



UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



Riskbedömning för planprogram

Butängen och Johannisborg, Norrköping

Samhällsplanering i anslutning till Sevesoverksamheter

2017-05-04

Uppdragsgivare

Norrköping kommun

WSP kontaktperson

Henrik Selin
 WSP Sverige AB
 581 02 Linköping
 Besök: S:t Larsgatan 3
 Tel: +46 10-722 59 67
 Org nr: SE556057488001
 Styrelsens säte: Stockholm
<http://wspgroup.se>

Dokumenthistorik och kvalitetskontroll

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Anmärkning		Mindre ändringar av formuleringar, slutsatserna är desamma.		
Datum	2017-02-09	2017-05-02		
Handläggare	Olov Holmstedt Jönsson	Johan Björck		
Signatur	OHJ	JB		
Granskare	Katarina Herrström	Ej gjord*		
Signatur	KH			
Godkänd av	Henrik Selin	Henrik Selin		
Signatur	HS	HS		
Uppdragsnummer	10235644	10235644		
Rapportnummer				
Filnamn				

* Inga slutsatser är ändrade, enbart formuleringar, och därför behövs dokumentet ej granskas på nytt.

Sammanfattning

Ett nytt planprogram är under utveckling för Butängen, med syfte att möjliggöra uppförandet av ett nytt resecentrum, bostäder samt andra verksamheter i samband byggandet av Ostlänken. Planprogrammet omfattar även den gamla slottsruinen Johannisborg som ska omvandlas till ett park- och rekreationsområde där bland annat större utomhusevenemang kan hållas. Norr om planområdet ligger de två Sevesoverksamheterna Yara och Candor AB. Avståndet mellan planområdet och verksamheterna är 300 meter (Candor AB) respektive 350 meter (Yara AB).

Syftet med denna riskbedömning är utreda lämpligheten med planerad markanvändning inom planområdet utifrån riskpåverkan från de två Sevesoverksamheterna. Ett ytterligare syfte är att undersöka hur riskbilden för planområdet påverkas när delar av Yara:s verksamhet måste flyttas i samband med byggnationen av Ostlänken.

Resultatet av genomförd riskbedömning indikerar att:

- Hanteringen av ammoniumnitrat inom Yara:s terminal ger upphov till en individrisk som i sydlig riktning (mot planområde) ligger inom oacceptabla nivåer upp till 40 meter och inom ALARP (förhöjda nivåer) upp till 320 meter. Individrisken utgår från det sydligaste tältlagret med ammoniumnitrat inom nuvarande verksamhetsområde.
- Kemikaliehanteringen inom Candor AB bedöms kvalitativt ej begränsas tilltänkt markanvändning inom aktuellt planområde givet avståndet på drygt 300 meter.

Inför byggnationen av Ostlänken studeras två alternativa lokaliseringar av Yara:s verksamhet.

Delar av Yara:s verksamhet flyttas till Slottshagen 2:1

- Avståndet till Johannisborg minskar till drygt 150 meter. Stora delar av Johannisborg kommer att ligga inom området med en förhöjd individrisknivå (inom ALARP)
- Samhällsrisknivån vid detta alternativ beräknas nå den övre halvan av ALARP-området givet tilltänkt exploatering av Johannisborg.

Delar av Yara:s verksamhet flyttas till Lagret 1

- Nuvarande avstånd mellan verksamheten och Johannisborg på drygt 350 meter bibehålls vid detta alternativ. Inga delar av Johannisborg kommer att ligga inom området med en förhöjd individrisknivå (inom ALARP)
- Samhällsrisknivån vid detta alternativ beräknas precis nå den nedre halvan av ALARP-området givet tilltänkt omvandling av Johannisborg.

Baserat på genomförd riskbedömning lämnar WSP följande rekommendationer:

- Yara:s verksamhet bör i samband med byggnationen av Ostlänken flyttas i östlig riktning.
- En flytt av Yara:s verksamhet till Slottshagen 2:1 bedöms olämplig ur riskperspektiv givet tilltänkt omvandling av Johannisborg. Planerad markanvändning för Johannisborg medför att majoriteten av människorna inom området kommer att befinna sig utomhus och är därmed mer exponerande för brandröken vid en eventuell olycka på Yara.
- För aktuellt planområde bedöms en kvantitativ riskbedömning av Candor AB ej vara nödvändig givet avståndet på 300 meter. Vid framtida planläggning i direkt anslutning till Candor:s verksamhet är förgående bedömning mer osäker. Denna riskbedömning bör då kompletteras med vidare analyser, exempelvis simuleringar av brandgasspridning i CFD-mjukvara alternativt i ALOFT-ft.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	5
1.1	BAKGRUND	5
1.2	SYFTE OCH MÅL.....	5
1.3	AVGRÄNSNINGAR	5
1.4	STYRANDE DOKUMENT	6
1.5	UNDERLAGSMATERIAL.....	6
1.6	INTERNKONTROLL.....	6
2	OMRÅDESBESKRIVNING	7
2.1	PLANOMRÅDET	7
2.2	SEVESOVERKSAMHETER	9
2.2.1	Yara AB.....	9
2.2.2	Candor AB.....	10
2.3	VÄDERDATA	11
2.4	PERSONTÄTHET INOM JOHANNISBORG	12
3	OMFATTNING AV RISKHANTERING OCH METOD	13
3.1	BEGREPP OCH DEFINITIONER.....	13
3.2	RISKANALYSMETODER	14
3.2.1	Kvalitativa metoder.....	14
3.2.2	Kvantitativa metoder	14
3.3	METOD FÖR RISKINVENTERING.....	14
3.4	METOD FÖR RISKUPPSKATTNING	14
3.4.1	Frekvensberäkningar Yara.....	14
3.4.2	Frekvensberäkningar Candor	15
3.4.3	Konsekvensberäkningar	15
3.4.4	Individrisk	15
3.4.5	Samhällsrisk.....	15
3.5	METOD FÖR RISKVÄRDERING	16
3.5.1	Riskkriterier, individ- och samhällsrisk	16
3.6	METOD FÖR IDENTIFIERING AV RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	18
4	RISKIDENTIFIERING	19
4.1	HANTERINGEN AV AMMONIUMNITRAT INOM YARA AB.....	19
4.2	KEMIKALIEHANTERINGEN INOM CANDOR AB	20
5	RISKVÄRDERING	22
5.1	INDIVIDRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ KEMIKALIEHANTERINGEN INOM YARA AB	22
5.2	SAMHÄLLSRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ KEMIKALIEHANTERINGEN INOM YARA AB	26
6	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	29
6.2	SAMMANFATTNING AV REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER.....	29
7	DISKUSSION.....	30
7.1	IDENTIFIERING AV OSÄKERHETER	30
7.2	KÄNSLIGHETSANALYS	31
8	SLUTSATSER.....	32

1 Inledning

WSP har av Norrköpings kommun fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av planprogram för Butängen och Johannisborg i Norrköping kommun. Riskbedömningen avser beskriva riskbilden för planområdet som de två närbelägna Sevesoklassade industrierna Yara AB och Candor AB ger upphov till, och därmed utgöra en grund för att bedöma lämpligheten med planprogrammet. Vidare ska vid behov förslag på riskreducerande åtgärder tas fram.

1.1 Bakgrund

Ett nytt planprogram är under utveckling för Butängen, med syfte att möjliggöra uppförandet av ett nytt resecentrum, bostäder samt andra verksamheter i samband byggandet av Ostlänken. Förslaget förväntas skapa plats för drygt 6 000 boende och lika många arbetsplatser inom planområdet.

Planprogrammet omfattar även den gamla slottsruinen Johannisborg. Ambitionen är att omvandla Johannisborg till ett park- och rekreationsområde där bland annat större utomhusevenemang kan hållas.

Norr om planområdet ligger de två Sevesoklassade industrierna Yara och Candor AB. Avståndet mellan planområdet och industrierna är mellan 300 och 350 meter. Enligt Seveso III-direktivets artikel 13 om kontroll över den fysiska planeringen ska konsekvenserna från allvarliga kemikalieolyckor reduceras genom att upprätthålla lämpliga skyddsavstånd mellan verksamheter och deras omgivning.

1.2 Syfte och mål

Riskbedömningen utgår från de krav på hantering av olycksrisker som ställs i Plan- och bygglagen samt Miljöbalken avseende beaktandet människors hälsa och säkerhet. Ett ytterligare syfte med denna riskbedömning är även att uppfylla Seveso III-direktivets krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid fysiskplanering i närheten av storskalig kemikalieindustri. Denna riskbedömning upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närheten till Sevesoklassade anläggningar. Ett vidare syfte med riskbedömningen är att undersöka hur riskbilden för planområdet hade påverkats om delar av Yara:s verksamhet förläggs på Slottshagen 2:1 alternativt på Lagret 1.

Målet med riskbedömningen är utreda lämpligheten med planerad markanvändning inom planområdet utifrån riskpåverkan. I ovanstående ingår att efter behov ge förslag på åtgärder.

1.3 Avgränsningar

I riskbedömningen belyses vilken påverkan allvarliga kemikalieolyckor inom de aktuella Seveso anläggningarna kan generera för omgivningen. De olycksscenario som har beaktats är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) som kan medföra livshotande konsekvenser för individer (tredje man) bortom industriernas egna verksamhetsområden. Egendomsskador, eventuella skador på naturmiljön eller skador orsakade av långvarig exponering av industribuller har inte beaktats.

I denna riskbedömning beaktas ej den riskpåverkan som eventuella farligt gods-transporter till och från respektive Sevesoverksamhet ger upphov till.

Resultatet av riskbedömningen gäller under angivna förutsättningar. Vid förändring av förutsättningarna behöver riskbedömningen uppdateras.

1.4 Styrande dokument

Plan- och bygglagen (2010:900) anger följande:

Vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till:

1. människors hälsa och säkerhet, ... (2 kap. 5§)

Vid planläggning och i ärenden om bygglov enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till:

2. skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser, ... (2 kap. 6§).

Miljöbalken: Risk ska beaktas som en av flera miljöeffekter i samband med miljöbedömning vid detaljplanering.

Sevesolagstiftningen: I Sverige är EU:s Sevesodirektiv infört i lagstiftningen genom bland annat Lagen (SFS 1999:381) och Förordningen (SFS 1999:382) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor, Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter (MSBFS 2015:8) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor, Lagen (SFS 2003:778) och Förordningen (SFS 2003:789) om skydd mot olyckor, Miljöbalken (SFS 1998:808) etc.

Reglerna styr verksamheter där farliga ämnen vid ett och samma tillfälle förekommer i vissa mängder. Lagstiftningen innebär skyldigheter för verksamhetsutövare beroende på vilken kravnivå de omfattas av. Samtliga är dock skyldiga att vidta alla åtgärder som krävs för att förebygga allvarliga olyckor och för att begränsa följderna av dem för människor och miljö. Alla är också skyldiga att upprätta ett handlingsprogram för hur riskerna för allvarliga kemikalieolyckor ska hanteras. Verksamheter som omfattas av den lägre kravnivån är därutöver skyldiga att lämna en anmälan till tillsynsmyndigheten.

1.5 Underlagsmaterial

Nedan listas det underlag som riskbedömningen bygger på:

- *Strukturprogram för Johannisborg och närområde*, Norrköping kommun 2015 (1)
- *Riskanalys, hanteringen av Sevesoprodukter inom terminalen i Norrköping*, Yara AB 2016 (2)
- *Handlingsprogram, terminaler i Sverige*, Yara 2016 (3)
- *Säkerhetsrapport terminalen i Norrköping*, Yara 2016 (4)
- *Säkerhetsrapport Candor Sweden AB Norrköping*, Candor AB 2010 (5)
- *Riskutredning brand*, Candor AB 2013 (6)
- *Platsbesök Yara AB Norrköping 6/12-2016* (7)
- *Platsbesök Candor AB Norrköping 5/12-2016* (8)

1.6 Internkontroll

Rapporten är utförd av Olov Holmstedt Jönsson (Civilingenjör Riskhantering) med Henrik Selin (Civilingenjör Riskhantering) som uppdragsansvarig. I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten. Ansvarig för denna granskning har varit Katarina Herrström (Brandingenjör/Civilingenjör Riskhantering).

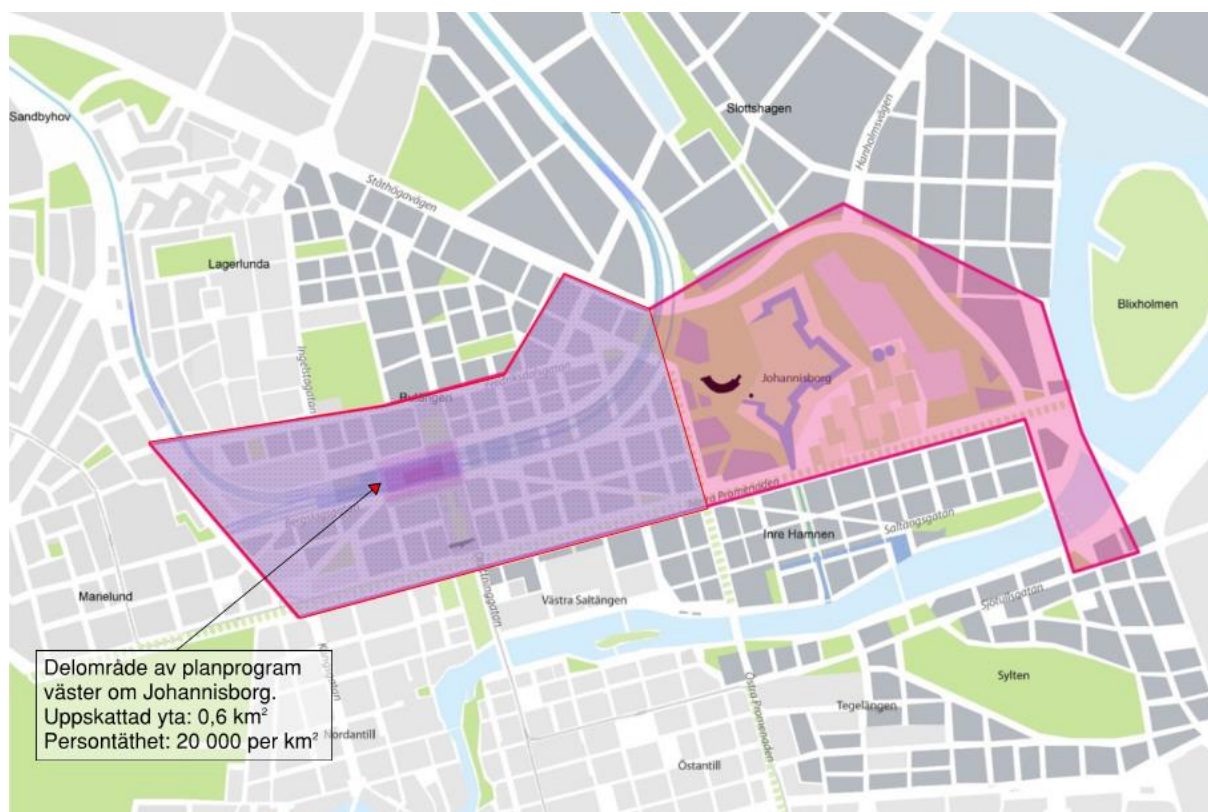
2 Områdesbeskrivning

I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av planområdet med omgivning samt de två aktuella Sevesoverksamheterna.

