

TROLLHÄTTAN RENEN, P-HUS UNDERLAG TILL DETALJPLANEARBETE

KRAFTSTADENS PROJEKTAMN: 7015 P-HUS

RISKBEDÖMNING

Avseende transporter av farligt gods på järnväg

Datum: 2018-10-08
Reviderad: 2020-11-06

Åsboholmsgatan 6
504 51 Borås

Kungsgatan 48^B
411 15 Göteborg

Västerlånggatan 27
111 29 Stockholm

Uppdragsansvarig: Markus Olofsgård - Brandingenjör
Handläggare: Andreas Stagnebo - Civilingenjör/brandingenjör

Kålgårdsbergsgatan 10
451 30 Uddevalla

Bäckgatan 10^C
432 44 Varberg

Telefon vxl: 010-703 70 00

www.prevecon.se

Projektinformation

Uppdragsnummer:	20200407 (tidigare 20180096)
Uppdragsnamn:	Kv Renen, Riskbedömning
Kommun:	Trollhättan
Uppdragsgivare:	Kraftstaden Fastigheter
Uppdragsgivarens ref:	Jan Mattson

Organisation - Prevecon Brand & Riskkonsult AB

Uppdragsansvarig: Markus Olofsgård - Brandingenjör Telefon: 010-703 70 13
Handläggare: Andreas Stagnebo - Civilingenjör/brandingenjör Telefon: 010-703 70 27
Internkontroll: Dan Sylvén Cornelius - Civilingenjör/brandingenjör Telefon: 010-703 70 16

Dokumenthistorik

R4	2020-11-06	Justerat enligt granskningskommentarer	AS	
R3	2020-10-22	Förtydligat åtgärder	AS	
R2	2020-08-24	Nya förutsättningar, bussdepå utgår och ändrad utformning av P-Hus	AS	DSC
R1	2019-08-23	Uppdaterat rekommenderade riskreducerande åtgärder	AS	AL
0	2018-10-08		AS	EP
Version	Datum	Anmärkning	Handläggare	Internkontroll

Dokumenttyp Rapport	Version R4	Sida 3 / 62
Uppdragsnamn TROLLHÄTTAN RENEN, P-HUS RISKBEDÖMNING UNDERLAG TILL DETALJPLANEARBETE	Uppdragsnummer 20200407	Handläggare Andreas Stagnebo
	Datum 2018-10-08	Revidering 2020-11-06

SAMMANFATTNING

Prevecon Brand & Riskkonsult AB (Prevecon) har på uppdrag av Kraftstaden fastigheter utfört en riskbedömning i samband med planerad nybyggnad av ett parkeringsgarage i anslutning till Trollhättan C.

Ett parkeringsgarage planeras inom Kv Renen med syfte att öka antalet parkeringsplatser på pendelparkering i anslutning till Trollhättan C. I dagsläget utgörs området av ytparkering.

Parkeringen är placerad precis söder om järnvägen *Norge-/Vänerbanan*. En del av godset som transporteras på järnvägen är farligt gods. Eftersom avstånd mellan järnväg och byggområdet understiger 150 meter ska risken med farligt godstransporter tas i beaktning.

Prevecon bedömer att parkeringsgaraget kan byggas med förutsättning att nedanstående riskreducerande åtgärder vidtas:

- Avstånd mellan byggnad och spårmitt på närmsta järnvägsspår ska vara minst 10 meter.
- Mellan järnvägsspår och byggnaden anordnas en "falsk perrong" för att skydda parkeringsgaraget mot urspårade tåg.
- Fasad som löper parallellt med järnvägen ska utföras tät, med brandteknisk klass EI 30. Dörrar och fönster accepteras ej i aktuell fasad. För alternativ utformning, se separat utlåtande i bilaga 1.
- Fasader vinkelräta mot järnvägen ska utformas så att strålning från brand på järnvägen inte medför påverkan på personer i byggnaden. Fasad vinkelrät mot järnvägen kan utformas öppen under förutsättning att strålskyddskärmar anordnas utanför fasaden. Öppen fasad kan vara aktuellt med hänsyn till behov av ventilation av brandgaser. Dörrar och fönster i aktuell fasad ska utföras i lägst klass EI 30. Dörrar förses även med dörrstängare.
- Parkeringsgaraget förses med ett heltäckande tak. Taktäckningen ska utformas med obrännbart material. Taket erfordrar ej brandteknisk klass och ljusinsläpp kan accepteras.
- Utrymning från byggnaden ska kunna ske i riktning bort från järnvägen.
- Omgivningen utformas så att stadigvarande vistelse inte uppmuntras.

Syftet med åtgärderna ovan är främst att skydda personerna i byggnaden från värme- och strålning som uppstår vid pölbrand och jetflamma. Dessa åtgärder bedöms vara de som medför störst reduktion av individrisken för personerna i byggnaden. Då dessa åtgärder vidtas reduceras risken till nivåer där ytterligare riskreducerande åtgärder inte bedöms nödvändiga att vidtas.

Dokumenttyp Rapport	Version R4	Sida 4 / 62
Uppdragsnamn TROLLHÄTTAN RENEN, P-HUS RISKBEDÖMNING UNDERLAG TILL DETALJPLANEARBETE	Uppdragsnummer 20200407	Handläggare Andreas Stagnebo
	Datum 2018-10-08	Revidering 2020-11-06


Att införa åtgärder för att reducera konsekvenser till följd av explosion medför visserligen en reduktion av risken för personerna i byggnaden. Det är dock väldigt kostsamt att utforma en byggnad för att kunna motstå explosion varför det anses omotiverat att genomföra denna åtgärd i samband med föreslagna åtgärder i punktlistan ovan.

INNEHÅLL

Sammanfattning	3
1 Inledning	7
1.1 Uppdragsbeskrivning	7
1.2 Syfte	7
1.3 Bakgrund till uppdraget	7
1.4 Avgränsningar	8
1.5 Målgrupp	9
1.6 Begrepp och definitioner	9
2 Lagar och riktlinjer	11
2.1 Skyddsavstånd transportled för farligt gods	11
2.2 Övriga lagar och riktlinjer	15
2.3 Jämförelse med studerat område	15
3 Transport av farlig gods	16
3.1 Allmänt om konsekvenser till följd av vådautsläpp	16
3.1.1 Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	17
3.1.2 Klass 2 – Gaser	17
3.1.3 Klass 3 – Brandfarliga vätskor	18
3.1.4 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	18
4 Arbetsmetod	19
4.1 Övergripande om metod för riskhanteringsprocessen	19
4.2 Arbetsmetod för denna analys	20
4.3 Val av acceptanskriterier	21
5 Förutsättningar	24
5.1 Områdesbeskrivning	24
5.2 Trafikinformation	25
5.3 Väderförhållanden	26
5.4 Befolkningstäthet	27
6 Riskidentifiering	29
6.1 Farligt godsolycka	29
6.2 Bussdepå på fastighet Renen 6	29
6.3 Dimensionerande olyckshändelser	30
7 Bedömning av sannolikheter och frekvenser	33
7.1 Järnväg	33
8 Konsekvensberäkningar	34

9	Riskmått	37
9.1	Individrisk	37
9.2	Samhällsrisk	39
10	Känslighetsanalys	40
11	Riskvärdering	43
12	Rekommenderade riskreducerande åtgärder	44
13	Värdering av osäkerheter	46
14	Slutsatser	48
15	Referenser	49
	Bilaga A – Frekvens- och sannolikhetsberäkningar	50
	Bilaga B – Konsekvensberäkningar	55
	Bilaga C – Beräkning av individrisk	61
	Bilaga D – Beräkning av samhällsrisk	62

Bilaga 1 – Utlåtande angående fasad mot spår

 Borås - Göteborg - Halmstad Stockholm - Uddevalla Tel vxl: 010-703 70 00 www.prevecon.se	Dokumenttyp Rapport	Version R4	Sida 7 / 62
	Uppdragsnamn TROLLHÄTTAN RENEN, P-HUS RISKBEDÖMNING UNDERLAG TILL DETALJPLANEARBETE	Uppdragsnummer 20200407	
		Handläggare Andreas Stagnebo	
		Datum 2018-10-08	Revidering 2020-11-06

1 INLEDNING

1.1 UPPDRAGSBESKRIVNING

Prevecon Brand & Riskkonsult AB (Prevecon) har på uppdrag av Kraftstaden fastigheter utfört en riskbedömning med hänsyn till farligt gods avseende nybyggnad av parkeringsgarage inom fastigheten Renen 6 i Trollhättan.

Till denna rapport biläggs **Utlåtande angående fasad mot spår** upprättat av Prevecon, daterat 2020-10-15.

1.2 SYFTE

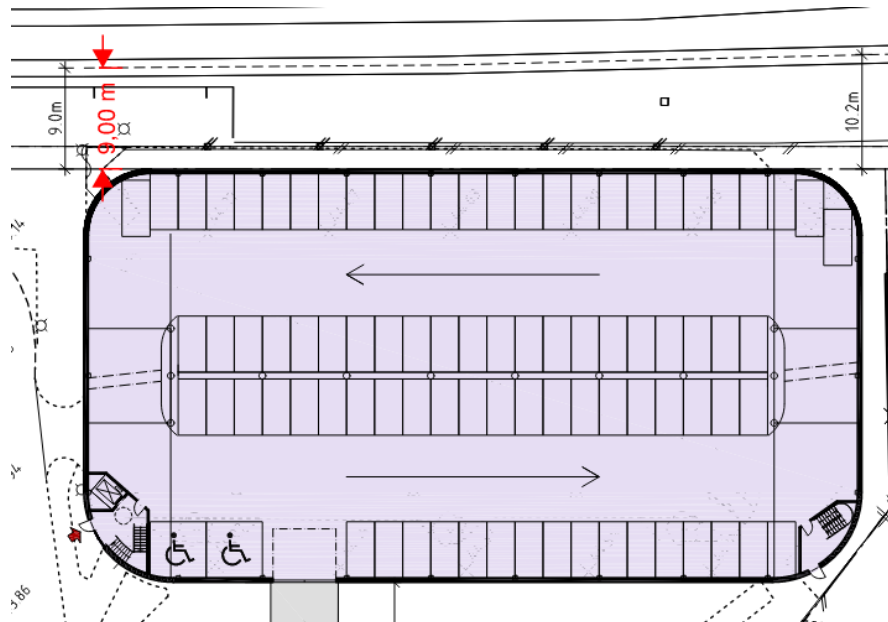
Riskbedömningen har utförts för att redovisa och värdera risker avseende transport av farligt gods på järnväg. I riskbedömningen ges förslag på riskreducerande åtgärder om sådana krävs med hänsyn till den risknivå som föreligger.

1.3 BAKGRUND TILL UPPDRAGET

För att utöka antalet parkeringsplatser planeras ett parkeringsgarage på aktuell fastighet. På det planerade området finns i dagsläget en bilparkering för pendlare.

Parkering är belägen precis söder om järnvägen *Norge-/Vänerbanan*. En del av godset som transporteras på järnvägen är farligt gods. Eftersom avstånd mellan järnväg och byggområdet understiger 150 meter ska risken med farligt godstransporter tas i beaktning.

Se Figur 1 för överblick över området och den planerade nybyggnaden.



Figur 1 Placering av parkeringsgaraget. Kortaste avstånd mellan byggnad och Norge-/Vänerbanan är uppgår till 9,0 m¹.

Prevecon har endast erhållit principritningar över utbyggnaden. Den slutliga utformningen kan därmed skilja sig från skissen ovan och förändringar i utformning ska genomföras med de riskreducerande åtgärderna som nämns i denna riskutredning.

1.4 AVGRÄNSNINGAR

Uppdraget (definierat av beställaren) avser att studera de risker som innefattar farligt godsolyckor genererade av järnvägssträckan *Norge-/Vänerbanan* förbi området. Risker förknippande med befintliga gascisterner och oljehantering i anslutande bussdepå hanteras ej då avståndet mellan hantering och nybyggnad är 150 m.

I fastigheten öster om P-huset finns en bussdepå där tankning av bussar med gas och diesel sker. Bussdepån är utförd enligt Anvisningar för Tankstationer (TSA 2010) och behöver generellt inte beaktas i denna riskanalys då riskerna redan är hanterade för bussdepå.

Endast konsekvenser där människor omkommer hanteras i riskanalysen. Övriga risker som kan påverka personers hälsa, exempelvis buller, vibrationer etc. har exkluderats. Därtill omfattas ej olyckshändelser där långvarig exponering krävs för att ge upphov till negativa konsekvenser.

¹ Ritning tillhandahållen av Kraftstaden Fastigheter.

1.5 MÅLGRUPP

Målgruppen för denna rapport är företrädevis beställaren, Kraftstaden fastigheter Trollhättan AB. Rapporten är framtagen under förutsättning att läsaren besitter vissa grundkunskaper om riskbedömning.

1.6 BEGREPP OCH DEFINITIONER

I detta avsnitt beskrivs begrepp och definitioner. Begrepp som berör de olika arbetsmomenten i denna rapport, t.ex. riskanalys och riskbedömning, hanteras i avsnitt 4.

Risk

Risk kan definieras som en sammanvägning av sannolikheten för att en händelse ska inträffa samt de negativa konsekvenser händelsen kan leda till [1].

Individrisk

Individrisk är ett riskmått där sannolikheten för att en viss individ omkommer under en tidsperiod, ofta ett år, beskrivs. Individrisk kan uttryckas som platsspecifik risk eller individspecifik risk.

Platsspecifik risk innebär risken att omkomma för en hypotetisk person som antas befinna sig kontinuerligt på en specifik plats (i denna riskanalys antas personen befinna sig utomhus). Individspecifik risk tar hänsyn till att individen i fråga inte befinner sig på samma plats hela tiden [1]. I denna rapport är det den platsspecifika risken som beräknas.

Samhällsrisk

Samhällsrisk är ett riskmått som inkluderar risker för alla personer som utsätts för en risk, och är i hög grad beroende av persontätheten. Syftet med samhällsrisk är att beskriva hur riskbilden ser ut inom ett större område d.v.s. beskriva hur sannolikt det är med olyckor där konsekvensen blir att många omkommer [1]. Samhällsrisk anges i frekvens (antal händelser per år) och konsekvens (antal omkomna). Samhällsrisk kan uttryckas med hjälp av FN-diagram.

Acceptanskriterier

Acceptanskriterier används för att bedöma om risken är acceptabel eller ej. Det finns både kvalitativa och kvantitativa kriterier för både individrisk och samhällsrisk [1]. I riskbedömningar används dock allt som oftast kvantitativa kriterier för att kunna jämföra risknivåer och åtgärdsförslag.

Farligt godsolycka

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, miljö eller egendom.

Med farligt godsolycka innebär att det skadliga ämnet har kommit ut till omgivning. En tankbil som har kört av vägen och vält är därmed ingen farligt godsolycka om inte det farliga godset har kommit ut till omgivningen.

Riskavstånd

Avstånd från riskkällan till område där människor ej bedöms påverkas av risken.

2 LAGAR OCH RIKTLINJER

Nedan beskrivs övergripande de lagar och riktlinjer som normalt tillämpas vid riskhantering vid farligt gods vid planärenden.

