetsanalys. De ingångsvärden som använts i tillägget är identiska med dem som beräknats/använts i denna rapport.

2 Nuläges och omvärldsbeskrivning

2.1 Räddningstjänsten Dala Mitt

I dag använder RDM ett generellt avstånd om 50 meter kring leder på vilka det transporteras farligt gods, som rekommendation i samhällsplaneringen.

2.2 Stockholms län

Länsstyrelsen i Stockholms län har i sin rapport *Riskhänsyn vid ny bebyggelse invid vägar och järnvägar med transport av farligt gods samt bensinstationer*, rapport nr 2000:01 angett följande rekommendationer till säkerhetsavstånd:

Vägar

- 25 meter byggnadsfritt närmast transportleden.
- Tät kontorsbebyggelse bör undvikas närmare än 40 meter från vägkant.
- Personintensiva verksamheter och sammanhållen bebyggelse bör undvikas närmare än 75 meter från vägkant.

Järnvägar

- 25 meter byggnadsfritt närmast järnvägen.
- Tät kontorsbebyggelse bör undvikas närmare än 40 meter från spårkant.
- Personintensiva verksamheter och sammanhållen bebyggelse bör undvikas närmare än 50 meter från spårkant.

2.3 Göteborgs stad

Översiktsplaneavdelningen vid Göteborgs stadsbyggnadskontor (1998) har angett en fysisk ram kring transportleder med farligt gods invid förnyelseområden enligt följande:

Vägar

- Bebyggelsefritt inom 30 meter från vägkant.
- Kontor och liknande samt parkeringsplatser från 50 meter från vägkant.
- Bostäder tillåts från 100 meter från vägkant.

Järnvägar

- 30 meter bebyggelsefritt invid järnväg.
- Kontor och liknande samt parkeringsplatser kan tillåtas inom ett område mellan 30-80 meter från järnvägs kant.
- Bostäder i området över 80 meter från järnvägs kant.

2.4 Vägverket

I vägverkets underlagsmaterial för tillämpning av PBL och NRL (Vägverket, 1997) anger verket att den riskbedömning som skall göras i MKB skall utgöra underlag till nödvändigt skyddsavstånd till bebyggelse. Vidare anger vägverket att om någon riskbedömning inte gjorts skall istället särskilda riskanalyser utföras av kommunen vid lokalisering av bebyggelse närmare än 100 meter från stora vägar där det transporteras

farligt gods. Det rekommenderade skyddsavståndet kring farligtgoods leder anger vägverket till 100 m.

2.5 Banverket

Banverket hävdar att med avseende på de låga riskerna med järnvägstranporter är det svårt att motivera skyddszoner ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Även om sådana skyddszoner är önskvärda så är svårigheten stor att finna relevanta mått. Krav på säkerhetsåtgärder och avstånd uppstår i första hand av andra skäl. T.ex. elsäkerhetsföreskrifter, gasskyddsföreskrifter mm. (www.banverket.se)

2.6 Boverket

I Boverkets allmänna råd (1995:5) rekommenderas ett skyddsavstånd på 100 meter vid transport av farligt gods. Skyddsavståndet innefattar här 3 zoner inom vilka markanvändningen varierar. Som tumregel anger Boverket att inom den zon som är så påverkad av miljöstörningen att den inte är lämplig som allmän plats eller areell produktion bör tillhöra zon 1. Med areell produktion antas att Boverket menar jordbruk. Inom zon 2 kan viss verksamhet förekomma men bostadsbebyggelse är olämplig. Slutligen inom zon 3 anser Boverket att pågående verksamhet kan fortsätta men restriktioner på markanvändningen behövs.

3 Tillämplig lagstiftning och andra styrdokument

3.1 Miljöbalken SFS 1998:808

Miljöbalken trädde ikraft den 1 januari 1999 och ersatte därmed ett antal andra lagar med anknytning till miljö och hälsa. Miljöbalkens syfte finns beskrivet i 1 kap. 1 § MB.

1 § Bestämmelserna i denna balk syftar till att främja en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god miljö. En sådan utveckling bygger på insikten att naturen har ett skyddsvärde och att människans rätt att förändra och bruka naturen är förenad med ett ansvar för att förvalta naturen väl.

I miljöbalken 2 kap. 3 § regleras att försiktighet skall tillämpas om verksamheten kan orsaka skada eller ohälsa.

3 § Alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skall utföra de skyddsåtgärder, iaktta de begränsningar och vidta de försiktighetsmått i övrigt som behövs för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten eller åtgärden medför skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön. I samma syfte skall vid yrkesmässig verksamhet användas bästa möjliga teknik.

Dessa försiktighetsmått skall vidtas så snart det finns skäl att anta att en verksamhet eller åtgärd kan medföra skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön.

Tolkning av lagtexten

Farligtgodstransporter bedöms kunna orsaka skada och/eller ohälsa för de individer som påverkas av ett ev. utsläpp varför försiktighetsprincipen bör tillämpas vid etablering av verksamheter invid farligtgoodsleder.

3.2 Plan och bygglagen SFS 1987:10

Plan och bygglagen reglerar planläggning av mark och vatten och om byggande. Bestämmelserna syftar bl.a. till att främja en god och långsiktigt hållbar livsmiljö för människorna i dagens samhälle och för kommande generationer. 1 kap. innehåller allmänna bestämmelser om tillämpning av PBL.

6 § För att mark skall få användas för bebyggelse skall den vara från allmän synpunkt lämplig för ändamålet. Lämplighetsbedömningen sker vid planläggning eller i ärenden om bygglov eller förhandsbesked.

Tolkning av lagtexten

I det fall riskbilden för ett område ligger på en nivå som inte kan accepteras bör den ej anses som lämplig för bebyggelse.

I 2 kap. PBL regleras de allmänna intressen som skall beaktas vid planläggning och vid lokalisering av bebyggelse.

3 § Bebyggelse skall lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till

- 1. de boendes och övrigas hälsa,*
- 2. jord-, berg- och vattenförhållandena,*

3. möjligheterna att ordna trafik, vattenförsörjning och avlopp samt annan samhällsservice,

4. möjligheterna att förebygga vatten- och luftföroreningar samt bullerstörningar.

4 § Inom områden med sammanhållen bebyggelse skall bebyggelsemiljön utformas med hänsyn till behovet av

1. skydd mot uppkomst och spridning av brand samt mot trafikolyckor och andra olyckshändelser,...

Tolkning av lagtexten

De boendes och övrigas hälsa bör särskilt beaktas vid etablering av verksamheter invid farligtgoodsleder.

3.3 Räddningstjänstlagen SFS 1986:1102

I räddningstjänstlagen finns bl.a. bestämmelser om olycks- och skadeförebyggande åtgärder.

7 § Varje kommun skall svara för att åtgärder vidtas inom kommunen så att bränder och skador till följd av bränder förebyggs. Kommunen skall också främja annan olycks- och skadeförebyggande verksamhet i kommunen.

3.4 Lag om transport av farligt gods SFS 1982:821

Lagen definierar transport av farligt gods samt vilka ämnen som utgör farligt gods.

1 § Med transport förstås i denna lag förflyttning av farligt gods med transportmedel samt sådan lastning, lossning, förvaring och annan hantering av det farliga godset som utgör ett led i förflyttningen.

Som transport anses dock inte förflyttning som sker endast inom ett område där tillverkning, lagring eller förbrukning av farligt gods äger rum.

2 § Med farligt gods förstås i denna lag gods som består av eller innehåller explosiva ämnen och föremål,

gaser,

brandfarliga vätskor,

brandfarliga fasta ämnen,

självantändande ämnen,

ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten,

oxiderande ämnen,

organiska peroxider,

giftiga ämnen,

smittförande ämnen,

radioaktiva ämnen,

frätande ämnen samt

övriga farliga ämnen och föremål som regeringen, eller den myndighet som regeringen bestämmer, särskilt föreskriver och som vid transport kan

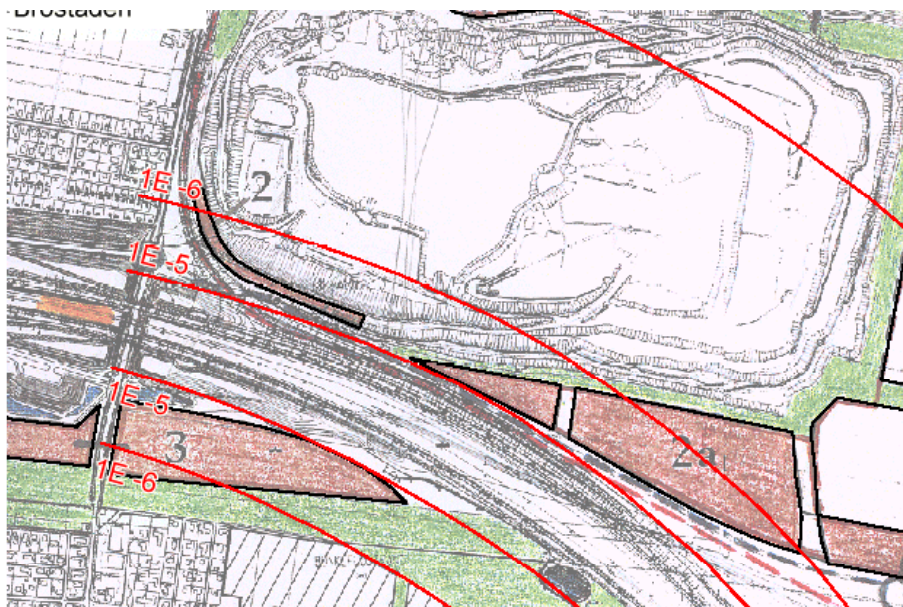
medföra skador på människor, djur, egendom eller i miljön eller påverka transportmedlets säkra framförande. Lag (1999:334).

4 Riskkriterier

4.1 Individrisk

Individrisken definieras som med vilken frekvens dödsfall inträffar för den enskilde individen och redovisas ofta som isokurvor på kartbild. I föreliggande arbete redovisas individrisken som funktion av avståndet från utsläppskällan då detta tydliggör förändringen av individrisken med avståndet.

Syftet med att beskriva individrisken är att kvantifiera riskerna för enskilda individer som vistas nära den farliga verksamheten.



Figur 1 Exempel på redovisning av individrisk som isokurvor på kartbild

4.1.1 Jämförelse av internationella riskkriterier för individrisk vid industriella risker

Tabell 1 Sammanställning av internationella kriterier för individrisk vid industriella risker.

Myndighet och tillämpning	Maximal tolerabel risk/år	Försumbar risk/år
VROM, Holland, existerande anläggningar	10^{-5}	-
VROM, Holland, nya anläggningar	10^{-6}	-
Hong Kong, nya anläggningar	10^{-5}	-
Healt & Safety executive, Storbritannien, existerande farlig industri	10^{-4}	10^{-6}
Healt & Safety executive, Storbritannien, existerande farligtgodstranporter	10^{-4}	10^{-6}
Healt & Safety executive, Storbritannien, nya bostadsområden nära existerande farliga anläggningar	10^{-5}	10^{-6}
Santa Barbara County, California, USA, nya anläggningar	10^{-5}	10^{-6}
DNV (Förslag, Sverige)	10^{-5}	10^{-7}

(Källa: Davidsson m.fl., 1997)

4.1.2 Tillämpade individriskkriterier för transportolyckor vid andra projekt

Tabell 2 Sammanställning av individriskkriterier för transportolyckor

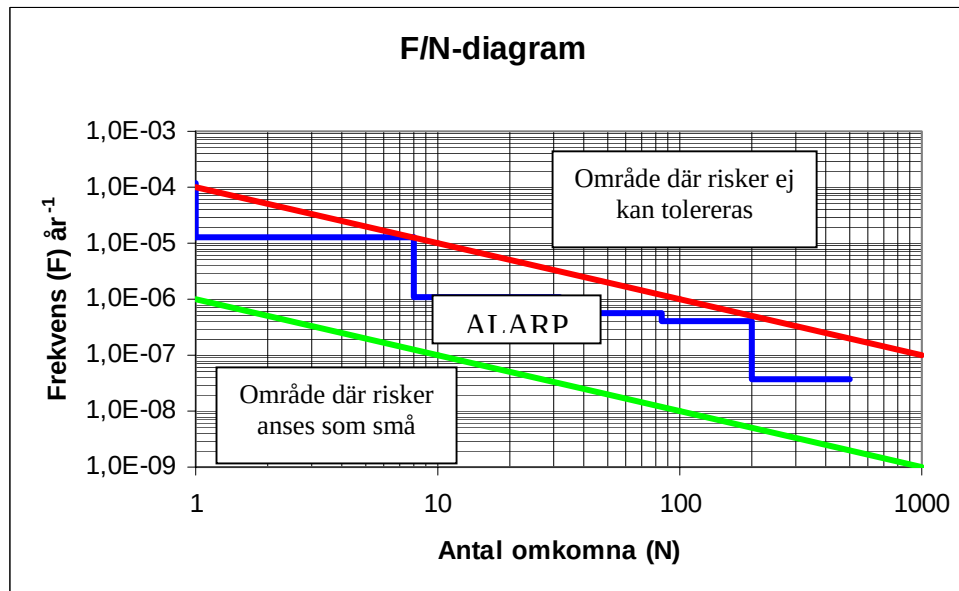
Projekt		
Värdering av risk, DNV förslag	Max tolerabel risk	10^{-5}
	Låg risk	10^{-7}
Norra älvstranden, Göteborg	Gräns för acceptabel risk	10^{-6}
Resecentrum, Linköping	Max tolerabel	10^{-5}
	Försumbar risk	10^{-7}

(Källa: Davidsson m.fl., 1997)

Tillämpningen av riskkriterierna som föreslagits av Det Norske Veritas (DNV) avser enskild individ som kontinuerligt är närvarande och befinner sig utomhus. Dessa kriterier kommer att användas även i detta arbete då de används i de flesta riskanalyser i Sverige.

4.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk kan definieras som sambandet mellan den ackumulerade frekvensen av en olycka och de konsekvenser som olyckan ger upphov till, oftast i antalet omkomna. Redovisning av samhällsrisk sker ofta med hjälp av s.k. FN kurvor men även i form av förväntat antal döda under en viss tidsperiod, oftast ett år.



Figur 2 Exempel på F/N- diagram med gränser för kriterier

Syftet med att beräkna samhällsrisk är att kvantifiera risker för lokala områden eller för samhället som helhet. Samhällsrisk inkluderar risker för alla personer som utsätts före risk även om det bara sker vid enstaka tillfällen. Ofta anges kriterier vilka riskerna jämförs mot.

DNV har lämnat förslag på kriterier som bör tillämpas i Sverige och redovisas bl.a. i figur 2 och tabell 3. Området mellan övre och nedre kriteriet kallas ALARP-området, motsvara det som benämns gråzon i tabell 4. Ligger risken inom ALARP-området kan riskerna accepteras under förutsättning att alla rimliga åtgärder vidtagits för att reducera riskbilden. Om riskbilden ligger inom ALARP-området bör en kostad-nytta analys genomföras för verksamheten.

(ALARP = As Low As Reasonably Possible)

4.2.1 Jämförelse av internationella riskkriterier för samhällsrisk vid industriella risker

Tabell 3 Sammanställning av internationella kriterier för samhällsrisk vid industriella risker

Myndighet och tillämpning	Lutning, FN-kurva	Maximal tolerabel risk	Försumbar risk	Högsta antal
VROM, Holland, nya anläggningar	-2	10^{-3} (N>1)	-	-
Hong Kong, nya anläggningar	-1	10^{-3} (N=1)	10^{-5} (N=1)	1000
HSC, Storbritannien, existerande hamnar	-1	10^{-1} (N=1)	10^{-4} (N=1)	-
Santa Barbara, USA, on site	-2	10^{-1} (N=1)	10^{-3} (N=1)	-
Santa Barbara, USA, off site	-2	10^{-3} (N=1)	10^{-5} (N=1)	-
St f V, Schweiz	-2	10^{-5} (N=10)	10^{-7} (N=10)	2000
DNV (Förslag, Sverige)	-1	10^{-4} (N=1)	10^{-6} (N=1)	1000

(Källa: Davidsson m.fl., 1997)

Eftersom riskkällan är rörlig vid transporter, men själva utsläppet måste hanteras som stationär källa kommer olycksfrekvensen att ändras beroende den studerade sträckans längd. Riskerna blir naturligtvis större ju längre sträcka som beaktas. DNV föreslår därför att riskkriterierna baseras på en sträcka av 1 km bl a pga. att sträckan anses som realistisk ur analysynpunkt. Ett annat skäl är enkelheten då samma kriterier kan tillämpas både för industriella risker och för transportrisker (Davidsson m.fl., 1997).

4.2.2 Tillämpade samhällsriskkriterier för transportolyckor vid andra projekt

I tabell 4 nedan redovisas ett antal kriterier för samhällsrisk som tillämpats vid tidigare projekt. Kriterierna i projektet "transport av farligt gods" avses tillämpas på 2 km vägsträcka. Övriga kriterier gäller för 1 km.

Tabell 4 Sammanställning av tillämpade kriterier för samhällsrisk vid transportolyckor

Projekt		N=1	N=10	N=100
Värdering av risk, DNV förslag	Övre gräns för "gråzon"	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
	Undre gräns för "gråzon"	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}
Norra älvstranden, Göteborg	Övre gräns för "gråzon"	10^{-2}	10^{-4}	10^{-6}
	Undre gräns för "gråzon"	10^{-4}	10^{-6}	10^{-8}
Resecentrum, Linköping	Övre gräns för "gråzon"	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
	Undre gräns för "gråzon"	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}
Transport av farligt gods, Göteborg	Övre gräns för acceptabel risk	$1-3 \cdot 10^{-4}$	$1-3 \cdot 10^{-5}$	$1-3 \cdot 10^{-6}$
	Undre gräns	Ej använd	Ej använd	Ej använd

(Källa: Davidsson m.fl., 1997)

5 Farligt gods

Farligt gods är en samlingsterm för ämnen och produkter som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, djur, miljö och egendom om de inte hanteras rätt under transport.

5.1 Klassificering

Klassificering av farligt gods enligt ADR/RID grundar sig på de transporterade ämnens egenskaper där den dominerande egenskapen (huvudrisken) anger klasstillhörighet. Om ett ämne uppvisar egenskaper som kan hänföras till flera klasser skall ämnet klassas enligt den dominerande faran. De farliga ämnena indelas sedan ytterligare i undergrupper beroende på egenskaper. Utöver klassindelningen enligt ADR/RID kan det i lagstiftningen förekomma annan indelning.

Följande klasser av farligt gods enligt ADR/ADR-S förekommer:

Tabell 5 Klassindelning av farligtgodsklasser enl. ADR/RID

Faroklass	Exempel	
1	Explosiva ämnen och föremål	
2	Gaser	a) brännbara b) giftiga
3	Brandfarliga vätskor	
4.1	Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen och fasta okänsliggjorda explosivämnen	
4.2	Självantändande ämnen	
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	
5.1	Oxiderande ämnen	
5.2	Organiska peroxider	
6.1	Giftiga ämnen	
6.2	Smittförande ämnen	
7	Radioaktiva ämnen	
8	Frätande ämnen	
9	Övriga farliga ämnen och föremål	

Ämnen markerade med * används som typämnen i beräkningar.

5.2 Konsekvenser av och sannolikheter för utsläpp av farligt gods

Nedanstående exempel på konsekvenser av farligtgoodsolyckor är hämtade ur bl a:

- Översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektor farligt gods.
- Risker i Västernorrlands län, metodstudie med exempel för samhällsplaneringen
- Riskstudie av farligtgodstransporter på större stråk och vägar i Skåne län.

5.2.1 Klass 1 Explosiva ämnen

Av klass 1 är det endast riskklass 1.1, massexplosiva varor, som kan skada människor på längre avstånd än i omedelbar närhet till en olycka. Möjligen kan även undergrupp 1.2, på grund av kringfarande splitter, bidra till skador på längre avstånd än i den omedelbara närheten. Vid en explosion av ca 15 ton massexplosiva varor blir trycket ca 180kPa och når ca 60 meter. På ett avstånd upp till 120 meter kan man förvänta sig lungskador redan vid 70kPa.

Största påverkan av explosioner av massexplosiva varor torde ske på byggnader då dessa oftast har relativ dålig motståndskraft mot tryckvågor. Raserade väggar kan förväntas i ett område upp till 600m. Nyare betongbyggnader med väl sammanhållen stomme förväntas klara tryckvågen bäst. Lamnevik och Palme (1998) anger ett skyddsavstånd för denna typ av byggnader till 150m.

Gränsen för 50% krossade fönsterrutor går vid 3000m.

Konsekvenser i form av dödsfall anses i första hand bero på effekter av raserade byggnader. Väggraszonen definieras t.ex. som de utrymmen i en byggnad där en bärande vägg eller takbjälklag har kollapsat. För arbetsplatser kan man räkna med att väggraszonen sträcker sig ca 5 meter in i byggnaden om ytterväggen rasar. Andelen döda i väggraszonen förväntas bli ca 1/3 och andelen allvarligt skadade också ca 1/3 (Fischer m fl, 1998).

Vid bedömning av konsekvenserna har följande värden använts.

Tabell 6 Andelen omkomna och svårt skadade inom och utomhus vid explosion

	Avstånd	Andel omkomna	Andel svårt skadade
Utomhus	60	100 %	0 %
Inomhus	120	1/3	1/3

Sannolikheten att lasten exploderar vid en farligtgoodsolycka på väg anger Lamnevik och Palme (1998) till $1,6 \cdot 10^{-7}$. För tågtransport anger de sannolikheten för explosion till $2,4 \cdot 10^{-8}$.

5.2.2 Klass 2 Kondenserade gaser

Klass 2 indelas i två undergrupper, brännbara eller giftiga gaser.

Utsläpp vid farligtgoodsolyckor med ämnen tillhörande ADR/RID-klass 2 bedöms ske som stort, medelstort eller litet utsläpp beroende på hur stort hål i tanken som uppstår vid olyckan.

Fördelning av hålstorlekar anges i *handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg* (SRV, 1996) till 62,5 % för litet utsläpp, 20,8 % för medelstort utsläpp och 16,7 % för stort utsläpp.

I föreliggande arbete har Gasol och Svaveldioxid valts som typämnen. Gasol har valts med avseende på att stora mängder hanteras inom Borlänge och Svaveldioxid har valt med avseende på att detta ämne ligger mellan klor och ammoniak i giftighet och bedöms därför representativt.

Tabell 7 IDLH-värden för några giftiga kondenserade gaser

Ämne	IDLH* (ppm)
Klor	10
Svaveldioxid	100
Ammoniak	300

*IDLH = Immediate Dangerous for Life and Health

5.2.2.1 Brännbar kondenserad gas

Gasol är handelsnamnet för en blandning i huvudsak bestående av propan och butan och ingår i gruppen av brännbara kondenserade gaser.

Om ett gasolutsläpp antänds omedelbart uppstår en s.k. jetflamma. En kraftig sticklåg vars värmestrålning kan skada människor och materiel. Övriga händelser som bedöms uppkomma vid antändning av brännbara kondenserade gaser givet ett utsläpp är fördröjd antändning eller s.k. BLEVE. Fördelningen mellan att dessa händelser ska inträffa anges av Lamnevik och Palme (1998) till följande:

- Blevé 1%
- Jetflamma 30%
- Fördröjd antändning 69%

Vid litet utsläpp bedöms att BLEVE ej inträffar.

Antändning av den brännbara gasen givet utsläpp för vägtransport bedöms ske i 80 % av fallen vid stort och medelstort utsläpp och i 70 % av fallen vid litet utsläpp (Purdy 1993).

För järnvägstransport bedöms antändning ske i 70 % av fallen vid stort och medelstort utsläpp samt vid litet utsläpp i 10 % av fallen (Purdy 1993, Lamnevik, Palme 1998).

Sker utsläppet som gas bedöms människor omkomma inom en yta av ca 40m². Vid vätskeutsläpp bedöms ytan inom vilken människor omkommer vara betydligt större, ca 900m² enligt Lamnevik och Palme (1998).

Sker ingen antändning omedelbart kan ett drivande moln med brännbar gas uppstå. Molnet kan senare antändas och därmed orsaka skador på människor och egendom. Ju längre molnet hinner driva desto mindre bedöms konsekvenserna bli. Hur långt molnet

driver iväg och hur länge gaskoncentrationen ligger inom brännbarhetsområdet bestäms bl.a. av vindhastighet, väderlek, vegetation och bebyggelse.

Vid beräkning av konsekvenserna har följande andel omkomna antagits.

100% omkomna utomhus inom riskavståndet för 3:e gradens brännskador. Inomhus bedöms ingen omkomma då personer som vistas inomhus skyddas från strålningsvärmen av byggnaden de befinner sig i.

Tabell 8 Beräknade riskavstånd till 3:e gradens brännskador vid utsläpp av gasol från håll nära vätskeytan

	Hållarea (cm ²)	Jetflammas längd (m)	Riskavstånd 3:e gradens brännskador i jetriktningen (m) från flamma	Riskavstånd 3:e gradens brännskador i jetriktningen (m) vid flamförbränning	Riskavstånd 3:e gradens brännskador (m) vid BLEVE
Stort utsläpp	50,3	57,5	74,5	459	130/198*
Medelstort utsläpp	11,3	27,3	35,3	227,6	130/198*
Litet utsläpp	0,2	3,6	5,6	3,5	Bedöms ej aktuellt

* Järnvägstank

5.2.2.2 Giftig kondenserad gas

Utsläpp av giftiga gaser kan orsaka dödsfall på långa avstånd från utsläppskällan. Flera parametrar styr koncentrationer och inom vilket avstånd koncentrationerna uppgår till dödliga. Innanför gränsen för den koncentration som svarar mot 50% dödlighet antas samtliga människor som vistas utomhus omkomma. Andelen omkomna inomhus inom effektzonen bedöms uppgå till 5%. (Lamnevik, Palme, 1998).

Vid beräkning av konsekvenserna har följande andel omkomna använts.

100% omkomna/skadade utomhus, 5% omkomna/skadade inomhus inom beräknat avstånd för den koncentration som svarar mot LC 50-värdet.

Tabell 9 Beräknade riskavstånd vid utsläpp av svaveldioxid

	Hållarea (cm ²)	Avstånd till LC ₅₀ (m) för död	Avstånd till LC ₅₀ (m) för allv. skador
Stort utsläpp	50,3	346/393*	715/721*
Medelstort utsläpp	11,3	85	183
Litet utsläpp	0,2	15	41

*järnvägstank

5.2.3 Klass 3 Brandfarliga vätskor

Till denna klass hör bl.a. bensin och eldningsolja. Ett utsläpp av brännbar vätska som antänds bedöms leda till svåra skador eller dödsfall inom det närmaste området.

Vid beräkning av konsekvenserna har följande andel omkomna använts.

100 % dödlighet utomhus inom riskavståndet till 25 kW/m² och 0 % omkomna inomhus.

Tabell 10 Beräknade riskavstånd vid antändning av bensin

Utsläpp	Riskavstånd 2: a gradens brännskador (m)	Avstånd till 25 kW/m ² (m)
Stort	90	23
Medelstort	40	10,5
Litet	22,5	5

Sannolikheten för antändning av den brännbara vätskan vid vägtransport anger Purdy (1993) till 0,06 både för stora och små utsläpp. För järnvägstransport anger samma källa sannolikheten till 0,1 för små utsläpp och 0,3 för stora utsläpp.

5.2.4 Klass 4 Brandfarliga fasta ämnen

Konsekvenserna av utsläpp av ämnen tillhörande klass 4 bedöms endast påverka det omedelbara närområdet till fordonen.

5.2.5 Klass 5 Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Utsläpp av ämnen i denna klass leder normalt inte till allvarigare konsekvenser, men kan om de blandas med t.ex. fordonets drivmedel leda till samma konsekvenser som för klass 1. Blandningar av oxiderande ämnen och brännbara ämnen som antänds ger upphov till kraftiga explosioner. Lamnevik och Palme (1998) anger att blandning med drivmedel sker i 15 % av fallen och antändning av blandningen sker i 50 % av fallen vid vägtransport. Att ett ämne tillhörande klass 5 skall blandas med t.ex. petroleumprodukter vid järnvägstransport bedöms vara mycket låg. Beskriven situation skulle kunna tänkas ske i det fall en urspärning sker och ytterligare ett tåg passerar på ett sidospår varvid kollision uppstår med utsläpp som följd. Konsekvenserna av denna situation bedöms inrymmas under övriga mer omfattande scenarier och behandlas ej vidare.

Vid beräkning av konsekvenserna har följande värden använts.

Tabell 11 Andelen omkomna och svårt skadade inom och utomhus vid explosion

	Avstånd	Andel omkomna	Andel svårt skadade
Utomhus	60	100%	0%
Inomhus	150	1/3	1/3

5.2.6 Klass 6 Giftiga och smittförande ämnen

Transporteras normalt som styckegods. Kräver att man kommer i kontakt med ämnet för att orsaka skada.

5.2.7 Klass 7 Radioaktiva ämnen

Akuta skador av ämnen tillhörande denna klass uppkommer ej.

5.2.8 Klass 8 Frätande ämnen

Bedöms att risk för personskador kan uppstå inom närområdet.

5.2.9 Klass 9 Övriga ämnen

Sannolikheten för allvarliga skador på människor förorsakade av utsläpp av ämnen i denna klass bedöms som små.

6 Förutsättningar

Borlänge tätort är knutpunkt både för vägtrafik och järnvägstrafik. Två riksvägar passerar genom Borlänge, RV 50 i syd/nordlig riktning och RV 70 i öst/västlig riktning. Dessa vägar utgör också rekommenderade vägar för farligtgodstransport.

Från Borlänge går järnvägar mot Avesta/Krylbo, Mora/Malung, Ludvika och Falun.

6.1 Befolkning

Borlänge tätort har en population på ca 1200inv/km². Variationen mellan lokala områden är dock stor där vissa områden med handel har en täthet på mellan 700-4000 förvärvsarbetande/km² och bostadsområden varierar mellan 1500-8000inv/km² beroende på om området består av villor eller flerfamiljshus. Inom handelsområden kan man troligen förvänta sig att tätheten är ännu högre om besökare adderas.

6.2 Förbrukare farligt gods

Förutom bensinstationer finns i Borlänge två stora förbrukare av farligt gods, SSAB tunnplåt AB och Stora Ensos pappersbruk i Kvarnsvedens. SSAB tunnplåt AB är lokaliserad till området omedelbart öster om Borlänge centrum.

SSAB mottar bl a ca 10-12 järnvägsvagnar om vardera 55 ton gasol tre gånger/vecka och 3-4 lastbilar/månad om vardera 30 ton syrgas (SSAB 2000). Detta ger ett årsflöde på mellan 74350-95000 ton gasol/år och ca 1080-1440 ton syrgas/år om leveranser pågår under 48 veckor/år, semesterperiod om 4 veckor borträknad.

Till Kvarnsvedens pappersbruk levereras ca 12184 ton natriumhydroxidlösning/år (Boklund).

