

Handläggare
Mathias Lööf
 Telefon
 076-409 27 74
 E-post
 Mathias.loof@projektstaben.se

Mottagare
 Vasakronan
 Referens: Lois Sellgren

Uppdragsansvarig
Mathias Lööf
 Telefon
 076-409 27 74
 E-post
 Mathias.loof@projektstaben.se

Projekt-ID
 0233
 Status
 Samrådshandling för granskning

PM – Risk avseende människors hälsa och säkerhet

Detaljplan för Bremenkvarteren – samrådshandling

Datum	Version	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2022-12-06	1.0	MLF	MWN	-
2025-12-22	2.0	MLF	MWN	Justering efter uppdaterad strukturplan och fördjupade riskberäkningar

Sammanfattning

Bremenfastigheterna ligger inom stadsdelen Ladugårdsgärdet. Bremen 1 och Bremen 3, som inrymmer kontorsverksamheter ska byggas på och utvecklas med bostäder och centrumverksamheter mot Tegeluddsvägen. Planerad fastighetsutveckling kräver en ny detaljplan. I bild nedan redogörs planerad utveckling i enlighet med detaljplanen.



Framtagen utredning omfattar analys och värdering av den samlade riskbilden för identifierade olycksscenarioer som kan föranleda påverkan på människor inom planområdet. Rapportens övergripande syfte är att uppfylla de krav på riskhantering som ställs i Plan- och bygglagen. Utförd riskbedömning ska därmed ses som en rekommendation utifrån rådande lagstiftning och riktlinjer och verka som ett beslutsunderlag inför beslutsfattande om markanvändningen enligt utbyggnadsförslaget är lämplig avseende människors hälsa.

Utförd analys indikerar en låg samlad riskexponering inom planområdet. Såväl individ- som samhällsrisknivån bedöms vara godtagbar inom planområdet. Planerad utveckling följer länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd till de primära riskkällorna. I jämförelse med dagens situation bedöms inte planerad stadsutveckling direkt påverka risknivåerna.

Utmärkande är de korta skyddsavstånd som återfinns till Tegeluddsvägen. Inom ramen för utförd känslighetsanalys har en teoretisk riskexponering utmed Tegeluddsvägen analyserats. Känslighetsanalysen indikerar acceptabla risknivåer utmed Tegeluddsvägen. Till de södergående körbanorna, där riskexponeringen teoretiskt är högre, återfinns mer betryggande avstånd. Den låga riskexponeringen indikerar att genomförbarheten av planerad utveckling utifrån ett riskperspektiv inte är avhängt att farligt gods transporter inte framförs på Tegeluddsvägen. Aktuell klassning av Tegeluddsvägen uppmuntras dock att ses över i samråd med Länsstyrelsen. Detta då det är viktigt att styra farligt gods utifrån den körsträckning som är säkrast trafikalt och innebär minst riskexponering i omgivningen. Då tunga transporter till/från Frihamnsområdet idag och i framtiden är tänkta att framföras på Södra Hamnvägen torde det vara naturligt att se över dagens klassning för att skapa en ökad tydlighet och ta bort osäkerheter.

Slutsatsen är att tänkt exploatering kan utföras enligt föreslagen struktur. För att minimera riskerna förknippade med planläggning och öka robustheten bedöms följande riskreducerande åtgärder vara rimliga att beakta utifrån ett kostnad-/nyttoperspektiv:

- Friskluftsintag placerade på taknivå och/eller med intag från sida som ej vetter mot infrastrukturen i norr.
- Ytor mellan planerade byggnader och infrastrukturen i norr rekommenderas att utformas för att inte uppmuntra till stadigvarande vistelse.

Ovanstående åtgärdsförslag kan behöva omformuleras så att de följer de regler som gäller för utformning av planbestämmelser enligt Plan- och Bygglagen (2010:900). Observera att ovanstående åtgärder endast utgör förslag och att det är upp till kommunen/projektet att ta beslut om åtgärderna ska implementeras och huruvida behov finns att införliva åtgärder via planbestämmelser i plankartan.

Om kommunen bedömer att det långsiktigt bör tas hänsyn till Tegeluddsvägens sekundära klassning kan en ökad robusthet inarbetas i detaljplanen via att reglera att bostadsbyggnader intill Tegeluddsvägen ska utföras med alternativ utrymningsväg bort från Tegeluddsvägen. Att begränsa fasadmaterial och/eller inarbeta andra mer begränsande byggnadstekniska säkerhetsåtgärder bedöms ej vara motiverat utifrån den ringa riskexponering som teoretiskt föreligger utmed Tegeluddsvägens norra körbana som angränsar till planerade bostadsbyggnader på korta avstånd.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
1 Inledning	5
1.1 Bakgrund och syfte	5
1.2 Underlag	5
1.3 Omfattning och avgränsningar	5
1.4 Definition riskbedömning	6
1.5 Riskhänsyn vid bebyggelse intill farligt godsled och farlig verksamhet	7
1.6 Värdering av risk	9
2 Förutsättningar	11
2.1 Områdesbeskrivning	11
2.2 Meteorologiska förhållanden	14
2.3 Farliga verksamheter och trafikförhållanden för farligt godstransporter	15
3 Riskanalys	17
3.1 Allmänt om farligt gods	17
3.2 Värtaverket (del inom Kv. Nimrod)	18
3.3 Farligt godsolycka på vägnätet	21
3.4 Industrijärnvägsspår & södra bangården	23
4 Samlad bedömning och riskvärdering	24
5 Känslighetsanalys	26
6 Diskussion och slutsatser	28
Referenser	29
Bilaga A – Fördjupning av risker med LNG-transporter	30
Bilaga B – Konsekvensanalys olycka med brandfarlig vätska	41
Bilaga C – Konsekvensanalys olycka med gasflak	47
Bilaga D – Frekvens och samhällsriskberäkningar	49
Bilaga D - Stockholm hamnars restriktioner avseende farligt godshantering	63

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Bremenfastigheterna ligger inom stadsdelen Ladugårdsgärdet. Bremen 1 och Bremen 3, som inrymmer kontorsverksamheter ska byggas på och utvecklas. Planerad fastighetsutveckling kräver en ny detaljplan.

Föreliggande rapport innebär en platsspecifik riskbedömning av tänkt utbyggnad enligt planförslaget. Rapportens övergripande syfte är att uppfylla de krav på riskhantering som ställs i Plan- och bygglagen. Riskbedömningen ska därmed ses som en rekommendation utifrån rådande lagstiftning och riktlinjer och verka som ett beslutsunderlag inför beslutsfattande om markanvändningen enligt utbyggnadsförslaget är lämplig avseende människors hälsa.

1.2 Underlag

Som underlag för upprättande av denna riskutredning ligger information från planerade utveckling inom Energihamnen i enlighet med den detaljplan som varit ute på granskning. Utvecklingen inom Energihamnen styr i mångt och mycket förväntad riskexponering på anslutande infrastrukturleder vilka passerar studerat planområde. Riskkällorna i omgivningen och förändringar i risksituationen har delvis analyserats tidigare och som underlag för upprättande av denna riskutredning har följande utredningar fungerat som underlagsmaterial:

- *Översiktlig riskutredning Norra Djurgårdsstaden, version 3*, RiskTec Projektledning AB, 2016.
- *Säkerhetsrapport Värtaverket*, Stockholm Exergi, 2022-12-14, ver 8

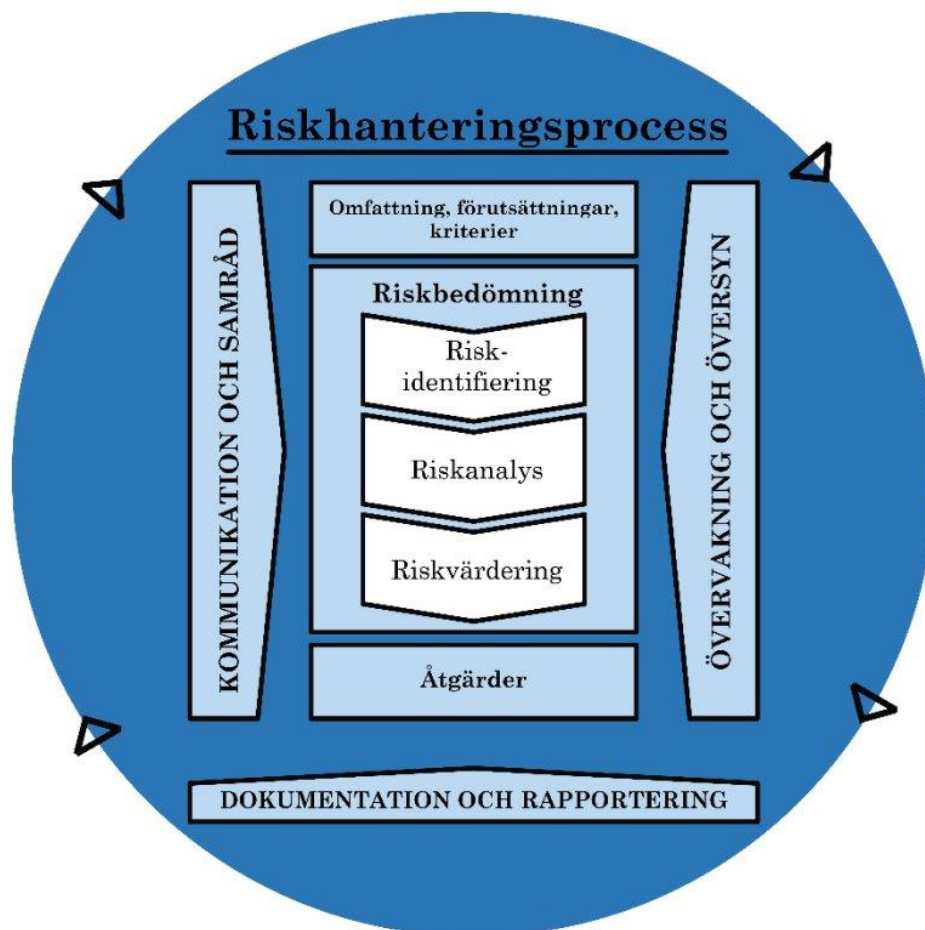
1.3 Omfattning och avgränsningar

Bedömningen omfattar endast plötsliga och oväntade händelser med akuta konsekvenser för liv och hälsa för människor som vistas inom det studerade området. Analysen beaktar inte långvariga effekter av hälsofarliga ämnen, buller eller miljöfarliga utsläpp från exempelvis förorenad mark. Utredningen beaktar t.ex. inte närliggande järnvägsanläggning påverkan på omgivningen avseende buller eller elektromagnetism.

1.4 Definition riskbedömning

I denna riskbedömning används begreppet risk som produkten av sannolikhet att en negativ händelse ska inträffa och händelsens negativa konsekvenser.

Ett vedertaget sätt att beakta riskbedömning är att utgå från de principer som redogörs för i ISO 31 000. Utifrån dessa principer så omfattar riskbedömning tre delmoment; riskidentifiering, riskanalys och riskvärdering i enlighet med figur 1.



Figur 1. Definition av riskbedömning enligt ISO 31 000.

Riskidentifiering syftar till att identifiera risker/skadehändelser utifrån tillgänglig information.

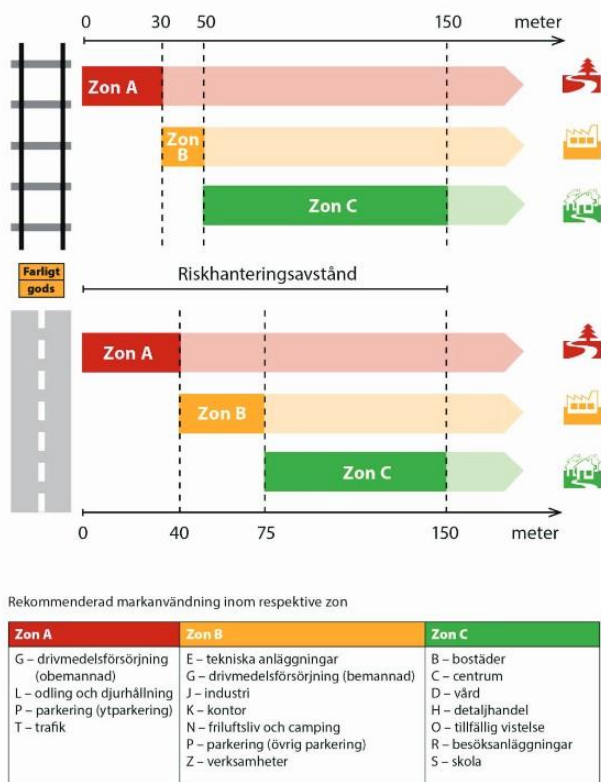
För att kunna göra en skattning av riskerna krävs bedömning av riskernas sannolikhet och konsekvens, vilket riskanalysmomentet avser.

Riskvärderingen baseras på resultatet av riskanalysen och beräknar storleken på respektive risk samt om sammanvägningen av samtliga risker är acceptabel/tolerabel eller ej. Värderingen utgör underlag för hur de analyserade riskerna kan hanteras.

1.5 Riskhänsyn vid bebyggelse intill farligt godsled och farlig verksamhet

Sammanhållen bebyggelse ska utformas med hänsyn till behovet av skydd mot uppkomst av olika olyckor. Länsstyrelsen har tolkningsföreträde rörande plan- och bygglagen och har därigenom tagit fram ett antal styrande dokument vars avsikt är att spegla deras tolkning kring hälsa och säkerhet.

Länsstyrelserna i Skåne-, Västra Götalands- och Stockholms län har arbetat fram en policy för riskhantering i detaljplanprocessen med riktlinjer för markanvändning intill transportleder för farligt gods. Riskpolicyn innebär att riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meters avstånd från en farligt godsled [3]. Vidare har Länsstyrelsen i Stockholms län tagit fram ett faktablad som innehåller riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods. I faktabladet tydliggör Länsstyrelsen rekommenderade skyddsavstånd mellan transportled för farligt gods och olika verksamheter enligt figur 2.



Figur 2. Länsstyrelsens rekommendationer avseende skyddsavstånd till led för farligt gods från respektive kvartersmark [4].

För järnväg och rekommenderade vägar anser Länsstyrelsen i Stockholms län att det ska finnas ett bebyggelsefritt avstånd om minst 25 meter och särskilda skyddsåtgärder oavsett vad riskutredningen kommer fram till. Länsstyrelsen bedömer att de skyddsavstånd och skyddsåtgärder som förtydligas utgör ett minimum för att uppfylla kraven i PBL. För sekundära leder tydliggör Länsstyrelsen att det är svårt att göra en allmängiltig vägledning eftersom riskbildningen kan variera väldigt mycket mellan olika leder. Länsstyrelsen anser dock att det, för de flesta sekundära leder, behöver finnas ett bebyggelsefritt skyddsavstånd om minst 25 meter samt att inte är sannolikt att ett skyddsavstånd på mindre än 15–20 meter kan anses tillräckligt för att uppfylla kraven i PBL.

Sevesodirektivet har genomförts i svensk lagstiftning genom lagen (1999:381) och förordningen (1999:382) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor med tillhörande föreskrifter. Styrande för planläggning intill anläggningar som klassas som farliga anläggningar är framförallt artikel 12 om kontroll över den fysiska planeringen i Seveso II-direktivet (och artikel 13 i Seveso III-direktivet), vilken även har införlivats i svensk lagstiftning via miljöbalken (1998:808) och plan- och bygglagen (2010:900). I denna artikel går det att utläsa att genom fysisk planering ska man förebygga allvarliga olyckshändelser och deras konsekvenser genom att man på lång sikt ska upprätthålla lämpliga avstånd mellan verksamheter och deras omgivning. Anläggningar vilka klassas som "farliga verksamheter" enligt ovan är ålagda att vidta nödvändiga åtgärder för att hindra eller begränsa olyckor och de är även skyldiga att analysera risker och påverkan på närområdet.

MSB har 2015 gett ut en vägledning för tillämpning av regelverken vid fysisk planering i anslutning till farliga verksamheter [5]. I vägledningen ges exempel på schabloniserade riskhanteringsavstånd (konsekvensområde inom vilket dödsfall eller allvarlig skada kan förväntas), vilka är baserade på verksamhetens totala mängdhantering. Riskhanteringsavstånden är främst tänkt att användas på en översiktlig eller strategisk nivå i den fysiska planeringen och ska i översiktsplan anges från fastighetsgränsen eller verksamhetsområdet kring den storskaliga kemikaliehanterande verksamheten, detta för att uppmärksamma riskerna i den fortsatta planeringen. I vägledningen förtydligas att avståndet mellan en storskalig kemikaliehantering och projekt för ny etablering aldrig bör understiga 100 meter, där avståndet bör gälla från verksamhetsområdets fastighetsgräns.

För en mer platsspecifik riskbedömning är det viktigt att hänsyn tas till plats specifika förhållanden såsom fördjupad redovisning av vilka typer av kemikalier samt processer som återfinns inom verksamheten och de konsekvenser som kan uppstå givet en olycka involverande farligt gods där hänsyn tas till förhållanden såsom persontäthet, topografi, bebyggelsens placering intill riskkällor och bebyggelsens utformning. Sådana analyser kan visa på en acceptabel risknivå trots avvikande skyddsavstånden alternativt att skyddsavstånden kan kompletteras eller ersättas av tekniska lösningar som ger samma effekt för omgivningen som det föreslagna generella avståndet. Vägledningen tydliggör dock att grundprincipen för att upprätthålla en tillfredställande säkerhet för omgivningen primärt ska vara genom ett tillräckligt stort skyddsavstånd till den farliga verksamheten.

Förutom ovanstående lagar och riktlinjer förekommer ytterligare ett antal föreskrifter avseende risk och säkerhet som kan vara relevanta i planärenden. Dessa berör i första hand hantering och rutiner för olika typer av riskkällor som kan vara värda att beakta. Exempelvis så ger Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB) ut föreskrifter för hantering av olika brandfarliga och explosiva ämnen.

1.6 Värdering av risk

Det saknas nationella kriterier för riskvärdering för tredje man. Generellt vid bedömning av huruvida en risk kan accepteras eller ej bör hänsyn tas till vissa faktorer. Exempelvis bör riskkällans nytta vägas in, likaså vilken som är den exponerade gruppen samt huruvida risk för katastrofer föreligger. De principer som vanligen anges är enligt [6]:

- Principen om undvikande av katastrofer. Katastrofer ska undvikas.
- Fördelningsprincipen. Riskerna bör vara skäligen fördelade inom samhället i relation till de fördelar som verksamheten medför.
- Rimlighetsprincipen. En verksamhet bör inte innebära risker som med rimliga medel kan undvikas.
- Proportionalitetsprincipen. De totala risker som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerligt stora jämfört med de fördelar (intäkter, produkter och tjänster, etc.) som verksamheten medför.

Dessa principer indikerar att hänsyn bör tas till kostnader för säkerhetshöjande åtgärder, att en riskkällans nytta skall vägas in samt att olika värderingar kan göras beroende på om den exponerade gruppen har en personlig nytta av riskkällan eller ej. Vidare skall risker ej accepteras om de på ett enkelt tekniskt och icke kostsamt sätt kan undvikas.

Vidare har DNV på uppdrag av Räddningsverket tagit fram förslag på kvantitativa riskmått gällande individ- och samhällsrisk [7]. Dessa kriterier används generellt vid planläggning intill primära transportleder för farligt gods och andra typer av farliga anläggningar där riskkällan kan vara ett permanent hot för tredje man.

Individrisken uttrycks som sannolikheten att en person, som står på en given plats, ska omkomma under ett år. Individrisken tar ingen hänsyn till hur många personer som kan påverkas av en skadehändelse.

Vid beräkning av samhällsrisk beaktas även hur stora konsekvenserna kan bli för en skadehändelse, detta med avseende på antalet personer som kan påverkas vid olycka. Vid bedömning av samhällsrisk tas hänsyn till hur persontätheten varierar under dygnet och hur stor andel personer som förväntas befinna sig inomhus respektive utomhus. Exempelvis kan persontätheten kring en skola förväntas vara hög under dagen och nästintill obefintlig under natten. Samhällsrisk redovisas ofta med en så kallad FN- kurva, vilken visar sambandet mellan den ackumulerade frekvensen, F, för samtliga olyckor och antal omkomna, N, på grund av dessa olyckor. Kurvan åskådliggör den förväntade frekvensen för ett visst antal döda av olycka involverande farligt gods.

Risken kan värderas som acceptabel, tolerabel eller oacceptabel:

- Om risken är oacceptabel måste åtgärder vidtas
- Om risken är tolerabel (det s.k. ALARP-området (As Low As Reasonably Practicable) ska åtgärder värderas och vidtas om kostnaden är rimlig. Högre kostnader kan accepteras för risker nära det oacceptabla området, än för risker nära det acceptabla.
- Om risken är acceptabel behöver inte åtgärder vidtas men det bör ändå undersökas. Åtgärder som medför små kostnader bör ändå vidtas.

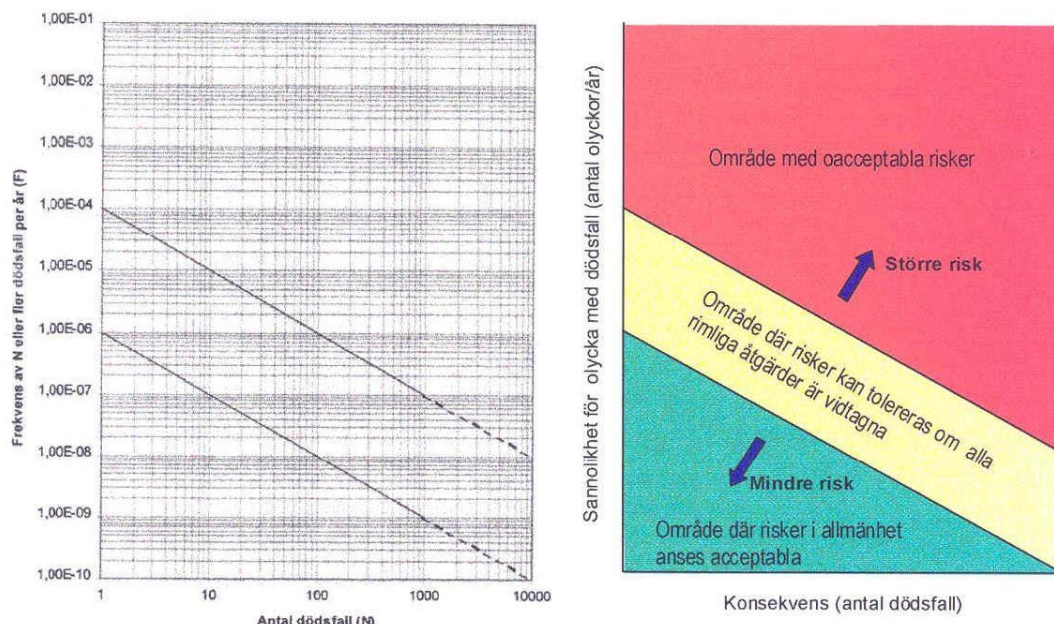
För individrisk föreslår Räddningsverket [7] följande kriterier:

- Övre gräns för ALARP-området: 10^{-5} per år
- Undre gräns ALARP-området: 10^{-7} per år

För samhällsrisk föreslår Räddningsverket [7] följande kriterier:

- Övre gräns för ALARP-området: 10^{-4} per år för $N=1$, med lutning på FN-kurva: -1
- Undre gräns för ALARP-området: 10^{-6} per år för $N=1$, med lutning på FN-kurva: -1

I figur 3 förtydligas appliceringen av DNV:s förslag på kriterier för samhällsrisk.