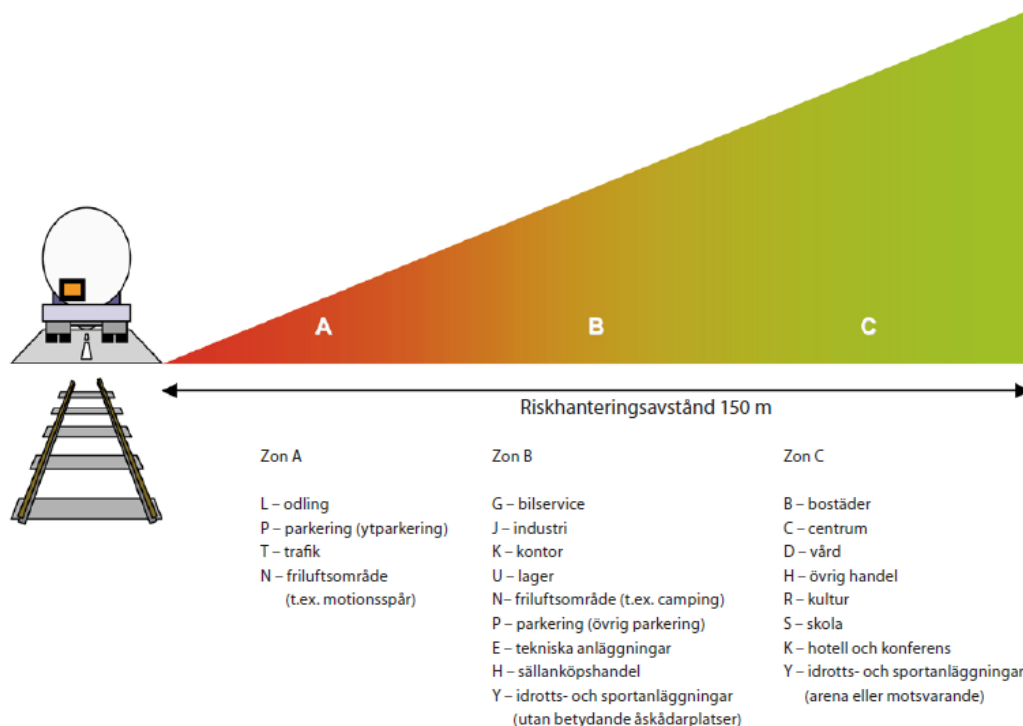
Plan- och bygglagen (SFS 2010:900) med tillhörande förordning reglerar de krav som ställs vid planläggning av mark och vatten och om byggande. Plan- och bygglagen (PBL) ställer inga direkta krav på att en riskbedömning ska genomföras, dock ställs krav på att en god och långsiktigt hållbar livsmiljö för människor i dagens samhälle och för kommande generationer ska främjas, vilket i praktiken medför att en riskbedömning måste göras vid planläggning. Även miljöbalken (SFS 1998:808) berör en hållbar utveckling för människors hälsa.

2.1 SKYDDSAVSTÅND TRANSPORTLED FÖR FARLIGT GODS

Utöver lagar ger landets Länsstyrelser ut riktlinjer för att mer detaljerat beskriva hur och när riskanalyser och riskbedömningar bör genomföras. Vanligtvis används de rekommendationer som Länsstyrelserna i Stockholms län, Skåne län och Västra Götalands län har upprättat. Avsteg från rekommendationerna gällande skyddsavstånd kan allt som oftast göras med en utförlig riskanalys som grund. Det bör dock poängteras att Länsstyrelsen i Stockholms län nyligen har givit ut nya riktlinjer, se längre ner i detta avsnitt, där länsstyrelsen ger indikationer på vilka skyddsavstånd och riskreducerande åtgärder som minst är nödvändiga oberoende av rådande risknivå utmed transportleder för farligt gods.

Riskpolicy i Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län

Policyn grundar sig på plan- och bygglagen (SFS 2010:900) samt miljöbalken (SFS 1998:808) och berör hur markanvändning, avstånd och riskhantering bör beaktas för detaljplaner i närheten av transportleder för farligt gods. Inom 150 meters avstånd från transportleder för farligt gods bör riskhanteringsprocessen beaktas [2]. Därtill har Länsstyrelserna tagit fram förslag på markanvändning inom detta avstånd, se figur 2.



Figur 2. Zonindelning enligt Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands läns [2].

Västra Götalands län

Göteborgs stad har tagit fram en översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektorn transporter av farligt gods [3]. Översiktsplanen har i praktiken kommit att bli vägledande rekommendationer för Västra Götalands län. Rekommenderade skyddsavstånd ges i tabell 1.

Tabell 1. Rekommenderade skyddsavstånd från järnväg enligt Göteborgs stad.

Riskälla	Typ av bebyggelse	Avstånd
Järnvägar	Byggnadsfritt	0-30 m
	Tät kontorsbebyggelse	30 m
	Sammanhållen bostadsbebyggelse	80 m

Skåne län

Skåne län har tagit fram tre olika vägledningarna som utgör riktlinjer för riskhantering inom aktuellt område. Två av vägledningarna baseras på kvantitativa riskanalyser medan en av vägledningarna i mångt och mycket följer de skyddsavstånd som rekommenderas i riktlinjen [4]. Skyddsavstånden återges i tabell 2.

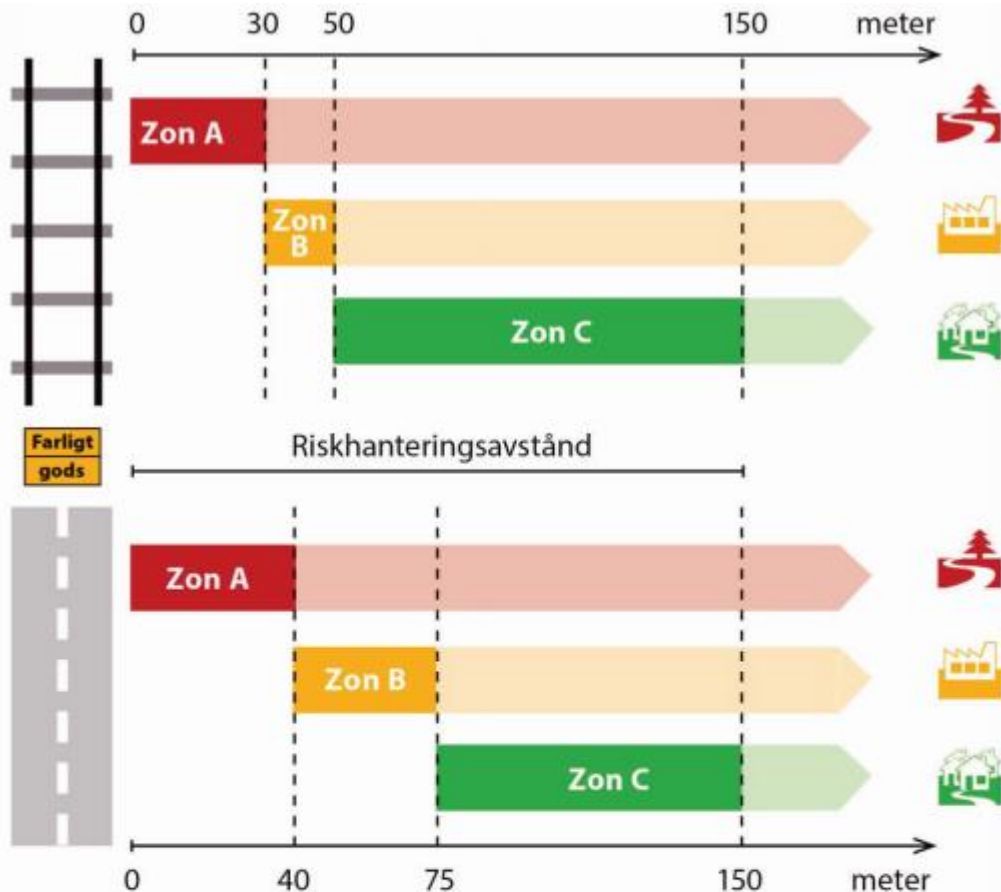
Tabell 2. Rekommenderade skyddsavstånd enligt Skåne län.

Riskälla	Typ av bebyggelse	Avstånd
Transport av farligt gods	Byggnadsfritt	0-30 m
	Industri, lager samt bilservice	30 m
	Bostäder (småhusbebyggelse), centrum, kontor (dock ej hotell) samt idrott-s och sportanläggningar (utan betydande åskådarplats).	70 m
	Vård, skola, bostäder (tät flerbostadsbebyggelse) samt kontor (inklusive hotell och konferens).	150 m

Stockholms län

Länsstyrelsen i Stockholm län har gett ut riktlinjer för riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer [5]. Riktlinjerna anger rekommenderade skyddsavstånd mellan riskkällor och olika typer av bebyggelse. Skyddsavstånden skiljer sig endast marginellt från de riktlinjer som Skåne län [4] och Västra Götalands län [3] har gett ut.

Länsstyrelsen i Stockholm har även nyligen gett ut riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods [6]. Riktlinjerna tydliggör hur Länsstyrelsen i Stockholms län bedömer risker vid granskning av detalj- och översiktsplaner och är en uppdatering gällande skyddsavstånd och riskreducerande åtgärder. Rekommenderad markanvändning och skyddsavstånd återges i figur 3.



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

Zon A	Zon B	Zon C
G – drivmedelsförsörjning (obemannad)	E – tekniska anläggningar	B – bostäder
L – odling och djurhållning	G – drivmedelsförsörjning (bemannad)	C – centrum
P – parkering (ytparkering)	J – industri	D – vård
T – trafik	K – kontor	H – detaljhandel
	N – friluftsliv och camping	O – tillfällig vistelse
	P – parkering (övrig parkering)	R – besöksanläggningar
	Z – verksamheter	S – skola

Figur 3. Rekommenderad markanvändning och skyddsavstånden enligt Länsstyrelsen i Stockholms län [6].

Länsstyrelsen anser att skyddsavstånd är att föredra framför andra riskreducerande åtgärder och vid korta avstånd läggs större vikt vid eventuella konsekvenser av en olycka med farligt gods än sannolikheten att en sådan olycka inträffar. Rekommendationen för drivmedelsförsörjning i zon A gäller inte för järnväg utan endast för vägar.

Intill järnväg anger Länsstyrelsen att ett skyddsavstånd på minst 25 meter, mätt från närmaste spårmitt, ska upprätthållas. Inom 30 meter ska följande åtgärder säkerställas för markanvändning bostäder (B), centrum (C), vård (D), handel (H), friluftsliv och camping (N), tillfällig vistelse (O), besöksanläggningar (R), skola (S), kontor (K), drivmedelsförsörjning (G) industri (J) och verksamheter (Z):

- fasader ska utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI 30.
- friskluftsintag ska riktas bort från järnvägen.
- det ska vara möjligt att utrymma bort från järnvägen på ett säkert sätt.

Länsstyrelsen anger dessutom att riskutredningar ska utreda eventuellt behov av riskreducerande åtgärder utöver de krav som länsstyrelsen anger.

2.2 ÖVRIGA LAGAR OCH RIKTLINJER

Förutom ovanstående lagar, riktlinjer och rekommendationer förekommer ett antal lagar och föreskrifter som kan vara relevanta för markanvändning och planärenden med hänsyn till människors säkerhet och hälsa. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) ger till exempel ut föreskrifter angående hantering och förvaring av brandfarliga varor.

I MSB:s handbok *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer* [7] anges skyddsavstånd mellan olika objekt och riskkällor på en bensinstation (gäller även sjöbensinstationer). Längsta rekommenderat skyddsavstånd uppgår till 25 meter. Skyddsavstånden gäller för drivmedel men flampunkt 30 °C eller lägre, vilket omfattar bensin och E85. Diesel har dock en flampunkt över 55°C vilket innebär att vätskan ej är lika lättantändlig som bensin och att den behöver värmas upp innan den antänder. Sannolikheten att diesel ska antända är därmed låg i förhållande till bensin (samma skyddsavstånd antas därmed kunna gälla även för diesel). Observera att skyddsavstånd på 25 meter även gäller för påfyllningsanslutning till cistern ovan mark.

I Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 2000:4) om cisterner, gasklockor, bergrum och rörledningar för brandfarlig gas anges skyddsavstånd mellan cistern för gasol och byggnader i allmänhet. Cisterner som rymmer 10 – 100 m³ ska placeras minst 25 meter från byggnader i allmänhet. Cisterner som rymmer mindre än 10 m³ ska placeras minst 6 meter från byggnader i allmänhet. För samtliga volymer gäller att avstånd till tankfordonets slanganslutningspunkt minst ska vara 12 meter. Avstånd till svårutrymda lokaler ska minst vara 100 meter. Berörda bostäder anses ej vara svårutrymda.

2.3 JÄMFÖRELSE MED STUDERAT OMRÅDE

I de skisser som Prevecon erhållit uppgår avstånd mellan järnväg och fasad på parkeringsgarage till 9 meter. Detta uppfyller inte Länsstyrelsens rekommendationer för markanvändning närmast järnvägen. En riskutredning skall genomföras för området och planerad användning.

3 TRANSPORT AV FARLIG GODS

Farligt gods delas in i nio olika klasser beroende på vilka egenskaper ämnet har. De olika klasserna och exempel på ämnen redovisas i tabell 3.

Tabell 3. Indelning av farligt gods i olika klasser.

Klass	Ämne	Exempel
1	Explosiva ämnen och föremål.	Sprängämnen, tändmedel, ammunition.
2	Brännbara gaser och giftiga gaser.	Gasol, vätgas, klor, ammoniak.
3	Brandfarliga vätskor.	Bensin, dieselolja, eldningsolja.
4	Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen, fasta okänsliggjorda explosiva ämnen, självantändande ämnen och Ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten.	Metallpulver, karbid, fosfor.
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider.	Natriumklorat, väteperoxid.
6	Giftiga ämnen och smittförande ämnen.	Arsenik, bly, kvicksilver, cyanid.
7	Radioaktiva ämnen.	
8	Frätande ämnen.	Saltsyra, svavelsyra, natriumhydroxid.
9	Övriga farliga ämnen och föremål.	Asbest, gödningsämnen.

3.1 ALLMÄNT OM KONSEKVENSER TILL FÖLJD AV VÅDAUTSLÄPP

Vid en farligt godsolycka är det främst ämnen i klass 1, 2 och 3 som kan medföra negativa konsekvenser för människor i det aktuella området. Brandfarliga fasta ämnen (klass 4) liksom frätande ämnen (klass 8) kan medföra negativa konsekvenser på människor, men då endast i omedelbar närhet till utsläppet eller i direkt kontakt med ämnet. För giftiga ämnen (klass 6) uppstår risk för skada endast om man får direktkontakt med ämnet eller får det i sig. Vådautsläpp av oxiderande ämnen samt organiska peroxider (klass 5) medför normalt sett inte allvarliga konsekvenser för människor men kan om de blandas med t.ex. fordonets drivmedel leda till liknande konsekvenser som för klass 1.

Radioaktiva ämnen (klass 7) behandlas normalt sett inte i riskanalyser eftersom akut skada vanligtvis inte uppkommer. Övriga farliga ämnen och föremål (klass 9) är en mycket bred grupp av ämnen där konsekvenserna beror av situation och ämne.

Dokumenttyp Rapport	Version R4	Sida 17 / 62
Uppdragsnamn TROLLHÄTTAN RENEN, P-HUS RISKBEDÖMNING UNDERLAG TILL DETALJPLANEARBETE	Uppdragsnummer 20200407	
	Handläggare Andreas Stagnebo	
	Datum 2018-10-08	Revidering 2020-11-06

Enligt ovanstående resonemang redovisas nedan vilka konsekvenser för människor som olyckor med farligt gods i klass 1, 2, 3 och 5 kan leda till.

3.1.1 KLASS 1 – EXPLOSIVA ÄMNEN OCH FÖREMÅL

För explosiva varor är det främst undergruppen 1.1, massexplosiva varor, som kan orsaka skador på människor. En olycka med 15-25 ton massexplosiva ämnen kan orsaka så höga tryck att byggnader skadas/raseras på flera hundra meters avstånd. Människor tål höga tryck bättre än byggnader, dock kan en raserad byggnad i sin tur orsaka skador på människor. Cirka 60 meter från olycksplatsen kan människor dö som en direkt följd av tryckökningen.

Massexplosiva varor transporteras i relativt liten omfattning och då ofta som styckegods, vilket innebär endast små mängder i taget. På grund av de små transportvolymerna och relativt få transporter är riskbidraget från explosiva varor litet.

3.1.2 KLASS 2 – GASER

För att transportera och förvara gas med så liten volym som möjligt kan gasen trycksättas så att den övergår i vätskefas. En behållare fylls till cirka 80 % vilket innebär att behållaren till viss del även innehåller gasformigt ämne. Transporter med trycksatta gaser transporteras i tjockväggiga tankar. Om behållaren skadas så att den går sönder och ämnet börjar läcka ut, blir konsekvenserna betydligt värre om ämnet kommer ut i vätskefasen än i gasfasen. Konsekvenserna skiljer sig även åt om det är en brännbar eller giftig gas.

Brännbara gaser

Brandfarliga gaser är till exempel gasol, acetylen, vätgas och metan. Det ämne som representerar brännbar gas i denna riskanalys är gasol. Dels för att gasoltransporter är relativt vanliga, dels för att konsekvenserna vid ett gasolutsläpp kan bli mycket allvarliga. Vid läckage av gasol kan följande händelser inträffa:

- Jetflamma uppstår om gasen antänds direkt. Flamman ger upphov till värmestrålning som kan skada människor. Är utsläppet gasformigt blir skadorna begränsade till den närmsta omgivningen. Sker utsläppet i vätskefasen blir flammen betydligt större och ett större område påverkas av värmestrålningen. I analysen antas läckaget uppstå nära vätskeytan i tanken, vilket innebär att utsläppet både innehåller vätska och gas.
- Om utsläppet inte antänds direkt kan gasolen bilda ett brännbart gasmoln som kan antändas i ett senare skede. Gasmolnets storlek beror på läckagestorlek och vindhastigheten samt om utsläppet sker i gasfas, nära vätskeytan eller i vätskefas. De värsta konsekvenserna bedöms uppstå om utsläppet sker nära vätskeytan i tanken, vilket innebär att utsläppet både innehåller vätska och gas. I analysen antas att utsläppet sker nära vätskeytan.