6.3 Meteorologiska förhållanden

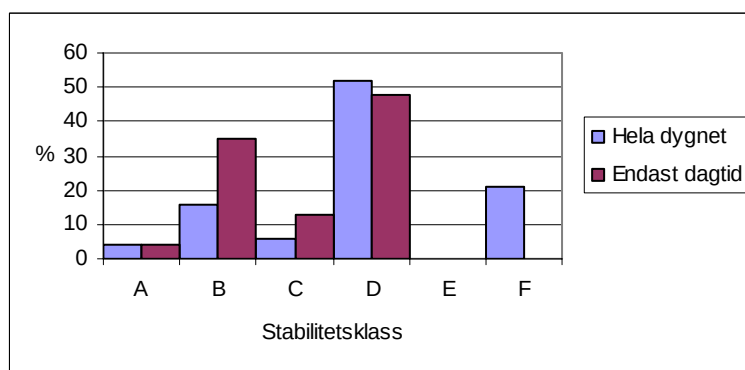
SSAB har sammanställt data från 30 års statistiskt underlag avseende luftskiktens stabilitet. Vindhastigheter har sitt ursprung från SMHIs mätstation vid Borlänge flygplats under perioden 1990-1999.

6.3.1 Luftskiktens stabilitet

Sammanställningen utgår från stabilitetsklasser enligt Pasquill där klass A är mycket ostabil, klass D är neutral och klass F är mycket stabila förhållanden. Vid spridningsberäkningar har stabilitetsklass D antagits gälla.

Tabell 12 Sammanställning av stabilitetsklasser i Borlänge

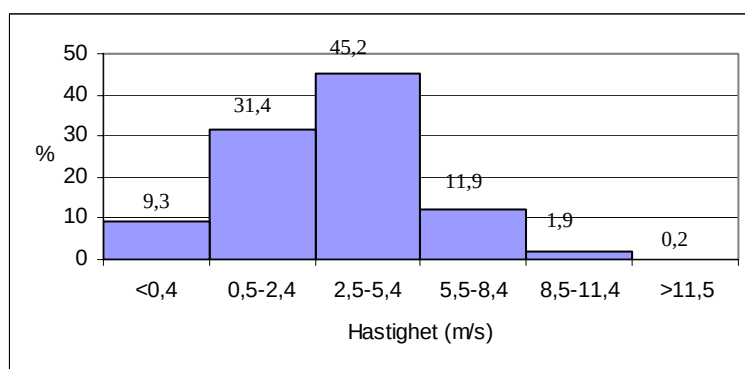
Stabilitetsklass	Hela året Dag och natt %	Hela året endast dag %
A	4	4
B	16	35
C	6	13
D	52	48
E	0	0
F	21	0



Figur 3 Fördelning av stabilitetsklasser i Borlänge

6.3.2 Vindhastigheter

Den dominerande vindhastigheten i Borlänge är 2,5-5,5 m/s. Vid spridningsberäkningarna har vindhastigheten 2,5 m/s antagits gälla.



Figur 4 Fördelning över vindhastigheter i Borlänge

6.4 Antaganden

Andelen fordon skyltade med farligt godsskylt har ökats med 10% i förhållandet till beräknad andel med hänsyn till att SRV anger att antalet skyltade fordon i riket är 16-17 promille. Beräknad andel i Borlänge kommun är lägre.

Medellasten av farligt gods är 20 ton/vägtransportfordon.

Fördelning mellan klasser farligt gods för vägtransporter i riket antas vara representativ för Dalarna.

Den inbördes andelen av ADR-klass 2 antas var 25 % svaveldioxid och 75 % Gasol.

Pöldiametrar vid olika hålstorlekar vid utsläpp av petroleumprodukter antas uppgå till följande:

Tabell 13 Antagna pöldiametrar vid utsläpp av ADR/RID klass 3

Utsläpp	Pöldiameter (m)
Stort	20
Medelstort	10
Litet	5

Vid beräkning av samhällsriskerna antas 90 % av befolkningen befinna sig inomhus och 10 % befinner sig utomhus.

6.5 Grovriskanalys

Vid transporter av farligt gods, oavsett om det sker på väg eller på järnväg, kan de akuta konsekvenserna för människor som vistas vid sidan av transportleden härledas till ämnen tillhörande ADR/RID – klasserna 1,2,3,5 och 9. Övriga farligt godsklasser bedöms ej leda till omfattande konsekvenser för människor i närheten av transportleden och behandlas ej vidare. Inte heller klass 9 kommer att behandlas vidare då denna klass ej bedöms transporteras längs studerade transportleder.

I transportledens omedelbara närhet finns även ett riskbidrag från mekanisk påverkan från avkörande fordon. Inte heller dessa risker behandlas vidare i denna rapport.

7 Flöden av farligt gods

7.1 Insamling av flödesdata

Insamling av flödesdata sker idag främst med två modeller. På nationell nivå sker insamlingen främst med hjälp av enkätundersökningar riktade till industriföretag och leverantörer, där de får svara på frågor om bl.a. mängder, typ av ämne och färdvägar. På lokal nivå kan flödesstatistik insamlas med hjälp av en metod som utvecklats av VTI och innebär att man låter videofilma trafiken på valda platser och därefter räknar antalet fordon genom att studera inspelningen (Räddningsverket, 1998). Flödesdata för vägtransporter är i detta arbete baserad på den enkätundersökning som räddningsverket genomförde under fjärde kvartalet 1998. För järnvägstransporter är flödesdata baserad uppgifter från Green Cargo och BK tåg för perioden 2002-08-01—2002-10-30 (Pettersson, 2003).

7.2 Flöden på vägar inom Borlänge kommun

Baserat på Räddningsverkets enkätundersökning från fjärde kvartalet 1998 och antagandet att varje transport har en medellast på 20 ton har antalet transporter per dygn på studerade vägsträckor beräknats.

Räddningsverket bedömer att endast ca 30-40 % av alla transporter skyltade med farligtgodsskylt bär last varför antalet fordon skyltade med farligt gods/dygn ökats med 70% i förhållande till beräknat antal lastade fordon.

Det totala flödet av farligt gods enligt SRV:s enkätundersökning 1998 på studerade vägar inom Borlänge kommun redovisas nedan i tabell 14.



Figur 5 Exempel på SRVs redovisning av farligt godsflöde

Tabell 14 Sammanställning av farligt godsflödet på väg (Källa: Räddningsverkets hemsida 2003)

Vägsträckning	Flöde av farligt gods (ton) (4:e kvartalet 1998)		Antal fordon per dygn (Beräknat)	
	Min	Max	Min	Max
RV 50 mot Falun	10 000	20 000	11	19
RV 50 mot Ludvika	1 000	10 000	2	11
RV 70 mot Djurås	1 000	10 000	2	11
RV 70 mot Säter	1 000	10 000	2	11
RV 70 Åkrerond.- Mellsta.	1 000	10 000	2	11

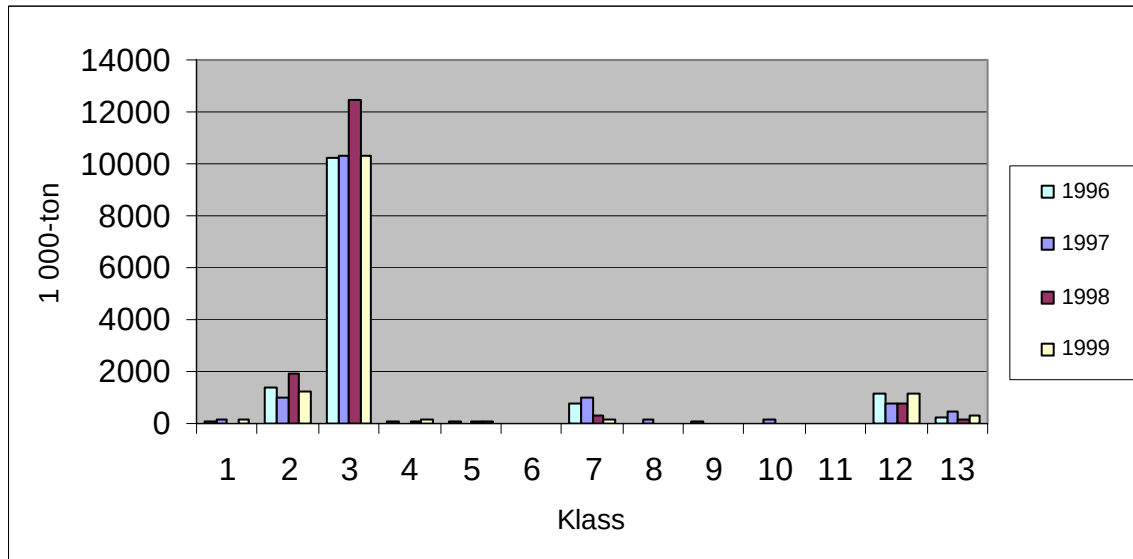
7.2.1 Fördelning av ADR-klasser

SIKA/SCB tillhandahåller statistik över transporterade mängder farligt gods fördelat på de olika klasserna. Medelvärde av transporterad mängd farligt gods på väg mellan 1996-1999 uppdelad mellan respektive klass redovisas nedan. Fördelningen mellan de olika faroklasserna i Sverige visar att den övervägande faroklassen som transporteras på väg är klassen 3.

Denna fördelning antas vara representativ även för Borlänge och Dalarna.

Tabell 15 Fördelning av farligtgodsklasser vid vägtransport

Faroklass	ADR/ADR-S-klass	Fördelning i procent mellan klasserna
1	Explosiva ämnen och föremål	0,65
2	Komprimerade, kondenserade eller under tryck lösta gaser	9,69
3	Brandfarliga vätskor	75,48
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	0,55
4.2	Självantändande ämnen	0,30
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	0,12
5.1	Oxiderande ämnen	3,84
5.2	Organiska peroxider	0,28
6.1	Giftiga ämnen	0,22
6.2	Smittförande ämnen	–
7	Radioaktiva ämnen	–
8	Frätande ämnen	6,78
9	Övriga farliga ämnen och föremål	1,85



Figur 6 Fördelning av farligtgodsklasser under transport på väg i riket, åren 1996-1999 (Källa: SIKA 2003)

Någon hänsyn har inte tagits till ev. årstidsbundna variationer av flöden. Det kan tänkas att mängden petroleumprodukter i form av eldningsolja är något högre under höst och vinter än under övriga delar av året.

7.3 Flöden på järnvägar inom Borlänge kommun

Under perioden 2002-08-01—2002-10-30 transporterades följande antal vagnar med farligt gods på järnvägssträckorna inom Borlänge kommun:

- Mot Falun 115
- Mot Ludvika 610
- Mot Mora 95
- Mot Säter 1025

7.3.1 Fördelning av RID-klasser

Fördelningen av farligtgodsklasser och mellan klass 2 på respektive sträcka redovisas i tabell 16 och tabell 17 (Källa: Green Cargo och BK-tåg)

Tabell 16 Fördelning av farligtgodsklasser i % på respektive sträcka

RID-klass	Mot Falun	Mot Ludvika	Mot Mora	Mot Säter
1	0,9	0,0	0,0	0,1
2	42,6	81,8	0,0	58,8
3	19,1	9,2	100	5,5
4	25,2	0,2	0,0	0,0
5	0,0	1,6	0,0	0,1
6	1,7	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0
8	7,8	4,3	0,0	1,4
9	2,6	3,0	0,0	34,1

Tabell 17 Fördelning av RID-klass 2

RID-klass	Mot Falun	Mot Ludvika	Mot Säter
Svaveldioxid	89,7	0,4	6,7
Gasol	10,3	99,6	93,4

Enligt uppgift från bl.a. Green Cargo och BK Tåg transporteras ca 250 000 nettoton farligt gods genom Borlänge under ett år. Fördelningen på respektive sträcka enligt tabell 18.

Tabell 18 Sammanställning av farligtgodstrafiken i nettoton för resp. sträcka /år

Järnvägssträckning	Flöde av farligt gods (ton) Green cargo
mot Falun	10 745,6
mot Ludvika	107 913,6
mot Mora	21 692,4*
mot Avesta/Krylbo	116 310,8

*endast klass 3

8 Trafikflöde

8.1 Väg

Vägverket genomför stickprovsvisa mätningar på valda platser i syfte att skatta trafikarbetet och årsmedelsdygnstrafiken för det statliga vägnätet (www.vv.se).

Årsmedelsdygnstrafiken (ÅDT) på valda vägar har beräknats ur vägverkets trafikmätning. För att skatta medeldygnstrafiken har ett medelvärde av samtliga mätvärden på vald sträcka med viss hastighet beräknats för riksvägarna utanför tätorten. Detta medelvärde har sedan utgjort indata för beräkning av frekvensen för farligtgodolycka. För vägsträckan mellan Åkrerondellen och Mellstarondellen har det faktiska värdet på ÅDT som Vägverket redovisar för 2002 använts.

Tabell 19 Årsmedelsdygnstrafiken på resp. sträcka

Vägsträckning	ÅDT	
	min	max
RV 50 mot Falun	11 196	16 140
RV 50 mot Ludvika	4 280	6 290
RV 70 mot Djurås	8 790	9 090
RV 70 mot Säter	12 960	13 380
RV 50/70 Åkrerondellen-Backarondellen	17 430 ¹	
RV 50/70 Backarondellen-Framtidsrondellen	16 620 ²	
RV 70 Framtidsrondellen-Tjärnarondellen	14 060 ³	
RV 70 Tjärnarondellen- Mellstarondellen	13280 ⁴	

1 mätpunkt 13520163

2 mätpunkt 13520230

3 mätpunkt 13520194

4 mätpunkt 13520049

8.2 Järnväg

Antalet godstransporter har skattats ur Banverkets tidtabeller för respektive sträcka och redovisas i tabell 20.

Tabell 20 Sammanställning över beräknat antal godståg för resp. järnvägssträcka

Järnvägssträckning	Tåg per vardagsdygn	Tåg per lördagsdygn	Tåg per söndagsdygn	Antal godståg/år
mot Falun	22	9	3	~6 300
mot Ludvika	23	10	2	~6 600
mot Mora	16	4	5	~4 600
mot Avesta/Krylbo	12	5	6	~3 700

9 Frekvens av farligtgoodsolyckor

9.1 Väg

Frekvensen av farligtgoodsolyckor på väg har beräknats enligt SRVs handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg, rapport nr B20-194/96 som baseras på Väg och transportforskningsinstitutets rapportserie (Rapport nr 387:1-4).

Antalet fordon skyltade med farligt godsskylt i trafikolyckor/år beräknas med:

$$O((Y \cdot X) + (1 - Y)(2X - X^2))$$

där

O är det beräknade antalet olyckor på vägnittet

Y är andelen singelolyckor och

X är andelen fordon skyltade med farligtgodsskylt

För att sedan skatta antalet olyckor som leder till utsläpp av farligt gods multipliceras resultatet med farligtgoodsindex som varierar med vägtypen.

Indata för beräkning av frekvensen farligtgoodsolyckor på väg har hämtats dels från SRV:s enkätundersökning av flödet av farligt gods samt vägverkets trafikmätning av ÅDT.

Beräknade frekvenser av farligtgoodsolyckor avser en sträcka av en kilometer av det studerade vägnätet. Olycksfrekvensen blir naturligtvis högre om en längre sträcka ansätts då funktionen är linjär. En kilometer har valt för att få en någorlunda representativ sträcka av transportleden med avseende på lokala variationer. Dessutom föreslår Davidsson m fl (1997) att riskkriterier bör baseras på denna sträcka.

På grund av variationer i hastighetsbegränsningen och vägstandard över studerad vägsträcka redovisas olycksfrekvensen som ett intervall men beräkningen görs på det större värdet. Av sammanställningen framgår att skillnaderna är relativt små på respektive sträcka men varierar kraftigt mellan sträckorna. Variationen mellan sträckorna beror framför allt på flödet av farligt gods.

Utförlig beskrivning av beräkningar återfinns i bilaga 1.1

Tabell 21 Förväntat antal olyckor/år samt förväntat antal år mellan olyckor för vägtransporter

Vägsträckning	Förväntat antal farligtgoodsolyckor/år	Förväntat antal år mellan olyckor
RV 50 mot Falun	$1,11 \cdot 10^{-3}$ - $1,17 \cdot 10^{-3}$	804-858
RV 50 mot Ludvika	$6,70 \cdot 10^{-4}$ - $6,80 \cdot 10^{-4}$	1472-1492
RV 70 mot Djurås	$7,66 \cdot 10^{-4}$	1305
RV 70 mot Säter	$6,71 \cdot 10^{-4}$ - $6,80 \cdot 10^{-4}$	1471-1492
RV 50/70 Åkrerondellen-Backarondellen	$6,80 \cdot 10^{-4}$	1471
RV 50/70 Backarondellen-Framtidsrondellen	$2,52 \cdot 10^{-4}$	3974
RV 70 Framtidsrondellen-Tjärnarondellen	$6,80 \cdot 10^{-4}$	1471
RV 70 Tjärnarondellen- Mellstarondellen	$6,80 \cdot 10^{-4}$	1471

9.2 Järnväg

Beräkningar av olycksfrekvenser på järnväg har gjorts utifrån rapporten, *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, (Fredén, 2001).

Förväntade antalet olyckor F beskrivs som en funktion av verksamhetens art W och felintensiteten ξ enligt:

$$F(\text{urspårning}) = W \cdot \xi$$

Banverket är den myndighet som bl.a. ansvarar för drift och förvaltning av statens spåranläggningar. För beräkning av urspårningsfrekvensen behövs uppgifter om spårkvalitet, antalet växlar och längd för studerad sträcka. Dessa indata har tillhandahållits från Banverket genom Lars Westén.

Tabell 22 Förväntat antal urspårningar/år samt förväntat antal år mellan urspårningar för järnvägstransporter

Järnvägssträckning	Förväntat antal urspårningar/år	Förväntat antal år mellan urspårning
mot Falun	$1,76 \cdot 10^{-3}$	568
mot Ludvika	$1,46 \cdot 10^{-3}$	687
mot Mora	$1,07 \cdot 10^{-3}$	931
mot Avesta/Krylbo	$8,83 \cdot 10^{-4}$	1133

10 Scenarier av farligtgoodsolyckor

De scenarier som kan uppkomma vid en farligtgoodsolycka beror bl.a. på vilken ADR/RID-klass av farligtgod som transporten medför. Olika klasser har olika farliga egenskaper som i händelse av olycka medför olika konsekvenser för exponerade individer.

För att härleda tänkbara scenarier vid en farligtgoodsolycka har ett händelseträd konstruerats med hjälp av programvaran Precision Tree. Var och en av händelserna har givits en sannolikhet varefter programmet beräknat sannolikheten för sluthändelsen.

Den inledande händelsen vid en vägtrafikolycka är att ett utsläpp av farligt gods sker givet att en olycka inträffar. Vid järnvägstransport är den inledande händelsen att urspårning inträffar.

Vid transporter på väg har 31 händelser identifierats varav endast 16 resulterar i allvarlig fara för människor. Utsläpp av ämnen tillhörande klass 4,6,7,8 kan förvisso leda till att människor omkommer eller skadas allvarligt men detta kräver att man kommer i kontakt med det utsläppta ämnet. För denna rapports målsättning bedöms dock konsekvenserna från ämnen tillhörande dessa klasser ej vara relevanta.

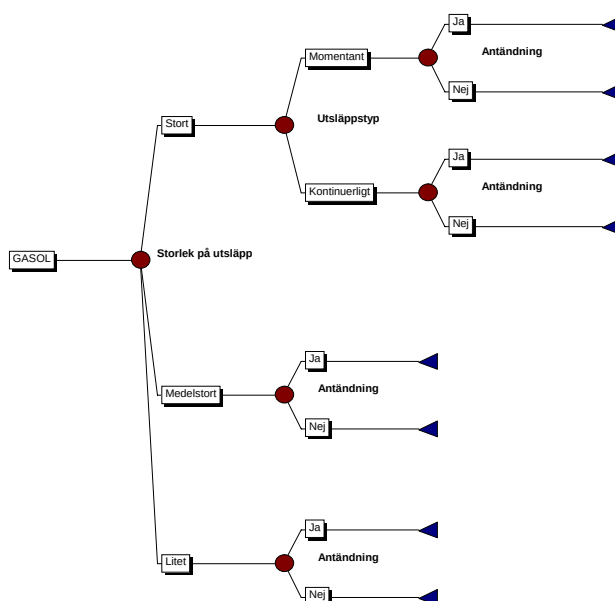
Vid järnvägstransport har olika antal scenarier identifierats, beroende på vilken järnvägssträckning som avses.

Händelseträden redovisas i bilaga 1.3.

Frekvensen av var och ett av identifierade scenarier har beräknats genom att multiplicera frekvensen av farligtgoodsolycka på väg, $F(\text{fgolycka})$, alternativt frekvensen av urspårning, $F(\text{urspårning})$ med sannolikheten för var och ett av de identifierade scenarierna, $p(\text{scenario})$, enligt:

$$F(\text{fgolycka}) \cdot p(\text{scenario}) = f(\text{scenario})$$

$$F(\text{urspårning}) \cdot p(\text{scenario}) = f(\text{scenario})$$



Figur 7 Exempel på händelseträd vid utsläpp av gasol

11 Riskberäkningar

11.1 Individerisk

Individerisken beräknas med

$$IR = f \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{r^2 - a^2}}{L} \cdot \frac{15}{360}$$

där f är frekvensen för resp. scenario, r är riskavståndet, a är avståndet från utsläppskällan och L är sträckan för vilken frekvensen beräknats (1000m). Kvoten $\frac{15}{360}$ kompenserar för att spridningen sker i en riktning.

För explosion, pölbrand och BLEVE sker påverkan i samtliga riktningar och därför ges individerisken av

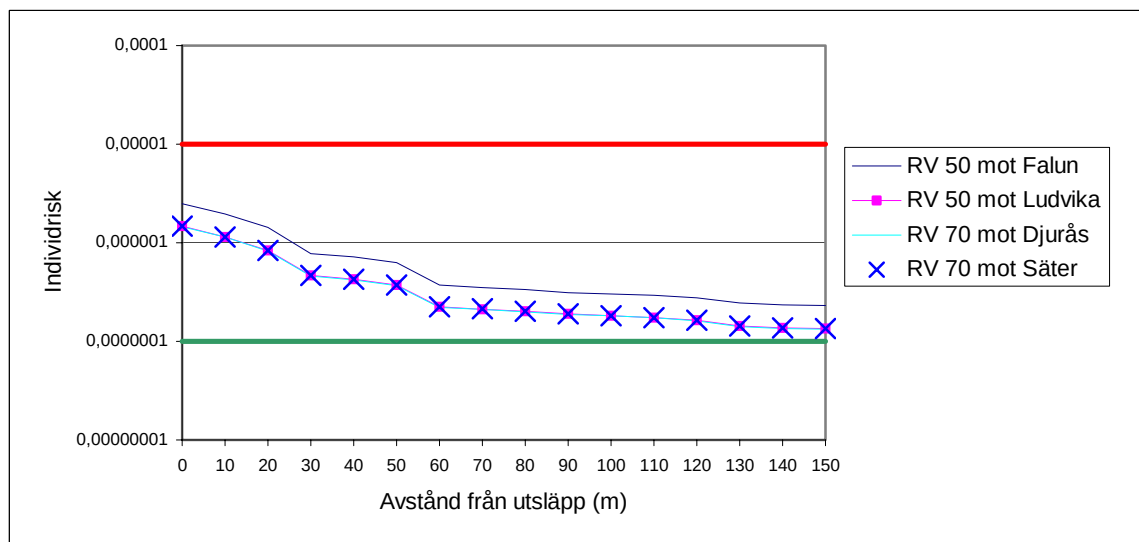
$$IR = f \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{r^2 - a^2}}{L}$$

Grundfrekvensen, f , gäller för en kilometer transportled. En individ som befinner sig på ett avstånd, a från vägkanten kommer inte att påverkas av ett utsläpp längs hela denna kilometer. $2 \cdot \sqrt{r^2 - a^2}$ anger den sträcka som påverkar en individ på avståndet a från transportleden.

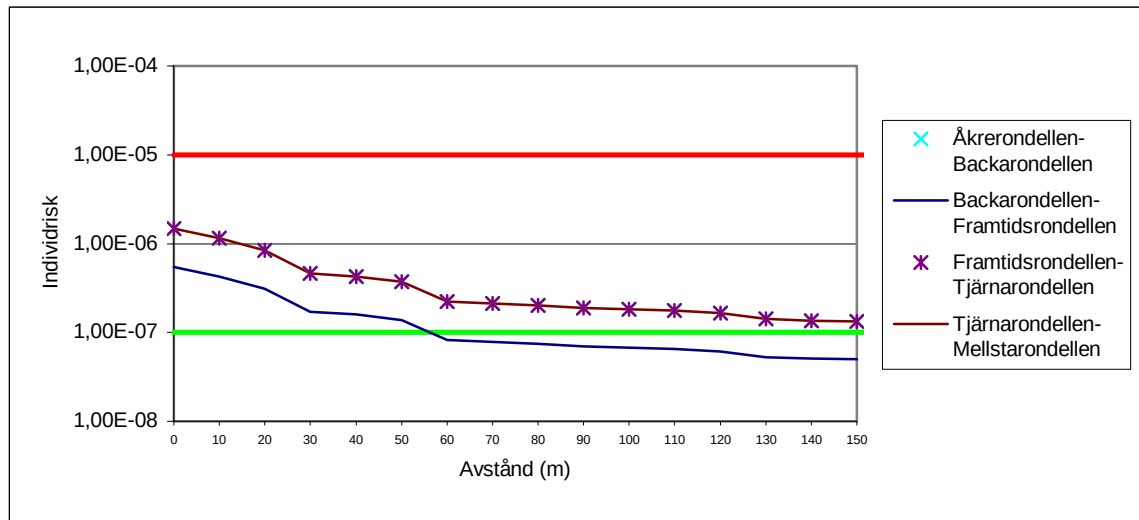
Individerisken för respektive transportled redovisas i figur 8-10 som funktion av avståndet från utsläppskällan.

Den nedre kurvan i figur 9 visar individerisken genom tätorten för den del med hastighetsbegränsningen 50 km/h.

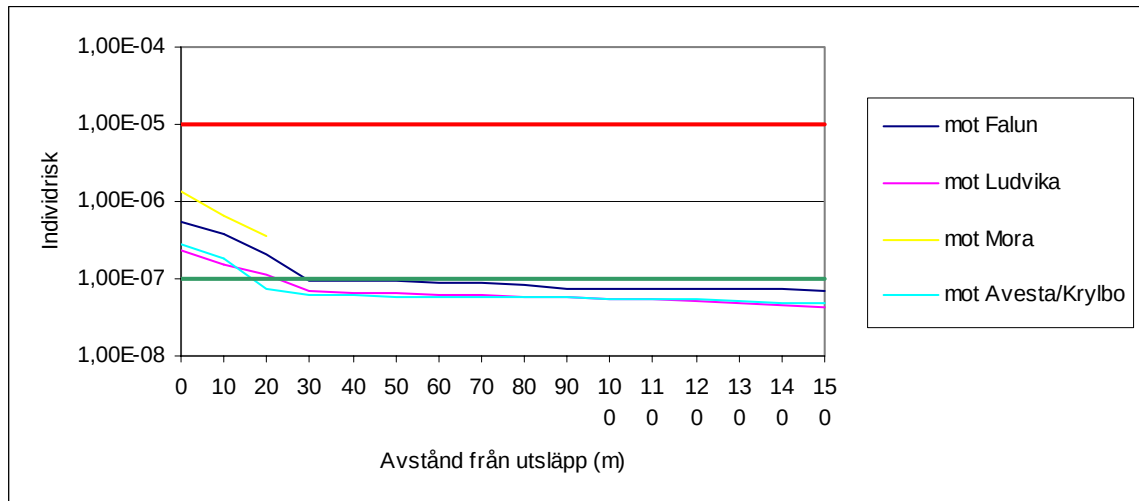
Figur 11 visar utbredningen av ALARP-området kring RV 70 genom tätorten.



Figur 8 Individerisk längs studerade vägsträckor utanför tätort



Figur 9 Individerisk längs RV 70 genom tätorten



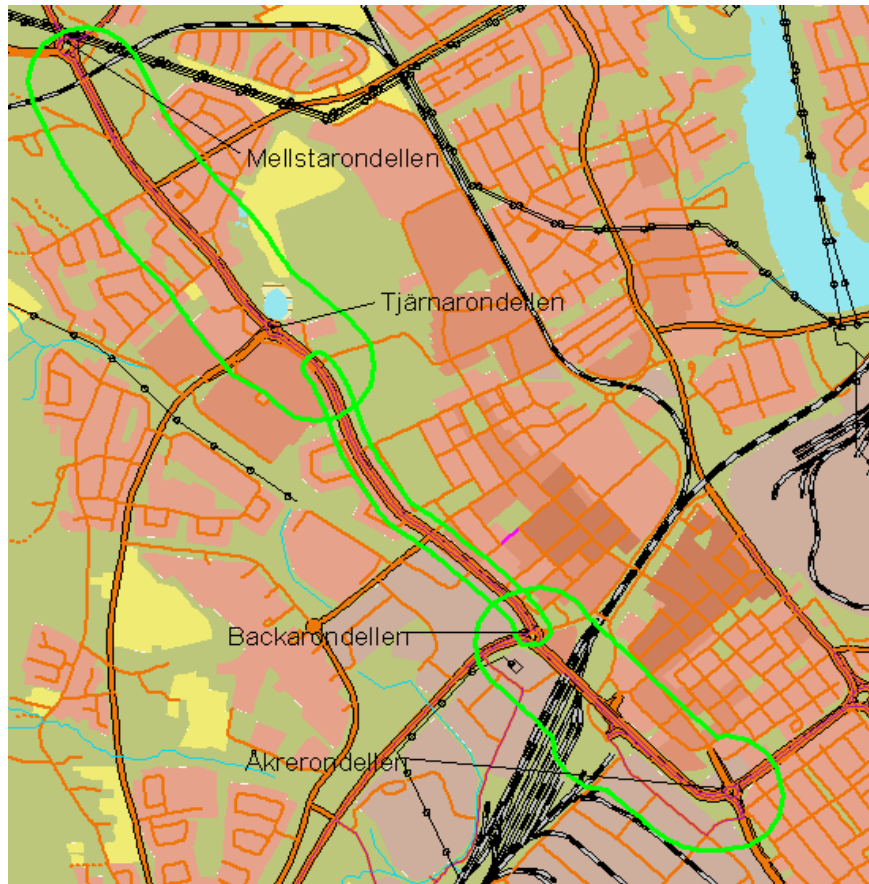
Figur 10 Individerisk längs studerade järnvägssträckor

Den röda och gröna linjen i diagrammen ovan markerar övre resp. nedre gräns för området där risker under vissa förutsättningar kan accepteras enligt DNVs förslag till kriterium.

Individeriskberäkningarna visar att ALARP-områdets utbredning är längre än 150 m på vägar med hastighetsbegränsning < 50 km/h. Inom tätorten där hastighetsbegränsningen är 50 km/h utsträcker sig ALARP-området till ca 55 m från utsläppskällan.