Figur 3. Räddningsverket via DNV – Förslag på kriterier för samhällsrisk.

Ovanstående kriterier grundar sig i att en sträcka om motsvarande 1 km studeras.

I samband med samhällsplanering är det vidare viktigt att beakta kopplingen mellan risktagande och den samhällsnytta som erhålls av risktagandet [6,7].

2 Förutsättningar

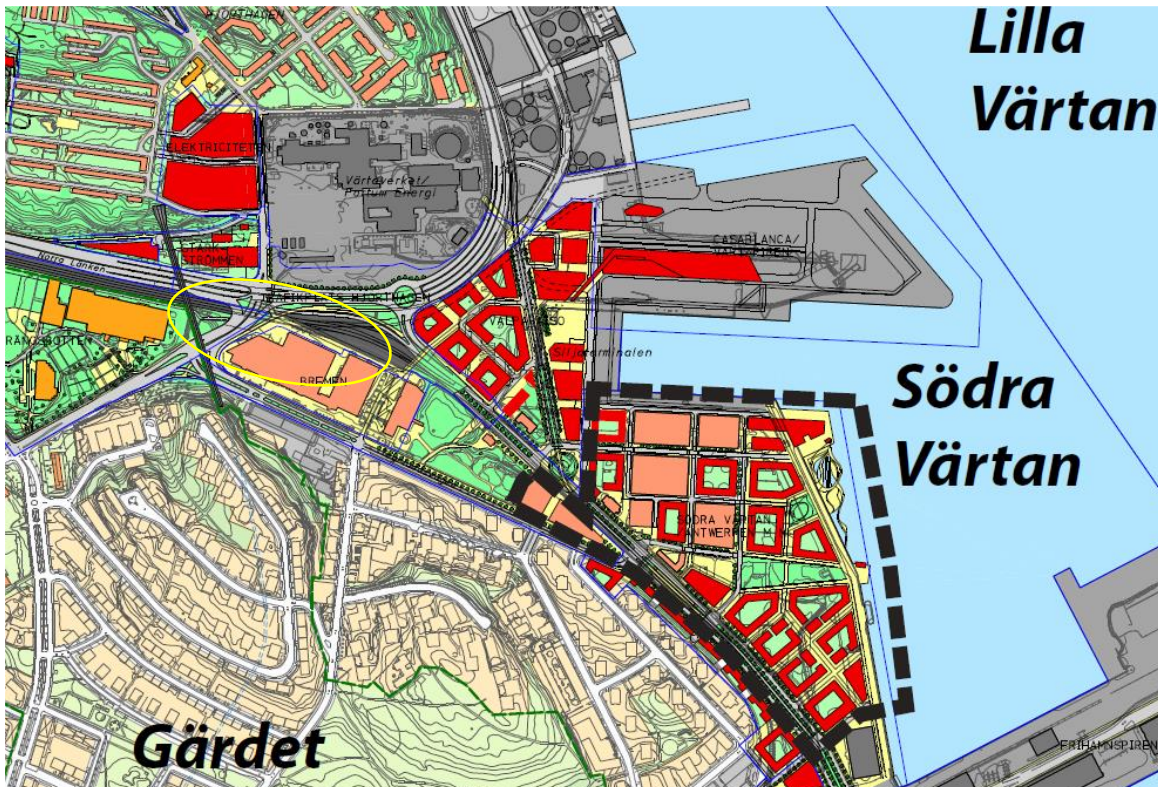
2.1 Områdesbeskrivning

Detaljplanen syftar till att omdana den aktuella delen kring Tegelludsvägen från industri- och verksamhetsområde till vital stadsmiljö genom ett mer funktionsblandat innehåll med fler kontorsarbetsplatser samt bostäder och centrumändamål. Befintliga fastigheter ligger i stadsdelen Ladugårdsgärdet, se figur 4 för orientering.



Figur 4. Orientering av befintliga fastigheter i omgivningen (se gulmarkering).

Fastigheterna angränsar till Stockholm stads stora exploateringsprojekt Norra Djurgårdsstaden. I figur 5 presenterat hur berörda fastigheter förhåller sig till en översiktlig planerad utveckling inom Norra Djurgårdsstaden.

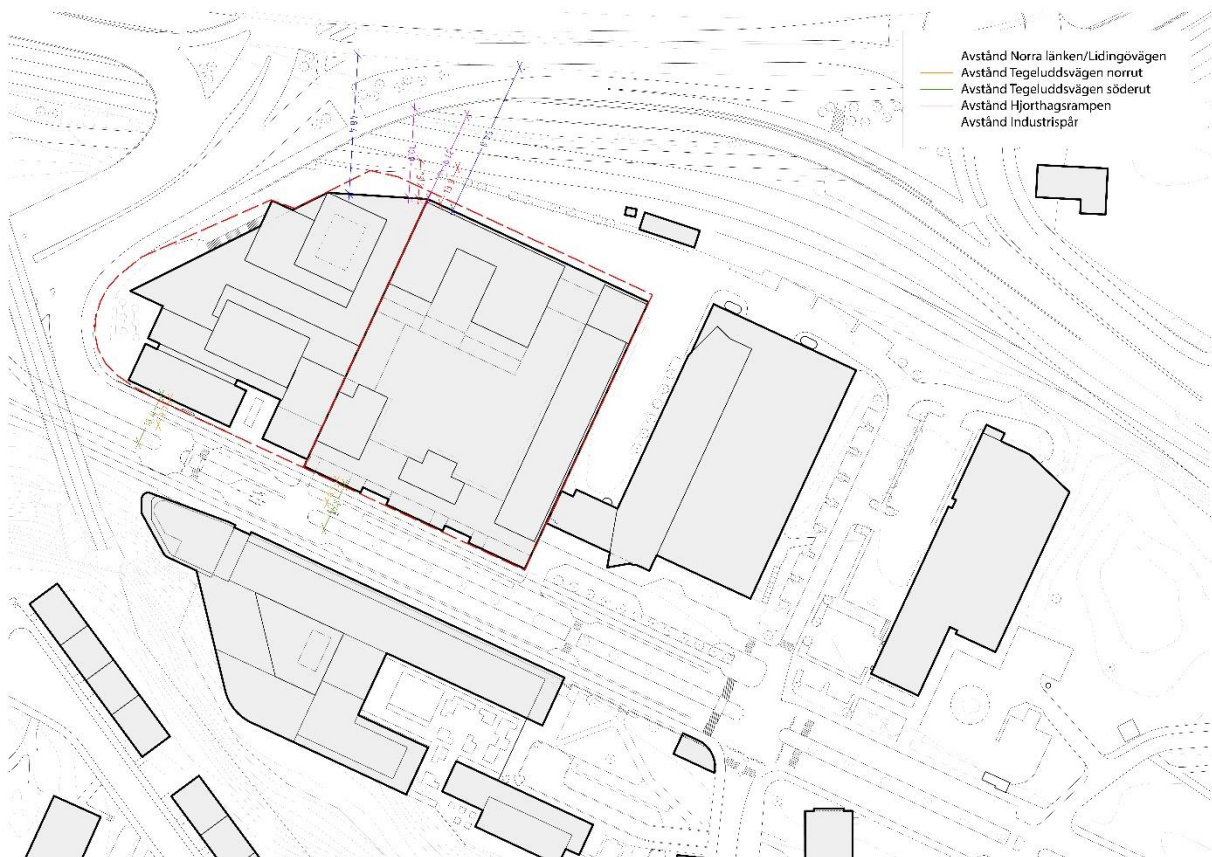


Figur 5. Orientering av Bremenfastigheterna (se gulmarkering) i förhållande till planerade stadsutveckling inom Norra Djurgårdsstaden.

En översiktlig redogörelse av planerad fastighetsutveckling i förhållande till närliggande infrastrukturer presenteras i figur 6 och 7.



Figur 6. Situationsplan över planerad utveckling.



Figur 7. Situationsplan med uppmätta avstånd till omkringliggande primära riskkällor.

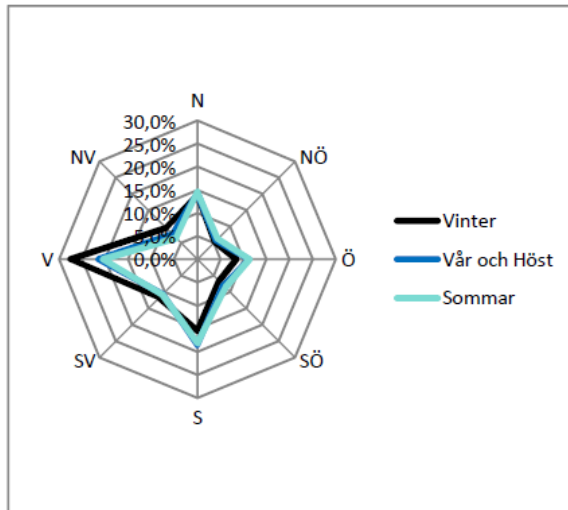
Avståndet från byggnader inom planområdet och omkringliggande riskkällor varierar utmed planområdet. Avståndet till Norra Länken/Lidingövägen uppgår som lägst till cirka 50 meter. Avståndet till industrijärnvägsspåren uppgår som lägst till cirka 15 meter. Avståndet till norra länkens avfartsramp mot Södra Hamnvägen uppgår som lägst till cirka 30 meter. Avståndet till Värtaverket överstiger 300 meter. Avståndet till Tegeluddsvägen norra körbana är kort och understiger 10 meter. Avståndet till Tegeluddsvägens södra körbanan är längre och överstiger 15 meter.

Planerad utveckling innebär att kontorsverksamheter bibehålls mot infrastrukturpaketen i norr medan den södra sidan mot Tegeluddsvägen planeras att utvecklas med bostäder och centrumändamål med mer livliga bottenvåningar. Generellt kommer marken mellan infrastrukturen i norr och planerade byggnader utformas för att inte uppmuntra till stadigvarande vistelse i ett led att minimera persontätheten inom de mest riskutsatta områdena

2.2 Meteorologiska förhållanden

I figur 8 kan utläsas att den dominerande vindriktningen är sydlig och västlig vind, värt att notera är att vindriktningen anger den riktning varifrån vinden kommer. Detta innebär att eventuella brandgaser vid händelse inom Energihamnen i de flesta fallen inte förväntas spridas i riktning mot hamnområdet. Sannolikheten att vinden ligger på i riktning mot studerat planområde som är belägen söderut från Energihamnen kan grovt uppskattas till ca 10 %.

Den dominerande vindhastigheten är 2,5–5,5 m/s. Gällande atmosfäriska stabilitetsklasser kan sägas att klass C-D är dominerande. Klass E-F inträffar i princip endast nattetid vid väldigt låga hastigheter.



Figur 8. Vindros som baseras på mätningar i Stockholm 1961 tom 2016 [1].

2.3 Farliga verksamheter och trafikförhållanden för farligt godstransporter

I närområdet finns vissa riskfyllda verksamheter som hanterar farligt gods vilka genererar farligt godstransporter på omkringliggande infrastrukturleder, dessa kan sammanfattas till följande:

- Värtaverket och Energihamnen (bunkring av brandfarliga vätskor, omlastning LNG till bunkerbåt samt hantering av mindre mängder ammoniaklösning och andra farliga kemikalier).
- Stockholms hamnars rederier verksamhet inom Frihamnen och Värtahamnen (viss mängd farligt gods samlas med färjetrafiken).
- Drivmedelstation St 1, Frihamnen
- Gasnätet i Stockholms reservanläggning för LNG, Frihamnen
- Lokala verksamheter på Lidingö såsom drivmedelstationer mm.

Tidigare riskfylld verksamhet i form av oljeverksamheten i Loudden har redan avvecklats och containerhamnen inom Värtan som genererade viss mängd farligt gods har flyttas till Norvik hamn. Spårtrafik sker i dagsläget på ett stickspår från Värtabanan in i Energihamnen. Det är främst Stockholm Exergi som nyttjar spåret för transport av biobränsle. Inga transporter av farligt gods sker på spåret i dagsläget och förväntas ej heller år 2040 i enlighet med detaljplan för Energihamnen.

Kopplat till den övergripande stadsutvecklingen inom Norra Djurgårdsstaden återfinns mindre osäkerhetsfaktorer kopplat till flytt/avveckling av nedanstående verksamheter [9].

Petrobells verksamhet i Loudden

Petrobells verksamhet som ligger i Loudden kommer inte att finnas kvar där i framtiden. Ett möjligt alternativ är Frihamnen ett annat är Energihamnen och ett sista är den avvecklas. Det finns inga representativa tider för när verksamheten avvecklas från Loudden.

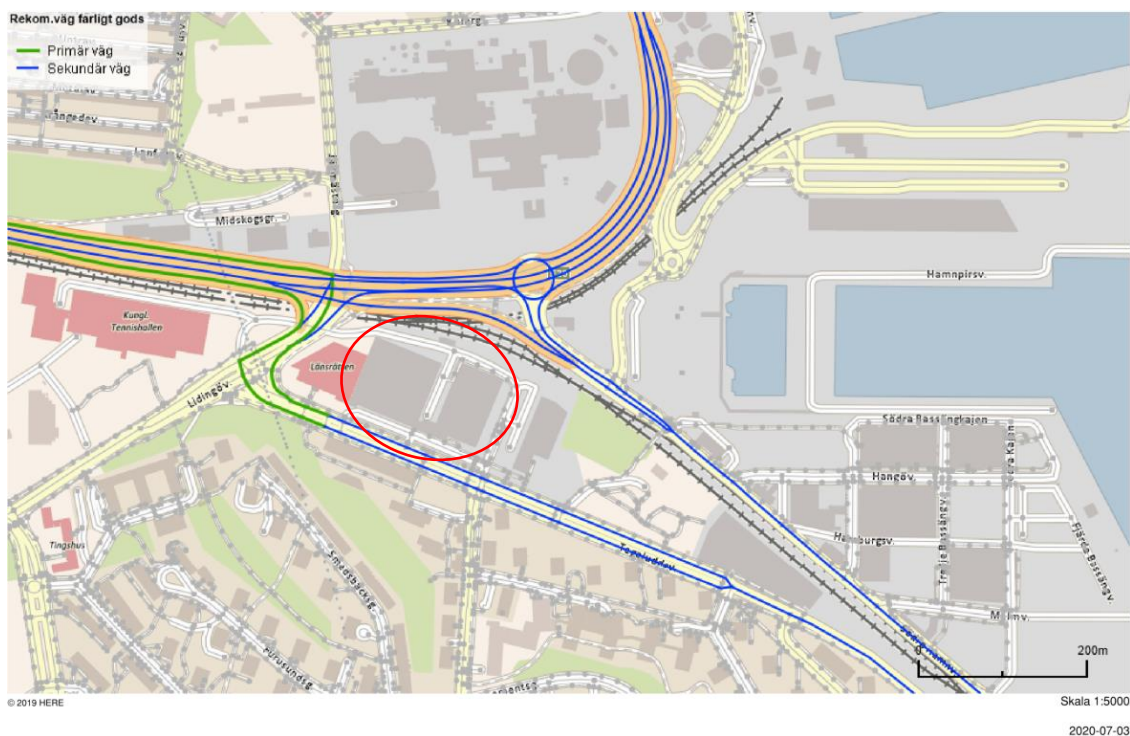
Drivmedelsstation St1 vid Frihamnsporten

Planeras avvecklas i samband med utveckling av Södra Värtan och Frihamnsområdet. Exakt tid för avveckling är inte preciserad. Enligt uppgifter förlängs St1:s arrendeavtal automatiskt med 12 månader i taget, och har en uppsägningstid om 12 månader.

Sammanfattning trafikförhållanden av farligt gods

Utifrån den målpunktanalys som är genomförd kan farligt godsflödet från Norra Länken sammanfattas enligt följande:

- Transporter mot Lidingö sker på Norra Länken/Lidingövägen.
- Mindre mängder farligt gods, vari 25-% ammoniaklösning utgör den mer betydande mängden, transporteras till Värtaverket via Jägmästargatan
- Transporter till Energihamnen sker via Norra Länken/Lidingövägen och Norra Hamnvägen
- Transporter från Energihamnen till Lidingövägen/Norra Länken sker via befintlig anslutning från Norra Hamnvägen till Norra Länken
- Transporter till och från Värtahamnen sker via ny tunnelanslutning som planläggs inom Valparaiso, så kallad hamnpåfarten.
- Transporter från Frihamnen/Loudden mot Norra Länken/Lidingövägen sker via Södra Hamnvägen – Hamnpirsvägen - hamnpåfarten.
- Transporter från Frihamnen/Loudden mot Norra Länken/Lidingövägen sker via Södra Hamnvägen – Hamnpirsvägen - ny tunnelanslutning inom Valparaiso så kallad hamnpåfarten.
- Transporter i riktning mot Frihamnen/Loudden sker via Lidingövägen och Södra Hamnvägen.
 - De kan också teoretisk transporteras via Tegeluddsvägen. Såväl Södra Hamnvägen som Tegeluddsvägen utgör sekundära farligt godsleder, se figur 9. Södra Hamnvägen är den skyltade vägen till/från Frihamnen och den mest naturliga att välja eftersom denna led nås via en direktanslutning till Norra Länken samt innebär kortast körsträcka. Baserat på detta är det rimligt att anta att transporter av farligt gods primärt sker via Södra Hamnvägen i riktning mot Frihamnsområdet. Det är även utgångspunkten i Stockholm stads långsiktigt trafikplanering.



Figur 9. Farligt godsleder i närheten av Bremen kvarteren (rödmarkering). Karta hämtad från Trafikverkets nationella vägdatabas (NVDB).

3 Riskanalys

Riskanalysen omfattar endast plötsliga och oväntade olyckshändelser med direkt fara för liv. När det kommer till plötsliga och oväntade olyckshändelser med direkt fara för liv är sådana olycksrisker primärt förknippade med farligt godsolyckor samt olyckor som kan leda till våldsamma kollisioner såsom t.ex. tågurspårning.

För studerat område har följande riskkällor identifierats vara av intresse att analysera:

- Farligt godshantering inom Värtaverket
- Farligt godstransporter på
 - Norra Länken
 - Norra Länkens avfartsramp och på Södra Hamnvägen
- Industrijärnvägsspår

3.1 Allmänt om farligt gods

I vilken grad människor, som befinner sig i närheten av en farligt godsolycka, påverkas beror bl.a. på vilket ämne som frigörs, olyckseffekt och exponeringsgrad. Många farliga ämnen påverkar endast det direkta närområdet till olycksplatsen och kräver att människor kommer i direktkontakt med ämnet för att skadas. En del farligt godsklasser kan dock ge upphov till konsekvenser på längre avstånd och på så sätt komma att påverka omgivningen negativt.

Farligt gods delas in i klasser utefter de egenskaper ämnet har enligt ADR-S för vägtransporter. De farligt godsklasser som kan leda till allvarliga konsekvenser med omkomna människor är främst explosiva ämnen och föremål (klass 1.1), brandfarliga gaser (klass 2.1), giftiga gaser (klass 2.3), brandfarliga vätskor (klass 3) och oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5). Övriga farligt godsklasser än de som redovisas ovan förknippas med konsekvenser som begränsas till närområdet kring olycksplatsen [8]. Till denna grupp härleds icke brännbara, icke giftiga gaser (klass 2.2), brandfarliga fasta ämnen (klass 4), giftiga ämnen (klass 6), radioaktiva ämnen och föremål (klass 7), frätande ämnen (klass 8) samt magnetiska föremål och övriga farliga ämnen (klass 9). I tabell 1 följer en kort sammanställning av de olika farligt godsklasserna som vid olycka bedöms kunna ge upphov till livshotande skador på människor inom studerat område samt de potentiella skadescenarier som kan uppstå.

Tabell 1. Sammanställning av de för analysen relevanta farligt godsklasser samt de potentiella skadescenarier som kan uppstå vid olycka.