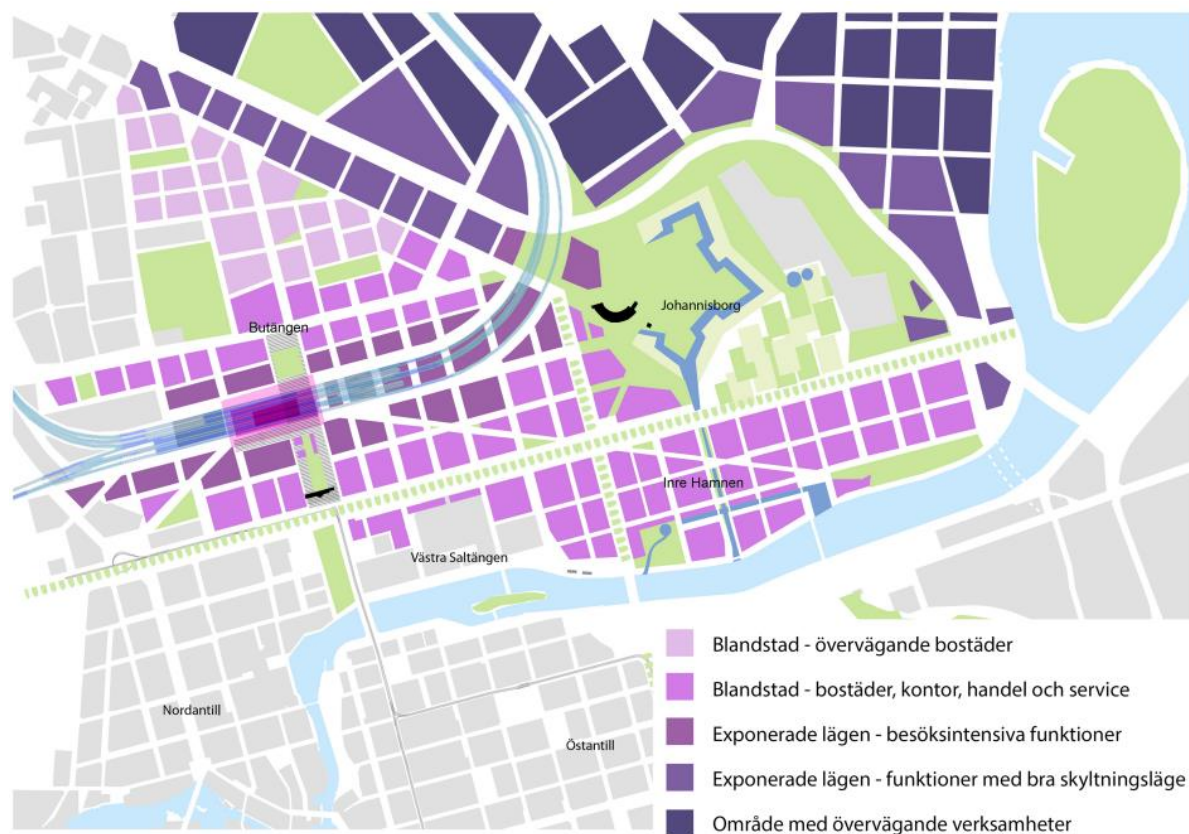
2.1 Planområdet

I Figur 1 nedan syns det område som omfattas av planprogrammet. Planförslaget förväntas skapa plats för drygt 6 000 boende och lika många arbetsplatser. Den absoluta merparten av de nya bostäder och verksamheter som planprogrammet omfattar kommer ligga i anslutning till resecentrumet och väster om Johannisborg. Ytan av det delområde i planförslaget som ligger väster om Johannisborg uppskattas grovt till 0,6 km² vilket genererar en persontäthet på drygt 20 000 per km².

Den gamla slottsruinen Johannisborg kommer omvandlas till en park- och rekreationsområde. Persontätheten inom detta område uppskattas i medeltal över året uppgå till 3 050 per km² under dagtid och 1 525 per km² under nattetid (se avsnitt 2.4 för beräkning)



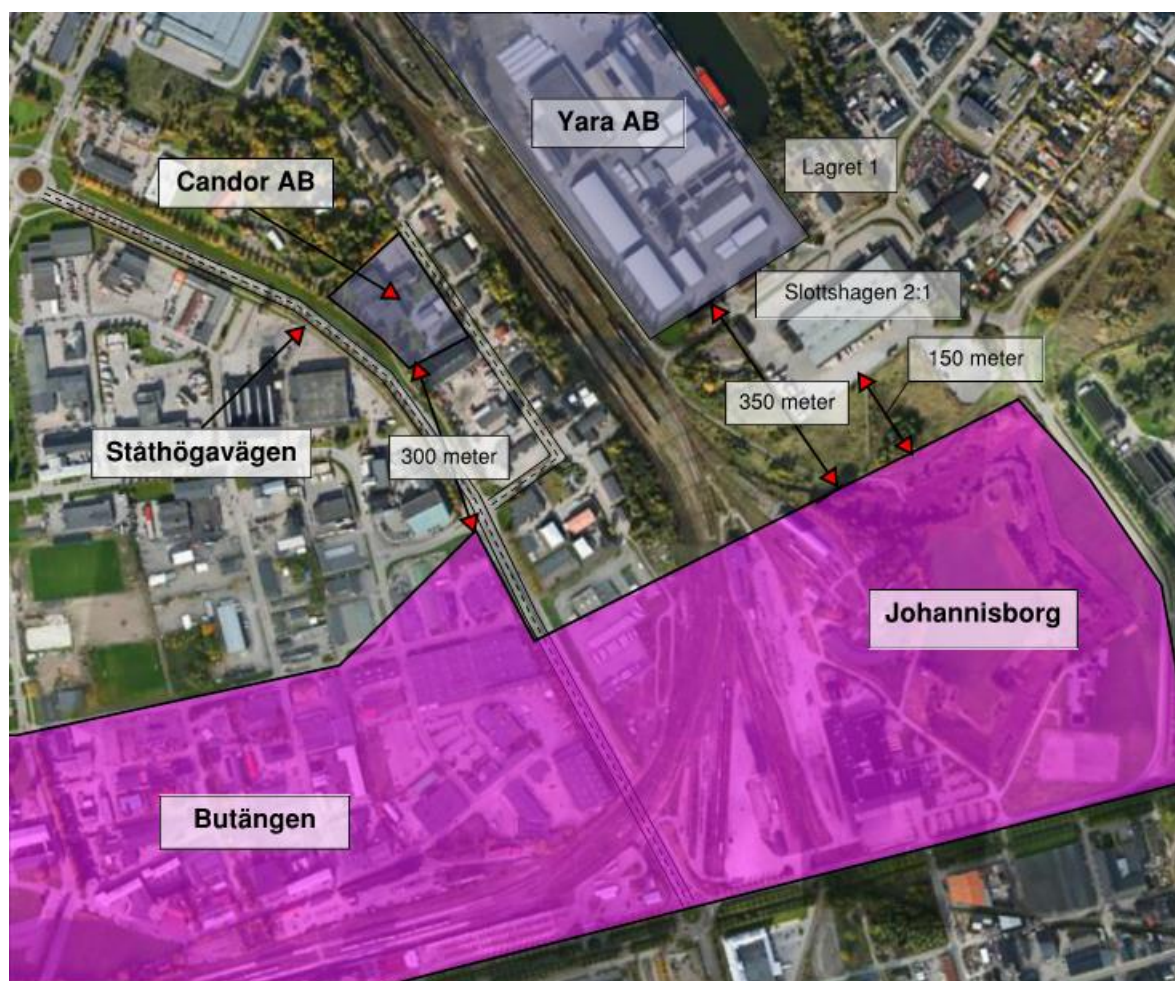
Figur 1. Karta över området som omfattas av planprogrammet (1).



Figur 2. Planerad markanvändning inom planområdet (1). Notera att bilden även inkluderar områden som ej omfattas av denna riskbedömning.

2.2 Sevesoverksamheter

Inom 500 meter från aktuellt planområde finns i nuläget två Sevesoverksamheter.



Figur 3. Karta med Candor AB:s och Yara AB:s verksamhetsområden markerade samt avstånd till aktuellt planområde.

2.2.1 Yara AB

Yara AB:s verksamhet är i nuläget belägen drygt 350 meter från aktuellt planområde (se Figur 3). Anläggningen klassas som Sevesoverksamhet av den högre graden. Verksamheten omfattar i huvudsak säckning och lagring av växtnäringsprodukter. I medeltal hanteras drygt 232 000 ton växtnäringsprodukter per år inom terminalen. Av dessa utgör omkring 135 000 ton per år Sevesoklassade produkter i form av det oxiderande ämnet ammoniumnitrat (2). Total mängd lagerförd Sevesoklassad produkt vid en given tidpunkt bedöms högst uppgå till 35 000 ton (2). Leveranserna till Yara sker i huvudsak via fartyg. Produkterna lossas från fartygen för att sedan via transportband föras till säckningsstationen eller bulklager. I säckningsstationen paketeras produkterna i säckar om 750 kg. Inom verksamhetsområdet finns även flera magasin och tältlager där säckad produkt lagras i väntan på vidare transport. Distribution till slutkonsument sker sedan via lastbil.

De västra delarna av Yara:s verksamhetsområde ligger inom det område som omfattas av järnvägskorridoren för Ostlänken. Verksamheten kommer därmed behöva flyttas i samband med byggnationen av Ostlänken. En alternativ lokalisering av verksamheten är ännu inte fastställd men ett scenario som utreds i riskanalysen innefattar att delar av verksamheten istället förläggs på Slotshagen 2:1 (7). Avståndet mellan planområdet (Johannisborg) och Yara krymper då från 350 meter till drygt

150 meter. Ett annat scenario som analyseras är att delar av verksamheten förläggs på fastigheten Lagret 1 samt att delar av viken fylls igen med jordmassor. Vid detta scenario kommer avståndet mot aktuellt planområde förbli drygt 350 meter.

2.2.2 Candor AB

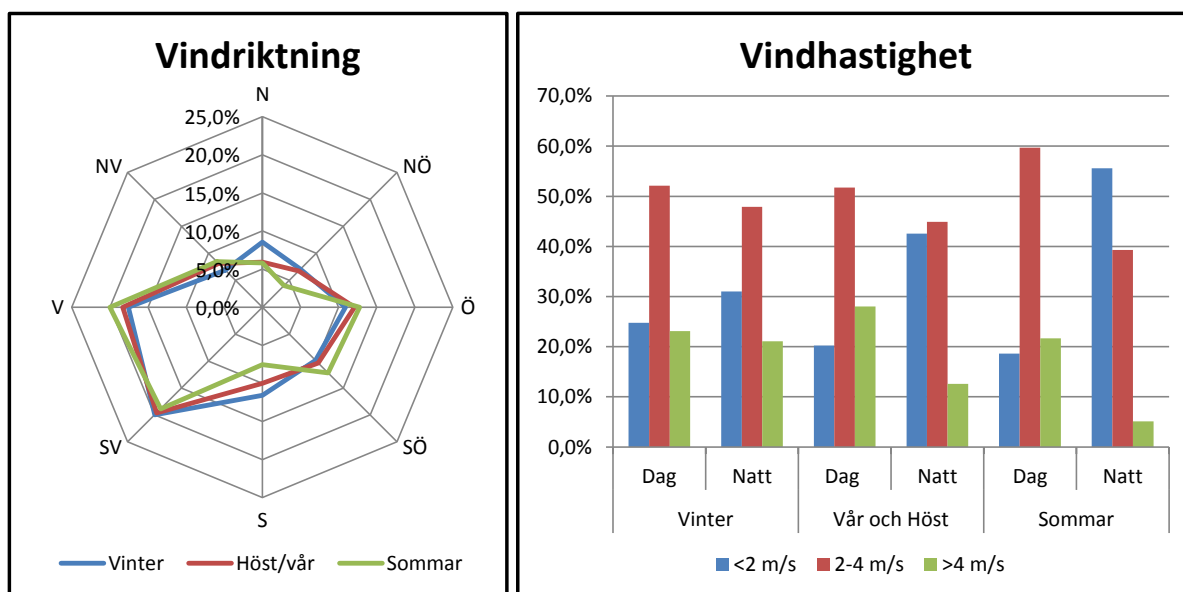
Candor (Sweden) AB:s verksamhet är sedan år 1966 lokaliserad mellan Ståhögavägen och Spårgatan. Avståndet mellan aktuellt planområde och Candor AB är drygt 300 meter (se Figur 3). Verksamheten klassas i nuläget som Sevesoverksamhet av den lägre graden (8). Candor:s verksamhet består i huvudsak av import och försäljning av kemikalier samt beredning av egentillverkade kemikalier. De importerade och egentillverkade kemikalierna riktar sig i huvudsak till ytbehandlings- och verkstadsindustri (5). Inom verksamheten hanteras bland annat stora mängder av det oxiderande och giftiga ämnet kromtrioxid som används för framställning av kromsyra (5). En betydande mängd brandfarliga ämnen hanteras även inom verksamheten. Candor AB arbetar i nuläget med att reducera mängden lagerförda Sevesoklassade produkter inom verksamheten för att hamna under gränsen för Sevesoklassning (8).

2.3 Väderdata

För att erhålla representativ utdata till spridningssimuleringar av gasutsläpp och brandrök har statistiskt underlag för väder inarbetats i beräkningarna. Väder påverkar spridning genom vindriktning, vindhastighet samt atmosfärisk stabilitetsklass. Dessa parametrar varierar med årstid, men även med tiden på dygnet. Fördelningen mellan stabilitetsklasser baseras på approximation med avseende på Pasquillklass (9) vilken beror på solinstrålning, molnighet samt vindhastighet. I denna riskbedömning används redan framtaget material för variationen av solinstrålning över året för Göteborg (Latitud 57,4°). Skillnaden i breddgrad, och därmed även solinstrålning, är relativt liten mellan Göteborg och Norrköping (Latitud 58,6°). Med hjälp av vinddata för Norrköping mellan åren 2010 och 2015 (10) kan sedan fördelningen mellan stabilitetsklasser och vindhastigheter över året uppskattas (se Tabell 1 nedan).

Tabell 1. Approximerad fördelning över stabilitetsklass och vindhastighet för Norrköping.