För järnvägstransporter utsträcker sig ALARP-området till ca 30 m.

En utförligare beskrivning av beräkningar och resultat finns i bilaga 3.

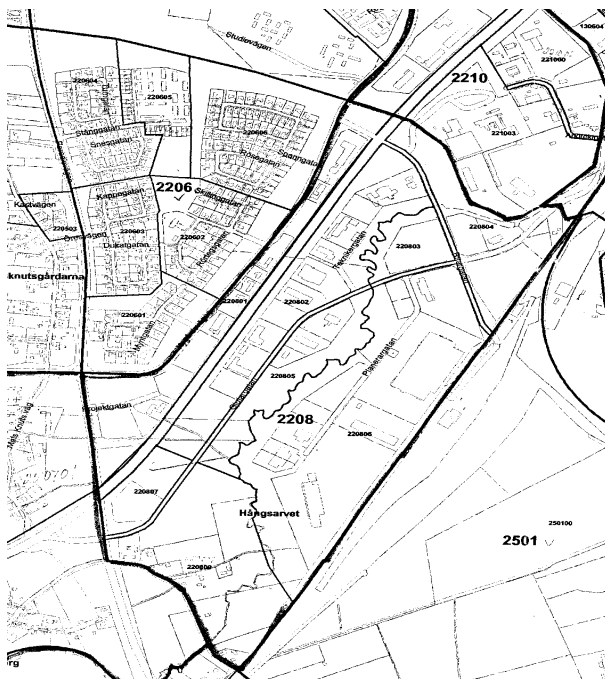


Figur 11 Gräns mellan ALARP-område och område där risker kan anses som små längs
RV 70 genom tätorten

11.2 Samhällsrisk

Borlänge tätort har en population på ca 1200 inv/km². Variationen mellan lokala områden är dock stor. Vissa områden med handel har en täthet på mellan 700-4000 förvärvsarbetande/km² och bostadsområden varierar mellan 1500-8000 inv/km², beroende på om området består av villor eller flerfamiljshus. Inom handelsområden kan man troligen förvänta sig att tätheten är ännu högre om besökare adderas. Längs transportlederna har samhällsriskerna beräknats för 5 olika populationstätheter; 500, 1200, 2000, 3000 och 4000 inv/km².

Dessutom har samhällsriskerna beräknats för ett typområde som motsvarar den nordöstra sidan av RV 50 mot Ludvika från korsningen Ritargatan/RV 50 och söderut till korsningen Paradisvägen/RV 50. Intuitivt känns detta område som välplanerat ur riskhänseende med en bebyggelsefri zon närmast vägen, mindre handel och industrietableringar i området mellan 30-100 m från vägkant och villabebyggelse på ett avstånd över 100 m. Riksvägen löper med denna del genom nyckelkodsområde 2208 vilket har en populationstäthet, beräknat på dagbefolkningen, om ca 760 inv/km². Ca 125 m nordöst om RV 50 gränsar nyckelkodsområde 2206 vilket har en populationstäthet på ca 1110 inv/km². Inom område 2208 bedrivs i huvudsak näringsverksamhet och inom område 2206 finns i huvudsak villabebyggelse.



Figur 12 RV 50 mot Ludvika med nyckelkodsområden

Antalet omkomna beräknas med:

$$n = r^2 \cdot \pi \cdot \frac{\alpha}{360} \cdot N$$

Där

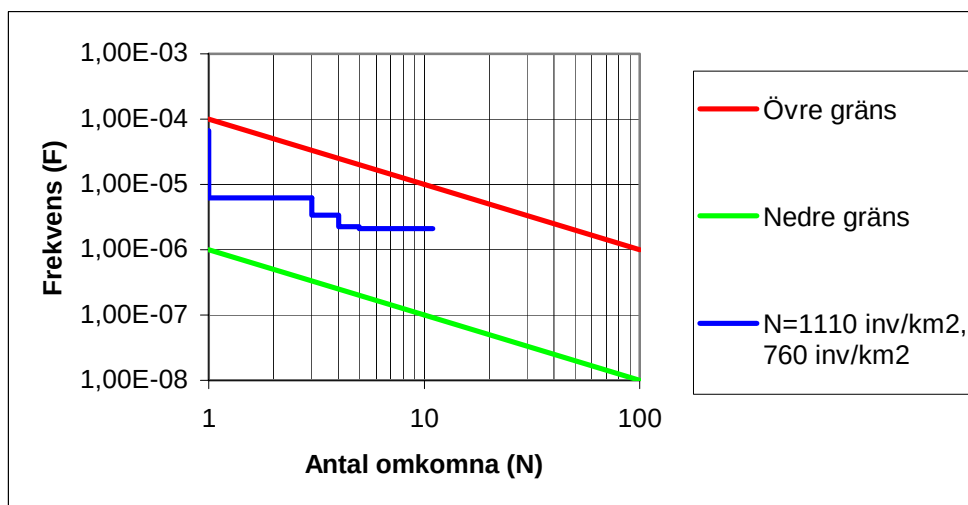
n = antalet omkomna

r = riskavståndet i km

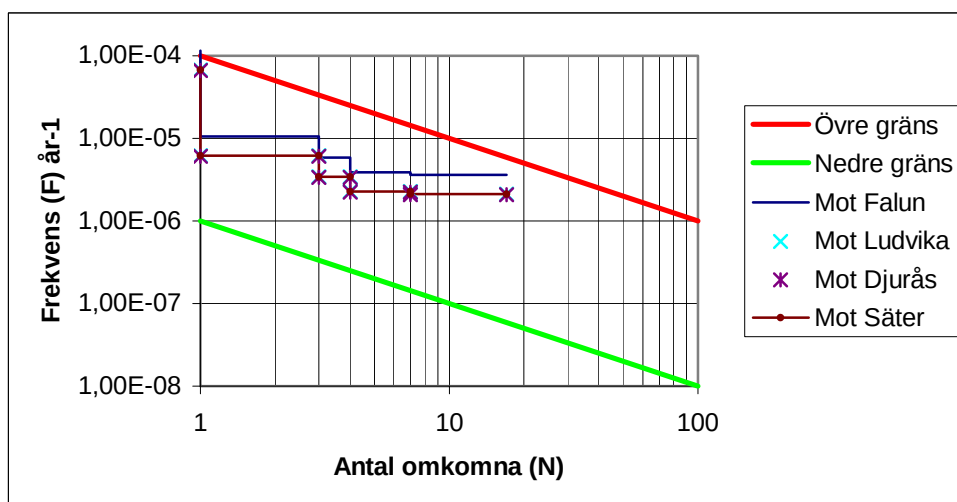
α = spridningsvinkeln

N = populationstätheten (inv/km²)

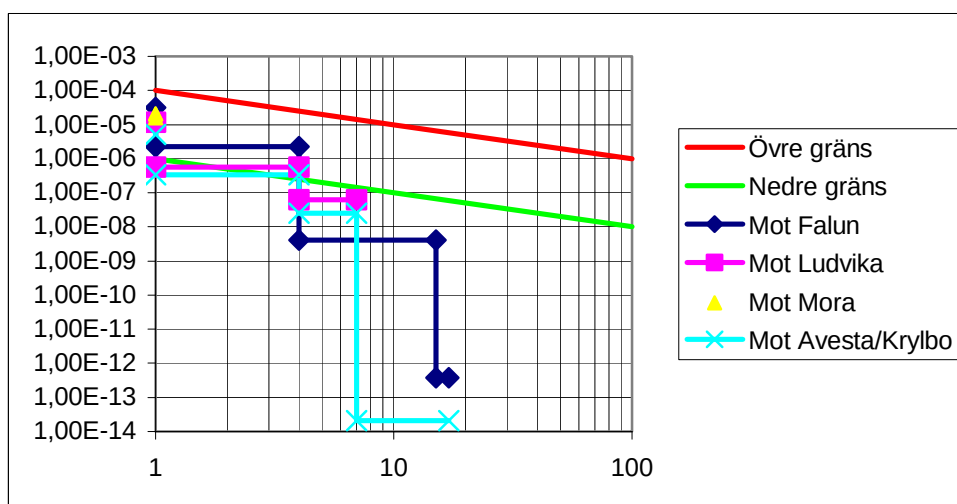
I beräkningarna har antagits att 10% av befolkningen vistas utomhus och 90% inomhus.



Figur 13 Beräknad samhällsrisk längs RV 50 med populationstätheter motsvarande område 2206 och 2208



Figur 14 Beräknad samhällsrisk invid studerade vägsträckor med 1200 inv/km²



Figur 15 Beräknad samhällsrisk invid studerade järnvägssträckor 120 inv/km²

En utförligare beskrivning av beräkningar och resultat återfinns i bilaga 4.

12 Känslighetsanalys

12.1 Osäkerheter

12.1.1 Indata

SRV:s enkätundersökning av farligtgodsstransporten är genomförd under 1998 och hade en svarsfrekvens på endast 56%. Antalet transporter med farligt gods är baserad på denna undersökning.

Flödet av farligt gods som styckegods är inte beaktat annat än via uppskattningar som baserats på SRV:s enkätundersökning.

Fördelningen mellan farligt godsklasserna vid vägtransport är baserad på hela riket. Det kan tänkas att en annan fördelning råder i Borlänge och Dalarna. Över tiden bedöms dock denna fördelning vara representativ.

Andelen Gasol och Svaveldioxid som transporteras på väg är okänd. Dessa uppgifter har ej heller gått att få fram trots upprepade förfrågningar hos några av de största ADR transportörerna i landet. Av detta skäl har andelen Gasol/Svaveldioxid antagits vara 25 resp. 75 %.

Sannolikheten för antändning vid utsläpp av brandfarliga ämnen varierar i litteraturen mellan 30%-80%. Sannolikheten för antändning av stort gasolutsläpp är grundat bl a på Purdy (1993) som anger att vid stort utsläpp är sannolikheten för antändning 80%. För litet utsläpp anger Purdy sannolikheten för antändning till 60%. Lamnevik (1995) anger sannolikheten för antändning av utsläpp med brännbar gas till 70%.

Hantering av osäkerheterna har skett genom känslighetsanalys av bl.a. ovanstående parametrar. En fullständig beskrivning av beräkningar och resultat av känslighetsanalysen återfinns i bilaga 5.

12.2 Vägtransporter

Känslighetsanalys av individ- och samhällsriskberäkningarna för vägtransporter har gjort för följande parametrar.

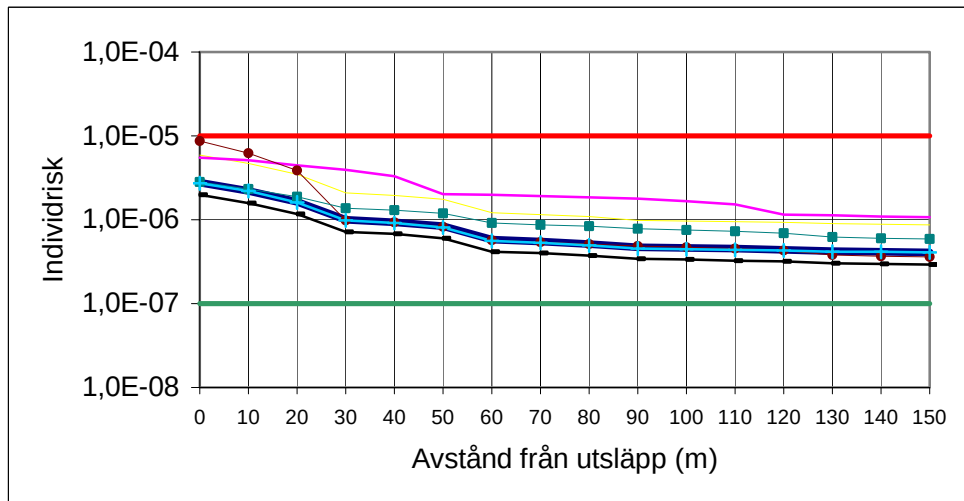
- Riskavstånd – fördubblat (rosa kurva)
- Farligtgoodsindex – fördubblat (gul kurva)
- Olyckskvot – fördubblat (gul kurva)
- Fördelning ADR-klass 2 – 25 % gasol, 75 % Svaveldioxid (Ljusblå kurva)
- Antal transporter med farligt gods/dygn
- Fördelning farligt godsklasser enligt tabell:

ADR- klass	Andel per ADR-klass i grundfallet	Variation 1 (Brun kurva)	Variation 2 (Grön kurva)
1	0,65	1	1
2	9,69	15	20
3	75,48	70	60
5	4,12	4	4
8	6,78	7	9
Övriga	2,43	1	1

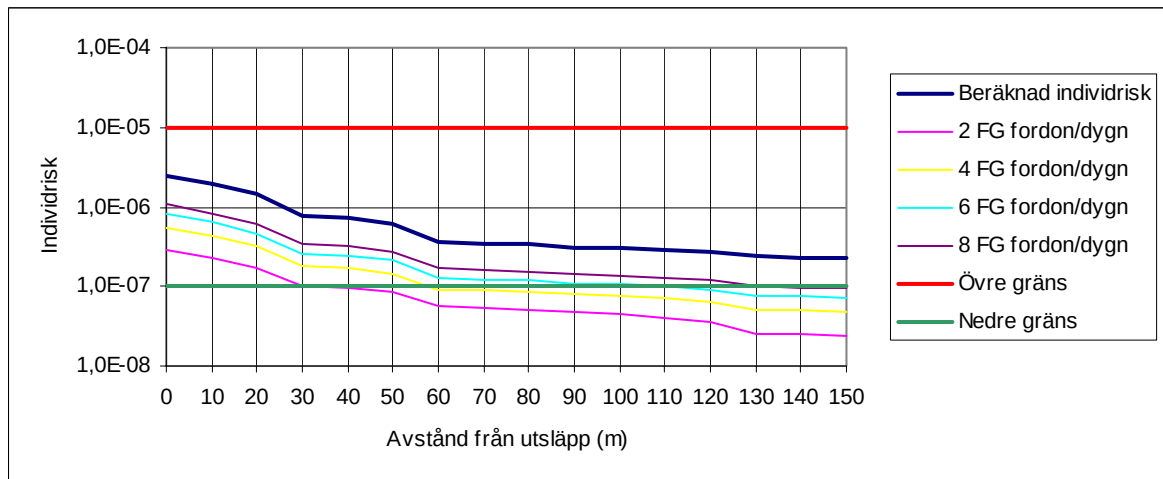
Antalet transporter med farligt gods per dygn, farligtgoodsindex och olyckskvot ingår i modellen för beräkning av farligtgoodsolycka. Modellen för beräkning av frekvenser är linjär varför kurvan sammanfaller om dessa parametrar fördubblas.

Den kraftigare kurvan i diagrammen markerar grundfallet.

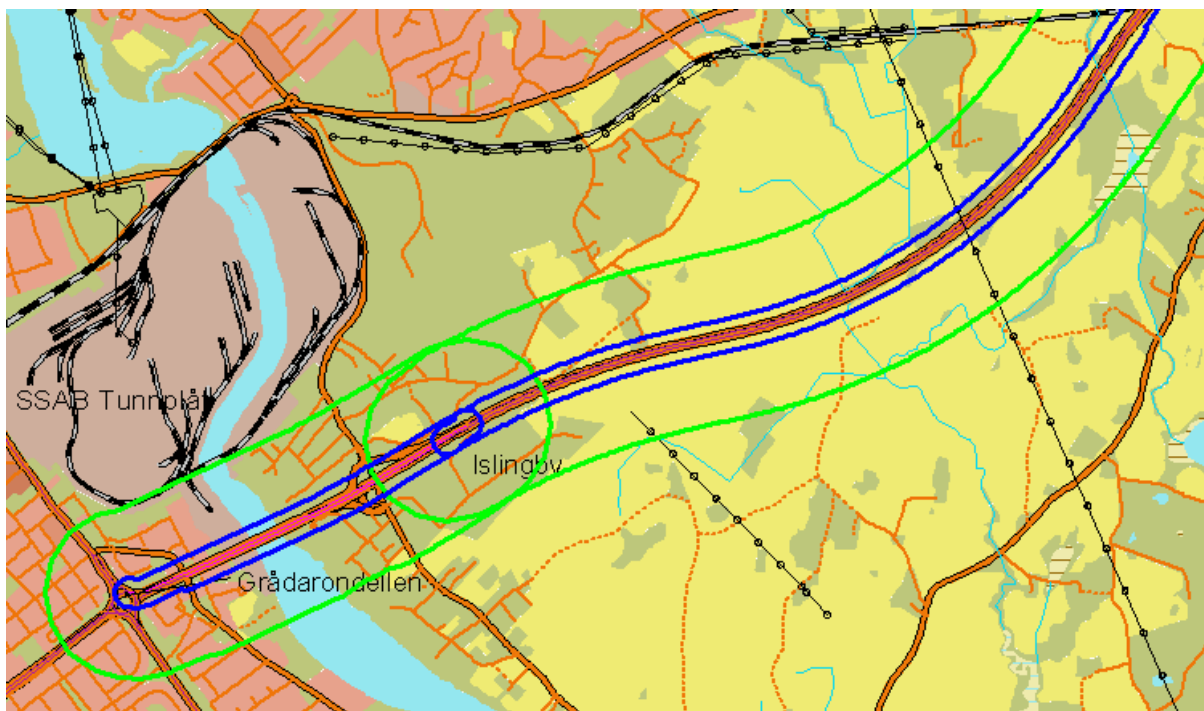
Utöver ovanstående parametrar har känslighetsanalys av individrisken genomförs på hur stor andel ADR-klass 2 som kan tillåtas utan att ALARP-området ökar i utbredning jämfört med att ingen transport av klass 2 ämnen förekommer. Denna analys har gjorts med GIS-tillägget och redovisas i figur 18. Den blå kurvan, som beskriver ALARP-områdets utbredning vid 2 % klass 2 ämnen, ligger ca 60 m från väggkant och är identisk med det fall då inga transporter av klass 2 ämnen förekommer.



Figur 16 Känslighetsanalys av individrisken för RV 50 mot Falun

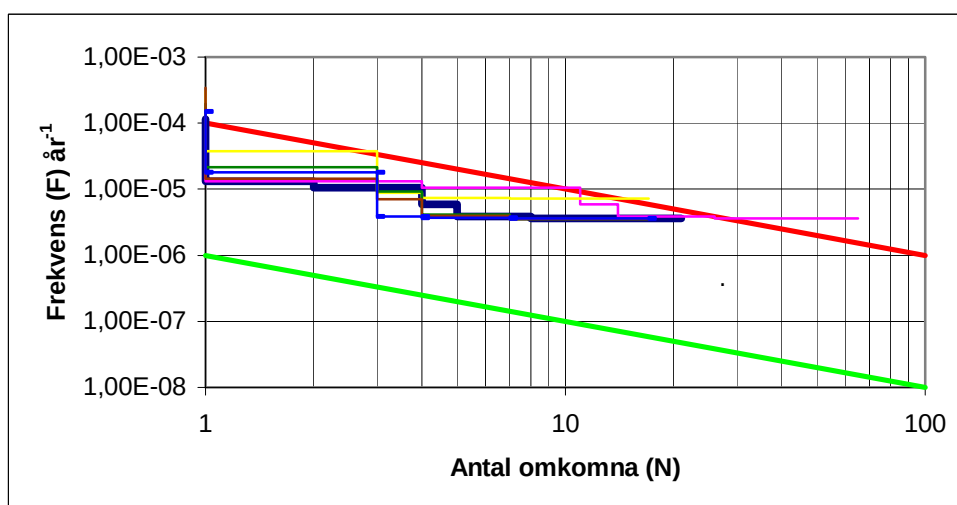


Figur 17 Känslighetsanalys av individrisken med variation av antalet transporter/dygn för RV 50 mot Falun

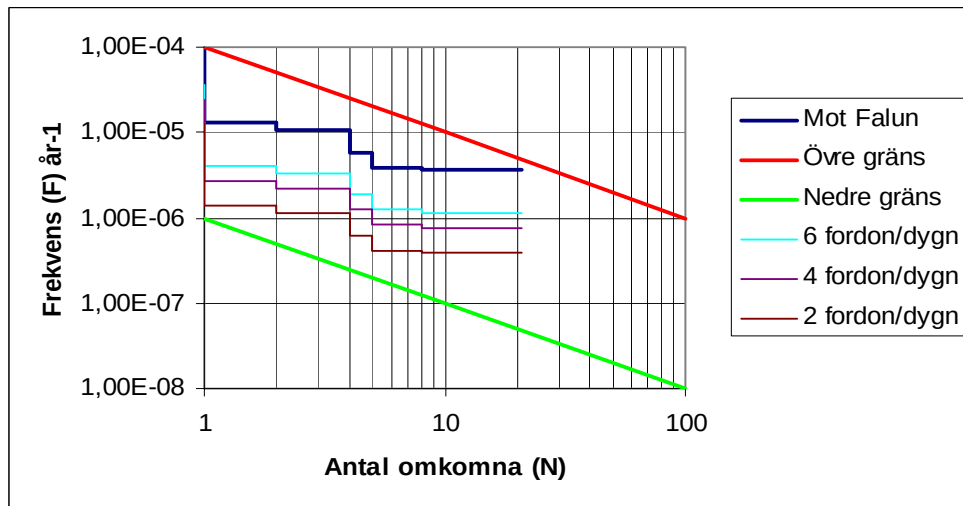


Figur 18 ALARP-områden längs RV 50 mot Falun.

Den inre kurvan (blå) beskriver ALARP-området då högst 2% av ADR-klass 2 förekommer. Den yttre kurvan (grön) beskriver ALARP-området för grundberäkningarna.



Figur 19 Känslighetsanalys av samhällsrisk för RV 50 mot Falun



Figur 20 Känslighetsanalys av samhällsrisk med variation av antalet transporter/dygn

12.3 Järnvägstransporter

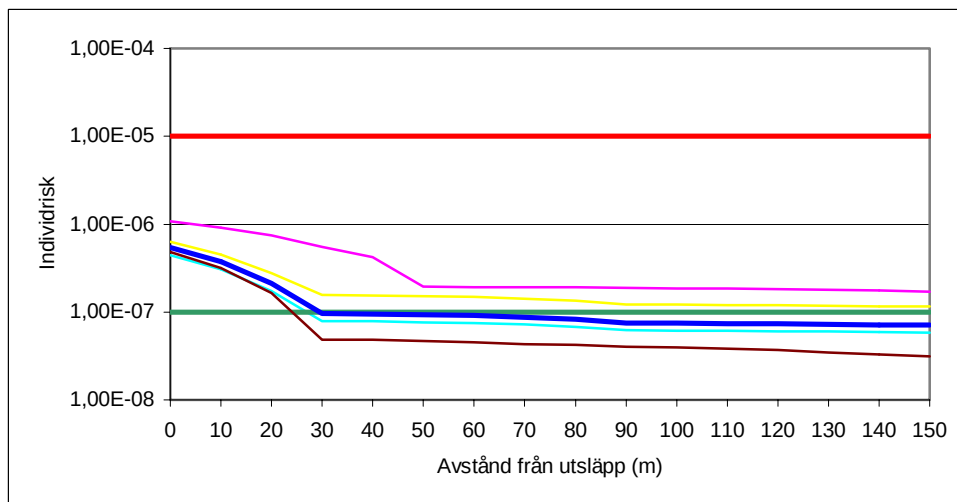
För järnväg har känslighetsanalys gjorts för följande parametrar:

- Urspårningsfrekvens - omfattar ej kollision och växelfel (blå kurva)
- Riskavståndet – fördubblat (rosa kurva)
- Fördelning Gasol-Svaveldioxid enligt tabell:

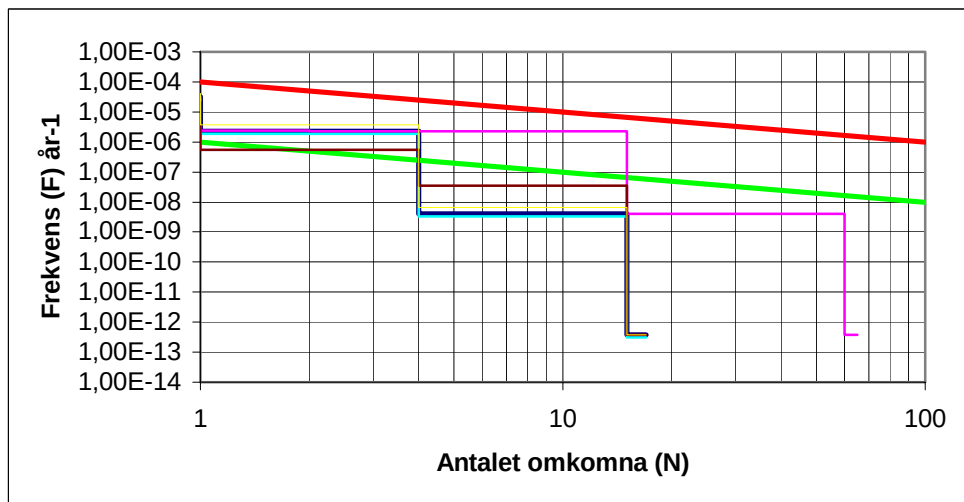
RID-klass	Mot Falun	Variation (Brun kurva)	Mot Ludvika	Variation (Brun kurva)	Mot Säter	Variation (Brun kurva)
Svaveldioxid	89,7	10	0,4	90	6,7	90
Gasol	10,3	90	99,6	10	93,4	10

- Fördelning RID-klass enligt tabell:

RID-klass	Mot Falun	Variation (Gul kurva)	Mot Ludvika	Variation (Gul kurva)	Mot Mora	Variation (Gul kurva)	Mot Säter	Variation (Gul kurva)
1	0,9		0,0		0,0		0,1	0,1
2	42,6	70	81,8	40	0,0	30	58,8	4,3
3	19,1	20	9,2	30	100	70	5,5	60
4	25,2		0,2	0,2	0,0		0,0	
5	0,0		1,6	1,6	0,0		0,1	0,1
6	1,7	1	0,0		0,0		0,0	
7	0,0		0,0		0,0		0,0	
8	7,8	7	4,3	4,3	0,0		1,4	1,4
9	2,6	2	3,0	3,0	0,0		34,1	34,1



Figur 21 Känslighetsanalys av individrisken för järnvägen mot Falun



Figur 22 Känslighetsanalys av samhällsrisk för järnvägen mot Falun

12.4 Diskussion kring känslighetsanalysen

Känslighetsanalysen visar att andelen klass 2 är av stor betydelse för storleken på individrisken invid transportlederna. Detta beskrivs tydligt i figur 18 där den inre kurvan beskriver ALARP-områdets utbredning längs vägen då inga transporter, alternativt 2 %, av ADR klass 2 förekommer. En ökning av andelen klass 2 medför att individrisken blir större på ett längre avstånd från leden. Andelen Gasol i förhållande till Svaveldioxid har visats ha en mindre inverkan på både individ- och samhällsrisk. Individriskkurvorna sammanfaller oavsett om andelen Gasol är 25 % eller 75 %.

En annan parameter som är av betydelse för riskbilden är antalet transporter som genomförs på sträckan. Dock ligger samhällsrisk inom ALARP-området även om endast 2 transporter genomförs på vägsträckan. Individrisken nedgår däremot till att vara försumbar på ett avstånd av 30 m från utsläppskällan vid ca 2 transporter/dygn. Detta talar för att ett bebyggelsefritt område närmast transportleden bör skapas vid framtida etableringar intill farligtgoodsleder. Även en begränsning av transporter med kondenserade gaser bör övervägas för att reducera riskbilden.

13 Diskussion, slutsatser och förslag till fysisk ram

13.1 Diskussion

Att i en riskanalys enbart betrakta framräknade siffror som ett absolut mått på var det är riskfritt att vistas förefaller naivt. Riskanalyser är alltid behäftade med osäkerheter varför försiktighetsprincipen bör tillämpas vid beslut grundade på riskanalyser. Framräknade värden och risktal bör endast utgöra en vägledning till riskmedvetenhet och ett underlag för riskreduktion. En öppen diskussion bör föras mellan intressenter där för och nackdelar, ur risksynpunkt, vägs mot varandra.

Riskberäkningarna i denna rapport visar att individrisken intill studerade vägar ligger inom det sk. ALARP-området för vägar utanför tätorten samt de delar av RV 70 inom tätorten med hastighetsbegränsning över 50 km/h. Generellt anses riskerna för höga inom detta område, men kan accepteras om alla möjligheter till riskreducering vidtagits. Inom tätorten på de sträckor där hastighetsbegränsningen är 50 km/h ligger individrisken under det nedre kriteriet på ett avstånd av ca 55m från utsläppskällan.

Hastighetsbegränsningen 50 km/h förefaller vara en gräns där riskerna ökar kraftigt med ökad hastighet. Genom att begränsa hastigheten till högst 50 km/h kan riskbilden minskas. Detta faktum gör att den nuvarande riskbilden inte bör accepteras.

Genom att begränsa antalet tillåtna transporter längs vägarna till högst 2 st./dygn ger i stort sett samma reduktion av riskerna som en hastighetsbegränsningen ger. Att begränsa antalet transporter är troligtvis mycket svårt och ej heller en rimligåtgärd utifrån samhällets och industrins krav/behov. Att begränsa hastigheten borde emellertid vara en betydligt enklare och framförallt billigare åtgärd för att reducera riskerna.

Boverket rekommenderar ett skyddsavstånd på 100 m invid leder där det transporteras farligt gods. Inom 100 m från vägen ligger den beräknade individrisken i det nedre av ALARP-området varför särskild riskhänsyn bör tas och försiktighetsprincipen tillämpas vid etablering av verksamheter inom detta område. Sådan riskhänsyn kan vara att installera ventilationssystem som automatisk stängs av vid ett utsläpp av gaser, placera entrédörrar i riktning bort från vägen, undvika verksamheter som genererar stora folksamlingar mm. Med stöd i miljöbalken bör försiktighetsprincipen tillämpas framför allt vid etablering av bostäder. Inom ALARP-området är bostäder olämpliga med hänsyn taget till individers krav på trygghet och osårbarhet i hemmet och bör därför placeras i områden där riskerna är små.

Ingen hänsyn har, i detta arbete, tagits till ev. mekaniska skador till följd av avkörande fordon/urspårade järnvägsvagnar. Detta riskbidrag måste därför beaktas vid etablering av byggnader och verksamheter i transportledens närhet. Ett bebyggelsefritt område på vardera sidan om vägen kan vara ett sätt att beakta detta. Fredrik Nystedt (2003) redovisar i rapporten *Utredning av säkerhetsåtgärder i detaljplan* en sammanställning av åtgärder vars syfte är att reducera riskerna. Dessutom beskrivs effekten av föreslagna åtgärder.

Den största mängden farligt gods som transporteras längs våra vägar är petroleumprodukter. Dessa ämnen generera ett riskavstånd som begränsas till ca 30 m. Utsträckningen av ett bebyggelsefritt område bör därför omfatta minst 30 m från vägkant.

Ett bebyggelsefritt område vid sidan av vägen kan med fördel utnyttjas till plantering av träd och buskar vilka förutom allmän trivsel också skapar en skärm mot transportleden som bidrar till utspädning av gaser och skydd mot strålning från bränder.

