

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

Mottagare
 Kungliga Djurgårdens Förvaltning via
 OKK + arkitektbolag
 Sofie Tolf

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

Projekt-ID
 0384
 Status
 Samrådshandling

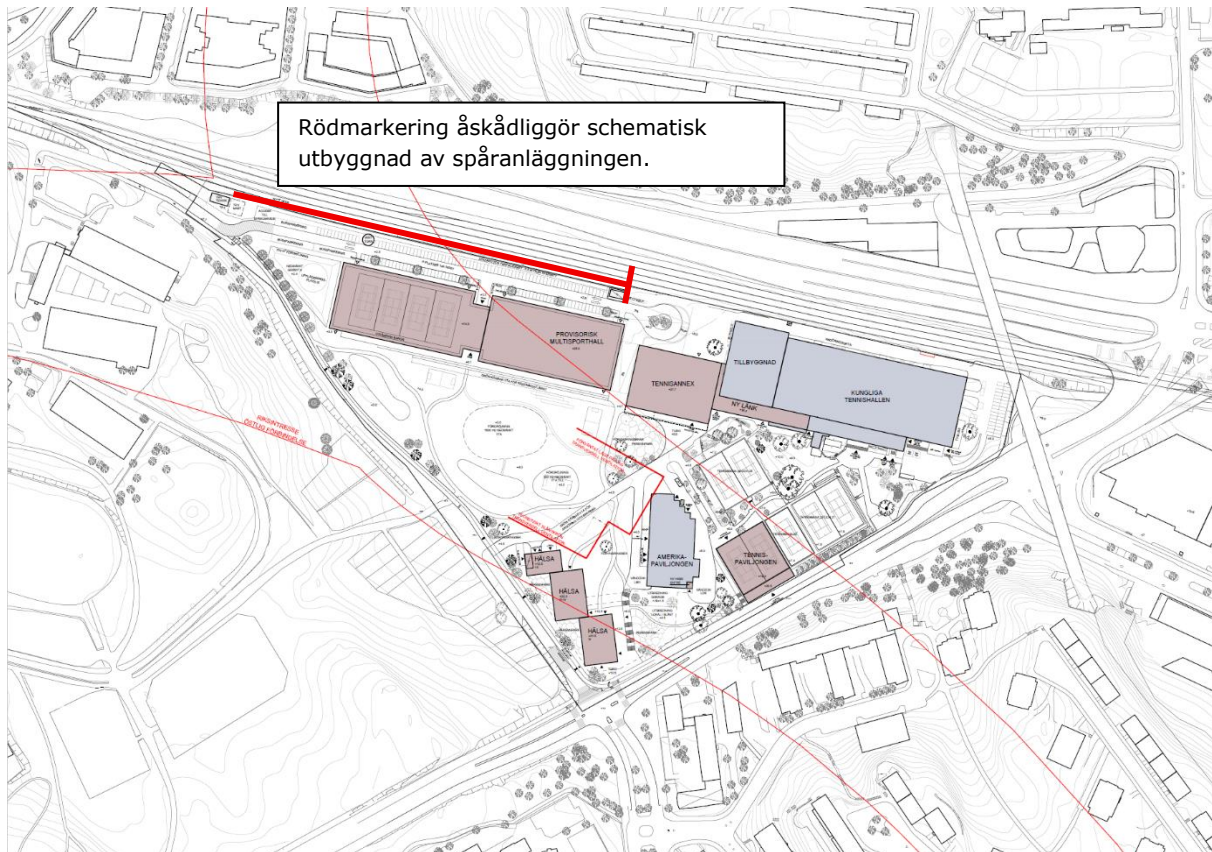
PM – Risk avseende människors hälsa och säkerhet

Detaljplan för Storängsbotten – Idrottsparken

Datum	Version	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2024-08-23	1.0	MLF	MWN	-
2025-06-17	2.0	MLF	MWN	Uppdatering efter reviderad planstruktur
2025-09-12	3.0	MLF	MWN	Uppdatering efter reviderad planstruktur
2026-02-27	4.0	MLF	MWN	Uppdatering utifrån ändrar spårutbyggnad

Sammanfattning

Området i anslutning till Kungliga tennishallen planeras att utvecklas med diverse idrott- och hälsaverksamheter. Detaljplanens omfattning presenteras översiktligt i bild nedan, där ljusblå byggnader är befintliga.



I nära anslutning till planområdet återfinns Värtans västra bangård. Trafikverket planerar att utveckla spåranläggningen med ytterligare ett spår i enlighet med 5-spårsalternativet. Planerad spårutbyggnad sträcker sig i höjd till planerad multisportsbyggnad. Situationen kommer alltså vara oförändrat utmed befintlig tennishallbyggnad. Avståndet från närmsta spår till nya planerade byggnader inom planområdet kommer uppgå till ca 25 meter. Norr om bangården löper Norra Länken (E20) som utgör en primär transportled för farligt gods. Avståndet från närmsta körbana till befintlig tennishall uppgår till ca 40 meter. Avståndet från närmsta körbana till nya planerade byggnader inom planområdet uppgår till ca 60 meter. Norra Länken, intill planområdet, löper delvis i ett tråg.

Planområdet angränsar vidare till Lidingövägen som fungerar som omledningsvägnät om Norra Länken är avstängd. Tunnelbanan löper på bro intill befintlig tennishall på ett avstånd om ca 30 meter. På ett längre avstånd återfinns Värtaverket som utgör en SEVESO-klassad verksamhet. Utifrån Trafikverkets riksintresseprecering för Östlig förbindelse kan uppförandet av trafiktunneln komma att innebära att underjordiska ramptunnlar och en luftutbytesstation placeras inom planområdet vilket ska beaktas i planläggningen.

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 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.

Utförd analys indikerar en låg samlad riskexponering inom planområdet. Såväl individ- som samhällsrisknivån bedöms acceptabel. Beaktat att tennishall 2, som är den mest riskutsatta byggnaden i förhållande till närliggande spåranläggningen, rivs och att nya byggnader planeras på tillfredställande skyddsavstånd från spåranläggningen bedöms detaljplanen förbättrade risknivåerna i förhållande till dagens situation.

Slutsatsen är att tänkt exploatering kan utföras enligt föreslagen struktur. Följande skyddsåtgärder rekommenderas för riskminimering:

- Ytor inom 10 meter från närmsta spår inom Värtans västra bangård utformas för att inte uppmuntra till stadig varande vistelse.
- Nya byggnader utformas med friskluftsintag mot annan sida än mot Värtans västra bangården.
- Skalskydd (eventuell bullerskärm) mellan Värtans västra bangård och fastigheten rekommenderas att utföras med minst 2,5 meters höjd och svårklättringsbar och om möjligt tät, i syfte att erhålla en naturlig skyddsbarriär.

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.

Innehållsförteckning

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
3	Risakanalys.....	15
3.1	Allmänt om farligt gods.....	15
3.2	Tunnelbanan	17
3.3	Värtaverket (inklusive Energihamnen)	17
3.4	Norra Länken/Lidingövägen.....	22
3.5	Värtabanan och Värtans västra bangård	26
3.6	Suicidrisk med anledning av närhet till spår.....	27
3.7	Köldsystem och val av köldmedium för planerad ishall.....	28
3.8	Östlig förbindelses luftutbytesstation och ventilationstorn	29
3.9	Samlad bedömning	30
4	Diskussion och slutsatser	32
	Referenser.....	33
	Bilaga A – Fördjupning av risker med LNG-transporter	35
	Bilaga B – Konsekvensanalys olycka med brandfarlig vätska	47
	Bilaga C – Konsekvensanalys olycka med 25-% ammoniaklösning.....	54
	Bilaga D – Frekvens och samhällsriskberäkningar	55

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Området i anslutning till Kungliga tennishallen planeras att utvecklas med diverse idrott- och hälsaverksamheter.

I nära anslutning till planområdet återfinns Värtans västra bangård vilken Trafikverket planerar att utveckla med ytterligare ett spår i enlighet med 5-spårsalternativet. Efter utbyggnaden av bangården kommer avståndet från befintlig tennishallbyggnad och närmsta spår uppgå till ca 10 meter. Avståndet från närmsta spår till nya planerade byggnader inom planområdet kommer uppgå till ca 25 meter. Norr om bangården löper Norra Länken (E20) som utgör en primär transportled för farligt gods. Avståndet från närmsta körbana till befintlig tennishall uppgår till ca 40 meter. Avståndet från närmsta körbana till nya planerade byggnader inom planområdet uppgår till ca 60 meter. Norra Länken, intill planområdet, löper delvis i ett tråg.

Planområdet angränsar vidare till Lidingövägen som fungerar som omledningsvägnät om Norra Länken är avstängd. Tunnelbanan löper på bro intill befintlig tennishall på ett avstånd om ca 30 meter. På ett längre avstånd återfinns Värtaverket som utgör en SEVESO-klassad verksamhet. Utifrån Trafikverkets riksintresseprecering för Östlig förbindelse kan uppförandet av trafiktunneln komma att innebära att ramptunnlar och en luftutbytesstation placeras inom planområdet vilket ska beaktas i planläggningen.

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 samt huruvida exploateringen utförs med erforderlig hänsyn till utvecklingsmöjligheterna inom Värtaverket och Energihamnen.

1.2 Underlag

Som underlag för upprättande av denna riskutredning ligger av RiskTec Projektledning framtagen översiktlig riskutredningen för stadutbyggnadsområdet Norra Djurgårdsstaden.

- *Översiktlig riskutredning Norra Djurgårdsstaden, version 3*, RiskTec Projektledning AB, 2016. Referens [1].