Farligt godsklass	Olyckseffekt
Klass 1 Explosiva ämnen och föremål <i>Sprängämnen, ammunition, fyrverkerier etc.</i>	<p>Farligt gods klass 1.1. <i>Massexplosiva ämnen</i> kan skada människor på ett stort avstånd från olycksplatsen. Vid detonation av massexplosiva ämnen uppkommer stora tryckvågor i omgivningen. Byggnader och människor inom dessa kan komma att ta skada på stora avstånd. Uppkommen tryckvågen kan föranleda skada på trumhinnor och lungor samt kan omkullkastning leda till att människor utomhus förolyckas.</p> <p>En explosion nära byggnader kan leda till att väggar och liknande raseras och att människor skadas/omkommer på grund av detta. Fönster som krossas leder till glassplitter. Riskgrupp 1.2-1.6 innebär ingen risk för massexlosion utan begränsar sig till risk för splitter och kaststycken vid olycka. Konsekvenserna är normalt begränsade till närområdet och bedöms inte påverka byggnaders integritet.</p>
Klass 2.1 Brandfarliga gaser <i>Kväve, gasol, vätgas etc.</i>	<p>En olycka med farligt gods i klass 2.1 kan få olika skadeverkan.</p> <p><i>Jetflamma</i> – En jetflamma bildas om utströmmande gas under tryck antänds direkt. Störst blir olyckseffekten (flammans längd) om utsläppet sker i vätskenivå. Människor kan förolyckas genom hög värmeinstrålning.</p> <p><i>Gasmolnsbrand/-explosion</i> – Ett gasmoln bildas om den utströmmande gasen inte antänds direkt. Molnet kan då driva iväg och antändas i ett senare skede. Antändning av gasmoln i det fria karakteriseras vanligtvis av en gasmolnsbrand, men kan under ogynnsamma förutsättningar även resultera i ett förlopp med övertryckeffekter. Människor kan således komma att påverkas av såväl höga värmedoser som övertryckeffekter.</p>

	<p><i>BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)</i> – En BLEVE kan uppstå då en tank kraftigt upphettas exempelvis av en brand. Olyckseffekten blir värmestrålning och splitter och människor kan skadas på stora avstånd. Då BLEVE uppstår en tid efter upphettning har påbörjats får människor i området chans att sätta sig själva i säkerhet.</p>
<p>Klass 2.3 Giftiga gaser</p> <p><i>Klor, ammoniak etc.</i></p>	<p>Olyckseffekten av ett utsläpp av giftig gas beror mycket på omgivande faktorer såsom väderförhållanden och topografi. Människor kan förolyckas av förgiftning och/eller drabbas av frätskador på stora avstånd från olycksplatsen.</p>
<p>Klass 3 Brandfarliga vätskor</p> <p><i>Bensin, diesel, aceton etc.</i></p>	<p>Ett utsläpp av farligt gods klass 3 är primärt förknippat med uppkomst av en pölbrand vars värmestrålning kan orsaka brännskador på människor samt sprida brand till närliggande byggnader.</p> <p>Människor som befinner sig utomhus förväntas inte omkomma från avgiven strålning från en pölbrand, då det är troligt att dessa människor flyr undan värmen innan de förolyckas.</p>
<p>Klass 5 Oxiderande ämnen och organiska peroxider</p> <p><i>Ammoniumnitrat, väteperoxid, pumpemulsion för sprängning etc.</i></p>	<p>Ett utsläpp av farligt gods klass 5 innebär i sig ingen risk för omgivningen. Om ett utsläpp av klass 5 kommer i kontakt och blandas med t.ex. brännbara vätskor (bensin m.m.) kan dock konsekvensen bli en mycket kraftig explosion.</p>

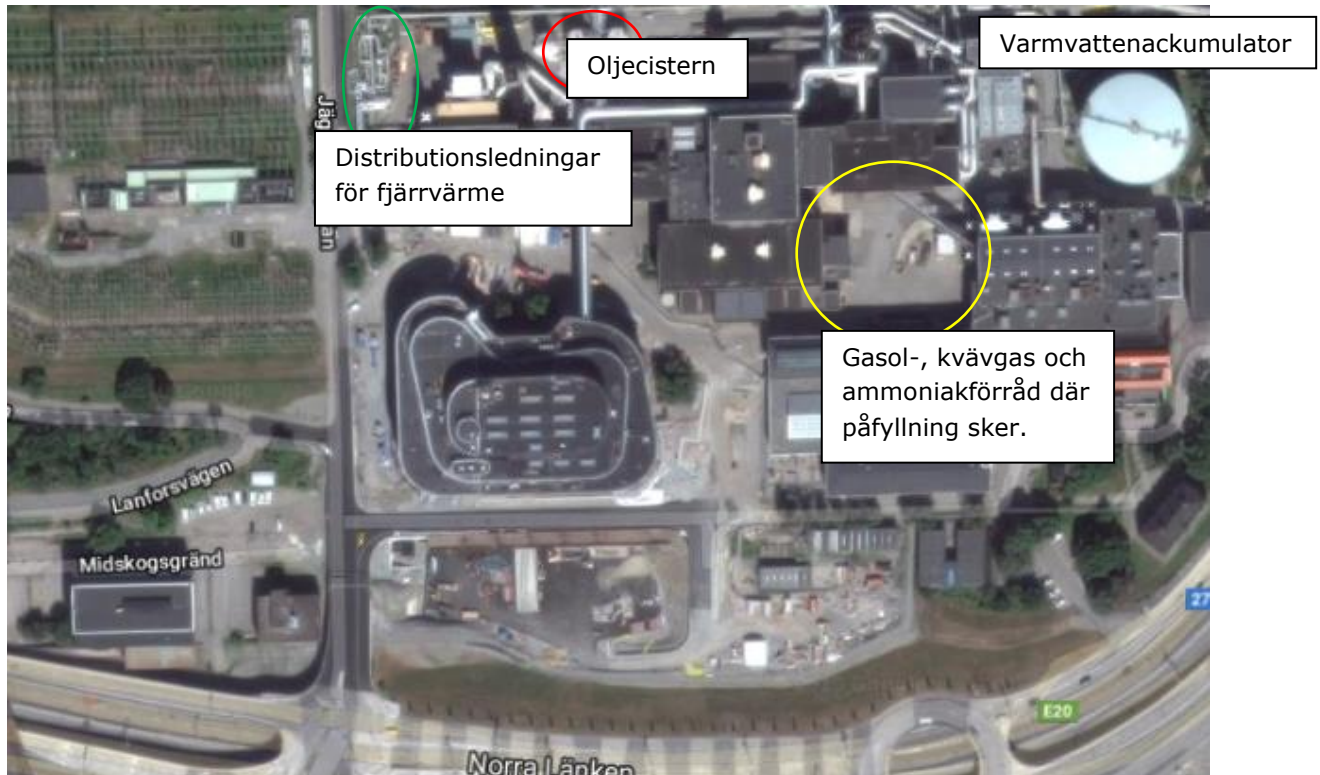
3.2 Värtaverket (del inom Kv. Nimrod)

Enligt Miljörapporten för Värtaverket 2014 [10] omfattar tillståndet för hamnverksamheten mottagning och hantering av fasta bränslen till en mängd av cirka 1 200 000 ton per år för Värtaverkets behov samt mottagning och hantering av cirka 250 000 ton flytande bränslen per år. Energihamnen är den del av Värtaverket som ger upphov till att verksamheten klassas enligt den högre kravnivån enligt sevesolagen. Majoriteten av det fasta bränslet förvaras under jord i förslutna ventilerade utrymmen, detta i syfte att begränsa påverkan på omgivningen.

Verksamheten befinner sig på flertal fastigheter och påverkan till omgivningen skiljer sig beroende på hanteringen per fastighet. Verket hanterar både flytande och fasta bränslen, vätgas, gasol samt sedvanliga verkstadskemikalier.

För rökgasrening används 25%-ig ammoniaklösning. Ammoniaklösningen levereras med tankbil till två cisterner om 125 m³ placerade inom kvarteret Nimrod, där en cistern försörjer KVV6 och en försörjer KVV8. Cisternerna är enkelmantlade och invallade med ett system för omhändertagande av spill. Antalet transporter av ammoniaklösning beräknas uppgå till ca 180-190 tankbilar per år, dessa transporter åker in till Värtaverket från Norra Länkens avfartsramp via Jägmästargatan. Antalet transporter av brandfarlig gas bedöms vara mycket ringa sett till de redogjorda volymer som förvaras inom kvarteret Nimrod och förbrukas årligen.

En platsspecifik redogörelse av innehållet i Värtaverket, del inom kvarteret Nimrod redovisas i figur 10.



Figur 10. Redogörelse av innehåll inom Värtaverket.

I tabell 2 presenteras en sammanställning av hanterade mängder inom Värtaverket, del inom kvarteret Nimrod.

Tabell 2. Sammanställning av hanterade ämnen på Värtaverket. Hämtad från referens [11].

Typ av vara	Volym (m ³)	Förvaringsplats	Användningsområde	Övrig information
Gasol (tank)	3,6	Nimrod	Tändbränsle	
Gasol (tuber)	0,157	Nimrod	Tändbränsle	50 l, 20 l, 10 l flaskor
Vätgas	2,4	Nimrod	Kylvätska samt för att uppnå konstant tryckhållning	4x12 flaskor, 50 l/styck
Acetylen	0,52	Nimrod	Svetsning	Flaskor
Ammoniak <25 %	250	Nimrod	Rökgasrening	2 x cisterner om 125 m ³ styck

Olycksscenariot förknippat med störst potentiell påverkan i omgivningen bedöms vara en olycka som föranleder ett större utsläpp av 25 %-ig ammoniaklösning. Ett sådant utsläpp karakteriseras av en pölbildning från vilken giftig gas förångas och sprids i vindriktningen, konsekvenserna styrs av hålstorleken som uppkommer vid olycka och den efterföljande pölbredningen samt de meteorologiska förhållanden som råder vid olyckstidpunkten. Vid ett stort utsläpp, till följd av exempelvis ett tankhaveri kan vådliga koncentrationsnivåer (risk för allvarlig skada eller dödsfall vid exponering längre än 5 minuter) uppkomma inom ca 100-150 meter från olycksplatsen [9]. Med avseende på att cisternerna inom verksamheten är invallade och försedda med ett uppsamlingsystem är bedömningen att ett sådant utsläpp omhändertas och i ett led begränsar potentiell förångning och skadeutbredningen i omgivningen. Sett till aktuell placering inom fastigheten bedöms vådliga koncentrationer begränsas inom verksamheten. Dessa skadezoner korrelerar väl med de av verksamheten översiktligt framtagna spridningsberäkningar som redogör att potentiellt dödliga koncentrationer¹ begränsas till 70-90 meter beroende av antaganden om meteorologiska förhållanden [2]. Noteras ska att spridningsberäkningar är utförd utan hänsyn till topografin och effekter av omgivande bebyggelse som i praktiken kommer medför mer utspädning och lägre potentiella skadezoner.



Från de primära riskällorna inom kvarteret Nimrod, såsom oljecistern samt gasol- och ammoniakförråd, överstiger avståndet till planområdet 300 meter vilket är betryggande sett till de potentiella konsekvenser som kan uppstå vid brand/explosion/utsläpp och spridning av ammoniaklösning inom Värtaverket.

Inga särskilda åtgärder behöver beaktas inom Bremenkvarteren för att säkerställa en godtagbar riskexponering inom planområdet.

¹ AEGL-3: den luftburna koncentrationen av ett ämne över vilken man beräknat att den allmänna befolkningen, inklusive känsliga individer, kan drabbas av livshotande hälsoeffekter eller död.

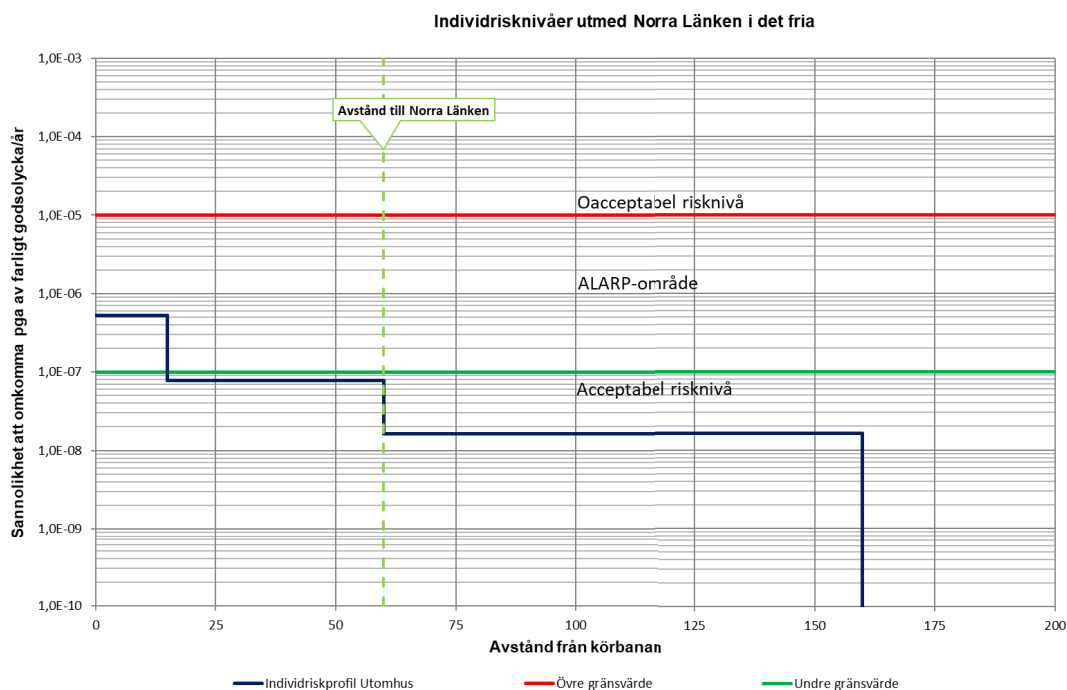
3.3 Farligt godsolycka på vägnätet

I nedanstående avsnitt sammanfattas riskexponeringen utmed analyserade transportleder. Riskberäkningar baserade på platsspecifika förutsättningar är framtagna. Detaljerade frekvens- och konsekvensbedömningar som ligger till grund för framtagna riskberäkningar återfinns i Bilaga A-C.

3.3.1 Norra Länken

E4/E20 utgör en av de mest trafikerade vägarna i Sverige. Vid Norrtull delar sig vägarna, E4 går norrut, medan E20 fortsätter vidare österut mot Värta. Trafikprognosen för 2040 anger 60 600 fordon utanför Starkströmmen. Såväl E4/E20 utgör primär transportled för farligt gods. E20 övergår till Lidingövägen inom Värtaområdet. Lidingövägen utgör en sekundär transportled för farligt gods. Farligt godsflödet på Norra länken inom Värtaområdet styrs av målpunkternas hantering. Genomfartstrafik med farligt gods inte är tillåtet utan alla transporter förutsätts ha en given måladdress. Då ingen genomfart är aktuell är det olämpligt att i riskanalysen utgå från generell statistik.

Baserat på genomförda kartläggningar av målpunkters farligt godshantering kan konstateras att riskexponeringen utmed Norra Länken styrs av flöden av brännbara gaser (LNG) samt brandfarliga vätskor. I figur 11 presenteras beräknad individrisknivå utmed Norra Länken i det fria för prognosåret 2040.



Figur 11. Individriskprofil utmed Norra Länken i det fria för prognosåret 2040.

Avståndet till Norra Länken uppgår till ca 60 meter. Utifrån rådande avstånd konstateras att acceptabla individrisknivåer inom planområdet är att vänta utifrån riskexponeringen som följer farligt godstransporter på Norra Länken/Lidingövägen och Norra Hamnvägen. Från utförd konsekvensanalys kan konstateras att riskexponeringen inom planområdet styrs av de osannolika men mer allvarliga olycksförloppen involverande LNG som har skadepotential att påverka människor inom planområdet.

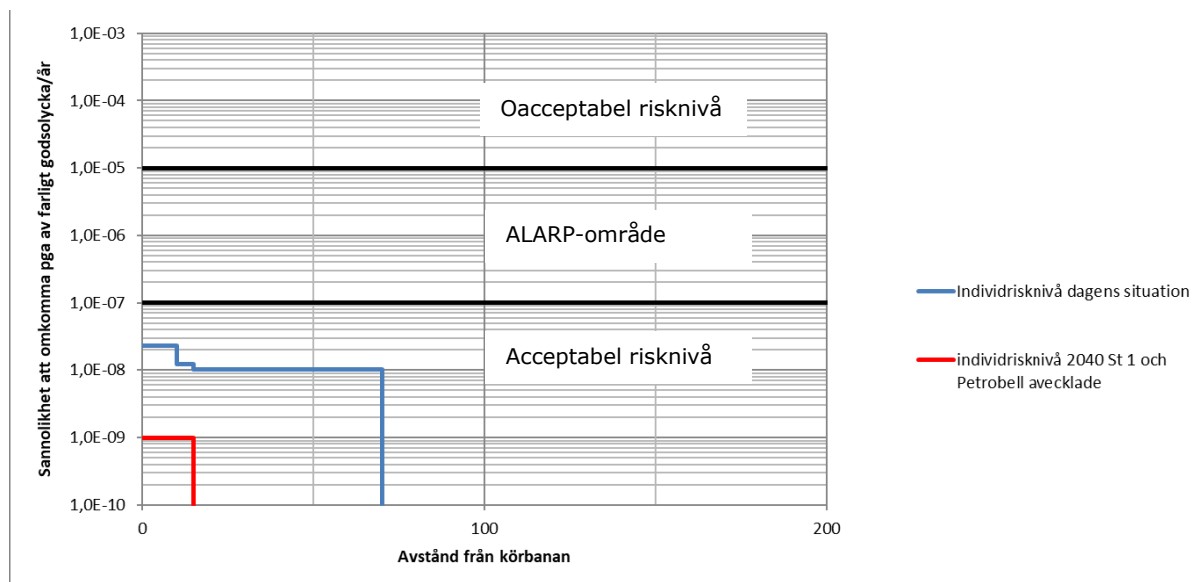
3.3.2 Olycka med farligt gods på Norra Länkens avfartsramp och utmed Södra Hamnvägen

De farligt godstransporter som kan komma att transporteras på Södra Hamnvägen via Norra Länken efter utbyggnad av planområdet utgörs av:

- Tankbilstransport av brandfarliga vätskor till Petrobells verksamhet
- Transport av styckegods till/från Frihamnen (viss farligt gods samlas med färjetrafiken)
- Drivmedelstationen St 1 som idag genererar transporter av brandfarliga vätskor samt biogas på växelflak men som kommer att avvecklas i framtiden beaktas också i då inte tiden för avveckling är 100 % säkerställd.

Med hänsyn till att den maximalt tillåtna hastigheten uppgår till 40 km/h på samt att det endast föreligger en körriktning (ingen risk för frontalkollision) är det väldigt osannolikt att en eller flera gasflaskor eller en tank med brandfarlig vätska kommer till skada vid en fordonsolycka, detta med hänsyn till förväntat krockvåld som föreligger vid en t.ex. upphinnandeolycka.

I figur 12 presenteras beräknad individrisknivå utmed Norra länkens avfartsramp och Södra Hamnvägen i det fria för prognosåret 2040.



Figur 12. individrisknivå för Norra länkens avfartsramp och utmed Södra Hamnvägen i det fria för prognosåret 2040. Svarta linjer noterar gräns för övre gränsvärde respektive nedre gränsvärde utifrån tillämpade acceptanskriterier.

Resultaten redogör att acceptabla individrisknivåer är att vänta inom berörda delar av planområdet sett till riskexponeringen.

Från utförd konsekvensanalys kan konstateras att riskexponeringen inom planområdet styrs av de osannolika men mer allvarliga olycksförloppen involverande transporter av biogas på gasflak som drivmedelstationen St 1 ger upphov till. Givet att drivmedelstationen St 1 samt Petrobells verksamhet mest troligt kommer vara avvecklade innan detaljplaneområdet är utbyggt och inflytt skett är en mycket ringa riskexponering att vänta kring berörda transportleder.

3.4 Industrijärnvägsspår & södra bangården

På Värtabanan transporteras endast gods. De låga hastigheterna som föreligger vid rängering (krypfart, <10 km/h) samt på industrijärnvägsspåret (10-20 km/h) innebär en väldigt låg sannolikhet för att en större olycka som utgör fara för tredje man ska inträffa. Mekanisk verkan till följd av urspårning kan antas vara väldigt begränsad till följd av de låga hastigheterna, vilket innebär att ett urspårat tåg ej förväntas sprida sig längre än några meter från spårområdet. Baserat på beräkningsanvisningar som återfinns i Eurokoderna vad gäller urspårningsscenarioer beräknas att ett urspårat tåg i 20 km/h maximalt kan förväntas röra sig ca 5 meter från spåret. Inga människor inom planområdet bedöms kunna påverkas vid en urspåringsolycka.

Det finns inga restriktioner för vilka farligt godsklasser som får transporteras på Värtabanan, utan detta styrs av målpunkternas verksamhet. Prognoser för 2040 indikerar ca 5 tågrörelser per dygn, varav majoriteten kan förutsättas vara transporter av biobränsle till Värtaverket. Som det ser ut idag är det enbart reguljär färjetrafik (passagerarfartyg) som samlas med viss mängd gods (så kallade ROPAX), vilka trafikerar hamnverksamheten. Det anlöper inga fartyg med kapacitet att ta hand om spår bunden gods inom Värtahamnen. Givetvis kan inte uteslutas att risksituationen framgent kan förändras till följd av att nya rederier, som skeppar farligt gods börjar trafikera Värtahamnen igen. Med hänsyn till Stockholm Hamnars restriktioner avseende hantering av farligt gods, se bilaga D, förväntas dock inte transporter av kemikalier som är förknippad med större påverkansområden vid händelse av olycka på banan. I enlighet med Stadens strategi att flytta den tyngre godshanteringen till Norvik anses en utveckling som innebär en betydande ökning av farligt godstransporter på Värtabana som osannolik. Tas hänsyn till att det inom Energihamnen skulle kunna bli intressant att flytta över viss del farligt godshantering från fartyg och lastbil till järnväg, rör det sig om transporter innehållande brandfarlig vätska klass 3. Det bör dock noteras att inte heller detta är någon sannolik utveckling, detta med avseende på att infrastrukturen inom Energihamnen utgår från fartygsmottagning. Brandfarliga vätskor klass 3 är förknippade med väldigt låg sannolikhet för antändning givet utsläpp till atmosfären. En olycka med brandfarlig vätska kan i likhet med en tankbilsolycka föranleda en pölbrand som ger upphov till hög värmestrålning mot omgivningen. Sett till farligt godstankarna utformning så bedöms dessa tåla de mindre mer förekommande stöttarna som kan komma att uppstå av en olycka i lägre hastigheter. I samband med rängering i låga hastigheter är enligt "handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg" [18] sannolikheten för ett stort utsläpp = 0. Samma förutsättningar bedöms giltiga på industrijärnvägsspåret sett till de låga hastigheterna och ringa krockvåldet som kan uppstå vid en olycka. För att analysera potentiella konsekvenser i omgivningen har strålningsberäkningar för pölbrand tagits fram, dessa finns redovisade i Bilaga B. Utförda strålningsberäkningar för en pöl om 100 m² påvisar att direkt farligt strålningsnivåer (15 kW/m²) begränsar sig till ca 15 meter från olycksplatsen. Som redogjort för i tidigare avsnitt finns inga indikationer på att farligt gods kommer trafikeras på järnvägen. Ett troligt brandscenario är snarare hänfört till en godstågsbrand. Detta utgör ett mer långsamt förlopp, och mindre risk för omgivning i jämförelse med beskriven pölbrand.

Kopplat till den planerade anläggningen Bio-CCS inom energihamnen går inte att utesluta att det kan bli aktuellt att transportera koldioxid i form av kylkondenserad vätska på järnvägen även om huvudalternativet är att detta sker via båt i enlighet med verksamhetens tillståndsansökan. Skulle transporter ske på järnväg kommer det ske i tankar med extra hög hållfasthet. Koldioxid är inte klassat som giftig eller brandfarlig gas, men kan vid spridning i luft medföra risk för kvävning vilket är den primära olycksrisken. Kvävningspotential återfinns primärt vid större utsläpp och på kortare avstånd från riskkällan. Sett till tankarnas hållfasthet och den låga hastigheten inom bangården är inte större utsläpp att vänta även vid mer allvarliga olyckor såsom urspårning och vältning av tankvagn som tur riskerar att förorsaka skada på tank. Sannolikheten för ett stort utsläpp kan i likhet med tankar som framför brandfarlig vätska sättas till 0. Den fysiska barriär, bestående av första radens kontorsbyggnader mot spårområdet tillsammans med naturliga höjdskillnad kommer vidare att skydda människor inom planområdet. Ett mindre utsläpp bedöms inte medföra direkt fara för liv sett till rådande planeringsförutsättningar.

4 Samlad bedömning och riskvärdering

Utförd identifiering och analys av potentiella olycksrisker indikerar en låg total riskexponering inom planområdet och dess närområde. Rådande planeringsförutsättningar innebär att relativt stora skyddsavstånd säkerställs till de primära riskkällorna kring planområdet.