Kring järnvägarna är det dock svårt att motivera ett skyddsavstånd längre än 30 m med stöd av beräkningarna. Trots detta bör bostäder inte etableras i närheten av det bebyggelsefria området.

13.2 Slutsatser

- Riskbilden kring vägar där det transporteras farligt gods är hög med nuvarande förutsättningar men minskar relativt kraftigt intill ca 80 m.
- Riskbilden går att reducera genom enkla åtgärder t.ex. sänkning av hastighetsbegränsningen till högst 50 km/h.
- Andelen ADR-klass 2 påverkar riskbilden i betydlig omfattning.
- Kring järnvägar är det svårt att motivera längre skyddsavstånd än 30 m.

13.3 Förslag till fysisk ram

13.3.1 Generellt

Försiktighetsprincipen bör tillämpas generellt vid etablering av verksamheter i anslutning till vägar där farligtgoods transporteras. Personintensiva verksamheter, såsom idrottsarenor och större köpcentrum, och bostäder bör därför planeras till områden där riskerna anses som små. Med utgångspunkt i Boverkets allmänna råd 1995:5 bör detta område vara minst 100 m från vägkanten.

Hastighetsbegränsning om högst 50 km/h bör införas på vägar med farligtgoods inom tätbebyggt område i syfte att reducera riskerna för farligtgoodsolyckor samt minska behovet av onödigt stora bebyggelsefria områden.

13.3.2 Väg

Inom ett avstånd på 30m från vägkant bör ingen bebyggelse förekomma oavsett hastighetsbegränsning på sträckan. Dels på grund av att samtliga ADR klasser påverkar detta område, dels på grund av eventuell mekanisk påverkan från avkörande fordon.

13.3.2.1 Vägar med hastighetsbegränsningen högst 50 km/h

Mindre arbetsplatser bör kunna etableras i området 30-60 m från vägkant under förutsättning att alla rimliga åtgärder för att reducera riskerna vidtagits innan etableringen sker.

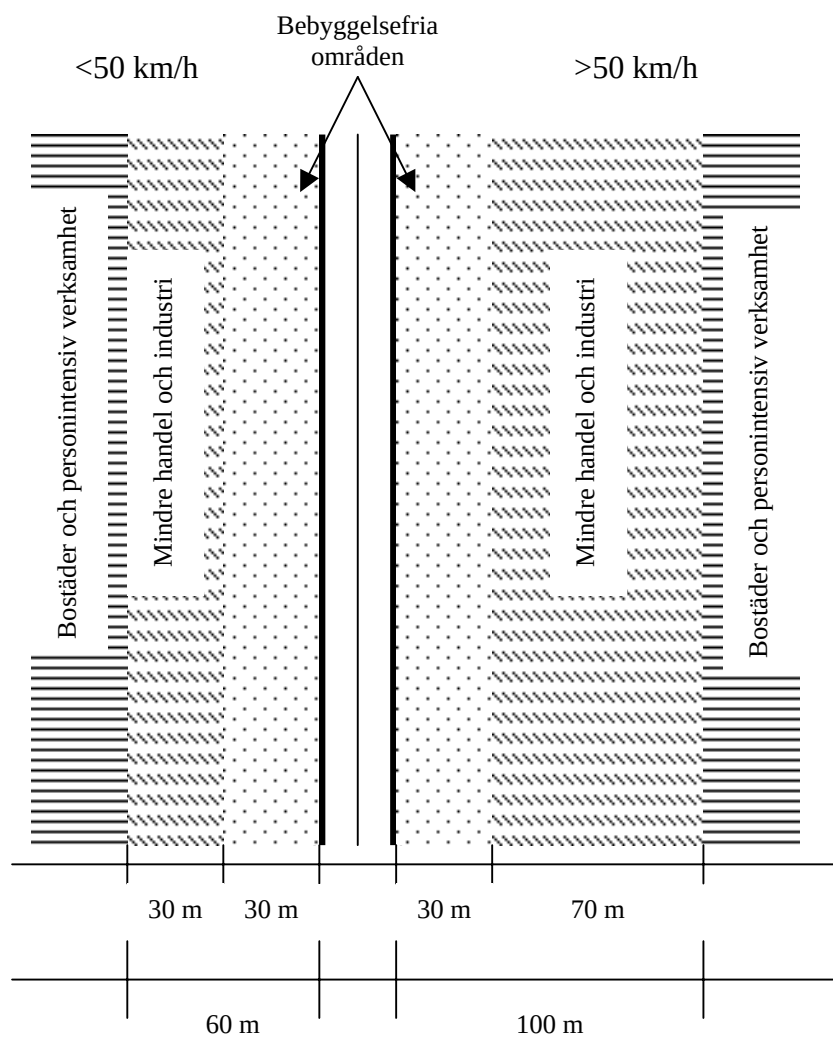
Bostäder och personintensiv verksamhet bör kunna etableras från 60 m från vägkant.

13.3.2.2 Vägar med hastighetsbegränsning överstigande 50 km/h

Mindre arbetsplatser som på ett eller annat sätt drar nytta av transportriskerna bör kunna etableras i området 30-100 m från vägen om en särskild riskutredning visar att riskerna kan reduceras med olika åtgärder.

Bostäder och personintensiv verksamhet från 100 m från vägkant under förutsättning att det totala antalet transporter med farligt gods minimeras.

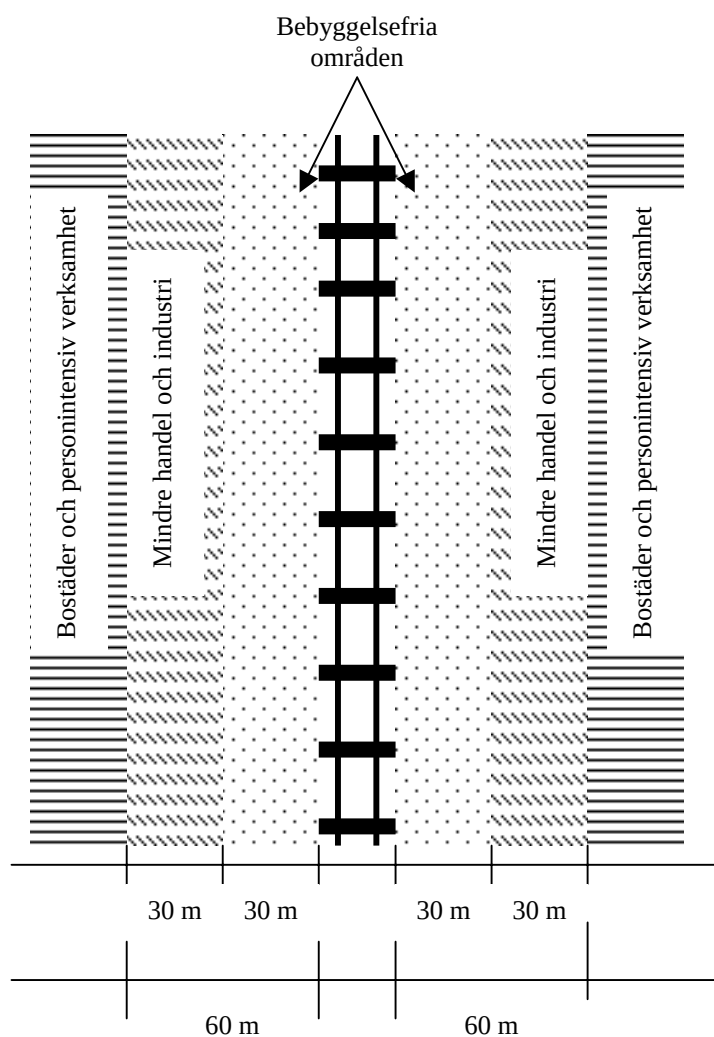
Om transporter av ADR-klass 2 begränsas till högst 2 % av totala antalet transporter bör bostäder kunna etableras från 60 m från väggkant.



13.3.3 Järnväg

Bebyggelsefritt område om 30 m på var sida om järnvägen bör etableras av samma skäl som diskuteras för vägarna ovan.

Trots att det inte med beräkningarna kan motiveras ett längre skyddsavstånd än 30 m från järnvägen bör en noggrann övervägning av nyttan med att en etablering av bostäder närmare än 60 m från spåret göras.



14 Förslag till åtgärder för att förbättra precisionen av riskanalyser av farligtgodstransporter

14.1 Indata

Insamling av indata avseende farligtgodsströmmar kan förbättras genom *in situ* studie av antalet transporter på aktuell vägsträcka. Detta kan genomföras med hjälp av videokameror som filmar trafiken. Därefter kan filmen snabbspolas och antalet transporter skyltade med farligt gods räknas. Väg och transportforskningsinstitutet kan bistå med utrustning för denna typ av studie. En alternativ metod till videokameror är att genomföra trafikräkningen som t.ex. ett ALU-projekt.

14.2 Frekvensberäkningar

Väg och transportforskningsinstitutets modell för beräkning av frekvensen av farligtgodssolycka bör kompletteras med indexvärden för olika typer av korsningar.

Tydligare statistik över den totala olycksfrekvensen på väg ökar precisionen.

14.3 Riskberäkningar

Programvara för enkel beräkning av samhällsrisk bör utvecklas. Programvaran bör hantera befolkningsdata som tillhandahålls av SCB.

14.4 Övrigt

Nationell likriktning av sannolikheterna för hålorlekar, antändning, mm., i likhet med Holland, bör ske i syfte att underlätta riskberäkningar och möjliggöra tydligare jämförelse mellan olika riskanalyser.

15 Referenser

15.1 Litteratur

Banverket: *Grafisk tidtabell T03.1*, 2003

Boklund, Jan: *Säkerhetsrådgivarmaterial Stora Enso Kvarnsveden AB*,
Säkerhetsrådgivare Jan Boklund.

Boverket: *Bättre plats för arbete*, Allmänt råd 1995:5, Boverket 1995

Brandskyddshandboken, Rapport 3117, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2002

DNV: *Risikanalys vid etablering av ICA MAXI i Borlänge*, Komplettering, Rapport nr 50613085-2, 2002

Enwall, Per: *Farligt gods på vägnätet – Underlag för samhällsplanering*,
Räddningsverket, Risk och miljöavdelningen, Karlstad, 1998

Eriksson, Håkan - Könberg, Mats - Nilsson, Ann-Charlotte - Thissen, Maria - Winter, Stellan: *Risker i Västernorrlands län, Metodstudie med exempel för samhällsplaneringen*, FOA-R--95-0015304.5--SE, FOA 1995

Fischer, Stellan - Forsén, Rickard - Hertzberg, Ola - Jacobsson, Anders - Koch, Bo - Runn, Per - Thaning, Lennart - Winter, Stellan: *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor*, Användarrapport FOA-R-97-00490-990--SE, Utgåva 3, FOA 1998

Fredén, Sven: *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Rapport 2001:5, Miljösektionen, Banverket, 2001

Lamnevik, Stefan – Palme, Erik: *Antagandehandling*, DNR 785/92,
Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, 1998

Länsstyrelsen i Stockholms län: *Riskhänsyn vid ny bebyggelse*, Rapport 2000:01,
Räddnings och säkerhetsavdelningen

Nystedt, Fredrik: *Utredning av säkerhetsåtgärder i detaljplan*, Rapport 01379, ØSA, 2003

Purdy, Grant: *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail*,
Journal of hazardous materials No 33, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam 1993

Räddningsverket: *Värdering av risk*, SRV rapport P21-182/97 2002 års utgåva,
Räddningsverket, 1997, Karlstad

Räddningsverket, Risk och miljöavdelningen: *Flödet av farligt gods på järnväg*, SRV
rapport P21-212/97 1997 års utgåva, Räddningsverket, Karlstad, 1997

Räddningsverket, Risk och miljöavdelningen: *Farligt gods – Riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*, Räddningsverket, Karlstad, 1996

SFS 1982:821 *Lag om transport av farligt gods*

SFS 1986:1102 *Räddningstjänstlagen*

SFS 1987:10 *Plan och bygglagen*

SFS 1998:808 *Miljöbalken*

SRVFS 2000:1: *Statens räddningsverks föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng*

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg: *Samrådshandling*, DNR 785/92, 1998

SSAB tunnplåt AB Borlänge: *Säkerhetsrapport*, v1.3 2000-12-05

15.2 Internet

www.banverket.se : *Markanvändning i järnvägens närhet, Risk och säkerhetsfrågor*, http://www.banverket.se/templates/StandardTtH____5400.asp, 2003-07-21

www.palisade-europe.com/html/ptree.html, 2003-12-09

www.scb.se: *Tabell 1 Tätorternas landareal, folkmängd och invånare per km2 1995 och 2000*, <http://www.scb.se/statistik/mi0810/mi0810dia1.xls>, 2003-06-30

www.sika-institute.se: *Inrikes transporter med farligt gods 1996-1999*, http://www.sika-institute.se/statistik_fr.html, 2003-06-16

www.srv.se: *Trafikflödet under fjärde kvartalet 1998, Flödeskartor*, 2003-06-04

www.vv.se: *Årsmedeldygnstrafik från stickprov och helårsmätning, i form av tabeller, med hjälp av klickbar karta*, http://www.vv.se/vag_traf/traf_flode/index.htm, 2003-06-14

15.3 Muntliga

Forsén, Rickard, FOI: Telefonkontakt 2003-06-26

Lamnevik, Stefan: Telefonkontakt 2003-06-26

Lindberg, Erik, Banverket: Telefonkontakt 2003-08-11

Pettersson, Jan: Green Cargo: Telefonkontakt 2003-08-20

Westén, Lars, Banverket: E-post 2003-09-01

Bilagor

1. Frekvens och sannolikhetsberäkningar

1.1 Olycksfrekvenser på väg

Frekvensberäkningar av farligtgoodsolyckor har gjorts utifrån Väg och transportforskningsinstitutets rapportserie (Rapport nr 387:1-4).

Antalet fordon skyltade med farligt godsskylt i trafikolyckor/år beräknas med:

$$O((Y \cdot X) + (1 - Y)(2X - X^2))$$

För att skatta förväntat antal farligtgoodsolyckor över väglängden a multipliceras sedan resultatet med farligtgoodsindex (i).

Tabell 23 Frekvensberäkning för RV 50 mot Falun

RV 50 mot Falun				
Vägdal nr	RV 50 Grådarondellen- Islingby	RV 50 Grådarondellen- Islingby	RV 50 Islingby- Ornäs	RV 50 Islingby- Ornäs
Bebyggelsemiljö	Landsbygd	Landsbygd	Landsbygd	Landsbygd
Vägartyp	Flerfältsväg	Flerfältsväg	Motorväg	Motorväg
Hastighetsgräns	90	90	110	110
Längd, km (a)	1	1	1	1
ÅDT (b)	16140	16140	11196	11196
Trafikarbete (axbx365x10E-6=c)	5,8911	5,8911	4,08654	4,08654
Antal olyckor (O) Beräknat	2,35644	2,35644	1,0625004	1,0625004
Olyckskvot (O/c) Tabellvärde	0,4	0,4	0,26	0,26
Andel singelolyckor (Y)	0,35	0,35	0,5	0,6
FG index (Tabellvärde)(i)	0,22	0,22	0,42	0,42
	Min	Max	Min	Max
Antal fordon med FG/dygn	11	19	11	19
Andel fordon skyltade med FG skylt((antal/dygn)/b= X)	0,0007	0,0013	0,0011	0,0019
Antal fordon skyltade med FG skylt i olycka	0,002914	0,005032	0,001722	0,002775
Förväntat antal FG olyckor per vägsträcka med längden a	6,41E-04	1,11E-03	7,23E-04	1,17E-03
Förväntat antal år mellan olyckor med farligtgoodsfordon inblandade	1560	904	11383	858

Tabell 24 Frekvensberäkning för RV 50 mot Ludvika

RV 50 mot Ludvika						
Vägdcl nr	RV 50 Långsjön- Bältarbo	RV 50 Långsjön- Bältarbo	RV 50 Bältarbo- Hångsarvet	RV 50 Bältarbo- Hångsarvet	RV 50 Hångsarvet- Backa- rondellen	RV 50 Hångsarvet- Backa- rondellen
Bebyggelsemiljö	Landsbygd	Landsbygd	Landsbygd	Landsbygd	Stad	Stad
Vägdtyp	11-13m	11-13m	11-13m	11-13m	Trafikled	Trafikled
Hastighetsgräns	110	110	90	90	70	70
Längd, km (a)	1	1	1	1	1	1
ÅDT (b)	4280	4280	6290	6290	6290	6290
Trafikarbete ($axbx365x10E-6=c$)	1,5622	1,5622	2,29585	2,29585	2,29585	2,29585
Antal olyckor (O) Beräknat	0,46866	0,46866	0,8035475	0,8035475	1,83668	1,83668
Olyckskvot (O/c) Tabellvärde	0,3	0,3	0,35	0,35	0,8	0,8
Andel singelolyckor (Y)	0,5	0,5	0,45	0,45	0,25	0,25
FG index (Tabellvärde)(i)	0,34	0,34	0,28	0,28	0,11	0,11
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Antal fordon med FG/dygn	2	11	2	11	2	11
Andel fordon skyltade med FG skylt($(\text{antal/dygn})/b=X$)	0,0005	0,0028	0,0003	0,0019	0,0003	0,0019
Antal fordon skyltade med FG skylt i olycka	0,000361	0,001986	0,000436	0,002394	0,001124	0,006178
Förväntat antal FG olyckor per vägsträcka med längden a	1,23E-04	6,75E-04	1,22E-04	6,70E-04	1,24E-04	6,80E-04
Förväntat antal år mellan olyckor med farligtgodsfordon inblandade	8141	1482	8200	1492	8088	1472

Tabell 25 Frekvensberäkning för RV 70 mot Djurås

RV 70 mot Djurås				
Vägdcl nr	RV 70 Mellstarondellen- Amsberg	RV 70 Mellstarondellen- Amsberg	RV 70 Amsberg- Duvnäs	RV 70 Mellstarondellen- Amsberg
Bebyggelsemiljö	Landsbygd	Landsbygd	Landsbygd	Landsbygd
Vägdtyp	11-13m	11-13m	11-13m	11-13m
Hastighetsgräns	90	90	90	90
Längd, km (a)	1	1	1	1
ÅDT (b)	9090	9090	8790	8790
Trafikarbete ($a \times b \times 365 \times 10^{-6} = c$)	3,31785	3,31785	3,20835	3,20835
Antal olyckor (O) Beräknat	1,1612475	1,1612475	1,122923	1,122923
Olyckskvot (O/c) Tabellvärde	0,35	0,35	0,35	0,35
Andel singelolyckor (Y)	0,45	0,45	0,45	0,45
FG index (Tabellvärde)(i)	0,28	0,28	0,28	0,28
	Min	Max	Max	Max
Antal fordon med FG/dygn	2	11	2	11
Andel fordon skyltade med FG skylt($(\text{antal}/\text{dygn})/b = X$)	0,0002	0,0013	0,0003	0,0014
Antal fordon skyltade med FG skylt i olycka	0,000436	0,002395	0,000436	0,002395
Förväntat antal FG olyckor per vägsträcka med längden a	1,22E-04	6,71E-04	1,22E-04	6,71E-04
Förväntat antal år mellan olyckor med farligtgodsfordon inblandade	8200	1492	8200	1492

Tabell 26 Frekvensberäkning för RV 70 mot Säter

RV 70 mot Säter				
Vägdal nr	RV 70 Grådarondellen- Gyllerondellen	RV 70 Grådarondellen- Gyllerondellen	RV 70 Gyllerondellen- Naglarby	RV 70 Gyllerondellen- Naglarby
Bebyggelsemiljö	Stad	Stad	Landsbygd	Landsbygd
Väggtyp	Trafikled	Trafikled	11-13m	11-13m
Hastighetsgräns	70	70	90	90
Längd, km (a)	1	1	1	1
ÅDT (b)	12960	12960	13380	13380
Trafikarbete ($a \times b \times 365 \times 10^{-6} = c$)	4,7304	4,7304	4,8837	4,8837
Antal olyckor (O) Beräknat	3,78432	3,78432	1,709295	1,709295
Olyckskvot (O/c) Tabellvärde	0,8	0,8	0,35	0,35
Andel singelolyckor (Y)	0,25	0,25	0,45	0,45
FG index (Tabellvärde)(i)	0,11	0,11	0,28	0,28
	Min	Max	Min	Max
Antal fordon med FG/dygn	2	11	2	11
Andel fordon skyltade med FG skylt($(\text{antal/dygn})/b = X$)	0,0002	0,0009	0,0002	0,0009
Antal fordon skyltade med FG skylt i olycka	0,001124	0,006181	0,000436	0,002395
Förväntat antal farligtgoods olyckor per vägsträcka med längden a	1,24E-04	6,80E-04	1,22E-04	6,71E-04
Förväntat antal år mellan farligtgoodsolyckor	8088	1471	8199	1492

Tabell 27 Frekvensberäkning för RV 70 genom tätorten

RV 70 Åkrerondellen till Mellstarondellen				
Vägdcl nr	RV 70 Åkrerondellen- Backarondellen	RV 70 Backarondellen- Framtidsrondellen	RV 70 Framtidsrondellen- Tjärnarondellen	RV 70 Tjärnarondellen- Mellstarondellen
Bebyggelsemiljö	Tätort	Tätort	Tätort	Tätort
Vägryp	Trafikled	Trafikled	Trafikled	Trafikled
Hastighetsgräns	70	50	70	70
Längd, km (a)	1	1	1	1
ÅDT (b)	17430	16620	14060	13280
Trafikarbete ($a \times b \times 365 \times 10^6 = c$)	6,36195	6,0663	5,1319	4,8472
Antal olyckor (O) Beräknat	5,08956	9,09945	4,10552	3,87776
Olyckskvot (O/c) Tabellvärde	0,8	1,5	0,8	0,8
Andel singelolyckor (Y)	0,25	0,1	0,25	0,25
FG index (Tabellvärde)(i)	0,11	0,02	0,11	0,11
Antal fordon med FG/dygn	11	11	11	11
Andel fordon skyltade med FG skylt((antal/dygn)/b= X)	0,07%	0,07%	0,09%	0,09%
Antal fordon skyltade med FG skylt i olycka	0,006181	0,012583	0,006181	0,006181
Förväntat antal farligtgoods olyckor per vägsträcka med längden a	6,80E-04	2,52E-04	6,80E-04	6,80E-04
Förväntat antal år mellan farligtgoodsolyckor	1471	3974	1471	1471

Tabell 28 Sammanställning över flöden och beräknade olycksfrekvenser för studerade vägsträckor

Valda frekvenser för farligtgodsolucka			
	Flöde av FG ton/år	Förväntat antal farligtgodsoluckor/år	Förväntat antal år mellan olyckor
RV 50 mot Ludvika	40 000	$6,80 \cdot 10^{-4}$	1472
RV 50 mot Falun	80 000	$1,17 \cdot 10^{-3}$	804
RV 70 mot Djurås	40 000	$7,66 \cdot 10^{-4}$	1305
RV 70 mot Säter	40 000	$6,80 \cdot 10^{-4}$	1472
RV 50/70 Åkrerrondellen-Backarondellen	40 000	$6,80 \cdot 10^{-4}$	1471
RV 50/70 Backarondellen-Framtidsrondellen	40 000	$2,52 \cdot 10^{-4}$	3974
RV 70 Framtidsrondellen-Tjärnarondellen	40 000	$6,80 \cdot 10^{-4}$	1471
RV 70 Tjärnarondellen- Mellstarondellen	40 000	$6,80 \cdot 10^{-4}$	1471

1.2 Olycksfrekvenser på järnväg

Skattning av urspårningsfrekvensen för järnväg har gjorts enligt Banverkets rapport 2001:5 (Fredén 2001).

Indata

Tabell 29 Indata frekvensberäkning järnväg

	Mot Falun	Mot Ludvika	Mot Mora	Mot Avesta/Krylbo
Längd inom Borlänge (km)	11,7	21,35	12,8	9,1
Spårklass	B	A	A	A
Antal växlar	2	2	3	2
Antal plankorsningar Med bommar	6	5	5	3
Antal plankorsningar Med ljus och ljud	1	-	-	-
Antal plankorsningar Utan skydd	6	5	8	2
Antal godståg/år	~6 300	~6 600	~4 600	~3 700
Antal Fagovagnar/år	460	2440	380	4100
Andel Fagovagnar med 2 axlar (%)	4,3	3,9	0,0	0,1
Andel Fagovagnar med 4 axlar (%)	95,7	96,1	100	99,9
Vagnaxelkm fagovagnar	21 065	204 312	19 456	149 165
Tågkm	73 710	140 910	58 880	33 670

Förväntade antalet urspårningar F beskrivs som en funktion av verksamhetens art W och felintensiteten ξ enligt:

$$F(\text{urspårning}) = W \cdot \xi$$

Tabell 30 Frekvensberäkning för järnväg mot Falun

Mot Falun					
Olyckstyp	Exponeringsvariabel (<i>W</i>)	Värde	Parameter/ Egenskap	Intensitets- faktor (ξ)	Frekvens/år
Rälsbrott	Antal vagnaxelkm godståg	21065	Spårklass B	1,00E-10	2,11E-06
Solkurva	Antal spårkm	11,7	Spårklass B	2,00E-04	2,34E-03
Spårlägesfel	Vagnaxelkm vagn	463	2-axlig vagn	9,00E-10	4,17E-07
Spårlägesfel	Vagnaxelkm vagn	20602	Boggievagn	1,50E-10	3,09E-06
Växel sliten, trasig	Antal tågpassager genom växel	12600	Tågspår	5,00E-09	6,30E-05
Vagnfel	Vagnaxelkm	21065	Godståg	3,10E-09	6,53E-05
Lastförskjutning	Vagnaxelkm gt, annat	21065	(slag av last)	4,00E-10	8,43E-06
Annan orsak	Tågkm	73710		5,70E-08	4,20E-03
Okänd orsak	Tågkm	73710		1,40E-07	1,03E-02
Kollision	Antal	37800	Bommar	5,00E-08	1,89E-03
Kollision	Antal	6300	Ljud och ljus	1,50E-07	9,45E-04
Kollision	Antal	37800	Intet	2,00E-08	7,56E-04
Totalt					2,06E-02
Över 1km					1,76E-03
Förväntat antal år mellan urspårningar					568

Tabell 31 Frekvensberäkning för järnväg mot Ludvika

Mot Ludvika					
Olyckstyp	Exponeringsvariabel (<i>W</i>)	Värde	Parameter/ Egenskap	Intensitets- faktor (ξ)	Frekvens/år
Rälsbrott	Antal vagnaxelkm godståg	204312	Spårklass A	5,00E-11	1,02E-05
Solkurva	Antal spårkm	21,35	Spårklass A	1,00E-05	2,14E-04
Spårlägesfel	Vagnaxelkm vagn	4063	2-axlig vagn	9,00E-10	3,66E-06
Spårlägesfel	Vagnaxelkm vagn	143988	Boggievagn	1,50E-10	2,16E-05
Växel sliten, trasig	Antal tågpassager genom växel	13200	Tågspår	5,00E-09	6,60E-05
Vagnfel	Vagnaxelkm	204312	Godståg	3,10E-09	6,33E-04
Lastförskjutning	Vagnaxelkm gt, annat	204312	(slag av last)	4,00E-10	8,17E-05
Annan orsak	Tågkm	140910		5,70E-08	8,03E-03
Okänd orsak	Tågkm	140910		1,40E-07	1,97E-02
Kollision		33000	Bommar	5,00E-08	1,65E-03
Kollision		33000	Intet	2,00E-08	6,60E-04
Totalt					3,11E-02
Över 1km					1,46E-03
Förväntat antal år mellan urspårningar					687

Tabell 32 Frekvensberäkning för järnväg mot Mora

Mot Mora					
	Exponeringsvariabel (<i>W</i>)	Värde	Parameter/ Egenskap	Intensitets- faktor (ξ)	Frekvens/år
Rälsbrott	Antal vagnaxelkm godståg	19456	Spårklass A	5,00E-11	9,73E-07
Solkurva	Antal spårkm	12,8	Spårklass A	1,00E-05	1,28E-04
Spårlägesfel	Vagnaxelkm vagn	19456	Boggievagn	1,50E-10	2,92E-06
Växel sliten, trasig	Antal tågpassager genom växel	13800	Tågspår	5,00E-09	6,90E-05
Vagnfel	Vagnaxelkm	19456	Godståg	3,10E-09	6,03E-05
Lastförskjutning	Vagnaxelkm gt, annat	19456	(slag av last)	4,00E-10	7,78E-06
Annan orsak	Tågkm	58880		5,70E-08	3,36E-03
Okänd orsak	Tågkm	58880		1,40E-07	8,24E-03
Kollision		23000	Bommar	5,00E-08	1,15E-03
Kollision		36800	Intet	2,00E-08	7,36E-04
Totalt					1,38E-02
Över 1km					1,07E-03
Förväntat antal år mellan urspårningar					931

Tabell 33 Frekvensberäkning för järnväg mot Avesta/Krylbo

Mot Avesta/Krylbo					
	Exponeringsvariabel (<i>W</i>)	Värde	Parameter/ Egenskap	Intensitets- faktor (ξ)	Frekvens/år
Rälsbrott	Antal vagnaxelkm godståg	149165	Spårklass A	5,00E-11	7,46E-06
Solkurva	Antal spårkm	9,1	Spårklass A	1,00E-05	9,10E-05
Spårlägesfel	Vagnaxelkm vagn	75	2-axlig vagn	9,00E-10	6,75E-08
Spårlägesfel	Vagnaxelkm vagn	149091	Boggievagn	1,50E-10	2,24E-05
Växel sliten, trasig	Antal tågpassager genom växel	11100	Tågspår	5,00E-09	5,55E-05
Vagnfel	Vagnaxelkm	149165	Godståg	3,10E-09	4,62E-04
Lastförskjutning	Vagnaxelkm gt, annat	149165	(slag av last)	4,00E-10	5,97E-05
Annan orsak	Tågkm	33670		5,70E-08	1,92E-03
Okänd orsak	Tågkm	33670		1,40E-07	4,71E-03
Kollision		11100	Bommar	5,00E-08	5,55E-04
Kollision		7400	Intet	2,00E-08	1,48E-04
Totalt					8,03E-03
Över 1km					8,83E-04
Förväntat antal år mellan urspårningar					1133

Tabell 34 Urspårningsfrekvens järnväg

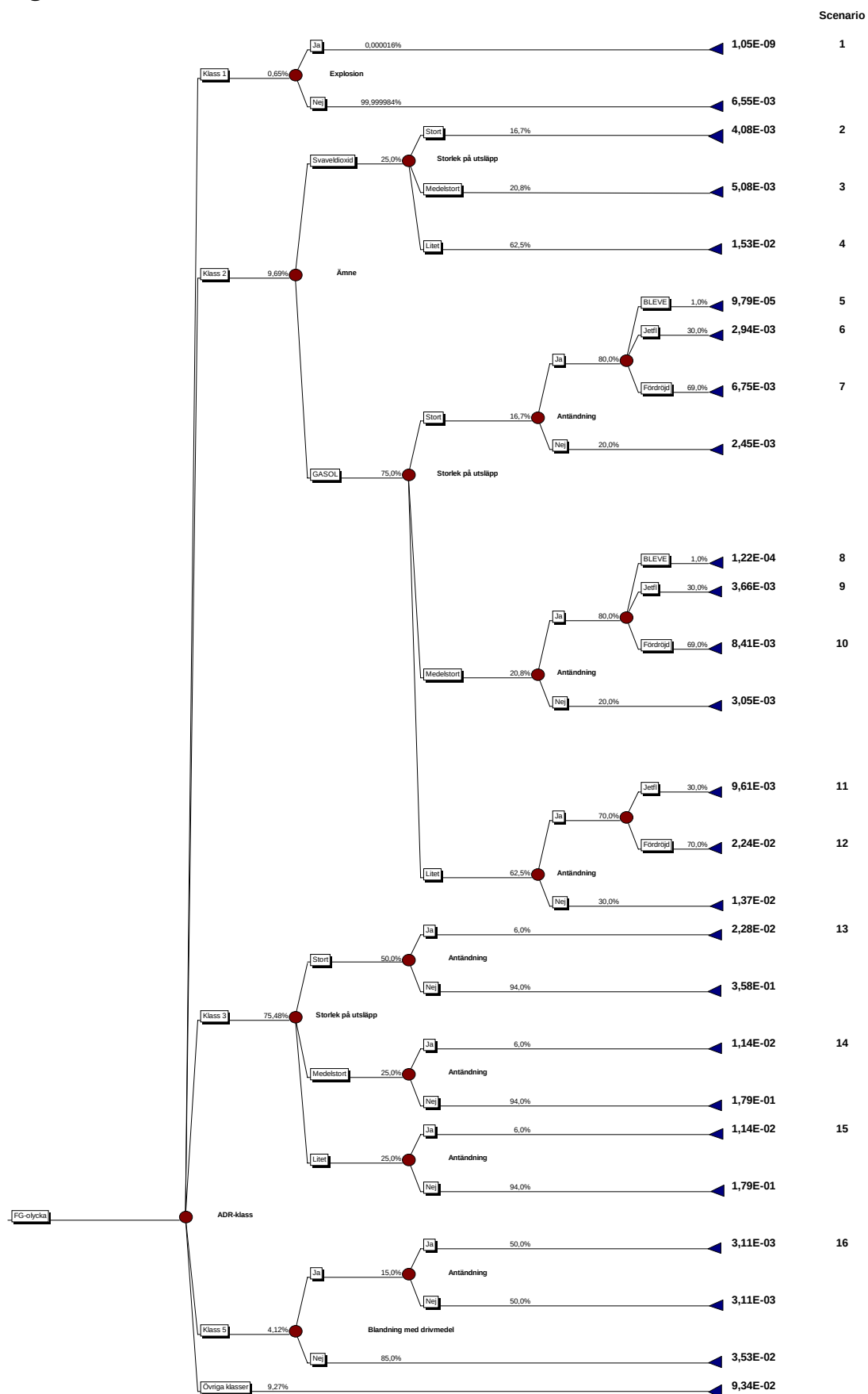
Valda frekvenser för urspårning med tåg		
	Förväntat antal urspårningar/år	Förväntat antal år mellan urspårningar
mot Falun	$1,76 \cdot 10^{-3}$	568
mot Ludvika	$1,46 \cdot 10^{-3}$	687
mot Mora	$1,07 \cdot 10^{-3}$	931
mot Avesta/Krylbo	$8,83 \cdot 10^{-4}$	1133

1.3 Händelseträdsanalys

Tänkbara scenarier vid en farligtgoodsolycka har identifierats med hjälp av ett sk händelseträd konstruerat i programvaran precision tree och redovisas i figur 23-27 nedan.