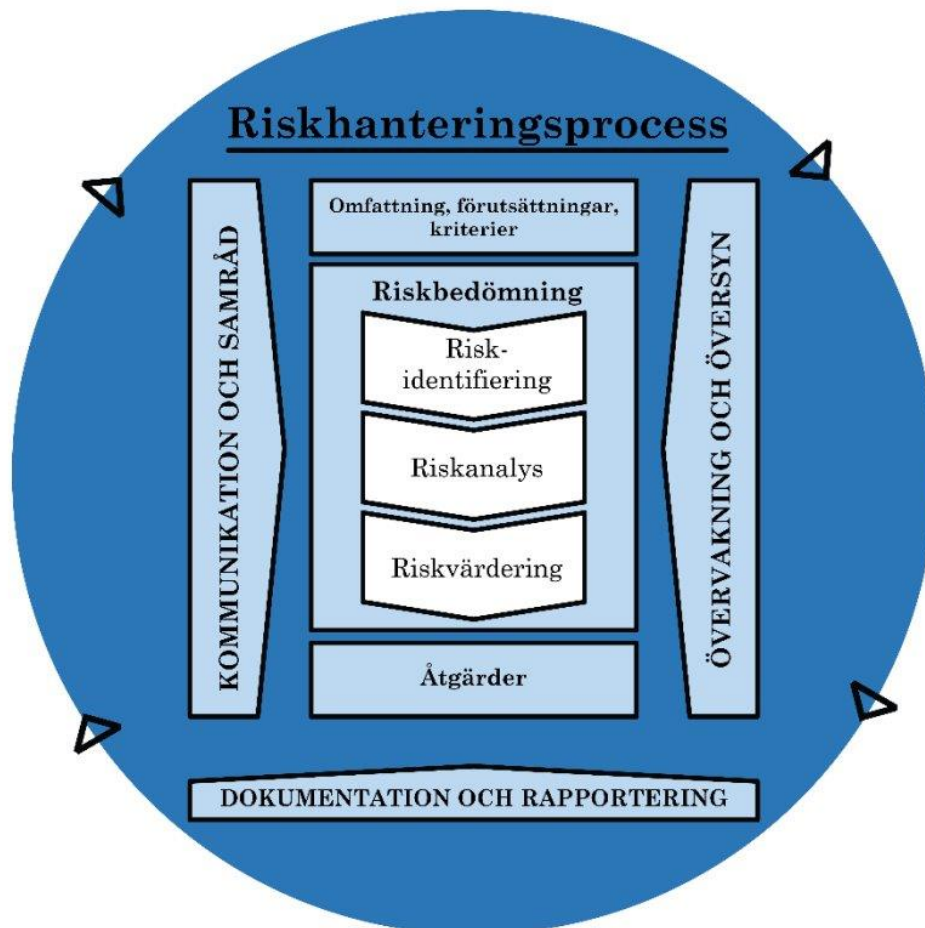
1.3 Omfattning och avgränsningar

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. 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.

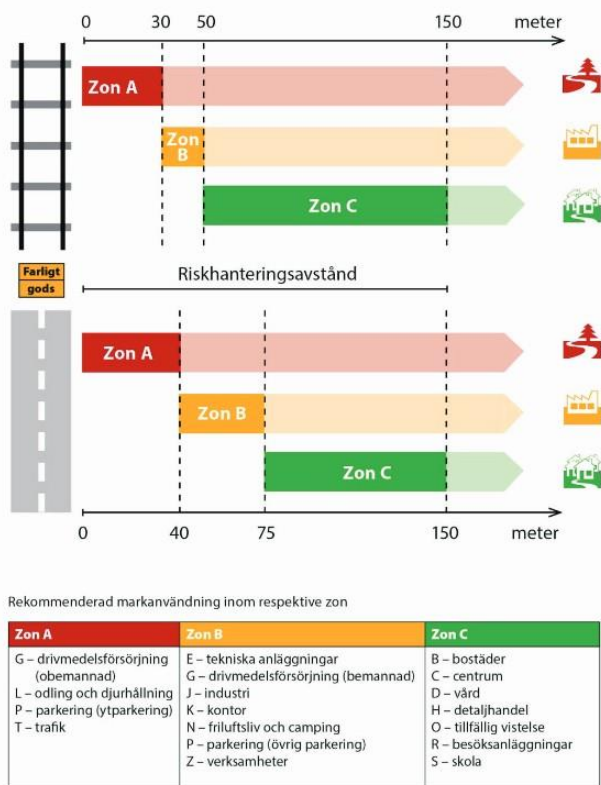
För att kunna göra en skattning av riskerna krävs bedömning av riskernas sannolikhet och konsekvens, vilket riskanalysmomentet avser.

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 [6]. 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 [5]:

- 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 [6]. 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.

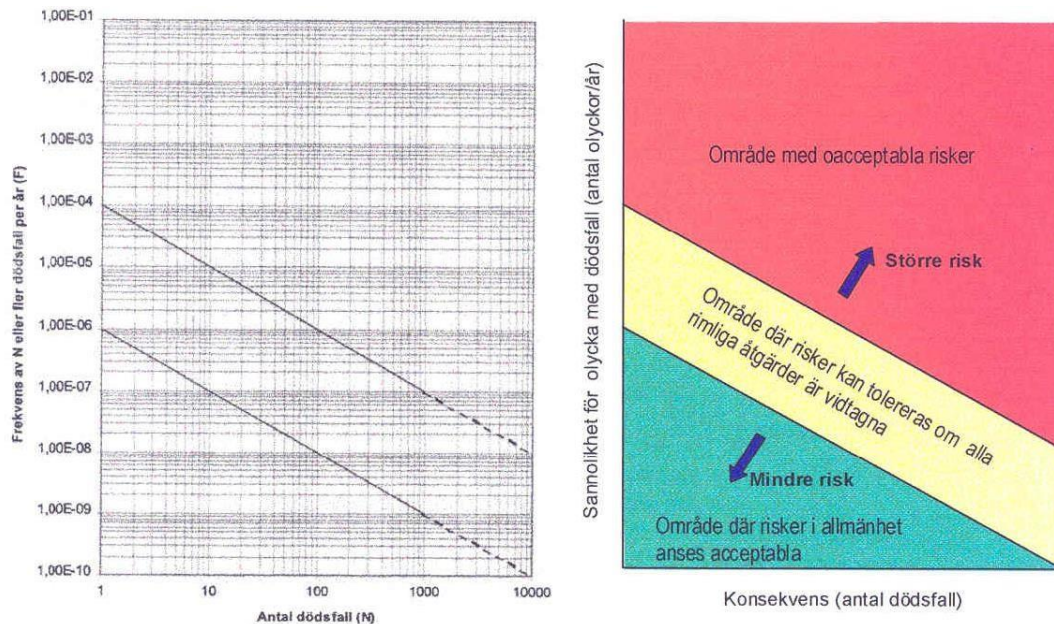
För individrisk föreslår Räddningsverket [6] följande kriterier:

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

För samhällsrisk föreslår Räddningsverket [6] 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.

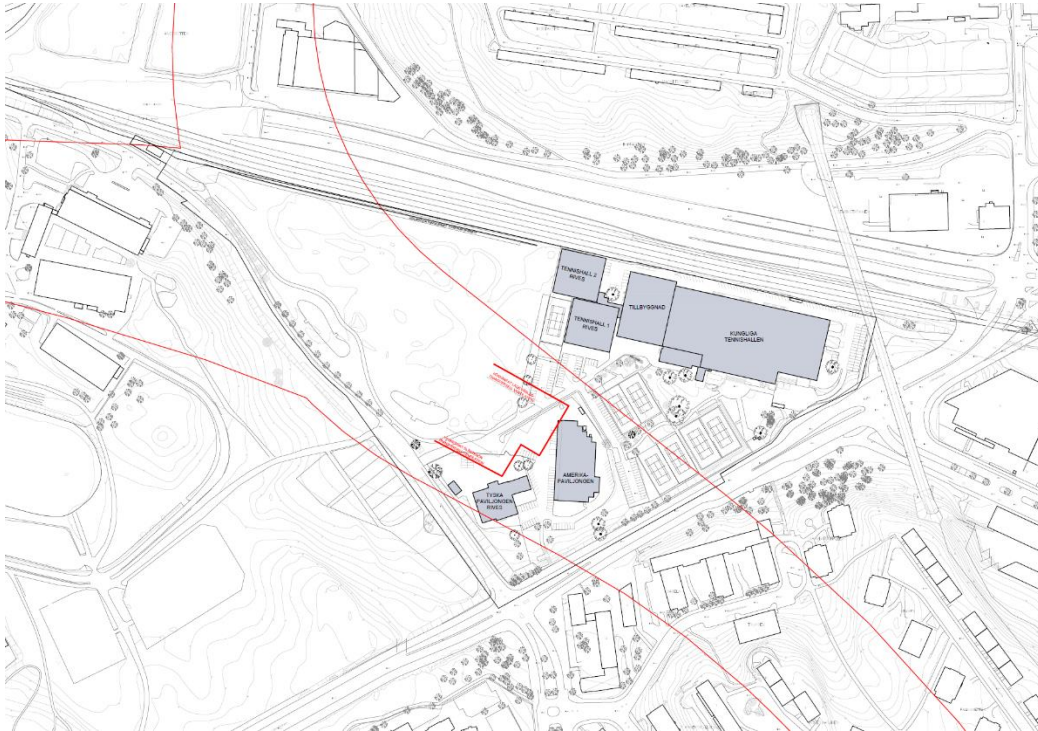
Ovanstående kriterier grundar sig i att en sträcka om motsvarande 1 km studeras.

I samband med samhällsplanering är det vidare viktigt att beakta kopplingen mellan risktagande och den samhällsnyttan som erhålls av risktagandet [5,6].