Årstid, dygnstidpunkt	B – 3,0 m/s	D – 5,0 m/s	E – 3,0 m/s	F – 1,5 m/s	Σ
Vinter, dagtid	0,044	0,549	0,31	0,097	1
Vinter, nattetid	0	0,405	0	0,595	1
Höst/vår, dagtid	0,248	0,642	0,092	0,019	1
Höst/vår, nattetid	0,009	0,171	0,438	0,383	1
Sommar, dagtid	0,644	0,355	0	0	1
Sommar, nattetid	0,093	0,209	0,377	0,321	1



Figur 4. Vindros och fördelning av vindhastigheter för Norrköping mellan åren 2010-2015 (10)

2.4 Persontäthet inom Johannisborg

Den tilltänkta markanvändningen för Johannisborg i form av park- och rekreationsområde kommer troligtvis innebära en kraftigt säsongsvarierande persontäthet inom området. Persontätheten under sommarhalvåret kan exempelvis antas vara mycket högre än under vinterhalvåret. Persontätheten inom området kommer även bero på väder och variera över veckodagarna (11). I samband med större utomhusevenemang kommer persontätheten inom området troligtvis bli mycket hög. Markanvändning medför även att majoriteten av individerna som vistas inom området kommer att befinna sig utomhus och är därmed även vara mer exponerande för exempelvis giftiga brandgaser.

Tabell 2. Ansatt fördelning över förekomsten av olika persontätheter för Johannisborg vid en omvandling till park- och rekreationsområde.

Situation (dagtid 08-18)	Förekomst*	Personer per km ²
Utomhusevenemang	0,01	20 000 ⁽¹⁾
Sommartid helger	0,12	13 000 ⁽²⁾
Sommartid övrig tid	0,27	2 500 ⁽³⁾
Resterande del av året	0,6	1 000
Viktat medelvärde		3 050

*Sommartid utgör 40 % av året i enlighet med definitionen i CPR 16E (11)

I denna riskbedömning har persontätheten för Johannisborg i medeltal över året under dagtid antas till 3 050 personer per km² vilket bedöms vara konservativt. Det ansatta medelvärdet dagtid motsvarar en högre persontäthet än den för Norrköpings tätort år 2010 (12). Under nattetid (kl. 18-08) antas persontätheten i medeltal över året vara hälften av den för dagtid⁴.

I analysen antas alla individer inom Johannisborg befinna sig utomhus. Föregående siffror kan jämföras med riktvärden från RIKTSAM som rekommenderar en ansats på 10 % utomhus dagtid/ 1 % utomhus nattetid som ett ingångsvärde till riskanalyser vid samhällsplanering (13). Ansatta värden bedöms dock rimliga om än konservativa givet den tilltänka markanvändningen.

¹ CPR 16E "Green book", generisk persontäthet rekreationsområde: turistattraktion 200 personer/ha (gäller för sommartid, 40 % av året) (11)

² CPR 16E "Green book", generisk persontäthet rekreationsområde: campingområde 130 personer/ha (gäller för sommartid, 40 % av året) (11)

³ Värdet motsvarar drygt persontätheten för Norrköpings tätort år 2010 (12)

⁴ Detta motiveras med på att persontätheten mellan kl. 23-06 (50 % av nattetid) kan antas vara mycket låg då inga bostäder förekommer inom området. Mellan kl. 18-23 samt mellan kl. 07-08 (50 % av nattetid) antas persontätheten motsvara den för dagtid.

3 Omfattning av riskhantering och metod

Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som använts.

3.1 Begrepp och definitioner

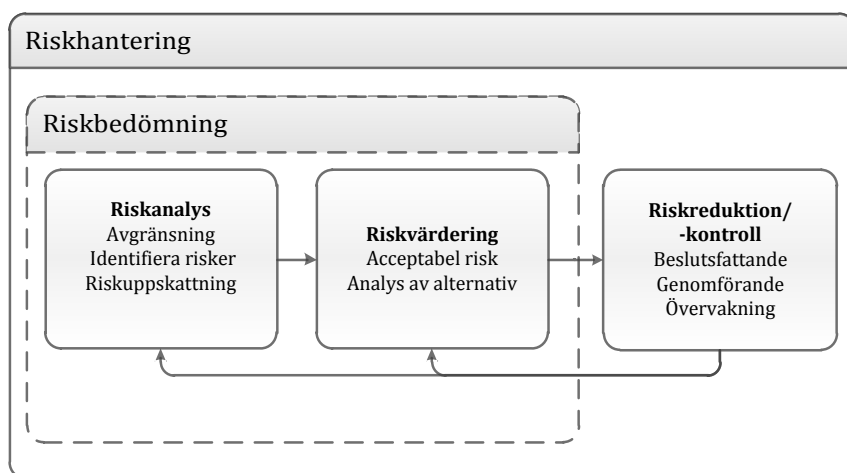
I samband med hantering av risker används en rad olika begrepp (se beskrivningar nedan) utifrån den s.k. riskhanteringsprocessen (14) (15).

Begreppet **risk** avser kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser. Sannolikhet och frekvens används ofta synonymt, trots att det finns en skillnad mellan begreppen. Frekvensen uttrycker hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, t.ex. antalet bränder per år och kan därigenom anta värden som är både större och mindre än 1. Sannolikheten anger istället hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och anges som ett värde mellan 0 och 1. Kopplingen mellan frekvens och sannolikhet utgörs av att den senare kan beräknas om den första är känd. Konsekvens anger möjlig negativ påverkan på människa och miljö.

Riskanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system (14) (15), riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 5.

Riskidentifieringen omfattar en inventering av riskobjekt samt en identifiering av scenarier som kan medföra oönskade konsekvenser för det som definierats som skyddsvärt, dvs. det som påverkas. Identifieringen fungerar som ett sållningsverktyg för att avgöra vad som genererar betydande påverkan.

Riskuppskattning utgör en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario



Figur 5. Riskhanteringsprocessen.

Riskvärdering ingår tillsammans med riskanalysen i det som kallas **riskbedömning**. Riskvärderingen innebär att avgöra om uppskattade risker kan accepteras. Som en del av riskvärderingen kan det även ingå förslag till riskreducerande åtgärder och verifiering av olika alternativ.

Riskreduktion/kontroll utgör tillsammans med riskbedömningen det som avses med riskhantering. Riskreduktion/kontroll innebär att utifrån riskvärderingen fatta beslut kring riskreducerande åtgärder och kontrollera att de genomförs och följs upp. Dessutom ingår att bevaka eventuella förändringar i systemet som kan föranleda behov av ny riskanalys.

Riskhantering avser hela den process som innehåller riskanalys, riskvärdering och riskreduktion/-kontroll, medan riskbedömning enbart avser analys och värdering av riskerna.

Riskbedömning kan användas som verktyg på olika nivåer och beroende på syftet med riskbedömningen kan den bygga på kvalitativa eller kvantitativa metoder. I kvalitativa analyser används erfarenhetsbaserade bedömningar. Frekvens och konsekvens uttrycks ofta i relativa termer som hög-låg-mycket låg osv. Kvantitativa analyser bygger istället på beräkningar av frekvenser för identifierade olyckshändelser och konsekvenser av dessa. Frekvenser och konsekvenser uttrycks numeriskt, exempelvis förväntat antal händelser och förväntat antal skadade personer under en viss tidsperiod. Alla riskbedömningar innehåller dock mer eller mindre kvalitativa inslag när det gäller avgränsning av analysobjekt, identifikation av riskkällor och specifikation av riskmodell. Det är ofta fördelaktigt att inledningsvis tillämpa en grövre kvalitativ modell för att skapa överblick och underlag för prioritering av fortsatt arbete med kvantifiering.

Alla riskbedömningar, oavsett metod, är förenade med mer eller mindre osäkerheter i exempelvis förenklningar, antaganden och ingångsdata. Osäkerheterna fortplantas genom beräkningarna och ger en motsvarande osäkerhet i slutresultatet. I den aktuella riskbedömningen har därför genomgående konservativa ingångsvärden använts för att erhålla ett konservativt resultat. Konservativa värden innebär att de ligger på ”säkra sidan” och resulterar i att risknivåerna överskattas jämfört med verkligheten.

3.2 Riskanalysmetoder

3.2.1 Kvalitativa metoder

I kvalitativa metoder används beskrivningar av typen stor, mellan eller liten, utan försök att närmre precisera sannolikheter för olika utfall utan, eftersom det primära syftet med klassificeringen är att jämföra riskerna med varandra (16).

3.2.2 Kvantitativa metoder

Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år (17).

3.3 Metod för riskinventering

Identifieringen av potentiella olycksscenarier baseras på redan framtaget material för de två Sevesoklassade verksamheterna samt genomförda platsbesök. Endast de olycksscenarier som bedöms kunna ge en signifikant påverkan utanför respektive verksamhetsområde används som underlag till den kvantitativa analysen.

3.4 Metod för riskuppskattning

I detta avsnitt redogörs för hur riskuppskattningen av identifierade olycksscenarier genomfördes, dvs. hur uppskattningar av olycksfrekvenser och konsekvensavstånd togs fram. Vidare så presenteras även de kvantitativa riskmåten individ- och samhällsrisk.

3.4.1 Frekvensberäkningar Yara

Olycksfrekvenserna som ligger till grund för beräkningen av individ- och samhällsrisk för Yara AB är hämtade från verksamhetens egen riskanalys (2). Se bilaga A i rapporten för studerade olycksscenarier samt uppskattade olycksfrekvenser för Yara AB.

3.4.2 Frekvensberäkningar Candor

För Candor AB bedöms en kvantitativ analys ej vara nödvändig givet avståndet till aktuellt planområde. Se avsnitt 4.2 för en mer utvecklad motivering till denna bedömning.

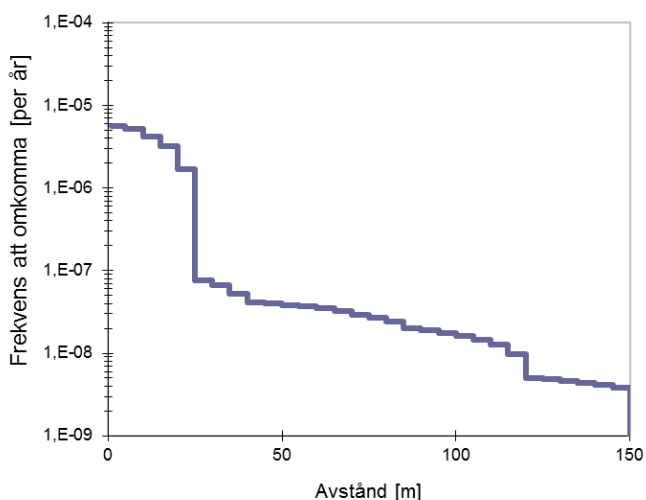
3.4.3 Konsekvensberäkningar

Uppskattningar av konsekvensavstånd för respektive olycksscenario har beräknats genom simuleringar i programmet ALOHA (18). För utsläpp och spridning av giftiga ämnen beräknas avståndet inom vilket koncentrationen överstiger LC_{50} -värdet för 30 eller 60 minuters exponering. LC_{50} -värden motsvarar den koncentration där halva den exponerade befolkningen förväntas omkomma. Gränsvärden för icke-dödliga skador behandlas inte inom ramen för denna rapport, men kan med fördel utgöra underlag till en beredskapsplan.

3.4.4 Individrisk

Individrisken är sannolikheten att omkomma för en person som kontinuerligt vistas på en specifik plats, t.ex. på ett visst avstånd från en industri eller transportled, oftast utomhus (19). Individrisken är platsspecifik och är oberoende av hur många personer som vistas i det givna området. Syftet med riskmättet är att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risknivåer.

Individrisken kan redovisas i form av en individriskprofil, som visar frekvensen att omkomma per år som funktion av avståndet från riskkällan, se Figur 6.

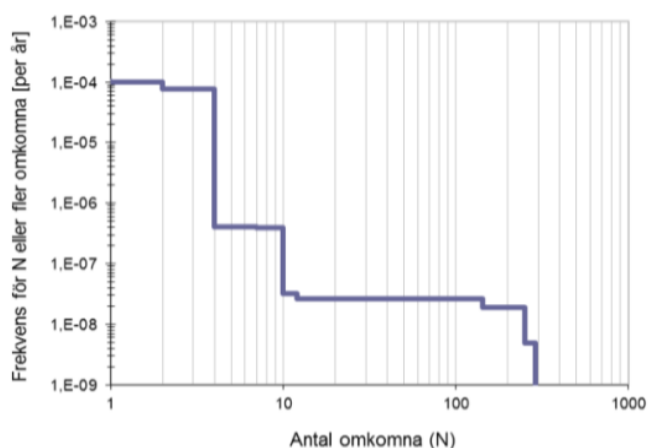


Figur 6. Exempel på individriskprofil.

3.4.5 Samhällsrisk

Riskmättet samhällsrisk beaktar även hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som påverkas vid olika skadescenarier. Hänsyn kan därmed tas till befolkningssituationen inom det aktuella området, i form av befolkningens mängd och persontäthet. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året och låg under andra tider.

Samhällsriskens redovisas ofta med en F/N-kurva (Frequency/Number), se Figur 7, som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.



Figur 7. Exempel på F/N-kurva för beskrivning av samhällsrisk.

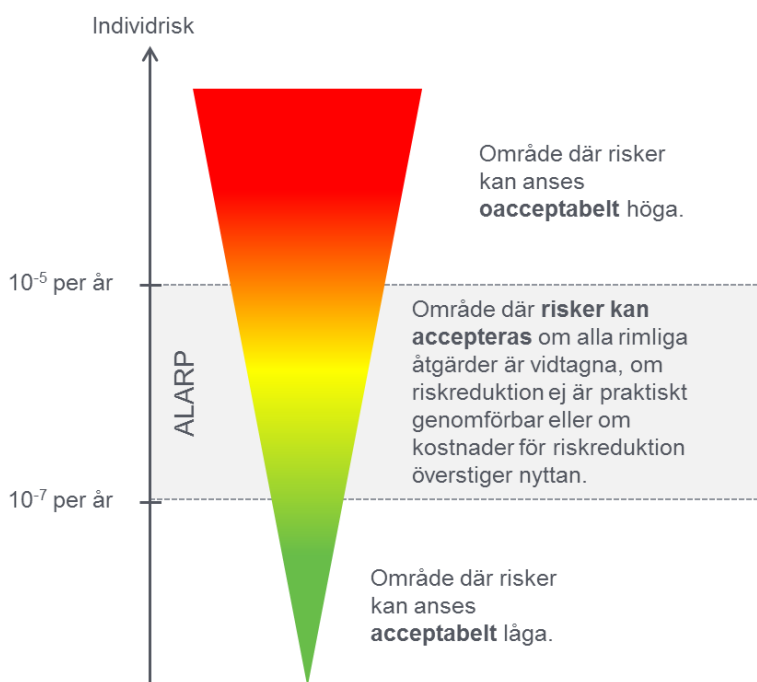
I F/N-kurvan illustreras hur ofta olyckor sker med ett givet antal omkomna personer, och det går således att särskilja på frekvensen av olyckor med en liten konsekvens och olyckor med stor konsekvens.

3.5 Metod för riskvärdering

Både individrisk och samhällsrisk används vid uppskattning av risknivån i ett område, så att risknivån för den enskilde individen beaktas samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som påverkas.

3.5.1 Riskkriterier, individ- och samhällsrisk

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas (DNV) förslag på riskkriterier (19) gällande individ- och samhällsrisk. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla, se Figur 8.



Figur 8. Princip för värdering av risk vid fysisk planering.

