

RI-RA-01

Risikanalyt

Ängögärde 5:1, Kungälv

Preliminär

2022-04-11

Projektinformation

Fastighetsbeteckning: Änggårde 5:1
Ort: Kungälv
Uppdragsnummer: 21266

Uppdragsgivare: Ensucon AB
Kontaktperson: David Lundh

Dokumentbeteckning: RI-RA-01
Dokumenttitel: Riskanalys
Status: Preliminär
Senaste utgåva: 2022-04-11

Uppdragsansvarig: Eric Månsson
eric@brandochrisk.se
070-563 11 22

Handläggare: Robin Imskog
robin@solvos.se
073-930 14 40

Granskare: Eric Månsson

Utgåva och revideringar

| Utgåva | Datum | Revidering | Handläggare | Kontrollerad av |
|--------|------------|---------------|--------------|-----------------|
| 1 | 2022-04-11 | Första utgåva | Robin Imskog | Eric Månsson |

Sammanfattning

Analysen baseras primärt på platsspecifika trafikmängder längst Trollhättevägen kombinerat med lokal inventering av riskkällor. Då både mängden trafik och riskkällorna visat sig låg resulterar analysen generellt i låga risknivåer. I känslighetsanalysen har även nationell fördelning av farligt gods beaktats. Båda tillvägagångssätten har visat att risknivån inom området generellt är acceptabel, främst till följd av det relativt låga trafikflödet intill området samt det begränsade antal riskobjekt i närområdet.

Inga av de närliggande verksamheterna som hanterar ADR-klassade ämnen ligger tillräckligt nära planområdet för att utgöra en direkt risk för planområdet. Riskbidraget utgörs i stället av transporter till och från dessa verksamheter.

Riskidentifieringen har konstaterat att den i särklass största mängden transport av farligt gods utgörs av leveranser av brandfarlig vätska till någon av de bensinstationer eller övriga verksamheter med egen tank på området. I övrigt levereras majoriteten av det farligt gods som passerar planområdet i mindre konsumentförpackningar som inte förväntas medföra utsläpp med beaktning av riskpåverkan på omgivningen.

Under riskidentifieringen uppmärksammades, utöver hantering av farligt gods, ett par verksamheter som skulle kunna medföra kraftig brand. I ett sådant scenario kan giftiga brandgaser komma att spridas över planområdet.

Utifrån den riskanalys som gjorts och de resultat som erhållits är det svårt att motivera några direkta krav på åtgärder. Det rekommenderas dock, utifrån den känsliga användningen av området (vård- och omsorgsboende) att följande åtgärder övervägs:

- Ingen bebyggelse upprättas inom 23 m av Trollhättevägen. Om byggnader inom 23 m av Trollhättevägen upprättas ska dessa utformas med fasader i brandteknisk klass EI 30 och fönster i EW 30.
- Trollhättevägen förses med trottoarkant längst hela sträckan som passerar planområdet. Alternativt kan dike eller annan avrinning användas för att begränsa storleken på ett eventuellt vätskeutsläpp.
- Känslig bebyggelse så som exempelvis vård, bostäder eller handel förses med:
 - Centralt avstängningsbart ventilationssystem.
 - Luftintag placeras på den sida av fastigheten som vetter bort från farligt-godsleden.

Innehållsförteckning

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Inledning | 1 |
| 1.1 | Bakgrund | 1 |
| 1.2 | Syfte | 1 |
| 1.3 | Avgränsningar | 1 |
| 1.4 | Underlag | 1 |
| 1.5 | Riktlinjer och styrande dokument | 2 |
| 1.5.1 | Nationella riktlinjer - DNV | 2 |
| 1.5.2 | Regionala riktlinjer - RIKTSAM | 2 |
| 1.5.3 | Riktlinjer avseende drivmedelstationer | 3 |
| 1.5.4 | Applicering av riktlinjer på denna analys..... | 5 |
| 2 | Förutsättningar och indata | 6 |
| 2.1 | Områdesbeskrivning..... | 6 |
| 2.1.1 | Persontäthet och fördelning..... | 6 |
| 2.2 | Klasser och benämning..... | 7 |
| 2.3 | Riksinventering..... | 8 |
| 2.3.1 | Identifierade verksamheter | 9 |
| 2.4 | Transport av farligt gods..... | 16 |
| 2.4.1 | Trafik och olycksfrekvens | 16 |
| 2.4.2 | Fördelning av farligt godstyper baserat på riksinventering | 17 |
| 2.4.3 | Fördelning av farligt godstyper baserat på nationell statistik | 18 |
| 2.5 | Direkt påverkan från närliggande verksamheter | 18 |
| 2.6 | Vind och väder | 18 |
| 2.7 | Scenarios sannolikhet | 20 |
| 2.7.1 | Explosion | 20 |
| 2.7.2 | Brandfarlig gas - Klass 2.1..... | 21 |
| 2.7.3 | Brandfarlig vätska – Klass 3..... | 22 |
| 2.7.4 | Giftig gas – Klass 2.2 och Klass 6..... | 22 |
| 2.8 | Skadekriterier | 24 |
| 2.9 | Övrig indata..... | 24 |
| 3 | Metodik | 26 |
| 3.1 | Riskbedömning | 26 |
| 3.1.1 | Individrisk..... | 26 |
| 3.1.2 | Samhällsrisk | 26 |
| 3.2 | Olycksfrekvens | 27 |
| 3.3 | Olycksscenarier | 28 |
| 3.3.1 | Dimensionerande scenarier..... | 28 |
| 3.3.2 | Explosion | 29 |
| 3.3.3 | BLEVE..... | 29 |
| 3.3.4 | Spridning av giftig gas | 29 |
| 3.3.5 | Gasmolnsexplosion..... | 29 |
| 3.3.6 | Jetflamma..... | 29 |
| 3.3.7 | Pölbrand | 30 |
| 3.3.8 | Brandgaser..... | 30 |
| 3.4 | Avståndskoefficient | 31 |

| | | |
|----------|-------------------------------|-----------|
| 3.4.1 | Individrisk..... | 31 |
| 3.4.2 | Samhällsrisk | 31 |
| 3.5 | Riktningskoefficient | 31 |
| 3.5.1 | Individrisk..... | 31 |
| 3.5.2 | Samhällsrisk | 33 |
| 4 | Resultat..... | 33 |
| 4.1 | Olycksfrekvens | 33 |
| 4.2 | Individrisk | 33 |
| 4.3 | Samhällsrisk..... | 35 |
| 4.4 | Brandgaser..... | 36 |
| 4.5 | Känslighetsanalys | 39 |
| 4.6 | Riskreducerande åtgärder..... | 42 |
| 5 | Diskussion | 42 |
| 6 | Slutsats | 43 |

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Bohus Räddningstjänstförbund har i ärende 2022-000002, daterat 2022-01-25 kommenterat att en riksinventering och tillhörande kvantitativ riskanalys bör tas fram med avseende transport av farligt gods längst Trollhättevägen samt de verksamhetsområden som ligger i anslutning till planområdet.

Brad och Riskteknik har tillsammans med *Solvos AB* fått i uppdrag att ta fram en riskanalys för Änggårde 5:1 för att utreda riskbilden i anslutning till Trollhättevägen med avseende transporter av farligt gods samt eventuellt bidrag från närliggande verksamhetsområden.

Analysen, baseras på platsspecifika trafikmängder längst Trollhättevägen i kombination med lokal riksinventering av närområdet. I känslighetsanalysen baseras fördelning av olika typer av farligt gods på nationell statistik. Detta för att möjliggöra framtida flexibilitet.

1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att:

- Fastställa den individrisk som personer inom Änggårde 5:1 förväntas utsättas för.
- Fastställa samhällsrisk som den planerade bebyggelsen inom Änggårde 5:1 medför.
- Värdera dessa riskparametrar utifrån planerad bebyggelse.
- Tillhandahålla förslag på riskreducerande åtgärder

Denna information tillhandahålls som beslutsunderlag för genomförande och antagande av detaljplan för området.

1.3 Avgränsningar

Denna analys avgränsas till:

- Riskpåverkan på området (Änggårde 5:1) så som beskrivs i avsnitt 2.1.
- Riskpåverkan från transporter av ADR-märkt farligt god längst Trollhättevägen i anslutning till det aktuella planområdet.
- Riskpåverkan från närliggande (inom 150 m) verksamheter identifierade i den riskinventering som presenteras i Avsnitt 2.3.
- Individ- och samhällsrisk med avseende på risker som kan ge allvarliga konsekvenser avseende människoliv.

1.4 Underlag

Denna rapport har baserat på följande underlag:

- Rapport Bullerutredning DP Änggårde 1:5, upprättad av Sweco, daterad 2021-11-04
- Planbeskrivning: Detaljplan Änggårde, Diarienummer KS2020/1425, upprättad av Kungälv kommun, daterad 2021-11-25
- Samtal och email korrespondens med Bohus Räddningstjänstförbund
- Samtal och email korrespondens med Miljöenheten på Kungälv kommun
- Samtal med Länsstyrelsen Västra Götaland

- Samtal och email korrespondens med verksamheter listade i avsnitt 2.4.3

1.5 Riktlinjer och styrande dokument

I Sverige finns inget nationellt beslut om vad som utgör acceptabel risk. Praxis är dock att acceptanskriterier i form av *individrisk* och *samhällsrisk* tillämpas för att fastställa huruvida risknivån inom ett område är acceptabel. Nivån för vad som anses acceptabel risk kan dock variera beroende på den typ av bebyggelse som planeras.

Denna analys utgår dels från de nationella riktlinjer som redovisats i *Värdering Av Risk* [1], av Det Norske Veritas (DNV) och dels de regionala riktlinjer som anges i *RIKTSAM* [2] och den vägledning som dessa dokument tillhandahåller.

Individrisk: Ett mått på den konstanta risken en person utsätts för vid en specifik plats, till exempel på ett visst avstånd från en transportled. Individrisk är oberoende av hur många personer som påverkas.

Samhällsrisk: Ett mått på risken för en population. Samhällsrisk utgör summan av alla risker och personer inom ett område och presenteras ofta kumulativt som risken att X personer utsätts för viss händelse (ex. död).

1.5.1 Nationella riktlinjer - DNV

I rapporten *Värdering Av Risk* framtagen av Det Norske Veritas (DNV) [1] ges förslag på acceptabel risk.

För individrisk föreslås följande kriterier:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: 10^{-5} /år
- Nedre gräns för område där risker kan anses som små: 10^{-7} /år

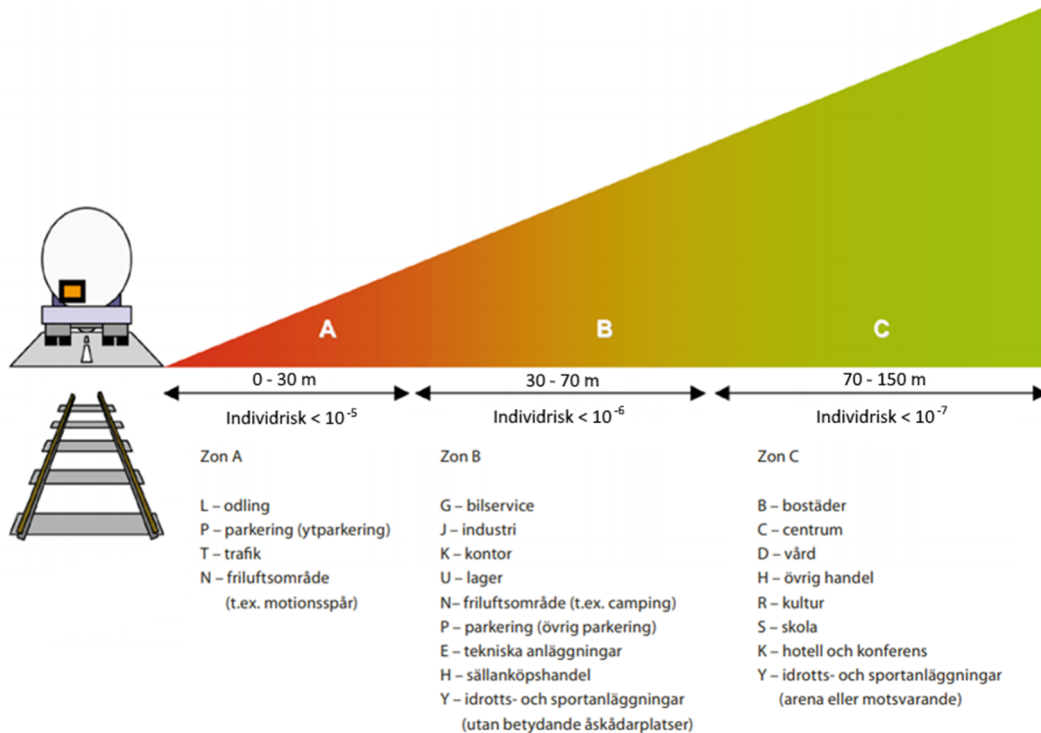
För samhällsrisk föreslås följande kriterier:

- Övre gräns där riskerna under vissa förutsättningar anses som acceptabla: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutningen på F/N -kurva -1.
- Nedre gräns där risker anses vara acceptabla: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutningen på F/N -kurva -1

Området mellan den övre och undre gränsen kallas för ALARP-området. ALARP står för *As Low As Reasonably Practicable* och innebär att riskerna kan tolereras om alla rimliga riskåtgärder har vidtagits.

1.5.2 Regionala riktlinjer - RIKTSAM

RIKTSAM [2] lägger stor fokus på att olika verksamheter har olika risktolerans och delar in verksamhetstyper i tre olika grupper beroende på känslighet. I Figur 1.1 redovisas ett flertal olika verksamheter tillsammans med tillhörande schablonsavstånd och acceptabel individrisk.



Figur 1.1: Enligt RIKTSAM förslag på bebyggelse och säkerhetsavstånd till farligt godsled samt acceptabel risknivå

RIKTSAM poängterar att dessa schablons-avstånd kan frångås under förutsättning att en riskanalys baserad på robust modell med konservativa antaganden kan visa att risken inte överstiger nivån associerad med aktuell bebyggelsetyp.

Då det aktuella området primärt utgörs av bostäder och vård (Zon C) utgörs detta acceptanskriterium av:

- Den probabilistiska riskanalysen kan påvisa att individrisken understiger 10^{-7} per år.
- Den probabilistiska riskanalysen kan påvisa att samhällsrisken understiger 10^{-5} per år där $N=1$ och 10^{-7} per år där $N=100$.

Samhällsrisken avser 1 km² med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km transportled.

1.5.3 Riktlinjer avseende drivmedelstationer

Då Länsstyrelsen i Västra Götaland inte har egna riktlinjer kring riskavstånd till bensinstationer används i denna analys följande dokument som vägledning:

- Länsstyrelsen i Stockholms dokument *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer*
- MSB:s handbok *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer*

1.5.3.1 Länsstyrelsen i Stockholms riktlinjer

Länsstyrelsen i Stockholms dokument *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer* rekommenderar följande vid exploatering i anslutning till bensinstationer:

- Inom 100 meter från en drivmedelsstation med medelstor försäljningsvolym ska alltid risksituationen och olägenheterna för människor och miljö analyseras och bedömas.
- Ur både risk-, miljö- och hälsoskyddssynpunkt bör ett minimiavstånd på 50 meter alltid hållas från drivmedelsstation till bostäder, daghem, ålderdomshem och sjukhus samt samlingsplatser utomhus där oskyddade människor uppehåller sig (exempelvis uteservering, lekplats m.m.).
- I nyplaneringsfallet (ny bebyggelse eller ny drivmedelsstation) bör alltid ambitionen vara att hålla ett avstånd på 100 meter från drivmedelsstation till bostäder, daghem, ålderdomshem och sjukhus.
- Personintensiva verksamheter bör inte lokaliseras närmare än 50 meter från en drivmedelsstation om de ska inrymma människor som kan ha svårt att snabbt genomföra en utrymning. Vid ny bebyggelse som rymmer svårutrymbara lokaler ska ett avstånd på minst 100 meter hållas.
- Om försäljning av metangas sker eller kan komma att ske i framtiden krävs oftast ett längre skyddsavstånd än för bensin.
- Byggnad bör med hänsyn till brand- och explosionsrisk (oberoende av försäljningsvolym för fordonsbränsle) inte uppföras inom ett avstånd av 25 meter från:
 - Tankfordonets lossningsplats.
 - Avluftningsanordningar från bensincistern.
 - Tankställe där fordon tankas (pump).

1.5.3.2 MSB:s riktlinjer

I MSB:s handbok *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer* rekommenderas olika säkerhetsavstånd beroende på bebyggelsetyp och hanterade ämnen. Nedanstående riktvärden för avstånd utgår från cistern under jord med brandfarlig vätska klass 1.

| Objekt | Påfyllningsanslutning till cistern [m] | Mätarskåp [m] | Pejlförskruvning [m] | Cisternavluftningens mynning [m] |
|---|--|---------------|----------------------|----------------------------------|
| Plats där människor vanligen vistas ¹ | 25 | 18 | 6 | 12 |
| Stor brandbelastning, gnistbildande verksamhet, öppen eld | 25 | 18 | 6 | 12 |
| Stationsbyggnad | 12 | 6 | 3 | 6 |
| Utrymningsväg från stationsbyggnad ² | 18 | 9 | 6 | 12 |
| Byggnad där människor vanligen inte vistas ³ eller byggnad med låg brandbelastning | 9 | 3 | 3 | 3 |
| Förråd med lösa behållare med brandfarlig vara | 12 | 3 | 3 | 6 |
| Cistern ovan mark för brandfarlig vätska | 3 | 3 | - | - |
| Starkt trafikerad väg eller gata | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Parkeringsplatser | 6 | 3 | 3 | 6 |

1. Bostad, kontor, gatukök, butik, servering, busshållplats

2. Gäller för minst en utrymningsväg. Nödutgång bör inte mynna mot pumpområdet.

3. Fristående garage, förråd etc.

1.5.4 Applicering av riktlinjer på denna analys

1.5.4.1 Individrisk

För de aktuella verksamheterna sammanfaller acceptanskriteriet för individrisk för både DNV [1] och RIKTSAM [2] då båda förespråkar ett ALARP-område mellan 10^{-5} och 10^{-7} .

I denna rapport kommer därmed ett ALARP-område mellan 10^{-5} och 10^{-7} att användas med avseende på individrisk.

1.5.4.2 Samhällsrisk

Med avseende på samhällsrisk skiljer sig de båda rapporterna något åt då DNV förespråkar ett ALARP-område med en övre och undre gräns medan RIKTSAM endast anger en acceptabel gräns. Denna gräns utgör av medelvärdet av den övre och undre gräns som förespråkas i DNV.

För att tillhandahålla ett så nyanserat beslutsunderlag som möjligt kommer båda acceptanskriterier att presenteras:

- Samhällsrisken understiger 10^{-5} per år där $N=1$ och 10^{-7} per år där $N=100$.
- Ett ALARP-område med:
 - Övre gräns om $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutningen på F/N-kurva -1.
 - Nedre gräns om $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutningen på F/N-kurva -1

1.5.4.3 Bensinstation

Bensinstationer som inte bedriver försäljning av metangas (konsumentförpackningar accepteras dock) och som ligger på ett avstånd som överstiger 100 m behandlas ej vidare då tillräckligt säkerhetsavstånd bedöms tillhandahållas. Om säkerhetsavstånd understiger 100 m alternativt om försäljning av metangas sker i större skala beräknas individrisk och samhällsrisk enligt samma principer som för farligt gods.