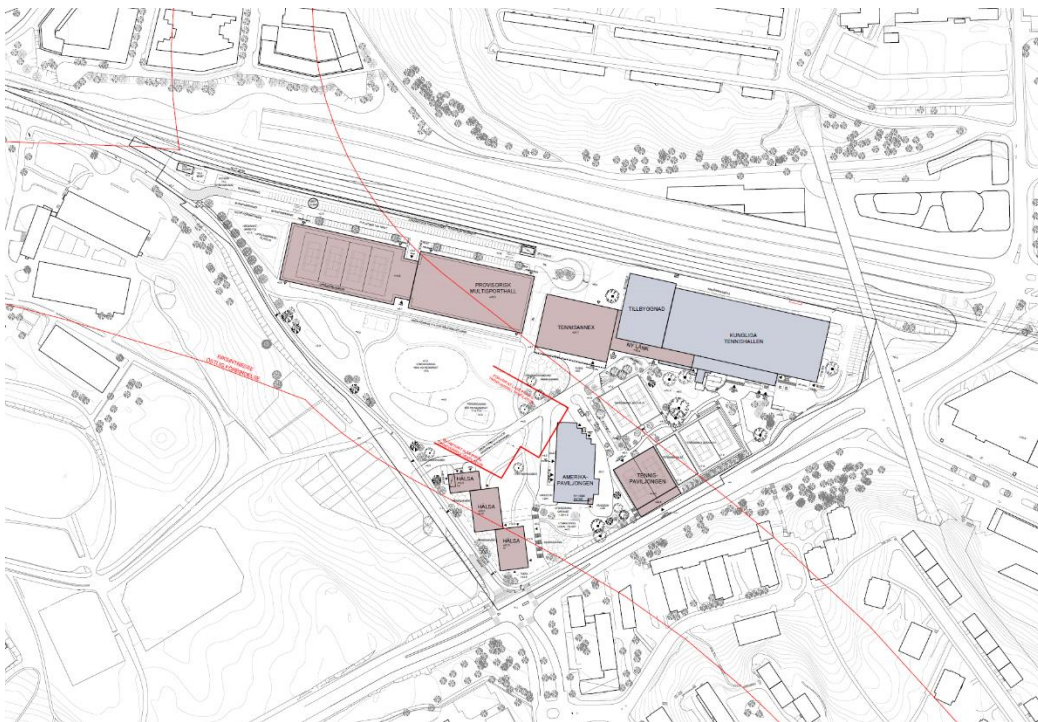
2 Förutsättningar

2.1 Områdesbeskrivning

Området i anslutning till Kungliga tennishallen planeras att utvecklas med diverse idrott- och hälsaverksamheter. Detaljplanens omfattning presenteras översiktligt i figur 4 och 5 där nuläge tillsammans med planerad utveckling åskådliggörs.



Figur 4. Skiss som redogör för nuläget med tillkommande spår.

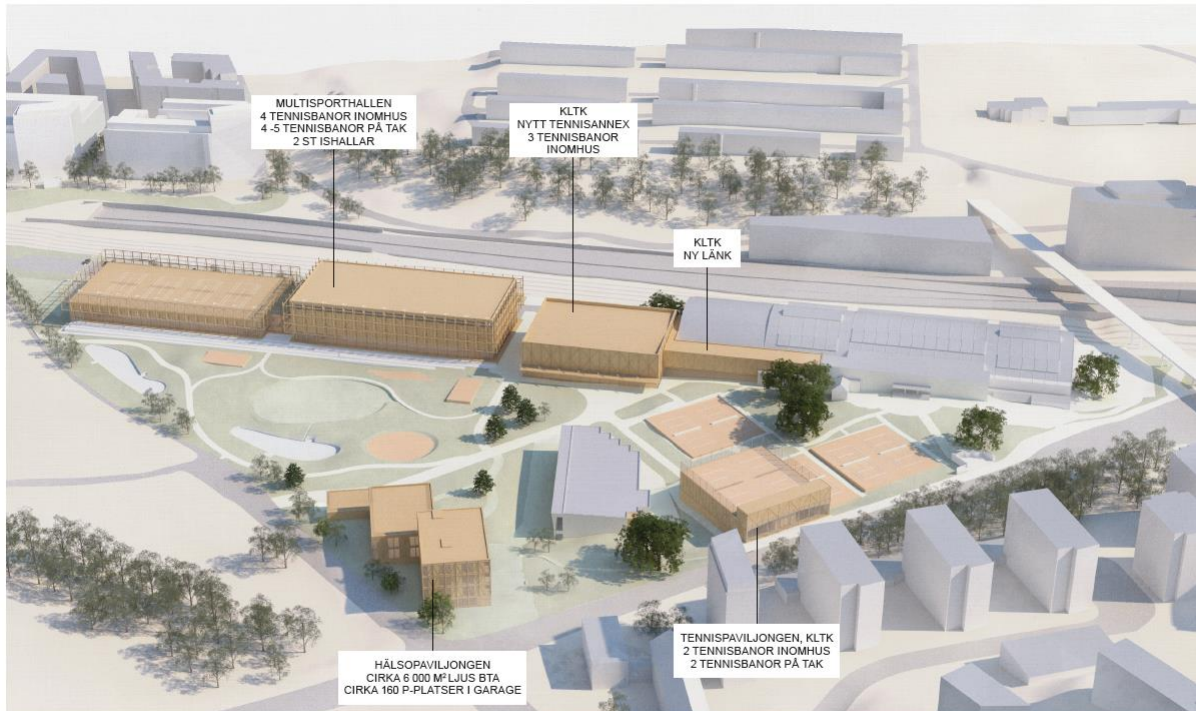


Figur 5. Skiss som redogör för planerad utveckling enligt detaljplanen.

I figur 6 presenteras en visualiserad strukturplan enligt detaljplanen.

ÖVERSIKT

ÖVERSIKTSVY FRÅN SÖDER



OKK+

2026-03-03



Figur 6. Visualisering av strukturplan enligt detaljplanen.

I nära anslutning till planområdet återfinns Värtans västra bangård. Trafikverket planerar att utveckla spåranläggningen med ytterligare ett spår i enlighet med 5-spårsalternativet. Planerad spårutbyggnad sträcker sig i höjd till planerad multisportsbyggnad. Situationen kommer alltså vara oförändrat utmed befintlig tennishallbyggnad. Avståndet från närmsta nya spår till planerade byggnader kommer att uppgå till ca 25 meter. Norr om bangården löper Norra Länken (E20) som utgör en primär transportled för farligt gods. Avståndet från närmsta körbana till befintlig tennishall uppgår till ca 40 meter. Avståndet från närmsta körbana till nya planerade byggnader inom planområdet uppgår till ca 60 meter. Norra Länken, intill planområdet, löper delvis i ett tråg.

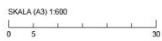
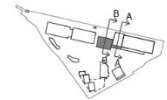
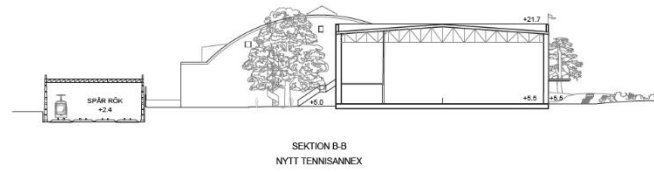
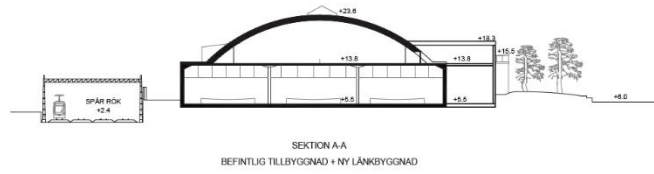
Planområdet angränsar vidare till Lidingövägen som fungerar som omledningsvägnät om Norra Länken är avstängd. Tunnelbanan löper på bro intill befintlig tennishall på ett avstånd om ca 30 meter. På ett längre avstånd återfinns Värtaverket som utgör en SEVESO-klassad verksamhet. Utifrån Trafikverkets riksintresseprecering för Östlig förbindelse kan uppförandet av trafiktunneln komma att innebära att ramptunnlar och en luftutbytesstation placeras inom planområdet vilket ska beaktas i planläggningen.

Marken mellan bangården och planerade byggnader utformas för att inte uppmuntra till stadigvarande vistelse i ett led att minimera persontätheten inom de mest riskutsatta områdena.

I figur 7 presenteras sektioner som ger en förståelse för höjdskillnader mellan bangården och närliggande byggnader.

KLTK

SEKTIONER



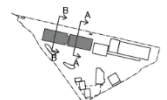
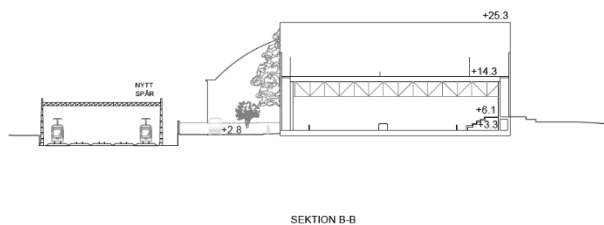
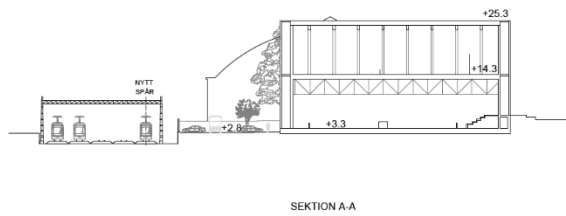
OKK+

2026-02-02



MULTISPORTHALLEN

SEKTIONER



OKK+

2026-03-03

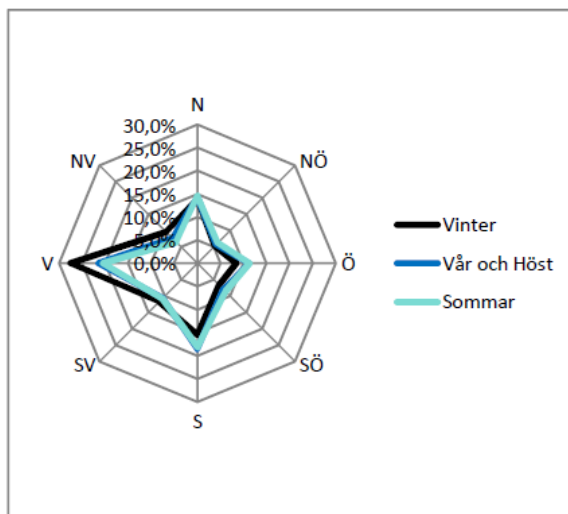


Figur 7. Sektioner enligt strukturplanen.