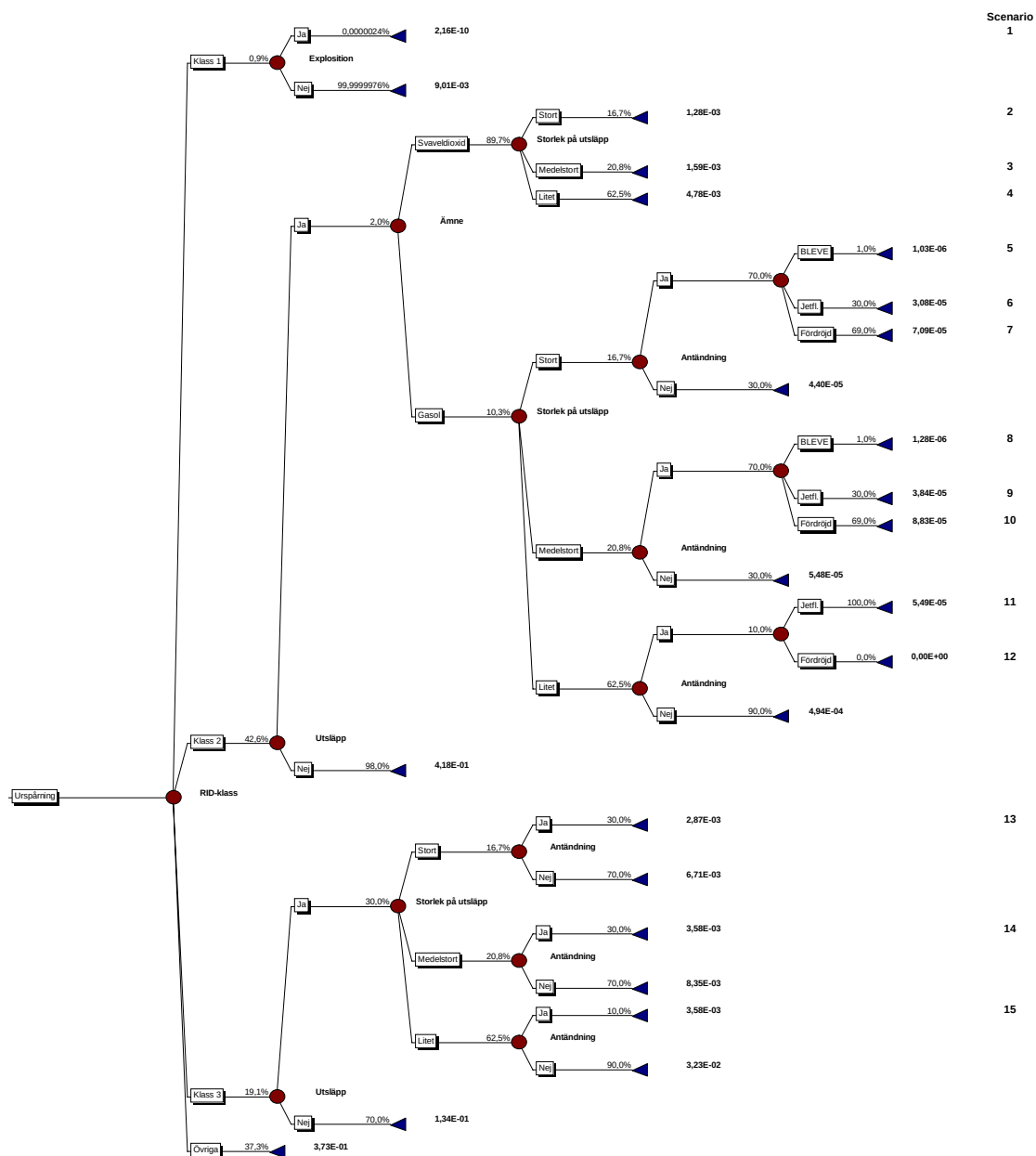
Endast de scenarier som får konsekvenser för människor har beaktats i beräkningarna.

Väg

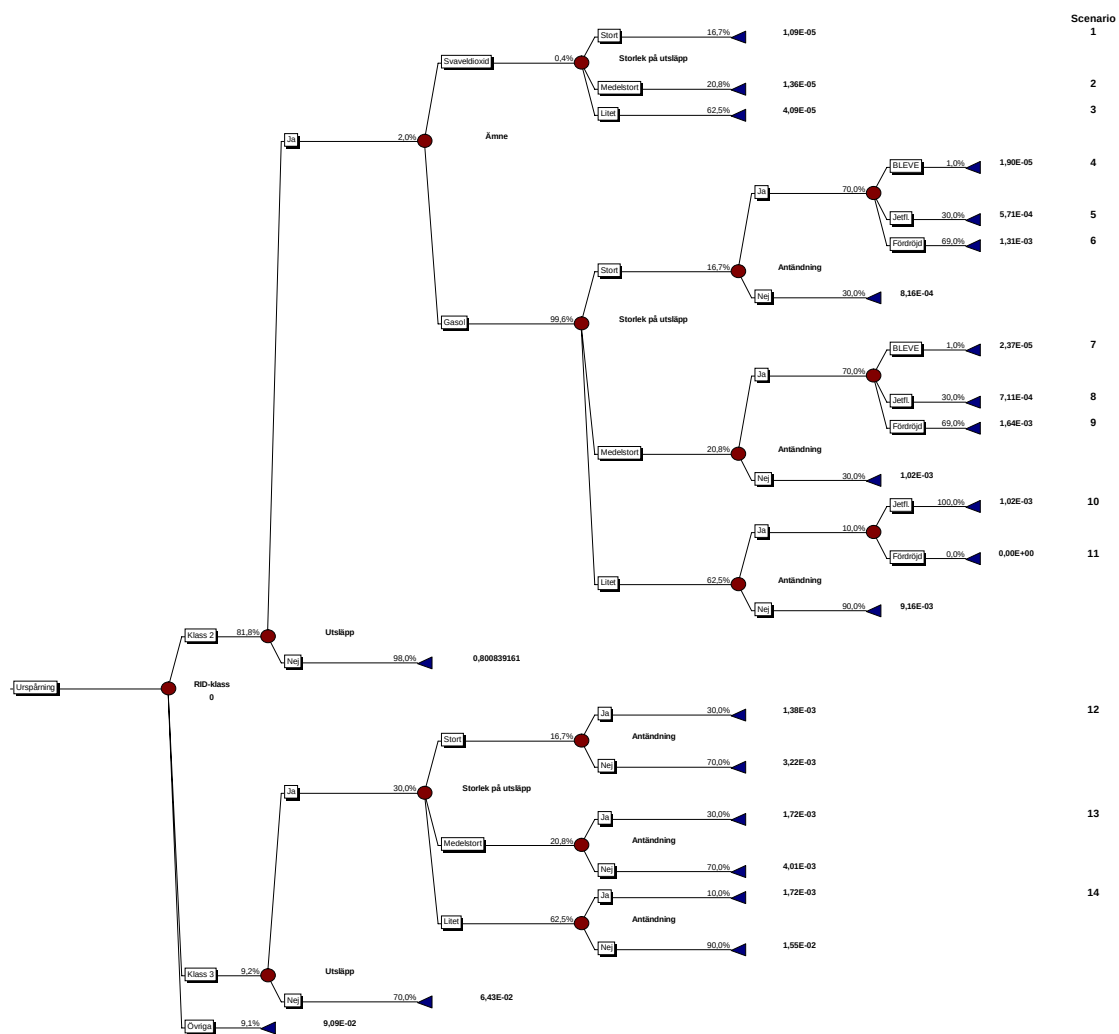


Figur 23 Identifierade scenarier vid vägtransport

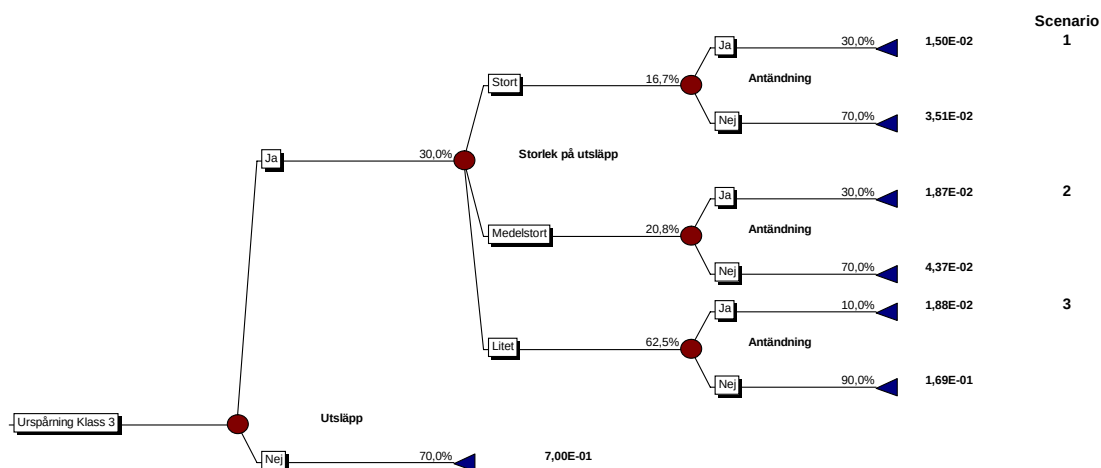
Järnväg



Figur 24 Scenarier jvg mot Falun

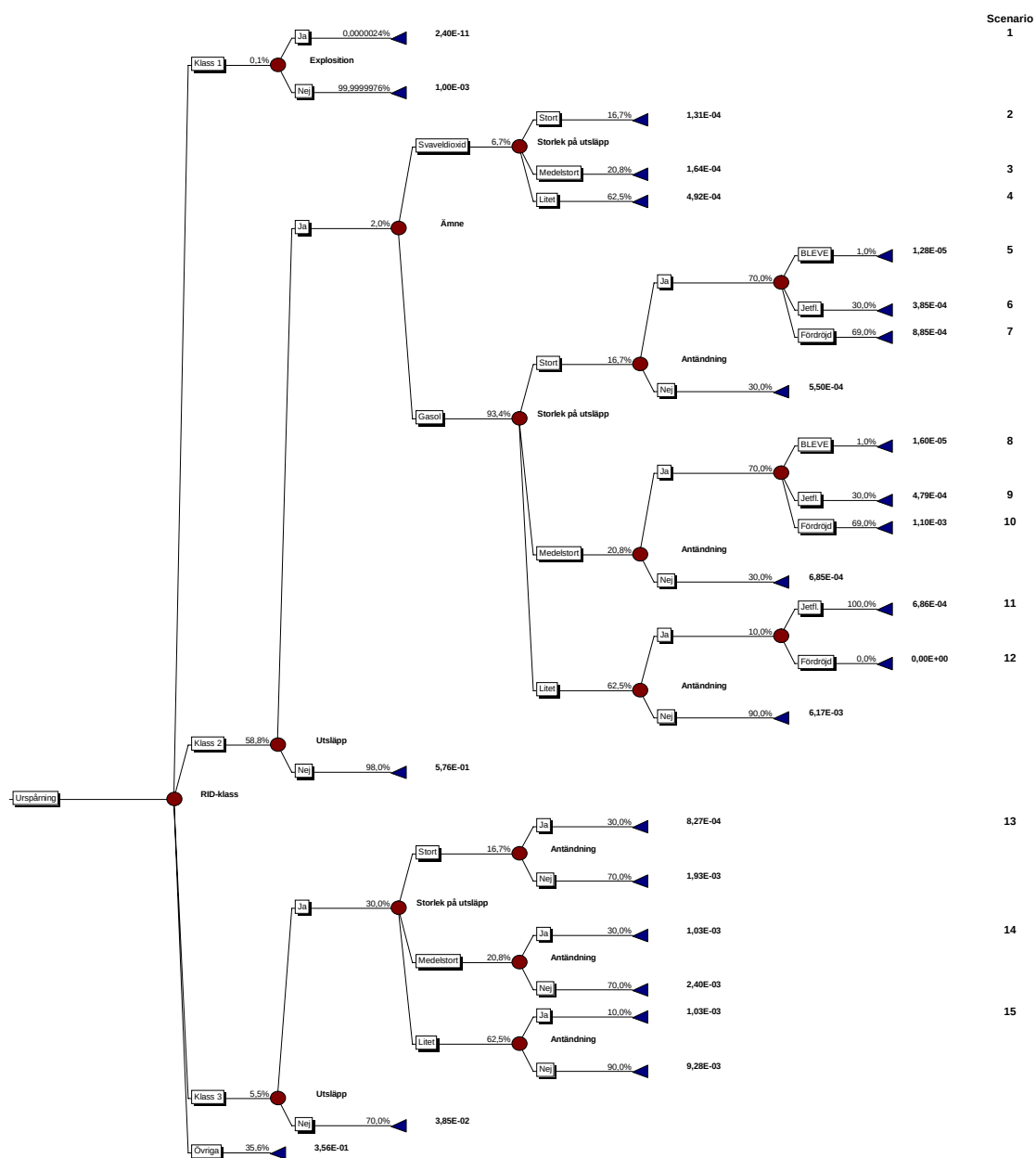


Figur 25 Scenarier jvg mot Ludvika



Figur 26 Scenarier jvg mot Mora

Risikanalyt av farligtgodstransporter i Borlänge kommun



Figur 27 Scenarier jvg mot Avesta/Krylbo

Frekvensen av de identifierade scenarierna beräknas sedan genom:

Vid vägtransport

$$f = P(\text{scenario}) \cdot F(\text{fgolycka}) (\text{år}^{-1})$$

För de scenarier där vindens riktning inverkar på spridningen har antagits att sannolikheten är lika stor att det blåser i alla riktningar och därmed reducerats med 0,25 vilken anger att sannolikheten är 0,25 att det blåser i en viss riktning.

RV 50 mot Falun				
Scenario	P(scenario)	F(fgolycka)	p(vind)	f
1	1,05E-09	1,17E-03		1,22E-12
2	4,08E-03	1,17E-03		4,75E-06
3	5,08E-03	1,17E-03		5,92E-06
4	1,53E-02	1,17E-03		1,78E-05
5	9,79E-05	1,17E-03		1,14E-07
6	2,94E-03	1,17E-03		3,42E-06
7	6,75E-03	1,17E-03	0,25	1,97E-06
8	1,22E-04	1,17E-03		1,42E-07
9	3,66E-03	1,17E-03		4,26E-06
10	8,41E-03	1,17E-03	0,25	2,45E-06
11	9,61E-03	1,17E-03		1,12E-05
12	2,24E-02	1,17E-03	0,25	6,54E-06
13	2,28E-02	1,17E-03		2,66E-05
14	1,14E-02	1,17E-03		1,33E-05
15	1,14E-02	1,17E-03		1,33E-05
16	3,11E-03	1,17E-03		3,63E-06

RV 50 mot Ludvika				
Scenario	P(scenario)	F(fgolycka)	p(vind)	f
1	1,05E-09	6,80E-04		7,12E-13
2	4,08E-03	6,80E-04		2,77E-06
3	5,08E-03	6,80E-04		3,45E-06
4	1,53E-02	6,80E-04		1,04E-05
5	9,79E-05	6,80E-04		6,65E-08
6	2,94E-03	6,80E-04		2,00E-06
7	6,75E-03	6,80E-04	0,25	1,15E-06
8	1,22E-04	6,80E-04		8,28E-08
9	3,66E-03	6,80E-04		2,49E-06
10	8,41E-03	6,80E-04	0,25	1,43E-06
11	9,61E-03	6,80E-04		6,53E-06
12	2,24E-02	6,80E-04	0,25	3,81E-06
13	2,28E-02	6,80E-04		1,55E-05
14	1,14E-02	6,80E-04		7,76E-06
15	1,14E-02	6,80E-04		7,76E-06
16	3,11E-03	6,80E-04		2,12E-06

RV 70 mot Djurås				
Scenario	P(scenario)	F(fgolycka)	p(vind)	f
1	1,05E-09	6,71E-04		7,03E-13
2	4,08E-03	6,71E-04		2,73E-06
3	5,08E-03	6,71E-04		3,41E-06
4	1,53E-02	6,71E-04		1,02E-05
5	9,79E-05	6,71E-04		6,56E-08
6	2,94E-03	6,71E-04		1,97E-06
7	6,75E-03	6,71E-04	0,25	1,13E-06
8	1,22E-04	6,71E-04		8,17E-08
9	3,66E-03	6,71E-04		2,45E-06
10	8,41E-03	6,71E-04	0,25	1,41E-06
11	9,61E-03	6,71E-04		6,45E-06
12	2,24E-02	6,71E-04	0,25	3,76E-06
13	2,28E-02	6,71E-04		1,53E-05
14	1,14E-02	6,71E-04		7,65E-06
15	1,14E-02	6,71E-04		7,65E-06
16	3,11E-03	6,71E-04		2,09E-06

RV 70 mot Säter				
Scenario	P(scenario)	F(fgolycka)	p(vind)	f
1	1,05E-09	6,80E-04		7,13E-13
2	4,08E-03	6,80E-04		2,77E-06
3	5,08E-03	6,80E-04		3,45E-06
4	1,53E-02	6,80E-04		1,04E-05
5	9,79E-05	6,80E-04		6,65E-08
6	2,94E-03	6,80E-04		2,00E-06
7	6,75E-03	6,80E-04	0,25	1,15E-06
8	1,22E-04	6,80E-04		8,29E-08
9	3,66E-03	6,80E-04		2,49E-06
10	8,41E-03	6,80E-04	0,25	1,43E-06
11	9,61E-03	6,80E-04		6,54E-06
12	2,24E-02	6,80E-04	0,25	3,81E-06
13	2,28E-02	6,80E-04		1,55E-05
14	1,14E-02	6,80E-04		7,76E-06
15	1,14E-02	6,80E-04		7,76E-06
16	3,11E-03	6,80E-04		2,12E-06

Vid j€rnv€gstransport

$$f = P(\text{scenario}) \cdot F(\text{ursp€rning}) (\text{€r}^{-1})$$

F€r de scenarier d€r vindens riktning inverkar p€ spridningen har antagits att sannolikheten €r lika stor att det bl€ser i alla riktningar.

Mot Falun				
Scenario	P(scenario)	F(ursp€rning)	p(vind)	f
1	2,16E-10	1,76E-03		3,81E-13
2	1,28E-03	1,76E-03		2,25E-06
3	1,59E-03	1,76E-03		2,80E-06
4	4,78E-03	1,76E-03		8,42E-06
5	1,03E-06	1,76E-03		1,81E-09
6	3,08E-05	1,76E-03		5,42E-08
7	7,09E-05	1,76E-03	0,25	3,12E-08
8	1,28E-06	1,76E-03		2,25E-09
9	3,84E-05	1,76E-03		6,75E-08
10	8,83E-05	1,76E-03	0,25	3,88E-08
11	5,49E-05	1,76E-03		9,66E-08
12	0,00E+00	1,76E-03	0,25	0,00E+00
13	2,87E-03	1,76E-03		5,06E-06
14	3,58E-03	1,76E-03		6,30E-06
15	3,58E-03	1,76E-03		6,31E-06

Mot Ludvika				
Scenario	P(scenario)	F(ursp€rning)	p(vind)	f
1	1,09E-05	1,46E-03		1,59E-08
2	1,36E-05	1,46E-03		1,99E-08
3	4,09E-05	1,46E-03		5,97E-08
4	1,90E-05	1,46E-03		2,78E-08
5	5,71E-04	1,46E-03		8,33E-07
6	1,31E-03	1,46E-03	0,25	4,79E-07
7	2,37E-05	1,46E-03		3,46E-08
8	7,11E-04	1,46E-03		1,04E-06
9	1,64E-03	1,46E-03	0,25	5,97E-07
10	1,02E-03	1,46E-03		1,49E-06
11	0,00E+00	1,46E-03	0,25	0,00E+00
12	1,38E-03	1,46E-03		2,02E-06
13	1,72E-03	1,46E-03		2,51E-06
14	1,72E-03	1,46E-03		2,52E-06

Mot Mora			
Scenario	P(scenario)	F(ursp€rning)	f
1	1,50E-02	1,07E-03	1,61E-05
2	1,87E-02	1,07E-03	2,00E-05
3	1,88E-02	1,07E-03	2,01E-05

Mot Avesta/Krylbo				
Scenario	P(scenario)	F(urspärning)	p(vind)	f
1	2,40E-11	8,83E-04		2,12E-14
2	1,31E-04	8,83E-04		1,16E-07
3	1,64E-04	8,83E-04		1,45E-07
4	4,92E-04	8,83E-04		4,34E-07
5	1,28E-05	8,83E-04		1,13E-08
6	3,85E-04	8,83E-04		3,40E-07
7	8,85E-04	8,83E-04	0,25	1,95E-07
8	1,60E-05	8,83E-04		1,41E-08
9	4,79E-04	8,83E-04		4,23E-07
10	1,10E-03	8,83E-04	0,25	2,43E-07
11	6,86E-04	8,83E-04		6,06E-07
12	0,00E+00	8,83E-04	0,25	0,00E+00
13	8,27E-04	8,83E-04		7,30E-07
14	1,03E-03	8,83E-04		9,09E-07
15	1,03E-03	8,83E-04		9,11E-07

2. Konsekvensberäkningar

För beräkning av konsekvenser av olyckor med utsläpp av farligt ämne har ett antal tänkta scenarier tagits fram genom händelseträdsanalys. Var och ett av scenarierna resulterar i olika skadeutfall.

2.2 Ämnen tillhörande klass 2

Gasol

Skadekriterier: Avstånd till 3:e gradens brännskador. Innanför detta avstånd antas 100% död utomhus.

Tabell 35 Sammanställning över beräknade riskavstånd från utsläpp nära vätskeytan

	Hålärea (cm ²)	Jetflamman längd (m)	Riskavstånd 3:e gradens brännskador i jetriktingen (m) från flamma	Riskavstånd 3:e gradens brännskador i jetriktingen (m) vid flamförbränning	Riskavstånd 3:e gradens brännskador (m) vid BLEVE
Stort utsläpp	50,3	57,5	74,5	459	130/198*
Medelstort utsläpp	11,3	27,3	35,3	227,6	130/198*
Litet utsläpp	0,2	3,6	5,6	3,5	Bedöms ej aktuellt

Tabell 36 Sammanställning av riskavstånd vid utsläpp från hål i vätskefas

	Hålärea (cm ²)	Gasmolnsexplosion		Flamförbränning
		Molnets storlek (l·b) (m)	Avstånd till nästan helt förstörda hus (m)	Riskavstånd 3:e gradens brännskador i jetriktingen (m)
Stort utsläpp	50,3	228·297	36	784,5
Medelstort utsläpp	11,3	139,5·162,0	23	421
Litet utsläpp	0,2	32,0·33,7	-	83,6

Svaveldioxid

LC₅₀-värde för SO₂ har beräknats ur probitfunktionen enligt nedanstående formel där probitvärdet för 50% död är 0,0:

$$Pr = \alpha + \beta_2 \ln(C^n t)$$

Tabell 37 Använda konstanter för beräkning av probitvärde

Konstanter och variabler för död				
	t	α	β	n
Stort utsläpp	7	-25,4	0,75	4
Medelstort utsläpp	15	-25,4	0,75	4
Litet utsläpp	15	-25,4	0,75	4
Konstanter och variabler för allvarliga skador med risk för bestående men				
	t	α	β	n
Stort utsläpp	15	-21,2	0,75	4
Medelstort utsläpp	15	-21,2	0,75	4
Litet utsläpp	15	-21,2	0,75	4

Genom att lösa ut C ur ovanstående formel ges LC₅₀-värdet i mg/m³. Avståndet till LC₅₀ beräknas sedan med hjälp av Bfk.

Dominerande vindhastigheter i Borlänge ligger mellan 2,4-5,5 m/s varför riskavstånd vid hastigheten 2,5 m/s väljs för beräkningarna.

Indata Bfk

Utsläppshöjd: 1m ovan markytan

Inläckning i byggnad: Ventilationsintag 5,0m ovan markytan

Omgivning: Bebyggt

Väder: 10.0°C och 2,5m/s i vindstyrka

Stabilitetsklass D och 60w/m² solinstrålning

Åtgärder: Inga

Beräkningar: Koncentrationen beräknas för höjden 1,5m

Den yttre beräkningsgränsen går vid 1000m

Utströmning av tryckkondenserad gas i vätskefas.

Ingen pöl bildas

Tabell 38 Beräknade riskavstånd vid utsläpp av giftig gas

	Hållarea (cm ²)	C (mg/m ³) Död	C (mg/m ³) allv.skador	XLC ₅₀ (m) död	XLC ₅₀ (m) allv. skador	U (m/s)
Stort utsläpp	50,3	2826/2415	720	275/231	500/453	5,5
				346/393	715/721	2,5
				460/600	760/1080	1,5
Medelstort utsläpp	11,3	2415	569	57	125	5,5
				85	183	2,5
				120	248	1,5
				240	300	0,5
Litet utsläpp	0,2	2415	596	10	27	5,5
				15	41	2,5
				23	53	1,5
				50	115	0,5

Skadeutfallsberäkningarna behandlas diskret genom antagandet att innanför LC₅₀-värdet sker 100% dödsfall utomhus. Lamnevik och Palme (1998) anger att inomhus omkommer 5% av befolkningen. Även detta har hanterats diskret.

2.3 Ämnen tillhörande klass 3

Utsläpp av ämnen tillhörande klass 3 som antänds resulterar i en pölbrand med strålning mot omgivningen. Strålningen vid olika utsläppsmängder beror bl.a. på flammhöjden hos den brinnande vätskan.

Flammhöjden beräknas med följande formel:

$$h_f = d_p \cdot 42 \left[\frac{b'}{\rho \sqrt{g \cdot d_p}} \right]^{0,61}$$

Förutsatt att vindens inverkan försummas och att $0,8 < \frac{h_f}{d_f} < 4$. Där

b' = förbränningshastigheten per ytenhet ($0,048 \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) Bensin

ρ = luftens densitet ($1,29 \text{ kg m}^{-3}$)

g = tyngdaccelerationen ($9,81 \text{ m s}^{-2}$)

Strålningen per ytenhet flamma ges av

$$P = \frac{0,35 \cdot b' \cdot h_c}{1 + 4 \frac{h_f}{d_f}} \text{ (W/m}^2\text{)}$$

där

h_c = energivärde ($44,7 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1}$) Bensin

d_f = flammans diameter som antas vara lika med pöldiametern.

Skadekriterium för 2:a gradens brännskador i det fria och på bar hud är $t \cdot q^{4/3} = 3 \cdot 10^5$, där q = strålningsnivå (W/m^2) och t är tiden i s. Detta skadekriterium bygger på ett amerikanskt humanförsök med kärnvapen (Lamnevik, 2003). Innanför radien för 2:a gradens brännskador förekommer även högre skadenivåer såsom död och 3:e gradens brännskador.

Tiden för utsatta människor att sätta sig i säkerhet antas uppgå till 10 s vilket ger att riskradien för 2:a gradens brännskador begränsas av strålningsnivå $2,3 \text{ kW/m}^2$. Som jämförelse kan nämnas att den infallande strålningen vid stark sol vid ekvatorn ger ca 1 kW/m^2 och en solig dag i Sverige ger ca $0,7 \text{ kW/m}^2$. Vid utrymning anges gränsvärde till 10 kW/m^2 kortvarig strålning.