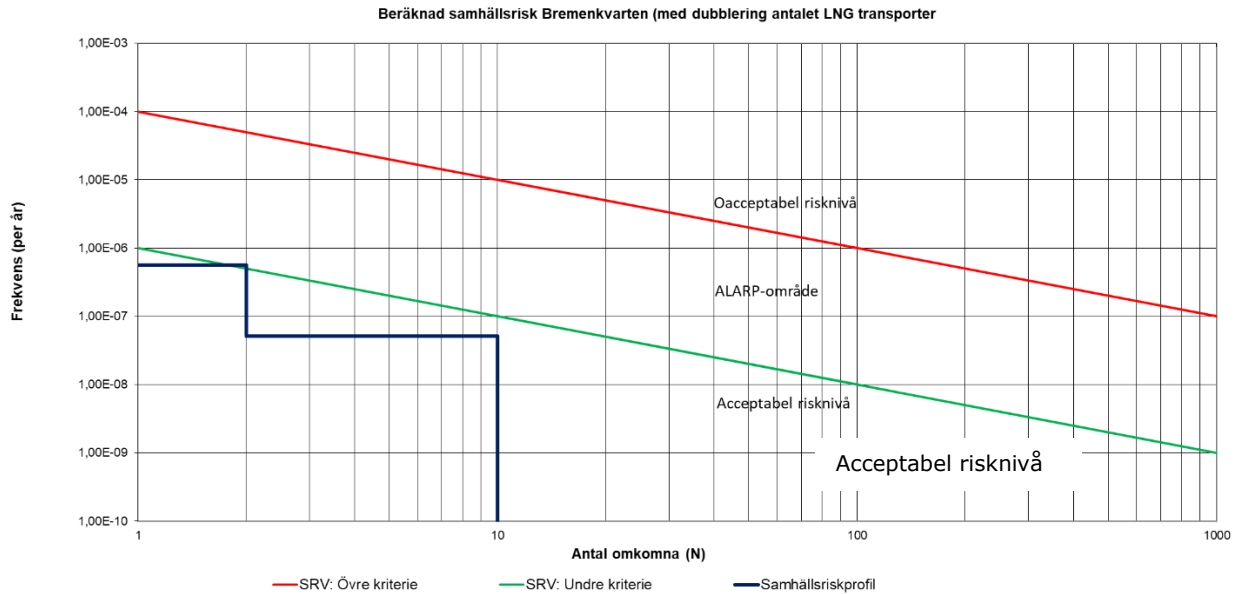
Som underlag för en samlad bedömning och riskvärdering har samhällsrisknivåer beräknats. I samhällsriskberäkningar beaktas även risken för allvarlig påverkan i närområdet kring planområdet. Samhällsriskberäkningar utgår från en värsta tänkbar olycksplacering med hänsyn till planerad exploatering inom planområdet. Sett till närområdet och angränsande detaljplaner som är under framtagning kan konstateras att skadeutbredningen vid händelse i anslutning planområdet i mångt och mycket är begränsade till planområdet för Bremenkvarteren. Undantaget är vid uppkomst av mer allvarliga explosionsförlopp på Norra Länken/Lidingövägen såsom BLEVE som kan föranleda påverkan inom delar av kvarteret Nimrod. Personbelastningen inom dessa områden bedöms dock generellt lägre än det som uppskattas inom Bremenkvarteren vid riskberäkning.

Rådande förutsättningar innebär en generellt låg personbelastning i anslutning till de mer riskutsatta områdena mellan planerade byggnader och Norra Länken. Den kumulativa samhällsriskbilden är beräknad utifrån följande förutsättningar och antaganden:

- Personbelastningen utomhus i mer riskutsatta lägen mellan planerade och byggnader och Norra länken bedöms som generellt låg utifrån att människor inte förväntas vistas i dessa ytor stadigvarande.
 - För skadepotential utomhus antas drabbade utifrån en beräknad personbelastningen om 1 person per 2500 kvm vid olycka.
- Olycksfrekvenser på Norra länken utgår från en studerad sträcka om 1 km.
- Olycksfrekvenser på Norra Länkens avfartsramp mot Södra Hamnvägen utgår från en studerad sträcka om 1 km.

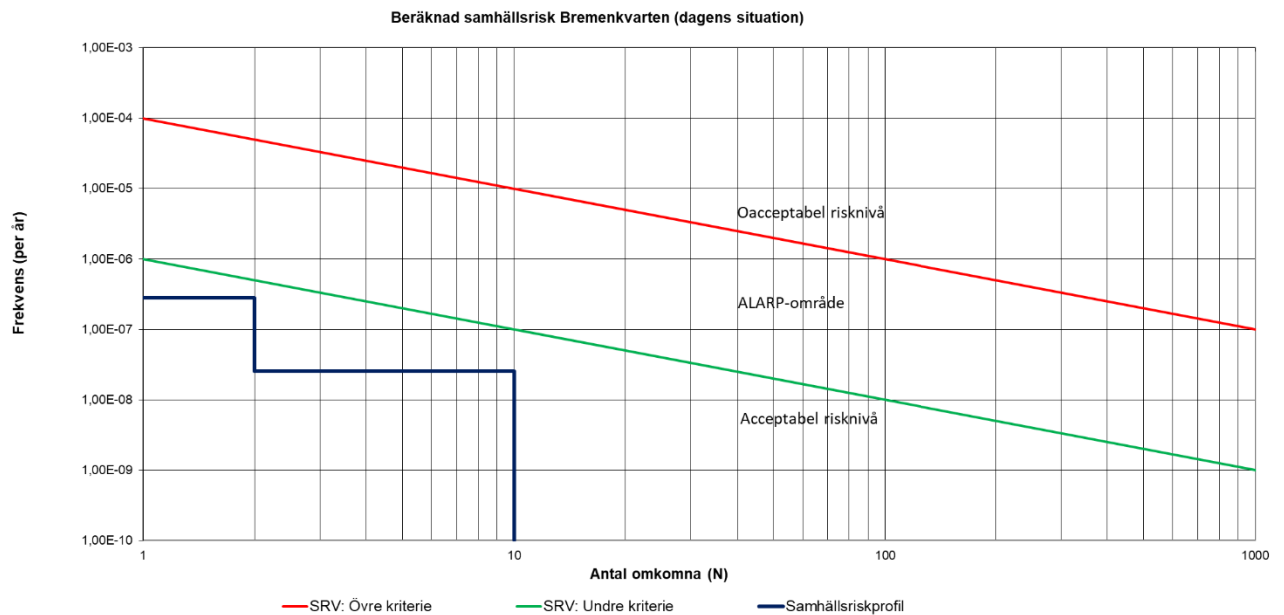
I Bilaga A-C återfinns de frekvens- och konsekvensbedömningar som ligger till grund för presenterade samhällsriskprofiler.

I figur 13 redovisas beräknad samhällsriskprofil för prognosåret 2040 vilket omfattar en dubblering av antalet LNG-transporter sett till dagens situation.



Figur 13. Beräknad samhällsrisikprofil för prognosåret 2040 men där drivmedelstation St 1 samt Petrobells verksamheter förutsätts finnas kvar.

I figur 14 redovisas beräknad samhällsrisikprofil utan dubblrad mängd LNG-transporter, d.v.s. dagens situation.



Figur 14. Beräknad samhällsrisikprofil baserat på dagens situation (utan dubblrad mängd LNG-transporter).

Utförda samhällsrisikberäkningar påvisar tämligen låga och godtagbara riskbilder vilka är relativt okänsliga mot antaganden om transporter.

5 Känslighetsanalys

Riskanalyser är alltid förknippade med osäkerheter. Osäkerheterna rör primärt antagande om mängder farligt godstransporter och fördelningar mellan de olika klasserna samt uppskattningar av olycksfrekvenser och konsekvensbedömningar med hänsyn till de antaganden som görs. För aktuell detaljplan finns större osäkerheter kring förändringar av målpunkternas farligt godshantering i närområdet och när i tid dessa förändringar kommer att genomföras. Genomgående har dock konservativa antaganden om framtidsscenarioer beaktas och riskberäkningar är framtagna för olika möjliga scenarier.

Som förtydligat i analysen utgår den långsiktiga infrastrukturplaneringen att tung trafik inklusive farligt godstransporter till/från Frihamnsområdet ska framföras via Södra Hamnvägen och ej via Tegeluddsvägen. Tegeluddsvägen är dock fortsatt en sekundär farligt godsled. Således kan inte helt uteslutas att farligt godstransporter kan komma att framföras på vägen i framtiden. Baserat på individriskberäkningar för Södra Hamnvägen kan konstateras att acceptabla individrisknivåer är att vänta i Tegeluddsvägens direkta närhet. En mer kvalitativ ansats görs för att kvantifiera samhällsriskerna.

Teoretisk samhällsrisknivå utmed Tegeluddsvägen inom planområdet

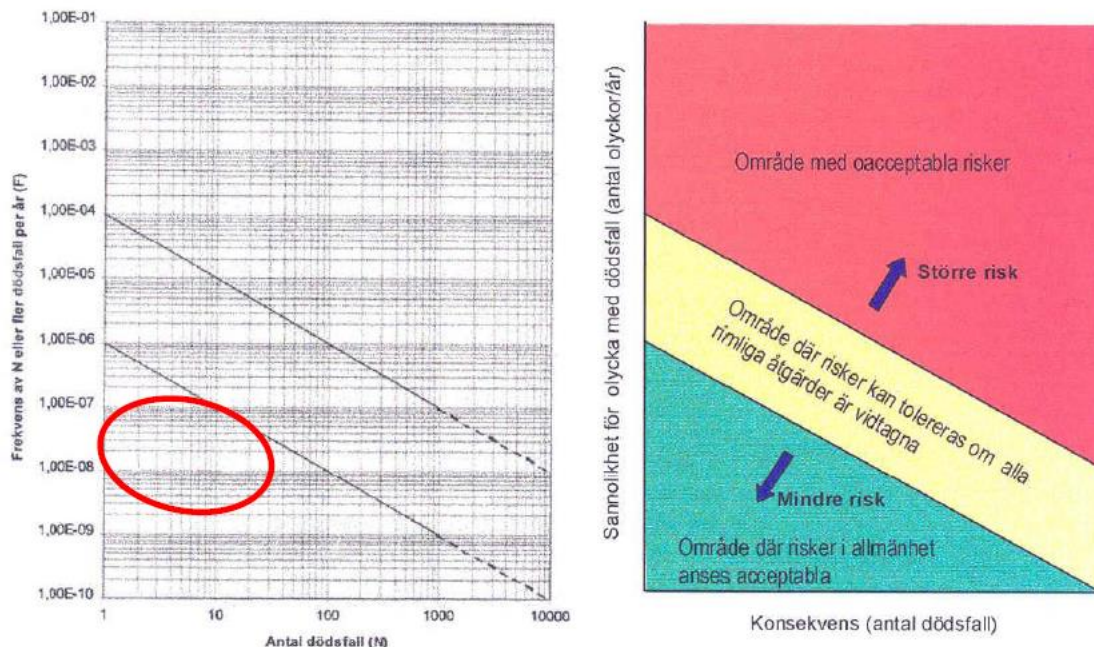
De mest kritiska olycksscenario vid olycka med brandfarlig gas (ADR-S Klass 2.1) kommer vara explosionsartade förlopp (gasmolnsexplosion eller kärlsprängning) och med brandfarlig vätska (ADR-S Klass 3) kommer det mest kritiska olycksscenarioet vara en tankbilsolycka som ger upphov till spill och vidare en pölbrand. Efter det att drivmedelstationen St 1 och Petrobells verksamhet har avvecklats återfinns en mycket begränsad potentiell riskexponering utmed Tegeluddsvägen respektive Södra Hamnvägen. Högre riskexponering återfinns på det södergående körfältet sett till att fullastade transporter rör sig i denna riktning för avlastning. I motsatt riktning kan transporterna i relativt stor utsträckning vara tomma.

Vid explosionsartade förlopp bedöms en explosion kunna föranleda fönsterkross som innebär att människor inomhus kan komma att bli exponerade av splitter och flygande föremål. En efterföljande brand riskerar även att kunna sprida sig i byggnaden. Primärt riskerar människor direkt innanför fasad att kunna förolyckas/allvarligt. Sett till det tämligen utdragna olycksförlopp som t.ex. kärlsprängning är förknippade med bedöms människor i närområdet ha goda möjligheter att försätta sig i säkerhet. Att fler än ett fåtal människor allvarligt påverkas/förolyckas bedöms som osannolikt utifrån hur de karakteristiska olycksförloppen.

Vid en pölbrand föreligger enligt strålningsberäkningar risk för brandspridning till planerade byggnader utmed Tegeluddsvägen om olycka sker på det norrgående körbanorna som ligger på ett avstånd under 10 meter från planerade byggnader. Människor inomhus förväntas dock vara skyddade från direkt dödliga strålningsnivåer i det tidiga skedet till dess att glaspartier går sönder och brandspridning in i byggnad uppstår. Människor utomhus som ej hinner försätta sig i säkerhet bedöms allvarligt kunna påverkas/förolyckas. Att fler än enstaka människor allvarligt påverkas/förolyckas vid händelse av en pölbrand bedöms som osannolikt. Sker olycka på det södergående körfältet som ligger på ett avstånd om mer än 15 meter från planerade byggnader förväntas inte brandspridning till planerade bostadsbyggnader uppstå.

I relation till beräknade olycksfrekvens för ovan redogjorda olycksförlopp kan enligt acceptanskriterierna för samhällsrisknivån presenterad i avsnitt 1.6 cirka 10 omkomna accepteras innan risknivån hamnar inom ALARP-området. Utifrån studerade olycksförlopp bedöms det inte troligt att antalet omkomna överstiger 10 människor i omgivningen vid en farligt godsolycka på Tegeluddsvägen.

Indikativa samhällsrisknivåer baserat på kvalitativa konsekvensbedömningar och redogjorda olycksfrekvenser presenteras i figur 15. Av bedömningarna går att utläsa att den potentiella samhällsrisknivån är att betrakta som acceptabel. Redogjorda samhällsrisknivåer återger en riskbild fram till dess att drivmedelstationen St 1 är avvecklad.



Figur 15. Indikativa risknivåer utmed Tegeluudsvägen som återspeglar en riskbild som utgår från att förväntad farligt godsflöde på Södra Hamnvägen i stället framförs på Tegeluudsvägen.

Samlad bedömning utifrån känslighetsanalysen resultat

De låga risknivåerna indikerar att genomförbarheten av utvecklingen inom Bremen kvarteren där nya bostäder tillförs på nära avstånd från Tegeluudsvägen utifrån ett riskperspektiv inte är avhängt att farligt godstransporter inte framförs på Tegeluudsvägen. Avståndet till de södergående körbanorna, där högre teoretisk riskexponering finns, bedöms vidare säkerställa att risk för brandspridning inte uppstår vid en pölbrand på dessa körbanor. En omklassificering av Tegeluudsvägen skulle dock ta bort osäkerheter och framför allt skapa en totalt sett bättre risksituation då farligt gods med större säkerhet framförs på den mest lämpliga vägsträckan. Det rekommenderas därför att Stockholm stad i samverkan med Länsstyrelsen fortsatt analyserar möjligheterna till att avklassa Tegeluudsvägen som sekundär farligt godsled.

Önskas en robusthet byggas i detaljplanen kan regleras att bostadsbyggnader intill Tegeluudsvägen ska utföras med alternativ utrymningsväg bort från Tegeluudsvägen. Detta i syfte att säkerställa förutsättningar för en trygg evakuering av byggnaderna vid en extern olyckshändelse på Tegeluudsvägen. Att begränsa fasadmateriell och/eller inarbete andra mer begränsande byggnadstekniska säkerhetsåtgärder bedöms ej vara motiverat utifrån den ringa riskexponering som teoretiskt föreligger utmed Tegeluudsvägens norra körbana som angränsar till planerade bostadsbyggnader på korta avstånd.

Känslighetsanalysen indikerar att risknivåerna och grunderna för riskvärdering är tämligen okänslig mot osäkerheter i antaganden.

6 Diskussion och slutsatser

Utförd analys indikerar en låg samlad riskexponering inom planområdet. Såväl individ- som samhällsrisknivån bedöms vara godtagbar inom planområdet. I jämförelse med dagens situation bedöms inte planerad stadsutveckling direkt påverka risknivåerna.

Slutsatsen är att tänkt exploatering kan utföras enligt föreslagen struktur. För att minimera riskerna förknippade med planläggning och öka robustheten bedöms följande riskreducerande åtgärder vara rimliga att beakta utifrån ett kostnad-/nyttoperspektiv:

- Friskluftsintag placerade på taknivå och/eller med intag från sida som ej vetter mot infrastrukturen i norr.
- Ytor mellan planerade byggnader och infrastrukturen i norr rekommenderas att utformas för att inte uppmuntra till stadigvarande vistelse.

Ovanstående åtgärdsförslag kan behöva omformuleras så att de följer de regler som gäller för utformning av planbestämmelser enligt Plan- och Bygglagen (2010:900). Observera att ovanstående åtgärder endast utgör förslag och att det är upp till kommunen/projektet att ta beslut om åtgärderna ska implementeras och huruvida behov finns att införliva åtgärder via planbestämmelser i plankartan.

Om kommunen bedömer att det långsiktigt bör tas hänsyn till Tegeluddsvägens sekundära klassning kan en ökad robusthet inarbetas i detaljplanen via att reglera att bostadsbyggnader intill Tegeluddsvägen ska utföras med alternativ utrymningsväg bort från Tegeluddsvägen. Att begränsa fasadmaterial och/eller inarbeta andra mer begränsande byggnadstekniska säkerhetsåtgärder bedöms ej vara motiverat utifrån den ringa riskexponering som teoretiskt föreligger utmed Tegeluddsvägens norra körbana som angränsar till planerade bostadsbyggnader på korta avstånd.

Referenser

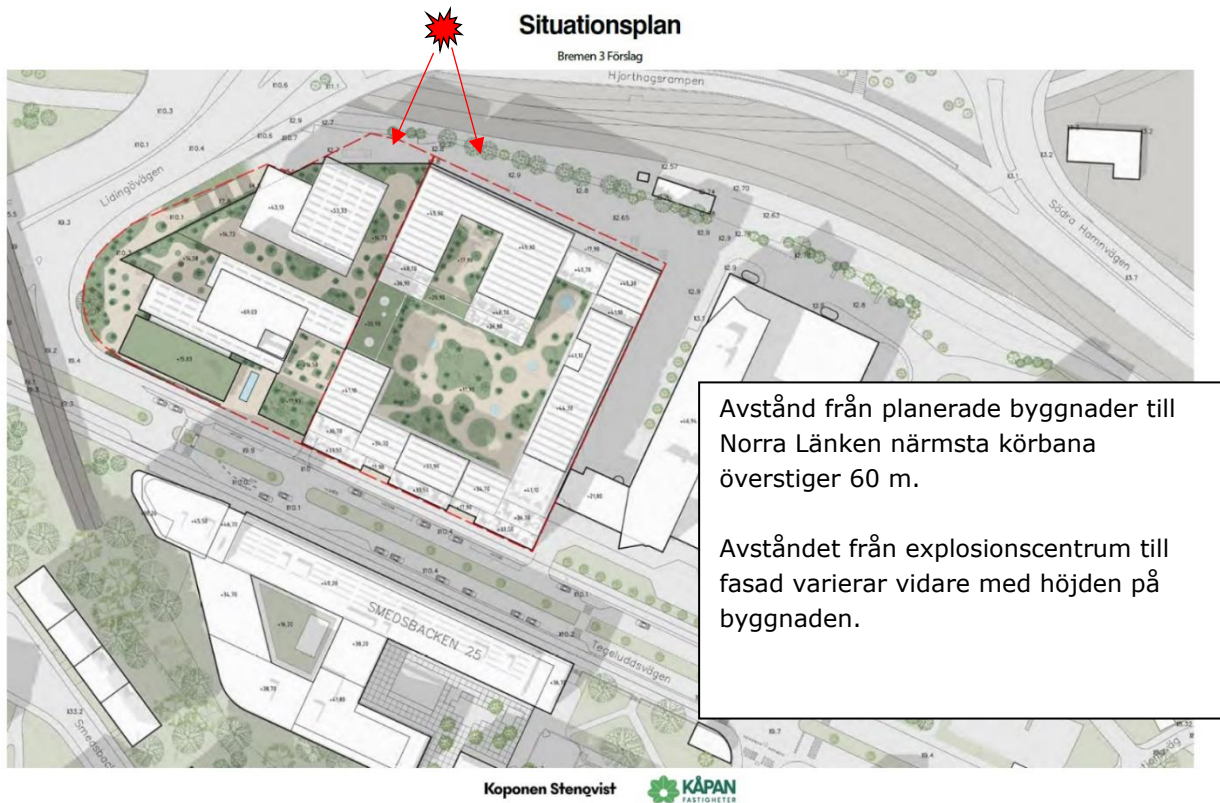
- [1] Översiktlig riskutredning Norra Djurgårdsstaden, version 3, RiskTec Projektledning AB, 2016.
- [2] Säkerhetsrapport Värtaverket, Stockholm Exergi, 2022-12-14, ver 8
- [3] Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, Riskhantering i detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods, 2006.
- [4] Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Länsstyrelsen i Stockholms län, Fakta 2016:4.
- [5] Samhällsplanering och riskhantering i anslutning till storskalig kemikaliehantering, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB), maj 2015.
- [6] Handbok för riskanalys, Räddningsverket, 2003.
- [7] Räddningsverket (bl.a. i samarbete med DNV), Värdering av risk, ISBN 91-88890-82-1, 1997.
- [8] Stadsbyggnadskontoret i Göteborg (i samarbete med FOA risk & VBB Samhällsbyggnad), Översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektorn – Transporter av farligt gods, Bilaga 1-5, Dnr: 758/92, 1999.
- [9] PM Beskrivning av förändringar av vissa industriverksamheter på Loudden och i Frihamnen, Exploateringskontoret, Avdelningen för Stora projekt, 2016.
- [10] Miljörapport för Värtaverket 2014, AB Fortum Värme samägt med Stockholm stad.
- [11] PM Värtaverket – identifierade scenarier i oljedepå, WSP, 2015.
- [12] PROGRAMUTREDNING *Riskutredning och brandskyddsdocumentation Hamnpåfarten*, X1-PM-602-0001, Structor Riskbyrå AB, 2018.
- [13] Riskbedömning för ny detaljplan i Energihamnen, Samrådshandling, Structor Riskbyrå AB, 2018.
- [14] Riskbedömning järnvägsplan, Spårväg City etapp 2, Tyréns, 2011.
- [15] PM RISK OCH SÄKERHET FÖRDJUPAD UTREDNING, Tvärbanan Kistagrenen, Underlag för detaljplaner i Stockholm, Sundbyberg och Sollentuna, Brandskyddslaget 2016.
- [16] Råd och skyddsanvisningar för dig som ska arbeta inom Banverkets spårområde, Banverket.
- [17] Statistik över olyckor på statens spåranläggningar år 2006, Banverket 2006
- [18] Farligt gods: riskbedömning vid transport: handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg, Räddningsverket, Karlstad, 1996.

Bilaga A – Fördjupning av risker med LNG-transporter

A.1. Orientering

I figur 16 kan planerad byggnad i förhållande till Norra Länken/Lidingövägen åskådliggöras. Störst hot för människor inom planområdet är om en olycka inträffar mellan Bremen 1 och Bremen 3. Fullastade tankbilar med LNG förväntas vägbana i riktning mot hamnområdet, d.v.s. på närmsta körbana i förhållande till planområdet.

Figur 16. Planerade byggnader i förhållande till Norra Länken och värsta tänkbara explosionscentrum.

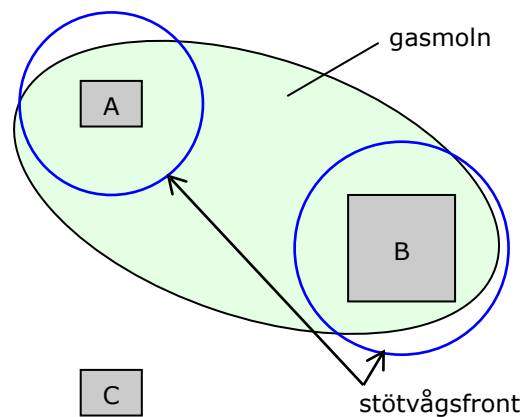


A.2. Gasmolnexplosion

A.2.1. Teori

I litteraturen finns olika anvisningar om hur last från en gasexplosion kan beräknas. I det här dokumentet används den så kallade TNO Multienergimetoden, van den Berg (1985), för att beräkna resulterande last och närmare beskrivning samt beräkningsgång är hämtad från Johansson (2013) som utgör en av flera delrapport i utgiven rapportserie från MSB som finns tillgänglig www.msb.se/skyddsrum.