2 Förutsättningar och indata

2.1 Områdesbeskrivning

Änggårde 5:1 ligger norr om Kungälv stadskärna. På andra (västra) sidan Trollhättevägen utgörs majoriteten av bebyggelsen av industrier, verkstäder samt sällanköpshandel och verksamheter som normalt inte gör sig lämplig inne i centrum. Öster om Trollhättevägen, på samma sida som planområdet, utgörs majoriteten av bebyggelsen av bostäder och skolverksamhet.

Det planerade planområdet kommer utgöras av vård- och omsorgsboende, bostäder och centrumverksamhet. Närmast Trollhättevägen planeras ett mindre parkområde. I Figur 2.1 redovisas en schematisk modell över planområdet där Trollhättevägen markerats med röd streckad linje.



Figur 2.1 Trollhättevägen har markerats i rött följt av parkområde, bostadsområde och längst bort från vägen vård- och omsorgsboende.

2.1.1 Persontäthet och fördelning

Enligt statistik från SCB ligger den genomsnittliga persontätheten i Sveriges tätorter på ca 1 423 personer/km² [3]. Då Änggårde 5:1 till stor del utgörs av flerbostadshus och vårdboende i fem plan förväntas dock persontätheten inom planområdet signifikant överstiga detta genomsnitt.

Enligt planbeskrivning för Änggårde 5:1 planeras inom det 0,035 km² stora planområdet:

- 250 bostäder
- 90 vård- och omsorgsplatser

Denna rapport har antagit totalt 700 personer inom planområdet. Detta baserat på antagande att det i varje bostad bor två personer [4], 1 person per vård- och omsorgsplats samt ytterligare 110 personer som representerar anställda och passerande personer som inte fångas i ovan siffror.

700 personer på en yta om ca 0,035 km² medför en persontäthet om ca 20 000 personer/km²

Under nattid (utgör 8 h per dygn) antas 100 % av dessa befinna sig inom området. Under dagtid förväntas dock endast 50 % befinna sig inom området. Detta motsvarar en persontäthet på cirka 10 000 personer/km².

Följande persontäthet kommer att användas vid beräkning av samhällsrisk:

- Dagtid: 350 personer
- Nattid: 700 personer

Dagtid antas 20 % av befolkningen vistas utomhus och resterande 80 % inomhus. Nattetid antas 99 % av befolkningen befinna sig inomhus och endast 1 % utomhus [5].

2.2 Klasser och benämning

Tillståndspliktiga ämnen benämns och delas in olika beroende på sammanhang. Farligt godstransporter på väg regleras under ADR medan transporter på räls regleras under RID och delas i båda fall in i klasserna 1-9 baserat på dess egenskaper.

I denna rapport refereras ämnen generellt till efter den indelning som görs vid hantering av farligt gods på väg (ADR). Det innebär att hanterade ämnen delas in efter sin primära riskfaktor.










Undantaget är brandfarliga vätskor som även delas in i följande klasser:

- Klass 1 - Vätskor med en flampunkt under 21 °C.
Klass 2a - Vätskor med en flampunkt lika med eller över 21 °C, men under eller lika med 30 °C.
- Klass 2b - Vätskor med flampunkt över 30 °C, men under eller lika med 55 °C.
- Klass 3 - Vätskor med flampunkt över 55 °C, men under eller lika med 100 °C.

För att inte förväxlas med klassning enligt farligt gods (ADR) skrivs dessa uttryckligen "*brandfarlig vätska*" framför klassningen.

I Tabell 2.1 redovisas de olika ADR-klasserna tillsammans med tillhörande skyltning.

Tabell 2.1: Farligt gods klasser och tillhörande skyltning

| | | |
|---|--|---|
| <p>Klass 1 Explosiva ämnen och föremål</p>  | <p>Klass 2 2.1 – Brandfarliga gaser 2.2 – Giftiga gaser 2.3 – Ej Brandfarliga, ej giftiga gaser</p>  | <p>Klass 3 Brandfarliga vätskor</p>  |
| <p>Klass 4 4.1 - Brandfarliga fasta ämnen 4.2 - Självantändande ämnen 4.3 - Ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten</p>  | <p>Klass 5 5.1 – Oxiderande ämnen 5.2 – Organiska peroxider</p>  | <p>Klass 6 6.1 – Giftiga ämnen 6.2 – Smittförande ämnen</p>  |
| <p>Klass 7 Radioaktiva ämnen</p>  | <p>Klass 8 Frätande ämnen</p>  | <p>Klass 9 Övriga farliga ämnen</p>  |

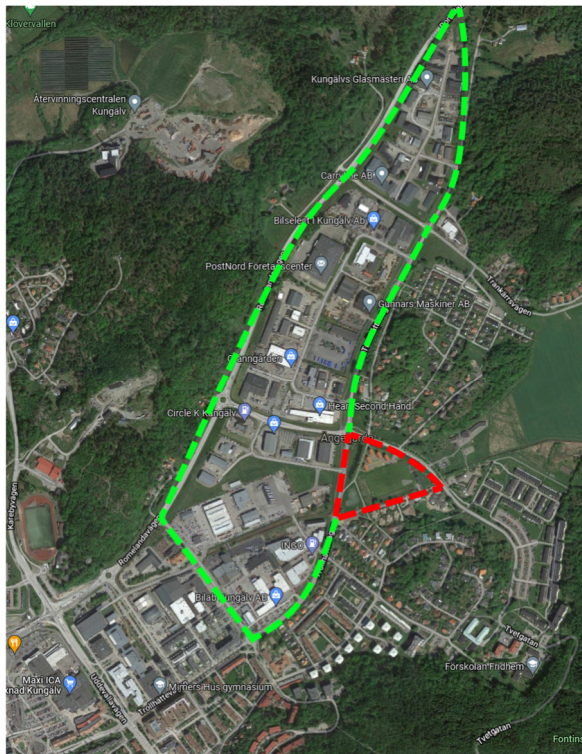
2.3 Riksinventering

Riksinventeringen utförs dels för att kartlägga transporter av farligt gods längst Trollhättevägen och dels för att identifiera närliggande verksamheter som kan komma att direkt påverka planområdet vid ett eventuellt utsläpp eller brand.

Riskobjekt som efterfrågats utgörs av verksamheter som:

- är tillståndspliktiga eller anmälningspliktiga enligt miljöprövningsförordning
- är tillståndspliktig hantering enligt lagen om brandfarlig och explosiva varor
- utgör farliga verksamheter enligt LSO 2 kap. 4§ och Seveso
- av annan anledning uppmärksammas kunna medföra särskild risk vid olycka.

I Figur 2.2 redovisas området som inventerats i grönt tillsammans med planområdet i rött.



Figur 2.2 Änggårde 5:1 markerat i rätt och aktuellt inventeringsområde i grönt

2.3.1 Identifierade verksamheter

Verksamheter med tillståndspliktig hantering enligt lagen om brandfarlig och explosiva varor utgörs av:

- Ingo (bensinstation)
- OKQ8 (bensinstation)
- Circle K (bensinstation)
- Mekonomen (bilverkstad)
- Scooterspecialisten
- Bilab (bilförsäljning)
- Svensk Airbag (tillverkning)
- Granngården (butik)
- Renta AB (uthyrning av maskiner)
- Romelanda motorsågsservice AB (butik och service)

Räddningstjänsten har även identifierat följande verksamheter med hög och/eller giftig brandbelastning:

- Euomaster (däckverkstad och -lager, ca 40 m från planområdet)
- Colorama (försäljning av färg och lösningsmedel, ca 50 m från planområdet)
- Ringtjänst Däck & Släpv service i Kungälv AB (däckverkstad, ca 65 m från planområdet)

Verksamheter som är anmälningspliktiga enligt miljöprövningsförordning utgörs av:

- Ingo (bensinstation)
- OKQ8 (bensinstation)
- Circle K (bensinstation)
- Nobina Sverige AB (bussbolag)

- Lebu AB (bussbolag)
- Carryline AB
- Formpac (plastindustri)
- Verktygsteknik i Kungälv AB (plastindustri)
- Dösebacka lackering (fordonslackering)

Inga verksamheter inom området har identifierats som farlig verksamhet enligt LSO 2 kap. 4§ och Seveso eller som tillståndspliktiga enligt miljöprövningsförordning.

Miljöenheten på Kungälv har även tillhandahållit en egen inventering av närområdet. Denna inventering är ej heltäckande men har använts som komplement till de anmälningspliktiga verksamheterna. Många av verksamheterna i denna inventering har kunnat uteslutas direkt; följande verksamheter har dock kontaktats under kartläggningen:

- Hardex Component AB
- Tapflo AB
- Colorama färg
- Kalles Bilelektriska AB
- Hogmalms Bil & Plåt AB
- Roy Andersson Bilbolaget Kungälv

Inga av dessa verksamheter visade sig hantera några beaktningsvärda mängder ADR-klassade ämnen.

2.3.1.1 Ingo

Ingo ligger på ett avstånd på ca 105 m från aktuellt planområdet (mätt till påfyllnadsanslutning). Till närmaste planerade byggnad uppgår avståndet till cirka 140 m.

Enligt uppgifter från Bohus Räddningstjänstförbund har Ingo tillstånd att hantera brandfarlig och explosiv vara enligt Tabell 2.2.

Tabell 2.2: Tillstånd för brandfarlig och explosiv varor – OKQ8

| Ämne | Mängd | ADR Klass |
|----------------------------|-------------------|-----------|
| Brandfarlig vätska Klass 1 | 70 m ³ | Klass 3 |
| Brandfarlig vätska Klass 3 | 10 m ³ | Klass 3 |

Enligt uppgifter från verksamheten medför detta ca 3 transporter i veckan med tankbilar om 50-55 m³.

Transport till och från verksamheten kan komma att passera planområdet.

2.3.1.2 OKQ8

OKQ8 ligger på ett avstånd på ca 285 m från aktuellt planområdet (mätt till påfyllnadsanslutning).

Enligt uppgifter från Bohus Räddningstjänstförbund har OKQ8 tillstånd för hantering av brandfarlig och explosiv vara enligt Tabell 2.3.

Tabell 2.3:Tillstånd för brandfarlig och explosiv varor – OKQ8

| Ämne | Mängd | ADR Klass | Kommentar |
|-----------------------------|---------------------|-----------|--------------|
| Brandfarlig vätska Klass 1 | 77,3 m ³ | Klass 3 | |
| Brandfarlig vätska Klass 2b | 1 m ³ | Klass 3 | Spolarvätska |
| Brandfarlig vätska Klass 3 | 50 m ³ | Klass 3 | |
| Gasol | 0,72 m ³ | Klass 2.1 | 300 kg |

Då verksamheten ligger på ett avstånd om 285 m från planområdet och endast hanterar upp emot 0,72 m³ gasol förväntas en olycka inom verksamheten inte direkt påverka planområdet.

Efter dialog med verksamheten har det konstaterats att Diesel och 95 oktanic bensin levereras ca två gånger i veckan (sker vid samma tillfälle och bil). Leverans av E85 samt 98 oktanic bensin sker cirka en gång i kvartalet.

Gasol levereras och säljs endast i konsumentförpackningar varvid dessa ej bedöms utredas vidare.

Transport till och från verksamheten kan komma att passera planområdet även om Romelandavägen utgör primära leveransrutt.

2.3.1.3 Circle K

Circle K ligger på ett avstånd på ca 290 m från aktuellt planområdet (mätt till påfyllnadsanslutning).

Enligt uppgifter från Bohus Räddningstjänstförbund har Ingo tillstånd för hantering av brandfarlig och explosiv vara enligt Tabell 2.4.

Tabell 2.4:Tillstånd för brandfarlig och explosiv varor – Circle K

| Ämne | Mängd | ADR Klass | Kommentar |
|--------------|--------------------|-----------|--|
| E 85 | 10 m ³ | Klass 3 | Brandfarlig vätska Klass 1 |
| 95 oktan | 50 m ³ | Klass 3 | Brandfarlig vätska Klass 1 |
| Diesel | 20 m ³ | Klass 3 | Brandfarlig vätska Klass 3 |
| 98 oktan | 10 m ³ | Klass 3 | Brandfarlig vätska Klass 1 |
| Kemetyl | 3,5 m ³ | Klass 3 | Olika brandfarliga vätskor såsom ex. spolarvätska, kylarvätska och tändarvätska i brandfarlig vätska Klass 1 och Klass 2 |
| Gasol | 0,5 m ³ | Klass 2.1 | |
| Spolarvätska | 2 m ³ | Klass 3 | Brandfarlig vätska Klass 2b |

Då verksamheten ligger på ett avstånd om 290 m från planområdet och endast hanterar upp emot 0,5 m³ gasol förväntas en olycka inom verksamheten inte direkt påverka planområdet.

Dialog med verksamheten har även konstaterat att all transport av bränsle sker via Romelandavägen varvid verksamheten ej förväntas bidra med transport av farligt gods längst Trollhättevägen.

Vidare analys av Circle K krävs därmed ej.

2.3.1.4 Nobina

Nobina bedriver bussverksamhet och har reparationsverkstad, drivmedelsdepå och tvättanläggning på ett avstånd på ca 125 m från aktuellt planområdet.

Efter dialog med verksamheten har det konstaterats att upp emot 30 m³ HVO diesel förvaras i tank på området på ett avstånd från planområdet på ca 225 m. Tanken fylls på ca 2 gånger i månaden. HVO diesel utgör ADR-klass 3.

Nobina noterade att verksamhetens förvaring anpassas efter behov och att framtida verksamhet kan medföra både ökad användning av HVO så väl som användning av alternativa drivmedel.

Transport till och från verksamheten kan komma att passera planområdet även om leverans vid södra delen av Trollhättevägen utgör troligare leveransrutten.

2.3.1.5 Lebu AB

Lebu AB bedriver bussverksamhet och har bussrangering, drivmedelsdepå och tvättanläggning på ett avstånd på ca 180 m från aktuellt planområdet.

Efter dialog med verksamheten har det konstaterats att upp emot 20 m³ RME (Rapsolja) förvaras i tank på området. Tanken fylls på ca 3 gånger i veckan.

Då rapsoljan ej utgör farligt gods bedöms vidare utredning av Lebu AB ej nödvändig.

2.3.1.6 Mekomanen

Mekonomen ligger på ett avstånd på ca 200 m från aktuellt planområdet (mätt till närmaste byggnadsdel).

Enligt uppgifter från Bohus Räddningstjänstförbund har Mekonomen tillstånd för hantering av brandfarlig och explosiv vara enligt Tabell 2.5.

Tabell 2.5: Tillstånd för brandfarlig och explosiv varor – Mekonomen

| Ämne | Mängd | ADR Klass | Kommentar |
|------------------------------|-------|-----------|---|
| Brandfarlig vätska Klass 1 | 100 L | Klass 3 | |
| Brandfarlig vätska Klass 2 a | 650 L | Klass 3 | |
| Gas | 10 L | Klass 2.1 | |
| Aresoler | 100 L | Klass 2 | 10 L enligt tillstånd men ska vara 100 L enligt verksamheten. |

Enligt uppgifter från verksamheten sker leveranser normalt 2-3 gånger i månaden. Då all leverans sker i konsumentförpackningar (3-4 L dunkar för vätska och mindre behållare för gaser och aerosoler) förväntas leveranser ej bidra med en beaktningsvärd risk.

Vidare analys av Mekonomen krävs därmed ej med avseende på transport av farligt gods.

2.3.1.7 Scooter Specialisten

Scooter Specialisten ligger på ett avstånd på ca 370 m från aktuellt planområdet (mätt till närmaste byggnadsdel) och har tillstånd att hantera upp till 100 kg pyroteknisk vara.

Då tillträde till Scooter Specialisten endast sker via Byggmästaregatan behöver transporter till och från byggnaden inte passera planområdet. Detta, tillsammans med avståndet på ca 370 m medför att verksamheten ej kommer att utredas vidare.

2.3.1.8 Bilab Kungälv AB

Bilab Kungälv AB ligger på ett avstånd på ca 220 m från aktuellt planområdet (mätt till närmaste byggnadsdel).

Enligt uppgifter från Bohus Räddningstjänstförbund har Bilab tillstånd för hantering av brandfarlig och explosiv vara enligt Tabell 2.5.

Tabell 2.6: Tillstånd för brandfarlig och explosiv varor – Bilab

| Ämne | Mängd | ADR Klass |
|--------------|------------------|-----------|
| Spolarvätska | 5 m ³ | Klass 3 |
| Aresoler | 390 L | Klass 2 |

Enligt uppgifter från verksamheten sker leverans av spolarvätska i 200 L fat cirka 4 gånger per år. Inga av leveranserna sker dock på Trollhättevägen varvid vidare utredning av Bilab ej krävs.

2.3.1.9 Svensk Airbag AB

Svenska Airbag ligger på ett avstånd på ca 130 m från aktuellt planområdet (mätt till närmaste byggnadsdel) och har tillstånd att hantera upp till 12 000 enheter med pyroteknisk utrustning (PU-enheter).

PU-enheter paketeras en och en i kartonger och staplas på pallar. Transport av mellan 150-300 PU-enheter sker 2 gånger per dag. Då transporter endast sker mellan den aktuella verksamheten och Rollsbo samt Torslanda finns ingen anledning för transporter att fortsätta norrut och förbi det aktuella planområdet. Detta innebär att transporter som närmast passerar planområdet på ca 100 m avstånd vilket inte är tillräckligt nära för direkta konsekvenser utifrån transporterad mängd.

Baserat på detta kommer transporter från Svenska Airbag ej att utredas vidare.

2.3.1.10 Granngården

Granngården ligger på ett avstånd på ca 250 m från aktuellt planområdet (mätt till närmaste byggnadsdel).

Enligt uppgifter från Bohus Räddningstjänstförbund har Granngården tillstånd för hantering av brandfarlig och explosiv vara enligt Tabell 2.5.

Tabell 2.7: Tillstånd för brandfarlig och explosiv varor – Granngården

| Ämne | Mängd | ADR Klass |
|-----------------------------|--------------------|-----------|
| Brandfarlig vätska Klass 1 | 3 m ³ | Klass 3 |
| Brandfarlig vätska Klass 2a | 1,4 m ³ | Klass 3 |
| Brandfarlig vätska Klass 3 | 400 L | Klass 3 |
| Gas | 600 L | Klass 2.1 |
| Aerosoler | 600 L | Klass 2 |

Enligt uppgifter från verksamheten sker leveranser av:

- Bensin: 1 gång i månaden
- Spolarvätska 1-2 gånger om året
- Gasol: 1 gång i veckan (under högsäsong)

Spolarvätska och aerosoler leverans i konsumentförpackningar och förväntas ej bidra med en beaktningvärd risk.

2.3.1.11 Renta AB

Renta AB ligger på ett avstånd på ca 300 m från aktuellt planområdet (mätt till närmaste byggnadsdel).

Enligt uppgifter från Bohus Räddningstjänstförbund har Renta tillstånd för hantering av brandfarlig och explosiv vara enligt Tabell 2.8.