Följande förslag till tolkning rekommenderas (19):

- Risker som klassificeras som oacceptabla värderas som oacceptabelt höga och tolereras ej. Dessa risker kan vara möjliga att reducera genom att åtgärder vidtas.
- De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som acceptabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör inte lika hårda krav ställas på riskreduktion, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-nyttanalyser.
- De risker som kategoriseras som låga kan värderas som acceptabla. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas. Riskreducerande åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

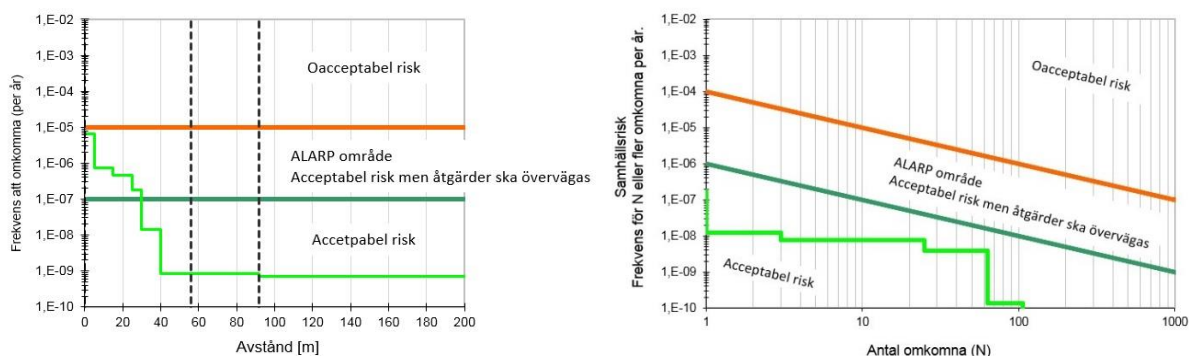
För individrisk föreslog DNV (19) följande kriterier:

- Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar, kan accepteras: 10^{-5} per år
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: 10^{-7} per år

För samhällsrisk föreslog DNV (19) följande kriterier:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1

Ovanstående kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Den övre gränsen markeras med röd streckad linje, och den undre med grön, se Figur 9.



Figur 9. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV (19).

I denna riskbedömning redovisas individrisknivå och samhällsrisk för 1 km^2 .

3.6 Metod för identifiering av riskreducerande åtgärder

Om risknivån bedöms som ej acceptabel ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Exempel på vanligt förekommande riskreducerande åtgärder anges i Boverkets och Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner (20), vilken är lämplig att använda som utgångspunkt. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som bedöms ge störst bidrag till risknivån utifrån de lokala förutsättningarna. För att rangordna och värdera åtgärders effekt kan med fördel kostnads-effekt- eller kostnads-nyttoanalys användas. Riskbilden efter de valda åtgärdernas genomförande bör verifieras.

4 Riskidentifiering

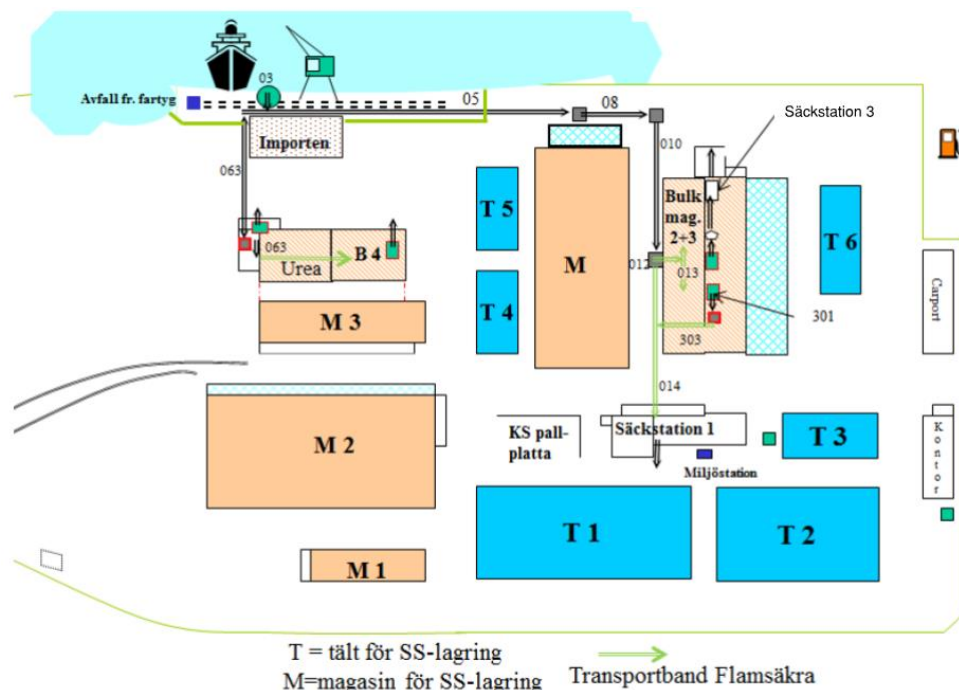
I detta kapitel redovisas de olycksscenarioer, baserat på tillhandahållet underlag och platsbesök, som bedöms kunna medföra att individer utanför Yara:s respektive Candor:s verksamhetsområde omkommer.

4.1 Hanteringen av ammoniumnitrat inom Yara AB

Rent ammoniumnitrat är en färglös, vattenlös, kristallin substans med en smältpunkt på 170°C. Ämnet börjar sönderdelas med påtaglig hastighet vid 210°C och klassificeras som oxiderande vara. Ammoniumnitrat är inte i sig självt brännbart men kan understödja brand i andra material även utan tillgång till luftens syre (21). När ämnet upphettas, t.ex. i samband med brand, kan det avge giftiga nitrösa gaser (21). Den mineralgödselprodukt (NS 27-4) som Yara hanterar innehåller mer än 70 % men mindre än 80 % ammoniumnitrat (2). Produkten kan inte på grund av sin granulära form fås att detonera varken vid kraftig upphettning eller vid mekanisk påverkan (2) (22). NS 27-4 omfattas inte heller av ADR/RID-föreskrifter och klassas därmed inte som farligt gods i samband med transport (22).

Den primära faran inom verksamheten bedöms vara en brand som leder till upphettning och sönderdelning av ammoniumnitrat vilket i sin tur resulterar i höga halter av kväveoxider i brandgaserna. Yara har identifierat fem stycken olycksscenarioer där föregående kan inträffa:

- Brand i bulkmagasin 2, 3, säckstation 3
- Brand i säckstation 1
- Brand i hanteringsmaskin på området
- Brand i tältlager
- Brand i lagermagasin



Figur 10. Översiktsskiss av verksamheten (2)

För scenarierna brand i tältlager och brand i lagermagasin finns även ett flertal delscenarier framtagna beroende på omständigheterna kring olyckan. I denna riskbedömning analyseras totalt 11 stycken olycksscenarier avseende hanteringen av ammoniumnitrat (NS 27-4) inom Yara AB. Olycksfrekvens, uppskattat massflöde av kväveoxider, brinntiden samt utsläppshöjden för respektive olycksscenario presenteras i Bilaga A. För en mer ingående beskrivning av respektive olycksscenario hänvisas läsaren till Yara:s egen riskanalys (2).

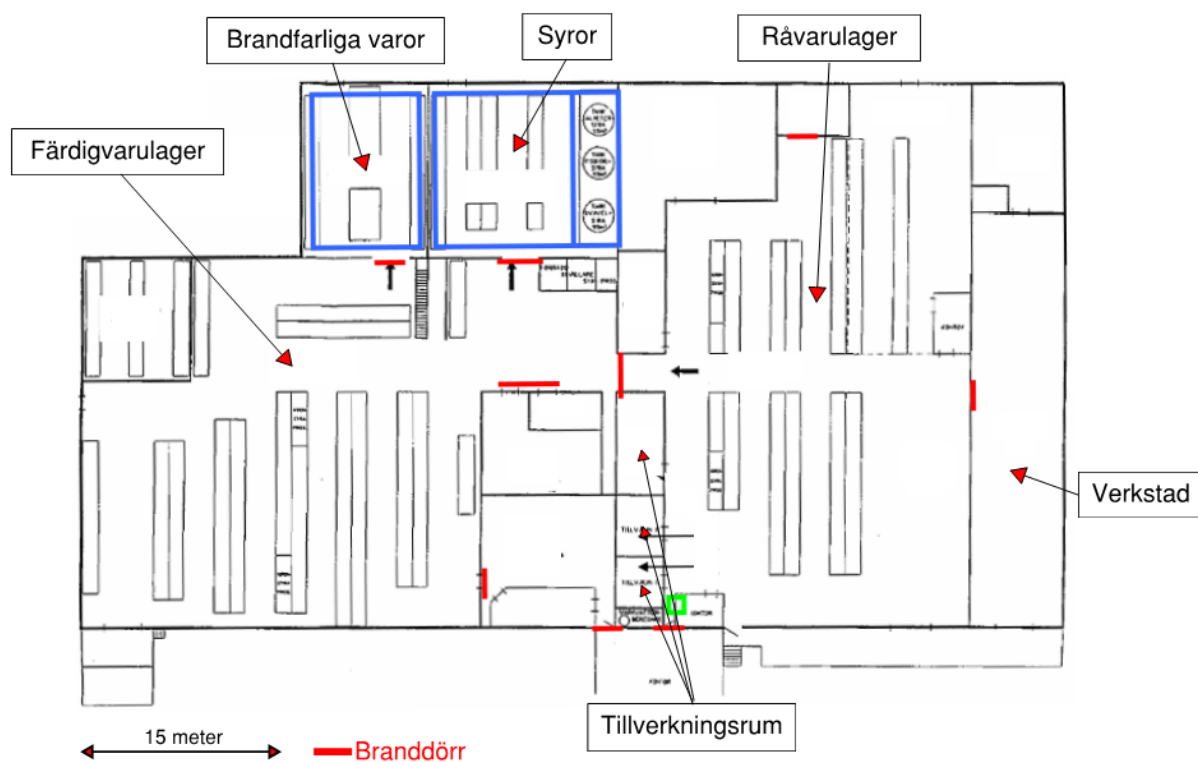
4.2 Kemikaliehanteringen inom Candor AB

Candor AB lagerför och hanterar ett mycket stort antal olika kemikalier inom sin verksamhet. Sevesoklassningen av verksamheten baseras dock främst på hanteringen av det oxiderande och giftiga ämnet kromtrioxid som används för framställning av kromsyra. Lagerförd mängd kromtrioxid vid ett och samma tillfälle uppskattas variera mellan 15-70 ton (5). I separata utrymmen förvaras även mellan 2-4 ton brandfarliga vätskor (metanol, etanol). Den primära risken inom verksamheten avseende omgivningspåverkan bedöms vara en stor brand på lagret som resulterar i brandgasspridning mot omgivningen. Sammansättningen av brandgaserna kommer troligtvis variera något under brandförloppet beroende på var i lagret branden startar samt bero på brandtemperaturen. I scenariot nedan beskrivs en trolig sammansättning av rökgaserna givet en övertändning samt brandspridning till flera brandceller inom lagret (se Figur 11).

Vid ett brandscenario där övertändning inträffar bedöms en fullständig förbränning ske av både plaster och de kemikalier som finns i lokalen. Candor bedömer att samtliga metallinnehållande oorganiska ämnen kommer att oxideras till metalloxider. Syror kommer att sönderdelas till svaveldioxid och kväveoxider. Organiska ämnen kommer till stor del att oxideras till koldioxid. I verkstadsutrymmet sker även tillverkning av kärl bestående av PVC-plast (polyvinylklorid). Vid förbränning av polyvinylklorid bildas saltsyra och klorerade kolväten på grund av klorinnehållet i plasten. Kromtrioxiden kommer vid kraftig extern upphettning snabbt sönderfalla till trevärt kromoxid och syrgas vilket understödjer branden. Eftersom kromtrioxiden förvaras i stålstunnor om 50 kg inträffar detta först när temperaturen i lokalen överstiger 1 300 °C (smältpunkten för stål är 1 500 °C) (6).

Ovanstående scenario medför spridning av både giftiga och frätande ämnen i brandröken mot omgivningen. Vid en sydlig vindriktning kommer brandröken spridas mot aktuellt planområde och främst påverka de individer som befinner sig utomhus. För att kunna beräkna en individ- och samhällsrisk avseende detta scenario behöver troligtvis tidskrävande simuleringar i någon typ av CFD-mjukvara genomföras (exempelvis FDS). Utan denna typ av simuleringar blir skadeutfallet avseende tredje man mycket svårt att uppskatta. WSP bedömer dock kvalitativt att sannolikheten för dödsfall inom aktuellt planområde till följd av exponering av brandrök från Candor är mycket liten. Denna bedömning baseras på följande faktorer:

- Kortaste avståndet mellan aktuellt planområde och Candor AB är drygt 300 meter. Koncentrationen av giftiga ämnen i plymen kommer på detta avstånd att ha minskat på grund av termisk expansion och luftinblåsning.
- Individer som befinner sig inomhus inom planområdet kan antas vara helt skyddade från livshotande konsekvenser (23). Anledningen till att det tar längre tid för höga koncentrationer att uppstå inomhus beror på luftomsättningen i byggnader.
- Individer som befinner sig utomhus kommer kunna sätta sig själv i säkerhet genom att ta sig in i en närbelägen byggnad.



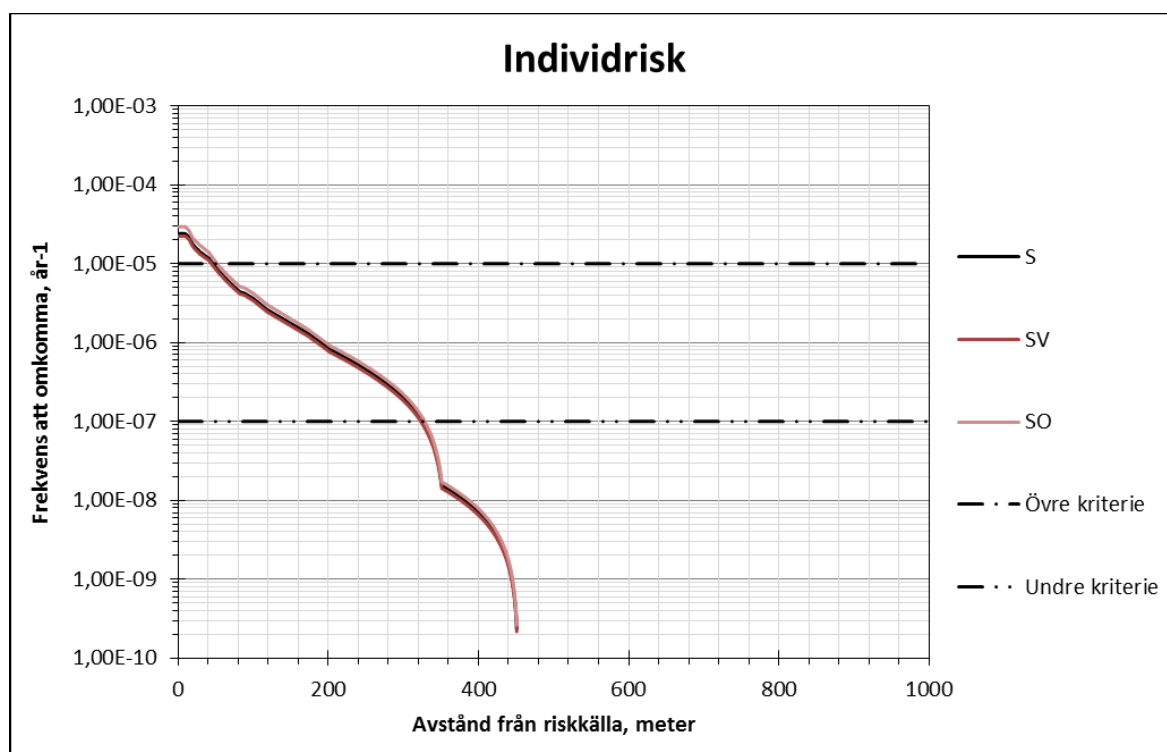
Figur 11. Ritning över Candor:s lager som visar lokalisering av verksamheter.