Lämpligt skadekriterium för död till följd av värmestrålning sätts till 25 kW/m^2 (Forsén, 2003-06-26).

Som jämförelse sker spontan antändning av trä vid ca 29 kW/m^2 (Brandskyddshandboken 2002).

För att beräkna riskavståndet löses F_{12} ut ur formel 11:3 (FOA 1998)

$$P_{12} = P_1 \cdot \tau_a \cdot F_{12}$$

där

$F_{12} = F_{\max}$ (Vinkelkoefficienten mellan källa och mottagare)

P_{12} = Strålningen från källan till mottagaren

P_1 = Är strålningen från källan

τ_a = transmissionsförmågan i luft

Därefter avläses avståndet x ur figur 11.4 (FOA 1998) efter beräkning av h/r.

Tabell 39 Sammanställning av indata för beräkning av strålning från pölbrand

Utsläpp	Pöldiameter (m)	Flamhöjd (m)	Strålning per ytenhet (kW/m ²)	$P_{12} = 2,3 \text{ kW/m}^2$			$P_{12} = 25 \text{ kW/m}^2$		
				h/r	τ	$F_{\max}$	h/r	τ	$F_{\max}$
Stort	20	22,6	136	2,3	0,8	0,02	2,3	0,8	0,23
Medelstort	10	13,9	114	2,8	0,8	0,025	2,8	0,8	0,27
Litet	5	8,6	95	3,4	0,8	0,03	3,4	0,8	0,33

Tabell 40 Beräknade riskavstånd från pölbrand

Utsläpp	Avstånd till 2: a gradens brännskador (m)	Avstånd till 25 kW/m ² (m)
Stort	90	23
Medelstort	40	10,5
Litet	22,5	5

Inom riskradien för 2:a gradens brännskador antas 50 % av befolkningen drabbas av 2:a gradiga skador. Av denna andel dör 15 % (Fischer m fl 1998).

3. Beräkning av individrisk

Individrisken beräknas med

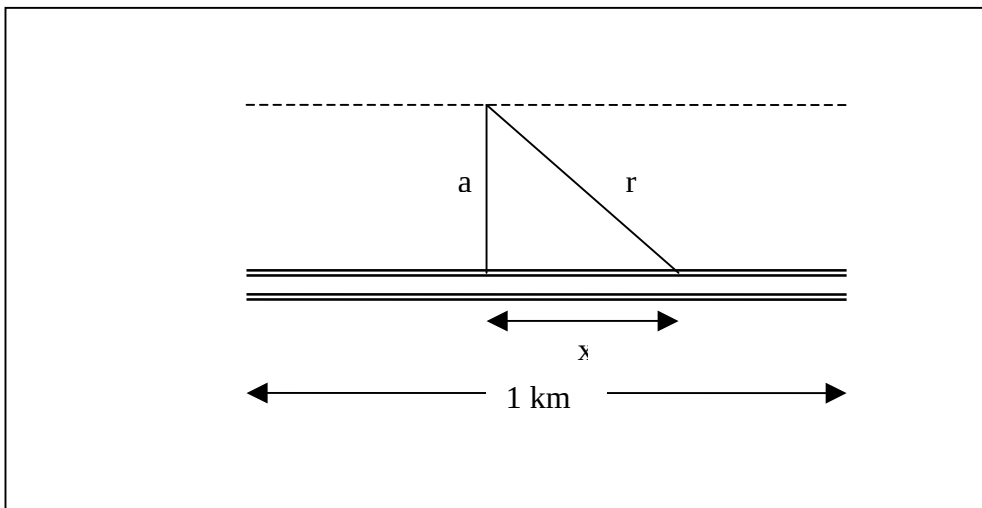
$$IR = f \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{r^2 - a^2}}{1000} \cdot \frac{15}{360}$$

där f är frekvensen för resp. scenario, r är riskavståndet och a är avståndet från utsläppskällan. Kvoten $\frac{15}{360}$ kompenserar för att spridningen sker i en riktning.

$2 \cdot \sqrt{r^2 - a^2}$ anger den sträcka över vilken en olycka kan inträffa för att påverka ett avstånd a från utsläppskällan.

För explosion, pölbrand och BLEVE sker påverkan i samtliga riktningar och därför ges individrisken av

$$IR = f \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{r^2 - a^2}}{1000}$$



Grundfrekvensen, f , gäller för en kilometer transportled. En individ som befinner sig på ett avstånd, a från väggkanten kommer inte att påverkas av ett utsläpp längs hela denna kilometer. $2 \cdot \sqrt{r^2 - a^2}$ anger den sträcka som påverkar en individ på avståndet a från transportleden.

Beräkningar av individrisken genomförs endast för de scenarier som får konsekvenser för människoliv.

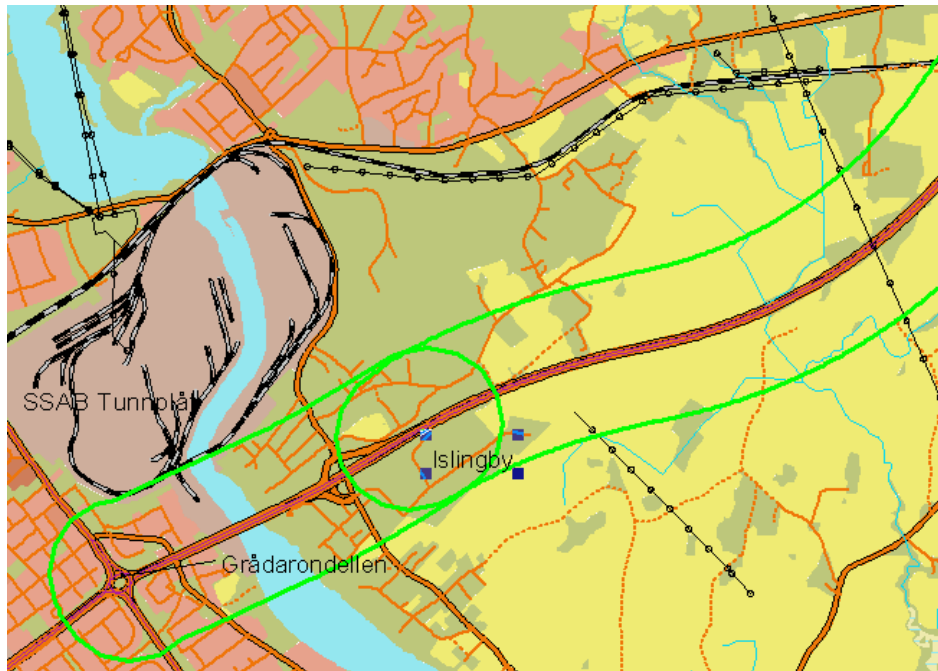
Väg

RV 50 mot Falun						
Scenario	f	α	r		a	IR
1	1,22E-12	360	60		0	2,50E-06
2	4,75E-06	15	346		10	1,96E-06
3	5,92E-06	15	85		20	1,42E-06
4	1,78E-05	15	15		30	7,81E-07
5	1,14E-07	360	130		40	7,21E-07
6	3,42E-06	15	74		50	6,26E-07
7	1,97E-06	15	460		60	3,70E-07
8	1,42E-07	360	130		70	3,52E-07
9	4,26E-06	15	35		80	3,36E-07
10	2,45E-06	15	228		90	3,13E-07
11	1,12E-05	15	6		100	3,04E-07
12	6,54E-06	15	3		110	2,92E-07
13	2,66E-05	360	23		120	2,76E-07
14	1,33E-05	360	10		130	2,44E-07
15	1,33E-05	360	5		140	2,34E-07
16	3,63E-06	360	60		150	2,30E-07

RV 50 mot Ludvika						
Scenario	f	α	r		a	IR
1	7,12E-13	360	60		0	1,47E-06
2	2,77E-06	15	346		10	1,15E-06
3	3,45E-06	15	85		20	8,39E-07
4	1,04E-05	15	15		30	4,64E-07
5	6,65E-08	360	130		40	4,29E-07
6	2,00E-06	15	74		50	3,74E-07
7	1,15E-06	15	460		60	2,24E-07
8	8,28E-08	360	130		70	2,13E-07
9	2,49E-06	15	35		80	2,03E-07
10	1,43E-06	15	228		90	1,89E-07
11	6,53E-06	15	6		100	1,83E-07
12	3,81E-06	15	3		110	1,75E-07
13	1,55E-05	360	23		120	1,65E-07
14	7,76E-06	360	10		130	1,42E-07
15	7,76E-06	360	5		140	1,36E-07
16	2,12E-06	360	60		150	1,34E-07

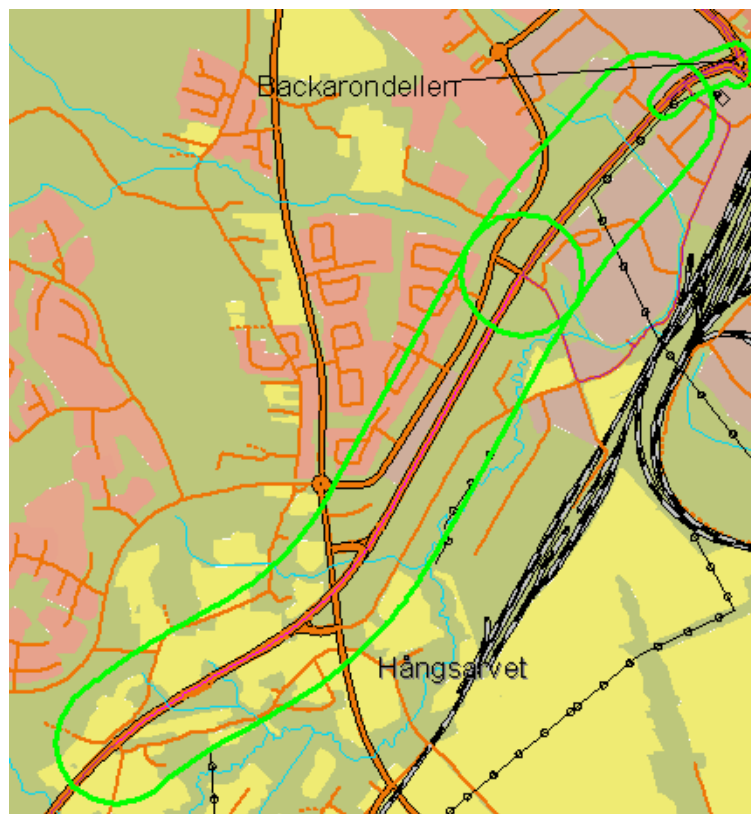
RV 70 mot Djurås						
Scenario	f	α	r		a	IR
1	7,03E-13	360	60		0	1,45E-06
2	2,73E-06	15	346		10	1,14E-06
3	3,41E-06	15	85		20	8,28E-07
4	1,02E-05	15	15		30	4,58E-07
5	6,56E-08	360	130		40	4,23E-07
6	1,97E-06	15	74		50	3,69E-07
7	1,13E-06	15	460		60	2,21E-07
8	8,17E-08	360	130		70	2,10E-07
9	2,45E-06	15	35		80	2,00E-07
10	1,41E-06	15	228		90	1,87E-07
11	6,45E-06	15	6		100	1,81E-07
12	3,76E-06	15	3		110	1,73E-07
13	1,53E-05	360	23		120	1,62E-07
14	7,65E-06	360	10		130	1,40E-07
15	7,65E-06	360	5		140	1,35E-07
16	2,09E-06	360	60		150	1,32E-07

RV 70 mot Säter						
Scenario	f	α	r		a	IR
1	7,13E-13	360	60		0	1,47E-06
2	2,77E-06	15	346		10	1,15E-06
3	3,45E-06	15	85		20	8,39E-07
4	1,04E-05	15	15		30	4,64E-07
5	6,65E-08	360	130		40	4,29E-07
6	2,00E-06	15	74		50	3,74E-07
7	1,15E-06	15	460		60	2,24E-07
8	8,29E-08	360	130		70	2,13E-07
9	2,49E-06	15	35		80	2,03E-07
10	1,43E-06	15	228		90	1,89E-07
11	6,54E-06	15	6		100	1,83E-07
12	3,81E-06	15	3		110	1,75E-07
13	1,55E-05	360	23		120	1,65E-07
14	7,76E-06	360	10		130	1,42E-07
15	7,76E-06	360	5		140	1,36E-07
16	2,12E-06	360	60		150	1,34E-07



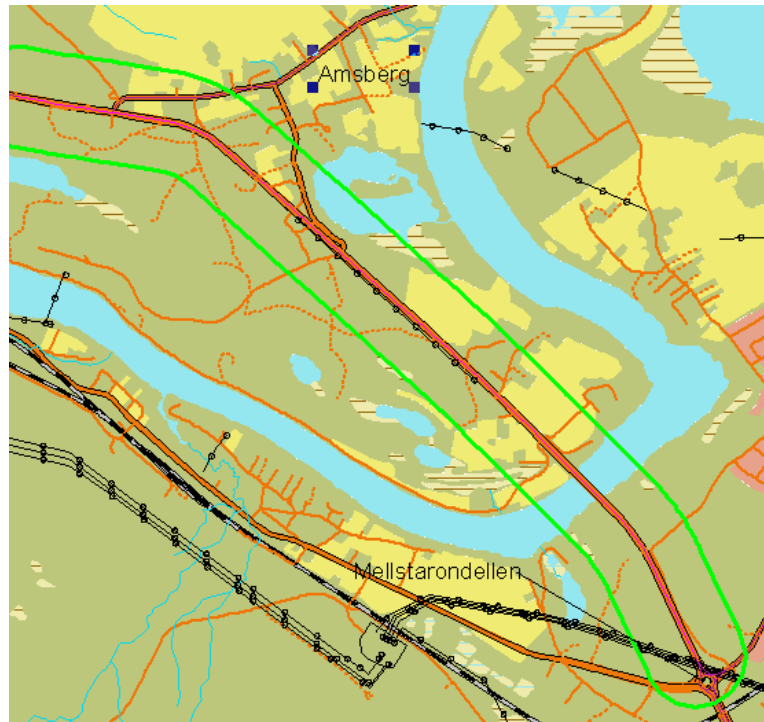
Figur 28 Gräns mellan ALARP-område och område där risker kan anses som små längs

RV 50 mot Falun



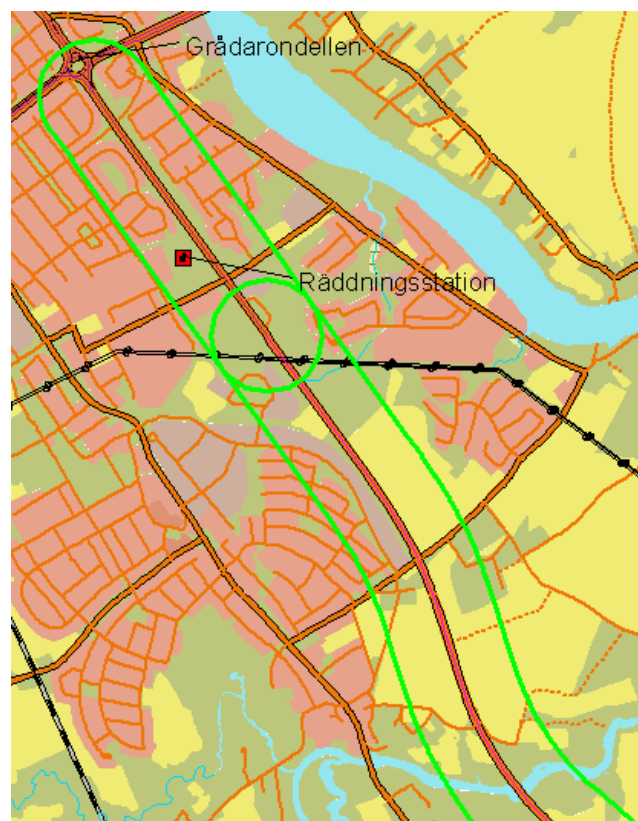
Figur 29 Gräns mellan ALARP-område och område där risker kan anses som små längs

RV 50 mot Ludvika



Figur 30 Gräns mellan ALARP-område och område där risker kan anses som små längs

RV 70 mot Djurås



Figur 31 Gräns mellan ALARP-område och område där risker kan anses som små längs

RV 70 mot Säter

Järnväg

Mot Falun					
Scenario	f	α	r		
1	3,81E-13	360	60		
2	2,25E-06	15	393		
3	2,80E-06	15	85		
4	8,42E-06	15	15		
5	1,81E-09	360	198		
6	5,42E-08	15	132		
7	3,12E-08	15	460		
8	2,25E-09	360	198		
9	6,75E-08	15	63		
10	3,88E-08	15	230		
11	9,66E-08	15	9		
12	0,00E+00	15	4		
13	5,06E-06	360	23		
14	6,30E-06	360	11		
15	6,31E-06	360	5		
				a	IR
				0	5,43E-07
				10	3,73E-07
				20	2,12E-07
				30	9,64E-08
				40	9,51E-08
				50	9,33E-08
				60	9,09E-08
				70	8,76E-08
				80	8,26E-08
				90	7,54E-08
				100	7,48E-08
				110	7,42E-08
				120	7,34E-08
				130	7,26E-08
				140	7,17E-08
				150	7,08E-08

Mot Ludvika					
Scenario	f	α	r		
1	1,59E-08	15	393		
2	1,99E-08	15	85		
3	5,97E-08	15	15		
4	2,78E-08	360	198		
5	8,33E-07	15	132		
6	4,79E-07	15	459		
7	3,46E-08	360	198		
8	1,04E-06	15	63		
9	5,97E-07	15	230		
10	1,49E-06	15	9		
11	0,00E+00	15	4		
12	2,02E-06	360	23		
13	2,51E-06	360	10		
14	2,52E-06	360	5		
				a	IR
				0	2,39E-07
				10	1,53E-07
				20	1,15E-07
				30	6,83E-08
				40	6,72E-08
				50	6,56E-08
				60	6,31E-08
				70	6,04E-08
				80	5,91E-08
				90	5,76E-08
				100	5,59E-08
				110	5,38E-08
				120	5,13E-08
				130	4,76E-08
				140	4,44E-08
				150	4,25E-08

Mot Mora					
Scenario	f	α	r		
1	1,61E-05	360	23		
2	2,00E-05	360	10		
3	2,01E-05	360	5		
				a	IR
				0	1,34E-06
				10	6,66E-07
				20	3,65E-07

Mot Avesta/Krylbo					
Scenario	f	α	r		a IR
1	2,12E-14	360	60		0 2,87E-07
2	1,16E-07	15	393		10 1,80E-07
3	1,45E-07	15	183		20 7,30E-08
4	4,34E-07	15	41		30 6,02E-08
5	1,13E-08	360	130		40 5,98E-08
6	3,40E-07	15	132		50 5,94E-08
7	1,95E-07	15	459		60 5,88E-08
8	1,41E-08	360	130		70 5,81E-08
9	4,23E-07	15	63		80 5,74E-08
10	2,43E-07	15	228		90 5,65E-08
11	6,06E-07	15	9		100 5,55E-08
12	0,00E+00	15	4		110 5,43E-08
13	7,30E-07	360	23		120 5,30E-08
14	9,09E-07	360	10		130 5,15E-08
15	9,11E-07	360	5		140 4,98E-08
					150 4,78E-08

4. Beräkning av samhällsrisk

Antalet drabbade människor vid beräkning av samhällsrisk bestäms genom att beräkna antalet människor som bor och vistas inom arean av det område som begränsas av radien lika med riskavståndet för varje scenario och spridningsvinkeln.

Vid en farligtgoodsolycka antas utsläppet endast ske i en riktning och riktad i 90 graders vinkel mot vägens längdriktning. För de scenarier vars sluthändelse är pölbrand eller explosion kompenseras ej för spridningsvinkeln ty påverkansområdet antas vara cirkulärt kring källan och därmed påverka människor i alla riktningar. Spridningsvinkeln antas vara 15 grader för de scenarier som har riktad spridning.

Befolkning

Borlänge tätort har en population på ca 1200 inv/km². Variationen mellan lokala områden är dock stor där vissa områden med handel har en täthet på mellan 700-4000 förvärvsarbetande/km² och bostadsområden varierar mellan 1500-8000 beroende på om området består av villor eller flerfamiljshus. Inom handelsområden kan man troligen förvänta sig att tätheten är ännu högre om besökare adderas. Längs transportlederna har samhällsrisk beräknats för 5 olika populationstätheter; N = 500, 1200, 2000, 3000 och 4000 inv/km².

Vidare antas att 10% av befolkningen vistas utomhus och 90% inomhus.

Antalet omkomna beräknas med:

$$n = r^2 \cdot \pi \cdot \frac{\alpha}{360} \cdot N$$

Där

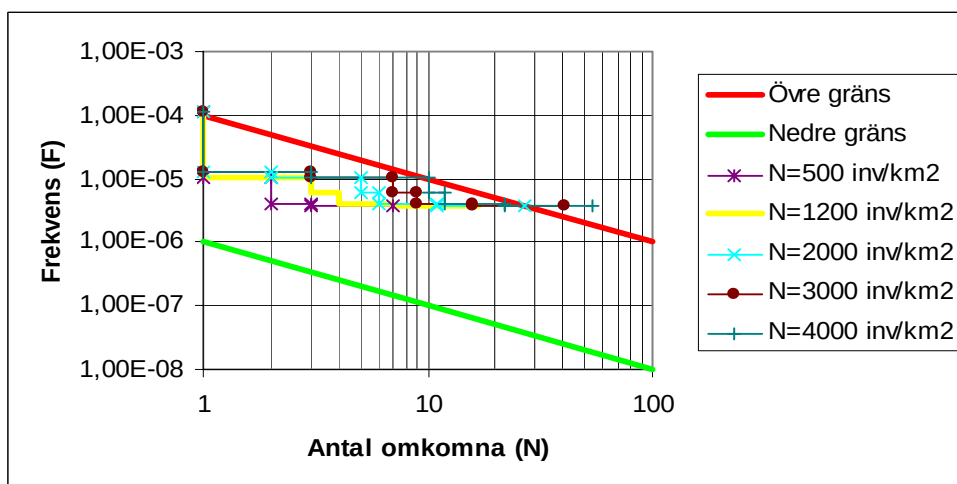
n = antalet omkomna

r = riskavståndet i km

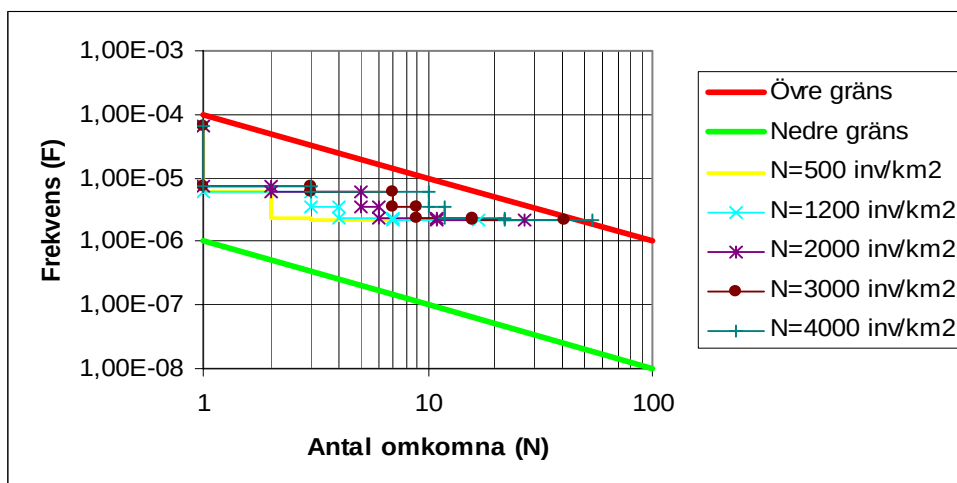
α = spridningsvinkeln

N = populationstätheten (inv/km²)

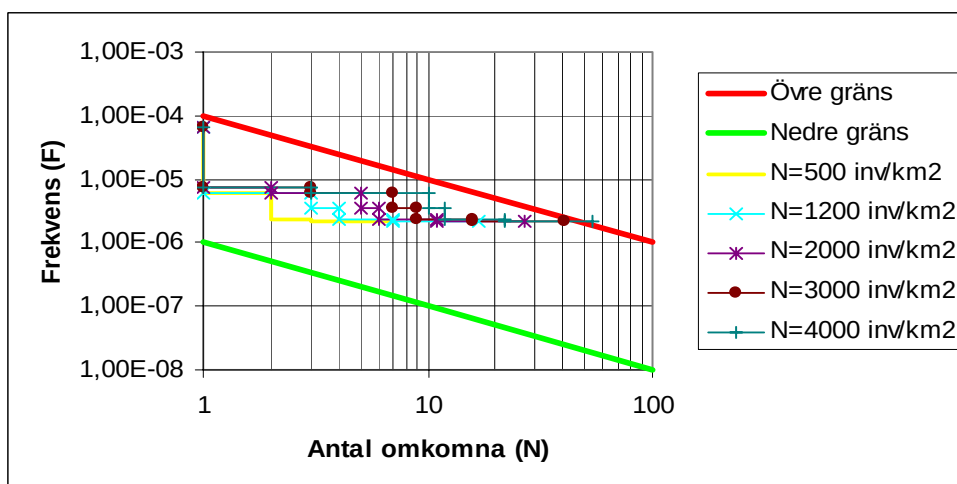
Väg



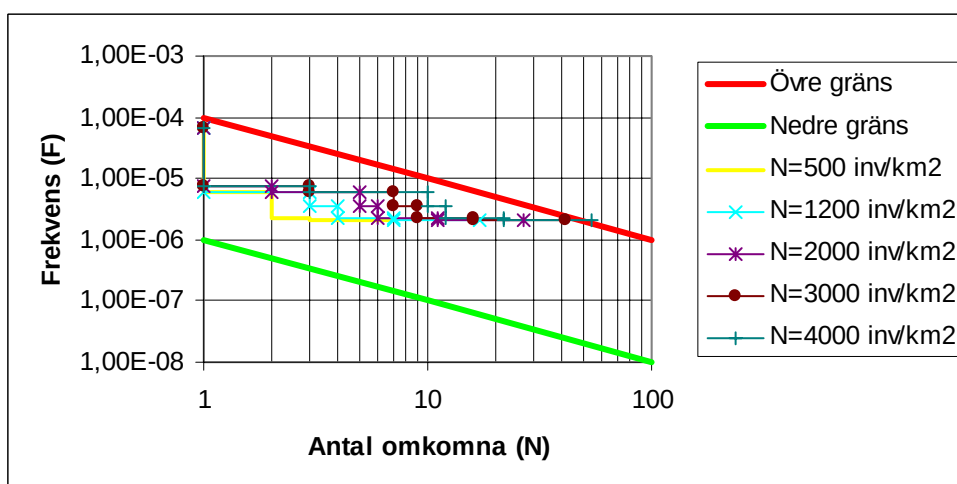
Figur 32 Samhällsrisk invid RV 50 mot Falun med olika populationstäthet



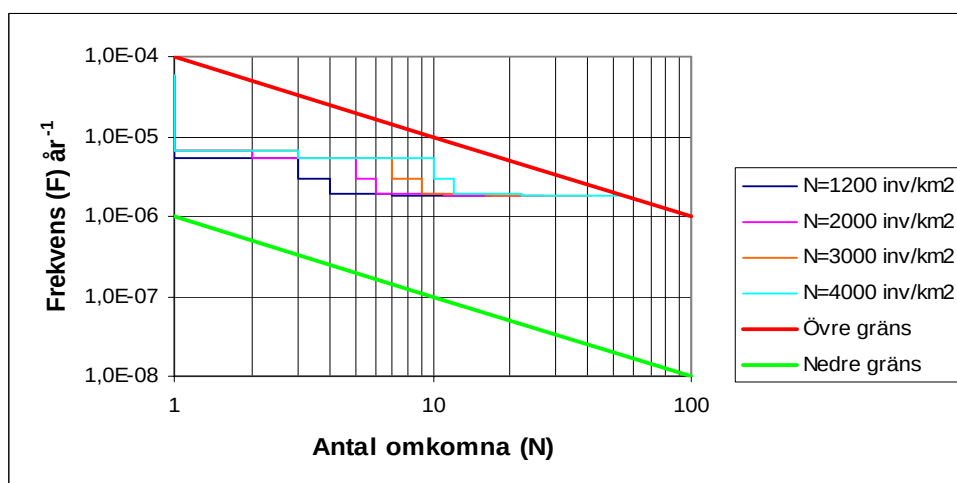
Figur 33 Samhällsrisk invid RV 50 mot Ludvika med olika populationstäthet



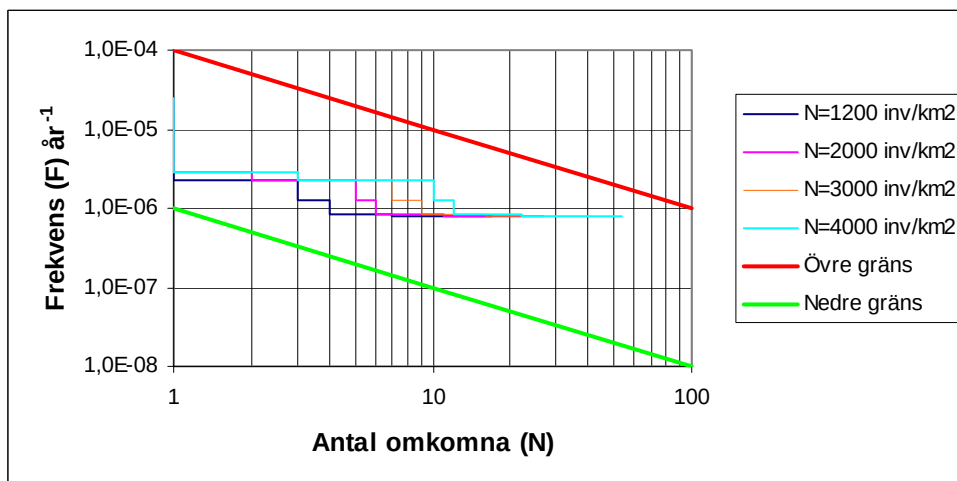
Figur 34 Samhällsrisk invid RV 70 mot Djurås med olika populationstäthet



Figur 35 Samhällsrisk invid RV 70 mot Säter med olika populationstäthet

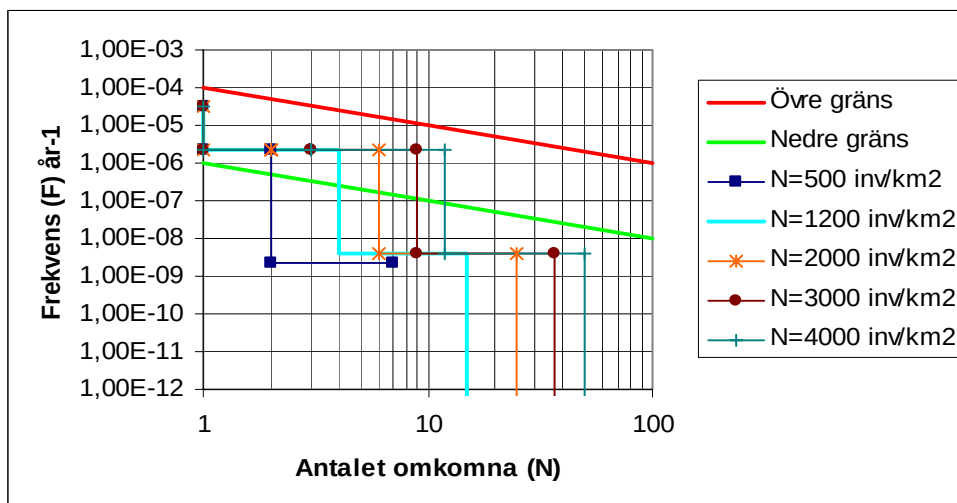


Figur 36 Samhällsrisk invid RV 70 mellan Åkrerondellen och Mellstarondellen med hastighetsbegränsningen 70 km/h