Tabell 2.8: Tillstånd för brandfarlig och explosiv varor – Renta AB

| Ämne | Mängd | ADR Klass |
|------------------------------|------------------|-----------|
| Brandfarlig vätska Klass 1 | 1 m ³ | Klass 3 |
| Brandfarlig vätska Klass 2 a | 2 m ³ | Klass 3 |
| Gas | 1 m ³ | Klass 2.1 |
| Aerosoler | 1 m ³ | Klass 2 |

Enligt uppgifter från verksamheten leverera gasol i (20 kg tuber) ca 2-3 gånger om året. Dessa bedöms, till följd av den begränsade förpackningsvolymen, ej bidra med beaktningvärd risk för det aktuella planområdet.

Aerosoler utgörs endast av konsumentförpackningar (sprayflaskor) och beaktas ej vidare.

Utöver detta säljs bensindunkar i 5 respektive 20 liters dunkar. Då dessa levereras i konsumentförpackningar förväntas dessa dunkar ej bidra med en beaktningvärd risk vid transport.

Dieseltank på området fylls på ca 4-6 gånger per år och kommer att beaktas i vidare analys av transport av farligt gods.

2.3.1.12 Romelanda motorsågsservice AB

Romelanda motorsågsservice AB ligger på ett avstånd på ca 250 m från aktuellt planområdet (mätt till närmaste byggnadsdel).

Enligt uppgifter från Bohus Räddningstjänstförbund har Romelanda motorsågsservice tillstånd för hantering av brandfarlig och explosiv vara enligt Tabell 2.9.

Tabell 2.9: Tillstånd för brandfarlig och explosiv varor – Romelanda motorsågsservice AB

| Ämne | Mängd | ADR Klass |
|--------------------|--------------------|-----------|
| Acetylen | 5 L | Klass 2 |
| Bensin cistern | 6 m ³ | Klass 3 |
| Spillolja | 200 L | Klass 3 |
| Bensin styckevaror | 1,5 m ³ | Klass 3 |

Acetyl och spillolja bedöms ej utgöra beaktningvärd risk till följd av den begränsade mängden.

Leverans av bensin sker till verksamheten ca 1 gång i veckan (under högsäsong, varannan vecka under lågsäsong) och utgöra underlag till vidare analys.

2.3.1.13 Colorama

Samtal med verksamheten kunde konstatera att ingen hantering av farligt gods sker då brandfarlig och giftig färg har fasats ut.

Colorama kommer därmed ej att utredas vidare.

2.3.1.14 Carryline AB

Samtal med verksamheten kunde konstatera att ingen hantering av farligt gods sker.

Carryline är anmälningspliktig till följd av hantering av plastgranulat (små plastkolor).

Carryline kommer därmed ej att utredas vidare.

2.3.1.15 FormPac

Samtal med verksamheten kunde konstatera att ingen hantering av farligt gods sker.

Enligt verksamheten är anmälningsplikten kopplat till hantering och transport av upp till 100 L spillolja per år.

Dessa mängder bedöms som försumbara med avseende riskpåverkan på planområdet.

FormPac kommer därmed ej att utredas vidare.

2.3.1.16 Verktygsteknik i Kungälv AB

Samtal med verksamheten kunde konstatera att ingen hantering av farligt gods sker.

Verktygsteknik är anmälningspliktig till följd av hantering av stora mängder plast som ej klassas som farligt gods.

Verktygsteknik kommer ej att utredas vidare.

2.3.1.17 Dösebacka lackering

Samtal med verksamheten kunde konstatera att verksamheten endast tar emot små mängder (upp till 5 L) färg och lackeringsmedel. Leverans sker ca en gång i veckan och omfattar normalt 2-3 förpackningar. Dessutom fortsätter inte leveranser förbi det aktuella planområdet.

Dösebacka lackering kommer därmed ej att utredas vidare.

2.3.1.18 Ringtjänst Däck & Släp service i Kungälv AB

Ringtjänst Däck & Släp ligger på ett avstånd på ca 65 m från aktuellt planområdet (mätt till närmaste byggnadsdel) och innefattar bilverkstad och däcklager. Ingen tillståndspliktig hantering sker inom verksamheten men däcklagret förväntas vid en eventuell brand kunna medföra kraftig och giftig rökutveckling.

Däcklagret uppgår enligt uppgifter från verksamheten till ca 100 m² vilket kommer ligga till grund för simulering av brandgaser.

2.3.1.19 Euromaster Kungälv

Euromaster ligger på ett avstånd på ca 70 m från aktuellt planområdet (mätt till närmaste lagerdelen av byggnaden) och innefattar bilverkstad och däcklager. Verksamheten bedriver ingen tillståndspliktig hantering av farliga ämnen men däcklagret förväntas vid en eventuell brand kunna medföra kraftig och giftig rökutveckling.

Däcklagret uppgår enligt uppgifter från verksamheten till 810 m² vilket kommer ligga till grund för simulering av brandgaser.

2.4 Transport av farligt gods

Trollhättevägen utgör ej rekommenderad väg för transport av farligt gods. Dessutom finns förbud mot genomfartstrafik med tung trafik en bit längre söder ut på vägen (mellan Uddevallavägen och Byggmästaregatan) vilket generellt gör Romelandsvägen till en lämpligare transportled för många av verksamheterna inom industriområdet nordväst om Änggårde 5:1. En beaktningsvärd mängd tung trafik förväntas dock fortfarande nyttja Trollhättevägen för att nå anmälningspliktiga verksamheter nordväst om planområdet.

Samtliga verksamheter som förväntas bidra till transporter av farligt gods har frågats huruvida deras leveranser passerar planområdet eller om leverans sker via Romelandavägen. Majoriteten av verksamheterna kunde dock inte med säkerhet säga att leveranser inte passerade planområdet men att transport via Romelandavägen utgjorde en troligare rutt.

I analysen antas konservativt att alla transporter, där verksamheten inte specifikt sagt att leveranser ej sker via aktuell del av Trollhättevägen, passerar planområde i båda riktningar.

2.4.1 Trafik och olycksfrekvens

Underlag för den aktuella transportleden, Trollhättevägen, har baserat på den trafik och bulleranalys som tagits fram av Sweco¹. Detta underlag har applicerats på Tabell 2.2 i *Farligt gods - Riskbedömning vid transport* [6] som återskapats i Bilaga A.

Enligt transportstatistik utgörs ca 2 % av allt gods som transporteras inom Sverige av någon form av farligt gods [7]. Beaktas det faktum att farligt gods tenderar att transporteras längre sträckor än övrigt gods så ökar denna andel något. Mot bakgrund av detta har andelen av den tunga trafiken som antas transportera farligt gods ansatts till 4 %.

I Tabell 2.10 presenterar den trafikdata som använts för att beräkna olycksfrekvensen för farligt gods längst en standardsträcka på 1 km längst det aktuella planområdet samt den förväntade frekvensen av farligt godsolyckor. Se Bilaga A för detaljer.

Tabell 2.10: Indata och resultat vid beräkning av olycksfrekvens för farligt gods

| Väg | Trollhättevägen |
|----------------------------|-----------------|
| ÅDT _{Total} | 5672 |
| ÅDT _{Tung trafik} | 386 |
| ÅDT _{FG} | 15,44 |
| Bebyggelse | Tätort |
| Hastighet | 50 km/h |
| Gatu/Vägartyp | Gata/Väg |
| OK | 1,2 |
| SO _{Andel} | 0,15 |
| Index _{FG} | 0,03 |
| TA | 2,07 |
| Olyckor _{Totalt} | 2,48 |

¹ Rapport Bullerutredning DP Änggårde 1:5, daterad 2021-11-04

2.4.2 Fördelning av farligt godstyper baserat på riksinventering

Baserat på inventeringen i Avsnitt 2.3 kommer analysen att baseras farligt godstransporter enligt Tabell 2.11.

Tabell 2.11 Antal farligt godstransporter per år som respektive beaktad verksamhet bidrar med

| | ADR-Klass | Transportbidrag [ÅDT] | Kommentar |
|----------------------------|-----------|-----------------------|---|
| Ingo | Klass 3 | 0,85 | Leverans 3 ggr/veckan antas passera området både till och från verksamheten. Totalt passeras området <u>312</u> gånger på ett år. |
| OKQ8 | Klass 3 | 0,59 | Leverans 2 ggr/veckan plus 4 gg/året antas passera området både till och från verksamheten. Totalt passeras området <u>216</u> gånger på ett år. |
| Nobina | Klass 3 | 0,13 | Leverans 2 ggr/månad antas passera området både till och från verksamheten. Totalt passeras området <u>48</u> gånger på ett år. |
| Granngården | Klass 3 | 0,07 | Leverans 1 gång i månaden antas passera området både till och från verksamheten. Totalt passeras området <u>24</u> gånger på ett år. |
| | Klass 2.1 | 0,28 | Leverans 1 gång i veckan antas passera området både till och från verksamheten. Totalt passeras området <u>104</u> gånger på ett år. |
| Renta | Klass 3 | 0,03 | Diesel körs 6 gånger om året och antas passera området både till och från verksamheten. Totalt passeras området <u>12</u> gånger på ett år. |
| Romelanda motorsågsservice | Klass 3 | 0,28 | Leverans 1 gång i veckan antas passera området både till och från verksamheten. Totalt passeras området <u>104</u> gånger på ett år. |
| Totalt: | | 2,23 | Totalt passeras området 820 gånger på ett år. |

Den relativa fördelningen mellan de olika ADR-klasser presenteras i Tabell 2.12.

Tabell 2.12: Fördelning av farligt godstransporter baserat på ADR-klassning

| ADR-Klass | Trollhättevägen | |
|----------------|-----------------|--------------|
| | Antal [ÅDT] | Andel |
| 1 | - | - |
| 2.1 | 0,28 | 12,6 % |
| 2.2 | - | - |
| 3 | 1,95 | 87,4 % |
| 4 | - | - |
| 5 | - | - |
| 6 | - | - |
| 7 | - | - |
| 8 | - | - |
| 9 | - | - |
| Totalt: | 2,23 | 100 % |

2.4.3 Fördelning av farligt godstyper baserat på nationell statistik

I känslighetsanalysen beräknas även resultat där fördelningen av farligt gods baseras på nationell statistik. I Tabell 2.13 redovisas den fördelning av farligt gods-klasser som ligger till grund för analysen.

Tabell 2.13: Fördelning av ADR-klasser enligt RIKTSAM [2] baserat på vikt

| ADR-Klass | Andel |
|------------|---------|
| Klass 1 | 0,90 % |
| Klass 2.1* | 3,66 % |
| Klass 2.2* | 8,34 % |
| Klass 3 | 76,90 % |
| Klass 4 | 0,90 % |
| Klass 5 | 1,20 % |
| Klass 6 | 0,60 % |
| Klass 7 | 0,10 % |
| Klass 8 | 7,20 % |
| Klass 9 | 0,30 % |

*Fördelning av ADR-klass 2 baseras på Kartläggning av farligt godstransporter MSB 2006 [8]

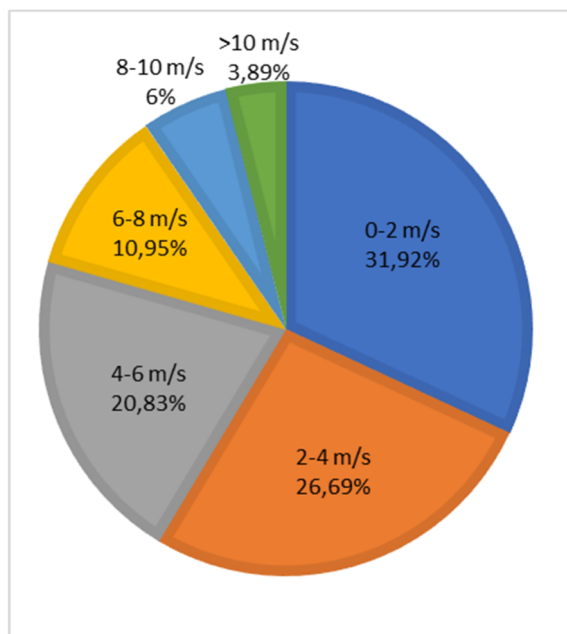
2.5 Direkt påverkan från närliggande verksamheter

Inga verksamheter i närområdet hanterar större mängder brandfarlig eller giftig gas som medför ett skadeområde som når fram till planområdet. Analys av olycka inom närliggande verksamhet begränsas därmed till påverkan av giftiga brandgaser vid en eventuell brand.

Påverkan från brand kommer ej att beaktas vid beräkning av samhällsrisk eller individrisk. Detta eftersom konsekvenserna till följd av brandgasspridning på dessa avstånd sällan resulterar i dödsfall. I stället kommer resultaten att behandlas kvalitativt utifrån den planerade bebyggelsen.

2.6 Vind och väder

Beräkningar för spridning av brandfarlig och giftig gas har baserats på vind- och väderdata hämtats från SMHI tjänst för meteorologiska observationer [9] och baseras på strax under 106 000 mätningar mellan 1951-01-01 och 2006-12-05. I Figur 2.3 har denna data sammanställts.

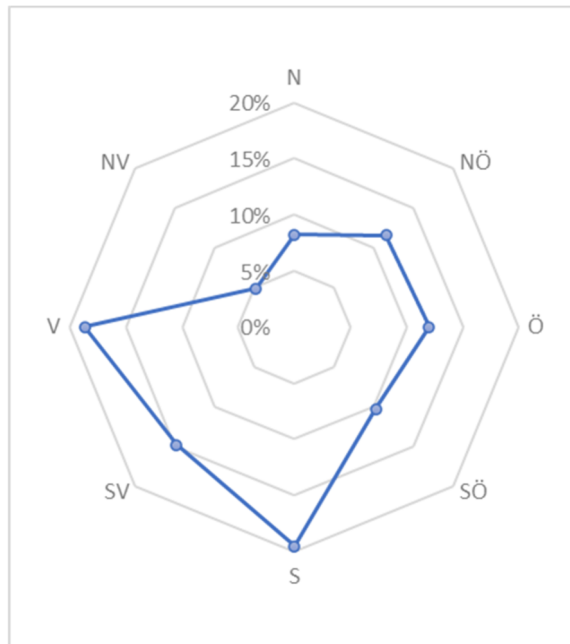


Figur 2.3: Fördelning, vindhastighet, medelvärden under 10 minuter

Stabilitetsklass **F** har antagits råda för vindhastigheter mellan 0-2 m/s stabilitetsklass **D** i övriga fall. Detta baseras på att Klass **D** är ofta förekommande och representerar genomsnittliga förhållanden och Klass **F** utgör ett "värsta tänkbara fall". På så vis utgör "värsta tänkbara"-scenariot hela 31,9 % av beräknade läckor vilket anses konservativt. Sammanställning av använda scenarier redovisas i Tabell 2.14.

Tabell 2.14: Fördelning av vindhastigheter och stabilitetsklass

| Sannolikhet | Stabilitetsklass | Vindhastighet |
|-------------|------------------|---------------|
| 31,9 % | F | 2 m/s |
| 26,7 % | D | 4 m/s |
| 20,8 % | D | 6 m/s |
| 20,6 % | D | 8 m/s |



Figur 2.4: Vindros för det aktuella området

I Figur 2.4 redovisas sannolikheten för vindriktningar kring det aktuella området. Då Trollhättevägen löper väster om det aktuella området har summan av sannolikheten för vindriktningarna Söder, Öster och Sydost inkluderats vid beräkning av sannolikheten för spridning av gaser. För vindriktningarna Söder och Norr som löper längst med Trollhättevägen har halva sannolikheten inkluderats.

Den totala sannolikheten att vinden är riktad mot det aktuella området ($V_{planområde}$) uppgår därmed till 0,52.

2.7 Scenarios sannolikhet

För att beräkna den risk som transport av de olika klasserna medför måste sannolikheter ansättas de olika scenarierna. Sannolikheter baseras främst på studier och statistik men i vissa fall måste ingenjörsmässiga antaganden och uppskattningar göras. Då antaganden med avseende på sannolikheter gjorts har dessa antaganden jämförts med vad som anses praxis och/eller bransch-standard.

Då känslighetsanalysen baserat på nationell fördelning innefattar ADR-klasser som ej identifierats i Avsnitt 2.4.2, redovisas sannolikheter även för dessa.

I Figur 2.5 i slutet av detta kapitel visualiseras sannolikheten för samtliga behandlade scenarier övergripande.

2.7.1 Explosion

Scenarier som antas kunna medföra explosion utgörs av transporter med antingen ADR-klass 1 eller ADR-klass 5. För scenarier som innefattar explosion baseras beräkningar på data för TNT.

2.7.1.1 Klass 1

Transport av explosiv vara i form av ADR-klass 1 antas kunna medföra två typer av scenarier som leder till explosion. Det ena scenariot utgörs av att fordonet vid olyckstillfället antänds

och sedan sprids till godset vilket initierar explosion. Det andra scenariot utgörs av att olyckan medför en så pass kraftig stöt att explosion sker.

Under perioden 1994-1999 rapporterades i Sverige i snitt 66 fordonsbränder per år. Under samma period rapporterades i snitt 15 700 trafikolyckor med personskada per år [10]. Baserat på detta uppskattas sannolikheten för brand i fordon vid olycka till 0,4 %. Sannolikheten att en fordonsbrand sprider sig till lasten antas uppgå till 50 %.

Underlag för att bedöma sannolikheten för att stöt leder till explosion är begränsad. Sannolikheten för explosion till följd av kraftig stöt uppskattas dock vara mycket låg. Kraven för transportfordon med massexplosiva ämnen innebär bland annat att energin vid en kollision ska tas upp av olika energiabsorberande zoner. Därmed antas sannolikheten för att en trafikolycka medför en så kraftig stöt att detta leder till explosion inte vara större än sannolikheten för att ett fordon börjar brinna vid en trafikolycka, det vill säga 0,4 %.

20 % av transporter av ADR-klass 1 antas ske med fullastat fordon med en max last på 16 ton medan resterande 80 % av transporterna antas ske i mindre bilar med last om max 1 ton.

2.7.1.2 Klass 5

Oxiderande ämnen (ADR-klass 5.1) och organiska peroxider (ADR-klass 5.2) kan vid upphettning, kontakt med organiska ämnen (så som bensin, diesel eller motorolja) eller vid kraftiga stöt leda till brand eller explosion.

Olycka med klass 5 ämnen antas konservativt alltid medföra explosion. Mindre brand beaktas således inte i denna analys utan antas antingen ingå i resultaten för explosion eller endast medföra försumbara konsekvenser.

Om en fordonstank (den egna eller fordon inblandat i olyckan) skadas vid olycka kan detta medföra att ett oxiderande ämne läcker ut och blandas med fordonsbränsle vilket kan medföra att en explosiv blandning uppstår. En lastbil med full tank antas kunna bidra med cirka 400 liter diesel, vilket leder till att en explosiv blandning motsvarande cirka 4 ton TNT. Detta scenario bedöms ske med 10 % sannolikhet.

2.7.2 Brandfarlig gas - Klass 2.1

För scenarier som innefattar brandfarlig gas baseras beräkningar på data för gasol (propan) då detta både utgör ett vanligt förekommande ämne och medför stora konsekvenser.

Enligt *"Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail"* [11] kan sannolikheten för omedelbar antändning (jetflamma och BLEVE) av gasol ansättas till 10 % vid litet läckage och 20 % för stort läckage. Motsvarande sannolikhet för fördröjd antändning (gasmolnsexplosion) anges som 50 % respektive 80 %. För ett mellanstort läckage har medelvärdet av dessa värden antagits; 15 % risk för omedelbar antändning och 65 % för fördröjd antändning.