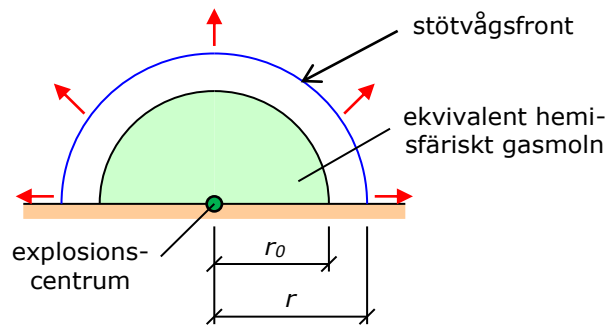
TNO Multienergimetoden bygger på att en gasexplosion består av ett antal delexplosioner där en kraftfull explosion enbart kan initieras i de delar av molnet där gasens expansionsmöjligheter är begränsade, dvs. helt eller delvis inneslutna volymer eller i blockerade områden. Detta innebär att det i ett gasmoln potentiellt kan skapas flera av varandra oberoende explosioner, var och en med sitt eget energiinnehåll. Vidare är det enbart de delar av gasmolnet som inryms i områden som betraktas som explosionsbenägna som används för att bedöma styrkan hos en kraftfull explosion. Detta illustreras schematiskt i figur 17 där ett gasmoln spritt ut sig inom markerat område. I figuren markerar A, B och C områden med någon form av inneslutning och/eller blockering i en sådan omfattning att de bedöms kunna initiera en kraftfull explosion. Område A och B innesluts av gasmolnet och kan därför vardera generera en explosion medan område C är beläget utanför gasmolnet och därför inte bidrar till detta. Den explosionsalstrande energimängden baseras på volymen i område A respektive B och kan generera två av varandra oberoende explosioner med olika styrka och med explosionscentrum centriskt placerad inom respektive delvolym. Övriga delar av gasmolnet, utanför område A och B, bidrar dock inte till energimängden i någon av dessa båda explosioner. Därmed begränsas eventuella kraftfulla explosioners tillgängliga energimängd till det minsta av hur stor mängd av gasmolnet som ryms i en explosionsinitierande volym eller av gasmolnets aktuella storlek. Gasen utanför område A och B kan också ge upphov till en explosion men då med en lägre styrka. En sådan explosion baseras då på den totala gasvolym som befinner sig utanför område A och B.



Figur 17. Schematisk illustration av TNO multienergimetod. Ett gasmoln täcker markerat område. Område A och B innesluts av gasmolnet och kan båda ge upphov till varsin explosion.

Beräkningsmodellen i TNO multienergimetod baseras på att framtagen gasvolym inom respektive område omvandlas till en ekvivalent hemisfär innehållande samma volym, se figur 18. Gasen antas bestå av en homogen, stökiometrisk blandning av gas och luft med en förbränningsenergi $E'_{gas} = 3,5 \text{ MJ/m}^3$, som är oberoende av gastyp.

Explosionen förutsätts ske nära mark på ett sådant sätt att tredimensionell avlastning är möjlig. Detta innebär att effekten av så kallad spegling också redan har beaktats i för metoden angivna samband.



Figur 18. Schematisk illustration av en ekvivalent hemisfärisk gasvolym som används i TNO multienergimetod, där r_0 betecknar radien hos den ekvivalenta volymen.

A.2.2. Förutsättningar

I TNO Multienergimetoden finns det tre parametrar som avgör vilken last som fås från en given gasexplosion:

- Ingående stökiometriskt blandad gasvolym (explosionskällans energimängd)
- Explosionsstyrka (anges med en styrkefaktor, graderad 1-10 där ett högt värde anger en kraftig explosion – 10 motsvarar en detonation)
- Avstånd mellan explosionscentrum och studerad punkt

Val av explosionsstyrka är en viktig parameter som har stor inverkan på storleken hos den förväntade explosionslasten. Det är dock svårt att bedöma vilken styrka som ska användas i en given situation och här utgår från förenklade riktlinjer som ges i Johansson (2013).

Gasvolym och styrkefaktor

Hur storleken på en blockerad gasvolym, som kan ge upphov till en kraftig gasexplosion, ska bestämmas är inte självklart. Utgångspunkt tas i resonemang som återfinns i framtagna fördjupad konsekvensutredning för detaljplaneområdet Hornsbergskvarteren längs med Essingeleden på Kungsholmen.

Sett rådande förutsättningar finns för en gasexplosion med sitt centrum på Norra Länken i höjd med planerad byggnad inga fasta naturliga områden som kan ge upphov till en kraftig explosion. Vid händelse av en olycka kommer det dock finnas ett antal fordon i området som kan ge upphov till en sådan blockerad volym.

Ett möjligt sätt att resonera för bestämning av en starkt blockerad volym är därför att utgå från den gasmängd som samlas under en ansamling av fordon, dvs. mellan vägbana och undersida fordon. Här har utgått från en volym enligt nedan:

$$V_{fordon} = b \cdot l \cdot h = 2 \cdot 5 \cdot 0,5 = 5 \text{ m}^3 / \text{fordon}$$

Det kan även argumenteras att utrymmet mellan bilar till viss del ska innefattas i en sådan volym. Detta kan göras genom att approximativt öka längden med 0,5 m i horisontalled, vilket då ger en volym på

$$V_{fordon,mod} = b_{mod} \cdot l_{mod} \cdot h = 3 \cdot 6 \cdot 0,5 = 9 \text{ m}^3 / \text{fordon}$$

Av detta resonemang fås att omkring 5-10 m³ gas/fordon kan vara rimligt att utgå från vid uppskattning av en blockerad volym. Om det antas att 10-20 bilar innefattas i det utsläppta gasmolnet fås då 50-200 m³ gas, beroende på vilket grundvärde som väljs. Totalt bedöms det vara rimligt att ta höjd för en stökiometriskt blandad gasvolym på totalt 1 000 m³.

Styrkefaktor

Följande styrkefaktorer utgås från i här utförda beräkningar:

- En styrkefaktor på $s = 2$ motsvarar en gasmolnsexplosion på en mer eller mindre **öppen yta**.
 - För detta fall utgörs gasvolymen av den totala mängd stökiometriskt blandad gas som finns tillgänglig – inte av den blockerade volymen.
- En styrkefaktor på $s = 5$ motsvarar en gasexplosion i en **blockerad volym**.
 - För ett sådant fall är det rimligt att utgå från en större gasvolym än vad som är fallet vid en starkt blockerad volym – $V_{gas} = 100-200 \text{ m}^3$.
- En styrkefaktor på $s = 7$ motsvarar en gasexplosion i en **starkt blockerad volym**.
 - Här har antagits att den tvådimensionella fördämning som fås av gasen mellan vägbana och undersida fordon motsvarar ett sådant fall. Det är också rimligt att utgå från en mindre gasvolym än när $s = 5$ antas – $V_{gas} = 50-100 \text{ m}^3$.

Enligt VROM (2005) kan en fördröjd antändning av ett gasmoln på en öppen yta resultera antingen i en gasmolnsbrand eller en gasexplosion och fördelningen mellan dessa båda händelser bedöms vara 60/40 %. Gastransporterna förbi planområdet bedöms i princip uteslutande utgöras av naturgas (LNG – *Liquefied Natural Gas*). Inom moln av metan (LNG) sprids lågor långsamt, varvid lågan kan slockna i förtid utan att hålla sig brinnande genom hela molnet. Tillräcklig acceleration av förbränningen (dvs. $>100 \text{ m/s}$) för att skapa ett verkligt explosionsövertryck uppträder vanligtvis inte, om ingen blockering eller inneslutning föreligger, se DNV (2013). Utomhus i den öppna luften förväntas generellt inte att gasen blir innesluten/delvis innesluten, och erfarenheten tillsäger att metangas brinner relativt långsamt (i närheten av 10 m/s), varvid all expansion resulterar i att gasen stiger vertikalt, DNV (2013). Antändningsprover med spridda, ej inneslutna, LNG-gasmoln har bekräftat att inget påtagligt övertryck utvecklas ($<1 \text{ kPa}$).

För det fall att en gasexplosion uppstår så utgår här använd beräkningsmetod från ett energiinnehåll som motsvarar en stökiometriskt blandad gas, dvs. att en optimal blandning av luft och brännbar gas har erhållits. Om så inte är fallet fås en explosion med reducerad styrka. Det är inte sannolikt att en stökiometrisk blandning uppstår men att utgå från en sådan situation resulterar i ett konservativt lastantagande och används därför här.

För att ovan beskrivna förhållanden ska kunna uppstå krävs en mer allvarlig olycka som föranleder ett större läckage. För mindre allvarliga olyckor som renderar i mindre och medelstora läckage bedöms inte förutsättningar för gasexplosioner kunna uppstå. Spridningsberäkningar i ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres)² påvisar exempelvis att koncentrationer inom LEL (lägre brännbarhetsområdet) aldrig uppstår vid mindre och medelstora läckage med lägre källstyrkor. Spridningsberäkningar för ett större läckage motsvarande t.ex. ett armaturbrott men högre källstyrka som genererar en pöl med LNG som fördunstar påvisar att avståndet till LEL kan uppgå till ca 60 m.

² Tillhandahålls av EPA (U.S. Environmental Protection Agency).

Avstånd

I de framtagna laster som presenteras i detta dokument har utgått från ett minsta avstånd på $r = 40$ m som varierar utifrån avstånd från explosionscentrum till olika byggnadsfasader.

För en större öppen gasmolnsexplosion kan det argumenteras för att explosionscentrum kan befinna sig närmare byggnaden eftersom gasmolnet kan blåsa mot byggnaden. Antändning i yttre delen av molnet innebär emellertid med stor sannolikhet att förloppet kommer karakteriseras av en gasmolnsbrand (*flash fire*) eftersom koncentrationen inom denna del av molnet kan förutsättas ligga vid sin undre explosionsgräns. För ett explosionsartade förlopp anses det rimligt att antändning förutsätts ske i närhet till olycksplatsen, eftersom det är inom detta område det skulle kunna ske ansamling av större gasmängder inom stökiometriska koncentrationer. De primära tändkällorna av ett gasmoln utgör vidare fordonen på transportleden, vilket ytterligare styrker resonemanget att det är rimligt att explosionscentrum utgår från olycksplatsen mer centrerat i körbanan.

Infallande last från tryckvåg mot fasad varierar vidare med höjden och i sidled på byggnaden.

A.2.3. Beräkningsresultat

I tabell 6 återfinns en sammanställning av resulterande last från studerad gasexplosion. Last presenteras för reflekterad stötvåg på olika avstånd från explosionscentrum. Vid bestämning av resulterande last från en explosion är det viktigt att skilja på last från en oreflekterad och en reflekterad stötvåg. Det senare fallet ger en märkbart högre last (minst en faktor två högre tryck än för oreflekterad stötvåg) och är aktuellt för t.ex. fasad som vetter mot explosionskällan. Som jämförelse är last från en oreflekterad stötvåg aktuellt för t.ex. taket på en byggnad eller för en fasad som inte syns från explosionskällan.

Angivna värden i tabell 3 beaktar enbart normalreflexion.

Tabell 6. Resulterande last från reflekterad luftstötvåg orsakad av gasexplosion på avstånd 40-60 m från explosionscentrum.

Beskrivning	r [m]	V [m ³]	s [-]	P_r [kPa]	t_r [ms]	i_r [Pas]
Gasexplosion, öppen yta	40	1 000	2	2,17	287	311
Gasexplosion, öppen yta	45	1 000	2	1,93	287	277
Gasexplosion, öppen yta	50	1 000	2	1,74	287	250
Gasexplosion, öppen yta	55	1 000	2	1,59	287	228
Gasexplosion, öppen yta	60	1 000	2	1,46	287	209
Gasexplosion, blockerad	40	200	5	11,86	39	231
Gasexplosion, blockerad	45	200	5	10,51	39	205
Gasexplosion, blockerad	50	200	5	9,44	39	184
Gasexplosion, blockerad	55	200	5	8,57	39	167
Gasexplosion, blockerad	60	200	5	7,84	39	153
Gasexplosion, starkt blockerad	40	100	7	24,1	16,2	195
Gasexplosion, starkt blockerad	45	100	7	20,2	16,5	167
Gasexplosion, starkt blockerad	50	100	7	17,4	16,8	146
Gasexplosion, starkt blockerad	55	100	7	15,5	17,1	133
Gasexplosion, starkt blockerad	60	100	7	14,0	17,3	122

A.3. Explosion från BLEVE

En explosion från en så kallad BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*) är ett resultat av en trycksatt vätska i en behållare som gör att vätskan förhindras att övergå till ånga. Om behållaren brister sjunker dock trycket plötsligt varvid vätskan kokar och övergår till ånga. Detta genererar en snabbt expanderande ånga och vätska som i sin tur kan ge upphov till ett explosionsliknande förlopp som genererar en luftstöt våg som breder ut sig i omgivningen.

För att en BLEVE ska kunna inträffa krävs, enligt CCPS (2010), att följande villkor uppfylls:

- En vätska som har en temperatur som överstiger sin kokpunkt vid normalt lufttryck
- En sluten behållare som kan motstå det tryck i vätskan som krävs för att förhindra kokning
- Ett plötsligt brott i behållaren som gör att vätsketrycket hastigt sjunker.

Den vanligaste orsaken till att en BLEVE uppstår är kopplat till upphettning av behållaren på grund av en brand. Värmen från branden bidrar dels till att öka trycket inne i tanken och dels medför det en försvagning av behållarens mekaniska styrka (hållfastheten hos stål halveras vid en temperatur av omkring 500 °C).

Ovanstående förutsättningar innebär att en BLEVE har lättare att uppstå i en LNG-behållare än i t.ex. en tank med bensin eller diesel. Hos den förra typen är konceptet att naturgas i flytande form transporteras nedkyld (-162 °C) under atmosfärstryck i dubbla vakuumisolerade tankar vars säkerhetsventiler aktiveras vid en tryckhöjning om cirka 7-9 bar. LNG-behållare är således utformade för att klara stora tryck. Om en situation enligt ovan uppstår som innebär att en brand föranleder en snabb förångning av den nedkylda naturgasen finns det därför också risk att en BLEVE kan uppstå. Bensin eller diesel befinner sig dock redan naturligt i vätskefas och dess behållare behöver därför inte heller utformas för att klara något högt tryck. Det tryck som krävs för att en sådan behållare ska brista är därför förhållandevis lågt, vilket medför att det inte heller kommer att kunna uppstå en explosion av nämnvärd storlek.

För att ytterligare minska risken för explosion med bensin och diesel är sådana behållare utrustade med säkerhetsventiler som gör att gas kan släppas ut om trycket blir för stort (över 0,25 bar) och därmed begränsa det resulterande övertrycket i behållaren. En annan förebyggande åtgärd är att behållaren hos tankbilar normalt är uppdelade i ett antal olika separata fack, vilket gör att vätskevolymen som kan generera en möjlig BLEVE begränsas. Detta medför att risken för en kraftfull explosion reduceras ytterligare eftersom ett brott i behållaren sannolikt inte sker i mer än ett fack samtidigt. I princip kan därför konstateras att BLEVE är relevant för LNG-behållare medan riskerna för att en BLEVE ska uppstå i samband med en olycka involverande bensin- eller dieseltank kan förväntas vara försumbara.

En BLEVE kan, enligt CCPS (2010), resultera i bland annat följande konsekvenser:

- Stötvåg
- Splitterutkast
- Eldklot

Att teoretiskt bestämma vilken stötvåglast som genereras av en BLEVE är svårt. De beräkningsmodeller som finns för att uppskatta explosionslasten från BLEVE kan vara mycket konservativa och i det här dokumentet utgås därför från observationer om last som har gjorts för inträffade olyckor. I Planas-Cuchi *et al.* (2004) och Planas *et al.* (2015) beskrivs två olika explosionsolyckor i Spanien som inträffade 2002 respektive 2011 och som är kopplade till BLEVE. I båda fallen härrörde explosionen från tankbilar som transporterade LNG. Lastvolymen uppgick i båda fallen till cirka 56 m³ med ett dimensionerat tryck på 7 bar, något som bedöms vara representativt även för svenska förhållanden. Baserat på observationer från olycksplatsen presenteras en konservativ baklängesräkning i ovanstående referenser, där en uppskattning har gjorts av den ekvivalenta mängden TNT som krävs för att generera samma explosionslast som erhålls i BLEVE-olyckan. Dessa beräkningar ger ekvivalenta TNT-mängder på 30-75 kg samt 41-52 kg TNT för olyckan 2002 respektive 2011, dvs. ett medelvärde på 53 kg respektive 47 kg.

En BLEVE kan ge upphov till fragment (från framförallt behållaren för vätska/gas) som kastas flera hundra meter bort från explosionskällan. Dessa fragment är i regel relativt få till antalet och ett enskilt fragment kan storleksmässigt utgöra en betydande andel av behållarens totala storlek. Uppkomsten av en BLEVE gör att utkastriktningen hos sådana fragment sker i linje med behållarens längd (dvs. tankbilens längd). Med tanke på potentiell storlek hos sådana fragment är det mycket svårt att skydda sig mot en sådan händelse. Skadeomfattningen av att människor i omgivningen skulle kunna träffas från flygande fragment kan vidare betraktas som försumbar i relation till de potentiella skadeeffekterna från uppkommen värmestrålning och stötvåg. Utkast av flygande fragment bedöms därmed inte relevant att studera ytterligare i denna utredning.

Ett eldklot från en BLEVE kan sträcka sig långt ut från explosionscentrum och utgör också ett dödligt hot mot de människor som hamnar inom dess utbredning. För att minimera risken för omgivningen är det därför positivt om eldklotet förhindras att komma i kontakt med människor i så stor grad som möjligt.

I tabell 7 återfinns en sammanställning av resulterande last från studerad explosion om 100 kg dynamit som inträffar på Norra Länkens körbana, d.v.s. på marken. Last presenteras för reflekterad stötvåg på olika avstånd från explosionscentrum. Angivna värden beaktar enbart normalreflexion. Vid jämförelse av dessa värden med lastvärden från studerad gasmolnexplosion som återfinns i tabell 4 kan konstateras att studerad gasmolnexplosion även täcker in skadorna från förväntad tryckvåg vid en BLEVE.

Tabell 7. Resulterande last från reflekterad luftstötvåg orsakad av BLEVE och exploderande sprängämne (100 kg dynamit) på avstånd 40-60 m från explosionscentrum.

Beskrivning	r [kg]	W [m]	W_{mod} [kg]	P_r [kPa]	t_r [ms]	i_r [kPas]
Dynamit (innefattar BLEVE)	40	60	108	30,6	14,9	227
Dynamit (innefattar BLEVE)	45	60	108	26,4	15,2	201
Dynamit (innefattar BLEVE)	50	60	108	23,4	15,3	180
Dynamit (innefattar BLEVE)	55	60	108	21,4	15,2	163
Dynamit (innefattar BLEVE)	60	60	108	20,0	14,9	148

A.4. Sammanfattning av beräkningsresultat

En jämförelse mellan beräkningsresultat som återfinns i tabell 6 och 7 påvisar att last från blockerad samt starkt blockerad gasexplosion alltid understiger last från 100 kg dynamit (BLEVE). För gasexplosion vid öppen yta fås visserligen generellt ett lågt tryck medan impulstätheten överstiger den som fås från explosion med dynamit. Det är troligt att last från dynamit i de flesta fall kommer att utgöra det dimensionerande lastfallet men det finns också situationer där last från gasexplosion på öppen yta ge en mer kritisk lastsituation. En sammanställning av karakteristiska lastfall som täcker in analyserade olycksförlopp redogörs i tabell 8.

Tabell 8. Sammanställning av karakteristiska tryck och impulstätheter för analyserade lastfall.

Beskrivning	r [m]	P_r [kPa]	t_r [ms]	i_r [Pas]
Gasexplosion, öppen yta	40	2,17	287	311
Gasexplosion, öppen yta	45	1,93	287	277
Gasexplosion, öppen yta	50	1,74	287	250
Gasexplosion, öppen yta	55	1,59	287	228
Gasexplosion, öppen yta	60	1,46	287	209
Dynamit (innefattar BLEVE)	40	30,6	14,9	227
Dynamit (innefattar BLEVE)	45	26,4	15,2	201
Dynamit (innefattar BLEVE)	50	23,4	15,3	180
Dynamit (innefattar BLEVE)	55	21,4	15,2	163
Dynamit (innefattar BLEVE)	60	20,0	14,9	148

Det bör noteras att beräkningarna ej tar någon hänsyn till den positiva effekt som barriären mellan Norra Länken och planerad byggnad kan förutsättas ha givet en explosion. Denna barriär innebär ett naturligt skydd för byggnadernas undre våningsplan. Det går att argumentera för en gynnsam lastreduktion till följd av den förhållandevis skarpa vinkeländring som stötvågen tvingas göra när den passerar över denna barriär. Det är svårt att med precision bestämma denna lastreduktion, men en fingervisning kan erhållas från resonemang om diffraktion som redogörs i Johansson et al. (2008). I denna rapport visas det att den modifierade lasten P_{mod} och i_{mod} bakom ett hörn approximativt kan tecknas som:

$$P_{mod} = C_{diff,p} \cdot P$$

$$i_{mod} = C_{diff,i} \cdot i$$

I studien tydliggörs att en rimlig approximation av lastreduktionen uppgår till ca 0,6 i det fall vinkeländringen uppgår till 45°. Lastreduktionen varierar med vinkeländringen, ju mer stötvågen tvingas gå runt ett hörn ju större lastreduktion är att förväntas. Sett till antaget explosionscentrum och höjden på barriären skulle således gå att argumentera för viss lastreduktion, primärt vad gäller infallande last mot de lägre fasaddelarna. Mot bakgrunden av svårigheterna att med precision avgöra en rimlig lastreduktion tas ingen hänsyn till denna barriär i de fortsatta skadeberäkningarna.

A.5. Konsekvenser

Sett till redogjorda laster kan utifrån jämförelse med de skadekriterier som anges i Forsén (1998) konstateras att även mer veka och sårbara stomsystem inte förväntar sig ådra mer allvarliga skador baserat på det låga resulterande impulstätheterna och trolig byggnadsutformning. Nya byggnaders konstruktionsutformning är inte fastslagen men sett till planerade underbyggnader och garagevåningar är det troligt att dessa kommer utgöras av mer robusta och tunga betongstommar form av betong.