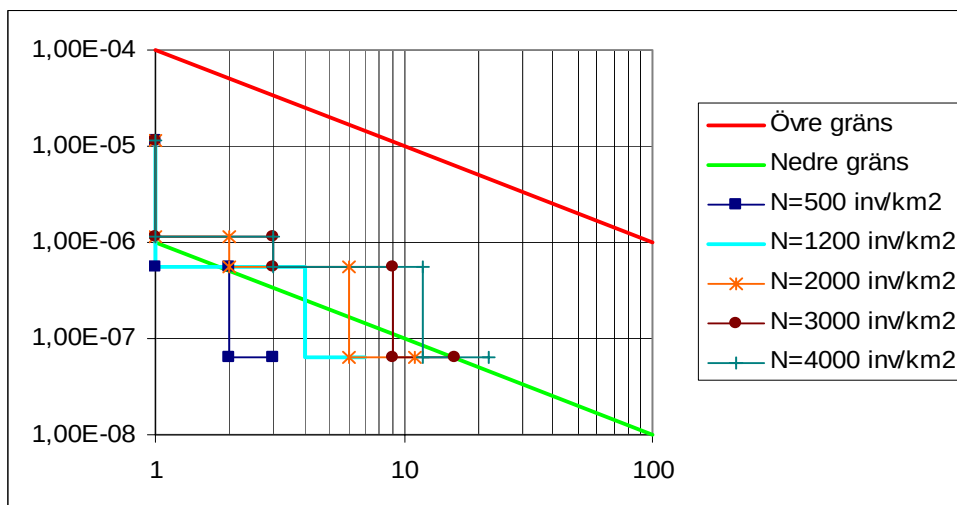


Figur 37 Samhällsrisk invid RV 70 mellan Åkrerondellen och Mellstarondellen med hastighetsbegränsningen 50 km/h

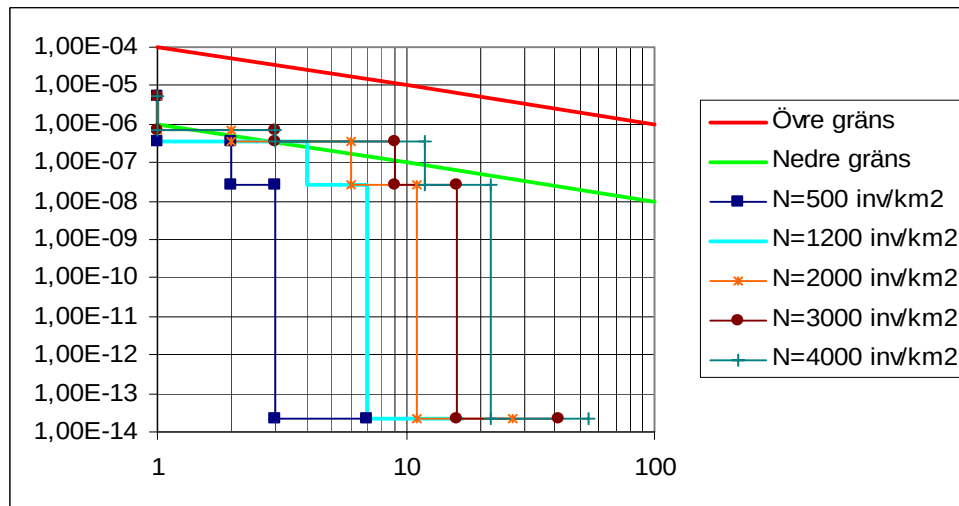
Järnväg



Figur 38 Beräknad samhällsrisk invid jvg mot Falun för olika populationstätheter



Figur 39 Beräknad samhällsrisk invid jvg mot Ludvika för olika populationstätheter



Figur 40 Beräknad samhällsrisk invid jvg mot Avesta/Krylbo för olika populationstätheter

5. Känslighetsanalys

Väg

Känslighetsanalys av individ- och samhällsriskberäkningarna för vägtransporter har gjorts för följande parametrar.

- Riskavstånd – fördubblat (rosa kurva)
- Farligtgoodsindex – fördubblat (gul kurva)
- Olyckskvot – fördubblat (gul kurva)
- Fördelning ADR-klass 2 – 25 % gasol, 75 % Svaveldioxid (Ljusblå kurva)
- Antal transporter med farligt gods/dygn
- Fördelning farligt godsklasser enligt tabell:

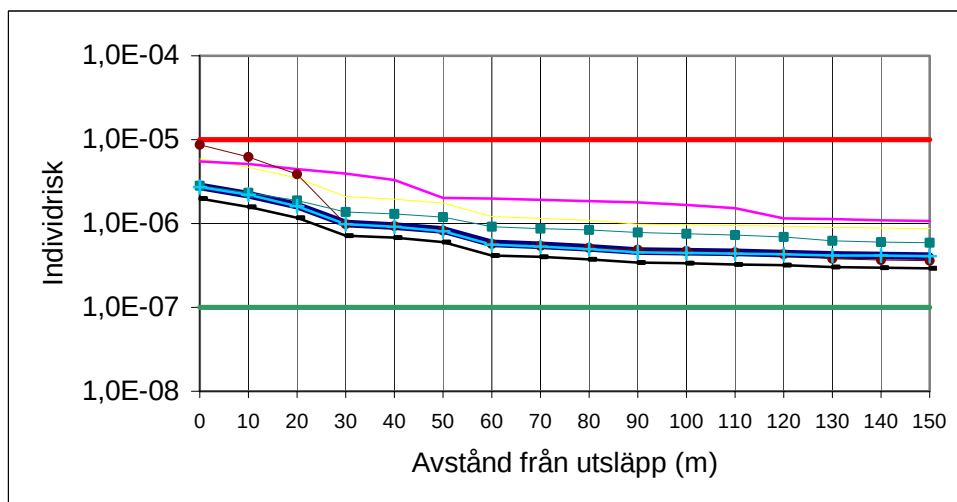
ADR- klass	Andel per ADR-klass i grundfallet	Variation 1 (Brun kurva)	Variation 2 (Grön kurva)
1	0,65	1	1
2	9,69	15	20
3	75,48	70	60
5	4,12	4	4
8	6,78	7	9
Övriga	2,43	1	1

Antalet transporter med farligt gods per dygn, farligtgoodsindex och olyckskvot ingår i modellen för beräkning av farligtgoodsolycka. Modellen för beräkning av frekvenser är linjär varför kurvan sammanfaller om dessa parametrar fördubblas.

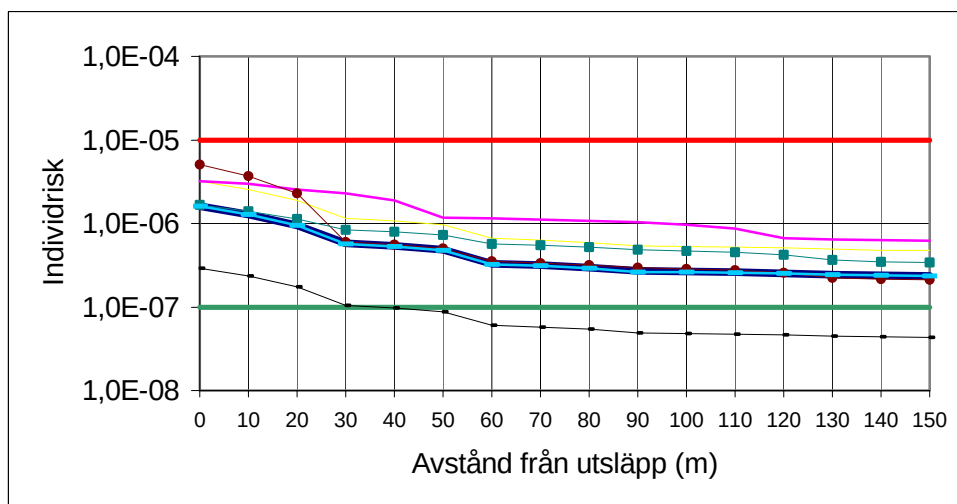
Den kraftigare kurvan i diagrammen markerar grundfallet.

Utöver ovanstående parametrar har känslighetsanalys av individrisken genomförts på hur stor andel ADR-klass 2 som kan tillåtas utan att ALARP-området ökar i utbredning jämfört med att ingen transport av klass 2 ämnen förekommer. Denna analys har gjorts med GIS-tillägget och redovisas i figur 46. Den blå kurvan, som beskriver ALARP-områdets utbredning vid 2 % klass 2 ämnen, ligger ca 60 m från väggkant och är identisk med det fall då inga transporter av klass 2 ämnen förekommer.

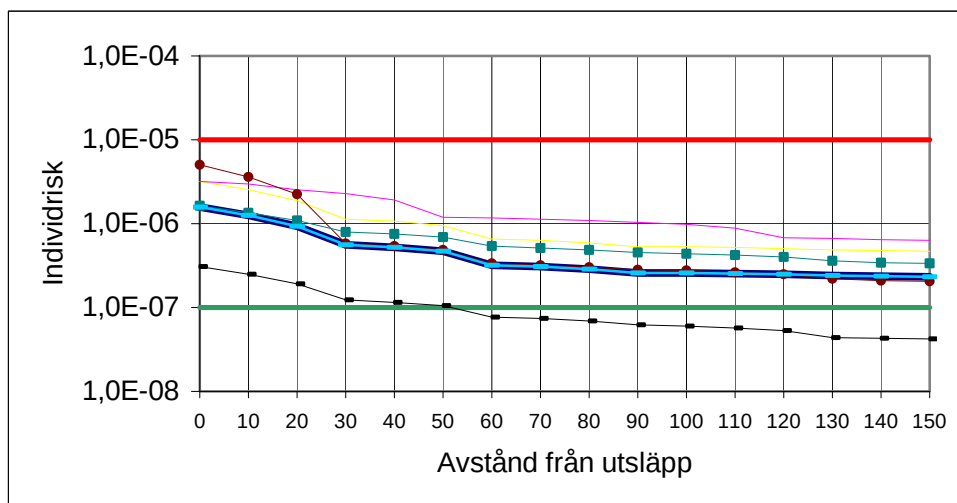
Individrisk



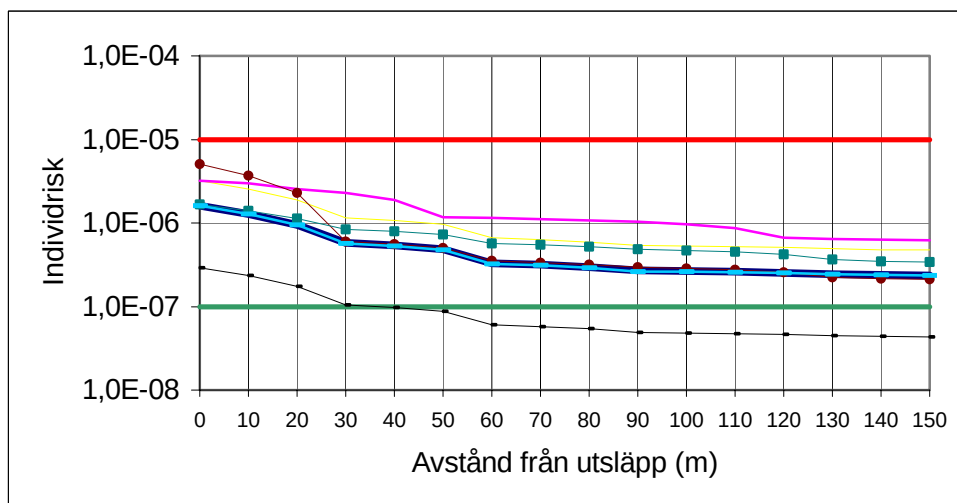
Figur 41 Känslighetsanalys av individrisken för RV 50 mot Falun



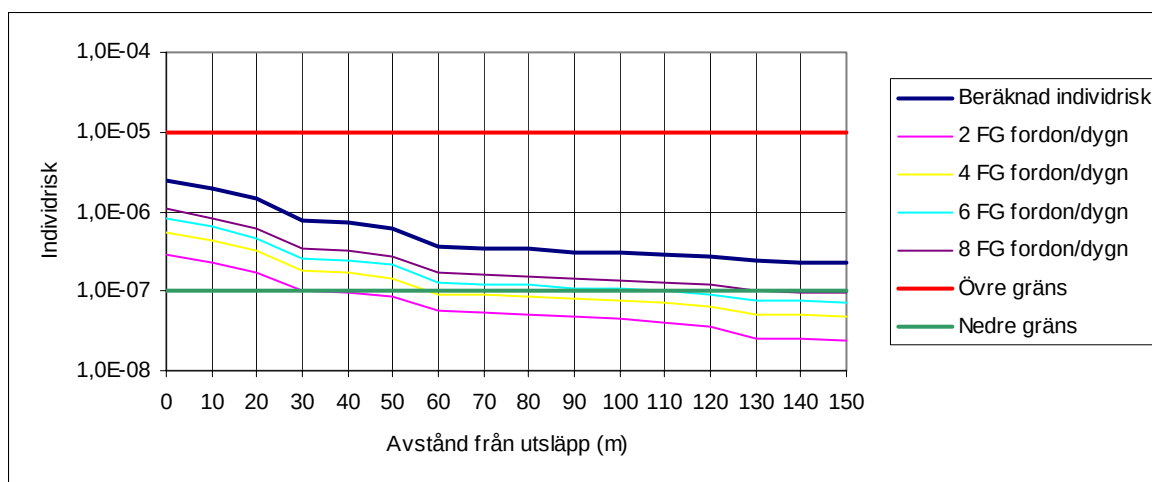
Figur 42 Känslighetsanalys av individrisken för RV 50 mot Ludvika



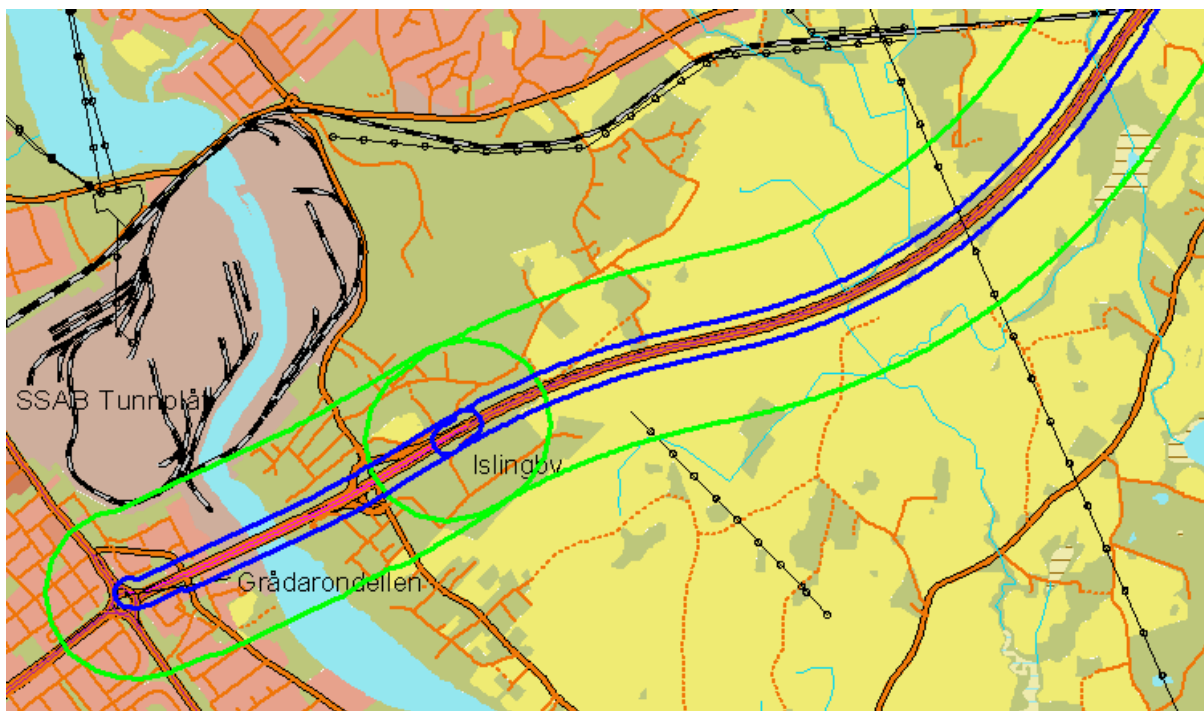
Figur 43 Känslighetsanalys av individrisken för RV 70 mot Djurås



Figur 44 Känslighetsanalys av individrisken för RV 70 mot Säter



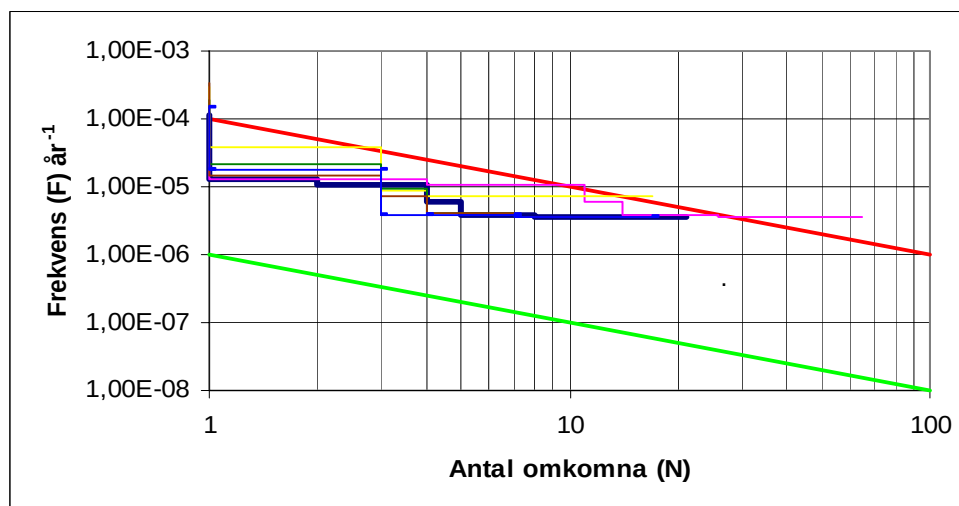
Figur 45 Känslighetsanalys med variation av antalet transporter/dygn för RV 50 mot Falun



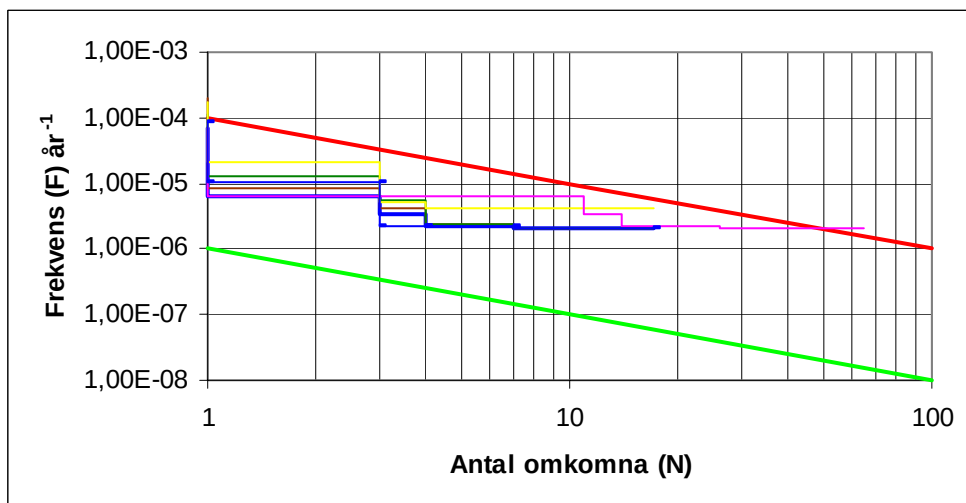
Figur 46 ALARP-områden längs RV 50 mot Falun.

Den inre kurvan (blå) beskriver ALARP-området då högst 2% av ADR-klass 2 förekommer. Den yttre kurvan (grön) beskriver ALARP-området för grundberäkningarna.

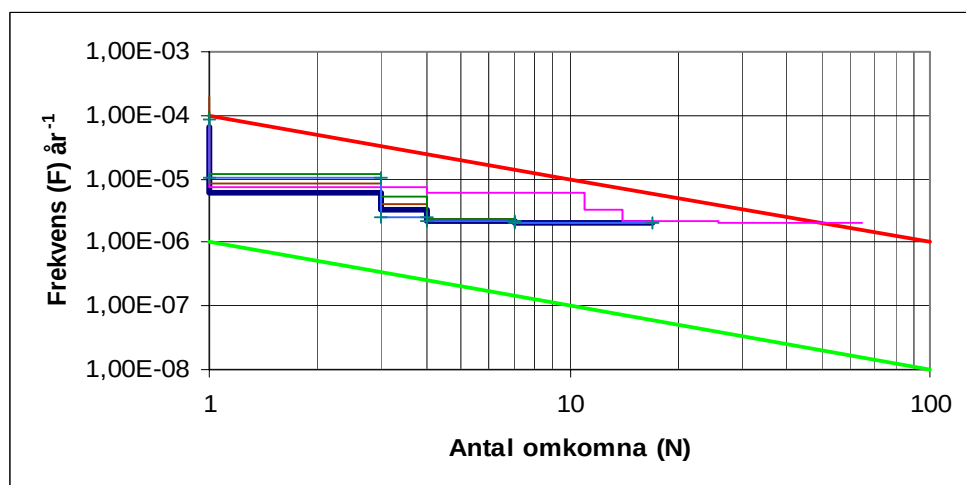
Samhällsrisk



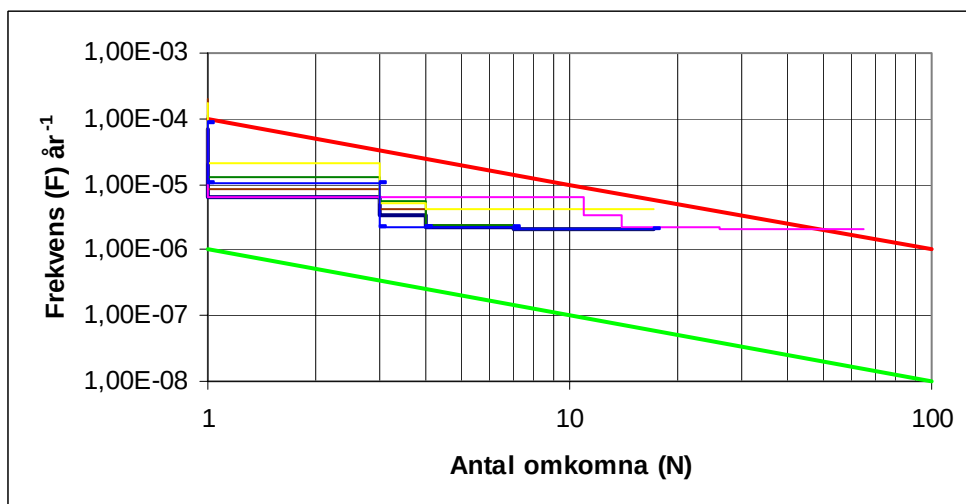
Figur 47 Känslighetsanalys av samhällsrisk för RV 50 mot Falun



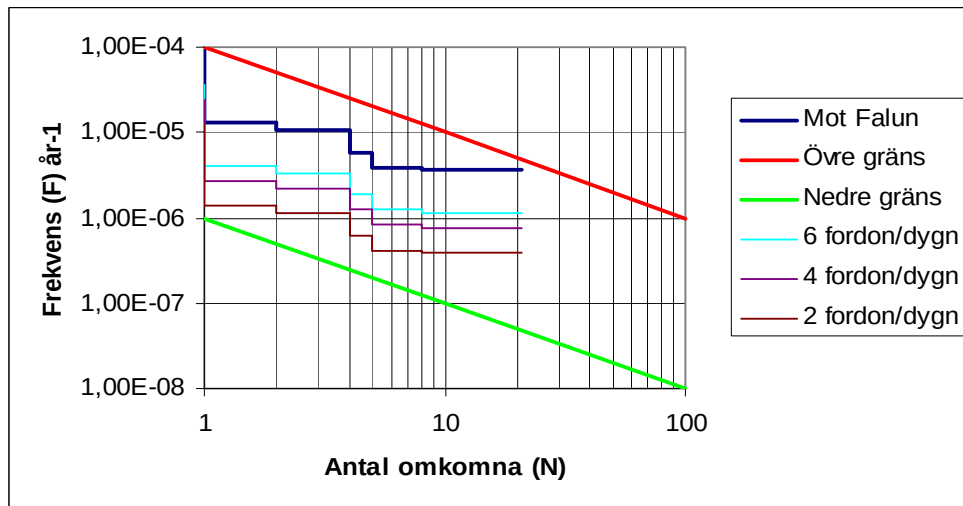
Figur 48 Känslighetsanalys av samhällsrisk för RV 50 mot Ludvika



Figur 49 Känslighetsanalys av samhällsrisk för RV 70 mot Djurås



Figur 50 Känslighetsanalys av samhällsrisk för RV 70 mot Säters



Figur 51 Känslighetsanalys med variation av antalet transporter/dygn

Järnväg

För järnväg har känslighetsanalys gjorts för följande parametrar:

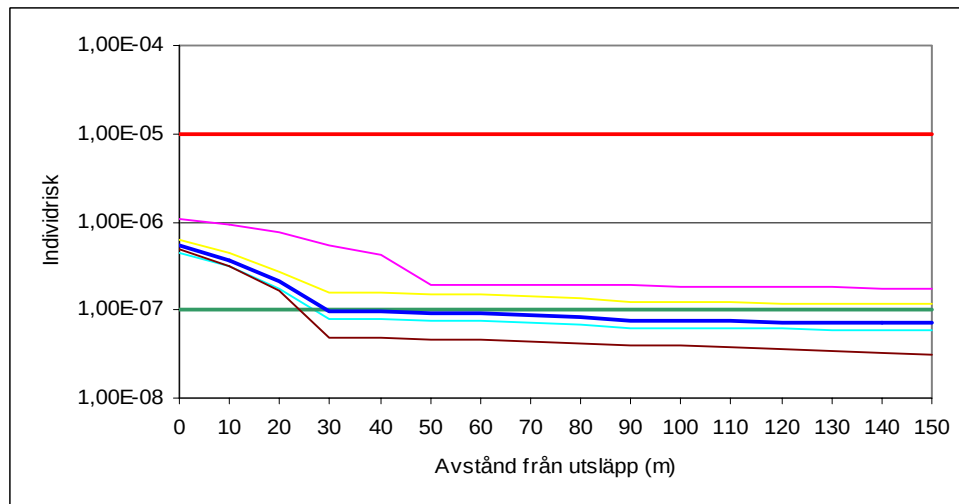
- Urspråningsfrekvens - omfattar ej kollision och växelfel (blå kurva)
- Riskavståndet – fördubblat (rosa kurva)
- Fördelning Gasol-Svaveldioxid enligt tabell:

RID-klass	Mot Falun	Variation (Brun kurva)	Mot Ludvika	Variation (Brun kurva)	Mot Säter	Variation (Brun kurva)
Svaveldioxid	89,7	10	0,4	90	6,7	90
Gasol	10,3	90	99,6	10	93,4	10

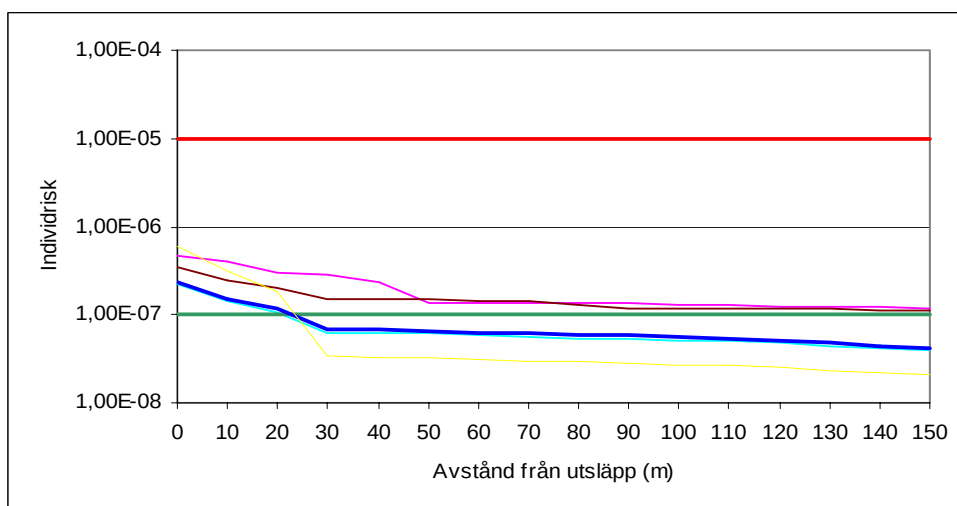
- Fördelning RID-klass enligt tabell:

RID-klass	Mot Falun	Variation (Gul kurva)	Mot Ludvika	Variation (Gul kurva)	Mot Mora	Variation (Gul kurva)	Mot Säter	Variation (Gul kurva)
1	0,9		0,0		0,0		0,1	0,1
2	42,6	70	81,8	40	0,0	30	58,8	4,3
3	19,1	20	9,2	30	100	70	5,5	60
4	25,2		0,2	0,2	0,0		0,0	
5	0,0		1,6	1,6	0,0		0,1	0,1
6	1,7	1	0,0		0,0		0,0	
7	0,0		0,0		0,0		0,0	
8	7,8	7	4,3	4,3	0,0		1,4	1,4
9	2,6	2	3,0	3,0	0,0		34,1	34,1