2.7.2.1 BLEVE

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) kan ske då en tank utsätts för plötslig värmepåverkan så att dess innehåll släpps ut momentant i ett kraftigt eldklot. För att en BLEVE ska uppstå krävs dels en extern värmekälla i form av att en brand eller jetflamma samt att behållarens tryckavlastning inte fungerar eller är otillräcklig. I *"Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail"* kommenteras att sannolikheten att

BLEVE skulle uppstå vid vägtransportolycka är mycket osannolik då detta kräver jetflammapåverkan från en tank till en annan. Med detta i åtanke har sannolikheten satts till 1 %.

2.7.2.2 Gasmolnexplosion

Gasmolnexplosion uppstår när antändningen av ett läckage är fördröjd och brandfarlig gas ges tid att sprida ut sig över ett större område. Av denna anledning ökar sannolikheten för att explosioner sker med läckagestorleken enligt avsnitt 2.7.2.

2.7.2.3 Jetflamma

Jetflamma uppstår när antändningen sker omedelbart och i direkt anslutning till ett läckage som strömmar ut ur en tank under högt tryck. Då sannolikheten för omedelbar antändning ansätts till 10 %, 15 % respektive 20 % enligt avsnitt 2.7.2 och BLEVE har antagits utgöra 1 % av utfallen oavsett läckagets storlek kvartår 9 %, 14 % respektive 19 % sannolikhet för att jetflamma ska uppstå vid litet, mellan och stort läckage.

2.7.3 Brandfarlig vätska – Klass 3

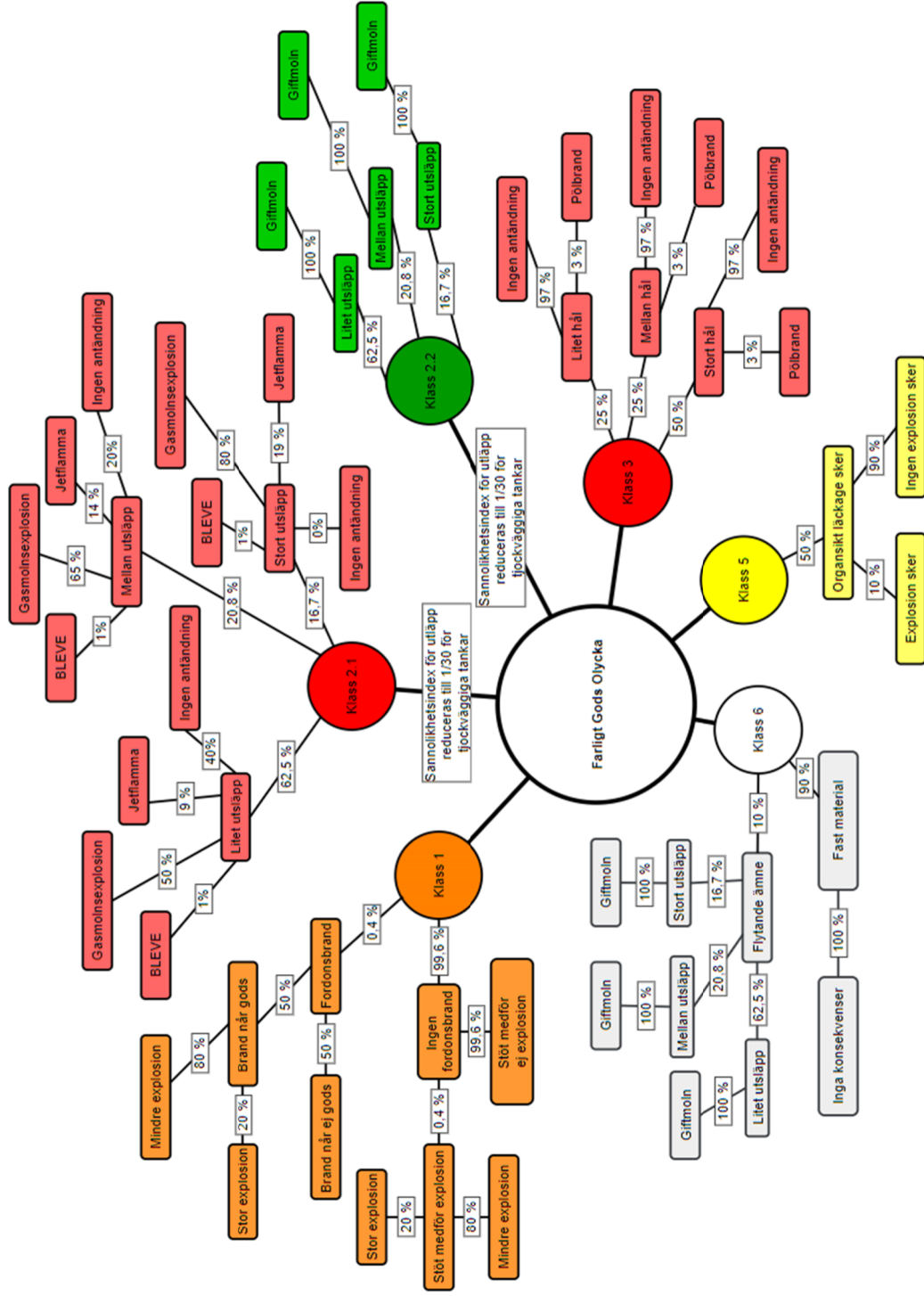
För scenarier som innefattar brandfarlig vätska baseras beräkningar på data för bensin då detta utgör ett vanligt förekommande och ämne med hög kemiskt bunden energi.

Enligt *Farligt gods* [6] kan sannolikheten för antändning av bensin för tankbil med släp sättas till 3 %. Samtliga scenarier där utsläpp av brandfarlig vätska leder till antändning har i analysen behandlats som pöl-bränder i olika storlekar.

2.7.4 Giftig gas – Klass 2.2 och Klass 6

För scenarier som innefattar giftig gas (i känslighetsanalys) baseras beräkningar på data för svaveldioxid som utgör ett av de giftigaste ämnena som transporteras på svenska vägar. Då all form av utsläpp av giftig gas anses kritiskt, utgör samtliga utsläpp utgöra ett skadescenario. Det är därmed endast storleken av utsläppet som varierar tillsammans med de väderparametrar som presenteras i 2.6.

Utsläpp av Klass 6 material antas ske i flytande form i 10 % av fallen och behandlas i de fallen som giftig gas. Detta utgör en grov men konservativ förenkling.



Figur 2.5: Visualisering av beaktade scenarier samt dess sannolikhet

2.8 Skadekriterier

Samtliga scenarier syftar att identifiera avståndet och område där personer förväntas omkomna. Beroende på typ av olycka så bestäms detta utifrån olika kriterier. I Tabell 2.15 sammanställs skadekriterierna (där personer antas omkomma) för de olika scenarierna.

Tabell 2.15: Skadekriterier för olika scenarier

| Scenario | Skadekriterium | Kommentar |
|-------------------|----------------------------------|---|
| Explosion | 180 [kPa] [12] | 180 kPa utgör 1 % dödlighet. Z har interpolerats till 2,1 i Tabell 4,1 i B02-111 [13] (Se Bilaga A). |
| BLEVE | $10^7 [(W/m^2)^{4/3}]$ [14] | s_{50}^* utgör förbestämd enhet där hälften av utsatta personer förväntas omkomma. |
| Gasmolnsexplosion | 0,0252 [kg/m ³] [12] | 60 % av den undre brännbarhetsgränsen hos propan. |
| Giftig gas | 800 [mg/m ³] | Baserat på svaveldioxid $EC_{t50} = 35\ 752\ \text{mg min/m}^3$ (50 % dödlighet) under 15 min i vila. Denna dos har reducerats med en faktor 3 för att beakta en högre fysisk aktivitet hos utsatta [12]. |
| Jetflamma | $R_{s,50}$ [m] [15] | Förbestämd enhet där hälften av utsatta personer förväntas omkomma. |
| Pölbrand | 15 [kW/m ²] [12] | Strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) |
| Brandgaser | 1 700 ppm | AEGL-3 för kolmonoxidpåverkan under 10 min. |
| | 5 000 ppm | Arbetsmiljö för koldioxidpåverkan under 15 min är 10 000 ppm men ALOFT-FT klarar endast att redovisa upp till 5 000 ppm. |
| | 30 ppm | AEGL-3 för svaveldioxidpåverkan under 10 min. |

2.9 Övrig indata

Källstyrkan (Q [kg/s]) för gasol (propan) är hämtad från Tabell 3.4 i *Farligt gods* [6].

Hålstorlek (A [m²]) har därefter beräknats för de tre olika hålstorlekarna "Liten", "Medel" och "Stort" enligt ekvation 5:4 i FOA-handboken [12]:

$$Q = A \cdot C_d \sqrt{\frac{2(P_0 - P_a)}{v_f}} \rightarrow A = \frac{Q}{C_d \sqrt{\frac{2(P_0 - P_a)}{v_f}}}$$

Där:

| | | |
|-------|-------------------------------------|----------------------|
| C_d | Kontraktionsfaktor för vätskestråle | [-] |
| P_a | Atmosfärtryck | [Pa] |
| P_0 | Tanktryck i hålets nivå | [Pa] |
| v_f | Specifik volym | [m ³ /kg] |

Denna storlek har sedan använts för att beräkna källstyrkan för svaveldioxid i Tabell 2.16.

Tabell 2.16: Fördelning av hålstorlek vid beräkning av källstyrka, gasol och svaveldioxid för baserat på Farligt gods [6]

| Håltyp | Håldiameter | Hålärea | Källstyrka | |
|--------|-------------|-----------------------|------------|--------------|
| | | | Gasol | Svaveldioxid |
| Litet | 3,2 mm | 0,08 cm ² | 0,09 kg/s | 0,142 kg/s |
| Medel | 10 mm | 0,79 cm ² | 0,9 kg/s | 1,42 kg/s |
| Stort | 46 mm | 16,62 cm ² | 17,8 kg/s | 28,1 kg/s |

Fördelning av hålstorlekar förutsatt att läckage sker presenteras i Tabell 2.17.

Tabell 2.17: Fördelning av hålstorlekar förutsatt att läckage sker

| Transporttyp | Tanktyp | Håltyp | Sannolikhet |
|--------------|----------------------|--------|-------------|
| Väg | Tjockväggig | Litet | 62,5 % |
| | | Medel | 20,8 % |
| | | Stort | 16,7 % |
| | Tunnväggig på släp | Litet | 25 % |
| | | Medel | 25 % |
| | | Stort | 50 % |
| | Tunnväggig utan släp | Litet | 50 % |
| | | Medel | 25 % |
| | | Stort | 25 % |

Utsläppsmängder vid farligt-godsolycka presenteras i Tabell 2.18.

Tabell 2.18: Utsläppsmängder av bensin baserat på Farligt gods [6]

| Håltyp | Mängd |
|--------|--------------------|
| Litet | 180 kg |
| | 0,3 m ³ |
| Medel | 1 980 kg |
| | 3 m ³ |
| Stort | 26 300 kg |
| | 38 m ³ |

Ämnesspecifika konstanter presenteras i Tabell 2.19.

Tabell 2.19: Ämnesspecifika konstanter

| Konstant | Symbol | Luft | Bensin | Gasol (Propan) | Svaveldioxid |
|-------------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------|
| Massavbrining | \dot{m}''_{∞} | - | 0,055 kg/m ² s | - | - |
| Förbränningskonstanter | $k\beta$ | - | 2,1 m ⁻¹ | - | - |
| Förbränningsvärme | Δh_c | - | 43,7 kJ/kg | 46 000 kJ/kg | - |
| Specifik värme (gas) | C_{pg} | 1 200* | - | 1 480 J/kg K | 510 J/kg K |
| Strålningsandel | χ_e | - | 0,35 | 0,35 | - |
| Ångbildningsvärme | H_{fg} | - | - | 371 590 J/kg | 380 480 J/kg |
| Molvikt | m_g | 29 g/mol | - | 44,1 g/mol | 64 g/mol |
| Densitet (gas) | ρ | 1,29 kg/m ³ | - | - | - |
| Stökiometrisk blandning | χ_{SB} | - | - | 0,0558 kg/m ³ | - |

*Fuktig luft

3 Metodik

3.1 Riskbedömning

Risnivån inom området kvantifieras med avseende på individrisk och samhällsrisk uttryckt i sannolikheten för en oönskad händelse och de negativa konsekvenserna i form av dödsfall. Vid beräkningar antas att samtliga personer inom skadeområdet omkommer och samtliga personer utanför skadeområdet överlever.

3.1.1 Individrisk

Individriska uttrycks som frekvens per år och beräknas på olika avstånd från vägkanten genom:

$$Risk_{Individ} = \sum Olyckor_{FG} \cdot P_{Klass} \cdot P_{Scen} \cdot K_{Avstånd} \cdot K_{Riktning}$$

Där:

| | |
|----------------|--|
| $Olyckor_{FG}$ | Olycksfrekvensen för farligt gods längst en 1 km sträcka beräknat enligt avsnitt 3.2 |
| P_{Klass} | Sannolikheten att olycka innefattar transport med en viss typ av farligt gods enligt 2.3. |
| P_{Scen} | Sannolikheten att en olycka med en viss typ av farligt gods medför olycksscenario enligt 2.6, 2.7 och 2.9. |
| $K_{Avstånd}$ | Avståndskoefficient enligt 3.4.1 |
| $K_{Riktning}$ | Riktningkoefficient enligt 3.5.1 |

ALARP-området för individriska ligger mellan 10^{-5} och 10^{-7} [2].

3.1.2 Samhällsrisk

Samhällsriska uttrycks med hjälp av en kumulativ FN-kurva där sannolikheten för varje scenario $Risk_{Samhäll,F}$ beräknas enligt:

$$Risk_{Samhäll,F} = Olyckor_{FG} \cdot P_{Klass} \cdot P_{Scen}$$

Där:

| | |
|----------------|--|
| $Olyckor_{FG}$ | Olycksfrekvensen för farligt gods längst en 1 km sträcka beräknat enligt 3.2 |
| P_{Klass} | Sannolikheten att olycka innefattar transport med en viss typ av farligt gods enligt 2.3. |
| P_{Scen} | Sannolikheten att en olycka med en viss typ av farligt gods medför olycksscenario enligt 2.6, 2.7 och 2.9. |

Antalet omkomna $Risk_{Samhäll,N}$ för varje scenario beräknas enligt:

$$Risk_{Samhäll,N} = A_{SO} \cdot PT \cdot K_{Avstånd} \cdot K_{Riktning}$$

Där:

| | | |
|----------------|----------------------------------|---------------------|
| A_{SO} | Skadeområde | [m ²] |
| PT | Persontätheten inom området | [p/m ²] |
| $K_{Avstånd}$ | Avståndskoefficient enligt 3.4.2 | [-] |
| $K_{Riktning}$ | Riktningkoefficient enligt 3.5.2 | [-] |

ALARP-området för samhällsrisk börjar mellan 10^{-4} och 10^{-6} för en person och minskar sedan med antalet omkomna [2].

3.2 Olycksfrekvens

Olycksfrekvensen (olycka med farligt gods som leder till läckage) beräknas enligt den metodik som beskrivs i *Farligt gods* [6].

Det totala trafikarbetet (TA) för en standardsträcka på 1 km beräknas enligt:

$$TA = \dot{A}DT_{Total} \cdot 365 \cdot 10^{-6}$$

Där:

| | |
|---------------------|--------------------------------------|
| $\dot{A}DT_{Total}$ | Genomsnittligt antal fordon per dygn |
|---------------------|--------------------------------------|

Värden för *Olyckskvot (OK)*, *Andel singel olyckor (SO_{Andel})* och *Farligt gods index (Index_{FG})* hämtas från Tabell 2.2 i *Farligt gods* [6]. Denna tabell återges i Bilaga A med interpolerade värden för hastigheterna 40 km/h, 60 km/h, 80 km/h och 100 km/h².

Det förväntade antalet olyckor ($Olyckor_{Total}$) längst en 1 km sträcka beräknas enligt:

$$Olyckor_{Total} = \dot{A}DT_{Total} \cdot OK$$

Där:

| | |
|---------------------|--------------------------------------|
| $\dot{A}DT_{Total}$ | Genomsnittligt antal fordon per dygn |
|---------------------|--------------------------------------|

Slutligen beräknas det förväntade antalet farligt godsolyckor ($Olyckor_{FG}$) längst 1 km sträckan enligt:

$$Olyckor_{FG} = Olyckor_{Total} \left[\left(SO_{Andel} \cdot \frac{\dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{Total}} \right) + (1 - SO_{Andel}) \left(\frac{2 \cdot \dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{Total}} - \frac{\dot{A}DT_{FG}^2}{\dot{A}DT_{Total}^2} \right) \right] \cdot Index_{FG}$$

² Interpolerade värden har tagits fram i Excel med exponentiell mjuk metod (FORECAST)

Där:

$\dot{A}DT_{FG}$

Genomsnittligt antal farligt godsfordon per dygn

Enligt RIKTSAM [2] är tjockväggiga tankar 1/30 så sannolika att medföra läckage som tunnväggiga. Detta innebär att $\dot{A}DT_{FG}$ multiplicerats med 1/30 för ADR-klass 2.1 och ADR-klass 2.2.

3.3 Olycksscenarier

Utifrån de olika godsklasserna ska relevanta olycksscenarier studeras. Då ADR-klasser delas in efter sin primära riskfaktor har sekundära risker så som exempelvis att en brand även kan medföra giftig rök ej beaktat. I Tabell 3.1 redovisas samtliga potentiella olycksscenario som beaktas för respektive klass. Scenarierna baseras på Tabell 4.10 i *Handbok för riskanalyser* [16].

Brandfarliga fasta ämnen i klass 4, radioaktiva ämnen i klass 7 och övriga ämnen i klass 9 utgör normalt ingen fara för omgivningen då konsekvenserna koncentreras till fordonets närhet och har av denna anledning inte inkluderats i Tabell 3.1. Notera att tabellen endast syftar till att ge en översikt av alla möjliga olycksscenario och reflekterar inte vilka scenarier som är relevanta för detta projekt.

Tabell 3.1: Potentiella olycksscenario för de olika godsklasserna

| Klass 1 | Klass 2.1 | Klass 2.2 | Klass 3 | Klass 5 | Klass 6 |
|-----------|------------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|
| Explosion | BLEVE | Giftmoln | Pölbrand | Explosion | Giftmoln |
| | Gasmolnexplosion/ gasmolnsbrand | | | | |
| | Jetflamma | | | | |

3.3.1 Dimensionerande scenarier

Dimensionerande scenarier baseras på:

- Transporter av farligt gods identifierade i avsnitt 2.4.3
- Potentiella olycksscenario identifierade i avsnitt 3.3

Utifrån dessa faktorer har följande dimensionerande scenarier identifierats:

- BLEVE
- Gasmolnexplosion
- Jetflamma
- Pölbrand

Utöver ovan scenarier har brandgaspåverkan från närliggande brand beaktats.

I känslighetsanalysen beaktas även påverkan från:

- Explosion
- Giftmoln

Använda ekvationer redovisas Bilaga B.

3.3.2 Explosion

Beräkning av skadeområde vid explosion används TNT-metoden som beskrivs i *MSB dokument B02-111* [13] och där övertrycket på olika avstånd beräknas utifrån en given mängd TNT.