Glaspartierna i fasad kan emellertid förväntas brista och kastas in i byggnaden. Enligt Forsén (1997) kan 10 % av fönsterrutor förväntas krossas vid ett explosionstryck på 3 kPa och 50 % krossas vid ett övertryck på 10 kPa, vilket ger en grov uppskattning om på vilka avstånd glaspartier kan förväntas brista. Sett till redogjorda laster kan så är bedömningen att en stor andel fönster som vetter mot Norra Länken kan komma att krossas och kastas in i byggnaden. Människor innanför byggnaden kan således komma att skadas till följd av inkastat glas. Skadeomfattningen och risken för omkomna styrs primärt av förväntad inkastningshastighet samt av glaspartiernas utformning. För att erhålla en uppfattning av potentiell skadeomfattning beräknas risken att omkomma på olika avstånd inom byggnaden till följd av inkastade glaspartier. Beräkningarna tar utgångspunkt i angivna tröskelvärden, som anges i Svensson (2015) och som åskådliggörs i figur 24, för att en människa ska omkomma till följd av att denna kastas mot en hård yta vid exponering av en tryckvåg, d.v.s. fönster i detta avseende ansätts utgöra en hård yta som kastas mot människor inom byggnaden.

Hastighet vid islag [m/s]	Letalitet
3,0	Mycket låg sannolikhet
6,5	Tröskelvärde
16,5	50 %
42,0	Nästan 100 %

Figur 19. Tröskelvärden för sannolikheten att omkomma vid kast mot hårt underlag enligt Svensson (2015).

Beräkningar för att avgöra kasthastighet och kaststräcka av fönster utgår från följande ekvationer:

Kasthastighet hos fönster:
$$v_{fönster} = \frac{i}{\gamma_{fönster}}$$
, där $\gamma_{fönster}$ = fönstertunghet och i = impulstäthet

Kaststräcka hos fönster:
$$s_{h,fönster} = v_{fönster} \cdot t_{fönster}$$
, där $t_{fönster} = \sqrt{\frac{2 \cdot s_{v,fönster}}{g}}$

$s_{v,fönster} = 1,5$ m (avstånd från centrum fönster till golv)

Ingen närmare information finns gällande tänkta glaspartiernas utformning. Beräkningar tar därför utgångspunkt i en karakteristisk fönstertunghet som representerar såväl en tunnare som tjockare glassammansättning. Sett till aktuell bullersituation är det dock troligt att tyngre fönster kommer vara aktuella.

Resultat av utförda beräkningar redogörs i tabell 9.

Tabell 9. Dödlighet innanför fasad baserat på last från studerade karakteristiska gasmolnexplosioner och BLEVE (endast konsekvenser från last av BLEVE som innebär störst hot för inkastade glaspartier redovisas). Avstånd från explosionscentrum varierar från 40 – 60 meter.

γ [kg/m ³]	r [m]	i [Pas]	v [m/s]	s_h [m]	Inom s_h dödlighet
25	40	229	9,14	5,1	1%-50%
50	40	229	4,57	2,5	<1%
75	40	229	3,05	1,7	<1%
25	45	204	8,14	4,5	1%-50%
50	45	204	4,07	2,3	<1%
75	45	204	2,71	1,5	<1%
25	50	182	7,29	4,0	1%-50%
50	50	182	3,64	2,0	<1%
75	50	182	2,43	1,3	<1%
25	55	165	6,59	3,6	1%-50%
50	55	165	3,29	1,8	<1%
75	55	165	2,20	1,2	<1%
25	60	151	6,03	3,3	<1%
50	60	151	3,01	1,7	<1%
75	60	151	2,01	1,1	<1%

Av utförda beräkningar kan konstateras nya byggnader inom planområdet placeras på sådant avstånd där risken för att människor inomhus omkommer i samband med explosion är väldigt låg. Detta oaktat den positiva effekt som erhålls från rampanslutningar som delvis skyddar planerade byggnader. Inga människor inom nya planerade byggnadsdelar bedöms vara exponerade för direkt dödlig påverkan till följd av krossade glaspartier som kastas in på människor. Det går dock inte helt att utesluta att människor inomhus, direkt innanför fasad, kan komma att påverkas av sekundära effekter av uppkommit eldklot då delar av glaspartier i fasad kan komma att gå sönder. Sett till rådande avstånd och det naturliga skydd som trafikplatsen tillsammans med rampanslutningarnas medför bedöms det dock otroligt att större effekter ska uppstå inom Brementkvarteren. Ingen rasrisk bedöms finnas vid val av en hybrid eller liknande mer känslig stomme för planerad påbyggnad.

Att med precision bedöma antalet omkomna vid denna typ av händelse är mycket svårt. Aktuell planstruktur innebär att ytor utomhus mellan riskkälla och planerade byggnader utformas för att ej uppmuntra till stadigvarande vistelse. Utformningen begränsar potentiell skadepotential genom att mängden oskyddade människor som kan förväntas omkomma av värmepåfrestning från ett större eldklot vid gasmolnsbrand/-explosion effektivt begränsas inom planområdet sett till planstrukturen. Det samma gäller risk att träffas av flygande fragment som uppstår av explosion. Vid BLEVE kan uppkommit eldklot ha en utbredning om ca 160 meter (radie från centrum). Med en grov antagen personbelastning om ca 1 människa / 2500 kvm riskerar då ca 10 personer utomhus kunna påverkas. Vid gasmolnsexplosion/-brand är konsekvenspotentialen utomhus lägre och för dessa scenarier uppskattas enstaka personer förolyckas utomhus. Konsekvenserna av en mindre explosion med explosivt ämne där uppkommit eldklot är väldigt begränsat är potentiell skadeutbredning begränsad till närområdet, den primära risken för att omkomna ligger i att träffas av flygande fragment vilket kan uppstå på längre avstånd. Sett till redogjorda beräkningsresultat bedöms människor inomhus relativt välskyddade från allvarlig påverkan sett till rådande avstånd som överstiger 60 meter och med hänsyn till trafikplatsen med tillhörande ramper utgör ett naturligt skydd för merparten av planerade byggnaders fasader.

Referenser för Bilaga A

- van den Berg A.C. (1985): The multi-energy method – A framework for vapour cloud explosion blast prediction. *Journal of Hazardous Materials*, 12(1985), sid 1-10.
- CCPS (2010): *Guidelines for Vapor Cloud Explosion, Pressure Vessel Burst, BLEVE and Flash Fire Hazards*, Second edition. Center for Chemical Process Safety, John Wiley & Sons, Hoboken, USA.
- DNV (2013): QRA Göteborg GO4LNG Terminal. Det Norske Veritas.
- Fischer S., Forsén R., Hertzberg O., Jacobsson A., Koch B., Runn P., Thaning L., Winter S. (1998): Vådautsläpp av Brandfarliga och Giftiga Gaser och Vätskor, Metoder för bedömning av risker, Andra reviderade och utökade upplagan. Avdelningen för NBC-skydd och Avdelningen för Vapen och Skydd, Försvarets Forskningsanstalt, FOA-R--97-00490-990—SE, Sverige.
- Forsén R. (1998): Tryck vid explosioner. Kapitel 10 i Fischer et al. (1998), sid 279-312.
- Johansson M. (2013): Gasexplosion i det fria. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Dokument B02-121, 2013-03-11, Karlstad.
- Planas-Cuchi E., Gasulla N., Ventosa A., Casal J. (2004): Explosion of a road tanker containing liquefied natural gas. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 17 (2004), sida 315-321.
- Planas E., Pastor E., Casal J., Bonilla J.M. (2015): Analysis of the boiling liquid expanding vapor explosion (BLEVE) of a liquefied natural gas road tanker: The Zarzalico accident. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 34 (2015), sida 127-138.
- Svensson L. (2015): Människans tålighet mot luftstöt vågor. FOI
- VROM (2005), *Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book"*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Nederländerna.
- Johansson M., Larsen O.P., Laine L. (2008): Experiments and Analyses of Explosion at an Intersection. *Proceedings of 20th Symposium on the Military Aspects of Blast and Shock*, Oslo, Norge.

Bilaga B – Konsekvensanalys olycka med brandfarlig vätska

B.1. Acceptanskriterier

Byggnadens utformning ska ge godtagbart skydd mot brand- och brandgasspridning vid olycka på intilliggande vägar. Byggnadens utformning skall möjliggöra en säker utrymning i händelse av sådan olycka.

Med utgångspunkt i kriterier enligt BBRAD görs tolkningen att detta anses uppfyllt om följande påvisas:

- För att förhindra brandspridning in i aktuell byggnad skall strålningsnivåer på den sida av fönster som ej vetter mot branden, dvs. på insidan, ej överstiga 15 kW/m².
- Utrymmande personer får utsättas för max 2,5 kW/m² eller en kortvarig strålning på max 10 kW/m² i kombination med max 60 kJ/m² utöver energin från en strålningsnivå på 1 kW/m².

B.2. Beräkning av infallande strålning

För att beräkna den infallande strålningen på studerad fasad behöver brandens emitterade strålningseffekt bestämmas samt hur stor del av den utsända strålningen som träffar byggnaden, dvs. beräkning av den så kallade synfaktorn.

B.3. Dimensionerande scenario

Det finns i princip två typer av läckage, ett momentant spill där stora mängder bränsle frigörs ner på vägbanan (t.ex. tankbil som välter och topplocket öppnas) eller ett kontinuerligt utflöde från ett läckande fordon eller tank (ventil som går sönder eller ett hål i tanken). Pölutbredning är vidare beroende av vägbanans bredd och lutning samt vägbanans ytbeskaffenhet.

Dimensionerande brandscenario antas till en cirkulär pöl med diameter 11 m, vilket motsvarar en area på ca 100 m². Detta scenario motsvarar att ett fack på en tankbil, som vanligtvis innehåller ca 4-5 m³ bensin, totalskadas vilket föranleder att allt innehåll läcker ut i samband med olycka.

Avståndet mellan det antagna läget för pölen på vägbanan och fasad kommer att varieras i beräkningarna. Som känslighetsanalys analyseras även effekten från en cirkulär pölbrand om 200 m².

Dimensionerande scenario om en pölbrand med diameter om 11 m bedöms representativ för en större tågbrand/olycka med brandfarlig vätska som uppkommer på industrijärnvägsspåret samt på Södra Hamnvägen, Norra Länken och Tegelluddsvägen utifrån körbredder och kantstensuppbyggnad.

B.4. Utgående strålningseffekt

Förbränning i stora pölbränder sker med underskott av syre, vilket medför en stor sotproduktion som i tur fångar upp en betydande del av den emitterande strålningen samt minskar temperaturen i flamzonen. Detta innebär att den emitterade strålningen avtar med en ökande pöldiameter. I litteratur, finns flera matematiska uttryck som beskriver hur utstrålningsintensiteten (I_0) varierar som funktion av brandens diameter (D). Ett vanligt använt samband återfinns i [1] och är som följer:

$$I_0 = 58 \cdot 10^{-0.00823D}$$

Sambandet påvisar en maximal utsänd strålning på 58 kW/m² som avtar med en ökande pöldiameter.

I de fullskaleförsök som gjordes vid FOI [2] påvisas en pöl med diameter på ca 10 meter emitterar ca 60 kW/m². Detta värde motsvarar en effektiv strålningstemperatur på ca 750 °C, vilket är att betrakta som en förhållandevis hög temperatur för att gälla över hela den strålande ytan. I försök med mindre pölbränder (diameter på 2-3 meter) uppmättes strålningen till ca 130 kW/m². Den emitterade strålningen från mindre pölbränder blir dock förhållandevis liten, med hänsyn till den betydligt mindre synfaktor som erhålls i beräkningar. Således är det inte av intresse att analysera mindre pölbränder.

I de strålningsberäkningar som redovisas kommer värdet 60 kW/m² att användas som dimensionerande avgiven strålningseffekt. Som känslighetsanalys studeras även strålningsnivåer på 50 respektive 70 kW/m².

B.5. Synfaktor (Φ)

Synfaktorn bestäms genom att branden approximeras till en rektangulär strålande yta. Rektangelns bred bestäms utifrån pölens diameter och beräknas med följande uttryck:

$$D = \sqrt{\frac{4A_f}{\pi}}$$

Där A_f är den brinnande ytan och utgörs av pölstorleken.

Rektangelns höjd bestäms utifrån flamhöjden och beräknas med följande uttryck:

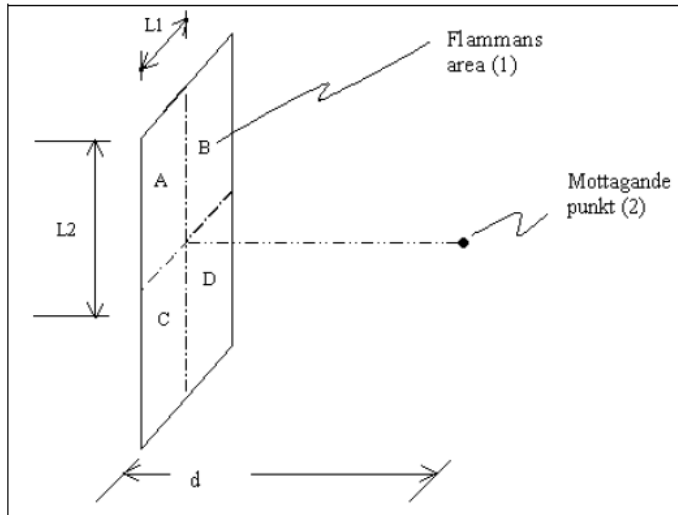
$$H_f = 0.23 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1.02D$$

Där brandeffekten (\dot{Q}) bestäms utifrån följande uttryck:

$$\dot{Q} = \chi \cdot \dot{m}'' \cdot \Delta H_c \cdot A_f$$

För bensin är förbränningshastighet (\dot{m}'') 0.055 kg/m²s, förbränningsvärme (ΔH_c) 43.7 MJ/kg och förbränningseffektiviteten (χ) 0.7 [3].

Den maximala synfaktorn erhålls genom att dela den rektangel som representerar den fritt brinnande branden på mitten, både horisontellt och vertikalt, vilket ger fyra likadana mindre rektanglar. Den totala synfaktorn erhålls från summan av de fyra ytorna. Infallande strålning mot fasaden beräknas vid punkten vinkelrätt mot flammans centrum, i enlighet med figur 20.



Figur 20. Synfaktor

Synfaktorer beräknas enligt ekvationer i The SFPE Handbook [4].

B.6. Beräkningsresultat

Den infallande strålningensintensiteten mot fasad (\dot{q}''_{max}) beräknas med följande uttryck, enligt [4]:

$$\dot{q}''_{max} = \dot{q}''_{brand} \cdot \Phi$$

Där \dot{q}''_{brand} är den emitterade strålningseffekten (kW/m^2) från branden och Φ är den maximala synfaktorn.

Infallande strålningensintensitet på olika avstånd till branden presenteras i tabeller nedan.

Pölstorlek om 100 m², H_f = 16.8 m och D = 11.3 m

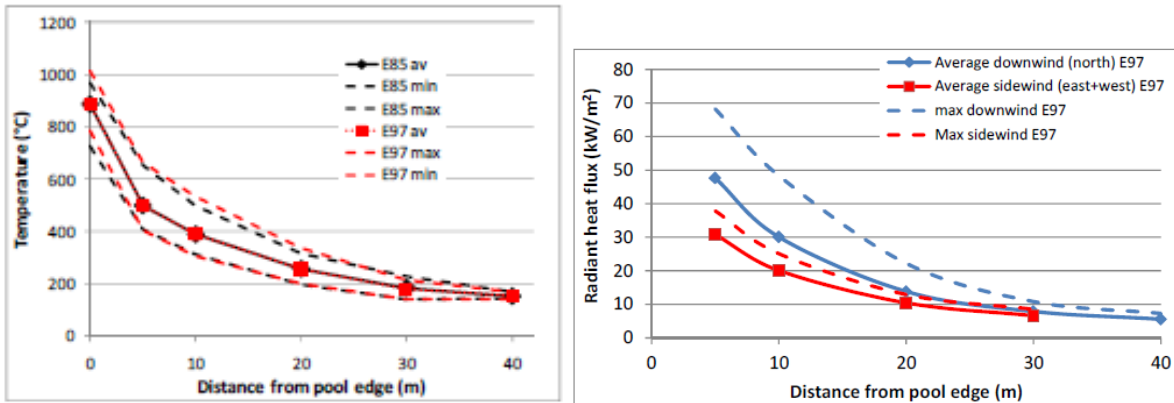
Avstånd till brand	Infallande strålning [kW/m ²] givet E = 50 kW/m ²	Infallande strålning [kW/m ²] givet E = 60 kW/m²	Infallande strålning [kW/m ²] givet E = 70 kW/m ²
10	18,10	21,72	25,34
15	10,32	12,39	14,45
20	6,45	7,75	9,04
25	4,36	5,23	6,10
30	3,12	3,74	4,37
35	2,33	2,80	3,27
40	1,81	2,17	2,53

Pölstorlek om 200 m², H_f = 21.1 m och D = 16.0 m

Avstånd till brand	Infallande strålning [kW/m ²] givet E = 50 kW/m ²	Infallande strålning [kW/m ²] givet E = 60 kW/m²	Infallande strålning [kW/m ²] givet E = 70 kW/m ²
10	24,99	29,99	34,99
15	15,75	18,90	22,04
20	10,39	12,47	14,54
25	7,23	8,68	10,12
30	5,27	6,33	7,38
35	3,99	4,79	5,59
40	3,12	3,75	4,37

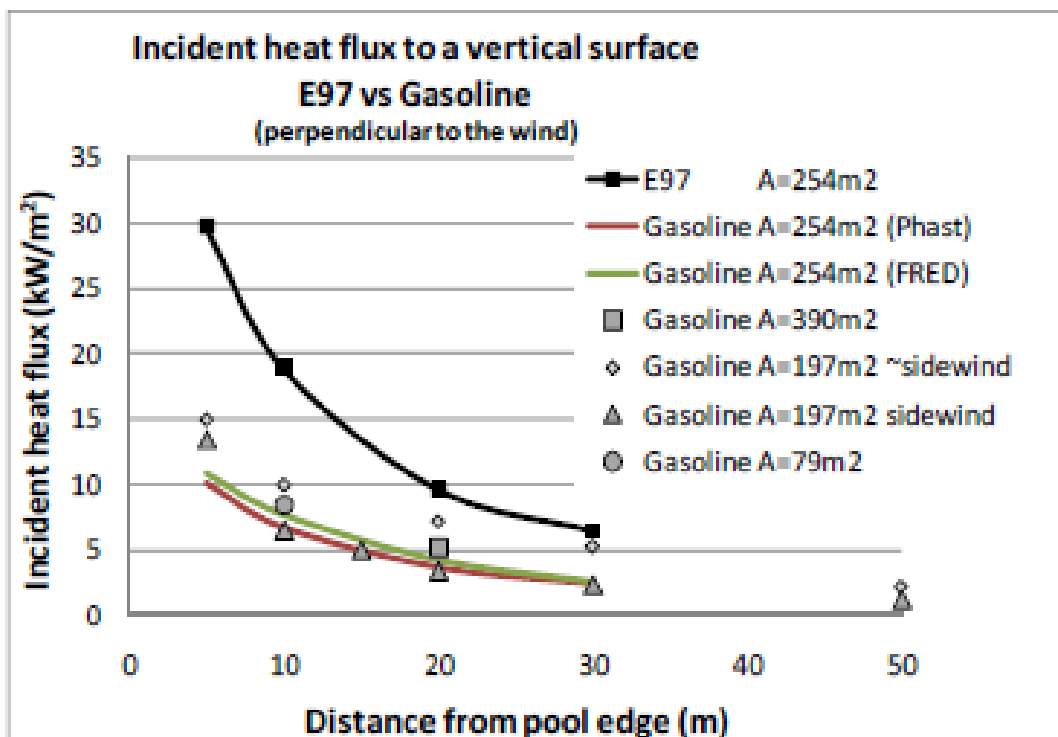
B.7. Känslighetsanalys

Som känslighetsanalys görs en jämförelse med erhållna resultat från de fullskaleförsök med stora pölbränder av etanol (E97 & E85), vilka SP genomfört under 2015 [5]. Fullskaleförsöken tog utgångspunkt i en stor öppen pölbrand om 254 m². Resultaten från försöken åskådliggörs i figur 21 där maxvärden indikerar uppmätta värden i vindriktningen.



Figur 21. Resultat från genomförda fullskaleförsök av stor pölbrand med etanol [5].

Rapporten innefattar även en jämförelse av förväntade effekter från en pölbrand med bensin. Jämförelsen grundar sig på vedertagna beräkningsmodeller av stora pölbränder med bensin. Resultaten från jämförelsen åskådliggörs i figur 22.



Figur 22. Resultat från genomförd jämförelseanalys av strålningseffekter mellan uppmätta strålningnivåer för pölbrand med etanol och bensin [5].

B.8. Sammanfattade diskussion och slutsatser

Beräkningar visar att en tågbrand/pölbrand om 100 m² på Värtans södra bangård eller industrijärnvägsspåret inte kan generera farliga strålningsnivåer inom planområdet. Det samma gäller vid händelse av en pölbrand på Södra Hamnvägen respektive Norra länken.

Resultaten indikerar att en större pölbrand som uppstår på Tegeluddsvägen norra körbana kan komma att föranleda brandspridning in i närliggande byggnad. Vid pölbrand på Tegeluddsvägens södra körbanan förväntas inte brandspridning sett till rådande avstånd. Resultaten indikerar även att människor i det fria som befinner sig på ett större avstånd än 10 m kan förväntas klara sig från exponering av dödliga strålningsdoser på 35 kW/m². Dock kan människor i närheten förväntas erhålla 2-gradens brännskador.

Referenser för Bilaga B

- [1] Shokri, M. & Beyler, C.L., Radiation from large pool fires, J. of Fire Prot. Engr., 1 (4), pp 141–150, 1989.
- [2] Hägglund, B & Persson, L.E. The heat radiation from petroleum fires, FOA, rapport C30126-D6, 1976.
- [3] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, National Fire Protection Association 2nd ed. Quincy, MA, 1995.
- [4] Brandteknik (2005). Brandskyddshandboken. Rapport 3134, Lund Tekniska Högskola, Lund.
- [5] *ETANKFIRE – Experimental result of large ethanol fuel pool fires*, SP Report 2015:12, Fire Research.

Bilaga C – Konsekvensanalys olycka med gasflak

Följande bilaga omfattar konsekvensberäkningar för utsläpp av brännbara gaser vid olycka involverad tryckkomprimerad naturgas som transporteras i gasflak.

Spridningsberäkningar genomförs i beräkningsprogrammet ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres)³.

Viktiga faktorer som är av stor betydelse för hur allvarliga konsekvenserna blir är meteorologiska förhållanden (vindhastighet, atmosfärisk stabilitetsklass, temperatur, solinstrålning, luftfuktighet). För att erhålla konservativa resultat samt minska beräkningsbelastningen utförs simuleringar generellt med en vindhastighet om 3 m/s samt med atmosfärisk stabilitetsklass D (klass E och F inträffar väldigt sällan och endast nattetid, därav anses dessa stabilitetsklasser ej vara relevanta att analysera). Temperaturen ansatt till 15 °C. I beräkningarna antas det konservativt att utsläppet sker nära vätskeytan då detta leder till de största skadeområdena.

C.1. Konsekvenser vid olycka med gasflak (ADR-S Klass 2.1)

Fordonsgas består i huvudsak av metan och är lättare än luft. Fordonsgas är endast antändlig inom små gränser för koncentration i luften (normalt mellan 5 % och 15 % för rent metan). I fall av ett utsläpp kommer gasen att spridas uppåt i atmosfären i vindriktningen. Bedömning av olycka med gasflak utgår från nedanstående scenario och förutsättningar.