Dokumenttyp Rapport	Version R4	Sida 18 / 62
Uppdragsnamn TROLLHÄTTAN RENEN, P-HUS RISKBEDÖMNING UNDERLAG TILL DETALJPLANEARBETE	Uppdragsnummer 20200407	Handläggare Andreas Stagnebo
	Datum 2018-10-08	Revidering 2020-11-06

- BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). En BLEVE kan uppstå om en behållare med gasol utsätts för brand. Trycket inne i behållaren blir högt på grund av värmen och till slut sprängs behållaren och gasolen bildar ett aerosolmoln (gasmoln som även innehåller vätska) i den omgivande luften. Om detta aerosolmoln antänds sker en snabb och kraftig förbränning som kan få mycket allvarliga konsekvenser. En BLEVE drabbar främst dem som vistas utomhus och inte hinner eller tänker på att fly undan. Från det att en farligt godsolycka sker till dess att en BLEVE kan uppstå dröjer ofta så länge att berörda områden hinner evakueras. Risken för att en BLEVE ska inträffa är mycket liten, och gäller främst transporter på järnväg då flera behållare transporteras på samma gång.
- Om det inte förekommer några tändkällor eller om gasen i gasmolnet inte ligger inom brännbarhetsområdet, kan ett gasmoln uppstå utan antändning. Detta scenario antas inte medföra några konsekvenser för människor.

Giftiga gaser

Det kan vara svårt att i förväg uppskatta hur omfattande konsekvenser ett utsläpp med giftig gas kan få då gasens utbredning styrs av många omgivande faktorer, exempelvis väder, vind och topografi. Klor är en av de mest giftiga gaserna, och då klor är en tung gas sprids den längs marken, vilket särskilt drabbar människor som befinner sig utomhus. Ett klorutsläpp kan orsaka dödsfall flera hundra meter från utsläppskällan. Personer som vistas inomhus klarar sig i regel förutsatt att fönster och ventilation är stängda.

Ammoniak och svaveldioxid är två andra giftiga gaser. Ammoniak är det ämne som är dimensionerande för giftig gas i denna analys. Anledningen till att inte klor, som är en betydligt giftigare gas, är dimensionerande beror av flera anledningar. Användningen av klor förväntas minska då klor dels är mycket giftigt för människor, dels mycket skadligt för miljön. Ammoniak ersätter klor i allt fler processer.

3.1.3 KLASS 3 – BRANDFARLIGA VÄTSKOR

Vid ett utsläpp av en brandfarlig vätska bildas det en pöl som kan antändas. Värmestrålningen från pölbranden kan orsaka konsekvenser på människor som befinner sig i närhet av branden. Värmestrålningen beror på pölens area. För att förebygga personskador till följd av pölbrand bör hinder finnas som hindrar pölen att breda ut sig och rinna i riktning mot bebyggelse. Bensin som är mer brandfarligt än till exempel diesel och eldningsolja representerar de brandfarliga vätskorna i denna riskanalys.

3.1.4 KLASS 5 – OXIDERANDE ÄMNEN OCH ORGANISKA PEROXIDER

Ett utsläpp av oxiderande ämnen leder normalt ej till risk för personskador. För flertalet ämnen (undantaget vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid) ger dock ett utsläpp som blandas med brännbara ämnen och antänds mycket kraftiga explosioner.

4 ARBETSMETOD

Mot den uppdragsbeskrivning som redovisas i avsnitt 1.3 ges i detta avsnitt övergripande information om riskhanteringsprocessen som följs av arbetsmetoden för denna rapport. Arbetsmetoden tas även fram utifrån de lagar och riktlinjer som anges i avsnitt 2.

4.1 ÖVERGRIPANDE OM METOD FÖR RISKHANTERINGSPROCESSEN

Riskhantering är en kontinuerlig process där återkoppling sker mellan processens ingående delar. Från det att risker identifieras ska beslut om eventuella riskreducerande åtgärder fattas. Processen är i mångt och mycket ett iterativt tillvägagångssätt för att rimliga åtgärder ska vidtas. Processen och delas in i tre delar enligt figur 4.



Figur 4. Riskhanteringsprocessen tre delar [2].

Den första delen består av en **riskanalys** där analysens omfattning och syfte beskrivs. Utifrån det kan en riskinventering göras där risker för det aktuella området identifieras. När risker har identifierats beräknas risken genom att sannolikhet/frekvens och konsekvens sammanvägs. Därefter tar del två vid. **Riskvärdering** innebär att den beräknade risken i riskanalysen jämförs med acceptanskriterier för att avgöra om risken är acceptabel eller ej. Om risken ej är acceptabel tas förslag på riskreducerande åtgärder fram. Tillsammans utgör riskanalys och riskvärdering en **riskbedömning** som utgör beslutsunderlag till den tredje delen av riskhanteringsprocessen; **riskreduktion/kontroll**. Denna del omfattar beslutsfattande, genomförande av eventuella åtgärder samt kontroll och återkoppling gentemot riskanalysens syfte [2].

4.2 ARBETSMETOD FÖR DENNA ANALYS

Utifrån det som beskrivits i avsnitt 4.1 består denna riskbedömning av följande arbetsmoment:

Förutsättningar

För att utföra en kvantitativ riskanalys krävs följande information:

- Områdesorientering, exempelvis topografi, byggnader, natur, geografisk placering, etc.
- Inventering av antalet tågtransporter samt transporterade mängder farligt gods. Om inventering ej ger tillräckligt underlag kompletteras transportstatistiken med riskvärdering.
- Information om mottagare/avsändare av farligt gods. Detta kan innebära att fördelningen av transporterade ämnen skiljer sig från den nationella statistiken över transportmängder på olika vägsträckor.
- Statistik över väderdata, exempelvis vindriktningar, vindhastigheter och temperaturer.
- Prognos för framtida trafikering på järnväg och transportmängder.

Riskidentifiering

En riskinventering genomförs där oönskade händelser som kan påverka personer i aktuellt område identifieras. Identifieringen mynnar ut i val av dimensionerande olycksscenarioer med hänsyn till de riskkällor som finns inom aktuellt område.

Bedömning av sannolikheter och frekvenser

Beräkning av sannolikheter och frekvenser för de dimensionerande olycksscenarioerna som medför negativ påverkan på personer i området. Olycksfrekvensen för en olycka med farligt gods på järnvägen beräknas enligt metod från Banverket (nuvarande Trafikverket) [8]. Frekvensen av tågtrafik som beräkningarna baseras på har erhållits från trafikverket.

Bedömning av konsekvenser

För respektive dimensionerande olycksscenarioer utförs konsekvensberäkningar med handberäkningar samt med hjälp av datorprogrammen Gasol, utvecklat vid Lunds Universitet för Räddningsverket, och BfK – Beräkningsmodell för Kemikalieexponering, utvecklat vid försvarets forskningsinstitut. Konsekvensberäkningarna renderar i riskavstånd.

Riskberäkningar

Sannolikheter och frekvenser vägs samman med konsekvensberäkningarna och ger ett riskmått (t.ex. individrisk och samhällsrisk). I denna analys beräknas både individrisk och samhällsrisk.

Känslighetsanalys

I känslighetsanalysen varierar indata för att ta reda på hur robust resultatet är i förhållande till förändrade förutsättningar, t.ex. kan mängden transporterat gods regleras för framtida ökning/minskning, vilket då leder till en annorlunda risknivå än då grundindatan används.

Riskvärdering

De framräknade riskmåten inom området jämförs mot kriterier för att översätta numeriska värden till värdebedömningar, de så kallade acceptanskriterierna, för att bedöma om risken inom området är acceptabel eller ej.

Riskreducerande åtgärder

För att minska riskens storlek kan riskreducerande åtgärder vidtas. Här ges vid behov förslag på åtgärder som bör vidtas för att öka säkerheten för de personer som befinner sig inom området.

Värdering av osäkerheter

Vid framtagandet av riskanalyser är det oundvikligt att all information inte är platsspecifik, att konsekvenser är svåra att uppskatta (skillnad mellan att skadas eller omkomma som exempel), d.v.s. antaganden måste göras. I detta avsnitt värderas därmed de osäkerheter som uppstår då antaganden görs samt begränsningar i beräkningar.

4.3 VAL AV ACCEPTANSKRITERIER

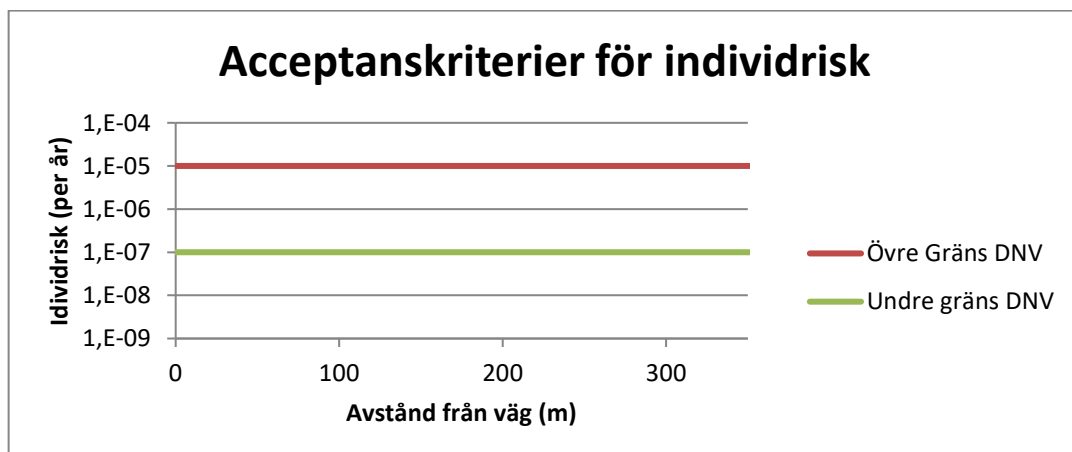
Acceptanskriterier används för att kontrollera om den beräknade risken är acceptabel eller ej. I Sverige finns det inga uttalande acceptanskriterier som bör tillämpas vid riskanalyser. Däremot finns det ett antal praxis. Räddningsverket (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB) har tagit fram fyra övergripande principer för att bedöma risker [1]:

- **Rimlighetsprincipen:** Risken som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras ska alltid åtgärdas.
- **Proportionalitetsprincipen:** De totala risker som en verksamhet medför bör vara proportionerliga med exempelvis de produkter och tjänster som verksamheten medför.
- **Fördelningsprincipen:** Riskerna bör vara skäligt fördelade inom samhället i relation till de fördelar som verksamheten medför.
- **Principen om undvikande av katastrofer:** Riskerna bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser som kan hanteras av tillgängliga resurser än i form av katastrofer.

I flera länder översätts acceptanskriterier till ett numeriskt värde; en övre nivå där riskerna ej kan anses vara acceptabla och en undre nivå där riskerna kan anses vara acceptabla. I Sverige finns inga fastställda numeriska värden men vanligen används de kriterier som tagits fram av DNV (Det Norske Veritas) [1]. För individrisken gäller följande för beräkning längs med en vägsträcka om 1 km:

- Risknivåer högre än 1×10^{-5} per år accepteras normalt ej.
- Risknivåer under 1×10^{-7} per år anses så låga att ytterligare riskreducerande åtgärder inte behöver värderas.
- Vid risknivåer mellan dessa gränser ska riskreducerande åtgärder värderas ur ett kostnads-/nyttaperspektiv. Rimliga åtgärder bör vidtas så att riskerna hålls så låga som praktiskt möjligt. Detta område kallas för ALARP-området (As Low As Reasonably Practible).

I figur 5 visualiseras acceptanskriteriernas risknivåer för individrisk.



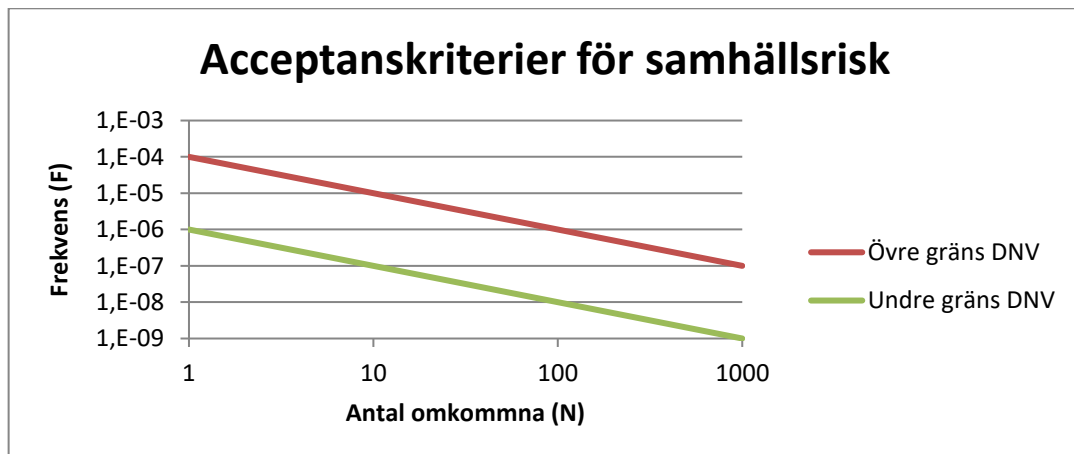
Figur 5. Visualisering av acceptanskriterier för individrisk.

Acceptanskriterierna i figur 5 kan tillämpas vid följande förutsättningar:

- Vid beräkning av risknivå antas att individen har en genomsnittlig känslighet för risken, är kontinuerligt närvarande och befinner sig utomhus.
- Kriterier tillämpas för allmänheten.
- Kriteriet avser summan av industriella risker som den mest exponerade individen är utsatt för.
- Vid tillämpning av kriteriet kan särskild hänsyn behöva tas till individers vistelsetid, förhållandet beträffande utrymning och eventuell ökad känslighet hos utsatta grupper. Dessa värderingar bör med tanke på osäkerheter göras från en konservativ utgångspunkt.

Acceptanskriterier finns även för samhällsrisk. Vanligen används, även för samhällsrisk, de kriterier som tagits fram av DNV (Det Norske Veritas) [1] och samhällsriskens presenteras i en FN-kurva, se figur 6.

- Övre gräns enligt DNV:
 $F=1 \times 10^{-4}$ per år för $N=1$. Det innebär att frekvensen för att en person ska omkomma är 1×10^{-4} per år, det vill säga ett dödsfall på 10000 år.
- Undre gräns enligt DNV:
 $F=1 \times 10^{-6}$ per år för $N=1$. Det innebär att frekvensen för att en person ska omkomma är 1×10^{-6} per år, det vill säga ett dödsfall på 1000000 år.
- Lutning på FN-kurvan ska vara -1.
- Vid risknivåer mellan övre och undre gränsen ska riskreducerande åtgärder värderas ur ett kostnads-/nyttaperspektiv. Rimliga åtgärder bör vidtas så att riskerna hålls så låga som praktiskt möjligt. Detta område kallas för ALARP-området (As Low As Reasonably Practible).



Figur 6. Visualisering av acceptanskriterier för samhällsrisk.

5 FÖRUTSÄTTNINGAR

5.1 OMRÅDESBESKRIVNING

Området är beläget centralt i Trollhättans tätort, se Figur 7. Avsedd fastighet är omgiven av tät bostadsbebyggelse. Trollhättan C syns i det övre vänstra hörnet i figuren.



Figur 7. Områdesöverblick. Fastigheten där parkeringsgaraget planeras är gulmarkerad i bild. Norge-/Vänerbanan är rödmarkerad. Ursprungsbild hämtad på google.se/maps

Sydost om fastigheten finns en bussdepå där tankning av bussar sker med diesel och gas. Bussdepån är utförd enligt Anvisningar för Tankstationer (TSA 2010) och risker som bussdepån bidrar med har redan hanterats i separat riskanalys och bussdepån beskrivs därmed endast kortfattat i riskidentifieringen.

Riskenivån kommer att beräknas utmed en kilometer längs Norge-/Vänerbanan. Området i direkt anslutning till järnvägen är med undantag av Trollhättan C, obebyggt.