Inom området där övertrycket överstiger kritiskt värdet antas samtliga personer utomhus och inomhus omkomma. Utanför detta område antas samtliga personer överleva.

Använda ekvationer redovisas i avsnitt B.1 i Bilaga B.

3.3.3 BLEVE

Beräkning av skadeområdet från scenario som resulterar i BLEVE har beräknats enligt den metodik som beskrivs i kapitel 11 i *FOA-handboken* [12] i kombination med beräkningar för strålningsdos enligt *Green Book* [14].

Inom kritiskt skadeområdet antas samtliga personer, utomhus och inomhus, omkomma. Utanför detta område antas samtliga personer överleva.

Använda ekvationer redovisas i avsnitt B.2 i Bilaga B.

3.3.4 Spridning av giftig gas

Beräkning av skadeområdet från scenario som resulterar i utsläpp av giftig gas har beräknats enligt den metodik som beskrivs i kapitel 8 i *FOA-handboken* [12].

Gasspridning i luft görs i två steg; *tunggassspridning* och *passiv spridning* som sedan slås samman till en sammanhängande bild av spridningen.

Inom området där koncentrationen överstiger det kritiska värdet antas samtliga personer utomhus omkomma och utanför detta område antas samtliga personer överleva.

Andelen omkomna inomhus reduceras till 1/10 av de utomhus [17].

Använda ekvationer redovisas i avsnitt B.3 i Bilaga B.

3.3.5 Gasmolnexplosion

Då gas kan förväntas spridas med vinden används samma spridningsberäkningar som för giftig gas där kritisk koncentration ansätts till halva den undre brännbarhetsgränsen för att ta höjd för både explosion och strålningspåverkan till närområdet.

Inom kritiskt skadeområdet antas samtliga personer, utomhus och inomhus, omkomma. Utanför detta område antas samtliga personer överleva.

Använda ekvationer redovisas i avsnitt B.3 i Bilaga B.

3.3.6 Jetflamma

Skadeområdet från en jetflamma beräknas enligt den metodik som presenteras i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [15] och görs i två steg:

- Beräkning av flammans dimensioner baserat på utsläppets storlek.
- Beräkning av avståndet längst jetflammans sida där strålningen medför 50 % dödlighet efter 10 sekunders strålningsdos.

Konservativt antas samma kritiska avstånd för strålning från flammans front.

Inom kritiskt skadeområdet antas samtliga personer, utomhus och inomhus, omkomma. Utanför detta område antas samtliga personer överleva.

Använda ekvationer redovisas i avsnitt B.4 i Bilaga B.

3.3.7 Pölbrand

Skadeområdet från en pölbrand beräknas enligt den metodik som beskrivs i kapitel 7 i *FOA-handboken* [12] där hela läckaget antas sprida ut sig på marken innan antändning sker. Pölbrandens area har antagit begränsas av både mängden bränsle och tillgänglig markyta.

Då Trollhättevägen är försedda med dagvattensbrunnar samt upphöjd trottoarkant på vardera sida har pölbrandens area begränsats till vägens bredd samt avståndet mellan två dagvattensbrunnar längst vägen. Då den upphöjd trottoarkant ej löper hela vägen längst områdets norra del förespråkas att denna förlängs i samband med exploatering av området.

Baserat på pölens area approximeras branden till en cylinder där höjd och strålning beräknas enligt de ekvationer som redovisas i avsnitt B.5 i Bilaga B. Cylindern placeras med ytterkant som tangerar väggkant.

Inom kritiskt skadeområdet antas samtliga personer, utomhus och inomhus, omkomma. Utanför detta område antas samtliga personer överleva.

3.3.8 Brandgaser

Vid brand föreligger risk för utsläpp av giftiga brandgaser. Giftiga brandgaser uppstår även vid brand i verksamheter som ej hanterar farliga ämnen. Då ett flertal verksamheter med hög eller giftig brandbelastning identifierats i närområdet bör detta beaktas.

För att beakta marknära brandgaser har programmet *ALOFT-FT* används. Programmet är framtaget av branchorganisationen NIST och är speciellt utvecklat för att modellera stora utomhusbränder.

Enligt Avsnitt 2.3.1 uppgår lagerstorleken hos de kritiska verksamheterna till ca 100 m³ respektive 810 m³. Baserat på detta har två scenarier beaktats i simuleringarna; ett där den i *ALOFT-FT* största tillåtna brandkälla om 1 000 m³ har använts och ett där brandkällan reduceras till 100 m³.

I Tabell 3.2 redovisas indata till programmet *ALOFT-FT*.

Tabell 3.2: Bränsleegenskaper används vid simulering i programmet *ALOFT-FT*

| | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Namn på bränsle: | Alaska North Slope Crude (oil)* |
| HRRPUA | 1,75 MW/m ² |
| Strålningsandel | 30 % |
| Avbränningshastighet | 0,051 kg/m ² s |
| CO ₂ -produktion | 2 810 g/kg |
| CO-produktion | 30 g/kg |
| SO ₂ -produktion | 25 g/kg |

* Gummidäck representeras i simulering av olja som producerar liknande sotig brand.

Termiken som genereras vid en brand lyfter ofta rökplymen upp i atmosfären och påverkar därför ofta omgivningen i mindre omfattning än exempelvis ett utsläpp av tunga gaser. Vid kraftig vindpåverkan ökar dock turbulensen och risken för att brandgaser sprids längst med marken. De giftiga brandgaserna kan då påverka personer i omgivningen.

Vid beräkningar i ALOFT-FT nyttjas vindhastighet. Då vindhastigheten ej överstigit 6 m/s i cirka 80 % av studerade dagar (se Avsnitt 2.6) har denna hastighet använts vid simulering. Notera att vindhastigheter om 6 m/s vid marknivå i ALOFT-FT medför vindhastigheter om 12 m/s längre upp i luften där dubbla markhastigheten används.

3.4 Avståndskoefficient

3.4.1 Individrisk

Risken för olycka enligt 3.2 baseras på en standardsträcka på 1 km. Vid beräkning av individrisk måste denna anpassas efter skaderadien för varje scenario. Exempelvis medför en olycka med en skaderadie på 50 m som sker 400 m bort från området inga konsekvenser inom området. Baserat på Pytagoras sats och avståndet från vägen så beräknas avståndskoefficienten ($K_{Avstånd}$) att området påverkas av en olycka enligt sambandet:

$$K_{Avstånd} = \frac{2\sqrt{r^2 - x^2}}{1000}$$

Där:

| | | |
|-----|----------------------------------|-----|
| r | Skaderadien enligt för scenariot | [m] |
| x | Avståndet från väggkanten | [m] |

3.4.2 Samhällsrisik

Vid beräkning av samhällsrisik behöver avståndskoefficienten inte behandlas i samma detalj då beräkning av risken att en olycka påverkar en viss punkt inom området inte krävs. I stället räcker det att fastställa huruvida olyckan påverkar området som helhet ej inte. Under förutsättning att beräknat skadeområde inte överstiger det aktuella områdets area kan vi ansätta avståndskoefficienten ($K_{Avstånd}$) till kvoten mellan transportledens sträcka längst området ($S_{Område}$) och standardsträckan på 1 km ($S_{Standard}$) enligt:

$$K_{Avstånd} = \frac{S_{Område}}{S_{Standard}}$$

Då skadeområdets area överstiger det aktuella områdets area ansätts avståndskoefficienten för samhällsrisiken till 1. Detta för att begränsa det maximala antalet omkomna personer till antalet personer inom området.

3.5 Riktningkoefficient

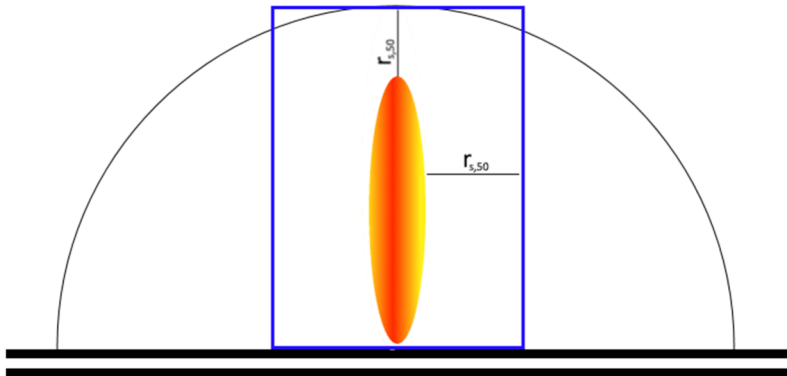
3.5.1 Individrisk

Avståndskoefficienten i avsnitt 3.4 förutsätter ett cirkulärt skadeområde baserat på skaderadien. Detta stämmer väl överens med scenarierna för BLEVE, explosion och pölbrand som breder ut sig i alla riktningar. För jetflamma samt brandfarlig och giftig gas som sprids i luften måste sannolikheten dock justeras med en mer nyanserad riktningkoefficient.

3.5.1.1 Jetflamma

För jetflamma har riktningkoefficient approximerats som skadeområdet delat på arean i en cirkel vars radie utgörs av skaderadien. För de tre olika utläppsstorlekarna hamnar riktningkoefficienten mellan 0,26 - 0,28. Då en riktningkoefficient på 0,5 motsvarar 100 %

negativt utfall under förutsättning att jetflamman riktas åt det aktuella området bedöms denna siffra konservativ. I Figur 3.1 visualiseras de båda areorna.

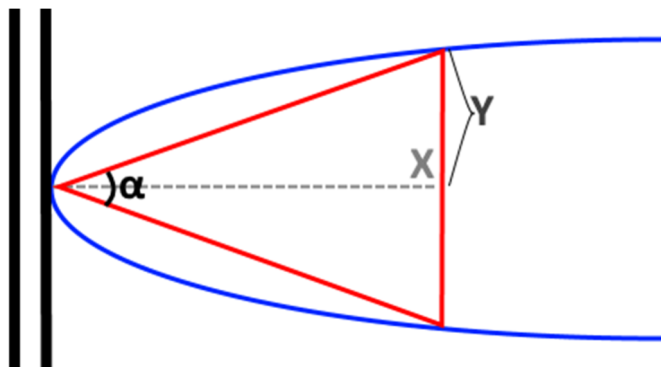


Figur 3.1: Skadeområde från jetflamma markerat i blått inuti halvcirkeln med radie = skaderadie

3.5.1.2 Spridning av gas

För gaser som sprids med vinden har riktningskoefficient beräknats för varje meter in på området. Detta beräknas genom att gasmolnet (fram till avstånd X) har approximerats som en likbent triangel med höjden X och basen motsvarande molnets bredd i Y-led ($2 \cdot Y$). Spridningsvinkeln α kan därmed beräknas enligt:

$$\alpha = 2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{Y}{X} \right)$$



Figur 3.2: Beräkning av spridningsvinkeln α

Spridningsvinkeln används slutligen för att beräkna riktningskoefficient. Denna riktningskoefficient förutsätter dock att spridning i samtliga riktningar är lika sannolika. Då spridning av gaser är högst beroende av vindriktning har av sannolikhet att gasplymen sprids över det aktuella området normaliserats genom att riktningskoefficient multipliceras med kvoten enligt:

$$K_{riktning} = \frac{\alpha}{360} \cdot \frac{\sum V_{planområde}}{0,5}$$

Där:

$V_{planområde}$ Andel vindriktningar över planområdet enligt Avsnitt 2.6 [-]

3.5.2 Samhällsrisik

På samma vis som för avståndskoefficienten så kräver samhällsrisken inte att riktningskoefficienten studeras i samma detalj. Likt för individrisken ansätts riktningskoefficienten till 1 för BLEVE, explosion och pölbrand.

För jetflamma och spridning av gas är endast huruvida spridningen sker mot eller bort från området av intresse. Riktningskoefficienten jetflamma har därmed ansätts till 0,5 medan riktningskoefficienten för gasspridning ansätts till sannolikheten att vindriktningen är riktad mot området enligt Avsnitt 2.6.

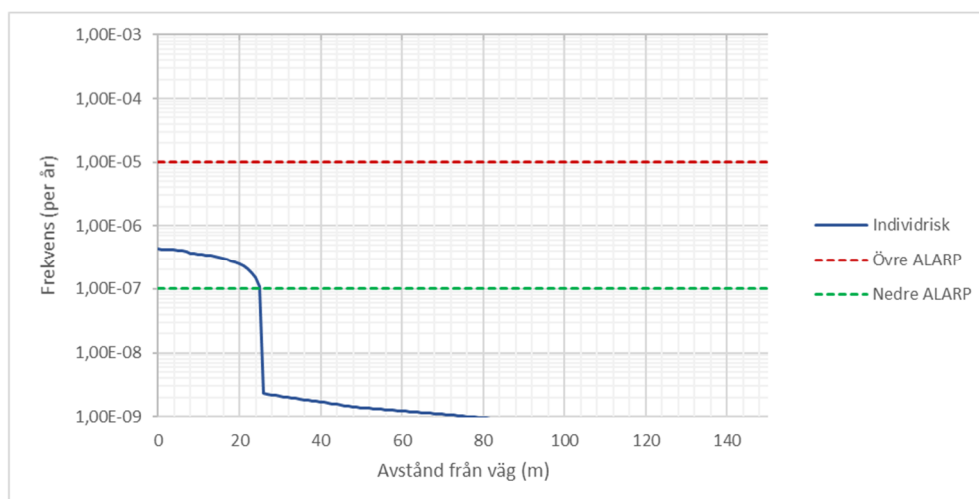
4 Resultat

4.1 Olycksfrekvens

Baserat på den indata som redovisas i Avsnitt 2.4.1 erhålls olycksfrekvens ($Olyckor_{FG}$) längst Trollhättevägen om $3,75 \cdot 10^{-4}$.

4.2 Individrisk

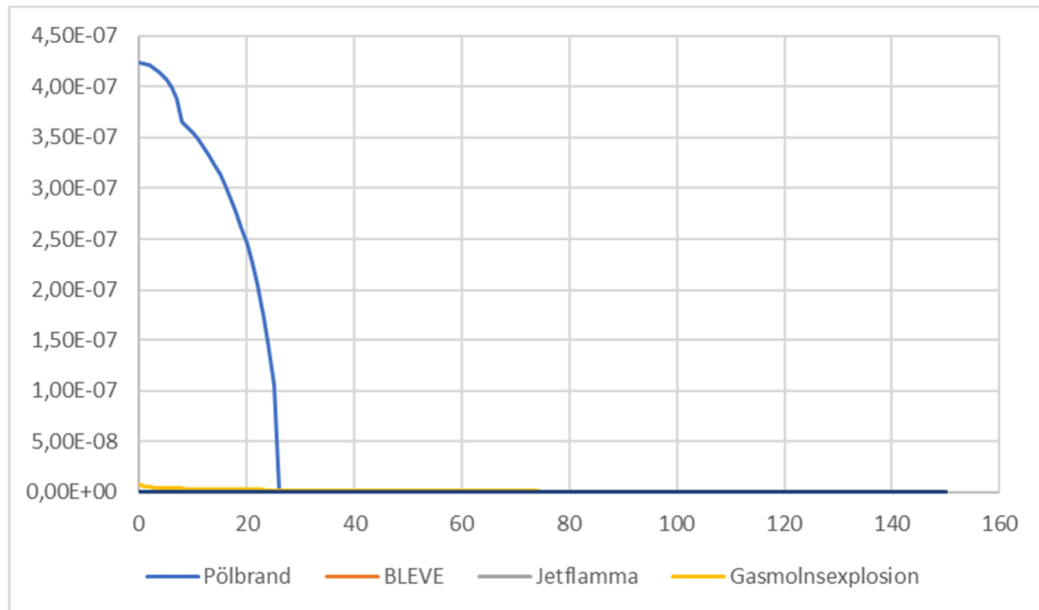
I Figur 4.1 redovisas den totala individrisken som en funktion av avståndet från Trollhättevägen.



Figur 4.1: Beräknad individrisk som en funktion av avståndet från Trollhättevägen baserat på lokal inventering av farligt gods på Trollhättevägen

Som framgår av Figur 4.1 så överstiger individrisken från väggkanten och cirka 23 m in på området den nedre ALARP-gränsen.

För att ge en bättre bild av vilka ämnen som bidrar med vilken risk så har grafen även delats upp efter olycksscenario.



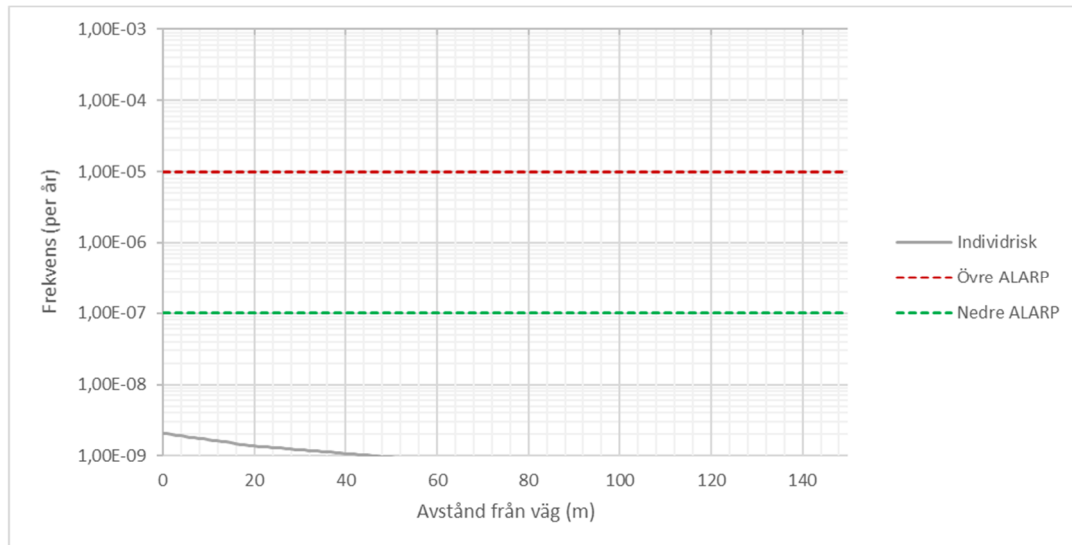
Figur 4.2: Riskbidrag uppdelat på scenario baserat på lokal inventering

Det framgår i Figur 4.2 att pölbrand utgör den i särklass största risken med avseende området närmast väggkanten och cirka 25 m in på området. Detta är logiskt då brandfarlig vätska utgör ca 87 % av transportererna och utsläpp av gas generellt är mycket mer ovanligt än vätska vid en olycka.

ALARP-området som redovisas i Figur 4.1 är baserat på känslig bebyggelse så som bostäder och vård (Zon C). Området närmast Trollhättevägen (parkområdet) bör dock jämföras med friluftsområde (Zon A) för vilket RIKTSAM tillåter en individrisk 100 gånger större än för Zon C (ALARP-område mellan 10^{-3} - 10^{-5}).

Då individrisken endast överstiger den nedre ALARP-gränsen inom 23 m från Trollhättevägen och bebyggelse inte planeras inom ca 30 m in från Trollhättevägen är individrisken att bedöma som acceptabel.