Växelflak vanligtvis indelat i sex sektioner för att begränsa mängden gas som släpps ut givet en olycka [16]. Gasflaskorna är försedda med ventiler, normalt alltid öppna, som är sammanbundna med ett ledningssystem. Går exempelvis en ledning sönder får detta till följd att hela sektionen töms, vilket innebär ett utsläpp av 317 m³ eller 230 kg biogas (metan).

Då rördimensionen på det ledningssystemet som sammanbinder gasflaskorna inom en sektion uppgår till 16 mm antas dimensionerande hålstorlek till 16 mm d.v.s. ett totalt rörbrott på de rör som kopplar samman flaskorna inom en sektion. Trycket antas till 250 bar.

C.1.1. Gasmolnsbrand

Beräkningar för utsläpp av 230 kg tryckkomprimerad biogas från ett hål om 16 mm där fördröjd antändning antas påvisar att avståndet till LEL kan förväntas vara ca 15 meter.

Skadeeffekter

Person inom 15 m förväntas omkomma vid en gasmolnsbrand. En gasmolnsbrand bedöms enbart utgöra ett hot mot människor direkt i omgivningen och endast personer som befinner sig utomhus förväntas omkomma.

C.1.2. Jetflamma

Beräkningar för utsläpp av 230 kg tryckkomprimerad biogas från ett hål om 16 mm där antändning sker direkt och en jetflamma uppstår påvisar att avståndet till direkt dödliga strålningsnivåer en jetflamma om ca 10 meter.

Skadeeffekter

Person inom 10 m förväntas omkomma vid en gasmolnsbrand. En jetflamma bedöms utgöra hot mot människor i omgivningen samt att risk för brandspridning till byggnad.

³ Tillhandahålls av EPA (U.S. Environmental Protection Agency).

C.1.3. Kärleksprängning

Vid upphettning av ett gasflak finns risk för kärleksprängning. Detta kan uppstå som en sekundär konsekvens av ovan en jetflamma eller en gasmolnexplosion.

Det saknas vedertagna beräkningsmodeller för beräkning av kärleksprängning av ett gasflak. Troligtvis kommer inte samtliga gasflaskor brista momentant (på samma tidpunkt) utan olycksförloppet kommer karakteriseras av flera explosioner, där utkast av mycket mindre material i höga hastigheter kan förväntas påverka omgivningen. Förenklad antas upphettning av ett gasflak som föranleder kärleksprängning karakteriseras av ett eldklot som involverar 50 % av gasflakets totala mängd, d.v.s. ca 700 kg gas.

Beräkningarna påvisar ett eldklot med diameter om ca 50 meter.

Skadeeffekter

Kärleksprängning förutsätt kunna utgöra ett stort hot både mot människor inomhus och utomhus. Med avseende på tiden det tar för att upphettning av ett gasflak ska innebära risk för kärleksprängning bedöms majoriteten av människorna i omgivning kunna försätta sig i säkerhet. Människor inomhus bedöms vara relativt väl skyddade mot strålningseffekterna. Skadeverkan i form av utslungade metalldelar vara omfattande samt kan splittrerverkan från krossade glaspartier komma att förolycka människor direkt innanför fasad.

C.1.4. Gasmolnexplosion

För ett explosionsartade förlopp vid utläckage av gas anses det rimligt att antändning förutsätts ske i närhet till olycksplatsen, eftersom det är inom detta område det skulle kunna ske ansamling av större gasmängder inom stökiometriska koncentrationer. De primära tändkällorna av ett gasmoln utgörs vidare av fordonen på transportleden.

En gasmolnexplosion i närheten till olycksplatsen skulle vidare kunna leda till en kärleksprängning och därmed antas konsekvensen för de två händelseförloppen vara densamma; ett eldklot med diameter om ca 50 meter.

Skadeeffekter

En gasmolnexplosion förutsätt kunna utgöra ett stort hot både mot människor inomhus och utomhus. Människor utomhus i närhet till olyckan kan förolyckas av höga strålningsnivåer. Människor inomhus bedöms vara relativt väl skyddade mot strålningseffekterna. Skadeverkan i form av utslungade metalldelar vara omfattande samt kan splittrerverkan från krossade glaspartier kan komma att förolycka människor direkt innanför fasad.

Bilaga D – Frekvens och samhällsriskberäkningar

I denna bilaga beräknas sannolikheten för att ett skadescenario uppstår givet att en trafikolycka involverande farligt gods inträffar på aktuella vägsträckor som passerar planområdet. Bedömning av frekvensen för en olycka med farligt gods som leder till utsläpp görs enligt metod som beskrivs i Vägverkets rapport *Fördjupning – Riskanalys vald vägsträcka*⁴. Beräkningar för såväl Norra länken som Jägmästargatan utförs för en normerad sträcka av 1 km eftersom det är efter detta som acceptanskriterierna i avsnitt 1.6 är anpassade efter. Hänsyn tas till de specifika olycksfrekvenserna som kan förväntas råda för respektive transportled. Den indata som tillsammans med utförd inventering av farligt godsflödena används i beräkningarna åskådliggörs i tabell 10.

Tabell 10. Indata för bedömning av sannolikhet för olycka med farligt gods.

Variabel	Norra Länken/ Lidingövägen	Södra Hamnvägen/Tegeluddsvägen
Hastighet (tätort)	70 km/h	50 km/h
Q (Olycksfrekvens/miljon fordonskilometer)	0,6	1,2
F (Antal fordon/olycka)	1,8	1,8
L (längd)	1 km	1 km

Frekvensen för olycka med farligt gods per år kan beräknas med hjälp av ekvationen nedan:

$$P=N \times Q \times F \times L \times 10^{-6}$$

Vid frekvensberäkning antas det att sannolikheten för trafikolycka är oberoende av vilken last som ryms i lastbilen, d.v.s. sannolikheten för att en farligt godstransport är inblandad är direkt kopplad till hur stor andel av det totala antalet transporter som rymmer farligt gods.

N utgör antalet farligt godstransporter och utgår från resultaten från utförd farligt godsinventering.

För att det ska uppstå potentiellt farliga konsekvenser i omgivningen krävs vidare att den farliga godstransporten skadas på sådant sätt att det uppstår ett farligt olycksscenario såsom exempelvis explosion, brand, etc. Olycksfrekvensen för möjliga potentiella olycksförlopp som kan komma att uppstå givet en olycka med farligt gods beräknas för respektive farligt godsklass i nedanstående avsnitt där N utgår från nedan indata.

⁴ *Fördjupning – Riskanalys vald vägsträcka*. Vägverket publikation 2005:55

D.1. Antalet farligt godstransporter

Den godkända säkerhetsdokumentationen för Norra Länken utgår från uppgifter om mängder farligt godstransporter hämtade från Räddningsverkets kartläggningar i samt uppgifter om lokala förhållanden. En sammanställning av inventeringen presenteras i figur 23.

Klass	Typ av farligt gods	Antal Transporter/år	
		Norra Station	Norra Länken (Lidingövägen)
1	Explosiva ämnen och föremål (E 20 nästan bara klass 1.4)	1687	34
2.1	Brandfarliga gaser	380 +1200	89+1200
2.2	Icke brandfarliga, icke giftiga gaser	2200	414
2.3	Giftiga gaser	3	43
	Aerosoler (sprayfärg mm)	-	672
3	Brandfarliga vätskor	20753	16190
4.1	Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen och okänsliggjorda explosivämnen	193	147 (totalt)
4.2	Självtändande ämnen	16	
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	93	
5.1	Oxiderande ämnen	149	349
5.2	Organiska peroxider	1	
6.1	Giftiga ämnen	526	228
	Smittförande ämnen	193	
7	Radioaktiva ämnen	5	-
8	Frätande ämnen	1360	1763
9	Övriga farliga ämnen och föremål	1190	1377
Alla klasser		30912	22610

Figur 23. Sammanställning av indata vad gäller farligt godstransport enligt Norra Länkens säkerhetsdokumentation.

Som följd av avvecklingen av de farliga verksamheterna på Loudden och utvecklingen inom Energihamnen har vidare en större förändring av farligt godsflödet som presenteras ovan skett. Förändringarna innebär primärt att mängden brandfarliga vätskor drastiskt sjunkit. LNG-transporterna som i framtiden antas utgå från Energihamnen kan även komma att dubblas utifrån information från Stockholm Hamnar.

Förutom de större målpunkter inom hamnområdet tillsammans med befintliga drivmedelstationer i närområdet utgör Stockholms Exergis verksamhet inom Värtaverket samt lokala verksamheter på Lidingö (drivmedelstationer, Lidingöverket, Käppalaverket, Lotrec AB samt Bigner & Co) de primära målpunkter som ger upphov till farligt godstransporter på Norra länken/Lidingövägen.

För prognosåret 2040 intecknas en fördubbling av LNG gentemot dagens situation i övrigt anses de uppskattade farligt godsflöden enligt Norra länkens säkerhetsdokumentation för prognosåret 2030 med beaktande till redogjorda förändringar till följd av avvecklingarna i Loudden och utvecklingen i Energihamnen vara representativa. En sammanställning av farligt godsflödet presenteras i tabell 11.

Tabell 11. Sammanställning av farligt godsflöden på Norra länken för prognosår 2040.

ADR-klass	Typ av farligt gods	Antal transporter per år
1.1 – 1.6	<u>Explosiva ämnen</u> (Mindre mängder dynamit till lokala byggprojekt och fyrverkerier)	< 50
2.1	<u>Brandfarliga gaser</u> (främst LNG och mindre mänsd gastransporter till drivmedelstationer – alla antas utgöras bulktransporter)	<3000
2.2	<u>Icke brandfarliga, icke giftiga gaser</u>	<500
2.3	<u>Giftiga gaser</u> (primärt 25%-ammoniaklösning)	<300
3	<u>Brandfarliga vätskor</u> (främst bensin, diesel)	< 3000
4	<u>Brandfarliga fasta ämnen, etc.</u>	< 200
5	<u>Oxiderande ämnen och peroxider</u> (< 50% väteperoxid och liknande som ej är explosionsbenägna)	< 350
6	<u>Giftiga ämnen</u>	< 250
7	<u>Radioaktiva ämnen</u>	0
8	<u>Frätande ämnen</u>	< 2000
9	<u>Magnetiska material och övriga farliga ämnen</u>	< 1500
Totalt antal		< 11 150

Värt att notera är att en del av ovan transportmängder inte kommer passera förbi planområdet på rubricerade körbanor då en del transporter kör av mot Värtaverket, kv. Nimrod via Jägmästargatan samt kör en del av mot Frihamnsområdet via Södra Hamnvägen.

Vid en framtida anslutning av Norra länken till en Östlig förbindelse skulle transportererna av farligt gods kunna öka i och med en närmare förbindelse mellan dels Bergs oljehamn samt LNG-terminal i Nynäshamn. Omfattningen av en sådan ökning är svår att uppskatta. Det skulle dock kunna föranleda ett ökat antal transporter av brandfarliga vätskor och brandfarlig gas via Norra Länken, men det borde inte påverka antalet transporter på ytvägnätet förbi Valparaiso. Det ska noteras att Östlig förbindelse inte finns med i Trafikverkets prognoser för 2040.

I målpunktanalysen har viss mängd oxiderande ämne identifierats såsom väteperoxid (<50%) Vattenlösningar med <60% väteperoxid är förknippade med liten brandfara och måttlig reaktivitetsfara och bedöms ej kunna leda till explosion. Inga verksamheter som hanterar oxiderande ämnen (såsom t.ex. ammoniumnitrat) som vid blandning med diesel och upphettning kan föranleda explosion har identifierats. Inga verksamheter som ger upp till regelbundna transporter av explosivt ämnen klass 1.1. har identifierats utan transporter av explosiva varor bedöms begränsas till mindre transporter av dynamit till lokala byggprojekt samt fyrverkerier. Inga verksamheter som ger upphov till bulktransporter av giftiga gaser såsom klorgas eller ren ammoniak har identifierats utan de transporter innehållande större mängder giftig gas kan härledas till de transporter av 25%-ammoniaklösning som transporteras till Värtaverket via Jägmästargatan och därmed inför passerar förbi planområdet.

Farligt godstransporter i riktning till/från Frihamnsområdet som passera planområdet på Södra Hamnvägen (söderut) respektive Hamnpirsvägen och via Hamnpåfarten (norrut) är mycket begränsade. En sammanställning av uppskattade farligt godstransporter på Södra Hamnvägen/Hamnpirsvägen presenteras i tabell 12. Notera att drivmedelstationen St 1 som ger upphov till majoriteten av transporter ska avvecklas samt finns stora osäkerheter kring om Petrobells verksamhet kommer finnas kvar eller även den avvecklas. För prognosåret 2040 är således uppskattade mängder troligtvis rejält överskattade.

Tabell 12. Sammanställning av farligt godsflöden på Södra Hamnvägen/Hamnpirsvägen för prognosår 2040.

ADR-S Klass	Typ av farligt gods	Antal transporter per år
2.1	Brandfarliga gaser (främst fordonsgas på Växelflak)	400 (St1)
3	Brandfarliga vätskor (främst besin, diesel)	180 (Petrobell) 107 (St1) 50 (Frihamnen) Totalt: 337
Totalt antal samtliga klasser		737

I Frihamnen har Gasnätet i Stockholm en reservanläggning för LNG. Den flytande gasen levereras till anläggningen med tankbil. Vid normal drift är anläggningen i Högdalen huvudanläggning för stadsgastillförseln och i Mårtensdal finns en blandningsanläggning som är spets- och reservanläggning. Eftersom anläggningen i Frihamnen utgör en reservanläggning förväntas transporter av LNG till anläggningen begränsas till enstaka transporter under relativt korta tidsperioder. Dessa transporter bedöms vara så få i antal att de ej bidrar till riskbilden.

D.1.1. Olycka involverande massexplosiva ämnen

En detonation kan uppstå antingen till följd av att starka påkänningarna på lasten till följd av själva trafikolyckan eller till följd av en brand som sprids till lasten. Ämnen ur riskgrupp 1.1 får enbart transporteras i fordon som uppfyller krav för s.k. EX/II- eller EX/III-fordon, vilket innebär krav på utförandet av elektronik, bromsar, energiabsorberande zoner samt förebyggande åtgärder mot brandrisker. Detta syftar till att reducera sannolikheten för trafikolycka som kan leda till stora påkänningar eller brandspridning till lasten vid t.ex. en motorbrand. Med avseende på detta utgår bedömningen från att det krävs en mer våldsamt kollision som skadar transportfordonet samtidigt som det uppstår en mer allvarlig brand som sprider sig till lasten. Mest troligt är att fordonets drivmedelstank behöver involveras i brandförloppet för att uppkommen brand ska innebära ett hot för lastutrymmet.

Under åren 1994-1999 rapporterades årligen i genomsnitt 64,7 fordonsbränder i Sverige vid polisrapporterade vägtrafikolyckor till Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)⁵. Under motsvarande år rapporterades ca 15 700 trafikolyckor med personskada per år⁶. Utifrån detta kan sannolikheten för brand i fordon vid olycka uppskattas till ca 0,4 % (64,7 / 15 700). Statistiken anger inget om allvarlighetsgraden för uppkomna bränder och heller inget om kollision förelegat uppkommen brand

Liknande statistik från Norge visade på i snitt 6,3 fordonsbränder per år och 9000 rapporterade olyckor⁷. Detta skulle innebära att endast 0,07 % av antalet fordonsolyckor leder till brand i fordon. Statistiken anger heller inget om allvarlighetsgraden för uppkomna bränder.

Statistisk sammanställning utförd av FOI⁸ indikerar emellertid att 2 % av antalet bränder med betydelse för lastbilar uppkommer till följd av en kollision.

Baserat på ovanstående information från litteratur utgår sannolikheten för efterföljande brand i samband med kollision som riskerar att hota lastutrymmet från 0,0008 (0,004 x 0,02). Beräkningar utgår vidare från att spridning till lasten och uppkomst av detonation av hela lasten uppstår i 50 % av fallen.

Det finns idag ingen känd forskning kring hur stor kraft som behövs för att initiera detonation av det fraktade godset vid en trafikolycka. Med hänsyn till aktuell vägutformning som innebär en hastighetsbegränsning om 70 km/h samt att det inte finns någon risk för frontalkollisioner är bedömningen att det är väldigt otroligt att starka påkänningar kan föranleda en detonation. Det är bedöms troligt att transportfordonens utformning som innebär att energin vid en kollision ska tas upp av olika energiabsorberande zoner skapar ett tillfredställande skydd mot krafter som kan uppstå vid en upphinnande olycka under aktuella förutsättningar. Mot bakgrund av den ringa information som finns tillgänglig för att motivera detta skydd utgår dock beräkningarna konservativt från att sannolikheten för detonation givet starka påkänningar är lika stor som för att en brand sprider sig till lasten i samband med olycka.

⁵ Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS), uppgifter erhållna av Arne Land, Statens Väg- och Transportforskningsinstitut 2003-05-27.

⁶ Vägtrafikskador 2004, Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), Rapport 2005:14, 2005.

⁷ Tunnlar i Storstad – säkerhets och miljöaspekter, Nordiska vägtekniska förbundet, 2002.

⁸ FOI (2009) Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI Memo 2774.

D.1.2. Olycka involverande brandfarlig gas (LNG bulk)

Utgångspunkten i frekvensbedömningar är att alla transporters antas utgöras av bulktransporter.

För att en olycka med klass 2.1 ska leda till konsekvenser för omgivningen krävs att det farliga godset sprids utanför behållaren och sedan antändas. För tjockväggiga tankar reduceras värdet för att tank skadas i samband med olycka med en faktor 30 gentemot sannolikheten för att en tunnväggig tank skadas²¹.

Ett läckage av brandfarlig gas kan resultera i följande händelseförlopp:

- Omedelbar antändning som ger upphov till pölbrand/jetbrand.
- Uppvärmning av tank eller tankhaveri som leder till BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion).
- Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion.

Fördelning av dessa scenarier varierar ganska kraftigt mellan olika källor. Baserat på olika källstyrkor används följande sannolikheter för de olika händelseförloppen givet olycka och skada på en bulktransport:

- Ingen antändning: 30 %
- Direkt antändning (pölbrand/jetbrand): 19 %
- BLEVE: 1 %
- Fördröjd antändning (gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion): 50 %

Dessa värden bedöms rimliga och tillämpas vidare i denna analys. Enligt VROM⁹ kan vidare fördelningen mellan gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion givet en fördröjd antändning ansättas till 60/40 %.

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig gas antas kunna bli litet, medelstort eller stort, i enlighet med anvisningar som redogörs i *Farligt gods – riskbedömning vid transport*. Karakteristiska massflöden anges enligt följande: 0,09 kg/s (litet), 0,9 kg/s (medelstort) respektive 17,9 kg/s (stort). Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %, 20,8 % och 16,7 %.

Med utgångspunkt i att LNG kan förväntas vara riskstyrande inom gruppen brandfarliga gaser utgår vidare utredningen från att pölbrand kommer uppstå givet en direkt antändning av ett utsläpp. Detta mot bakgrund av att LNG i transporteras nedkyld, ca - 162 °C, i flytande form under atmosfärstryck. För att en farlig jetflamma ska uppstå krävs således att tanken hettas upp så att en tryckuppbyggnad sker och säkerhetsventil öppnas. För att ett sådant förlopp vidare ska utgöra något hot mot omgivningen krävs vidare att tanken har vält i samband med olycka så att säkerhetsventilerna pekar i horisontell riktning mot planerad bebyggelse, i annat fall kommer avluftning ske rakt uppåt i luften utan allvarliga effekter mot människor i omgivningen.

Följande olycksfrekvenser beräknas för de dimensionerande händelseförloppen:

Pölbrand

Sannolikheten för direkt antändning givet utsläpp som föranleder en pölbrand beräknas med följande indata.

P _u (Sannolikhet skada)	0,0019
Sannolikhet direkt antändning	0,3

Hänsyn tas vidare till sannolikheten uppkomst av litet (62,5 %), medelstort (20,8 %) och stort läckage (16,7 %).

⁹ VROM (2005), *Guideline for Quantitative Risk Assessment*, "Purple book". Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Nederländerna.

Gasmolnsbrand

Sannolikheten för en fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand beräknas med följande indata.

P_u (Sannolikhet skada)	0,0019
Sannolikhet fördröjd antändning	0,5
Sannolikhet gasmolnsbrand	0,6

Hänsyn tas vidare till sannolikheten uppkomst av litet (62,5 %), medelstort (20,8 %) och stort läckage (16,7 %).

Gasmolnsexplosion

Sannolikheten för en fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsexplosion beräknas med följande indata.

P_u (Sannolikhet skada)	0,0019
Sannolikhet fördröjd antändning	0,5
Sannolikhet gasmolnsexplosion	0,4

Hänsyn tas vidare till sannolikheten uppkomst av litet (62,5 %), medelstort (20,8 %) och stort läckage (16,7 %).

BLEVE

Sannolikheten för BLEVE beräknas med hjälp av följande indata.

Andel	
P_u (Sannolikhet skada)	0,0019
Sannolikhet BLEVE	0,01

D.1.3. Olycka involverande brandfarlig gas (gasflak med biogas)

Det finns olika lösningar på utförande av gasflak. En av de vanligare transportörerna på marknaden är AGA. AGA:s modell bygger på lastväxlarflak. Flaken är fylld med 147 flaskor à 50 liter (geometrisk volym), vilket motsvarar 7,35 m³. Vid ett tryck av 200 bar, kan ca 1900 Nm³ gas lagras per flak, vilket motsvarar ca 1500 kg. Flaken är konstruerade som ett ramverk av stål och fungerar som påkörningskydd, se figur 24.

Flaskbottensida



Flaskventilsida



Figur 24. Exempel på gasflak.

Långsidorna är öppna bortsett från några tvärgående balkar, men för att skydda flaskorna ligger dessa ca 25 cm in från flakets långsidor. Gasflaskorna är i sig väldigt robusta mot bakgrund av de höga tryck de är utformade för. För att minimera utsläppt volym gas vid en eventuell olycka eller ett läckage är flaskorna uppdelade i 6 sektioner, vilka sedan är indelade i mindre grupper. Ett maximalt utsläpp till följd av en olycka där en sektion skadas omfattar således 1/6 av befintliga

flaskor, vilket motsvarar ca 230 kg biogas. Ett sådant händelseförlopp antas representera en form av värsta troliga scenario vilket är utgångspunkten för fortsatt analys.

Ett läckage av tryckkomprimerad gas kan resultera i följande händelseförlopp:

- Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.
- Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand
- Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsexplosion
- Uppvärmning av flak som leder till kärlsprängning.

Baserat på sannolikhetsfördelning vad gäller bulktransporter tillämpas följande sannolikheter för de olika händelseförloppen givet olycka och skada på en transport av tryckkomprimerad brandfarlig gas i växelflak:

- Ingen antändning: 30 %
- Direkt antändning (Jetflamma): 19 %
- Kärlsprängning: 1 %
- Fördröjd antändning (gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion): 50 %

Fördelningen mellan gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion givet en fördröjd antändning ansätts till 60/40 %.