5.2 TRAFIKINFORMATION

Då aktuell sträcka passerar förbi Trollhättan C innebär det att det är flera spår och flera växlar inom studerat område. Totalt passerar tågen åtta växlar förbi det studerade området.

Antalet tåg har erhållits från Trafikverket².

Tabell 4. Antalet tåg på Norge-/Vänerbanan.

Tågslag	Antal tåg år 2017 (per år)
Godståg	6 407
Resandetåg	27 601

År 2017 var det 1 812 godståg som transporterade farlig gods, d.v.s. ca 28 % av godstågen. Totalt transporterades 17 107 godsvagnar med farlig gods.

Prevecon har även erhållit statistik från Trafikverket om farligt godstransporter. Statistiken är konfidentiell och kan därför ej återges i denna riskanalys men kan lämnas ut på begäran. Statistiken återger antalet godsvagnar med farligt gods samt fördelning av vilka ämnen som transporteras (RID-S klasser). I listan nedan framgår hur antalet vagnar med studerat farligt gods förhåller sig till varandra i fallande ordning.

1. Brandfarliga vätskor. RID-klass 3
2. Oxiderande ämnen och organiska peroxider. RID-klass 5.
3. Gaser (både brännbara och giftiga). RID-klass 2.
4. Frätande ämnen. RID-klass 8
5. Giftiga ämnen. RID-klass 6.

² Mailkorrespondens med Anders Nilsson från Trafikverket, 2018-10-01

5.3 VÄDERFÖRHÅLLANDEN

Vind och väderförhållanden har en stor betydelse framförallt vid spridning av gaser.

Enligt Helmersson [9] är det brukligt att vikta ihop vädertyperna neutral och stabil då de ger olika spridningsförhållanden och konsekvenser. Följande väderdata har antagits enligt Helmersson:

- Neutralt väder, vindhastighet 5 m/s 80 % av tiden.
- Stabilt väder, vindhastighet 2 m/s 20 % av tiden.

Närmaste aktiva mätstation för vindförhållanden för Trollhättan ligger i Såtenäs, ca 28 km nordväst om Trollhättan, intill Väneren. Enligt statistik från Statens meteorologiska och hydrologiska institut var genomsnittlig vindhastighet 4,4 m/s mellan åren 1967-2017 [10], vilket stämmer bra överens med Helmerssons värden. Att vindhastigheterna överensstämmer får ses som en tillfällighet men påvisar att Helmerssons antagande är tillämpbara. Det ska dock observeras att vindhastigheten vid enstaka tillfällen kan överskrida ansatt vindhastighet. Att dimensionera riskreducerande åtgärder efter sådana omständigheter ger dock inte ett kostnadseffektivt tillvägagångssätt.

Att nyttja Helmerssons vindhastighet ger således ett konservativt angreppssätt gällande vindhastigheten.

Ur samma statistik från SMHI åskådliggörs även vindriktning mellan åren 1967 och 2017. För studerat område delas vindriktningen upp i två zoner. En zon med vindriktning 90° – 270° och en med övriga vindriktningar. Vindriktning 90° – 270° blåser mot studerat område, vilket sker i ca 63 % av fallen.

5.4 BEFOLKNINGSTÄTHET

Befolkningstätheten är avgörande för att beräkna hur många personer som utsätts för en eventuell olycka och fastställa samhällsrisken. Enligt statistiska centralbyrån (SCB) var befolkningstätheten för Trollhättans tätort 2 010 personer/km² år 2017.

Då det i anslutning till järnvägen inte finns någon bebyggelse mer än enstaka industribyggnader är befolkningstätheten sannolikt lägre än 2 010 personer/km² i närheten av järnvägen. Det är dock rimligt att anta att parkeringsgaraget kommer medföra att flera personer befinner sig i byggnaden samtidigt under korta tidsintervall med tanke på att parkeringshuset byggs på befintlig pendlarparkering. Personer förväntas därmed vara i byggnaden främst på morgonen och eftermiddagen. Att parkeringsgaraget är fullt med personer bedöms dock som osannolikt då det rör sig om kortvarig vistelse.

Till följd av att parkeringsgaraget tillför en viss personbelastning till området bedöms det vara rimligt att ansätta samma persontäthet för parkeringsgaraget som för Trollhättan i övrigt, 2 010 personer/km².

Det antas att av personerna som rör sig i anslutning till parkeringsgaraget befinner 50 % av personerna inomhus i garaget och 50 % av personerna utanför garaget.

Närmast järnvägen på båda sidor om spåret antas persontätheten vara 0. Detta motiveras med att järnvägen är avskild från omgivande terräng med barriärer i form av stängsel och vallar och tillträde till spårområdet är därmed ej möjligt. Detta antas gälla upp till 9 meter från spårområdet.

Utanför 9 meter finns ytor där personer kan vistas i form av vägar och vid 30 meter påträffas närmsta bebyggelse. Från 9 meter antas konservativt att befolkningstätheten för Trollhättan tar vid.

Följande genomsnittlig befolkningstäthet ansätts vid studerat område. Samtliga avstånd gäller från järnvägen.

Söder om järnvägen:

- Inom 9 meter från järnvägen sätts persontätheten till 0.
- Från 9 meter och ut (till längsta riskavståndet) sätts persontätheten till 2010 personer/km².

På norra sidan om järnvägen finns ingen bebyggelse närmare än 30 meter. Från 30 meter och längre bort utgörs bebyggelsen uteslutande av villor och flerbostadshus (fram tills längsta riskavståndet).

Följande genomsnittliga befolkningstäthet ansätts från studerat område. Samtliga avstånd gäller från järnvägen.

Norr om järnvägen:

- Inom 9 meter från järnvägen sätts persontätheten till 0.

- Från 9 meter och ut (till längsta riskavståndet) sätts persontätheten till 2010 personer/km².

För områden med bebyggelse (ej parkeringsgarage) antas att ovanstående befolkningstätheter gäller nattetid, när flertalet av de boende kan förväntas vara hemma. Hur många personer som befinner sig inom området på dagtid är svårt att uppskatta. För bostadsområden anger dock holländska riktlinjer att 70 % av befolkningstätheten nattetid kan antas råda dagtid [11]. I de holländska riktlinjerna anges även att 93 % av befolkningen kan antas befinna sig inomhus under dagtid och 99 % är inomhus på natten. För att behålla ett konservativt tillvägagångssätt antas att 10 % befinner sig utomhus dagtid. Nattetid antas 1 % befinna sig utomhus. Detta förhållningssätt gäller både söder och norr om järnvägen.

För området med parkeringsgaraget antas att angiven befolkningstäthet råder under hela dygnet, då siffran är beräknad som dygnsmedelvärde. Av dessa personer antas att 50 % av personerna befinner sig inomhus i parkeringsgaraget och övriga 50 % är utomhus, på väg till eller från parkeringsgaraget.

Befolkningstätheten vid programområdet summeras i tabell 5 och 6 där avståndet gäller från järnvägen.

Tabell 5. Antagen befolkningstäthet söder om järnvägen (mot parkeringsgaraget).

Område	Del av dygn	Befolkningstäthet (pers./km ²)	Andel utomhus (%)	Andel inomhus (%)
Söder om järnväg				
0 – 9 meter	-	0	-	-
9 – 53 meter	-	2 010	50	50
53 –	Dag	1 407	10	90
	Natt	2 010	1	99

Tabell 6. Antagen befolkningstäthet norr om järnvägen.

Område	Del av dygn	Befolkningstäthet (pers./km ²)	Andel utomhus (%)	Andel inomhus (%)
Norr om järnväg				
0 – 9 meter	-	0	-	-
9 –	Dag	1 407	10	90
	Natt	2 010	1	99

6 RISKIDENTIFIERING

6.1 FARLIGT GODSOLYCKA

Då det inte är specificerat vilka ämnen som transporteras på järnvägen (mer än vilka RID-S klasser), kommer klasserna att representeras av följande ämnen.

- **Brännbar gas** (klass 2.1) representeras av gasol.
- **Giftig gas** (klass 2.3) representeras av ammoniak.
- **Brännbar vätska** (klass 3) representeras av bensin.
- **Oxiderande ämnen och organiska peroxider** (klass 5) representeras av natriumklorat.

Hälften av gaserna i klass 2 antas utgöras av brännbar gas och den andra hälften av giftig gas.

6.2 BUSSEPÅ PÅ FASTIGHET RENEN 6

Inom bussdepån på fastigheten Renen 6, sydost om det planerade P-huset sker tankning av bussar med diesel och gas. Lagring och förvaring av diesel och gas sker inte på denna fastighet och detta behöver ej beaktas. Bussdepån är utförd enligt Anvisningar för Tankstationer (TSA 2010) och risker från bussdepån har därmed redan beaktats.

Avstånd mellan P-hus och dispenser för tankning uppgår till cirka 3 meter. Detta accepteras enligt TSA 2010 då avskiljning mellan dispenser utförs med brandteknisk klass EI 60 mot intilliggande byggnader. Mellan dispenser och P-huset finns en murad tegelkonstruktion som utgör brandteknisk avskiljning i klass EI 60.

6.3 DIMENSIONERANDE OLYCKSHÄNDELSE

Brandfarlig gas (klass 2.1) - Gasol

Gasol antas transporteras i tankvagnar. Sluthändelserna som kan påverka aktuellt planområde vid en olycka redovisas i tabell 8. Händelseträdd för farligt godsolycka med gasol redovisas i bilaga A.

Tabell 7. Dimensionerande olyckshändelse med brandfarlig gas.

Scenario	Händelse
G1	Stort momentant utsläpp, explosion.
G2	Stort momentant utsläpp, fördröjd antändning, neutral skiktning, brand.
G3	Stort momentant utsläpp, fördröjd antändning, stabil skiktning, brand.
G4	Stort kontinuerligt utsläpp, jetflamma uppstår.
G5	Stort kontinuerligt utsläpp, fördröjd antändning av gasmoln, vinden blåser mot planområdet, neutral skiktning.
G6	Stort kontinuerligt utsläpp, fördröjd antändning av gasmoln, vinden blåser mot planområdet, stabil skiktning.
G7	Medelstort utsläpp, jetflamma uppstår.
G8	Medelstort kontinuerligt utsläpp, fördröjd antändning av gasmoln, vinden blåser mot planområdet, neutral skiktning.
G9	Medelstort kontinuerligt utsläpp, fördröjd antändning av gasmoln, vinden blåser mot planområdet, stabil skiktning.
G10	Litet utsläpp, jetflamma uppstår.
G11	Litet kontinuerligt utsläpp, fördröjd antändning av gasmoln, vinden blåser mot planområdet, neutral skiktning.
G12	Litet kontinuerligt utsläpp, fördröjd antändning av gasmoln, vinden blåser mot planområdet, stabil skiktning.

Giftig gas (klass 2.3) - Ammoniak

Ammoniak transporteras i tankvagnar. Eftersom gasen transporteras som tryckkondenserad är tanken förstärkt jämfört med behållare för t.ex. brandfarliga vätskor.

Sluhändelser som kan påverka aktuellt planområde vid en olycka redovisas i tabell 9. Händelsetråd för farligt godsolycka med ammoniak redovisas i bilaga A.

Tabell 8. Dimensionerande olyckshändelse med giftig gas.

Scenario	Händelse
A1	Stort kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Neutral skiktning.
A2	Stort kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Stabil skiktning.
A3	Medelstort kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Neutral skiktning.
A4	Medelstort kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Stabil skiktning.
A5	Litet kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Neutral skiktning.
A6	Litet kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Stabil skiktning.

Brandfarlig vätska (klass 3) - Bensin

Vid transport av brandfarliga vätskor antas det i denna analys vara bensin i samtliga scenarier. Detta är ett konservativt antagande eftersom bensin har lägre flampunkt och avger högre strålningsvärme jämfört med till exempel diesel och flertalet lösningsmedel.

Sluhändelserna som kan påverka planområdet vid en olycka redovisas i tabell 10. Händelsetråd för farligt godsolycka med bensin redovisas i bilaga A.

Tabell 9. Dimensionerande olyckshändelse med brännbar vätska.

Scenario	Händelse
B1	Mycket stort utsläpp, pölbrand. Pölbrandens area 400 m ²
B2	Stort kontinuerligt utsläpp, pölbrand. Pölbrandens area 200 m ² .
B3	Medelstort kontinuerligt utsläpp, pölbrand. Pölbrandens area 100 m ² .
B4	Litet kontinuerligt utsläpp. Pölbrandens area 50 m ² .

Dokumenttyp Rapport	Version R4	Sida 32 / 62
Uppdragsnamn TROLLHÄTTAN RENEN, P-HUS RISKBEDÖMNING UNDERLAG TILL DETALJPLANEARBETE	Uppdragsnummer 20200407	Handläggare Andreas Stagnebo
	Datum 2018-10-08	Revidering 2020-11-06

Oxiderande ämnen (klass 5)

Vid transport av oxiderande ämnen antas det i denna analys vara natriumklorat i scenariot. Natriumklorat är ett av de vanligaste oxiderande ämnena som transporteras. I analysen används ett scenario där utsläpp av oxiderande ämne blandas med något organiskt ämne (t.ex. motorbränsle) och antänds, vilket kan ge en kraftig explosion, se tabell 11.

Tabell 10. Dimensionerande olyckshändelse med brännbar vätska.

Scenario	Händelse
O1	Explosion motsvarande ca 25 ton massexplosiva ämnen antas inträffa.

7 BEDÖMNING AV SANNOLIKHETER OCH FREKVENSER

7.1 JÄRNVÄG

Nedan följer bedömning och beräkning av sannolikheter samt frekvenser för farligt godsolycka på järnväg.

Frekvensen för en olycka med farligt gods på järnvägen beräknas enligt metod från Banverket (nuvarande Trafikverket) [8]. Beräkningarna redovisas i bilaga A.

När en farligt godsolycka enligt styckena ovan har inträffat kan de olika dimensionerande olyckshändelserna i avsnitt 6.2 tänkas ske. Frekvensen för en farligt godsolycka multipliceras då med sannolikheten för respektive sluthändelse (olyckshändelse). Sannolikheten för respektive identifierat scenario bestäms genom händelseträdsanalys som redovisas i bilaga A.

I Trafikverkets (tidigare Banverkets) rapport finns data över hur långt från spåret som tågagnarna hamnat som längst efter en urspärning [8]. I tabell 11 redovisas fördelningen för avstånd från spåret efter urspärning.

Tabell 11. Avstånd från spår (m) efter urspärning.

Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m	Okänt
Resandetåg	69 %	16 %	2 %	2 %	0 %	12 %
Godståg	64 %	18 %	5 %	2 %	2 %	9 %

Om data över urspärningar där avståndet från spår är okänt bortses från blir fördelningen enligt tabell 12.

Tabell 12. Avstånd från spår (m) efter urspärning då andelen räknas om bortsett från okänd anledning till urspärning.

Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Resandetåg	78 %	18 %	2 %	2 %	0 %
Godståg	70 %	20 %	5 %	2 %	2 %

Som kan utläsas av tabellerna ovan är det ytterst ovanligt att urspärade vagnar hamnar långt från spåret. 96 % av resandetågen och 90 % av godstågen stannar inom 5 meter från spåret och 98 % av resandetågen och 95 % godstågen stannar inom 15 meter från spåret. Det innebär att vid urspärning når endast en liten andel av tågen fram till parkeringsgaraget.

Med trafikinformation enligt avsnitt 5.2 blir förväntat antal farligt godsolyckor per år på aktuell järnvägssträcka $8,22 \cdot 10^{-5}$. Fördelningen av ämnen (RID-S klasser enligt Trafikverkets underlag) multipliceras sedan med den beräknade frekvensen i detta avsnitt för att erhålla frekvensen för en olycka med respektive RID-S klass som analyseras i denna handling. Fördelningen av RID-S klasser är konfidentiell enligt Trafikverket men underlag och beräkningar kan lämnas ut på begäran. Respektive scenario delas sedan upp med hänsyn till vindriktning.

8 KONSEKVENSBERÄKNINGAR

Nedan beskrivs konsekvensberäkningarna för den aktuella sträckan på Norge-/Vänerbanan.

Gasol

Scenario G1, G2 och G3 har beräknats enligt Helmersson [9]. Resterande scenarier har beräknats med programvaran Gasol. Se bilaga B för indata och slutresultat. Riskavstånden anger, för jetflammar och brinnande gasmoln, avståndet till 3:e gradens brännskada. För övriga fall är riskavståndet det avstånd där strålningen är 5 kW/m². Inom riskavståndet antas 100 procent omkomma som befinner sig utomhus. Inomhus antas alla överleva då byggnader ger skydd mot strålning. Utanför riskavståndet överlever samtliga. I tabell 16 sammanställs resultatet för gasololycka på järnväg.