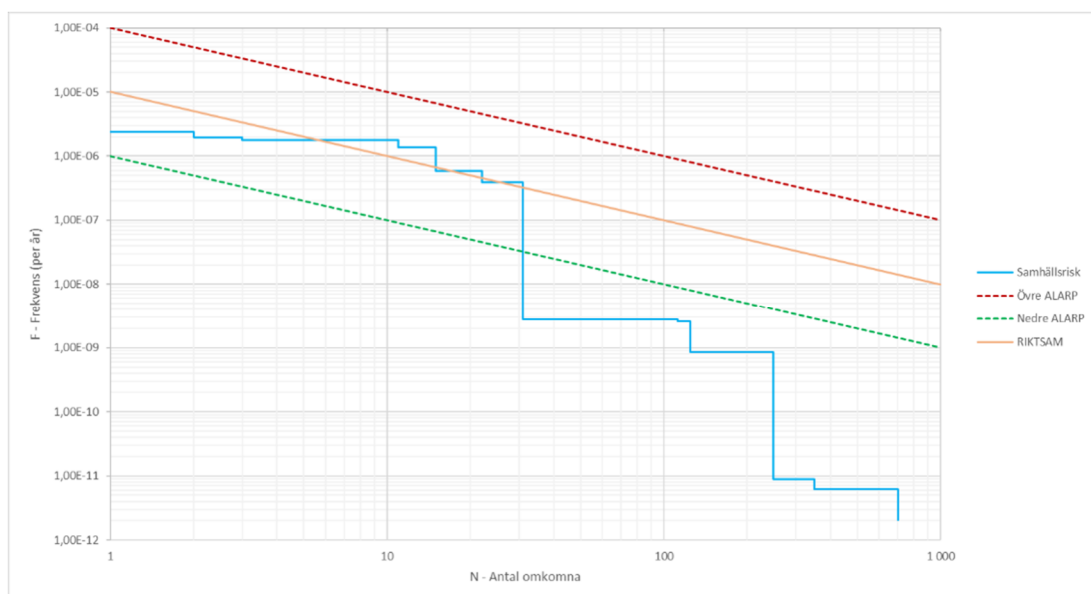
I Figur 4.3 redovisas individrisken som en funktion av avståndet från Trollhättevägen där ett säkerhetsavstånd om 30 m applicerats.



Figur 4.3 Beräknad individrisk som en funktion av avståndet från Trollhättevägen baserat på lokal inventering och ett säkerhetsavstånd om 30 m

4.3 Samhällsrisk

I Figur 4.4 redovisas den kumulativa samhällsrisk inom området.



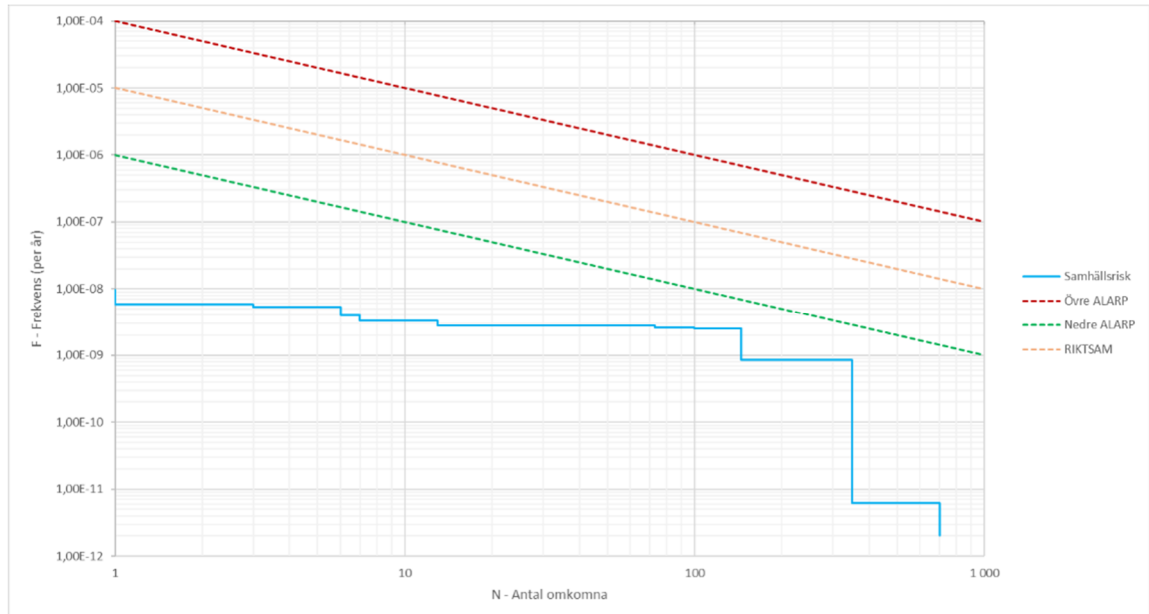
Figur 4.4: Beräknad samhällsrisk presenterad som FN-kurva baserat på lokal inventering av farligt gods med både ALARP-område enligt DNV [1] och acceptansnivå enligt RIKTSAM [2]

Som framgår av Figur 4.4 så överstiger samhällsrisk generellt den nedre ALARP-gränsen men understiger den övre ALARP-gränsen.

Det ska poängteras att samhällsrisk är starkt beroende av persontätheten och huruvida personer förväntas vistas utomhus (oskyddade) eller ej. I analysen har en det totala personantalet fördelats jämnt över området. Detta innebär att en relativt stor andel (ca 25%) antas befinna sig inom parkområdet mellan bostadshusen och Trollhättevägen. Som tydligt framgår i Figur 4.2 så utgör pölbrand det i särklass största riskbidraget inom området. Då pölbrand endast har en konsekvensradie på 25 m innebär detta att endast parkområdet i direkt anslutning till Trollhättevägen påverkas av scenariot.

Då parkområdet närmast Trollhättevägen bör liknas vid friluftsområde ställer RIKSTAM ej några krav på samhällsrisk. Bortser vi från riskbidraget från de 30 m närmast Trollhättevägen sjunker riskbilden signifikant.

Som framgår i Figur 4.5 så medför ett 30 m skyddsavstånd att samhällsrisken sjunker en bra bit under den nedre ALARP-gränsen.

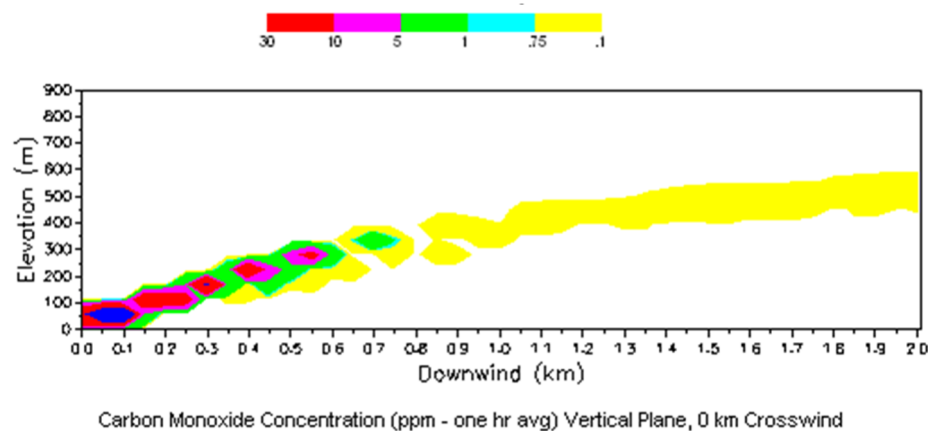


Figur 4.5 Beräknad samhällsrisk presenterad som FN-kurva baserat på lokal inventering och ett säkerhetsavstånd om 30 m

4.4 Brandgaser

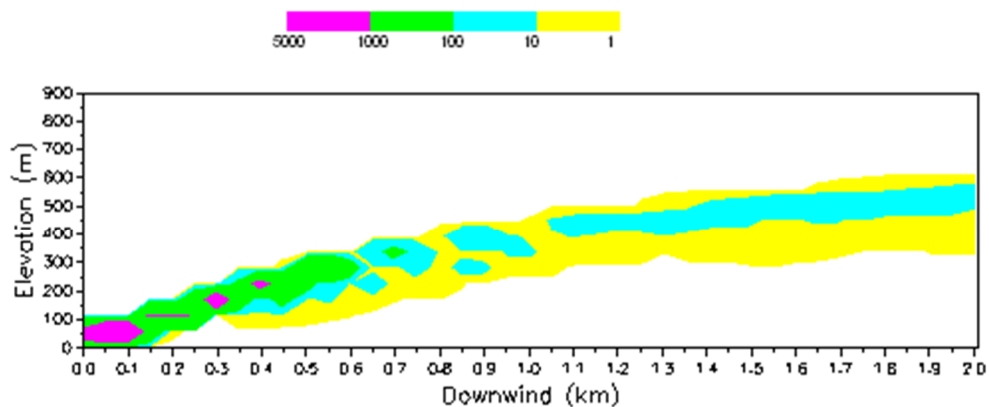
Nedan redovisas resultaten från de simuleringar av bränder som gjorts. Notera att brand i intilliggande verksamheter som ej hanterar ADR-klassade ämnen hanteras kvalitativt och ingen sannolikhet har ansatts dessa scenarier.

Svaveldioxidhalter inom 2 km av brandkällan redovisas i Figur 4.6.



Figur 4.6: Svaveldioxidhalter inom 2 km av 1 000 m² brandkälla. (Kritisk nivå 30 ppm - Mörkblå)

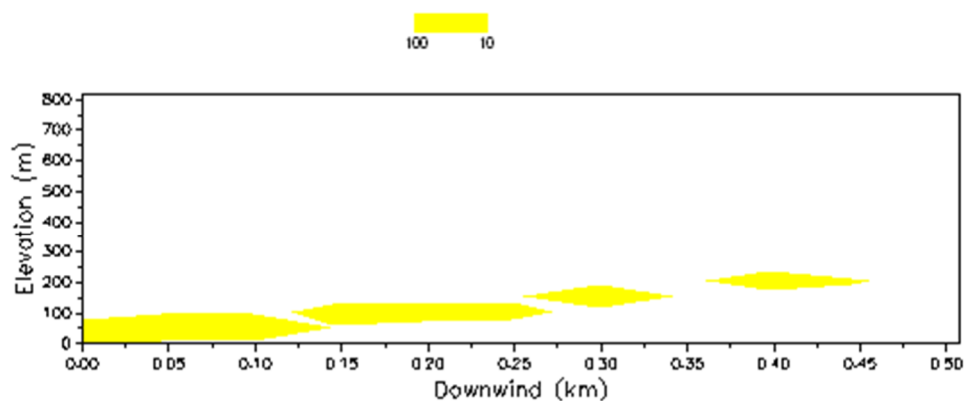
Koldioxidhalter inom 2 km av brandkällan redovisas i Figur 4.7.



Carbon Dioxide Concentration (ppm - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Figur 4.7: Koldioxidhalter inom 2 km av 1 000 m² brandkälla. (Kritisk nivå 5 000 ppm - Uppstår ej)

Kolmonoxidhalter inom 500 m av brandkällan redovisas i Figur 4.8.

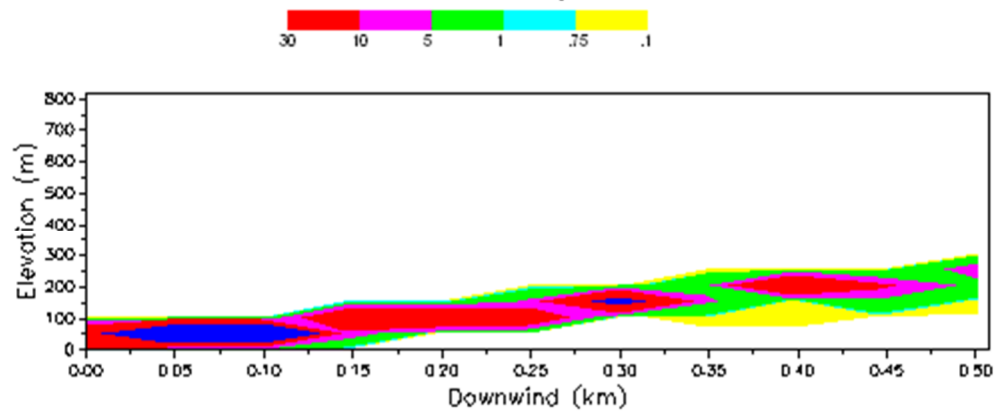


Carbon Monoxide Concentration (ppm - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Figur 4.8: Kolmonoxidhalter inom 500 m av 1 000 m² brandkälla. (Kritisk nivå 1 700 ppm - Uppstår ej)

Då en större brand genererar mer stignkraft åt brandgaserna utgör ett sådant scenario inte nödvändigtvis ett konservativt antagande. Motsvarande simuleringar har därför genomförts med en brandkälla om 100 m².

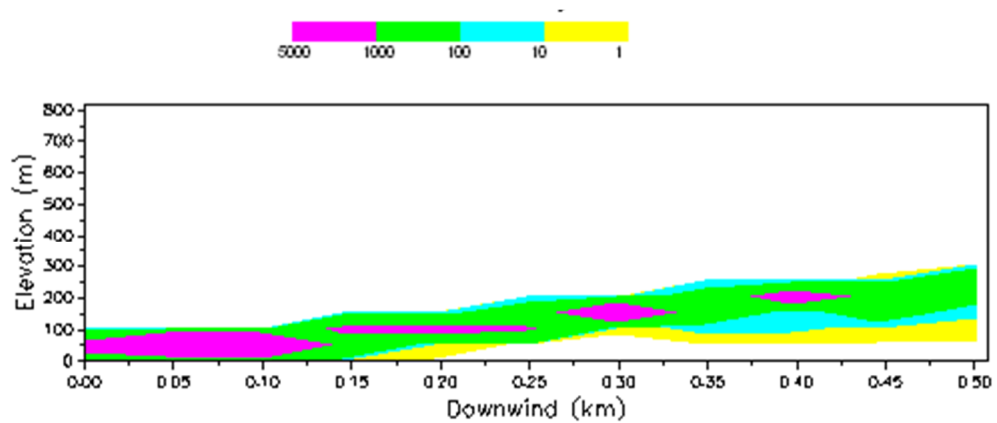
Kolmonoxidhalter inom 500 m av den mindre brandkällan redovisas i Figur 4.9.



Carbon Monoxide Concentration (ppm - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Figur 4.9: Svaveldioxidhalter inom 500 m av 100 m² brandkälla. (Kritisk nivå 30 ppm - Mörkblå)

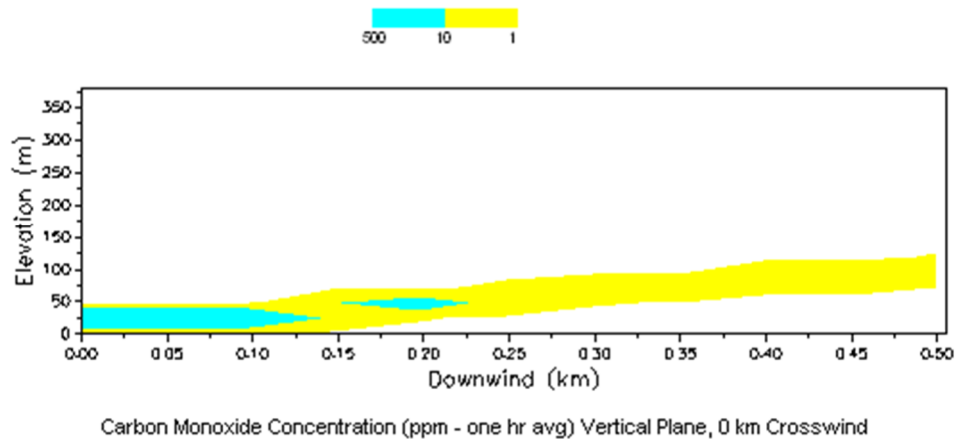
Koldioxidhalter inom 500 m av den mindre brandkällan redovisas i Figur 4.10.



Carbon Dioxide Concentration (ppm - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Figur 4.10: Koldioxidhalter inom 500 m av 100 m² brandkälla. (Kritisk nivå 5 000 ppm - Uppstår ej)

Kolmonoxidhalter inom 500 m av den mindre brandkällan redovisas i Figur 4.11.



Figur 4.11: Kolmonoxidhalter inom 500 m av 100 m² brandkälla. (Kritisk nivå 1 700 ppm – Uppstår ej)

Som kan ses i Figur 4.6 - Figur 4.11 medför den större branden (1 000 m²) att kritiska nivåer med avseende på svaveldioxid uppstår upp till ca 60 m från branden och ca 30 vid den mindre branden (100 m²).

4.5 Känslighetsanalys

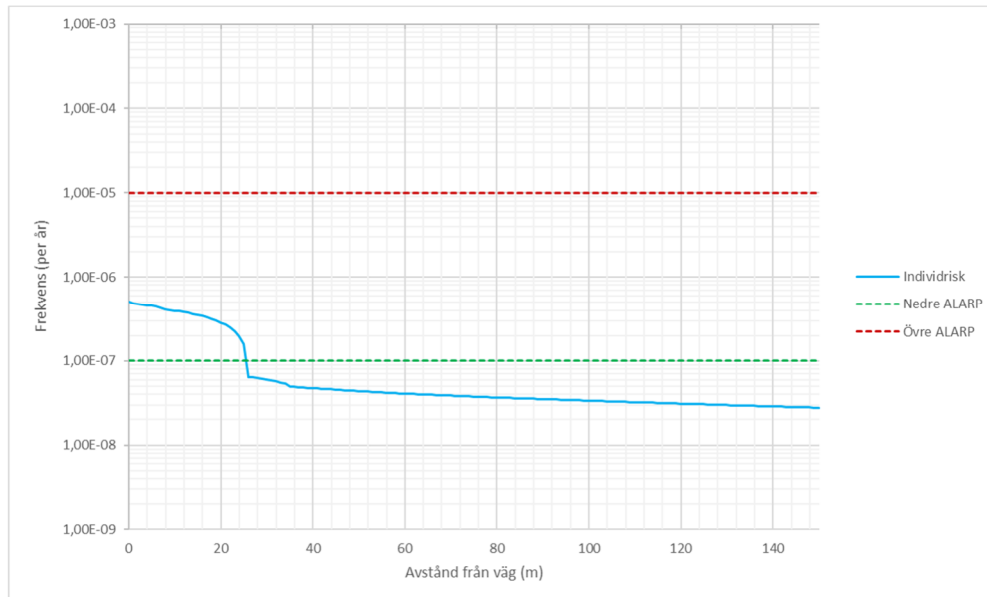
Resultaten i avsnitt 4.2 och 4.3 baseras på lokal inventering av farligt godstrafiken kring området. Vid lokal inventering finns alltid en risk att någon verksamhet har missats eller att felaktig information erhållits. Dessutom kan framtida tillstånd och verksamheter komma att förändras. Av denna anledning görs även beräkningar med för landet en genomsnittlig fördelning över de olika ADR-klasserna. Nationell fördelning av ADR-klasser presenteras i Tabell 4.1.