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/utsläpp av giftiga kemikalier i de flesta fallen kan förväntas spridas i riktning österut, d.v.s. i riktning mot hamnområdet. Sannolikheten att vinden ligger på i riktning mot studerat planområde som är belägen söderut från de primära riskällorna Värtans bangård och Norra Länken 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].

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:

- Tunnelbanan
- Värtaverket
- Norra Länken inklusive omledning via Lidingövägen
- Värtans södra bangård
- Suicidrisk med anledning av närhet av spår
- Köldmedel för planerad ishall
- Luftutbytesstation för Östlig förbindelse

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 [14]. 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
<p>Klass 1 Explosiva ämnen och föremål</p> <p><i>Sprängämnen, ammunition, fyrverkerier etc.</i></p>	<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>
<p>Klass 2.1 Brandfarliga gaser</p> <p><i>Kväve, gasol, vätgas etc.</i></p>	<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 värmestrålning.</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 Tunnelbanan

Det är relativt vanligt att tåg spårar ur. Urspårningar uppstår primärt i växlar, vilka utgör en svag länk på banan. De flesta urspårningar innebär dock bara att ett hjulpar hoppar av spåret och att tåget förblir upprätt. Sannolikheten för att urspårningen leder till att tåget, eller enstaka vagnar, lämnar spårområdet är låg. Om detta dock händer kan människor utomhus skadas allvarligt om de står i vägen för tåget. Om tåget kör in i närliggande byggnader kan delar av byggnaden skadas.

Tunnelbanan går enligt tidigare på bro utmed utredningsområdet. Tunnelbanebron är utrustad med urspårningsskydd i enlighet med Trafikverkets (tidigare Banverkets) föreskrifter BVF 586.65. Urspårningsskyddet syftar till att förhindra att ett urspårat tåg förflyttar sig bort från bron vilket i ett led innebär att riskerna mot omgivningen är väldigt begränsade. Urspårningsskydd bedöms medföra en stor reducering av sannolikheten för urspårning och att risknivån i kringliggande områden hamnar på en acceptabel nivå. Befintlig tennishall ligger på ett avstånd om ca 30 meter från bron. Nya planerade byggnader ligger på betydligt längre avstånd. Bedömningen att ingen vidare riskhänsyn erfordras med avseende på urspårningsrisk då riskbidraget inom planområdet är försumbart givet planeringsförutsättningarna.

3.3 Värtaverket (inklusive Energihamnen)

Stora mängder bränslen lossas, lastas, behandlas och lagras i Energihamnen. 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. I tabell 2 och 3 presenteras en sammanställning av hanterade mängder tillsammans med uppskattade årsvolymer. Uppgifterna bygger Stockholms Exergis statusrapport för tillståndsprövning för förändrad verksamhet vid Värtaverket KVV8 enligt miljöbalken samt den av WSP utförd inventering som underlag för framtagna säkerhetsrapport [11, 25].

Tabell 2. Sammanställning av uppskattade årsvolymer. Hämtad från referens [25].

Ämne	Användning	Uppskattad årsvolym
Eldningsolja 1	Energiproduktion	21 150 m ³
Eldningsolja 5	Energiproduktion	10 550 m ³
Tallbecksolja	Energiproduktion	12 000 m ³
Mixed Fatty Acids	Energiproduktion	7 000 m ³
Finbio-olja	Energiproduktion	12 000 m ³
Gasol	Tändbränsle	4 ton
Ammoniak <25 %	Kvävereduktion KVV6, KVV8	2 000 ton
Saltsyra 34 %	Vattenrening KVV6	10 ton
Natriumhydroxid 50 %	Rökgaskondensering KVV6, vattenrening KVV6, pH-justering, KVV8	150 ton

Ämne	Användning	Uppskattad årsvolym
Natriumklorid	Regenerering avhärtningsfilter	140 ton
Svavelsyra 95–98 %	Rökgaskondensering KVV6, avskiljning av ammoniak från rökgaskondensat samt pH-justering av kondensat, KVV8	10 ton
Trinatriumfosfat	Processvatten Elpannor, VV2, VV3	5 ton
Järnsulfat	KVV1	5 ton
Pulverjonbytarmaterial	Vattenrening KVV1 och KVV6	5 ton
Natriumbikarbonat	Svavelreduktion P14 (VV2), KVV8	50 ton
Kvävgas	Släckgas KVV6	600 ton
Vätgas	Kylvätska	3 ton
Acetylen	Svetsning	0,5 ton

Tabell 3. Sammanställning av hanterade ämnen på Värtaverket. Hämtad från referens [11].

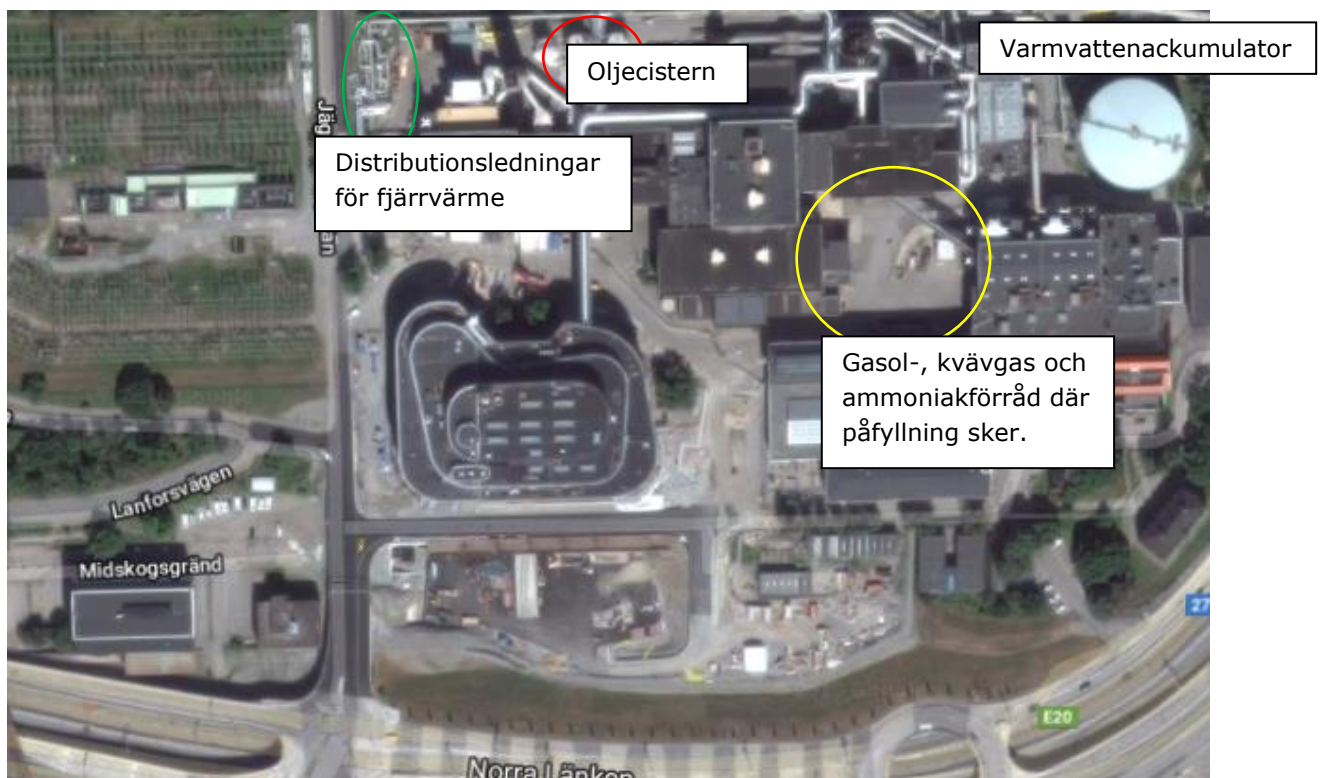
Typ av vara	Volym (m ³)	Förvaringsplats	Användningsområde	Övrig information
Eldningsolja 1	20 000 1150	Oljedepå Nimrod	Energiproduktion	Miljöfarlig
Eldningsolja 5	10 000 550	Oljedepå Nimrod	Energiproduktion	Miljöfarlig
Tallbeckolja	12000	Oljedepå	Energiproduktion	* Omfattas ej av Seveso III. Se stycket under denna tabell.
Mixed Fatty Acids	7000	Oljedepå	Energiproduktion	* Omfattas ej av Seveso III. Se stycket under denna tabell.
Finbio-olja	12000	Oljedepå	Energiproduktion	* Omfattas ej av Seveso III. Se stycket under denna tabell.
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

* Tre typer av oljor ovan, tallbeckolja, MFA och finbio-olja, har tolkats som att de ej omfattas av Seveso III-direktivet. Fortum och WSP har under 2014 skickat fråga till Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) om en enhetlig tolkning av dessa tre nämnda miljöoljor. MSB har i sin tur fört frågan till EU-kommissionens arbetsgrupp där den nu bearbetas och svar har ännu inte inkommit som visar annan tolkning än vad som gjorts i ovanstående tabell. Dessa oljor är inte klassificerade som miljöfarliga eller hälsoskadliga.