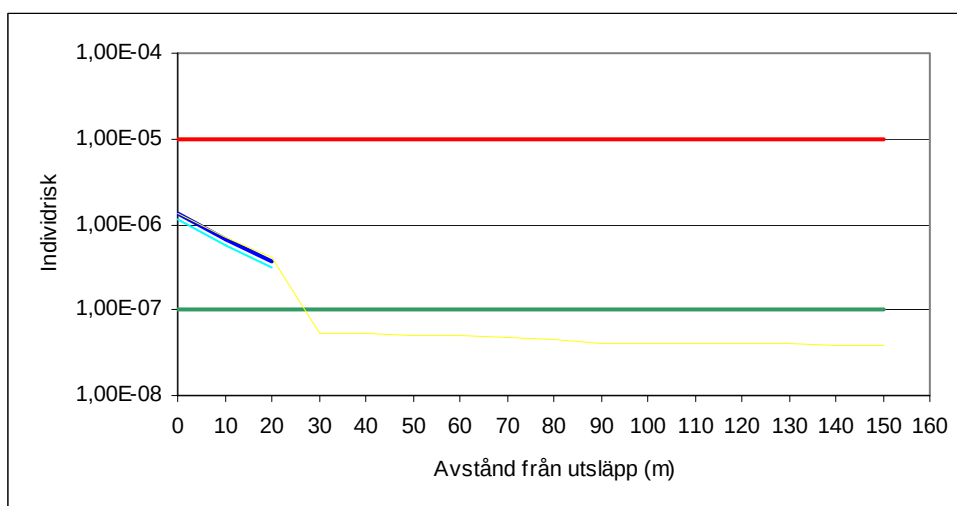
Individerisk



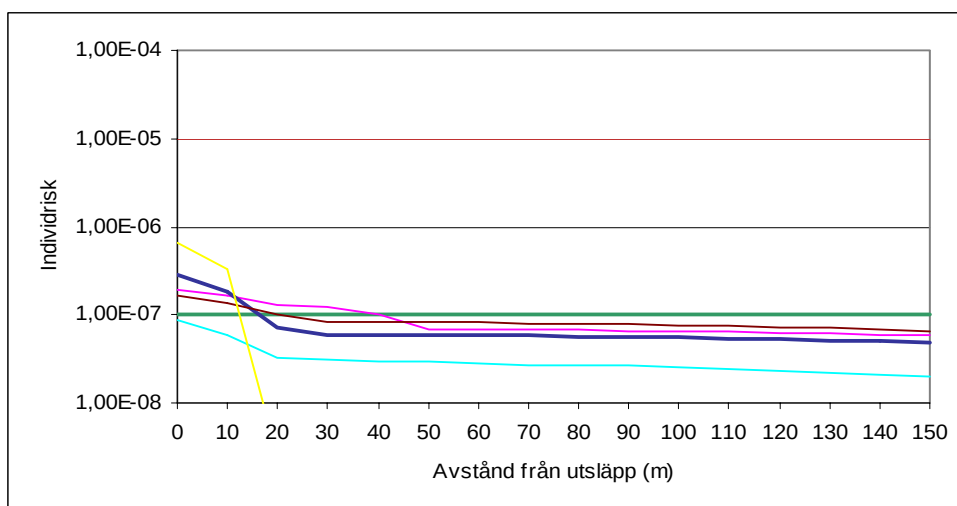
Figur 52 Känslighetsanalys av individerisken för järnvägen mot Falun



Figur 53 Känslighetsanalys av individrisken för järnvägen mot Ludvika

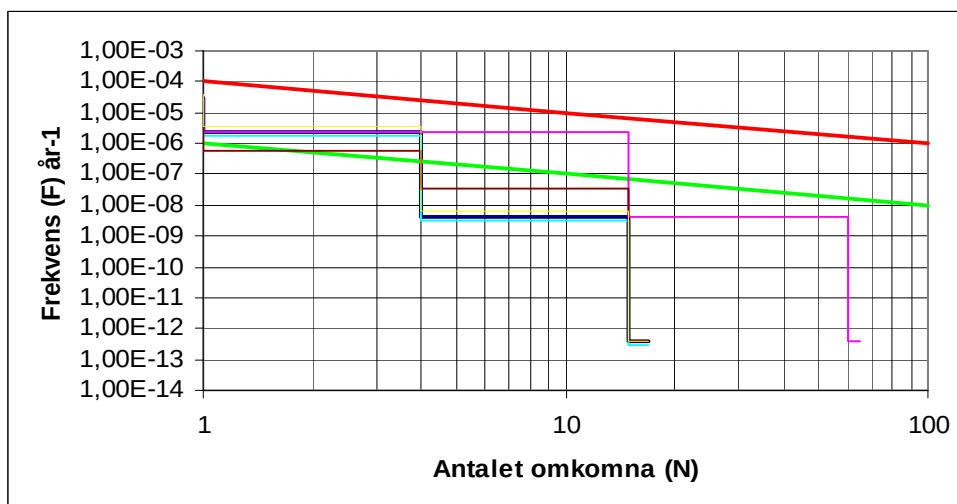


Figur 54 Känslighetsanalys av individrisken för järnvägen mot Mora

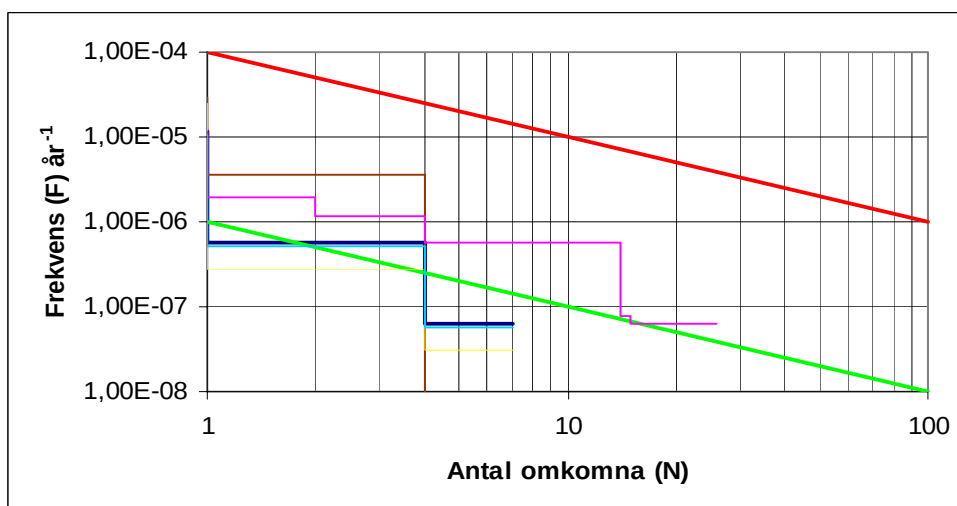


Figur 55 Känslighetsanalys av individrisken för järnvägen mot Avesta/Krylbo

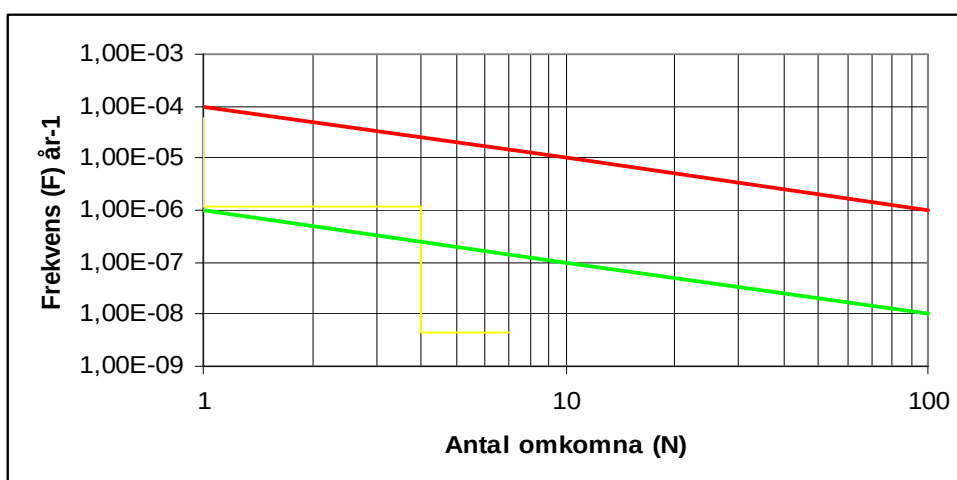
Samhällsrisk



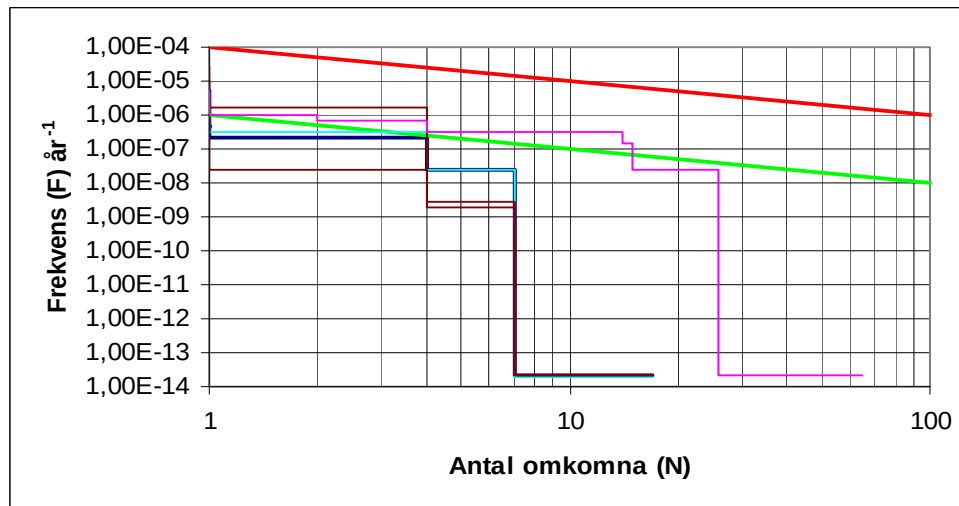
Figur 56 Känslighetsanalys av samhällsrisk för järnvägen mot Falun



Figur 57 Känslighetsanalys av samhällsrisk för järnvägen mot Ludvika



Figur 58 Känslighetsanalys av samhällsrisk för järnvägen mot Mora



Figur 59 Känslighetsanalys av samhällsrisk för järnvägen mot Avest/Krylbo

6. Utdata från programvara

6.1 GASOL

STORT UTSLÄPP

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 8,0 °C

Kondensationstryck : 5,00 bar

Lagringstryck : 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank nära vätskeytan

Cd-värde : 0,62

TANKEN:

Form : cylindrisk

Diameter : 2,5 m

Längd : 6,0 m

Fyllnadsgrad : 80%

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 80 mm

Hålets area : 0,00502 m²

Utsläppstid : 302 s

OMGIVNING:

Vägg o dyl. nära : Nej

Uppsamling : Nej

Tanken innehåller 12052,20 kg gasol
men utsläppt massa blir 12052,20 kg
eftersom utsläppet varar 302,09 s

VÄDER:

Lufttrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 8 °C med en relativ luftfuktighet på 50%

Det blåste 2,5 m/s på 10 m's höjd

Dag, mulet.

UTDATA FRÅN JETFLAMMA

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma

Jetflammans längd är 57,5 m

Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 74,5 m
 2:a gradens brännskador 84,5 m
 1:a första gradens brännskador 110,5 m

Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 33,0 m
 2:a gradens brännskador 45,0 m
 1:a första gradens brännskador 73,0 m

Spridning

KONTROLL AV INDATA

1: Utsläppshastighet : 39.90 kg/s
 2: Utsläpps temperatur : 281.00 K
 3: Utgångstryck : 4.89 bar
 4: Utsläppsdiameter : 0.080 m
 5: Vinkel til horisontellt : 0.00 deg
 6: Höjd ovan mark : 1.00 m
 7: Andel ånga vid utgången : 0.2939 kg/kg

Beräknade värden

Moment input 10554.2 kgm/s²
 Enthalpi input 6764.0 kJ/s
 Specific enthalpi 169.5 kJ/kg
 Max. Två-fas flöde 2.04 kg/s

I utgångs planet:

Densitet 30.177 kg/m³
 Tryck 4.9 bar
 Hastighet 263.02 m/s

Efter flashing :

Densitet 3.927 kg/m³
 Temperatur 231.0 K
 Hastighet 264.54 m/s
 Radie 0.111 m
 Ång fraktion 0.5894 kg/kg

avstånd koncentration höjd radie temperatur

0.11	1000000.00	1.00	0.11	231.00
0.17	833742.76	1.00	0.14	224.14
0.26	715611.18	1.00	0.17	219.63
0.37	599666.28	1.00	0.20	215.28
0.51	489132.74	1.00	0.25	211.08
0.72	386423.79	1.00	0.31	207.01
1.03	293149.24	1.00	0.42	205.08
1.53	211286.79	1.00	0.60	222.28
2.25	149712.43	1.00	0.87	237.05
3.29	104774.61	1.13	1.27	249.02
4.81	72818.13	1.42	1.85	258.23

10

SPECIFICERING AV INITIALT PLUME FÖNSTER

1: Gasolflöde : 39.897 kg/s
2: Totalt flöde : 374.252 kg/s
3: Fönsterbredd : 3.7 m
4: Nedströmsläge : 4.81 m
5: Initial plymhastighet : 24.5 m/s
6: Initial plym temperatur : 258.2 K
Koncentration 0.107 kg/kg = 72818 ppm
Densitet 1.416 kg/m³
Molnets höjd 2.91 m
Enthalpi -23.8 kJ/kg
Moment input 9166.8 kgm/s²

Sista nedströms position 500.31 m
Molnets bredd 214.6 m
Molnets höjd 10.18 m
Koncentration 0.005 kg/kg = 3294 ppm

INTEGRATION RESULTAT

Molnets volym = 32934,8 m³
Molnet är 187,8 m långt och 65,4 m brett
Det innehåller 1023,9286 kg ren propan

VERKAN AV GASMOLNSEXPLSION

Avstånd till obeboeliga hus 63, m
Avstånd till 1% trumhinnor sönder 33 m
Avstånd till 99% trumhinnor sönder 13 m
Avstånd till nästan helt förstörda hus 19 m
Avstånd till helt förstörda hus 14 m
Avstånd till 1% dödsfall pga tryckvåg 11 m
Avstånd till 99% dödsfall pga direkt tryckvåg 9 m

UTDATA FRÅN FLAMFÖRBRÄNNING

Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 459,0 m
2:a gradens brännskador 472,0 m
1:a första gradens brännskador 512,0 m

Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 159,2 m
2:a gradens brännskador 159,2 m
1:a första gradens brännskador 224,2 m

UTDATA FRÅN GASOL

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 8,0 °C

Kondensationstryck : 5,00 bar

Lagringstryck : 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank i vätskefas

Cd-värde : 0,62

TANKEN:

Form : cylindrisk

Diameter : 2,5 m

Längd : 6,0 m

Fyllnadsgrad : 80%

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 80 mm

Hålets area : 0,00502 m²

Utsläppstid : 144 s

VÄTSKEPÖL:

Ingen invallning

Tanken innehåller 12052,25 kg gasol
men utsläppt massa blir 12052,25 kg
eftersom utsläppet varar 144,45 s

VÄDER:

Lufttrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 8 °C med en relativ luftfuktighet på 50%

Det blåste 2,5 m/s på 10 m's höjd

Dag, mulet.

Pölbranden är 37,53 m hög.

Den lutar 52,98 grader från lodlinjen pga vinden.

Pölens diameter blir 32,77 m

Avst. till 5.0 kW/m² i vindriktningen från pölens centrum 56,38 m

Avst. till 2.5 kW/m² i vindriktningen från pölens centrum 70,38 m

Avst. till 5.0 kW/m² mot vindriktningen från pölens centrum 20,38 m

Avst. till 2.5 kW/m² mot vindriktningen från pölens centrum 29,38 m

Spridning

SPECIFICERING AV INITIALT PLUME FÖNSTER

1: Gasolflöde : 50.209 kg/s
2: Totalt flöde : 50.209 kg/s
3: Fönsterbredd : 86.8 m
4: Nedströmsläge : 0.00 m
5: Initial plymhastighet : 1.0 m/s
6: Initial plym temperatur : 231.0 K
Koncentration 1.000 kg/kg = 1000000 ppm
Densitet 2.317 kg/m³
Molnets höjd 0.25 m
Enthalpi -71.0 kJ/kg
Moment input 50.2 kgm/s²

Sista nedströms position 500.00 m
Molnets bredd 402.1 m
Molnets höjd 10.50 m
Koncentration 0.004 kg/kg = 2618 ppm

INTEGRATION RESULTAT

Molnets volym = 125247,3 m³
Molnet är 228,0 m långt och 297,4 m brett
Det innehåller 7571,6872 kg ren propan

VERKAN AV GASMOLNSEXPLSION

Avstånd till obeboeliga hus 122, m
Avstånd till 1% trumhinnor sönder 64 m
Avstånd till 99% trumhinnor sönder 25 m
Avstånd till nästan helt förstörda hus 36 m
Avstånd till helt förstörda hus 28 m
Avstånd till 1% dödsfall pga tryckvåg 22 m
Avstånd till 99% dödsfall pga direkt tryckvåg 17 m

UTDATA FRÅN FLAMFÖRBRÄNNING

Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 784,5 m
2:a gradens brännskador 833,5 m
1:a första gradens brännskador 971,5 m

Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 557,5 m
2:a gradens brännskador 557,5 m
1:a första gradens brännskador 729,5 m

MEDELSTORT UTSLÄPP

UTDATA FRÅN GASOL

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 8,0 °C

Kondensationstryck : 5,00 bar

Lagringstryck : 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank nära vätskeytan

Cd-värde : 0,62

TANKEN:

Form : cylindrisk

Diameter : 2,5 m

Längd : 6,0 m

Fyllnadsgrad : 80%

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 38 mm

Hålets area : 0,00113 m²

Utsläppstid : 1339 s

OMGIVNING:

Vägg o dyl. nära : Nej

Uppsamling : Nej

Tanken innehåller 12052,20 kg gasol
men utsläppt massa blir 12052,20 kg
eftersom utsläppet varar 1338,88 s

VÄDER:

Lufttrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 8 °C med en relativ luftfuktighet på 50%

Det blåste 2,5 m/s på 10 m's höjd

Dag, mulet.

UTDATA FRÅN JETFLAMMA

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma

Jetflammans längd är 27,3 m

Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 35,3 m

2:a gradens brännskador 40,3 m

1:a första gradens brännskador 52,3 m

Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 16,0 m
 2:a gradens brännskador 22,0 m
 1:a första gradens brännskador 35,0 m

Spridning

KONTROLL AV INDATA

1: Utsläppshastighet : 9.00 kg/s
 2: Utsläpps temperatur : 281.00 K
 3: Utgångstryck : 4.89 bar
 4: Utsläppsdiameter : 0.038 m
 5: Vinkel til horizontellt : 0.00 deg
 6: Höjd ovan mark : 1.00 m
 7: Andel ånga vid utgången : 0.2939 kg/kg

Beräknade värden

Moment input 2381.3 kgm/s²
 Enthalpi input 1526.1 kJ/s
 Specific enthalpi 169.5 kJ/kg
 Max. Två-fas flöde 0.46 kg/s

I utgångs planet:

Densitet 30.177 kg/m³
 Tryck 4.9 bar
 Hastighet 263.02 m/s

Efter flashing :

Densitet 3.927 kg/m³
 Temperatur 231.0 K
 Hastighet 264.54 m/s
 Radie 0.053 m
 Ång fraktion 0.5894 kg/kg

avstånd koncentration höjd radie temperatur

0.05	1000000.00	1.00	0.05	231.00
0.08	833742.76	1.00	0.07	224.14
0.12	715611.19	1.00	0.08	219.63
0.17	599666.29	1.00	0.09	215.28
0.24	489132.75	1.00	0.12	211.08
0.34	386423.80	1.00	0.15	207.01
0.49	293149.25	1.00	0.20	205.08
0.73	211286.83	1.00	0.28	222.28
1.07	149712.56	1.00	0.41	237.05
1.56	104775.06	1.00	0.60	249.02
2.28	72782.42	1.00	0.88	258.23
3.34	50437.41	1.14	1.28	265.06

11

SPECIFICERING AV INITIALT PLUME FÖNSTER

1: Gasolflöde : 9.002 kg/s

2: Totalt flöde : 120.544 kg/s
3: Fönsterbredd : 2.6 m
4: Nedströmsläge : 3.34 m
5: Initial plymhastighet : 17.1 m/s
6: Initial plym temperatur : 265.1 K
Koncentration 0.075 kg/kg = 50437 ppm
Densitet 1.364 kg/m³
Molnets höjd 2.01 m
Enthalpi -16.4 kJ/kg
Moment input 2062.4 kgm/s²

Sista nedströms position 500.34 m
Molnets bredd 173.4 m
Molnets höjd 9.48 m
Koncentration 0.002 kg/kg = 1156 ppm

INTEGRATION RESULTAT

Molnets volym = 4242,1 m³
Molnet är 93,3 m långt och 27,8 m brett
Det innehåller 127,9002 kg ren propan

UTDATA FRÅN FLAMFÖRBRÄNNING

Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 227,6 m
2:a gradens brännskador 227,6 m
1:a första gradens brännskador 238,6 m

Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 67,1 m
2:a gradens brännskador 67,1 m
1:a första gradens brännskador 78,1 m

UTDATA FRÅN GASOL

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 8,0 °C

Kondensationstryck : 5,00 bar

Lagringstryck : 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank i vätskefas

Cd-värde : 0,62

TANKEN:

Form : cylindrisk

Diameter : 2,5 m

Längd : 6,0 m

Fyllnadsgrad : 80%

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 38 mm

Hålets area : 0,00113 m²

Utsläppstid : 640 s

VÄTSKEPÖL:

Ingen invallning

Utsläppets varaktighet ändras till 640,21 s

eftersom massan i tanken endast är 12052,25 kg

VÄDER:

Lufttrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 8 °C med en relativ luftfuktighet på 50%

Det blåste 2,5 m/s på 10 m's höjd

Dag, mulet.

Pölbranden är 22,88 m hög.

Den lutar 52,98 grader från lodlinjen pga vinden.

Pölens diameter blir 15,56 m

Avst. till 5.0 kW/m² i vindriktningen från pölens centrum 37,78 m

Avst. till 2.5 kW/m² i vindriktningen från pölens centrum 46,78 m

Avst. till 5.0 kW/m² mot vindriktningen från pölens centrum 13,78 m

Avst. till 2.5 kW/m² mot vindriktningen från pölens centrum 21,78 m

Spridning

SPECIFICERING AV INITIALT PLUME FÖNSTER

1: Gasolflöde : 18.810 kg/s
2: Totalt flöde : 18.810 kg/s
3: Fönsterbredd : 34.2 m
4: Nedströmsläge : 0.00 m
5: Initial plymhastighet : 1.0 m/s
6: Initial plym temperatur : 231.0 K
Koncentration 1.000 kg/kg = 1000000 ppm
Densitet 2.317 kg/m³
Molnets höjd 0.24 m
Enthalpi -71.0 kJ/kg
Moment input 18.8 kgm/s²

Sista nedströms position 500.00 m
Molnets bredd 270.7 m
Molnets höjd 13.76 m
Koncentration 0.002 kg/kg = 1074 ppm

INTEGRATION RESULTAT

Molnets volym = 30259,8 m³
Molnet är 139,5 m långt och 162,0 m brett
Det innehåller 1897,2141 kg ren propan

VERKAN AV GASMOLNSEXPLSION

Avstånd till obeboeliga hus 77, m
Avstånd till 1% trumhinnor sönder 40 m
Avstånd till 99% trumhinnor sönder 16 m
Avstånd till nästan helt förstörda hus 23 m
Avstånd till helt förstörda hus 18 m
Avstånd till 1% dödsfall pga tryckvåg 14 m
Avstånd till 99% dödsfall pga direkt tryckvåg 11 m

UTDATA FRÅN FLAMFÖRBRÄNNING

Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 420,9 m
2:a gradens brännskador 443,9 m
1:a första gradens brännskador 510,9 m

Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 340,7 m
2:a gradens brännskador 340,7 m
1:a första gradens brännskador 392,7 m

LITET UTSLÄPP

UTDATA FRÅN GASOL

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 8,0 °C

Kondensationstryck : 5,00 bar

Lagringstryck : 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank nära vätskeytan

Cd-värde : 0,62

TANKEN:

Form : cylindrisk

Diameter : 2,5 m

Längd : 6,0 m

Fyllnadsgrad : 80%

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 5 mm

Hålets area : 0,00002 m²

Utsläppstid : 1500 s

OMGIVNING:

Vägg o dyl. nära : Nej

Uppsamling : Nej

Tanken innehåller 12052,20 kg gasol

men utsläppt massa blir 233,77 kg

eftersom utsläppet varar 1500,00 s

VÄDER:

Lufttrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 8 °C med en relativ luftfuktighet på 50%

Det blåste 2,5 m/s på 10 m's höjd

Dag, mulet.

UTDATA FRÅN JETFLAMMA

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma

Jetflammans längd är 3,6 m

Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 5,6 m

2:a gradens brännskador 5,6 m

1:a första gradens brännskador 7,6 m

Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 3,0 m
 2:a gradens brännskador 0,0 m
 1:a första gradens brännskador 5,0 m

Spridning

KONTROLL AV INDATA

1: Utsläppshastighet : 0.16 kg/s
 2: Utsläpps temperatur : 281.00 K
 3: Utgångstryck : 4.89 bar
 4: Utsläppsdiameter : 0.005 m
 5: Vinkel til horizontellt : 0.00 deg
 6: Höjd ovan mark : 1.00 m
 7: Andel ånga vid utgången : 0.2939 kg/kg

Beräknade värden

Moment input 41.2 kgm/s²
 Enthalpi input 26.4 kJ/s
 Specific enthalpi 169.5 kJ/kg
 Max. Två-fas flöde 0.01 kg/s

I utgångs planet:

Densitet 30.177 kg/m³
 Tryck 4.9 bar
 Hastighet 263.02 m/s
 Efter flashing :

Densitet 3.927 kg/m³
 Temperatur 231.0 K
 Hastighet 264.54 m/s
 Radie 0.007 m
 Ång fraktion 0.5894 kg/kg

avstånd	koncentration	höjd	radie	temperatur
0.01	1000000.00	1.00	0.01	231.00
0.01	833742.76	1.00	0.01	224.14
0.02	715611.19	1.00	0.01	219.63
0.02	599666.29	1.00	0.01	215.28
0.03	489132.76	1.00	0.02	211.08
0.05	386423.81	1.00	0.02	207.01
0.06	293149.26	1.00	0.03	205.08
0.10	211286.85	1.00	0.04	222.28
0.14	149712.61	1.00	0.05	237.05
0.21	104775.19	1.00	0.08	249.02
0.30	72782.85	1.00	0.12	258.23
0.44	50438.84	1.00	0.17	265.05
0.64	35049.11	1.00	0.24	269.95
0.93	24546.97	1.00	0.34	273.39
1.34	17415.94	1.00	0.47	275.77
1.91	12577.44	0.99	0.64	277.41
2.68	9281.21	0.98	0.83	278.53

3.67 7014.02 1.00 1.04 279.31
17

SPECIFICERING AV INITIALT PLUME FÖNSTER

1: Gasolflöde : 0.156 kg/s
2: Totalt flöde : 14.678 kg/s
3: Fönsterbredd : 2.1 m
4: Nedströmsläge : 3.67 m
5: Initial plymhastighet : 3.4 m/s
6: Initial plym temperatur : 279.3 K
Koncentration 0.011 kg/kg = 7014 ppm
Densitet 1.266 kg/m³
Molnets höjd 1.64 m
Enthalpi -1.7 kJ/kg
Moment input 49.8 kgm/s²

Sista nedströms position 500.17 m
Molnets bredd 53.8 m
Molnets höjd 22.93 m
Koncentration 0.000 kg/kg = 25 ppm

INTEGRATION RESULTAT

Molnets volym = 3,3 m³
Molnet är 3,7 m långt och ,9 m brett
Det innehåller ,0041 kg ren propan

UTDATA FRÅN FLAMFÖRBRÄNNING

Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 3,5 m
2:a gradens brännskador 3,5 m
1:a första gradens brännskador 3,5 m

Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 2,0 m
2:a gradens brännskador 2,0 m
1:a första gradens brännskador 2,0 m

UTDATA FRÅN GASOL

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 8,0 °C

Kondensationstryck : 5,00 bar

Lagringstryck : 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank i vätskefas

Cd-värde : 0,62

TANKEN:

Form : cylindrisk

Diameter : 2,5 m

Längd : 6,0 m

Fyllnadsgrad : 80%

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 10 mm

Hålets area : 0,00008 m²

Utsläppstid : 1500 s

VÄTSKEPÖL:

Ingen invallning

Tanken innehåller 12052,25 kg gasol

men utsläppt massa blir 1955,57 kg

eftersom utsläppet varar 1500,00 s

VÄDER:

Lufttrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 15 °C med en relativ luftfuktighet på 50%

Det blåste 2,5 m/s på 10 m's höjd

Dag, mulet.

Pölbranden är 9,42 m hög.

Den lutar 52,98 grader från lodlinjen pga vinden.

Pölens diameter blir 4,1 m

Avst. till 5.0 kW/m² i vindriktningen från pölens centrum 19,05 m

Avst. till 2.5 kW/m² i vindriktningen från pölens centrum 23,05 m

Avst. till 5.0 kW/m² mot vindriktningen från pölens centrum 8,05 m

Avst. till 2.5 kW/m² mot vindriktningen från pölens centrum 13,05 m

Spridning

SPECIFICERING AV INITIALT PLUME FÖNSTER

1: Gasolflöde : 1.303 kg/s
2: Totalt flöde : 1.303 kg/s
3: Fönsterbredd : 5.8 m
4: Nedströmsläge : 0.00 m
5: Initial plymhastighet : 1.0 m/s
6: Initial plym temperatur : 231.0 K
Koncentration 1.000 kg/kg = 1000000 ppm
Densitet 2.317 kg/m³
Molnets höjd 0.10 m
Enthalpi -80.9 kJ/kg
Moment input 1.3 kgm/s²

Sista nedströms position 150.00 m
Molnets bredd 60.4 m
Molnets höjd 6.91 m
Koncentration 0.001 kg/kg = 772 ppm

INTEGRATION RESULTAT

Molnets volym = 643,4 m³
Molnet är 32,0 m långt och 33,7 m brett
Det innehåller 39,9617 kg ren propan

UTDATA FRÅN FLAMFÖRBRÄNNING

Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 83,6 m
2:a gradens brännskador 86,6 m
1:a första gradens brännskador 94,6 m

Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 77,4 m
2:a gradens brännskador 77,4 m
1:a första gradens brännskador 77,4 m

UTDATA FRÅN BLEVE, LANDSVÄGSTRANSPORT

Utsläppt massa var 12052,2 kg
BLEVEN's diameter var 137,38 m
BLEVEN varar i 9,5 s
BLEVEN befinner sig 103,03 m över marken.
Avstånd till 3:e gradens brännskador är 130 m
Avstånd till 2:a gradens brännskador är 195 m
Avstånd till 1:a gradens brännskador är 332 m
Tanken delas i 2 delar.
Dessa flyger 2822,7 m

UTDATA FRÅN BLEVE, JÄRNVÄGSTRANSPORT

Utsläppt massa var 37603,0 kg

BLEVEN's diameter var 198,85 m

BLEVEN varar i 12,8 s

BLEVEN befinner sig 149,14 m över marken.

Avstånd till 3:e gradens brännskador är 198 m

Avstånd till 2:a gradens brännskador är 295 m

Avstånd till 1:a gradens brännskador är 501 m

Tanken delas i 2 delar.

Dessa flyger 2140,1 m