Tabell 4.1: Fördelning av ADR-klasser enligt RIKTSAM [2] baserat på vikt

| ADR-Klass | Andel |
|------------|--------|
| Klass 1 | 0,90% |
| Klass 2.1* | 3,66% |
| Klass 2.2* | 8,34% |
| Klass 3 | 76,90% |
| Klass 4 | 0,90% |
| Klass 5 | 1,20% |
| Klass 6 | 0,60% |
| Klass 7 | 0,10% |
| Klass 8 | 7,20% |
| Klass 9 | 0,30% |

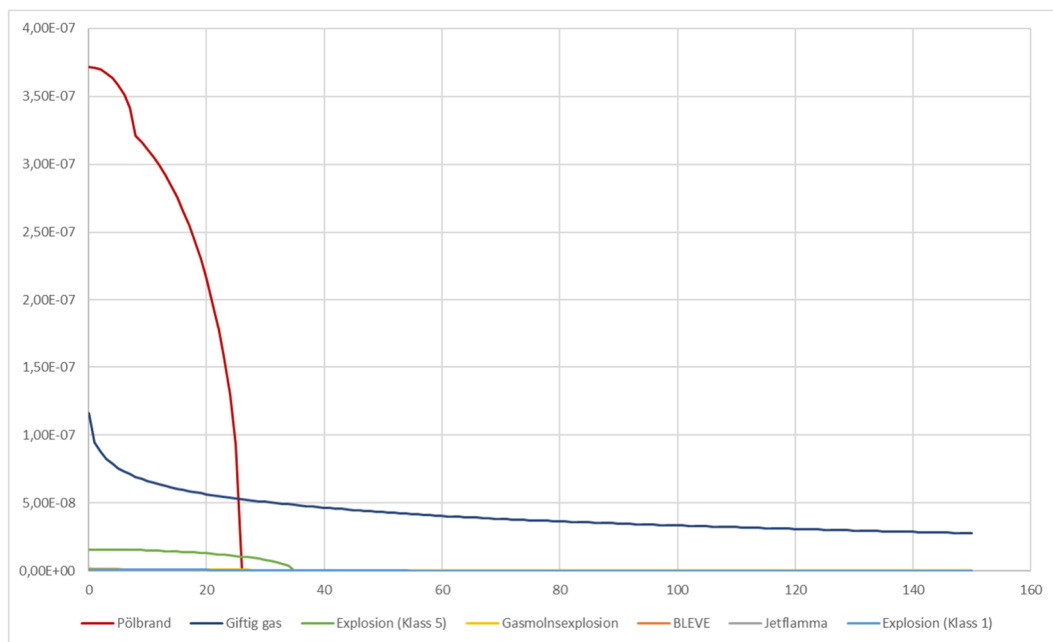
*Fördelning av ADR-klass 2 baseras på Kartläggning av farligt godstransporter MSB 2006 [8]

I Figur 4.12 presenteras den totala individrisken som en funktion av avståndet från Trollhättevägen baserat på nationell fördelning av farligt gods.



Figur 4.12: Beräknad individrisk som en funktion av avståndet från Trollhättevägen baserat på nationell fördelning av farligt gods

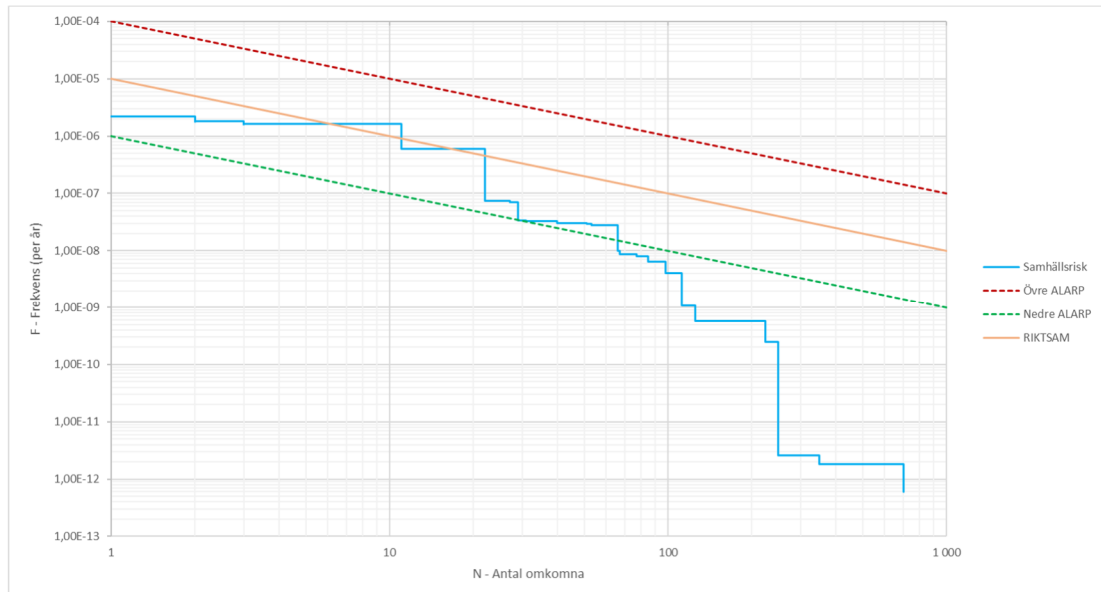
I Figur 4.13 delas riskbidraget upp efter olycksscenario.



Figur 4.13: Riskbidrag uppdelat på scenario baserat på nationell fördelning av farligt gods

Enligt Figur 4.13 utgör pölbrand och utsläpp av giftig gas de i särklass största riskerna vilket är rimligt då dessa två scenarier baseras på de två nationellt vanligaste förekommande klasserna (Klass 3: 76,9 % och Klass 2.2: 8,34 %).

I Figur 4.14 presenteras samhällsrisken mot både acceptanskriterium enligt DNV [1] och RIKTSAM [2]

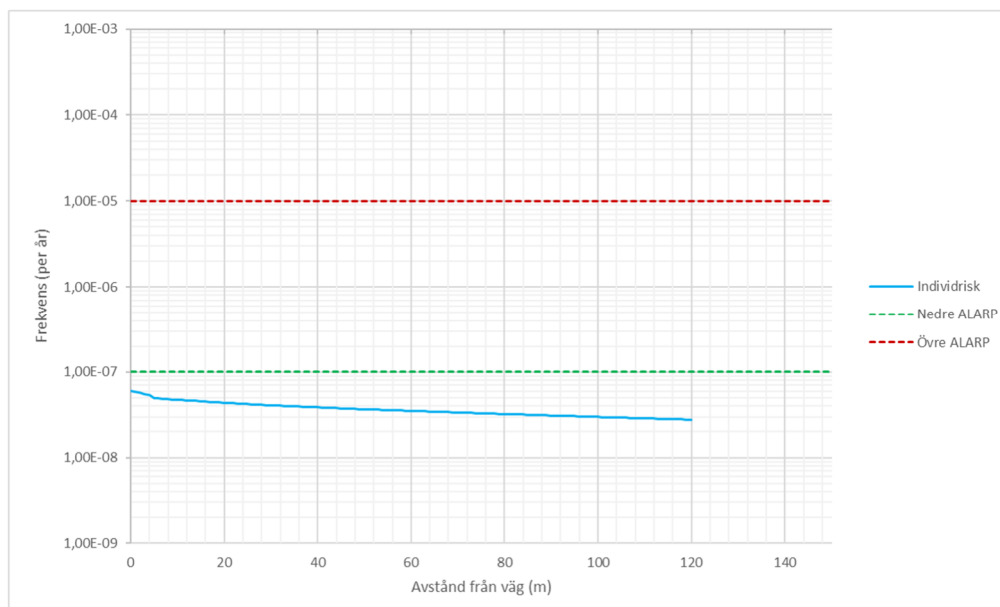


Figur 4.14: Beräknad samhällsrisk presenterad som FN-kurva baserat på nationell fördelning av farligt gods med både ALARP-område enligt DNV [1] och acceptansnivå enligt RIKTSAM [2]

I Figur 4.12 och Figur 4.14 så överskrider den lägre ALARP-nivån enligt DNV samt acceptansnivån enligt RIKTSAM.

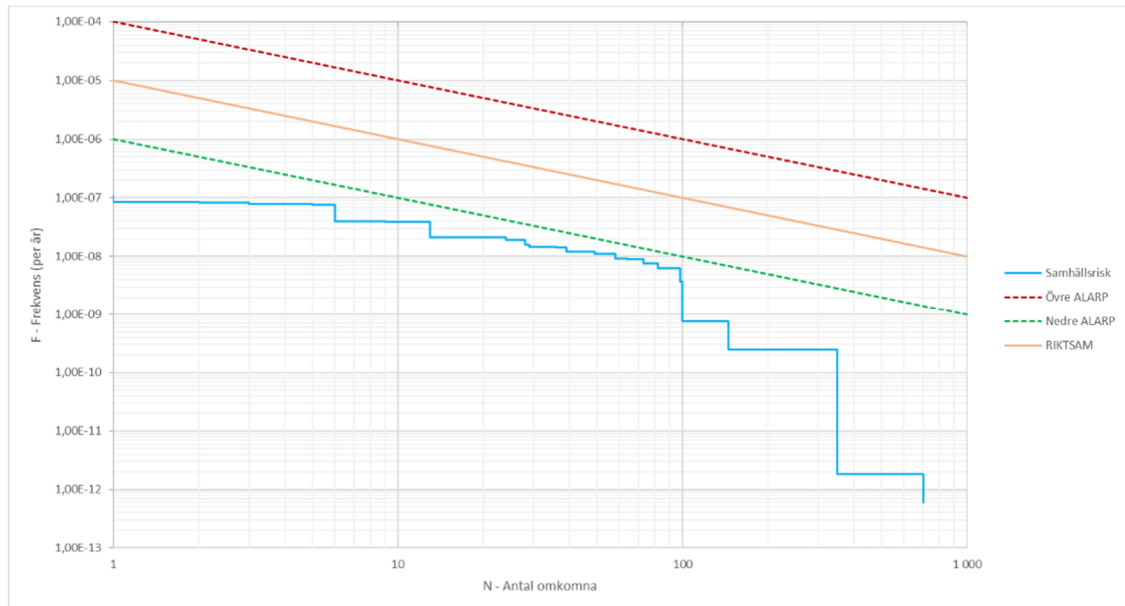
Om vi behandlar parkområdet som ett skyddsavstånd till den planerade bebyggelsen på samma vis som i Avsnitt 4.2 och bortser från riskbidraget inom de 30 m närmast Trollhättevägen sjunker riskbilden signifikant.

Som framgår i Figur 4.15 så medför ett 30 m skyddsavstånd att individrisken sjunker en bra bit under den nedre ALARP-gränsen.



Figur 4.15: Beräknad individrisk som en funktion av avståndet från Trollhättevägen baserat på nationell fördelning av farligt gods och ett säkerhetsavstånd om 30 m

I Figur 4.16 framgår att även samhällsriskens underskrider acceptansnivån enligt RIKTSAM samt ALARP-området enligt DNV om parkområdet behandlas som säkerhetsavstånd.



Figur 4.16 Beräknad samhällsrisk presenterad som FN-kurva baserat på nationell fördelning och ett säkerhetsavstånd om 30 m

4.6 Riskreducerande åtgärder

Riskenivån, både baserad på lokal inventering av närområdet och nationell fördelning av farligt gods medför acceptabla nivåer med avseende på både individrisnivå och samhällsrisk. Det är därför svårt att kravställa att åtgärder vidtas inom planområdet.

Det som främst motiverar eventuella åtgärder är avståndet till intilliggande verksamheter med hög brandbelastning och potentiellt giftiga brandgaser, något som normalt inte behandlas i en analys avseende transport eller hantering av ADR-klassade ämnen.

Det rekommenderas dock, utifrån den känsliga användningen av området (vård- och omsorgsboende) att följande åtgärder övervägs:

- Ingen bebyggelse upprättas inom 23 m från Trollhättevägen. Om byggnader inom 23 m av Trollhättevägen upprättas ska dessa utformas med fasader i brandteknisk klass EI 30 och fönster i EW 30.
- Trollhättevägen förses med trottoarkant längst hela sträckan som passerar planområdet. Alternativt kan dike eller annan avrinning användas för att begränsa storleken på ett eventuellt vätskeutsläpp.
- Känslig bebyggelse så som exempelvis vård, bostäder eller handel förses med:
 - Centralt avstängningsbart ventilationssystem.
 - Luftintag placeras på den sida av fastigheten som vetter bort från farligt-godsleden.

5 Diskussion

Riksinventeringen av närområdet resulterade i en mycket begränsad mängd farligt gods. Detta trots att trafikdata tillhandahållen av Sweco visat på en relativt stor mängd tung trafik förbi planområdet. Detta förväntas dock ha en begränsad effekt på analysen då den lokala inventeringen enbart legat till grund för fördelning av olika typer farligt gods. Mängden farligt gods har fortfarande antagits utgöra 4 % av all tung trafik som passerar på Trollhättevägen.

Detta innebär att analysen har baserats på antagandet att 15,44 transporter med farligt gods passerar planområdet dagligen trots att summan av alla farligt godstransporter (som bedömts kunna leda till kritisk olycka) som identifierats under riksinventeringen endast uppgår till 2,23, en faktor på ca 7x. Se Avsnitt 2.4.1 och Avsnitt 2.4.2.

Dessutom har all trafik till och från samtliga identifierade verksamheter antagits passera planområdet trots att de flesta verksamheterna sa att detta utgjorde den mindre troliga transportleden.

Som visas i Figur 4.2 så utgör pölbrand den absolut största riskbidraget. Det är därför viktigt att säkerställa att pölbrandens riskbidrag har baserats på konservativa antaganden. Då följande antaganden gjorts bedöms dock så vara fallet:

- Strålning antas ske mot oskyddad hud utan skyddande effekt av kläder eller bebyggelse.
- Strålning antas uppstå momentant utan förvarning.
- Personer antas ej fly branden utan stanna kvar i den kritiska strålningen.

Avseende simulering av brandgaser råder stor osäkerhet med avseende på produktionen av de olika ämnena då olika verksamheterna hanterar olika giftiga ämnen som vid en brand kan komma att blandas in i brandgaserna.

Resultaten visar dessutom att acceptabla nivåer uppstår efter ca 60 m från brandkällan vilket motsvarar ungefär avståndet till närmaste verksamhet med hög brandbelastning (ca 70 m till Euromaster och ca 65 m till Ringtjänst Däck & Släp).

6 Slutsats

Det kan konstateras att risknivån inom planområdet längst Trollhättevägen generellt är låg. Detta beror främst på att mängden trafik förbi området är relativt låg samt att övriga riskkällor i närområdet är få.

De åtgärder som föreslås i denna handling ska inte ses som krav utan åtgärder att överväga till följd av den känsliga bebyggelse som planeras inom planområdet.

Riskbilden inom området bedöms ur ett rent kvantitativt riskperspektiv som acceptabel vare sig åtgärder vidtas eller ej.

Referenser

- [1] Det Norske Veritas, "Värdering av risk," Statens räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [2] C.-A. Stenberg, Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Länsstyrelsen i Skåne län, 2007.
- [3] Karin Hedeklint, "Statistiska tätorter 2018 - Antal, befolkning och arealer," SCB, 2019.
- [4] SCB, "Hushållens boende 2017," 2018. [Online]. Available: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/hushallens-ekonomi/inkomster-och-inkomstfordelning/hushallens-boende/pong/statistiknyhet/hushallens-boende>. [Använd 2022].
- [5] Olsen, H., & Stål, M, "Riskhänsyn vid fysisk planering – en studie av Malmö Hamn, Rapport 5034," Avdelningen för brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 1999.
- [6] Räddningsverket, "Farligt Gods - Riskbedömning vid transport," Statens räddningsverk, Karlstad, 1996.
- [7] Sveriges officiella statistik, "Lastbilstrafik 2019 (Trafikanalys Statistik 2020:14)," Statisticon, 2020.
- [8] MSB, "Kartläggning av farligt godstransporter," 2006.
- [9] SMHI, "Ladda ner meteorologiska observationer," [Online]. Available: <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer>.
- [10] Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), "Vägtrafikskador 2004 - Rapport 2005:14," Statistiska centralbyrån, Stockholm, 2005.
- [11] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," Elsevier Science Publishers B.V, Amsterdam, 1993.
- [12] Forsvarsverkets Forskningsanstalt, "Vårdautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," Statens Räddningsverk, Styrelsen för Svensk Brandforskning, Arbetsmiljöfonden, 1998.
- [13] Morgan Johansson, "Beräkningsanvisning för last - TNT-explosion i det fria," MSB, 2012.
- [14] Committee for the prevention of disasters, CPR 16E - Methods for the determination of possible damage., Den Haag, 1992.
- [15] Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, New York: CPQRA, 1989.

- [16] Räddningsverket, "Handbok för riskanalyser," Räddningsverket, 2003.
- [17] Directorate-General for Social Affairs and Employment, "Guidelines for quantitative risk assessment: Purple Book (CPR 18E)," Committee for Prevention of Disasters by Hazardous Materials, Nederländerna, 2005.
- [18] B. Karlsson och J. G. Quintiere, Enclosure Fire Dynamics, 1999.