Bränsletransporter till depån sker huvudsakligen med fartyg och i mindre omfattning med tankbilar. Flytande bränslen som lossas, distribueras till cisterner. I bränsledepåerna finns totalt 17 stycken cisterner, i storlekar mellan 2000 m³ och 30 000 m³. Samtliga cisterner är försedda med temperatur- och nivåövervakning samt skumanslutning. Olivkärnesilon är förberedd för släckning genom inertgaspåföring, omlastningspunkterna är försedda med punktskydd i form av ett vattendimmsystem och bandtransportörerna är utförda med ett vattensprinklersystem. Mängden lätt eldningsolja som vid ett och samma tillfälle hanteras understiger 25 000 ton. Övrig hantering utgår från bioolja, vilka inte klassas som brandfarliga vätskor med hänsyn till att flampunkten överstiger 100 °C. Från oljedepån sker utlastning av flytande bränslen till tankbil, fartyg och pråm för transport till övriga anläggningar i Stockholmsregionen. Distribution av flytande bränslen sker även från depån via rörledningar till dagtankar inom kvarteret Nimrod.

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. Sett till den totala årsförbrukningen av brandfarlig gas är det mindre än motsvarande en bulkransport per år. Inga exakta uppgifter kring hur transportererna sker har kunnat identifierats. Sett till årsförbrukningen och hur förvaring sker uppskattas transportererna av gasbehållare på gasflak uppgå till ca 10 stycken transporter per år. Som jämförelse kan konstateras att rådande mängder och transportbehov understiger det naturliga behov av gastransporter som återfinns i Stockholms centrala delar utifrån vad typiska bygg-/anläggningsprojekt och andra verksamheter såsom t.ex. verkstäder/livsmedelsbutiker med gasolförsäljning, m.m. ger upphov till.

En platsspecifik redogörelse av innehållet i Värtaverket, kvarteret Nimrod som är den del av Värtaverket som ligger närmast planområdet, redovisas i figur 7.



Figur 9. Redogörelse av innehåll inom Värtaverket.

Olycksscenariot förknippat med störst potentiell störst 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 pölutbredningen 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 [14]. Med avseende på att cisternerna inom verksamheten är invallade och försedda med ett uppsamlingssystem 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.



Utifrån tidigare utförd miljökonsekvensbeskrivning för Värtaverket [12] förtydligas att placeringen av bränslelagren under jord och i silos i Energihamnen i kombination med tekniska åtgärder såsom kontrollerad avluftning och rening medför en god säkerhetsmarginal mot lokala störningar på grund av bränslelagringen. I verksamhetens interna riskbedömningar och sammanställd risklista [13] tydliggörs också att risken för skada på tredje man är väldigt låg, inga identifierade risker har bedömts kunna leda till att personer utanför verksamheten förolyckas.

Från de primära riskällorna inom kvarteret Nimrod, såsom oljecistern samt gasol- och ammoniakförråd, överstiger avståndet till planområde 400 meter vilket är betryggande sett till de potentiella konsekvenser som kan uppstå vid brand/explosion/utsläpp och spridning av ammoniaklösning.

Inga särskilda åtgärder behöver beaktas 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.

3.4 Norra Länken/Lidingövägen

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 Värtan. 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.

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 presenterad i figur 10 [1].

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	Självantändande 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 10. 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 numera utgår 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.

Av betydelse för förväntat antal farligt godstransport på väg och järnväg inom Norra Djurgårdsstaden är vidare gällande kvantitetsbegränsningar avseende farligt godshantering inom Stockholms hamnar som är fastslagna 2014 [22]. Restriktionerna har utarbetats för att minimera konsekvenserna vid olycka involverande farligt gods och är framtagna med hänsyn till att säkerställa säkerheten för färjeresenärer samt lokala förhållanden såsom närheten till bebyggelse, anläggningar och andra platser, där människor vanligen uppehåller sig. I tabell 4 följer de viktigaste restriktionerna avseende människors säkerhet.

Tabell 4. Restriktioner avseende farligt godshantering inom hamnen [9].

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 kollits innehåll. 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	<p>Förpackningsgrupp I Oxiderande ämnen, maximal kvantitet, 10 000 kg.</p> <p>Förpackningsgrupp II Oxiderande ämnen, maximal kvantitet, 75 000 kg.</p> <p>Förpackningsgrupp III Oxiderande ämnen, maximal kvantitet, 100 000 kg.</p>
5.2	<p>Organiska peroxider, se även förteckning i IMDG-koden över organiska peroxider som är tillåtna för transport.</p> <p>a) typ A-D3, hanteras ej.</p> <p>b) typ E-G, maximal kvantitet, 100 000 kg.</p>

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

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 5.

Tabell 5. 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 – alla antas utgöras bulktransporter)	<3000
2.2	<u>Icke brandfarliga, icke giftiga gaser</u>	<500
2.3	<u>Giftiga gaser</u> (primärt 25%-ammoniämlösning)	<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

Vid en framtida anslutning av Norra länken till en Östlig förbindelse skulle transporterna 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. 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 ca 200 transporter av 25%-ammoniaklösning som transporteras till Värtaverket.

Baserat på fördjupade frekvens och konsekvensanalyser för karakteristiska olycksförlopp som återfinns i Bilaga A-C, konstateras att planeringsförutsättningarna medför en begränsad skadepotential inom planområdet vid händelse av farligt godsolyckor på Norra Länken.

3.4.1 Omledningsvägnät för Norra Länken

Omledningsvägnät för Norra länken, delen av mellan Norrtull/Roslagstull och Värtan, utgörs av Lidingövägen – Vallhallavägen och vidare på Roslagsvägen norrut mot E18 alternativt vidare på Cederdalsgatan mot Norrtull. I figur 11 presenteras omledningen i förhållande till planområdet. Vid omledning kan farligt godstransporter således komma att passera planområdet på Lidingövägen vilken är belägen på nära avstånd till planområdet.



Figur 11. Alternativ sträcka för omledning, sträcka mellan Norrtull/Roslagstull och Värtan där planområdet är markerat i rött.

Riskexponeringen från omledningsvägnätet är att betrakta som en icke fast riskkälla och det återfinns inga uppgifter kring hur ofta och i vilken omfattning farligt godstransporter framförs på omledningsvägnätet. Norra länkens säkerhetskoncept med installerat brandkämpningssystem som möjliggör att köbildning kan accepteras utan att behöva stänga tunnelsystemet likt t.ex. Södra länken. Baserat på detta kan stängningar av Norra länken primärt hänföras till planerade nattavstängningar för drift och underhåll. Utförda trafikmätningar av farligt godstransporter återger att ca 90 % av farligt godstransporterna inom Stockholm framförs på dagtid. Det förväntade transportantalet av farligt gods som förväntas framföras via Lidingövägen på nära avstånd till planområdet i samband med omledning kan därför konstateras vara mycket lågt och ske med en låg frekvens. Sett till den täta befintliga täta stadsmiljö som återfinns idag kring omledningsvägnätet kan vidare konstateras att detaljplanens påverkan på den befintliga riskbilden är begränsad. Bedömningen är att inga riskreducerande åtgärder behöver vidtas inom detaljplanen utifrån den mycket låga riskexponering som förväntas föreligga kring omledningsvägnätet.

3.5 Värtabanan och Värtans västra bangård

Efter avvecklingen av Loudden och Containerterminalen är planen att Värtabanans anslutningar mot Frihamnen tillsammans med den östra bangården avvecklas. Som följd finns planer att utveckla den Värtans södra bangård som angränsar till planområdet. Baserat på utredningar från Trafikverket är framtidsplanen att utveckla den södra bangården med ytterligare ett spår utifrån 5-spåralternativet. Detta kommer medföra att bangård kommer utökas i riktning mot planområdet.

På Värtabanan transporteras endast gods. Det finns inga restriktioner för vilka farligt godsklasser som får transporteras på Värtabanan, utan detta styrs av målpunkternas verksamhet. Prognoser för 2040 indikerar 8-10 tågrörelser per dygn, varav majoriteten kan förutsättas vara transporter av biobränsle till Värtaverket.

Idag finns inga uppgifter om att farligt gods transporteras på Värtabanan. Tidigare framfördes dock en mindre mängd farligt gods på järnvägen. Godsfärjan, Sea Wind, som 2014 slutade trafikera Värtahamnen stod för majoriteten av farligt godsvagnar på Värtabanan. Räknet per antal transporter gick 66 % på Sea Wind, räknat per lastad mängd är motsvarande siffra 80 %. Av de farligaste klasserna gick i princip all transport på Sea Wind [23]. Det bör även noteras att fartyget Sea Wind utgjorde det enda fartyget på Östersjön som trafikerade rutten mellan Sverige och Finland med kapacitet att ta hand om spårbunden gods. Som det ser ut idag är det enbart reguljär färjetrafik (passagerarfartyg) som samlastas med viss mängd gods (så kallade ROPAX), vilka trafikerar hamnverksamheten.

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 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 godshandlingen 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 godshandling 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. Marken i anslutning till järnväg (ex makadam med hög genomsläpplighet) medför vidare att ett spill har begränsade möjligheter att breda ut sig.