Tabell 13. Riskavstånd för dimensionerande olyckshändelser med brännbar gas (gasol).

Scenario	Riskavstånd (m)	Spridningsvinkel (°)
G1	131	360
G2	59	360
G3	40	360
G4	128	30
G5	23	30
G6	28	30
G7	73	25
G8	20	30
G9	22	30
G10	37	20
G11	19	30
G12	19	30

Ammoniak

Riskavståndet anger sträckan i plymens riktning till koncentrationen 8500 ppm som för ammoniak är LC50, se bilaga B för beräkningar. Befinner sig en person inom riskavståndet antas personen omkomma. Befinner sig en person utanför riskavståndet antas personen överleva. Plymens utbredning har beräknats med programvaran BfK, se bilaga B för indata och slutresultatet. I tabell 17 sammanställs resultatet för ammoniakolycka på järnväg.

Tabell 14. Riskavstånd för dimensionerande olyckshändelser med giftig gas (gasol).

Scenario	Riskavstånd (m)	Spridningsvinkel (°)
A1	318	40
A2	1 100	40
A3	172	40
A4	660	40
A5	80	40
A6	330	40

Bensin

Beräkningar har utförts med metoder i FOA-handboken [12]. Riskavståndet är det avstånd där personer antas omkomma direkt. Kritisk strålningsnivå antas vara 15 kW/m² då detta, enligt Boverket [13], är den strålningsnivå (mot byggnader) som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad. Denna strålningsnivå orsakar dessutom outhärdlig smärta efter mycket kort exponering. Inom riskavståndet antas samtliga omkomma. Utanför riskavståndet överlever samtliga. Riskavstånden beräknas från pölens centrum. I tabell 18 sammanställs resultatet för bensinolycka där samma riskavstånd gäller för en olycka på väg och järnväg.

Tabell 15. Riskavstånd för dimensionerande olyckshändelser med brännbar vätska (bensin).

Scenario	Riskavstånd (m)	Spridningsvinkel (°)
B1	36	360
B2	25	360
B3	17	360
B4	11	360

Oxiderande ämnen

Scenario O1 har kvalitativt skattats utifrån /6/. Inom riskavståndet antas 100 % omkomma. Utanför riskavståndet överlever samtliga, se tabell 19.

Tabell 16. Riskavstånd för dimensionerande olyckshändelser med oxiderande ämnen.

Scenario	Riskavstånd (m)	Spridningsvinkel (°)
O1	120	360

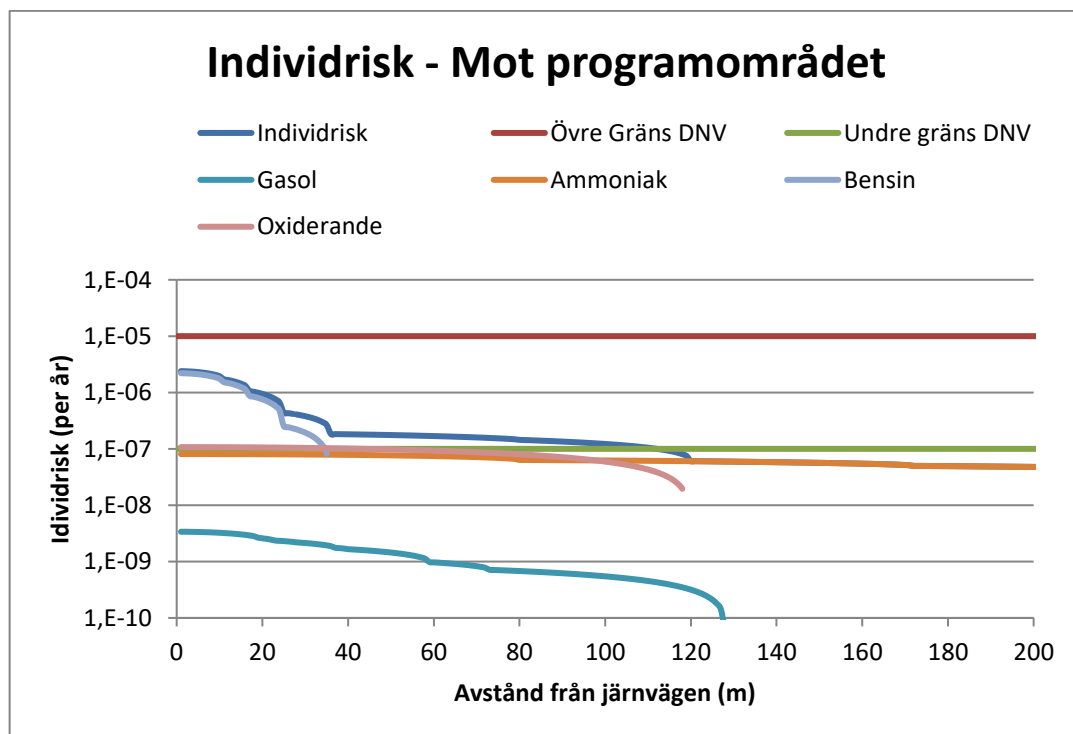
9 RISKMÅTT

I detta avsnitt redovisas individrisken följt av samhällsrisken. För beräkningssteg hänvisas till bilaga C och D.

9.1 INDIVIDRISK

Det beräknade individriskbidraget från järnvägen redovisas i figur 8 nedan. Det framgår tydligt att olyckor med bensin står för det största bidraget till individrisken för området. Längsta riskavståndet för olyckor med bensin är 36 meter vilket ses i figuren då individrisken kraftigt sjunker vid 36 meter.

Efter olyckor med bensin är det olyckor innehållandes oxiderande ämnen och ammoniak som står för det största bidraget till individrisken även om deras bidrag ligger precis på den undre gränsen av ALARP-området. Deras bidrag till individrisken medför dock att individrisken hamnar inom ALARP-området fram till ca 110 meter.

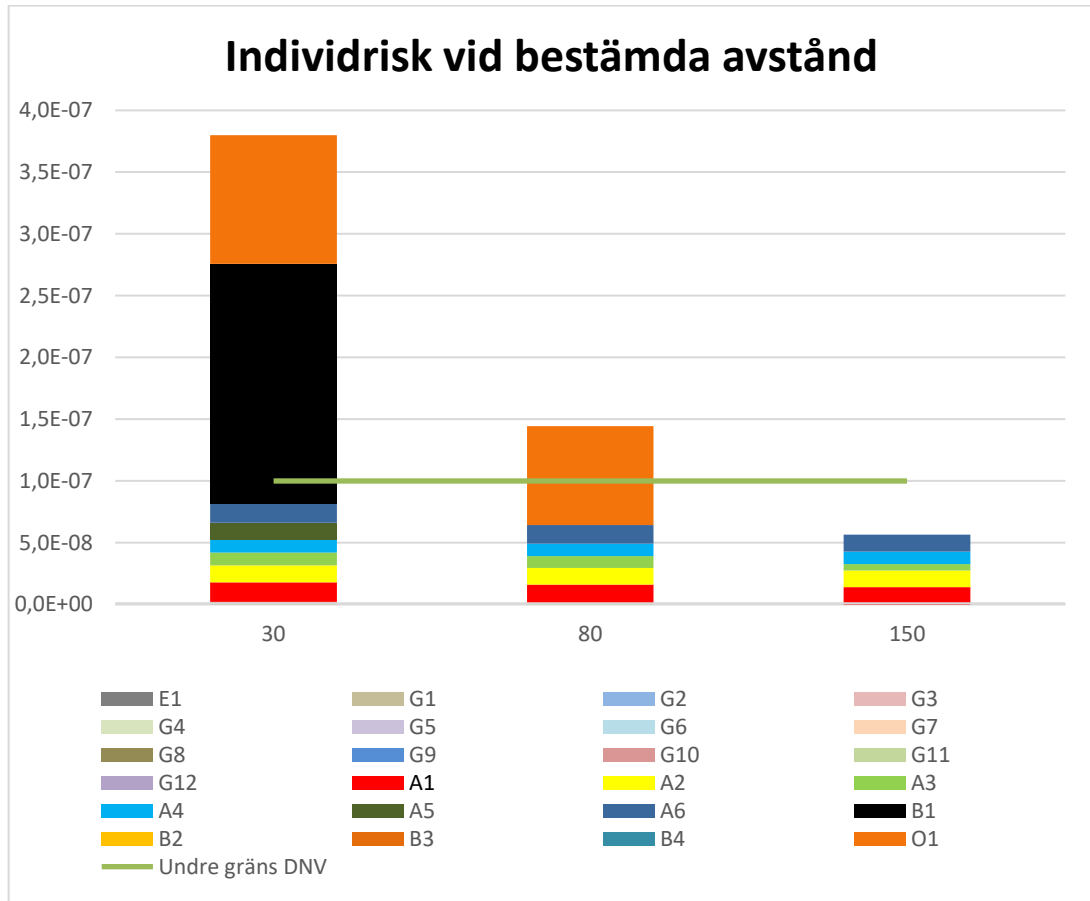


Figur 8 Individrisken mot området.

I figuren fortsätter ammoniak bidra till individrisken längre än 200 meter. Riskavståndet för ammoniak är upp till 1100 meter och det är först därefter som individrisken blir noll.

Inom ALARP-området bör rimliga åtgärder vidtas så att riskerna hålls så låga som praktiskt möjligt.

Respektive scenarios bidrag till den totala individrisken åskådliggörs i figur 9 vid 30, 80 och 150 meter från järnvägen.



Figur 9 Individriskbidraget av olika scenarier vid 30, 80 och 150 meters avstånd.

Vid 30 meter är det scenario B1 (stor pölbrand) och O1 (oxiderande ämne som exploderar) som står för de största bidragen till individrisken. Vid 80 meter har det längsta riskavståndet för scenario B1 passerats och det är scenario O1 som står för det enskilt största bidraget till individrisken. Vid 150 meter som förvisso är utanför studerat område ligger individrisken på en acceptabel nivå då riskavståndet för scenario O1 passerats.

Fokus på riskreducerande åtgärder bör således ligga på att minimera konsekvenserna av farligt gods olyckor med bensin. Olyckor med ammoniak och oxiderande ämnen påverkar en större yta än endast parkeringsgaraget. Byggnadstekniska åtgärder för att reducera konsekvensen från dessa olyckstyper bedöms därmed inte vara kostnadseffektiva.

9.2 SAMHÄLLSRISK

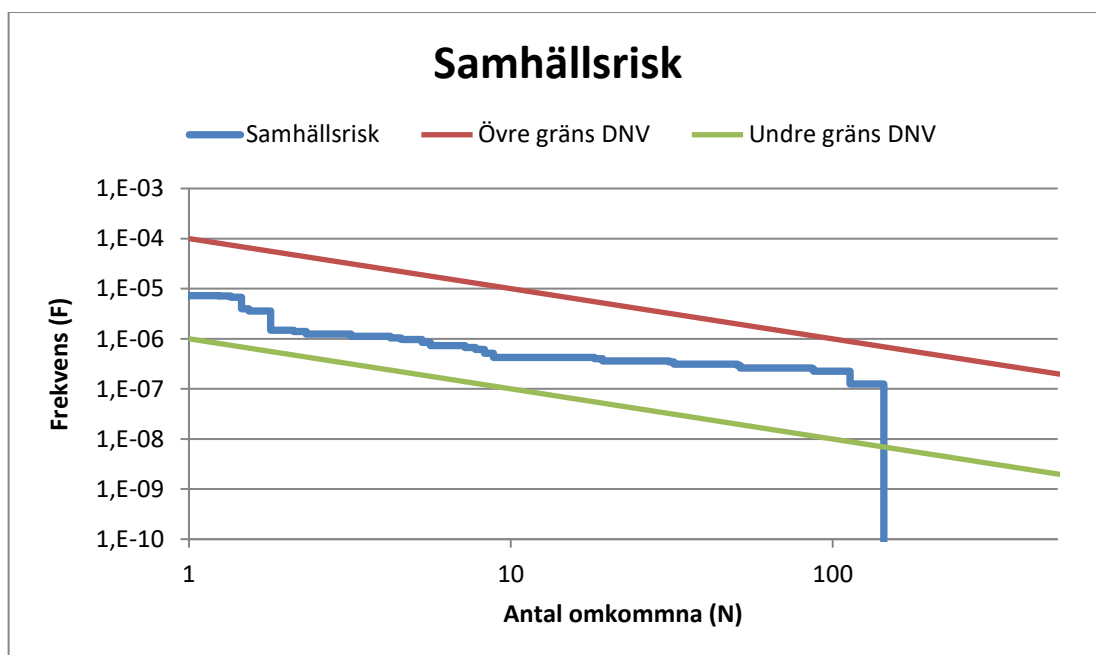
Samhällsrisk beräknas för området utmed 1 kilometer av järnvägen.

Befolkningstätheten återges i avsnitt 5.5. Uppskattad fördelning av antalet omkomna utomhus respektive inomhus återges i tabell 20.

Tabell 17. Uppskattad fördelning av omkomna utomhus respektive inomhus.

Scenario	Andel omkomna utomhus (%)	Andel omkomna inomhus (%)
Gasol	100	0
Bensin	100	0
Ammoniak	100	5
Oxiderande ämnen	100	100

Samhällsrisk redovisas i ett F/N-diagram i figur 10.



Figur 10. Samhällsrisk för området utmed järnvägen.

Samhällsrisk hamnar således inom ALARP-området. Inom ALARP-området bör rimliga åtgärder vidtas så att riskerna hålls så låga som praktiskt möjligt.

10 KÄNSLIGHETSANALYS

För att visa på robusthet i beräkningarna varieras indata för att undersöka effekten på slutresultatet.

Variabler som kan varieras i en känslighetsanalys är till exempel olika sannolikheter för farligt godsolycka, hålstorlekar, väder samt transporterade mängder farligt gods på farligt godsleden och järnvägen. I känslighetsanalysen studeras ökad mängd farligt godstransporter på järnvägen samt förändrad befolkningstäthet. Individrisken och samhällsrisken beräknas på samma sätt som tidigare. Följande indata nyttjas för känslighetsanalysen:

Trafikinformation järnväg

Enligt information om antalet tåg som passerar studieområdet från Trafikverket är det tydligt att järnvägstrafiken ökar. För att ta hänsyn till framtida ökningar av antalet godståg och transporter av farligt gods antas att antalet godståg ökas med 25 %. Antalet vagnar med farligt gods antas också öka med lika mycket och fördelningen av transporterade ämnesklasser antas vara densamma som nu gällande.

Befolkningstäthet

Även om befolkningstätheten i Trollhättans tätort kommer öka i framtiden så sker ökningen av befolkningstäthet sannolikt inte inom det studerade området. Vid utbyggnad av områden som bidrar till befolkningstätheten i närheten av järnvägen bör en riskanalys utföras med hänsyn till dessa utbyggnader.

Befolkningstätheten är även konservativt antagen i närheten av järnvägen. Befolkningstätheten anses därmed inte behöva undersökas i känslighetsanalysen.

Generellt

Hålstorleken har stor betydelse för resultatet. I analysen har tre storlekar på gasoltankar använts:

- Litet (diameter 4 cm).
- Medelstort (diameter 8 cm)
- Stort (diameter 14 cm).