Följande olycksfrekvenser beräknas för de dimensionerande händelseförloppen:

Jetflamma

Sannolikheten för direkt antändning givet utsläpp som föranleder en jetflamma beräknas med följande indata.

Andel	
P_u (Sannolikhet hål i tjock tankvägg)	0,0004
Sannolikhet direkt antändning	0,19

Gasmolnsbrand

Sannolikheten för en fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand beräknas med följande indata.

Andel	
P_u (Sannolikhet hål i tjock tankvägg)	0,0004 [1]
Sannolikhet fördröjd antändning	0,5
Sannolikhet gasmolnsbrand	0,6

Gasmolnsexplosion

Sannolikheten för en fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsexplosion beräknas med följande indata.

P_u (Sannolikhet hål i tjock tankvägg)	0,0004 [1]
Sannolikhet fördröjd antändning	0,5
Sannolikhet gasmolnsexplosion	0,4

Kärlsprängning

Sannolikheten för kärlsprängning beräknas med hjälp av följande indata.

P_u (Sannolikhet hål i tjock tankvägg)	0,0004 [1]
Sannolikhet Kärlsprängning	0,01

D.1.4. Olycka involverande brandfarlig vätska

För att en olycka med klass 3 ska leda till konsekvenser för omgivningen krävs att det farliga godset sprids utanför behållaren och sedan antändas. Sannolikheten för antändning av diesel vid en farligt godsolycka på väg är mycket låg på grund av dess höga flampunkt, denna ansätts vanligen till 1 %. En siffra som kan jämföras med den vanligtvis ansatta sannolikheten för antändning av ett bensinläckage, 3,3 % [3]. Konservativt utgår beräkningarna från att alla transporter utgör bensin.

Sannolikheten för pölbrand beräknas med hjälp av följande ekvation och indata.

P_U (Sannolikhet hål i tunn tankvägg)	0,019 [12]
P_A Sannolikhet antändning	0,033

C.4. Underlag individ och samhällsriskberäkningar

Med utgångspunkt i redogjorda olycksfrekvenser och i rapporten belysta konsekvenser för respektive riskkälla och tillhörande olycksscenarioer har individ- och samhällsriskberäkningar tagits fram.

Riskberäkningar är framtagna för prognosåret 2040. Hänsyn tas till förväntad avveckling av drivmedelstationen St 1 samt Petrobells verksamhet.

C.4.1. Individrisk

Beräkning av platsspecifika individrisknivåer redovisas i form av en individriskprofil som anger den avståndberoende frekvensen att en person ska omkomma till följd av analyserade olyckshändelser.

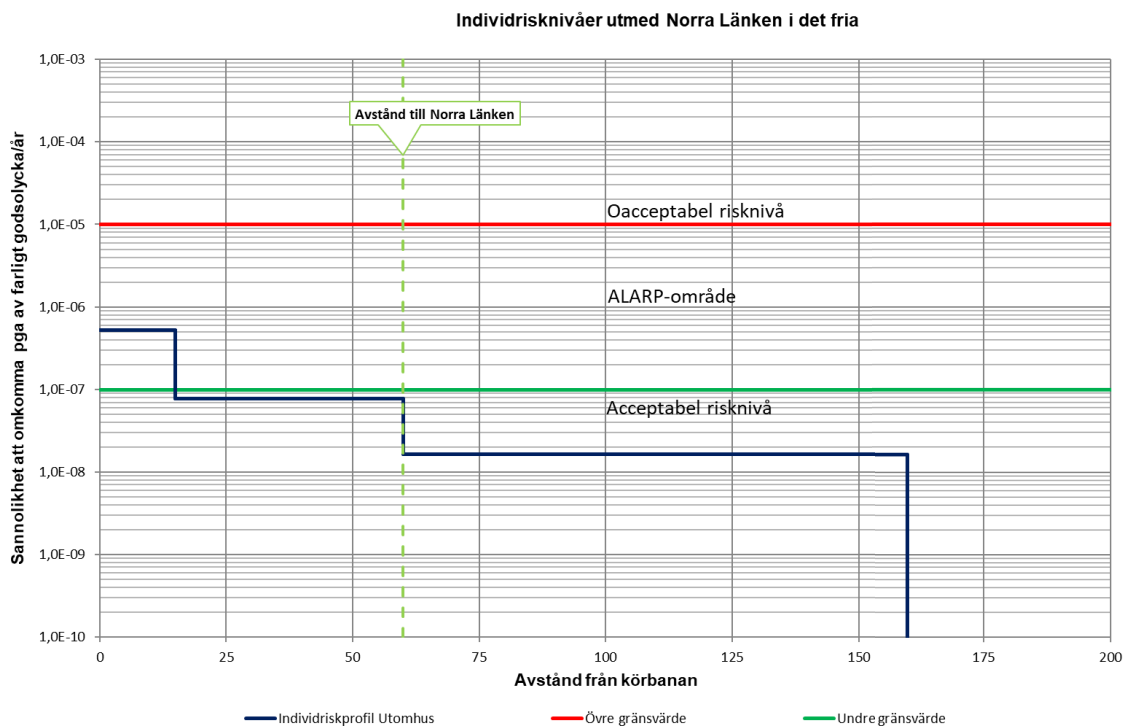
Individrisken beräknas som den kumulativa frekvensen för att omkomma på ett specifikt avstånd från riskkällan. Detta innebär att på en punkt t.ex. 100 meter från riskkällan så är individrisken densamma som frekvensen för alla skadescenarioer med ett skadeområde ≥ 100 meter.

Vid redovisning av individrisken behöver hänsyn tas till att skadeområden för olycksscenarioer skiljer sig i förhållande till den vägsträcka som studerats (1 km). Detta innebär att det inte är givet att en person som befinner sig inom kritiskt område i planområdet omkommer om en olycka inträffar på den aktuella sträckan. För att ta hänsyn till detta reduceras frekvensen beroende på skadeområdets utbredning. Grovt antas att ett scenario kan påverka en så stor andel av den studerade sträckan som scenariots bedömda påverkansområde inom vilken människor bedöms förolyckas. Exempelvis innebär detta för ett olycksscenario med beräknat skadeområde om ca 100 meter att frekvensen multipliceras med 0,2 för en 1 km lång vägsträcka.

Norra Länken / Lidingövägen

I figur 25 presenteras indata och individrisknivån utmed Norra Länken/Lidingövägen.

Olycksförlopp	Olycksfrekvens / km	Konsekvensavstånd
Explosion 60 kg eller lägre	4,3E-09	15
Gasutsläpp (bulk) - pölbrand (större läckage)	9,7E-07	15
Gasutsläpp (bulk) - gasmolnsbrand (större läckage)	3,6E-07	60
Gasutsläpp (bulk) - gasmolnsexplosion (större läckage)	1,5E-07	60
Gasutsläpp (bulk) - BLEVE	5,1E-08	160
Brandfarlig vätska - pölbrand	1,4E-05	15



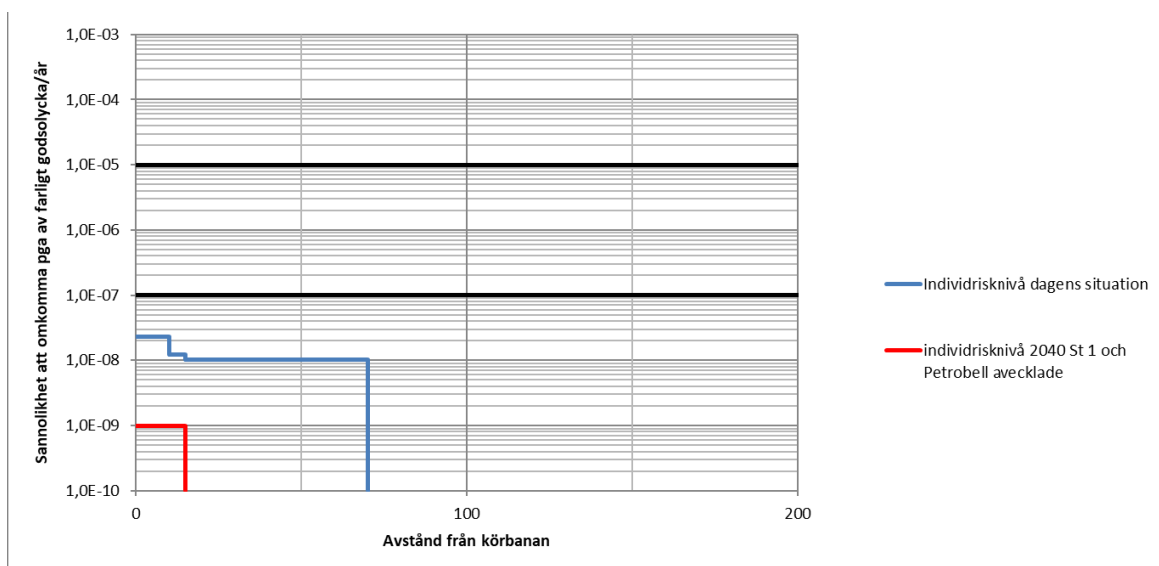
Figur 25. Indata tillsammans med individrisknivåer utmed Norra Länken i det fria

Resultaten redogör att acceptabla individrisknivåer är att vänta inom berörda delar av planområdet sett till riskexponeringen.

Avfart från Norra Länken och utmed Södra Hamnvägen/Hamnpirsvägen

I figur 26 presenteras indata och individrisknivån utmed avfart från Norra Länken och utmed Södra Hamnvägen/Hamnpirsvägen.

Olycksförlopp	Olycksfrekvens / km	Konsekvensavstånd
Gasutsläpp (flak) - gasmolnsbrand	1,0E-07	15
Gasutsläpp (flak) - jetflamma	6,6E-08	10
Gasutsläpp (flak) - kärlsprängning (inkluderar olycksfrekvens för gasmolnsexplosion som antas övergå till kärlsprängning)	3,5E-09	70
Brandfarlig vätska - pölbrand	4,6E-07	15



Figur 26. indata och individrisknivå längs med avfartsramp från Norra Länken och utmed Södra Hamnvägen/Hamnpirsvägen i det fria

Resultaten redogör att acceptabla individrisknivåer är att vänta inom berörda delar av planområdet som angränsar mot avfart från Norra Länken sett till riske exponeringen.

C.4.2. Samhällsrisk

I samhällsriskberäkningar beaktas även risken för allvarlig påverkan i närområdet kring planområdet. Samhällsriskberäkningar utgår från en värsta tänkbar olycksplacering vid konsekvensbedömning. Sett till närområdet och angränsande detaljplaner som är under framtagning kan konstateras att skadeutbredningen vid händelse i anslutning planområdet i mångt och mycket är begränsade till planområdet. Undantaget är vid uppkomst av mer allvarliga explosionsförlopp på Norra Länken/Lidingövägen såsom BLEVE som kan föranleda påverkan inom delar av kvarteret Nimrod. Personbelastningen inom detta områden bedöms dock generellt lägre än det som uppskattas inom Valparaiso.

Rådande förutsättningar innebär en generellt låg personbelastning i anslutning till Norra Länken. Omgivningen på andra sidan infrastrukturpaketet i förhållande till planområdet förväntas ha ett försumbart bidrag till samhällrisknivåerna.

Den kumulativa samhällsriskbilden är beräknad utifrån följande förutsättningar och antaganden:

- Personbelastningen utomhus i mer riskutsatta lägen mellan planerade och byggnader och Norra länken bedöms som generellt låg utifrån att människor inte förväntas vistas i dessa ytor stadigvarande.
 - Vid beräkning av skadepotential utomhus utgår personbelastningen utomhus till 1 person per 2500 kvm.
- Olycksfrekvenser på Norra länken utgår från en studerad sträcka om 1 km.
- Olycksfrekvenser på avfartsramp från Norra Länken mot Södra Hamnvägen utgår från en studerad sträcka om 1 km.

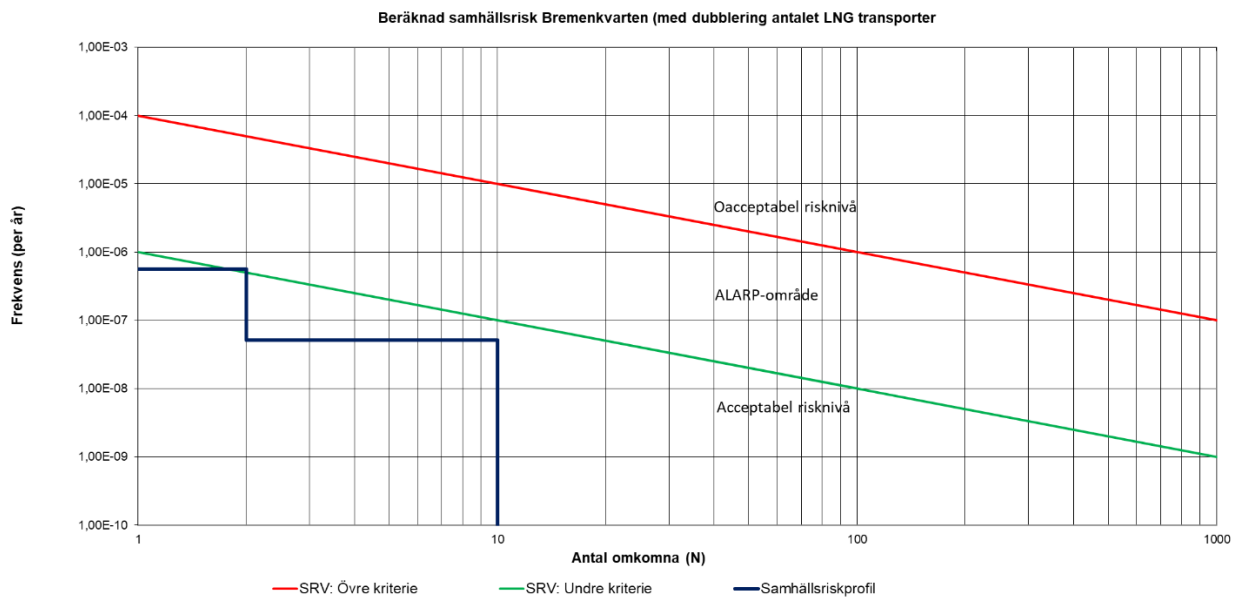
Den kumulativa samhällsriskbilden är beräknad utifrån nedan skadepotential för de analyserade olycksscenarier med tillhörande olycksfrekvenser.

Samlat indata för beräknade samhällsrisknivåer presenteras i tabell 13.

Tabell 13. Sammanställning av indata för samhällsriskberäkningar

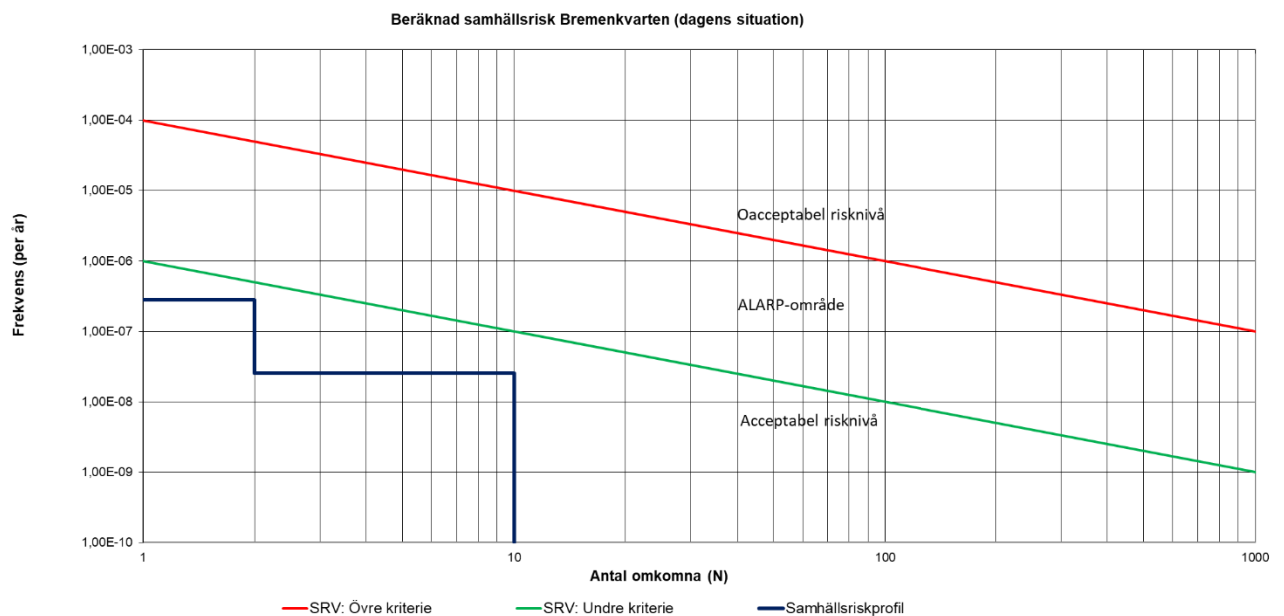
<i>Riskälla och olycksförlopp</i>	<i>Konsekvenspotential inom planområdet</i>
<u>Norra Länken/Lidingövägen</u>	
Explosion med lägre mängder dynamit	Enstaka/mindre antal – 1 personer
Gasutsläpp (bulk LNG) – pölbrand	0
Gasutsläpp (bulk LNG) - gasmolnsbrand	Enstaka/mindre antal – 2 personer
Gasutsläpp (bulk LNG) - gasmolnsexplosion	Enstaka/mindre antal – 2 personer
Gasutsläpp (bulk LNG) - BLEVE	Upp mot 10 personer
Olycka brandfarlig vätska – pölbrand	0
<u>Avfartsramp Norra Länken mot Södra Hamnvägen</u>	
Explosion gasflak – tryckkärlsexplosion/gasexplosion	Enstaka/mindre antal – 2 personer
Gasutsläpp (gasflak) - gasmolnsbrand	0
Gasutsläpp (gasflak) - jetflamma	0
Brandfarlig vätska – pölbrand	0
<u>Industrijärnvägsspår och Södra bangården</u>	
Inga olycksrisker identifierade med skadepotential inom planområdet	-

I figur 27 redovisas beräknad samhällsrisksprofil för prognosåret 2040 vilket omfattar en dubbling av antalet LNG-transporter sett till dagens situation. Riskprofilen omfattar även att drivmedelstation St 1 och Petrobells verksamheter finns kvar.



Figur 27. Beräknad samhällsrisksprofil för prognosåret 2040 men där drivmedelstation St 1 samt Petrobells verksamheter förutsätts finnas kvar.

I figur 28 redovisas beräknad samhällsrisksprofil utan dubblerad mängd LNG-transporter, d.v.s. dagens situation.



Figur 28. Beräknad samhällsrisksprofil baserat på dagens situation (utan dubblerad mängd LNG-transporter).

Utförda samhällsrisksberäkningar påvisar tämligen låga och godtagbara riskbilder vilka är relativt okänsliga mot antaganden om transporter.

Bilaga D - Stockholm hamnars restriktioner avseende farligt godshantering

I följande bilaga återges Stockholm Hamnars restriktioner vad gäller farligt godshantering¹⁰

47042

Class \ Hold	1									
1.1 - 1.6	X									
1.4 S	P									
2.1	X									
2.2	P									
2.3 flammable	X									
2.3 non-flammable	P									
3 FP <23°C	X									
3 FP ≥23°C to <60°C	P									
4.1	P									
4.2	P									
4.3 liquids	X									
4.3 solid	P									
5.1	P									
5.2	X									
6.1 liquids	P									
6.1 liquids FP < 23°C	X									
6.1 liquids FP > 23°C to < 60°C	X									
6.1 solids	P									
8 liquids	P									
8 liquids FP < 23°C	X									
8 liquids FP > 23°C to < 60°C	X									
8 solids	P									
9	P									

P = Indicates PACKAGED GOODS PERMITTED

A = Indicates PACKAGED and BULK GOODS ALLOWED

X = Indicates NOT ALLOWED

Remarks related to the information in the table above as applicable:

NOTE: Cargoes in bulk may be listed individually by name and class.

DG19

Version 6

2011-12-02

3(4)

¹⁰ http://www.stockholmshamn.se/siteassets/om-oss/tilltrade--sakerhet/bilagor-driftforeskrifter/bilaga9_farligt_gods_kvalitetsbegransningar.pdf

IMDG KLASS	Kommentar
1.1	ämnen och föremål med risk för massexplosion, hanteras ej.
1.2	ämnen och föremål med risk för splitter och kaststycken men inte massexplosion, hanteras ej.
1.3	ämnen och föremål med risk för brand, och mindre risk för tryckvåg splitter och kaststycken, men inte för massexplosion a) vars förbränning ger upphov till avsevärd strålningsvärme, eller b) vilka brinner efter varandra och ger upphov till mindre verkningar genom tryckvåg eller splitter och kaststycken. Maximal kvantitet: 10 000 kg nettovikt explosivämne.
1.4	ämnen och föremål med endast obetydlig explosionsrisk i händelse av antändning eller initiering under transport. Verkningsgraden är i stort sett begränsade till kollit och det kan inte förväntas splitter av betydande storlek eller utbredning. Brand utifrån får inte förorsaka praktiskt taget samtidig explosion av så gott som hela kollitsinnehåll. Maximal kvantitet: 75 000 kg nettovikt explosivämne.
1.5	Mycket okänsliga ämnen med risk för massexplosion men med mycket liten sannolikhet för initiering eller övergång från brand till detonation under normala transportförhållanden Maximal kvantitet: 10 000 kg nettovikt explosivämne.
1.6	Extremt okänsliga föremål utan risk för massexplosion. Föremålen innehåller endast extremt okänsliga ämnen och där sannolikheten för oavsiktlig antändning eller utbredning är försumbar. Maximal kvantitet: 10 000 kg nettovikt explosivämne.
2.1	Brandfarliga gaser (vilket motsvarar grupper betecknade med den versala bokstaven F). a) Lastade tankcontainrar, hanteras ej. b) Mindre förpackningar(gasflaskor), avgörs i varje enskilt fall. Förhandsförfrågan ska ske i god tid. UN 1950 Aerosoler omfattas inte av begränsningar.
2.2	Icke brandfarliga, icke giftiga gaser. Maximal kvantitet: 200 000 kg
2.3	Giftiga gaser, hanteras ej.
3	Förpackningsgrupp I Produkter med en kokpunkt under 35°C, hanteras ej. Förpackningsgrupp II Produkter med flampunkt under 23°C, maximal kvantitet: 100 000 kg. Förpackningsgrupp III Produkter med flampunkt mellan 23°C och 60°C, maximal kvantitet: 150 000 kg.
5.1	Förpackningsgrupp I Oxiderande ämnen, maximal kvantitet, 10 000 kg. Förpackningsgrupp II Oxiderande ämnen, maximal kvantitet, 75 000 kg. Förpackningsgrupp III Oxiderande ämnen, maximal kvantitet, 100 000 kg.
5.2	Organiska peroxider, se även förteckning i IMDG-koden över organiska peroxider som är tillåtna för transport. a) typ A-D3, hanteras ej. b) typ E-G, maximal kvantitet, 100 000 kg.

Gällande restriktioner innebär att de farligt godsklasser som är förknippade med större konsekvenser på omgivningen givet olycka t.ex. massexplosiver samt brännbar och giftig gas ej är förbjudna.