5 Riskvärdering

I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för området med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med farligt gods. Individ- och samhällsrisknivå värderas sedan med hjälp av de acceptanskriterier som angivits i avsnitt 3.5.1.

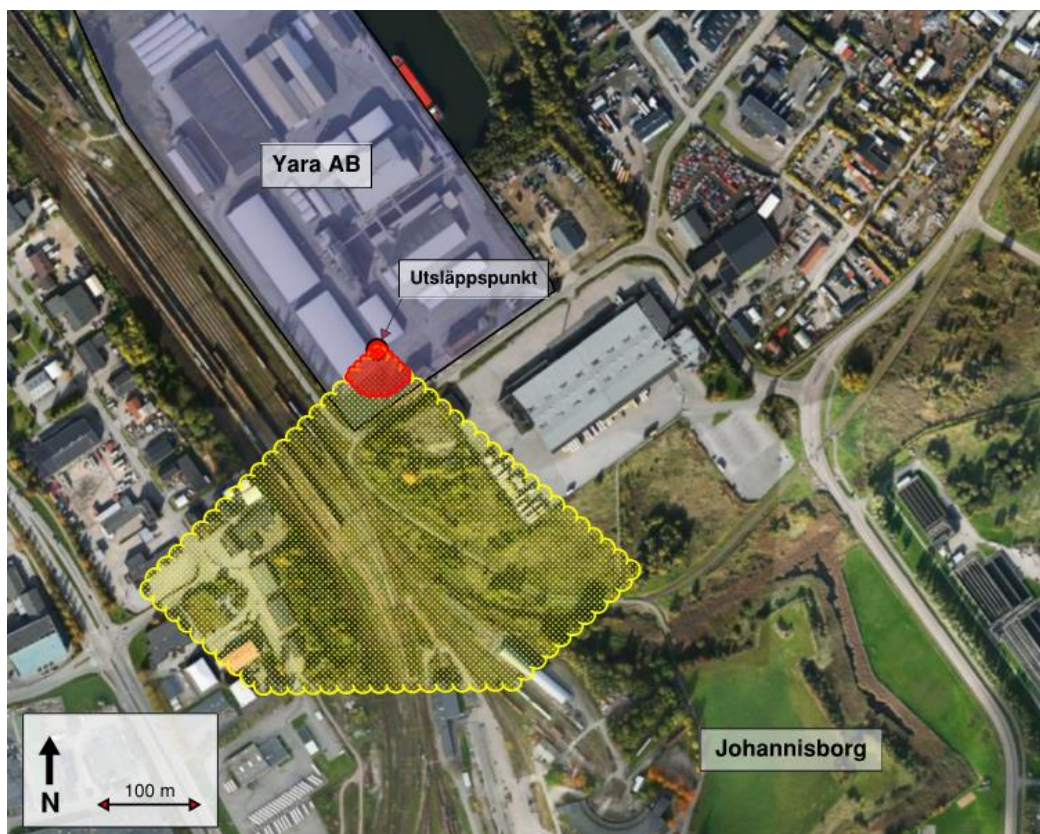
5.1 Individrisknivå med avseende på kemikaliehanteringen inom Yara AB

Individriska i anslutning till Yara:s verksamhetsområde redovisas nedan i form av individriskprofiler, som visar frekvensen att omkomma per år som funktion av avståndet från riskkällan (lager av ammoniumnitrat).



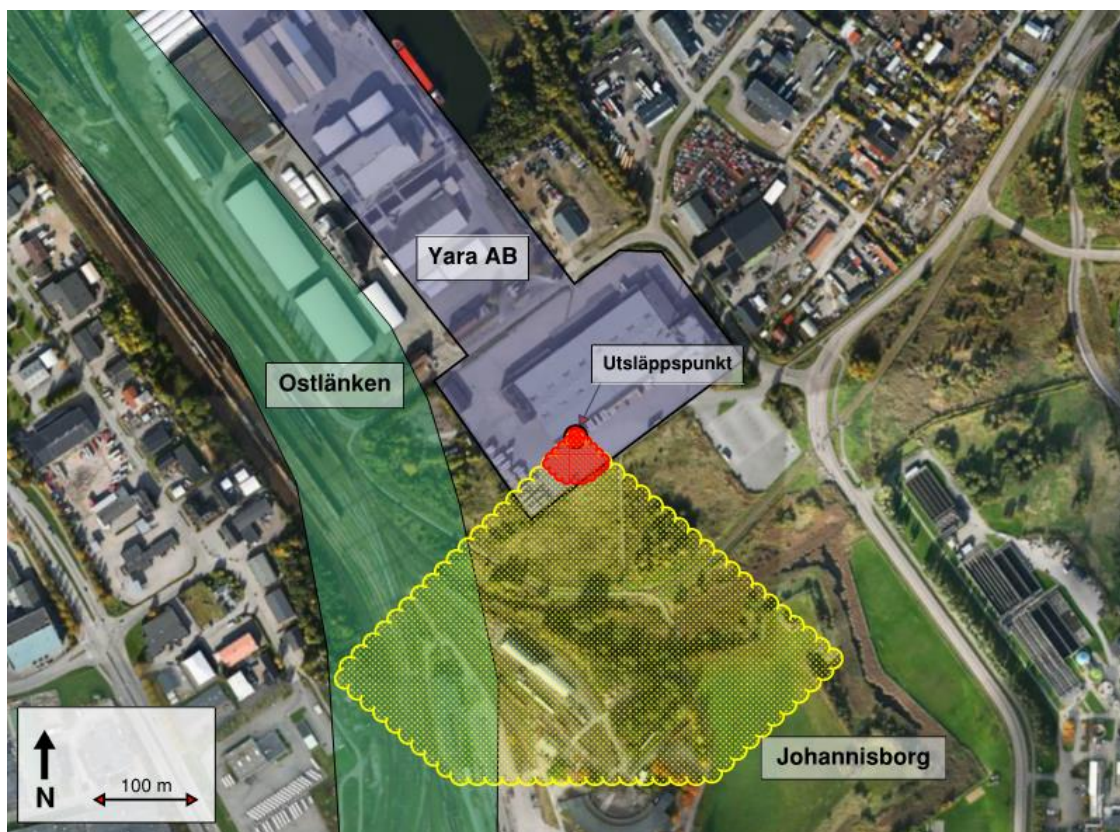
Figur 12. Individrisknivå med avseende på hanteringen av ammoniumnitrat inom Yara:s verksamhetsområde.

I Figur 12 ovan illustreras den individrisk som hanteringen av ammoniumnitrat inom Yara:s verksamhetsområde ger upphov till. För varje olycksscenario genomförs en viktning baserat statistik över vinddata och fördelningen mellan olika stabilitetsklasser för atmosfären vilka påverkar spridningsavståndet. Notera att i Figur 12 redovisas endast individrisken i de väderstreck som resulterar i en spridning mot aktuellt planområde. Beräkningarna visar att individrisken når oacceptabla nivåer inom 40 meter från den ansatta utsläppspunkten (se Figur 13 nedan). Mellan 40 upp till 320 meter från utsläppspunkten ligger individrisken inom ALARP.



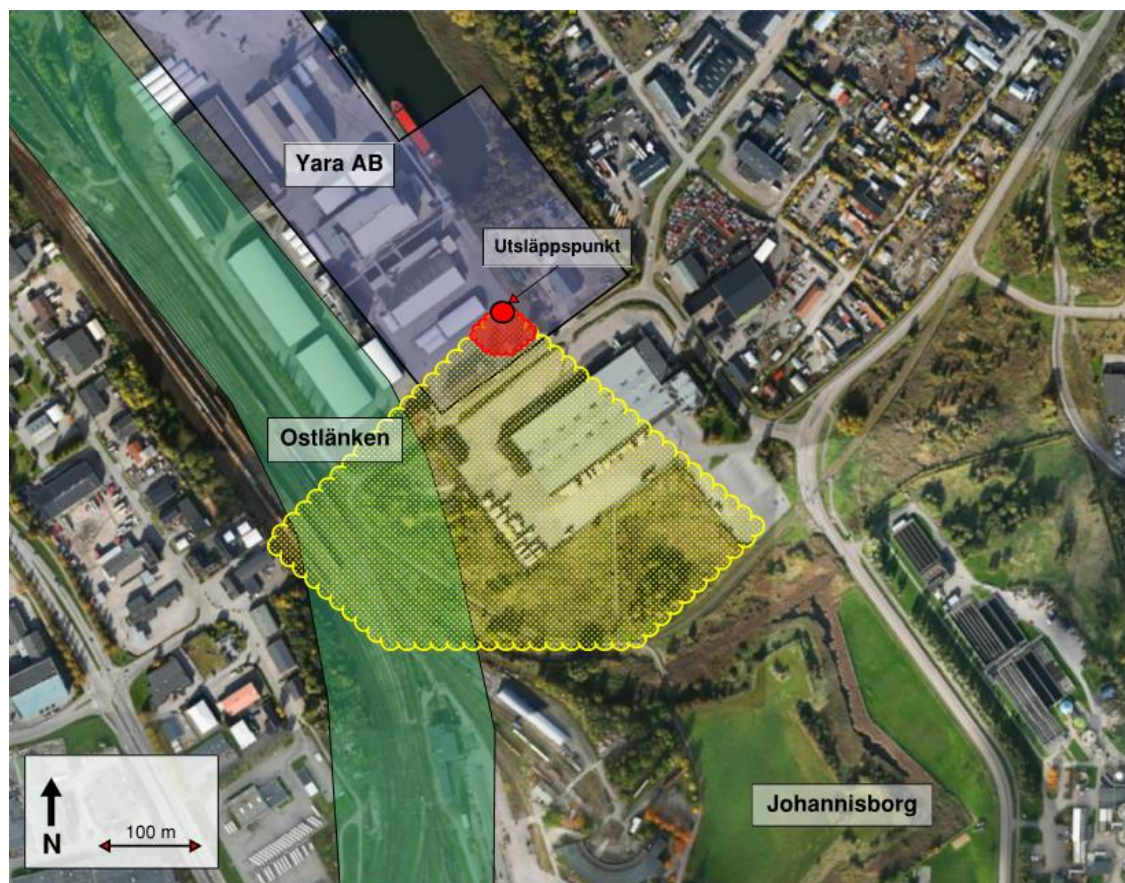
Figur 13. Karta över områden med förhöjd individrisknivå avseende spridning av kväveoxider vid händelse av brand på Yara AB samt ansatt utsläppspunkt.

I Figur 13 ovan illustreras det område i sydlig riktning som berörs av en förhöjd individrisknivå enligt genomförda beräkningar. Figuren visar att områden med oacceptabel individrisknivå (röd markering) ligger helt inom verksamhetsområdet. Områden med individrisknivå inom ALARP är markerade i gult. Vid nuvarande lokalisering av verksamheten påverkas inte aktuellt planområde av en förhöjd individrisknivå avseende hanteringen av ammoniumnitrat inom Yara AB. Notera att alla olycksscenarioer är placerade i en teoretisk utsläppspunkt som sammanfaller med sydligaste tätlagret med ammoniumnitrat. Beräkningarna av individrisknivå i sydlig riktning blir således konservativa då flertalet av olycksscenarioerna egentligen sker mellan 0-250 meter längre norrut.



Figur 14. Karta över områden med förhöjd individrisknivå om lager med ammoniumnitrat förläggs på DHL:s nuvarande fastighet (Slotshagen 2:1)

I Figur 14 ovan illustreras följden av att flytta delar av Yara:s verksamhet till Slotshagen 2:1 i samband med byggnationen av Ostlänken. Stora delar av Johannisborg kommer vid detta lokaliseringsalternativ utsättas för en förhöjd individrisknivå (inom ALARP).

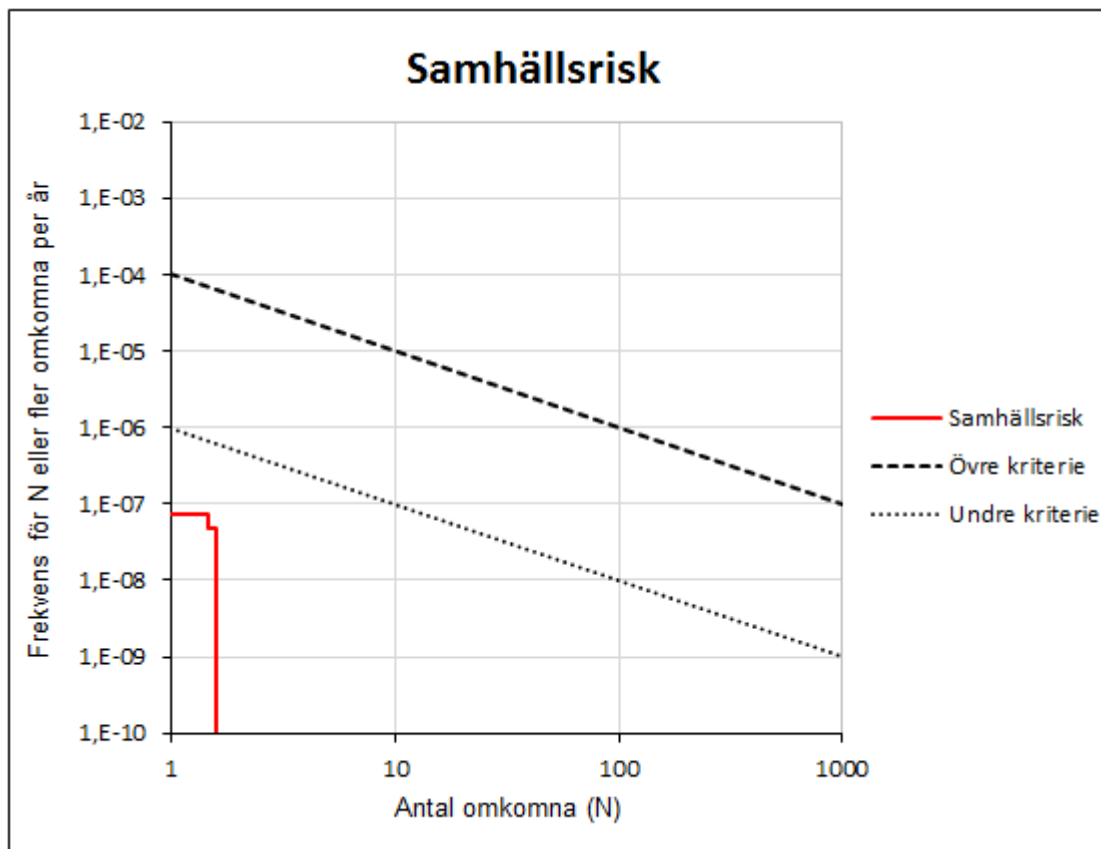


Figur 15. Karta över områden med förhöjd individrisknivå om delar av verksamheten förläggs på Lagret 1.