Sannolikheten för att en olycka ska uppstå är generellt högre vid rangering på industrispår jämfört med vid normal transport. Detta beror på att rangeringen omfattar omkopplingar samt betydligt fler växlingar vilket utgör parametrar som är förknippade med en ökad sannolikhet för olycka. De låga hastigheterna som föreligger vid rangering (krypfart, <10 km/h) innebär dock en väldigt låg sannolikhet för att en större olycka som utgör fara för tredje man ska inträffa. Vanligtvis är olycksriskerna förknippade med påkörning eller klämrisker för arbetarna. Sett till farligt godstankarnas utformning så bedöms dessa tåla de mindre mer förekommande stöttarna som kan komma att uppstå vid rangering. Mekanisk verkan till följd av urspårning kan antas vara väldigt begränsad till följd av de låga hastigheterna. De låga hastigheterna innebär att ett urspårat tåg ej förväntas sprida sig längre än någon meter från spårområdet. Angränsande byggnader inom planområdet bedöms således inte vara riskutsatta vid uppkomst av en urspåringsolycka.

En olycka med brandfarlig vätska kan i likhet med en tankbilsolycka föranleda en pölbrand som ger upphov till hög värmestrålning mot omgivningen. I samband med rangering är enligt "handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg" [9] sannolikheten för ett stort utsläpp = 0. 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 farliga strålningsnivåer (15 kW/m²) begränsas sig till ca 15 meter från olycksplatsen. Beaktat den positiva höjdskillnad som föreligger mellan spår och befintliga byggnaden påvisar beräkningar att farliga strålningsnivåer (15 kW/m²) begränsas till ca 10 meter från olycksplatsen. Ovan analyserad pölbrand ska ses som konservativ med hänsyn till att utformningen av marken i anslutning till järnväg (ex makadam med hög genomsläpplighet) medför att ett mindre spill har begränsade möjligheter att breda ut sig. 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. Beräkningarna visar att nya planerade byggnader är placerade på ett trygghet avstånd sett till risk för brandspridning. Nya byggnader som uppförs på ett avstånd om ca 25 meter från närmsta spår kan exempelvis uppföras med träfasad. Då befintlig tennishall är utförd med tegelfasad är brandspridningsrisken kraftigt begränsad. Sett till den dimensionerande branden och med hänsyn till de positiva höjdskillnaderna kommer med största sannolikhet inte infallande strålningsnivåer överstiga 15 kW/m² beaktat befintliga glasparti strålningsreducerande effekt. Befintlig tillbyggnadsdel, som ligger närmast spår, har inga fönster i den riskutsatta fasaden vilket säkerställer att brandspridning ej kan ske.

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, så kallad tjockväggig tank vilka är mycket robusta. 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 naturliga höjdskillnad tillsammans med planerad bullerskärm, kommer vidare att skydda människor inom planområdet. Ett mindre utsläpp bedöms inte medföra direkt fara för liv sett till rådande planeringsförutsättningar.

3.6 Suicidrisk med anledning av närhet till spår

Höjdskillnader och brokonstruktioner där människor kan vistas nära trafikanläggningar på en högre höjd innebär generellt en förhöjd risk för suicid. Det är givetvis svårt och oskäligt att helt försöka bygga bort risken för suicid, men med en anpassad gestaltning kan riskerna effektivt minimeras. För suicidprevention rekommenderas att följande åtgärder beaktas och analyseras vidare inom ramen för den fortsatta projekteringen:

- Fysiska barriärer (såsom stängsel/bullerskärmar) mot spårområde utförs svårklätterbara

3.7 Köldsystem och val av köldmedium för planerad ishall

Val av köldmedium för planerade ishallar är inte fastlagt i detta skede och utgör i sak ingen planfråga. För ökad förståelse belyses riskerna av olika potentiella köldmedium översiktligt och eventuella medskick till detaljplaneutformningen lyfts. En fördjupad riskredogörelse kan först genomföras när systemuppbyggnaden och tekniska val är gjorda. Detta hanteras inom ramen för bygglovsprocessen och den tillståndsansökan som ska skickas till Räddningstjänst för godkännande utifrån svensk Kylnorm.

Enligt F-gasförordningen ska kylmaskiner med HFC-köldmedium fasas ut och tas bort från marknaden. Det innebär att det på marknaden idag återfinns två möjliga alternativ. Det ena är en kylanläggning med koldioxid som köldmedium och det andra är att nyttja ammoniak som köldmedium. Ammoniak är en giftig gas som vid högre koncentrationer kan föranleda allvarlig påverkan och dödsfall för exponerade människor. Vid val av ett system med ammoniak som köldmedium går inte utesluta att olyckshändelse såsom rörläckage/-brott etc. leder till att giftig gas sprids inom och utanför ishallen. Dagens kylsystem i ishallar utformas vanligtvis som ett indirekt system. Enligt information från tillverkare² innehåller moderna kylanläggningar endast en mindre ammoniakmängd. Mängden ammoniak varierar med systemuppbyggnad.

Ammoniakmängden uppgår vanligen till 40-80 kg i nya anläggningar tillsammans med ca 8 kubikmeter ammoniakvatten (ammoniaklösning om ca 20 %) som cirkuleras i kylslingorna som är förlagda under isen. Normalt placeras all utrustning och behållare i brandtekniskt avskilda maskinrum. Vidare installeras säkerhetssystem såsom gaslarm, säkerhetsventiler och evakueringsfläktar. I vissa väldigt känsliga miljöer såsom t.ex. Vasaparkens kylanläggning som angränsar till förskolemiljö har ett scrubbersystem som tvättar ammoniaken innan utsläpp till det fria installerats.

I FOA rapport *Hur farlig är en ishall med ammoniak? Beräkningar av riskavstånd vid vådautsläpp av ammoniak samt hur stora byggnader påverkar spridningen av gaser* ges en bra förståelse av potentiella olycksscenarier och konsekvenser i omgivningen. Från utredningen kan konstatera att det endast är de äldre kylanläggningar innehållande större mängder ammoniak om 600 kg som är förknippad med större risker för omgivningen givet utsläpp. Ishallar med moderna kylanläggningar, som har upp till 75 kg ammoniak och då enbart i själva kylmaskineriet medför endast små risker för människor som befinner sig i ishallens omgivning. Genomförda beräkningarna utgår från en anläggning som har 60 kg ammoniak och förutsätter att hela ammoniakmängden kommer fri på tio sekunder vilket förtydligas troligtvis är ett överskattat scenario då den potentiella frisläppta mängden i realiteten blir mindre.

Baserat på resultaten av den fördjupade FOA rapporten som togs fram på uppdrag av Räddningsverket görs bedömningen att riskexponeringen inom planområdet och i närområdet oberoende av val av ammoniak som köldmedium är begränsad. Givet en normal och korrekt systemuppbyggnad med anpassade säkerhetssystem bedöms inte dödliga koncentrationer kunna uppstå i omgivningen. Som medskick till den fortsatta projekteringen bedöms riskminimering kunna erhållas via en smart placering av maskinrum som sörjer att avluftning av ammoniak kan ske på fasad/taksida som vetter mot spårrområde eftersom människor i mindre utsträckning förväntas vistas stadigvarande där.

² Information baseras på dialog med Kylgruppen som har längre erfarenhet av dessa installationer

3.8 Östlig förbindelses luftutbytesstation och ventilationstorn

Om Östlig förbindelse uppförs kan rampanslutningar och en luftutbytesstation med tillhörande avluftstorn komma att uppföras inom planområdet. Inom ramen för detaljplanen har en möjlig placering av luftutbytesstation tillsammans med ventilationstorn identifierats. Placeringen (grön schematisk markering) presenteras i figur 12.



Figur 12. Skiss som redogör möjlig placering av luftutbytesstation tillsammans med ventilationstorn inom planområdet. Se grön markering.

Ingen detaljerad information om ventilationstornets utformning och luftutbytesstationens kapacitet finns att tillgå. Tornets höjd förutsätts vara i paritet eller något högre än omgivande bebyggelse. Tornet förutsätts utformas i erforderlig brandteknisk klass sett till förväntade brandgastemperaturer i ett led att förhindra rasrisk och att brandspridning i omgivningen uppkommer. Med utgångspunkt i dessa förutsättningar och med stöd av genomförda konsekvensanalyser för Norra Länkens tunnelsystem och det avluftningstorn som är placerat inom Hagastaden konstateras att riskbidraget från eventuella utsläpp av giftiga gaser vid händelse av brand eller farligt godsolycka involverande giftig gas är ringa. Bränder i tunnelsystemet och evakuering av brandgaser kommer inte generera någon direkt fara för liv i omgivningen kring avluftstornet erfarenhetsmässigt. Konsekvenserna av utsläpp av giftig gas såsom t.ex. ammoniak, vilket har störst skadepotential i omgivningen, minimeras via en hög utsläppshöjd som sörjer för god luftombländning och utspädning. Konsekvenserna från denna typ av gasutsläpp kan i stort likställas en olycka i det fria som inträffar på Norra Länken i det fria vid ogynnsam vindriktning. Sett till de låga olycksfrekvenserna förknippade med giftiga gasutsläpp bedöms riskbidraget av ett eventuellt avluftstorn inom planområdet vara ringa och inget som särskilt behöver beaktas i detta skede. I Trafikverkets detaljutformning förutsätts erforderliga analyser och verifieringar för att minimera påverkan i omgivningen genomföras.

Föreslagen placering intill spårområdet bedöms vara en bra placering då människor inte stadigvarande förväntas vistas i närområdet. Placering bedöms sörja för en eventuellt lägre tornutformning där man kan tillgodose befintlig byggnad som ett skydd för bakomliggande ytor där människor förväntas vistas mer stadigvarande.