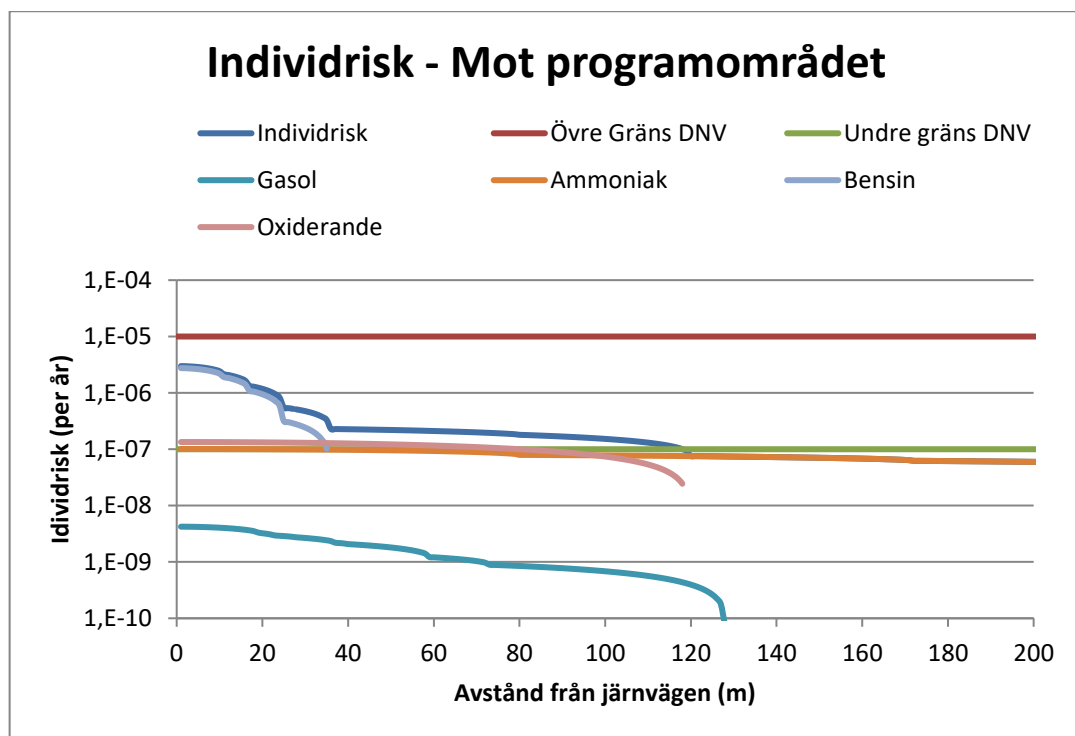
För gasol finns har även ett momentant utsläppsscenario studerats. Gasol transporteras i tjockväggiga tankar vilket innebär att sannolikheten för ett haveri är mycket litet. Hålstorlekarna på tjockväggiga tankar är ofta mindre än för tunnväggiga tankar, och de hålstorlekar som har använts i analysen bedöms vara konservativa för tjockväggiga tankar.

För bensinutsläpp har fyra olika pölstorlekar antagits (50, 100, 200 samt 400 m²). För haveri, där innehållet i tanken kommer ut momentant har en pölstorlek på 400 m² antagits. Även dessa pölstorlekar antas vara konservativa då det i analysen inte har tagits hänsyn till eventuella hinder och underlag som kan hindra pölens utbredning. Av denna anledning analyseras ej hål- och pölstorlekar vidare i känslighetsanalysen.

Väderförhållanden anses inte behöva analyseras vidare i känslighetsanalysen då det i beräkningarna ansatts den statistik som gäller för den till Trollhättan närmaste väderstation, uppmätt av SMHI.

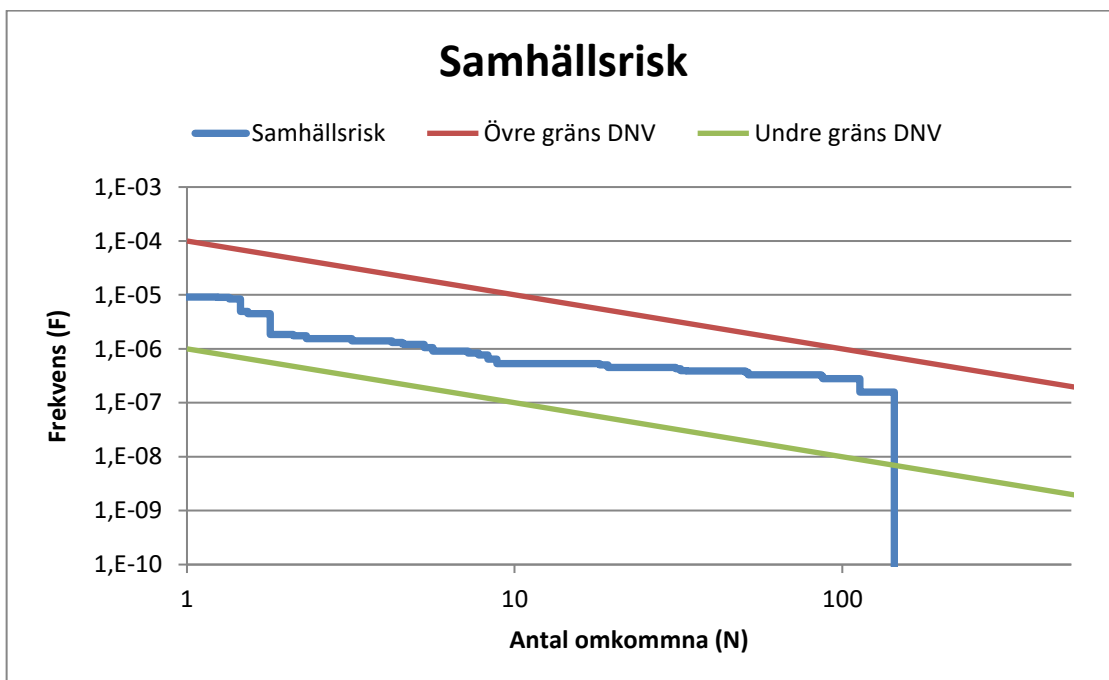
De sannolikheter som har angetts i händelseträden för farligt godsolycka (se bilagor) är de sannolikheter som är vedertagna och konservativt antagna att använda när det gäller transporter av farligt gods på väg i Sverige. Därmed bedöms ingen känslighetsanalys av dessa värden vara nödvändig.

Individerisken beräknas med en 25 % ökning av godstrafiken, se figur 11. Som förväntat ökas individrisken men hamnar fortfarande inom ALARP-området.



Figur 11. Individrisknivå i känslighetsanalysen.

Även samhällsriskerna ökar (vilket är att förvänta) men ligger fortfarande inom ALARP-området, se figur 12.



Figur 12. Samhällsrisknivå i känslighetsanalysen.

11 RISKVÄRDERING

Enligt de beräknade riskmått i avsnitt 9 hamnar risknivån inom ALARP-området. Rimliga åtgärder bör vidtas så att riskerna hålls så låga som praktiskt möjligt.

Vid grundscenariot hamnar individrisken inom ALARP-området inom ca 110 meter från järnvägen. Detta innebär att hela den planerade utbyggnaden utsätts för en individrisk inom ALARP-området. Från ca 40 meter ligger individrisken dock väldigt nära den undre gränsen av ALARP-området, vilket kan förklaras av att riskavståndet för olycksscenarioer med brännbar vätska är relativt korta, jämfört med olycksscenarioer med ammoniak som har riskavstånd på flera hundra meter. Individrisken inom området för utbyggnaden är således acceptabel om riskreducerande åtgärder genomförs i samband med byggnaden.

Även samhällsriskerna hamnar inom ALARP-området vilket medger att parkeringshuset kan byggas under förutsättning att riskreducerande åtgärder vidtas i samband med byggnationen.

Även när indata varierar i känslighetsanalysen till mycket konservativa värden för området hamnar risknivån inom ALARP-området för både individrisken och samhällsriskerna. Ökningen av antalet farligt godstransporter medför således ej en oacceptabelt hög risk, vilket visar på robusthet i resultatet och att risknivåerna inom vissa delar/avstånd kan förväntas ligga inom ALARP-området

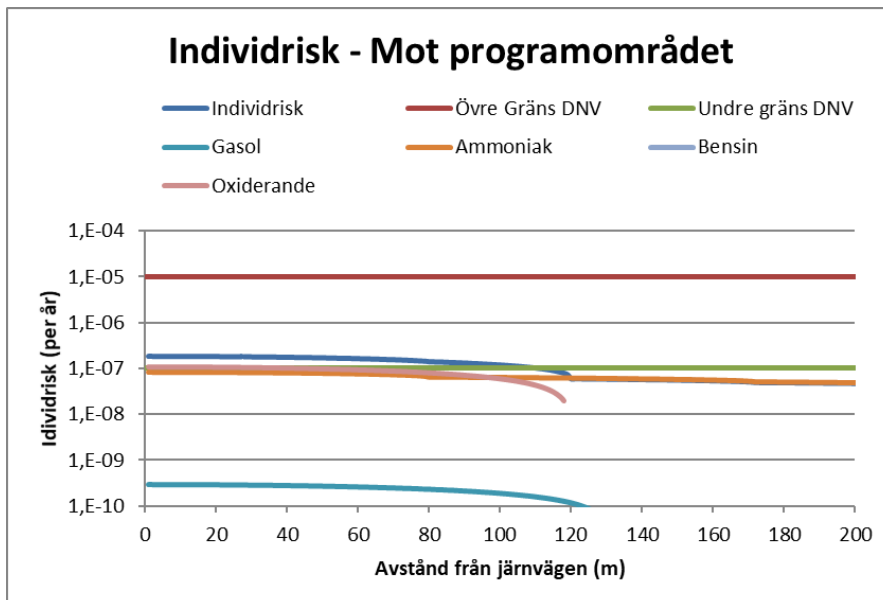
Dokumenttyp Rapport	Version R4	Sida 44 / 62
Uppdragsnamn TROLLHÄTTAN RENEN, P-HUS RISKBEDÖMNING UNDERLAG TILL DETALJPLANEARBETE	Uppdragsnummer 20200407	Handläggare Andreas Stagnebo
	Datum 2018-10-08	Revidering 2020-11-06

12 REKOMMENDERADE RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Med hänsyn till risknivåerna som beräknats i denna handling bedömer Prevecon att nedanstående skyddsavstånd och åtgärder ska vidtas med hänsyn till närhet till järnväg.

- Avstånd mellan byggnad och spårmitt på närmsta järnvägsspår ska vara minst 10 meter.
- Mellan järnvägsspår och byggnaden anordnas en "falsk perrong" för att skydda mot urspårade tåg. Perrong utformas så att vistelse på perrong inte uppmuntras.
- Fasad som löper parallellt med järnvägen ska utföras tät, med brandteknisk klass EI 30. Dörrar och fönster accepteras ej i aktuell fasad. Alternativt kan fasad utföras med utformning som beskrivs i Bilaga Yttrande angående fasad mot spår.
- Fasader vinkelräta mot järnvägen ska utformas så att strålning från brand på järnvägen inte medför påverkan på personer i byggnaden. Fasad vinkelrät mot järnvägen kan utformas öppen under förutsättning att strålskyddskärmar anordnas utanför fasaden. Öppen fasad kan vara aktuellt med hänsyn till behov av ventilation av brandgaser. Dörrar och fönster i aktuell fasad ska utföras i lägst klass EI 30. Dörrar förses även med dörrstängare.
- Parkeringsgaraget förses med ett heltäckande tak. Taktäckningen ska utformas med obrännbart material. Taket erfordrar ej brandteknisk klass och ljusinsläpp kan accepteras.
- Utrymning från byggnaden ska kunna ske i riktning bort från järnvägen.
- Omgivningen utformas så att stadigvarande vistelse inte uppmuntras.

Syftet med åtgärderna ovan är att främst skydda personerna i byggnaden från värmestrålning som uppstår vid pölbrand och jetflamma. Dessa åtgärder bedöms vara de som medför störst reduktion av individrisken för personerna i byggnaden och individrisken hamnar vid den nedre delen av ALARP-området. Att bedöma hur en åtgärd påverkar riskbilden kan vara komplicerat. Genom att förenklat anta att åtgärderna ovan medför att risken för påverkan av värmestrålning utesluts kommer individrisken för personer i byggnaden se ut enligt diagram i figur 13 nedan.



Figur 13 Individrisk för personer i byggnaden, efter att riskreducerande åtgärder vidtagits.

Det framgår tydligt i figuren ovan att individrisken sjunkit kraftigt från ALARP-områdets övre del till att ligga precis ovan den undre gränsen.

Att införa åtgärder för att reducera konsekvenser till följd av explosion medför visserligen en reduktion av risken för personerna i byggnaden. Det är dock väldigt kostsamt att utforma en byggnad för att kunna motstå explosion varför det anses omotiverat att genomföra denna åtgärd i samband med föreslagna åtgärder i punktlistan ovan.

13 VÄRDERING AV OSÄKERHETER

I riskanalysprocessen vävs olika osäkerheter in vilka måste hanteras korrekt för att riskanalysen ska kunna vara praktiskt användbar och ge en korrekt riskbild. I denna riskanalys har en del antagande gjorts och huvuddelen av dessa antagande har varit konservativa för att inte underskatta risken i planområdet. Detta avsnitt belyser de osäkerheter som finns i denna riskanalys.

Trafikinformation och transporter med farligt gods på transportlederna

Trafikintensiteten och antalet tåg med farlig gods grundar sig på den statistik som Trafikverket har lämnat. Individrisken och samhällsrisken är beräknad med trafikintensitet för nuläget. Trafikintensiteten och antalet transporter med farligt gods har ökat i känslighetsanalysen och täcker således in osäkerheter över tiden.

Fördelningen av olika RID-S klasser är erhållen från Trafikverket. Den statistik som finns att tillgå bedöms vara tillförlitlig.

Representativa ämnen

Att låta gasol representera brandfarliga gaser beror på att huvuddelen av de brandfarliga gaser som transporteras i Sverige är gasol. Gasol har ett brett brännbarhetsområde och är flyktigt vilket innebär att ett utsläpp kan innebära värre konsekvenser än många andra brännbara gaser.

Bensin representerar brännbara vätskor. Bensin är mer brandfarligt än till exempel diesel och eldningsolja, som transporteras i stora volymer på, och anses därmed ge ett konservativt resultat.

Händelseförlopp vid gasolutsläpp – fördröjd antändning

Vid gasutsläpp och fördröjd antändning kan olika händelseförlopp inträffa. I analysen antas ett gasmoln bildas som driver iväg med vinden och antänds en bit bort från utsläppsplatsen. Detta scenario kan vara svårt att beräkna främst av den anledning att det är svårt att förutsäga var molnet kommer att antändas. Luftinblandning och tändkällor är viktiga parametrar som är svåra att förutsäga.

Väderdata såsom stabilitetsklass, temperatur, vindriktning och vindhastighet.

I beräkningarna har konservativa antaganden avseende väderdata antagits, och där det har funnits tillgänglig statistik har denna nyttjats.

Sannolikheter för farligt godsolycka och för olika scenarier som kan inträffa till följd av farligt godsolycka.

Det inträffar få farligt godsolyckor i Sverige vilket innebär att statistiken kan vara missvisande. Lokala förutsättningar kan dessutom öka/minska frekvensen för både olycka och olika sluthändelser. Sannolikheterna för olika händelseförlopp vid en farligt godsolycka är hämtade från Helmersson [9]. Frekvensen för olycka med farligt godsfordon inblandat är beräknad enligt modell från Räddningsverket [14] och Trafikverket [8]. Statistiken i dessa källor är generella för Sverige och lokala förutsättningar är inte inkluderade.

Hålstorlekar/haveri

Hålstorleken har dimensionerats efter statistik från olyckor med tunnväggiga tankar. Hål i tjockväggiga tankar blir generellt sett mindre än i tunnväggiga tankar men trots det har samma hålstorlekar som vanligtvis används för konsekvensberäkning vid tunnväggiga tankar använts. Hålstorleken är därmed konservativ, vilket är medvetet på grund av att hålstorleken har stor betydelse för konsekvenserna av ett utsläpp. Haveri kan inträffa för tunnväggiga tankar, dock är det mycket sällsynt att en tjockväggig tank havererar. Haveri för gasol (som transporteras i tjockväggiga tankar) är trots det inkluderad i analysen.

Konsekvensberäkningar

Handberäkningar enligt Fischer m.fl. [12] samt datorprogrammen Gasol och BfK har använts för konsekvensberäkningarna. Samtliga metoder är beprövade och verifierade.

Individrisken är beräknad utomhus, vilket gör att en individ är mer mottaglig för både värmestrålning och toxiska gasutsläpp än om individen befinner sig inomhus.

Riskavstånd

En förenkling har gjorts i rapporten då riskavstånd beräknats för varje sluthändelse. Förenklingen ligger i antagandet att befinner man sig inom riskavståndet är sannolikheten 1 att man dör. Utanför riskavståndet är sannolikheten 0. Detta är givetvis en förenkling. För giftig gas brukar riskavståndet vara fram till att koncentrationen når LC50. LC50 för ammoniak är 8558 ppm, vilket har använts i denna rapport för att ta fram riskavstånd för de sluthändelser som innebär utsläpp av ammoniak.

För pölbränder är det strålningen som avgör riskavståndet. För bensenbränder har antagits att sannolikheten att omkomma vid pölbrand är om man vistas inom det område där strålningen är 15 kW/m² eller högre. För gasol har 5 kW/m² använts, vilket är konservativt. Anledningen till att ett mer konservativt värde har använts för gasolbrand än för bensenbrand är att händelseförloppet för en gasolbrand är mer osäkert. Tredje gradens brännskada har även jämförts med att man omkommer.