I Figur 15 ovan illustreras följden av att flytta delar av Yara:s verksamhet till fastigheten Lagret 1 i samband med byggnationen av Ostlänken. Vid detta alternativ bedöms riskpåverkan på Johannisborg i princip bli identisk som vid nuvarande lokalisering då skyddsavståndet bibehålls.

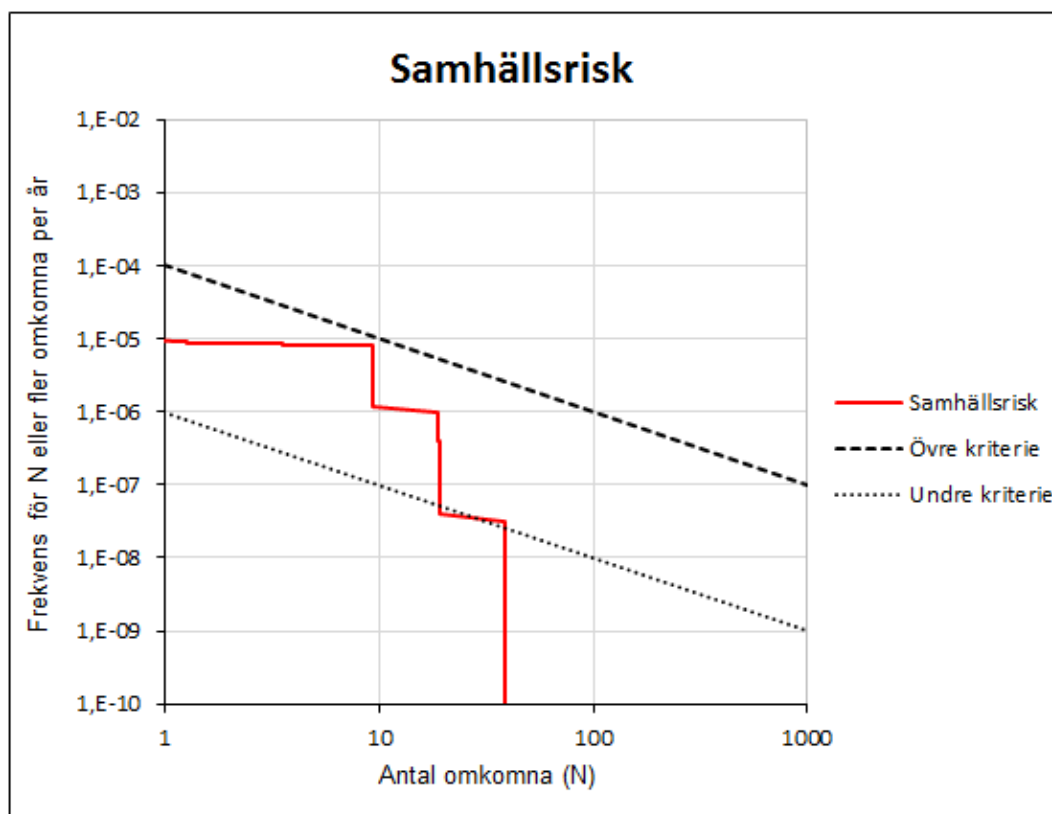
5.2 Samhällsrisknivå med avseende på kemikaliehanteringen inom Yara AB

Samhällsriskerna redovisas i form av en F/N-kurva, som illustrerar hur ofta olyckor sker som funktion av antal omkomna personer.



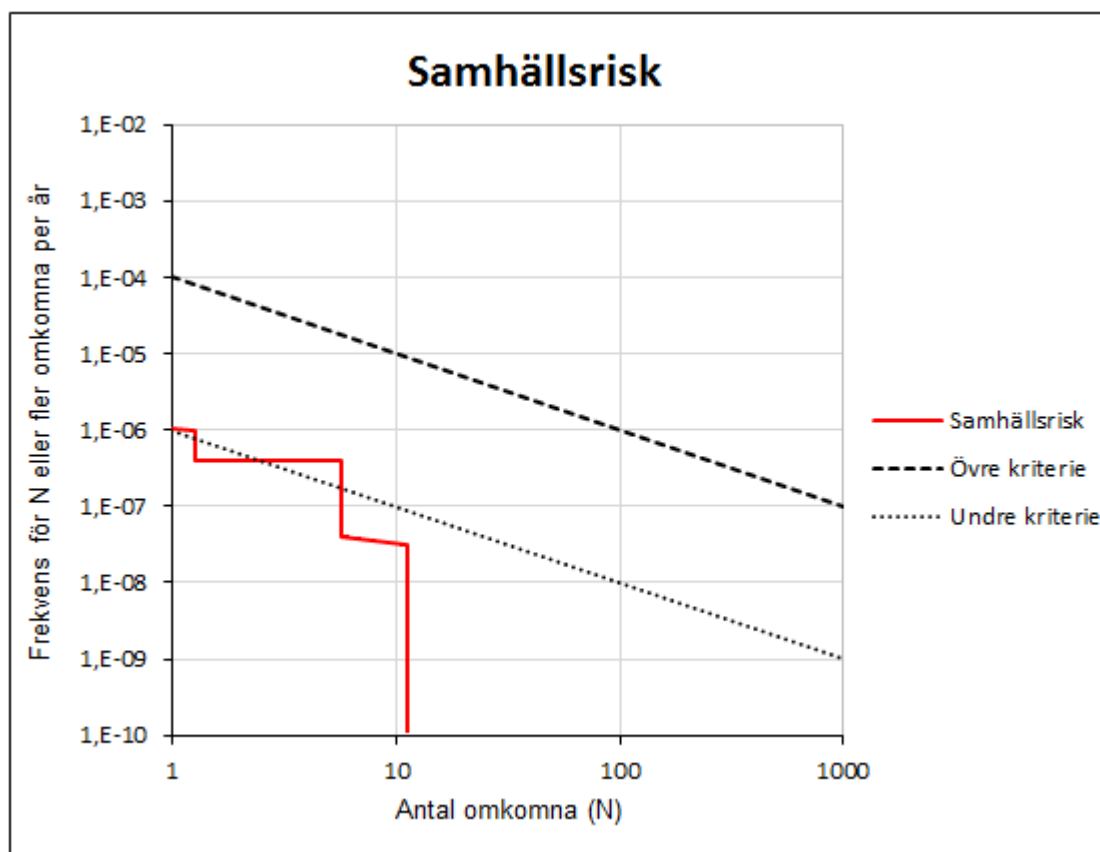
Figur 16. Uppskattad samhällsrisk vid nuvarande lokalisering

I Figur 16 ovan syns den uppskattade samhällsrisk som hanteringen av ammoniumnitrat inom Yara vid nuvarande lokaliseringen ger upphov till. Beräkningarna indikerar på att samhällsrisknivån i dagsläget ligger helt inom acceptabla nivåer. Vid beräkningarna har persontätheten kring Yara:s verksamhetsområde ansatts till 100 personer per km² då närområdet i dagsläget enbart utgörs av industritomter (2). Detta värde kan jämföras med befolkningstätheten för Norrköpings tätort som år 2010 uppgick till 2 445 personer per km² (12). Notera att Figur 16 endast visar samhällsriskerna i nuläget, det vill säga innan tilltänkt markexploatering av Johannisborg har genomförts.



Figur 17. Uppskattad samhällsrisk om delar av Yara:s verksamhet förläggs på Slottshagen 2:1

Om delar av Yara:s verksamhet förläggs på DHL:s nuvarande fastighet (Slottshagen 2:1) minskar avståndet i riktning mot Johannisborg till drygt 150 meter (se Figur 3). Enligt beräkningarna ligger samhällsrisknivån högt inom ALARP-området. Med anledning av den förhöjda samhällsrisknivån ska rimliga riskreducerande åtgärder utredas och vidtas. I beräkningarna används den uppskattade persontätheten för Johannisborg givet tilltänkt exploatering (se avsnitt 2.4).



Figur 18. Uppskattad samhällsrisk om delar av Yara:s verksamhet förläggs på fastigheten Lagret 1

Om delar av Yara:s verksamhet förläggs på Lagret 1 bibehålls det nuvarande avståndet på drygt 350 meter gentemot Johannisborg. Enligt beräkningarna når samhällsrisknivån den nedre halvan av ALARP-området. Ingångsvärdena till beräkningen av samhällsrisknivån är identiska med de för lokaliseringen på Slottshagen 2:1 bortsett från avståndet mellan utsläppspunkten och planområdet.

6 Riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder kan antingen vara sannolikhetsreducerande eller konsekvensbegränsande. I samband med fysisk planering är det utifrån Plan- och bygglagen svårt att reglera sannolikhetsreducerande åtgärder, eftersom riskkällorna och åtgärderna i regel är lokaliserade utanför området, eller regleras med andra lagstiftningar. De åtgärder som föreslås kommer därför i första hand vara av konsekvensbegränsande art. Åtgärdernas lämplighet och riskreducerande effekt baserar sig i huvudsak på bedömningar gjorda i Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner (20). De åtgärder som bedöms kunna reducera riskerna utgörs av nedanstående förslag.

6.1.1.1 Skyddsavstånd

Åtgärden innebär att skyddsvärt objekt inte får placeras inom ett visst avstånd från en riskkälla. Inom ett skyddsavstånd kan mindre störningskänsliga verksamheter finnas, liksom skyddsanordningar, t.ex. vall och plank. Skyddsavstånd som riskreducerande åtgärd har hög tillförlitlighet och fungerar oberoende av andra åtgärder. Åtgärden är mest effektiv på korta avstånd, och effektiviteten avtar med avståndet.

6.1.1.2 Vegetation

Vegetation som riskreducerande åtgärd innebär att en trädrida planteras mellan riskkälla och skyddsvärt objekt. Åtgärden kan ha riskreducerande effekt vid giftiga gasutsläpp, explosioner och vid avåkning. Tillförlitligheten kan dock ifrågasättas, eftersom nyplanterade träd inte nödvändigtvis har tillräcklig storlek för att åstadkomma avsedd effekt, underhållsbehovet är stort och effekten är säsongberoende om träden är lövfällande. Åtgärden kan säkerställas genom krav på marklov för trädfällning.

6.1.1.3 Placering av friskluftsintag

Åtgärden innebär att friskluftsintag placeras på oexponerad sida, vanligen bort från riskkällan. Syftet med åtgärden är att minska den mängd gas som kommer in i byggnaden via ventilationssystemet. Åtgärden minskar konsekvensen av utsläpp av brandgaser och andra giftiga gaser inomhus. Dock kan det i vissa fall bildas högre koncentrationer i lä för vinden, alltså på den oexponerade sidan. Åtgärdens effekt minskar om det finns andra öppningar i fasad, som fönster och dörrar. Åtgärden kan vara lämplig att reglera i detaljplan om den är projektanpassad, annars kan åtgärden vara olämplig att reglera i detaljplaneskede.

6.2 Sammanfattning av rekommenderade åtgärder

Planerad markanvändning för Johannisborg medför att majoritet av människorna inom området kommer att befinna sig utomhus och är därmed mer exponerad för brandröken vid eventuell olycka på Yara. Effekten av tänkbara riskreducerande åtgärder inom området så som exempelvis avstängningsbar ventilation kommer därmed bli begränsad. WSP rekommenderar därför att Yara:s verksamhet i samband med byggnationen av Ostlänken bör flyttas i östlig riktning, och att det befintliga skyddsavståndet på drygt 350 meter mellan verksamheten och Johannisborg bibehålls.

7 Diskussion

I detta kapitel resoneras kring vilka osäkerheter föreligger beräkningarna av risknivån samt hur dessa kan påverka resultaten av analysen.

7.1 Identifiering av osäkerheter

Riskbedömningar av detta slag är alltid förknippade med osäkerheter, om än i olika stor utsträckning. Osäkerheter som kan påverka resultatet kan vara förknippade med bl.a. det underlagsmaterial och de beräkningsmodeller som analysens resultat är baserat på. De beräkningar, antaganden och förutsättningar som generellt är belagda med störst osäkerheter är:

- Personantal inom området
- Utformning och disposition av etableringar
- De schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar
- Antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadescenario
- Val av probitfunktion för uppskattning av skadeutfall

De antaganden som har gjorts har varit konservativt gjorda så att risknivån inom området inte ska underskattas. Uppskattningar avseende persontätheten inom Johannisborg bedöms utgöra den största osäkerheten i analysen. För att mer utförligt studera denna parameter har känslighetsanalyser genomförts. Resultaten av dessa presenteras i avsnitt 7.2 nedan samt i Bilaga B.

Det bör även uppmärksammas att WSP och Yara har använt olika probitfunktioner för att studera skadeutfallet från spridning av kväveoxider i brandgaserna mot omgivningen vid en olycka inom verksamheten. Det är inte möjligt att säga vilken probitfunktion som ger den mest realistiska bilden av skadeutfallet (i detta fall sannolikheten för att omkomma) vid exponering för kväveoxider. WSP har dock medvetet valt att använda den probitfunktion som genererar den mest konservativa uppskattningen av skadeutfallet.

Vid analyser av detta slag råder ibland brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar och svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter som dessutom är mer eller mindre osäkra. Dessa svårigheter innebär att olika riskanalyser/riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata. (24)

Det finns flera skäl till varför systematiska riskanalyser är att föredra framför andra mer informella eller intuitiva sätt att hantera den stora, men långt ifrån fullständiga, kunskapsmassa som finns beträffande riskerna med Sevesoindustrier. Användning av riskanalysmetoder av den typ som använts i detta projekt innebär att befintlig kunskap insamlas, struktureras och sammanställs på ett systematiskt sätt så att kunskapsluckor kan identifieras. Detta medför att analysens förutsättningar kan prövas, ifrågasättas och korrigeras av oberoende. Metoden innebär också att de antaganden och värderingar som ligger till grund för olika skattningar tydliggörs för att undvika missförstånd vid information, diskussion och förhandling mellan beslutsfattare, verksamhetsinnehavaren och allmänhet.