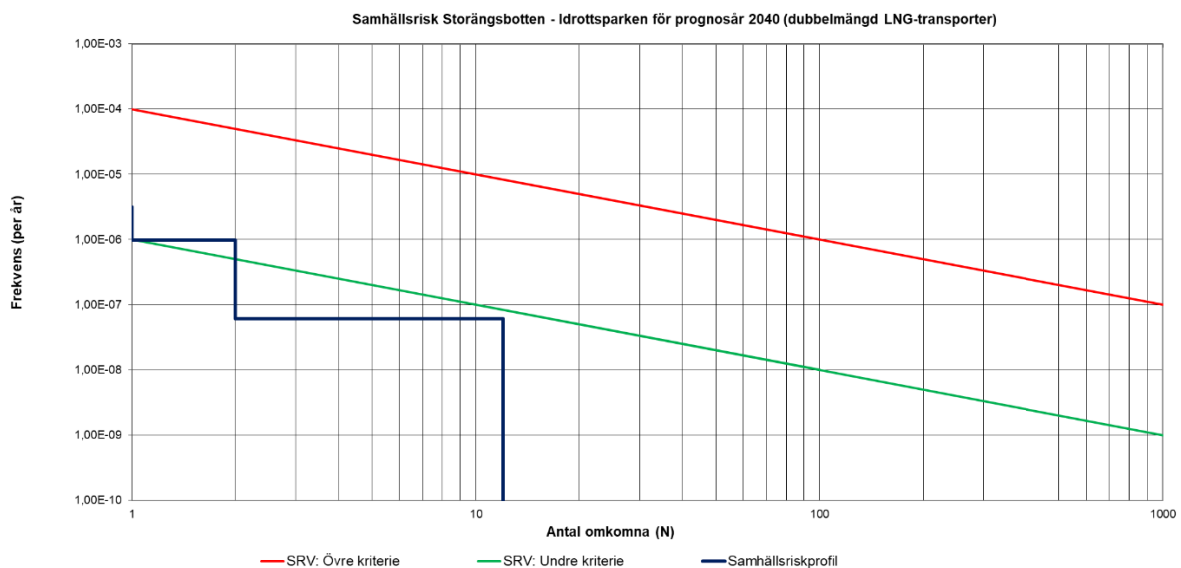
3.9 Samlad bedömning

Utförd identifiering och analys av potentiella olycksrisker indikerar en låg total riskexponering inom planområdet och dess närområde. De olycksscenarioer som identifierats kunna föranleda mer allvarliga konsekvenser med risk för omkomna inom och i anslutning till planområdet är begränsade till nedan olyckshändelser:

- Norra Länken
 - Olycka med brandfarlig gas i anslutning till planområdet
 - Olycka med explosivt ämne i anslutning till planområdet

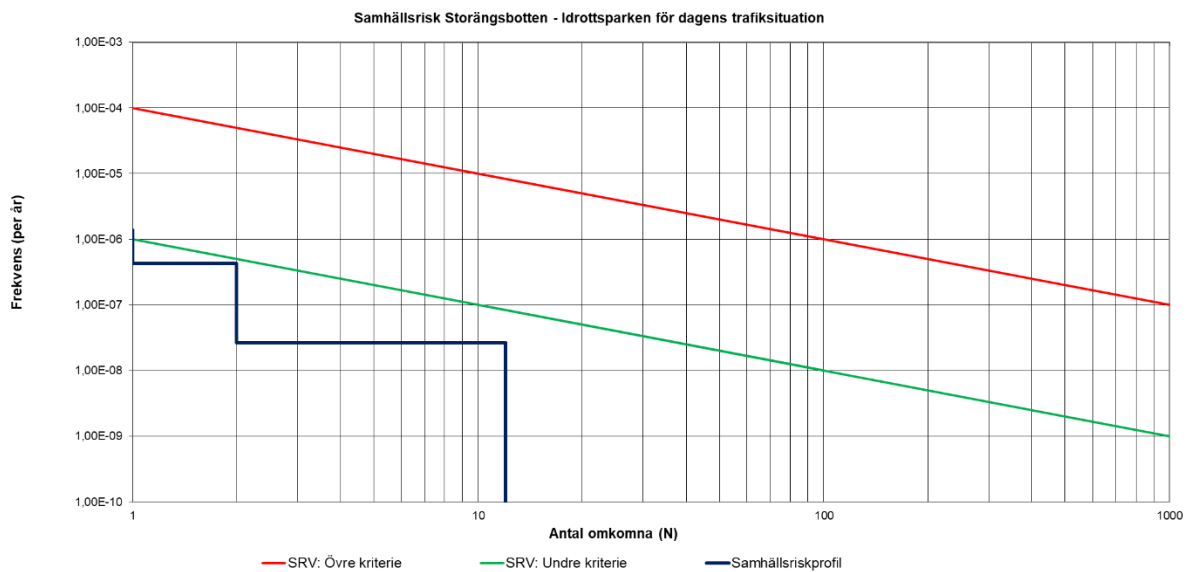
I Bilaga D återfinns de frekvens- och konsekvensbedömningar som ligger till grund för presenterade samhällsrisksprofiler. Åskådliggjorda samhällsrisksprofiler indikerar en låg och godtagbar risksituation.

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



Figur 13. Beräknad samhällsrisksprofil för detaljplan Storängsbotten – Idrottsparken prognosår 2040 vilket innefattar en dubbling av antalet LNG-transporter i jämförelse med dagens situation.

I figur 14 redovisas beräknad samhällsrisksprofil för dagens trafiksituation med utgångspunkt i Norra Länkens säkerhetsdokumentation.



Figur 14. Beräknad samhällsrisksprofil för detaljplan Storängsbotten – Idrottsparken för dagens trafiksituation med utgångspunkt i Norra Länkens säkerhetsdokumentation.

Baserat på redogjorda samhällsrisksprofiler kan konstateras att individrisknivåerna inom planområdet är acceptabla varför inga individrisksprofiler presenteras. Sett till beräknade risknivåer och rådande förhållanden konstateras att planerad utveckling enligt detaljplanen har en mycket begränsad påverkan på befintliga risknivåer.

Beaktat att tennishall 2, som är den mest riskutsatta byggnaden i förhållande till närliggande spåranläggningen, rivs och att nya byggnader planeras på tillfredställande skyddsavstånd från spåranläggningen bedöms detaljplanen förbättrade risknivåerna i förhållande till dagens situation.

4 Diskussion och slutsatser

Utförd analys indikerar en låg samlad riskexponering inom planområdet. Såväl individ- som samhällsrisknivån bedöms acceptabel.

Slutsatsen är att tänkt exploatering kan utföras enligt föreslagen struktur. Följande skyddsåtgärder rekommenderas för riskminimering:

- Ytor inom 10 meter från närmsta spår inom Värtans västra bangård utformas för att inte uppmuntra till stadig varande vistelse.
- Nya byggnader utformas med friskluftsintag mot annan sida än mot Värtans västra bangården.
- Skalskydd (eventuell bullerskärm) mellan Värtans västra bangård och fastigheten rekommenderas att utföras med minst 2,5 meters höjd och svårklättringsbar och om möjligt tät, i syfte att erhålla en naturlig skyddsbarriär.

Inarbetas skyddsåtgärder enligt ovanstående rekommendationer säkerställs att detaljplanens samhällsriskbidrag effektivt minimeras samt att risknivåerna inom planområdet blir okänsliga mot eventuella förändringar i farligt godsflödet på närliggande infrastrukturleder.

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.

Referenser

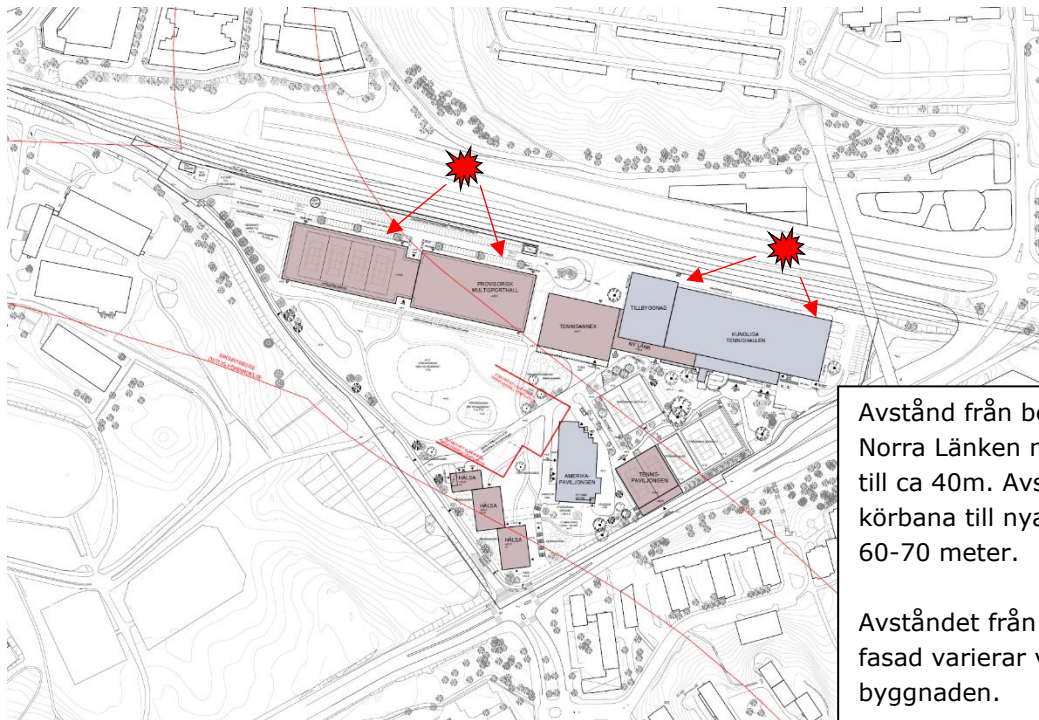
- [1] Översiktlig riskutredning Norra Djurgårdsstaden, version 3, RiskTec Projektledning AB, 2016.
- [2] Säkerhetsrapport Värtaverket enligt Lag (SFS 1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor, AB Fortum Värme samägt med Stockholms stad, WSP, 2016.
- [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] Bättre plats för boende, Boverket i samarbete med Naturvårdsverket, Räddningsverket och Socialstyrelsen, 1995.
- [6] Samhällsplanering och riskhantering i anslutning till storskalig kemikaliehantering, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB), maj 2015.
- [7] Handbok för riskanalys, Räddningsverket, 2003.
- [8] Räddningsverket (bl.a. i samarbete med DNV), Värdering av risk, ISBN 91-88890-82-1, 1997.
- [9] 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.
- [10] Miljörapport för Värtaverket 2014, AB Fortum Värme samägt med Stockholm stad.
- [11] PM Värtaverket – identifierade scenarier i oljedepå, WSP, 2015.
- [12] Miljökonsekvensbeskrivning för Värtaverket och Energihamnen, ÅF, 2006-05-08.
- [13] Risklista, Riskbedömning bränsledepån, Fortum AB, 2015.
- [14] Riskanalys Starkströmmen 2 & 4, Brandskyddslaget, 2011.
- [15] RIVM - Reference Manual Bevi Risk Assessments, National Institute of Public Health and the Environment, Netherlands, 2009.
- [16] Farligt godsolyckor med ammoniaklösning, konsekvensbeskrivning, Stefan Lamnevik AB, 2009.
- [17] Brand och brandsläckning i siloanläggningar - En experimentell studie, SP-Rapport 2006:47.
- [18] Brand i silo – Brandsläckning samt förebyggande och förberedande åtgärder, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), 2012.