För jetflammar och brinnande gasmoln har avståndet då 3:e gradens brännskada uppstår använts som riskavstånd.

Hänsyn till svårt och lindrigt skadade personer

I riskanalysen har endast dödsfall inkluderats av flera anledningar. Dels gäller valda acceptanskriterier för omkomna personer, dels är det svårt att förutse grad av skada som kan uppkomma till följd av en olycka på olika avstånd då det beror på många faktorer, exempelvis ålder, fysisk hälsa, vilka kläder personen har på sig etc. Det finns heller inga kriterier för värdering av skadade.


14 SLUTSATSER

Individrisken och samhällsrisken hamnar inom ALARP-området, vilket innebär att risken ligger på en tolerabel nivå men att rimliga riskreducerande åtgärder ska vidtas så att riskerna hålls så låga som praktiskt möjligt.

Det är alltid nödvändigt att avgränsa arbetet och då tillgänglig indata inte alltid är så detaljerad som är önskvärt (t.ex. befolkningstäthet), krävs vissa förenklingar i riskbedömningen. Förenklingar medför alltid en viss grad av osäkerheter i resultatet. Där bedömningar har gjorts eller där tillgången på tillräckligt detaljerad indata varit bristfällig har konservativa värden använts för att risken inte ska underskattas.

För att studera hur resultatet av riskanalysen påverkas om transporterade mängder farligt gods och persontätheten förändras har en känslighetsanalys utförts där dessa parametrar har ökats. Känslighetsanalysen visar att risken förändras till det sämre men att den fortfarande hamnar inom ALARP-området.

Med hänsyn till den totala risknivån från järnvägen bedömer Prevecon att bebyggelse inom aktuellt programområdet är möjlig med hänsyn till de åtgärder som föreslagits i avsnitt 12. Vid framtagandet av åtgärderna har hänsyn tagits till den totala riskbilden samt vilka olycksscenarioer som bidrar mest (vilket framgår i avsnitt 9).

 Borås - Göteborg - Halmstad Stockholm - Uddevalla Tel vxl: 010-703 70 00 www.prevecon.se	Dokumenttyp Rapport	Version R4	Sida 49 / 62
	Uppdragsnamn TROLLHÄTTAN RENEN, P-HUS RISKBEDÖMNING UNDERLAG TILL DETALJPLANEARBETE	Uppdragsnummer 20200407	
		Handläggare Andreas Stagnebo	
		Datum 2018-10-08	Revidering 2020-11-06

15 REFERENSER

- [1] Davidsson, G. m.fl., "Värdering av risk, rapport P21-182/97," Räddningsverket, Karlstad, 1997.
- [2] Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län, "Riskhantering i detaljplaneprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods," 2006.
- [3] Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, "Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods - antagandehandling. Huvudhandling samt bilagor 1-5," 1997.
- [4] Länsstyrelsen i Skåne län, "Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods," 2007.
- [5] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer," 2000.
- [6] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, fakta 2016:4," 2016.
- [7] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), "Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer," mars 2015.
- [8] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikhet för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, 2001.
- [9] Helmersson, L., "Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg. Rapport 387:4," Väg- och transportforskningsinstitutet, Linköping, 1994.
- [10] Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, SMHI, September 2017. [Online]. Available: <https://opendata-download-metobs.smhi.se/explore/?parameter=2#>.
- [11] Committee for the Prevention of Disasters (CPR), "Guidelines for quantitative risk assessment - "The purple book", 2005.
- [12] Fischer, S. m.fl., "Vådautsläpp av brandfarliga gaser och vätskor. 3:e rev. upplagan," Försvarets forskningsanstalt, Tuma/Umeå, 1998.
- [13] "Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd - BFS 2011:27 med ändringar t.o.m. BFS 2013:12 (BBRAD 3)," Boverket, juni 2013.
- [14] Räddningsverket, "Farligt gods - Riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg," Räddningsverket, Karlstad, 1996.
- [15] B. Karlsson och J. Quintiere, "Enclosure fire dynamics," CRC Press, Florida USA, 199.

Bilaga A – Frekvens- och sannolikhetsberäkningar

A.1 – Beräkning av frekvens för farligt godsolycka på väg och järnväg

Vid beräkningen av frekvensen av farligt godsolyckor används en sträcka av en kilometer.

Järnväg

Beräkningen av urspåringsfrekvens för en farligt godsvagn har genomförts enligt Banverkets "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen" [8]. För närmare beskrivning av beräkningsgången hänvisas till rapporten.

Nedanstående förutsätts gällas för aktuell sträcka (1 km längs med ny bebyggelse):

- Spårklass A.
- Andel farligt godsvagnar med två axlar är ca 4 procent.
- Andel farligt godsvagnar med fyra axlar antas vara 96 procent.

Övriga frekvensberäkningar för en farligt godsolycka kan erhållas av Prevecon på begäran eftersom uppgifterna från Trafikverket är konfidentiella.

Utifrån fördelningen mellan olika ADR-klasser beräknas frekvensen för farligt godsolycka för respektive klass, se tabell A.1.2.

Tabell A.1.2. Frekvens för olycka för respektive klass i grundfallet.

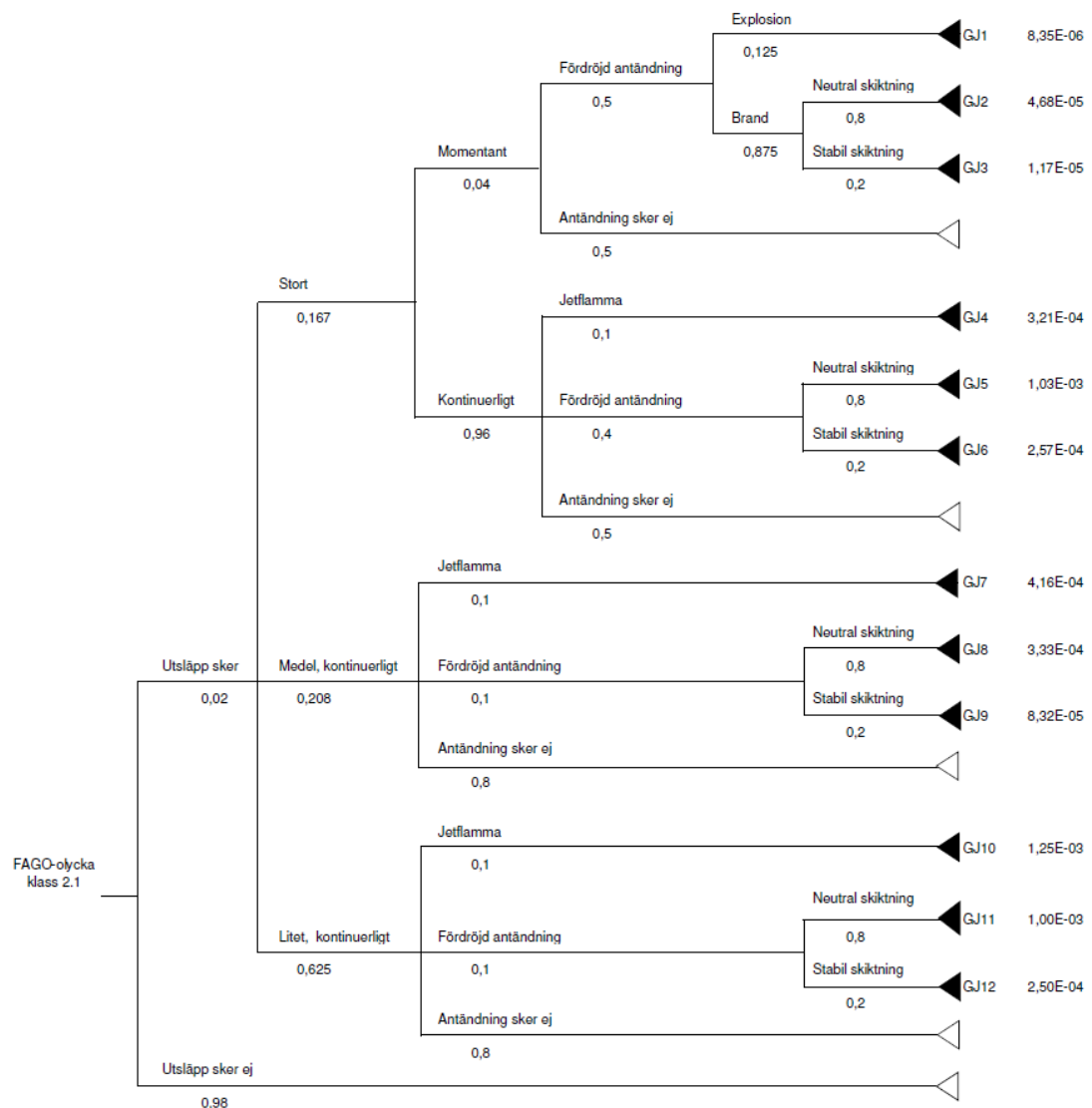
Klass	Frekvens (olycka per år)
2.1	$1,33 \times 10^{-4}$
2.3	$1,33 \times 10^{-4}$
3	$1,08 \times 10^{-3}$
5	$3,73 \times 10^{-4}$

A.2 – Beräkning av sannolikheter för respektive scenario

Beräkning av sannolikheten för respektive identifierat scenario med hjälp av händelsetråd.

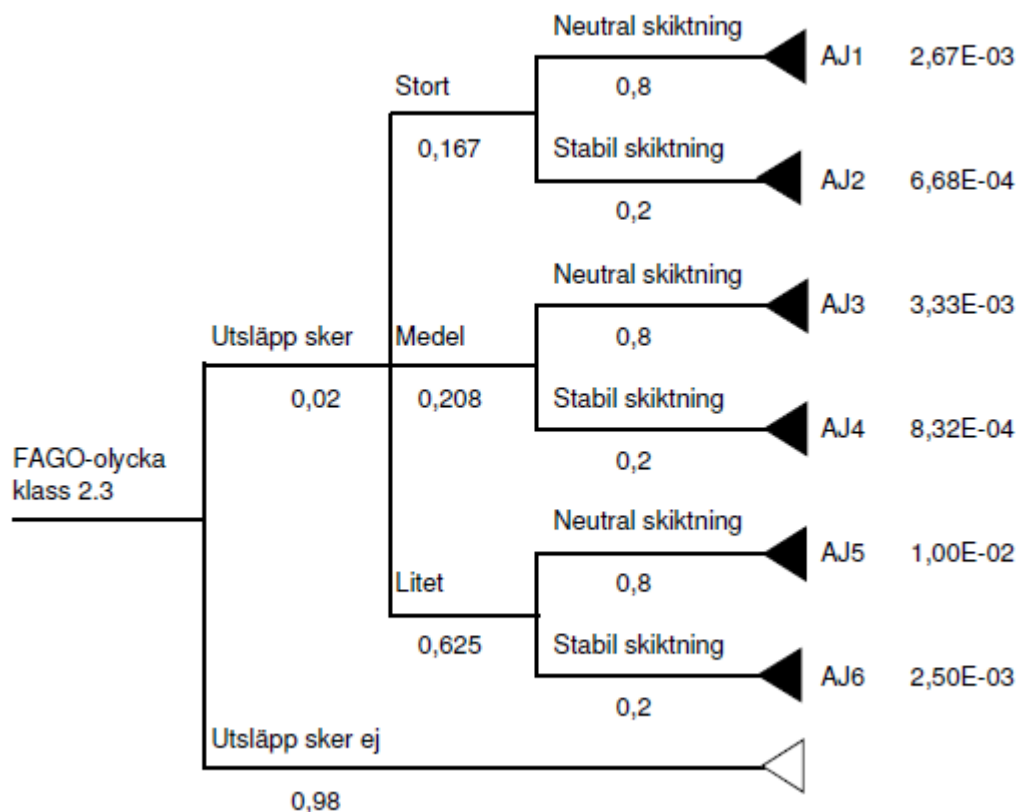
Järnväg

Klass 2.1



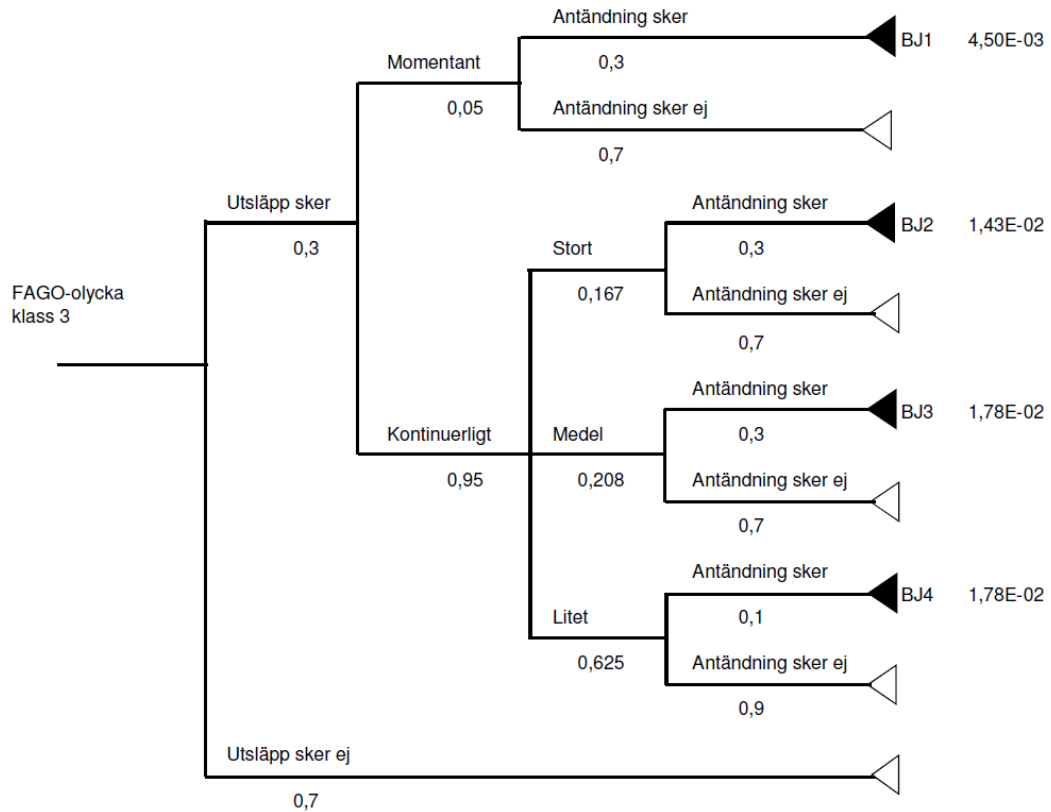
Figur A.2.1. Händelsetråd över farligt godsolycka med klass 2.1.

Klass 2.3



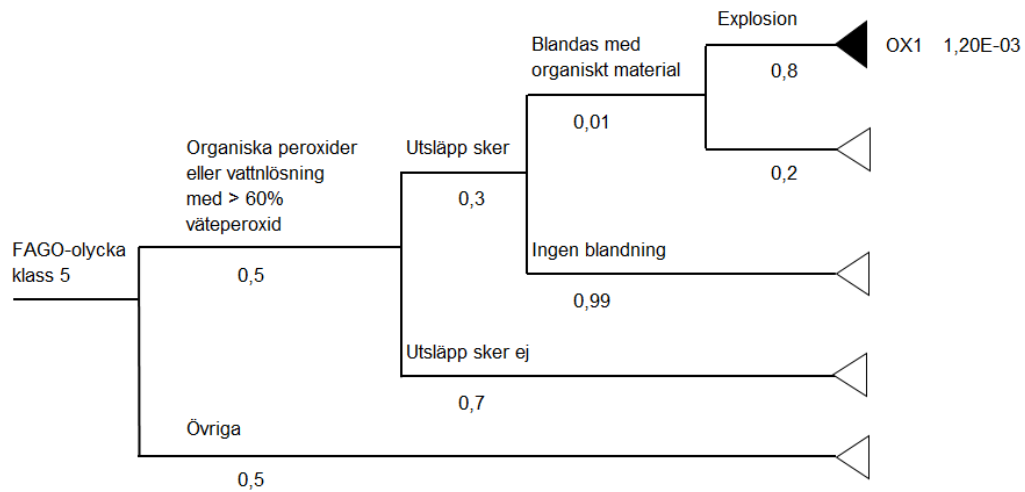
Figur A.2.2. Händelseträd över farligt godsolycka med klass 2.3.

Klass 3



Figur A.2.3. Händelsetråd över farligt godsolycka med klass 3.