7.2 Känslighetsanalys

För att undersöka hur resultaten från analysen påverkas när ingångsvärdena varierar har en känslighetsanalys genomförts. Specifikt undersöks hur samhällsriskerna påverkas när andra persontätheter för Johannisborg används vid beräkningarna. I genomförd riskbedömningen har en uppskattad persontäthet över året på i medeltal 3 050 personer/km² under dagtid respektive 1 525 personer/km² under nattetid använts som ingångsvärde till beräkningarna. I känslighetsanalysen har föregående värden varierats +/- 50 %. Se Bilaga B i rapporten för en fullständig redogörelse av genomförd känslighetsanalys.

Tabell 3. Ingångsvärden till känslighetsanalysen avseende persontätheten inom Johannisborg

Ingångsvärden	Persontäthet dagtid (personer per km ²)	Persontäthet nattetid (personer per km ²)
Undre skattning	1 500	750
Ansatt medelvärde	3 050	1 525
Övre skattning	4 600	2 300

Tabell 4. Resultat från genomförd känslighetsanalys

Delar av Yara:s verksamhet flyttas till Slotshagen 2:1	Samhällsrisknivå
Undre skattning av persontätheten	Samhällsrisknivån minskar något men ligger fortfarande högt inom ALARP
Övre skattning av persontätheten	Samhällsrisknivån blir oacceptabelt hög
Delar av Yara:s verksamhet flyttas till Lagret 1	Samhällsrisknivå
Undre skattning av persontätheten	Samhällsrisknivån tangerar precis det undre kriteriet
Övre skattning av persontätheten	Samhällsrisknivån ökar något men ligger fortfarande lågt inom ALARP

Genomförd känslighetsanalys visar att resultaten i rapporten är robusta även när andra ingångsvärden avseende persontätheten används vid beräkningarna av samhällsriskerna. Även vid relativt låga persontätheter kommer en flytt av Yara:s verksamhet till Slotshagen 2:1 medföra en samhällsrisknivå som ligger högt inom ALARP. Vid en eventuell underskattning av persontätheten hade en flytt av Yara:s verksamhet till Slotshagen 2:1 kunnat medföra en oacceptabel samhällsrisk.

8 Slutsatser

Resultat av genomförd riskbedömning indikerar att:

- Hanteringen av ammoniumnitrat inom Yara:s terminal ger upphov till en individrisk som i sydlig riktning ligger inom oacceptabla nivåer upp till 40 meter och inom ALARP upp till 320 meter. Individrisken utgår från en teoretisk utsläppspunkt som sammanfaller med sydligaste täktlagret med ammoniumnitrat.
- Kemikaliehanteringen inom Candor AB bedöms kvalitativt ej begränsas tilltänkt markanvändning inom aktuellt planområde givet avståndet på drygt 300 meter.

Slutsatser rörande alternativ lokalisering av Yara:s verksamhet i samband med byggnationen av Ostlänken:

Delar av Yara:s verksamhet flyttas till Slottshagen 2:1

- Avståndet till Johannisborg minskar till drygt 150 meter.
- Stora delar av Johannisborg kommer att ligga inom området med en förhöjd individrisknivå (inom ALARP)
- Samhällsrisknivån vid detta alternativ beräknas nå den övre halvan av ALARP-området givet tilltänkt exploatering av Johannisborg.

Delar av Yara:s verksamhet flyttas till Lagret 1

- Nuvarande avstånd mellan verksamheten och Johannisborg på drygt 350 meter bibehålls vid detta alternativ.
- Inga delar av Johannisborg kommer att ligga inom området med en förhöjd individrisknivå (inom ALARP)
- Samhällsrisknivån vid detta alternativ uppskattas nå den nedre halvan av ALARP-området givet tilltänkt exploatering av Johannisborg.

Baserat på genomförd riskbedömning lämnar WSP följande rekommendationer:

- Yara:s verksamhet bör i samband med byggnationen av Ostlänken flyttas i östlig riktning.
- En flytt av Yara:s verksamhet till Slottshagen 2:1 bedöms olämplig ur riskperspektiv givet tilltänkt omvandling av Johannisborg. Planerad markanvändning för Johannisborg medför att majoriteten av människorna inom området kommer att befinna sig utomhus och är därmed mer exponerade för brandgaserna vid en eventuell olycka på Yara. Effekten av tänkbara riskreducerande åtgärder inom området avseende utsläpp av giftig gas så som exempelvis avstängningsbar ventilation kommer därmed bli begränsad.
- För aktuellt planområde bedöms en kvantitativ riskbedömning av Candor AB ej vara nödvändig givet avståndet på 300 meter. Vid framtida planläggning i direkt anslutning till Candor:s verksamhet är förgående bedömning mer osäker. Denna riskbedömning bör då kompletteras med vidare analyser, exempelvis simuleringar av brandgasspridning i CFD-mjukvara alternativt ALOFT.

Bilaga A. Olycksscenarioer inom Yara AB

I denna bilaga redovisas det underlag som ligger till grunden för beräkningarna av individ- och samhällsrisken avseende hanteringen av ammoniumnitrat inom Yara AB.

A.1. Olycksfrekvenser och konsekvensavstånd

I Tabell 5 nedan redovisas de uppskattade olycksfrekvenserna för respektive studera brandscenario inom Yara:s verksamhet där risk föreligger att ammoniumnitrat utsätts för yttre upphettning och sönderfaller.

Tabell 5. Uppskattade olycksfrekvenser för respektive studerats brandscenario inom Yara AB (2).

Olycksscenario (brand)	Olycksfrekvens (år ⁻¹)
Bulkmagasin 2,3 säckstation 3	3,44E-04
Området	2,39E-04
Säckstation 1	1,92E-04
Tältlager, fall 1a, taket	7,23E-05
Tältlager, fall 1b, porten	7,23E-05
Tältlager, fall 2a, taket	3,80E-06
Tältlager, fall 2b, porten	3,80E-06
Magasin, fall 3a, taket	8,75E-05
Magasin, fall 3b, porten	8,75E-05
Magasin, fall 4a, taket	4,60E-06
Magasin, fall 4b, porten	4,60E-06
Summa	0,0011

I Tabell 6 nedan redovisas uppskattad brinntid, NO₂-produktion per tidsenhet samt utsläppshöjd för respektive olycksscenario (2). Föregående parametrar används som indata till spridningssimuleringarna i ALOHA. Respektive olycksscenario har i ALOHA modellerats som en punktkälla placerad i utsläppshöjden. De ansatta utsläppshöjderna för respektive olycksscenario tar till viss del hänsyn till den termiska stigkraften hos de varma rökgaserna men underskattar troligtvis effekten av den. En högre ansatt utsläppshöjd hade genererat kortare konsekvensavstånd. Utsläppen av kvävedioxid har i ALOHA simulerats enligt gaussisk spridningsmodell (25).

Tabell 6. Uppskattad brinntid, NO₂-produktion per tidsenhet samt utsläppshöjd för respektive olycksscenario (2).

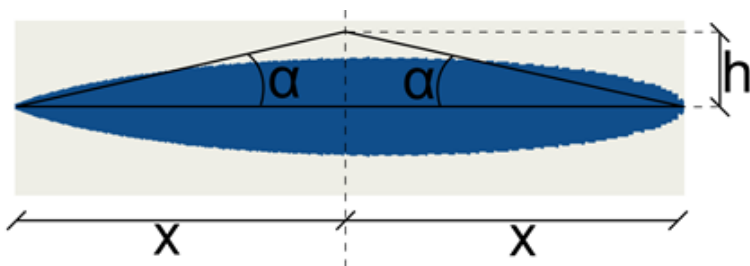
Olycksscenario (brand)	Brinntid (min)	NO ₂ utveckling (g/s)	Utsläppshöjd (m)
Bulkmagasin 2,3 säckstation 3	30	101	10
Området	15	37	1
Säckstation 1	30	37	20
Tältlager, fall 1a, taket	60	143	10
Tältlager, fall 1b, porten	60	143	2
Tältlager, fall 2a, taket	60	225	10
Tältlager, fall 2b, porten	60	225	2
Magasin, fall 3a, taket	60	143	10
Magasin, fall 3b, porten	60	143	2
Magasin, fall 4a, taket	60	225	10
Magasin, fall 4b, porten	60	225	2

I Tabell 7 sammanställs resultaten från simuleringarna i ALOHA för spridningen av kväveoxider mot omgivningen vid händelse av brand på Yara som resulterar i sönderfall av ammoniumnitrat. Ett konsekvensavstånd på 0 meter innebär att LC₅₀-koncentrationen aldrig överstigs i marknivå vid simuleringen.

Tabell 7. Uppskattade avstånd (meter från utsläppskälla) inom vilken LC₅₀-koncentrationen överskrids i marknivå vid olika stabilitetsklasser och vindförhållanden.

Olycksscenario	B (3,0 m/s)	D (5,0 m/s)	E (3,0 m/s)	F (1,5 m/s)
Bulkmagasin 2,3 säckstation 3	0	0	0	0
Området	19	29	61	118
Säckstation 1	0	0	0	0
Tältlager, fall 1a, taket	0	0	0	201
Tältlager, fall 1b, porten	54	82	177	351
Tältlager, fall 2a, taket	43	0	111	271
Tältlager, fall 2b, porten	68	103	225	453
Magasin, fall 3a, taket	0	0	0	201
Magasin, fall 3b, porten	54	82	177	351
Magasin, fall 4a, taket	43	0	111	271
Magasin, fall 4b, porten	68	103	225	453
Spridningsvinkel °	32	23	15	9

Utbredningen av brandgasplymen i horisontalled har approximerats till en romb. Spridningsvinkeln för respektive stabilitetsklass och vindhastighet kan därmed uppskattas enligt Figur 19 nedan.



Figur 19. Horizontal utbredning av gasplymen

$$A_{tot} \approx 2 \cdot h \cdot x = 2 \cdot \tan \alpha \cdot X^2 \Rightarrow \alpha = \arctan \frac{h}{x}$$

Spridningsvinkeln för utsläppet ansätts sedan till två gånger alfa.

A.2. Gränsvärden och hälsoeffekter, exponering av kväveoxider

För att beräkna procentuellt skadeutfall som funktion av koncentration och exponeringstid kan man använda sig ut av probitfunktioner. En probit tar hänsyn till att skadeutfallet inte har ett linjärt samband med koncentration och exponeringstid. Probitfunktioner har ofta en form enligt ekvation 1 nedan.

$$Pr = \alpha + \beta \times \ln(C^n \times t) \Leftrightarrow C = \sqrt[n]{\frac{e^{(Pr-\alpha/\beta)}}{t}} = \text{kg/m}^3 \quad [\text{ekv.1}]$$

där

α	Regressionsfaktor baserad på data från människor och/eller djur [-]
β	Regressionsfaktor baserad på data från människor och/eller djur [-]
n	Konstant som beror av mottagarens förmåga att anpassa sig till giftet [-]
C	Koncentration [mg/m^3]
t	Exponeringstid [min]
Pr	Kumulativt fördelningsvärde som kan översättas till exponeringsgrad i % [-]

Får många giftiga ämnen (i synnerhet de mer välkända) varierar de konstanter som beskriver skadeutfallet i olika probitfunktioner. Nedan listas två exempel på probitfunktioner som kan användas för att beskriva LC_{XX} för kväveoxider (NO_2). I beräkningarna nedan har koncentrationen för LC_{50} vid 30 respektive 60 minuters exponering beräknats.

LC_{50} enligt CPR 16E – Green Book (11)

$Pr = a + b \cdot \ln(C^n \cdot t) = 116 \text{ ppm}$	Där:	$a = -18,6$
		$b = 1$
		$n = 3,7$
		$t = 30 \text{ min}$
		$Pr = 5 (50 \%)$
$Pr = a + b \cdot \ln(C^n \cdot t) = 96 \text{ ppm}$	Där:	$a = -18,6$
		$b = 1$
		$n = 3,7$
		$t = 60 \text{ min}$
		$Pr = 5 (50 \%)$

LC₅₀ enligt Lees 2005 – HSE (26)

$Pr = K_1 + K_2 \cdot \ln(C^n \cdot t) = 150 \text{ ppm}$	Där:	$K_1 = -13,79$
		$K_2 = 1,4$
		$n = 2$
		$t = 30 \text{ min}$
		$Pr = 5 (50 \%)$
$Pr = K_1 + K_2 \cdot \ln(C^n \cdot t) = 106 \text{ ppm}$	Där:	$K_1 = -13,79$
		$K_2 = 1,4$
		$n = 3,7$
		$t = 60 \text{ min}$
		$Pr = 5 (50 \%)$

Enligt beräkningarna ovan genererar probitfunktionen i CPR 16E en mellan 9-23 % lägre LC₅₀ koncentration. För att inte underskatta risken används därför LC₅₀ koncentrationerna beräknade enligt probitfunktionen i CPR 16E som underlag till spridningssimuleringarna. I Yara:s egen riskanalys finns även beräkningarna av LC₅₀ koncentrationer för kväveoxider med hjälp av probitfunktion, dock utan referens. LC₅₀ (30 min) och LC₅₀ (60 min) har i Yara:s egen riskanalys beräknats till 225 ppm respektive 190 ppm (2). Dessa LC₅₀ koncentrationer är drygt dubbelt så höga som motsvarande koncentrationer beräknade enligt probitfunktionen i CPR 16E. Det är inte möjligt att säga vilken probitfunktion som ger den mest realistiska bilden av skadefallet (i detta fall sannolikheten för att omkomma) vid exponering för kväveoxider. WSP har dock medvetet valt att använda den probitfunktion som genererar den mest konservativa uppskattningen av skadefallet.

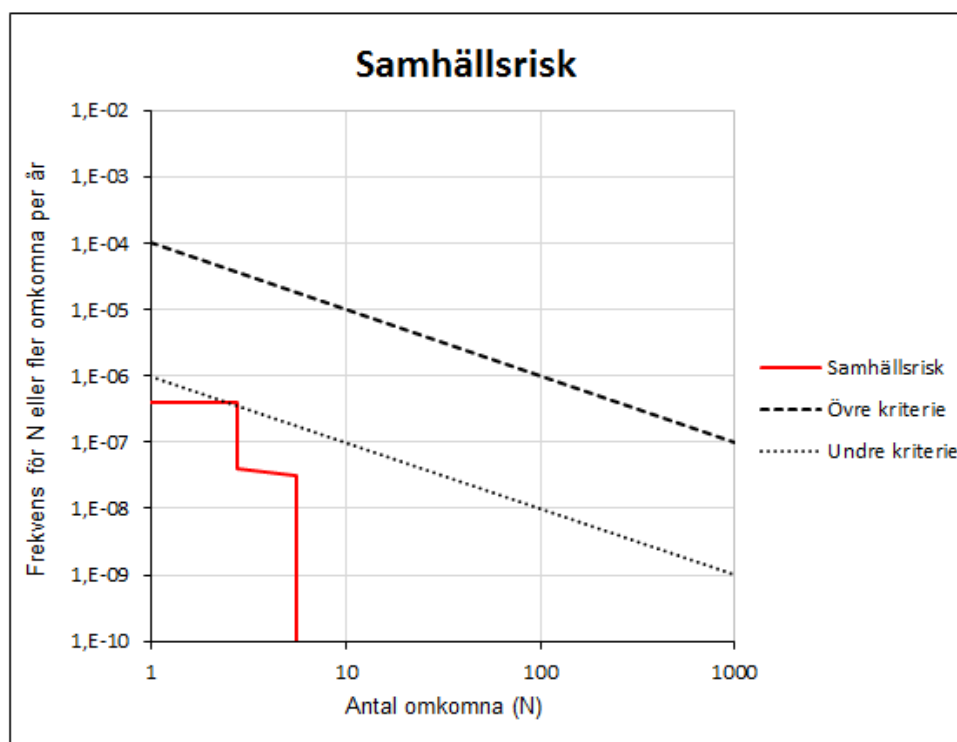
Bilaga B. Känslighetsanalys

För att undersöka hur resultaten från analysen påverkas när ingångsvärdena varierar har en känslighetsanalys genomförts. Specifikt undersöks hur samhällsrisken påverkas när andra persontätheter för Johannisborg används vid beräkningarna då detta bedöms vara den största osäkerheten i analysen. I analysen har en uppskattad persontäthet över året på i medeltal 3 050 personer/km² under dagtid respektive 1 525 personer/km² under nattetid använts som ingångsvärde till beräkningarna. I känslighetsanalysen har föregående värden varierats +/- 50 %.