Bilaga A Tabeller

Tabell för fastställande av Olyckskvot (OK), Andel singel olyckor (SO_{Andel}) och Farligt gods index ($Index_{FG}$)

| Bebyggelse | OK | SO_{Andel} | $Index_{FG}$ | Hastighet | OK | SO_{Andel} | $Index_{FG}$ | Gatu/ Vägtyp | OK | SO_{Andel} | $Index_{FG}$ |
|--------------|------|--------------|--------------|-----------|------|--------------|--------------|------------------|------|--------------|--------------|
| Tätort | 1,20 | 0,15 | 0,05 | 30 km/h | 1,50 | 0,05 | 0,01 | Område | 1,0 | 0,10 | 0,01 |
| | | | | | | | | Gata/Väg | 2,0 | 0,05 | 0,01 |
| | | | | *40 km/h | 1,33 | 0,11 | 0,035 | Område | 1,0 | 0,13 | 0,02 |
| | | | | | | | | Gata/Väg | 1,65 | 0,10 | 0,03 |
| | | | | 50 km/h | 1,20 | 0,15 | 0,03 | Område | 1,0 | 0,15 | 0,03 |
| | | | | | | | | Gata/Väg | 1,2 | 0,15 | 0,03 |
| | | | | | | | | Trafikled | 1,5 | 0,10 | 0,02 |
| | | | | *60 km/h | 0,98 | 0,23 | 0,088 | Gata/Väg | 0,97 | 0,20 | 0,08 |
| | | | | | | | | Trafikled | 1,15 | 0,17 | 0,06 |
| | | | | 70 km/h | 0,80 | 0,30 | 0,12 | Gata/Väg | 0,65 | 0,25 | 0,11 |
| | | | | | | | | Trafikled | 0,80 | 0,25 | 0,11 |
| | | | | | | | | Ringled | 0,90 | 0,25 | 0,11 |
| | | | | | | | | Flerfältsväg | 0,60 | 0,30 | 0,13 |
| | | | | | | | | Motorväg | 0,60 | 0,30 | 0,13 |
| Landsbygd | 0,40 | 0,45 | 0,30 | 70 km/h | 0,70 | 0,30 | 0,15 | Grusväg | 0,70 | 0,35 | 0,18 |
| | | | | | | | | Tvåfältsväg | 0,80 | 0,30 | 0,15 |
| | | | | | | | | Flerfältsväg | 0,60 | 0,30 | 0,15 |
| | | | | *80 km/h | 0,59 | 0,36 | 0,21 | Grusväg | 0,70 | 0,37 | 0,21 |
| | | | | | | | | Flerfältsväg | 0,52 | 0,35 | 0,20 |
| | | | | 90 km/h | 0,40 | 0,45 | 0,28 | Grusväg | 0,70 | 0,40 | 0,25 |
| | | | | | | | | <5 m bred | 0,45 | 0,45 | 0,28 |
| | | | | | | | | 5 - 5,9 m | 0,42 | 0,45 | 0,28 |
| | | | | | | | | 6 - 11 m | 0,40 | 0,45 | 0,28 |
| | | | | | | | | 11 - 13 m | 0,35 | 0,45 | 0,28 |
| | | | | | | | | ML | 0,37 | 0,40 | 0,25 |
| | | | | | | | | Flerfältsväg | 0,40 | 0,35 | 0,22 |
| | | | | | | | | Motorväg | 0,32 | 0,50 | 0,34 |
| | | | | *100 km/h | 0,37 | 0,49 | 0,34 | 11 - 13 m | 0,32 | 0,47 | 0,31 |
| | | | | | | | | ML | 0,32 | 0,45 | 0,29 |
| | | | | | | | | Flerfältsväg | 0,35 | 0,44 | 0,29 |
| | | | | | | | | Motorväg | 0,29 | 0,55 | 0,38 |
| | | | | 110 km/h | 0,28 | 0,55 | 0,40 | <8 m Norrländ | 0,21 | 0,60 | 0,41 |
| | | | | | | | | 11 - 13 m | 0,30 | 0,50 | 0,34 |
| | | | | | | | | ML | 0,28 | 0,50 | 0,34 |
| Flerfältsväg | 0,28 | 0,50 | 0,34 | | | | | | | | |
| Motorväg | 0,26 | 0,60 | 0,42 | | | | | | | | |

* Interpolerat värde framtaget i Excel med exponentiell mjuk metod (FORECAST)

FOA-handbokens Tabell 8.10 med tillägg för K_s och β

| Stabilitet | a_y | b_y | y_y | a_z | b_z | y_z | K_s | β |
|------------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|---------|
| A | 0,32 | 0,0004 | 0,5 | 0,24 | 0,001 | -0,5 | 1 | 0,08* |
| B | 0,32 | 0,0004 | 0,5 | 0,24 | 0,001 | -0,5 | 1 | 0,08* |
| C | 0,22 | 0,0004 | 0,5 | 0,20 | 0 | 0 | 1 | 0,08* |
| D | 0,16 | 0,0004 | 0,5 | 0,14 | 0,0003 | 0,5 | 1 | 0,08 |
| E | 0,11 | 0,0004 | 0,5 | 0,08 | 0,0015 | 0,5 | 1,75 | 0,06 |
| F | 0,11 | 0,0004 | 0,5 | 0,08 | 0,0015 | 0,5 | 3,5 | 0,04 |

*För instabil skiktning (Pasquill A-C) saknas experimentaldata, men det kan visas att användning av $b = 0,08$ inte underskattar koncentrationerna.

Relevanta kolumner ur Tabell 4,1 i B02-111 [13]

| Z [m/kg ^{1/3}] | P _s + [kPa] |
|--------------------------|------------------------|
| 0,1 | 30 830 |
| 0,2 | 15 300 |
| 0,3 | 8 996 |
| 0,4 | 5 745 |
| 0,6 | 2 747 |
| 0,8 | 1 521 |
| 1 | 935 |
| 1,2 | 620 |
| 1,4 | 437 |
| 1,6 | 322 |
| 1,8 | 247 |
| 2 | 195 |
| 2,4 | 130 |
| 3 | 82 |
| 4 | 46 |
| 5 | 31 |
| 6 | 23 |
| 7 | 18 |
| 8 | 15 |
| 10 | 11 |
| 12 | 9 |
| 16 | 6 |
| 20 | 5 |

Bilaga B Ekvationer

B.1 Explosion

Det skalade avståndet (Z [$\text{m}/\text{kg}^{1/3}$]) beräknas med ekvation 3.1 och 3.2 i B02-111 [13] enligt:

$$Z = \frac{r}{(\alpha \cdot W)^{1/3}}$$

Där:

| | | |
|----------|---|------|
| r | Avståndet från explosionens center | [m] |
| α | Belastningssituations faktor (1,8 vid halvsfärisk utbredning) | |
| W | Mängd TNT | [kg] |

Baserat på Z har övertrycket P_5^+ utlästs från Tabell 4,1 i B02-111 [13]; se Bilaga A.

B.2 BLEVE

BLEVE:ns diameter (D_{BLEVE} [m]) och varaktighet (t_{BLEVE} [s]) är hämtade från ekvation 11:11 och 11:12 i FOA-handboken [12] och beräknas enligt:

$$D_{BLEVE} = 6,5 \cdot M_{utsläpp}^{1/3}$$

$$t_{BLEVE} = 0,85 \cdot M_{utsläpp}^{0,26}$$

Där:

| | | |
|---------------|------------------|------|
| $M_{utsläpp}$ | Utsläppets massa | [kg] |
|---------------|------------------|------|

BLEVE:ns utgående strålning (\dot{q}_{BLEVE}'' [kW/m^2]) baseras på att hela förbränningen fördelas över ytan på en sfär och varaktigheten (t_{BLEVE} [s]) och beräknas genom:

$$\dot{q}_{BLEVE}'' = \frac{M_{utsläpp} \cdot \Delta h_c \cdot X_e}{t_{BLEVE} \cdot \pi \cdot D_{BLEVE}^2}$$

Där:

| | | |
|--------------|-------------------|---------|
| Δh_c | Förbränningsvärme | [kJ/kg] |
| X_e | Strålningsandel | [-] |

Synfaktorn ($F_{BLEVE \rightarrow x}$) mellan och punkt X härleds från ekvation 11:28 i FOA-handboken [12] med vinkeln 0 och beräknas enligt:

$$F_{BLEVE \rightarrow x} = \frac{D^2}{4 \cdot X^2}$$

Infallande strålning (q_x [kW/m^2]) från BLEVE:n till punkt X beräknas enligt:

$$q_x = F_{BLEVE \rightarrow x} \cdot \dot{q}_{BLEVE}''$$

Strålningsdosen (E''_x) i punkt X beräknas enligt ekvation 3.3 i *Green Book* [14]:

$$E''_x = t_{BLEVE} \cdot q_x^{4/3}$$

Skadeområdet (A_{SO} [m²]) beräknas som halva arean av en cirkel med radien $X_{kritisk}$:

$$A_{SO} = \frac{\pi \cdot X_{kritisk}^2}{2}$$

Där:

$X_{kritisk}$ Avståndet till kritisk strålning upphör [m]

B.3 Gasspridning i luft

Den effektiva molvikten (m_{ge} [g/mol]) beräknas enligt ekvation 8:33 i FOA-handboken [12]:

$$m_{ge} = m_g \left[1 + \frac{h_{fg} + c_{pg}(T_a - T_f)}{c_{pa} \cdot T_a} \right]$$

Där:

| | | |
|----------|---------------------------------|----------|
| m_g | Gasens molvikt | [g/mol] |
| h_{fg} | Ångbildningsvärme hos vätskan | [J/kg] |
| c_{pg} | Gasens specifika värme | [J/kg K] |
| T_a | Omgivande temperatur | [K] |
| T_f | Gasens temperatur | [K] |
| c_{pa} | Specifika värme för fuktig luft | [J/kg K] |

"Längdskala för buoyancy" (L_b [m]) beräknas med hjälp av ekvation 8:34 i FOA-handboken [12] enligt:

$$L_b = g \left(1 - \frac{m_a}{m_{ge}} \right) \cdot \frac{Q}{\rho_a \cdot U^3}$$

Där:

| | | |
|----------|---------------------|----------------------|
| g | Tyngdaccelerationen | [m/s ²] |
| m_a | Densiteten för luft | [kg/m ³] |
| ρ_a | Densiteten för luft | [kg/m ³] |
| Q | Massflödet | [kg/s] |
| U | Vindhastigheten | [m/s] |

B.3.1 Tunggasspridning

Avståndsvillkor för tunggasmodellens giltighet (x_{MAX} [m]) beräknas med hjälp av ekvationerna 8:35 och 8:35 i FOA-handboken [12] enligt:

$$x_{MAX} = \frac{0,037 \cdot L_b}{(\sigma'_{yp})^3} - \frac{\sigma_{y0}^{3/2}}{0,35 \cdot L_b^{1/2}}$$

Tillsammans med ekvation 8:36 och 8:27 i FOA-handboken [12]:

$$\sigma'_{y0} = \sigma'_{z0} = 0,6 \sqrt{\frac{Q}{\rho_a \cdot U} \cdot \frac{m_g + m_a}{m_g}} \quad \& \quad \sigma'_{yp} = \beta \left(\frac{z_0}{z_{03}} \right)^{0,2}$$

Där:

| | | |
|----------|--|-----|
| β | Konstant som beror på stabilitetsklass | [-] |
| z_0 | Skrovlighetslängd | [m] |
| z_{03} | Referenslängd skrovlighet, 0,03 | [m] |

Koncentration längst X-axeln (x) beräknas med hjälp av ekvation 8:22 i FOA-handboken [12] enligt:

$$\chi(x, 0, 0) = \frac{85Q \cdot K_r^{-1} \cdot K_s}{(x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}})^2 \cdot U} \quad \& \quad K_r = \left(\frac{z_0}{z_{01}} \right)^{0,2}$$

Där:

| | | |
|---------------|---|-----|
| x | Avståndet från källan [m] | |
| σ_{y0} | Normalfördelning längst Y-axeln i källan (ofta 0) | [m] |
| σ_{z0} | Normalfördelning längst Z-axeln i källan (ofta 0) | [m] |
| z_{01} | Referenslängd skrovlighet, 0,01 | [m] |

Avståndet till kritisk koncentration (χ [kg/m³]) längst Y-axeln (y [m]) härleds från ekvation 8:22 i FOA-handboken [12] och beräknas enligt:

$$\chi(x, y, 0) = \frac{Q}{\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot U} \cdot e^{-\left(\frac{y^2}{2 \cdot \sigma_y^2}\right)} \rightarrow y = \mp \sqrt{\left| 2 \cdot \sigma_y^2 \ln \left(\frac{\chi \cdot \pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot U}{Q} \right) \right|}$$

Tillsammans med ekvation 8:37 och 8:38 i FOA-handboken [12]:

$$\sigma_y = (\sigma_{y0}^{3/2} + 0,35 \cdot L_b^{1/2} \cdot x)^{2/3} \quad \& \quad \sigma_z = \frac{(x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}})^2}{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_y}$$

Där:

K_s Konstant som beror på stabilitetsklass [-]

B.3.2 Passiv spridning

När $x > x_{MAX}$ är inte längre modellen för tunggasspridning giltig. x_{MAX} ansätts då som x_0 i modell för passiv spridning tillsammans med nya värden för σ där $\sigma_y(x_{MAX})$ används som σ_{y0} och $\sigma_z(x_{MAX})$ som σ_{z0} .

Baserat på ekvation 8:42 i FOA-handboken [12] beräknas x_{y0} för $y_y = 0,5$ enligt:

$$x_{y0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} \cdot K_{yt}}\right)^2 \cdot b_y + \frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} \cdot K_{yt}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} \cdot K_{yt}}\right)^2 b_y^2 + 4a_y^2}}{2a_y^2}$$

och baserat på ekvation 8:44 i FOA-handboken [12] beräknas x_{z0} för $y_z = 0,5$ enligt:

$$x_{z0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)^2 \cdot b_z + \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)^2 b_z^2 + 4a_z^2}}{2a_z^2}$$

Där:

$b_y, a_y, b_z,$ och a_z är hämtade från Tabell 8.10 i FOA-handboken [12]

K_{rp} Skrovlighetskonstant (1 för bebyggt område) [-]

K_{yt} Kvoten medelvärdesbildningstiden och medelvärdetiden
(1 då dessa är samma) [-]

Koncentration längst X-axeln (x) beräknas med hjälp av ekvation 8:26 i FOA-handboken [12] enligt:

$$\chi(x, 0, 0) = \frac{Q}{\pi \cdot \sigma_z \cdot \sigma_y \cdot U}$$

Tillsammans med ekvation 8:41 och tabell 8.10 i FOA-handboken [12]:

$$\sigma_y = \frac{a_y(x + x_{y0})}{(1 + b_y(x + x_{y0}))^{y_y}} \cdot K_{rp} \cdot K_{yt} \quad \& \quad \sigma_z = \frac{a_z(x + x_{z0})}{(1 + b_z(x + x_{z0}))^{y_z}} \cdot K_{rp}$$

y_y och y_z är hämtade från Tabell 8.10 i FOA-handboken [12].

Avståndet till kritisk koncentration (χ [kg/m³]) längst Y-axeln (y [m]) beräknas på samma vis som för tunggasspridning.

Skadeområdet (A_{SO} [m²]) beräknas som summan av plymens bredd ($2 \cdot \chi(x, y, 0)_{Kritisk}$) för varje meter mellan utsläpsskällan och $\chi(x, 0, 0)_{Kritisk}$:

$$A_S = \sum_0^{\chi(x,0,0)_{Kritisk}} 1 \cdot 2 \cdot \chi(x, y, 0)_{Kritisk}$$

Där:

$\chi(x, 0, 0)_{Kritisk}$ Avstånd; kritisk koncentration, X-axeln [m]

$\chi(x, y, 0)_{Kritisk}$ Avstånd; kritisk koncentration längst plymens centerlinje, Y-axeln [m]

Detta medför att skadeområdet överskattas nära källan men felet avtar sedan $\chi(x, 0, 0)_{Kritisk}$.

B.4 Jetflamma

Jetflammans längd (L_{jet} [m]) beräknas med hjälp av ekvation 2.2.66 i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [15] enligt:

$$L_{jet} = 9,1 \cdot \dot{m}_{utsläpp}^{0,5}$$

Där:

$\dot{m}_{utsläpp}$ Utsläppet hastighet [kg/s]

Jetflammans bredd vid flamfronten (W_{jet} [m]) beräknas med hjälp av ekvation 2.2.67 i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [15] enligt:

$$W_{jet} = 0,25 \cdot L_{jet}$$

Slutligen beräknas avståndet ($r_{s,50}$ [m]) längst jetflammans sida där strålningen medför 50 % dödlighet efter 10 sekunders strålningsdos (t [s]). Detta görs med hjälp av ekvation 2.2.67 i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [15] enligt:

$$r_{s,50} = 1,9 \cdot t^{0,4} \cdot \dot{m}_{utsläpp}^{0,47}$$

Skadeområdet ansetts konservativt som en kvadrat med sidorna ($L_{jet} + r_{s,50}$) och ($W_{jet} + 2 \cdot r_{s,50}$).

B.5 Pölbrand

Pölbrandens teoretiska area (A_{teori} [m²]) beräknas enligt ekvation 7:6 och 7:7 i FOA-handboken [12]:

$$A_{teori} = \frac{V_{utsläpp}}{\delta}$$

Där:

| | | |
|---------------|------------------|-------------------|
| $V_{utsläpp}$ | Utsläppets volym | [m ³] |
| δ | 0,01 | [m] |

Tillgänglig uppsamlingsarea ($A_{uppsamling}$ [m²]) beräknas enligt:

$$A_{uppsamling} = S_{avrinning} \cdot S_{väg}$$

Där:

| | | |
|-----------------|--|-----|
| $S_{väg}$ | Vägens bredd från vägkant till vägkant | [m] |
| $S_{avrinning}$ | Avståndet mellan två avrinningspunkter | [m] |

Pölbrandens dimensionerande area ($A_{pöl}$ [m²]) beräknas enligt:

$$A_{pöl} = \text{Min} [A_{uppsamling}, A_{teori}]$$

Pölbrandens dimensionerande diameter ($D_{pöl}$ [m]) beräknas enligt:

$$D_{pöl} = 2 \sqrt{\frac{A_{pöl}}{\pi}}$$

Pölbrandens massavbränning ($\dot{m}''_{pöl}$ [(kg/s)/m²]) beräknas enligt ekvation 3.6 i Enclosure Fire Dynamics [18]:

$$\dot{m}''_{pöl} = \dot{m}''_{\infty} \cdot (1 - e^{-k\beta D_{pöl}})$$

Där:

| | | |
|----------------------|--|--------------------------|
| \dot{m}''_{∞} | Ämnets massavbränning för oändligt stor pölbrand | [(kg/s)/m ²] |
| $k\beta$ | Ämnesspecifika tabellvärde | [m ⁻¹] |

Pölbrandens flamhöjd ($h_{pöl}$ [m]) beräknas enligt ekvation 11:4 i FOA-handboken [12]:

$$h_{pöl} = D_{pöl} \cdot 42 \left[\frac{\dot{m}_{pöl}''}{\rho \cdot \sqrt{g \cdot D_{pöl}}} \right]^{0,61}$$

Där:

ρ Densiteten för luft [kg/m³]

g Tyngdaccelerationen (9,81) [m/s²]

Pölbrandens utgående strålning ($\dot{q}_{pöl}''$ [kW/m²]) baseras på ekvation 3.5 i Enclosure Fire Dynamics [18] delat på arean av en cylinder med höjden $h_{pöl}$ och beräknas genom:

$$\dot{q}_{pöl}'' = \frac{\dot{m}_{pöl}'' \cdot \Delta h_c \cdot A_{pöl} \cdot \chi_e}{D_{pöl} \cdot \pi \cdot h_{pöl}}$$

Där:

Δh_c Förbränningsvärme [kJ/kg]

χ_e Strålningsandel [-]

Synfaktorn ($F_{pöl \rightarrow x}$) mellan pölbranden och punkt X baseras på ekvation 11:14 – 11:20 i FOA-handboken [12] och beräknas enligt:

$$F_{pöl \rightarrow x} = \sqrt{F_h^2 + F_v^2}$$

$$F_h = \frac{1}{\pi} \left[\tan^{-1} \sqrt{\frac{x_r + 1}{x_r - 1}} - \frac{x_r^2 - 1 + h_r^2}{\sqrt{AB}} \tan^{-1} \sqrt{\frac{(x_r - 1)A}{(x_r + 1)B}} \right]$$

$$F_v = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{x_r} \tan^{-1} \left(\frac{h_r}{\sqrt{x_r^2 - 1}} \right) + \frac{h_r(A - 2x_r)}{x_r \sqrt{AB}} \tan^{-1} \sqrt{\frac{(x_r - 1)A}{(x_r + 1)B}} - \frac{h_r}{x_r} \tan^{-1} \sqrt{\frac{x_r + 1}{x_r - 1}} \right]$$

$$A = (x_r + 1)^2 + h_r^2$$

$$B = (x_r - 1)^2 + h_r^2$$

$$h_r = \frac{2h_{pöl}}{D_{pöl}}$$

$$x_r = \frac{2x}{D_{pöl}}$$

Där:

x Avståndet mellan pölbrandens center och punkten x [m]

Skadeområdet (A_{SO} [m²]) beräknas som halva arean av en cirkel med radien $X_{Kritisk}$:

$$A_{so} = \frac{\pi \cdot X_{kritisk}^2}{2}$$

Där:

$X_{kritisk}$ Avståndet till kritisk strålning upphör [m]

Infallande strålning (q_x [kW/m²]) från pölbranden till punkt X beräknas enligt:

$$q_x = F_{p \rightarrow x} \cdot q_{pöl}$$