Klass 5



Figur A.2.4. Händelsetråd över farligt godsolycka med klass 5.

Dokumenttyp Rapport	Version R4	Sida 54 / 62
Uppdragsnamn TROLLHÄTTAN RENEN, P-HUS RISKBEDÖMNING UNDERLAG TILL DETALJPLANEARBETE	Uppdragsnummer 20200407	Handläggare Andreas Stagnebo
	Datum 2018-10-08	Revidering 2020-11-06

Att ett läckage sker antas inträffa i 30% av fallen där en farligt godsolycka med organiska peroxider eller vattenlösning med > 60% väteperoxid sker. Att läckaget blandas med flytande organiskt material, t.ex. motorbränsle, antas ske i 1 % av fallen, då järnvägen är elektrifierad.

A.3 – Beräkning av frekvenser för respektive scenario

Frekvensen för de identifierade scenarierna beräknas genom:

Frekvens(scenario)=P(scenario)*F(FG-olycka, aktuell klass) [år-1]

Frekvensen för farligt godsolycka är beräknad utifrån den andel av olika ämnen som transporteras på järnvägen. I känslighetsanalysen varierar indata.

Frekvensberäkningar för en farligt godsolycka på järnvägen kan erhållas av Prevecon på begäran eftersom uppgifterna från Trafikverket är konfidentiella.

Dokumenttyp Rapport	Version R4	Sida 55 / 62
Uppdragsnamn TROLLHÄTTAN RENEN, P-HUS RISKBEDÖMNING UNDERLAG TILL DETALJPLANEARBETE	Uppdragsnummer 20200407	Handläggare Andreas Stagnebo
	Datum 2018-10-08	Revidering 2020-11-06

Bilaga B – Konsekvensberäkningar

Nedanstående konsekvensberäkningar har genomförts för att beräkna riskavstånd för respektive scenario.

Olycka med brännbar gas (gasol)

G1

Beräkning av konsekvenser av explosion vid momentant utsläpp, se Helmersson [9].

G2

Beräkning av konsekvenser av brand vid momentant utsläpp (neutral skiktning), se Helmersson [9].

G3

Beräkning av konsekvenser av brand vid momentant utsläpp (stabil skiktning), se Helmersson [9].

G4-G12

För att beräkna konsekvenserna har beräkningsprogrammet GASOL använts. Indata som använts presenteras nedan.

Följande indata är samma i samtliga scenarier:

Tankform: Cylindrisk

Tankdiameter: 2,7 m

Tanklängd: 19,5 m

Fyllnadsgrad: 80 %

Tanken innehåller ca 40 ton kondenserad gasol.

Lagringstemperatur: 15,0 °C

Lagringstryck: 7,00 bar

Luftryck: 760 mmHg

Omgivningstemperatur: 15,0 °C

Relativ fuktighet: 50 %

Utsläppet sker nära vätskeytan

Utströmningkoefficient (Cd): 0,83

Ingen vägg eller dyl. nära utsläppet.

Ingen invallning/ uppsamling.

Molnighet: Dag och klart

Omgivning: Tätortsförhållanden (många träd, häckar och enstaka hus)

Indata som skiljer sig åt för respektive scenario:

Hålets diameter:

140 mm (G4, G5, G6)

80 mm (G7, G8, G9)

40 mm (G10, G11, G12)

Utsläppstyp:

Hål i tank mellan gas- och vätskefas (G4, G7, G10)

Vädertyp:

Neutral (vindhastighet 5 m/s): (G4, G5, G7, G8, G10, G11)

Stabil (vindhastighet 2 m/s): (G6, G9, G12)

Riskavstånden för jetflamnor och brinnande gasmoln antas sammanfalla med avståndet till 3:e gradens brännskada. För övriga fall är riskavståndet det avstånd där strålningen är 5 kW/m².

Vid jetflamma och gasmoln blir inte konsekvensområdet cirkulärt. Vid BLEVE blir dock skadeområdet cirkulärt. Vid brinnande gasmoln antas molnet antändas då det fortfarande befinner sig vid utsläppsplatsen (då det bedömts som störst). Skadeområdet blir molnets storlek plus avståndet till 3:e gradens brännskada.

Resultat Gasol

Sluthändelse G1

För konsekvensberäkningar av denna sluthändelse hänvisas till Helmersson [9]. Riskavstånd 131 m.

Sluthändelse G2

För konsekvensberäkningar av denna sluthändelse hänvisas till Helmersson [9]. Riskavstånd 59 m.

Sluthändelse G3

För konsekvensberäkningar av denna sluthändelse hänvisas till Helmersson [9]. Riskavstånd 40 m.

Sluthändelse G4

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma. Jetflammans längd är 98,7 m. Riskavstånd från utsläppspunkten i jetriktningen till att 3:e gradens brännskador uppstår är 127,7 m och områdets bredd är 112 m.

Sluthändelse G5

Fördröjd antändning av gasmolnet som är 5,0 m långt och 2,9 m brett. Riskavståndet från utsläppspunkten till att 3:e gradens brännskador uppstår är 22,1 m långt och 27,1 m brett.

Sluthändelse G6

Fördröjd antändning av gasmolnet som t är 5,6 m långt och 3,6 m brett.

Riskavståndet från utsläppspunkten till att 3:e gradens brännskador uppstår är 27,3 m långt och 37,2 m brett.

Sluthändelse G7

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma. Jetflammans längd är 56,4 m.

Avstånd från utsläppspunkten i jetriktningen till att 3:e gradens brännskador uppstår är 73,4 m och områdets bredd är 64 m.

Sluthändelse G8

Fördröjd antändning av gasmolnet som är 5,6 m långt och 3,6 m brett.

Riskavståndet från utsläppspunkten till att 3:e gradens brännskador uppstår är 19,6 m långt och 21,6 m brett.

Sluthändelse G9

Fördröjd antändning av gasmolnet som är 4,9 m långt och 3,7 m brett.

Riskavståndet från utsläppspunkten till att 3:e gradens brännskador uppstår är 22,0 m långt och 29,7 m brett.

Sluthändelse G10

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma. Jetflammans längd är 28,2 m.

Avstånd från utsläppspunkten i jetriktningen till att 3:e gradens brännskador uppstår är 37,2 m och området bredd är 32 m.

Sluthändelse G11

Fördröjd antändning av gasmolnet som är 4,9 m långt och 2,5 m brett.

Riskavståndet från utsläppspunkten till att 3:e gradens brännskador uppstår är 19,0 m långt och 16,5 m brett.

Sluthändelse G12

Fördröjd antändning av gasmolnet som är 4,9 m långt och 2,9 m brett.

Riskavståndet från utsläppspunkten till att 3:e gradens brännskador uppstår är 19,0 m långt och 18,9 m brett.

Olycka med giftig gas (Ammoniak)

Avstånd till LC50 (8500 ppm) har utgjort riskavståndet för ammoniak. Riskavståndet har utlästs ur de plymer som ges som utdata i BfK. Riskavstånden redovisas i (kapitel 5).

A1

Följande indata är samma i samtliga scenarier:

Emballage: Tankbil med 45 000 kg kemikalie.

Läckage: Punktering på tank eller packningsläckage.

Utsläppets effektiva höjd är 1,0 m över marken.

Omgivning: Bebyggt.

Åtgärder: Inga.

Beräkningar: Koncentrationen beräknas för höjden 1,5 m.

Utsläppet: Utströmning av tryckkondenserad gas i vätskefas.

Ingen pöl bildas.

Indata som skiljer sig åt för respektive scenario:

Stor (A1 & A2)

Läckage area: 154 cm²

Källstyrka: 235 kg/s

Varaktighet: Det tar 3 minuter tills tanken är tom

Medelstor (A3 & A4)

Läckage area: 50 cm²

Källstyrka: 76 kg/s

Varaktighet: Det tar 10 minuter tills tanken är tom

Litet (AJ5 & AJ6)

Läckage area: 12,5 cm²

Källstyrka: 18 kg/s

Varaktighet: Det tar 41 minuter tills tanken är tom

Väder:

Neutral skiktning (A1, A3 & A5)

10 °C och 5,0 m/s vindstyrka.

Stabilitetsklass D (D – Neutral skiktning) och 71 W/m² solinstrålning.

Stabil skiktning (A2, A4 & A6)

10 °C och 2,0 m/s vindstyrka.

Stabilitetsklass F (F – Stabil skiktning) och 0 W/m² solinstrålning.

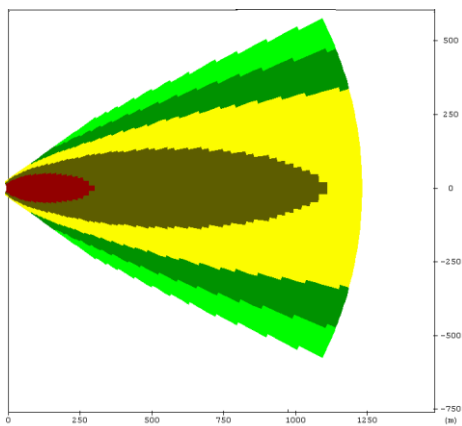
Resultat Bfk

A1

Stort kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Neutral skiktning.

Riskavstånd: 318 m

Plymvinkel: 40 ° (Erhålls genom att mäta i figur samt adderat till 5 ° p.g.a. svårt att mäta exakt, på detta sätt erhålls en konservativ plymvinkel.)



Beräknat spridningsområde enligt Bfk för scenario A1.

A2

Stort kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Stabil skiktning.

Riskavstånd: 1100 m.

Plymvinkel: 40 °.

A3

Medelstort kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Neutral skiktning.

Riskavstånd: 172 m.

Plymvinkel: 40 °.

A4

Medelstort kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Stabil skiktning.

Riskavstånd: 660 m.

Plymvinkel: 40 °.

A5

Litet kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Neutral skiktning.

Riskavstånd: 80 m.

Plymvinkel: 40 °.

A6

Litet kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Stabil skiktning.

Riskavstånd: 330 m.

Plymvinkel: 40 °.

Olycka med brännbar vätska (bensin)

Nedan redovisas konsekvenserna av olycka med utsläpp av brännbar vätska som representeras av bensin. Fyra stycken olika utsläppsmängder har beräknats, se tabell. Beräkningarna har genomförts enligt beräkningsgång redovisad i handbok (FOA) från Fischer m.fl. [12] och Enclosure fire dynamics [15].

- Riskavståndet är det avstånd där strålningen är 15 kW/m^2 . Inom riskavståndet antas 100 % omkomma direkt eller p.g.a. brandspridning till byggnader. Utanför riskavståndet överlever samtliga.
- Ett utsläpp antas leda till att en pöl med bensin bildas och antänds.
- Flammans diameter antas vara lika med den bildade pölens diameter.

Tabell B1, Beräkningar med fyra utsläppsmängder.

Scenario	Pölbrand (m ²)	Pöldiameter (m)	Flamhöjd (m)	Avstånd till 15 kW/m ²
B1	400	22,6	24,5	36
B2	200	16	19,3	25
B3	100	11,3	15,2	17
B4	50	8	11,9	11

Bilaga C – Beräkning av individrisk

Då individrisken ska beräknas utmed en sträcka kan nedanstående ekvation användas.

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

X är spridningsvinkeln (360 för pölbränder explosioner etc.)

f är frekvensen för respektive scenario.

r är riskavståndet.

a är avståndet från utsläppskällan.

L är sträckan för vilken frekvensen beräknats, exempelvis 1000 meter.

Individrisken beräknas för respektive scenario och summeras.

I känslighetsanalysen varieras indata.

Beräkningsark kan erhållas på begäran eftersom vissa uppgifter i beräkningarna är konfidentiella.

Bilaga D – Beräkning av samhällsrisk

Vid beräkningen av samhällsrisken bestäms antalet omkomna människor genom att arean av det exponerade området (begränsas av riskavståndet) multipliceras med persontätheten.

Antalet omkomna beräknas med ekvationen:

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

N = antalet omkomna

r = riskavståndet i km

α = spridningsvinkeln

n = populationen (inv/km²)

I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till att det sannolikt inte vistas några personer i järnvägens absoluta närhet, eller att personer som befinner sig i skydd bakom byggnader etc. sannolikt inte blir påverkade av exempelvis strålningen från en pölbrand varför samhällsrisken överskattas. Ingen hänsyn har heller inte tagits till att populationen inom området varierar över dygnet.

I känslighetsanalysen varierar indatan.

Beräkningsark kan erhållas på begäran eftersom vissa uppgifter i beräkningarna är konfidentiella.

Bilaga 1

Kraftstaden Fastigheter
Att: Jan Mattsson
Åkerssjövägen 20
461 29 Trollhättan

Halmstad 2020-10-15

UTLÅTANDE ANGÅENDE FASAD MOT SPÅR

Kv Renen, Trollhättan, projektnummer 20200407

Detta brandtekniska utlåtande är upprättat av civilingenjör/brandingenjör Andreas Stagnebo, Prevecon Brand & Riskkonsult AB, på uppdrag av Kraftstaden Fastigheter.

Detta utlåtande utgör bilaga till riskbedömning upprättad av Prevecon, daterat 2018-10-08, reviderat 2020-08-24.

Syftet med detta utlåtande är att beskriva möjligheter att utforma fasad på aktuellt P-hus som vetter mot spåren med delvis öppen fasad.

Utlåtande

I den riskanalys som finns upprättad för P-huset har samhällsrisik och individrisk beräknats med avseende på transporter av farligt gods längs järnvägen *Norge-/Vänerbanan*. Beräkningen visar att risken hamnar inom det så kallade ALARP-området samt att det framförallt är scenarier med brandfarlig vätska som bidrar till riskbilden för byggnaden. För att reducera konsekvensen av dessa olyckor anges att fasad som vetter direkt mot järnvägsspår skall utformas tät, med brandteknisk klass EI 30. Detta för att personer i byggnaden inte ska utsättas för kritisk värmestrålning.

Detta utlåtande avser att med analytiskt resonemang möjliggöra för alternativ utformning för fasaden, utan att ökad risk föreligger för personer som vistas i P-huset.

Åsboholmsgatan 6
504 51 Borås

Kungsgatan 48^B
411 15 Göteborg

Kungsgatan 20
302 45 Halmstad

Västerlånggatan 27
111 29 Stockholm

Göteborgsvägen 9
451 42 Uddevalla

Telefon vxl: 010-703 70 00

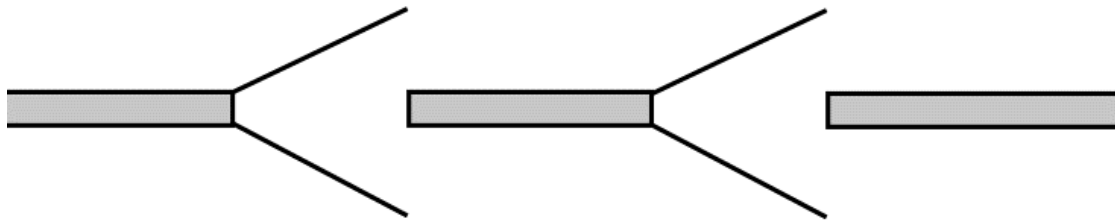
www.prevecon.se

Utformning

Den aktuella fasaden kan utföras med öppningar under förutsättning att strålningsskyddande lameller, eller dylikt, anordnas framför öppningar. Lameller ska vara utformade med obrännbart material för att kunna stå emot värmestrålning under den tid som erfordras för att personer ska kunna utrymma byggnaden.

Storleken på lameller ska vara lika fasadöppningarnas storlek.

Exempel på utformning av lameller som fullständigt bedöms blockera infallande strålning illustreras i figur nedan.



Figuren visar utformningsförslag av lameller i planet. Variationer av utformning accepteras men kraven som beskrivs i utlåtandet ska beaktas.

Lameller ska vara monterade i fasad med brandteknisk klass motsvarande R 30.

Resonemang

Genom att utföra fasaden öppen men med lameller framför öppningar agerar lameller som strålningsskydd mot den värmestrålning som en brand på spårområdet ger upphov till. Lamellerna motsvarar därmed det skydd som en tät fasad skulle innebära samtidigt som ventilationsarean i fasad ökar. Utformning av lameller i obrännbart material samt krav på montering i fasad motsvarande brandteknisk klass R 30 bedöms vara erforderliga för att inte medföra sämre skydd för personer i byggnaden, jämfört med en tät fasad.

Handläggare
Andreas Stagnebo
Civilingenjör/brandingenjör

Interngranskning
Dan Sylvén Cornelius
Civilingenjör/brandingenjör