Tabell 8. Ingångsvärden till känslighetsanalysen avseende persontätheten inom Johannisborg

	Persontäthet dagtid (personer per km ²)	Persontäthet nattetid (personer per km ²)
Undre skattning	1 500	750
Ansatt medelvärde	3 050	1 525
Övre skattning	4 600	2 300

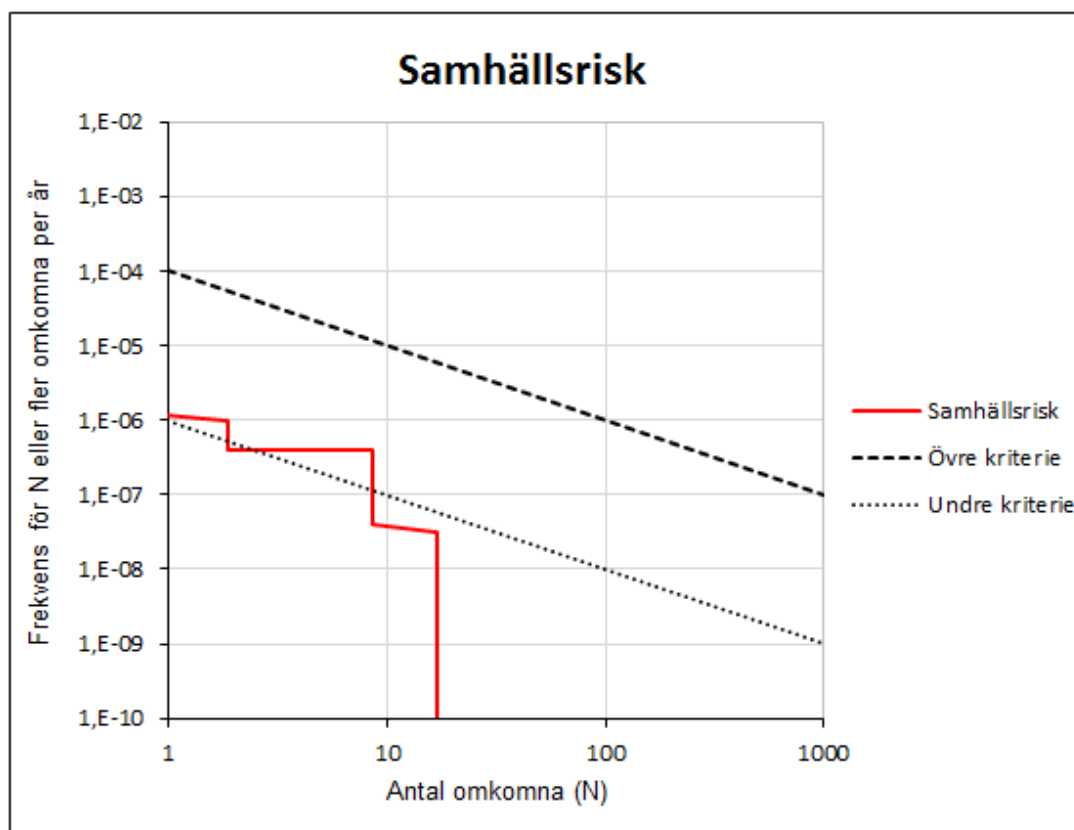
B.1. Samhällsrisk om delar av verksamheten flyttas till Lagret 1



Figur 20 Uppskattad samhällsrisk vid flytt till Lagret 1 när den undre skattningen av persontätheten inom Johannisborg används vid beräkningarna.

I

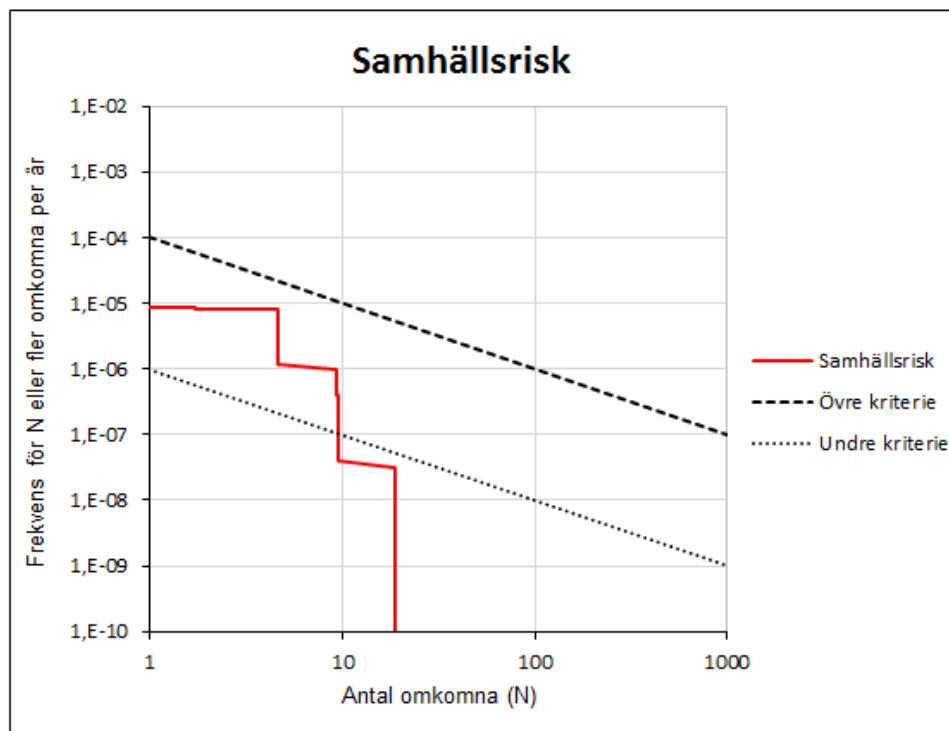
Figur 20 Uppskattad samhällsrisk vid flytt till Lagret 1 när den undre skattningen av persontätheten inom Johannisborg används vid beräkningarna. ovan visas uppskattad samhällsrisknivå när delar av Yara:s verksamhet flyttas till Lagret 1 om den undre skattningen av persontätheten inom Johannisborg används vid beräkningarna. Beräkningarna indikerar att samhällsrisknivån tangerar det undre kriteriet när den undre skattningen av persontätheten används som ingångsvärde



Figur 21. Uppskattad samhällsrisk vid flytt till Lagret 1 när den övre skattningen av persontätheten inom Johannisborg används vid beräkningarna.

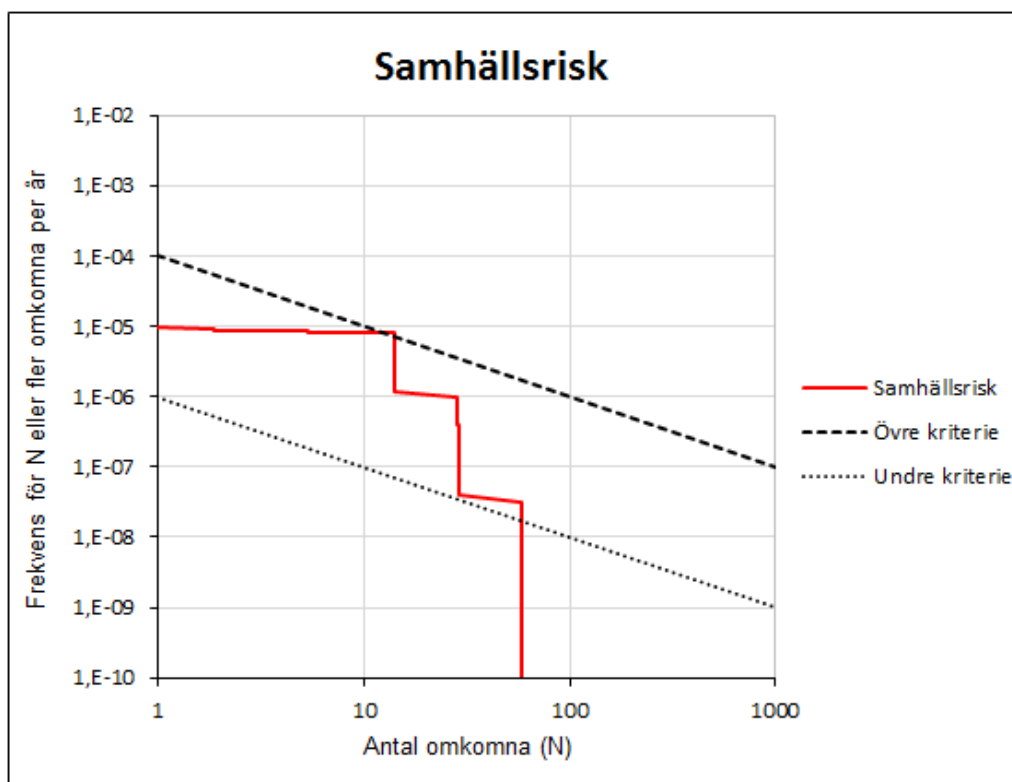
I Figur 21 ovan visas uppskattad samhällsrisknivå när delar av Yara:s verksamhet flyttas till Lagret 1 om den övre skattningen av persontätheten inom Johannisborg används vid beräkningarna. Beräkningarna indikerar att samhällsrisknivån ökar något med ligger fortfarande lågt inom ALARP när den undre skattningen av persontätheten används som ingångsvärde.

B.2. Samhällsrisk om delar av verksamheten flyttas till Slottshagen 2:1



Figur 22. Uppskattad samhällsrisk vid flytt till Slottshagen 2:1 när den undre skattningen av persontätheten inom Johannisborg används vid beräkningarna.

I Figur 22 ovan visas uppskattad samhällsriskenivå när delar av Yara:s verksamhet flyttas till Slottshagen 2:1 om den undre skattningen av persontätheten inom Johannisborg används vid beräkningarna. Beräkningar indikerar att samhällsriskenivån sjunker något men ligger fortfarande högt inom ALARP-området när den undre skattningen av persontätheten används som ingångsvärde.



Figur 23. Uppskattad samhällsrisk vid flytt till Slottshagen 2:1 när den övre skattningen av persontätheten inom Johannisborg används vid beräkningarna.

I Figur 23 ovan visas uppskattad samhällsrisknivå när delar av Yara:s verksamhet flyttas till Slottshagen 2:1 om den undre skattningen av persontätheten inom Johannisborg används vid beräkningarna. Beräkningar indikerar att samhällsrisknivån når oacceptabla nivåer när den övre skattningen av persontätheten används som ingångsvärde.

Bilaga C. Referenser

1. **Norrköping kommun.** *Strukturprogram för Johannisborg och närområde.* Norrköping : Norrköping kommun, 2015.
2. **Yara AB.** *Risikanalyt, hanteringen av Sevesoprodukter inom terminalen i Norrköping.* Norrköping : Yara AB, 2016.
3. —. *Handlingsprogram, terminaler i Sverige.* Norrköping : Yara AB, 2016.
4. —. *Säkerhetsrapport terminalen i Norrköping.* Norrköping : Yara AB, 2016.
5. **Candor AB.** *Säkerhetsrapport Candor Sweden AB Norrköping.* Norrköping : Candor AB, 2010.
6. **Candor Sweden AB.** *Riskutredning brand .* Norrköping : Candor Sweden AB, 2013.
7. **WSP Sverige AB.** *Platsbesök Yara AB Norrköping 6/12-2016.*
8. —. *Platsbesök Candor AB Norrköping 5/12-2016.*
9. **Försvarets Forskningsanstalt.** *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor.* u.o. : FOA, 1997. 1104 9154.
10. **SMHI.** *Öppen data - Metrologiska observationer för Norrköping SMHI.* u.o. : SMHI, 2017.
11. **Committe for the Prevention of Disasters caused by Dangerous Substances .** *CPR 16E "Green Book".* 1992. 90-5307-052-4.
12. **SCB.** *Befolkningstäthet år 2010:*
http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_BE_BE0101_BE0101C/Befolkningsstatistik/tableViewLayout1/?rxid=6ed30d8a-a1bd-4c7e-a1ed-380e0b9e49b7#. u.o. : SCB, Hämtad 2017-01-24.
13. **Länsstyrelsen i Skåne Län.** *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM). Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods - Skåne i utveckling 2007:06.* 2007.
14. **International Electrotechnical Commission (IEC).** *International Standard 60300-3-9, Dependability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems.* Genève : u.n., 1995.
15. **International Organization for Standardization (ISO).** *Risk management – Vocabulary – Guidelines for use in standards. Guide 73.* Genève : u.n., 2002.
16. **Mattsson, B.** *Risikhantering vid skydd mot olyckor. Problemlösning och beslutsfattande.* Karlstad : Räddningsverket, 2000.
17. **Nystedt, Fredrik.** *Risikanalytmetoder.* Lund : Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
18. **EPA.** <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software> Hämtad: 2017-01-25.
19. **Davidsson, Göran, Lindgren, Mats och Mett, Liane.** *Värdering av risk. FoU rapport - DNV.* u.o. : Statens Räddningsverk, 1997.
20. **Räddningsverket och Boverket.** *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006.* u.o. : Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
21. **MSB.** *Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 1995:6) om hantering av ammoniumnitrat.* u.o. : Myndigheten för Samhällsbyggnad och Beredskap, 1995.
22. **Yara AB.** *Säkerhetsdatablad YaraBela Axan (NS 27-4 Axan) .* Landskrona : Yara AB, 2014.
23. **CPR 18E.** *Guidelines for quantitative risk analysis 'Purple Book'.* 1999.
24. **Väg- och transportforskningsinstitutet.** *VTI rapport 387:1.* 1994.
25. **FOA.** *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker, FOA - R-00490-990-SE.* u.o. : Försvarets forskningsanstalt, 1997.
26. **HSE.** *Methods of approximation and determination of human vulnerability*
http://www.hse.gov.uk/foi/internalops/hid_circs/technical_osd/spc_tech_osd_30/spctecosd30.pdf.
u.o. : HSE, Hämtad 2017-01-27.

UNITED
BY OUR
DIFFERENCE