- [19] PM risk och omgivningspåverkan i anslutning till H+, Ramböll, 2011.
- [20] PM Beskrivning av förändringar av vissa industriverksamheter på Loudden och i Frihamnen, Exploateringskontoret, Avdelningen för Stora projekt, 2016.
- [21] Bunkerförsörjning till färjetrafik mm i Stockholms Hamn samt försörjning av bränsle och drivmedel till skärgården, Mälaren och sjömackar, Stockholm Hamnar AB, 2013.
- [22] http://www.stockholmshamnar.se/siteassets/om-oss/tilltrade--sakerhet/bilagor-driftforeskrifter/bilaga9_farligt_goods_kvalitetsbegransningar.pdf
- [23] PROGRAMUTREDNING BRAND OCH RISK, INFRA VÄRTAHAMNEN, Bengt Dahlgren, 2010.
- [24] Riskanalys Starkströmmen 2 & 4, Brandskyddslaget, 2011.
- [25] BILAGA H – STATUSRAPPORT, TILLSTÅNDSPRÖVNING ENLIGT 9 KAP. MILJÖBALKEN FÖR ÄNDRAD VERKSAMHET VID VÄRTAVERKET KVV8, STOCKHOLMS STAD, SWECO 2018.

Bilaga A – Fördjupning av risker med LNG-transporter

A.1. Orientering

I figur 15 kan planerad byggnad i förhållande till Norra Länken åskådliggöras. Aktuell del av Norra Länken utmed området där ny bebyggelse planeras går i tråg. Trågets höjd varierar utmed planområdet. Störst hot för människor inom planområdet är om en olycka inträffar mitt framför befintlig byggnad då avståndet till nya byggnader är längre samt att Norra Länken på denna sträcka går i ett tråg. Fullastade tankbilar med LNG förväntas vägbanas i riktning mot hamnområdet, d.v.s. på närmsta körbana i förhållande till planområdet.



Avstånd från befintlig tennishall till Norra Länken närmsta körbana uppgår till ca 40m. Avståndet från närmsta körbana till nya byggnader uppgår till 60-70 meter.

Avståndet från explosionscentrum till fasad varierar vidare med höjden på byggnaden.

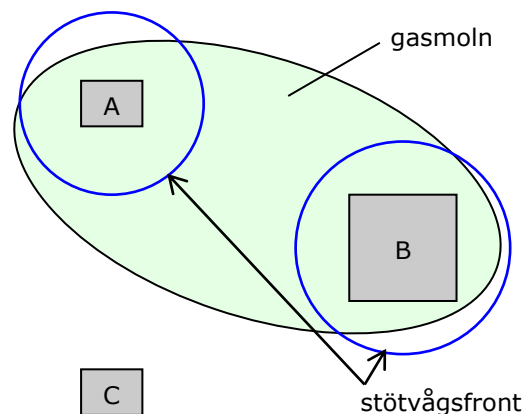
Figur 15. Planerade byggnader i förhållande till Norra Länken och värsta tänkbara explosionscentrum.

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.

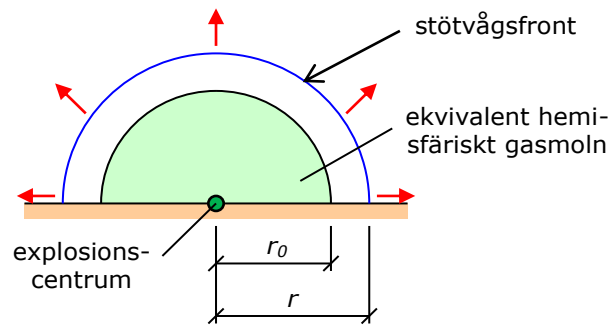
TNO Multienergimetoden bygger på att en gasexplosion består av ett antal delexplosioner där en kraftfull explosion enbart kan initieras i de delar av molnet där gasens expansionsmöjligheter är begränsade, dvs. helt eller delvis inneslutna volymer eller i blockerade områden. Detta innebär att det i ett 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 16 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 16. 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 multienergimodell baseras på att framtagen gasvolym inom respektive område omvandlas till en ekvivalent hemisfär innehållande samma volym, se figur 17. 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 17. 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 – $V_{gas} = 50-100 \text{ m}^3$.

Utgångspunkten för beräkningarna är att en olycka inträffar vid tunnelmynning till Norra Länken. Storleken på en blockerad gasvolym, som kan ge upphov till en kraftig gasexplosion, utgår häri från att ansamling sker i tråget framför tunnelmynning. Trågets höjd är ca 6 meter och infarten till norra Länken består av två körfält om 3,5 meter per körfält. Total bredd i tråget uppgår till ca 8 meter. Med en ansatt utbredning i längdled om ca 20 meter från mynningen kan en uppskattad blockerad gasvolym beräknas till ca 1000 m^3 . Detta scenario bedöms motsvara en form av worse case scenario sett till potentiell skadeomfattning inom planområdet.

Följande styrkefaktor tillämpas i beräkningar:

- En styrkefaktor på $s = 5$ motsvarar en gasexplosion i en **blockerad volym**.
 - Scenariot grundar sig på att tråget ger upphov till en form av två dimensionell blockering av gasvolymen.

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.

Avstånd

I de framtagna laster som presenteras i detta dokument har utgåetts 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 ytterliga styrker resonemanget att det är rimligt att explosionscentrum utgår från olycksplatsen mer centrerat i körbanan, d.v.s. ca 45 meter från närmsta byggnad och ca 65 meter från nya planerade byggnader beaktat själva körbredden.

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

A.2.3. Beräkningsresultat

I tabell 6 återfinns en samanställning 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 4 återfinns en sammanställning av resulterande last från studerad explosion om 60 kg TNT 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 gasmolnsexplosion som återfinns i tabell 7 kan konstateras att studerad gasmolnsexplosion 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 befintlig hallbyggnads stomme och fasad som består av betong/tegel inte förväntas ådra sig några betydande skador. Bedömning görs utifrån angivna skadekriterier för en hallbyggnad med tunga ytterväggar (2 halvstens tegel murar med mellanliggande isolering). Samma bedömning görs för nya planerade byggnader baserat på det låga resulterande impulstätheterna och trolig byggnadsutformning. Nya byggnaders konstruktionsutformningen är inte fastslagen men utifrån information från projektet är ambitionen att använda träkonstruktioner men sett till de utmanande spännvidderna och komplexitet är det troligt att det blir betongbjälklag med stålpelare/balkar. De tämligen låga resulterande impulstätheterna på rådande avstånd bedöms möjliggöra en lättare och mer vek stomuppyggnad utan att bygga in rasrisk.

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 18, 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 18. 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:
$$v_{\text{fönster}} = \frac{i}{\gamma_{\text{fönster}}}$$
, där $\gamma_{\text{fönster}}$ = fönstertunghet och i = impulstäthet

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

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

Ingen närmare information finns gällande tänkta glaspartiernas utformning. Beräkningar tar därför utgångspunkt i en karakteristisk fönstertungheter 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 tråget. Inga människor inom nya planerade byggnadsdelar bedöms vara exponerade för direkt dödlig påverkan till följd av krossade glaspartier som kastas in på människor. Även inom befintliga byggnader som ligger närmare körbanorna är riskexponeringen låg. Baserat på den ytterst ringa mängd fönster som återfinns i befintliga fasaddelarmot spårområdet och Norra Länken, se figur 19 för orientering, bedöms människor inom befintliga byggnadsdelar vara välskyddade.



Figur 19. Vy över befintlig fasader som vetter mot Norra Länken/spårområdet.

Sett till rådande förutsättningar bedöms befintlig fasader inte tappa sin skyddande effekt mot att skydda människor inomhus för påfrestning av ett efterföljande eldklot/brandgasmoln. Människor inom befintliga byggnader bedöms därmed vara välskyddade mot sekundära effekter. Samma bedömning görs för nya planerade byggnader sett till de låga resulterande explosionslasterna på rådande avstånd och med hänsyn till det naturliga skydd som träget medför. Utan närmare information om byggnadsutformningar grundar sig bedömningen på att nya byggnader utförs i stil med befintlig byggnad, d.v.s. med tämligen täta fasader utan större mängd lätta glaspartier.

Att med precision bedöma antalet omkomna vid denna typ av händelse är mycket svårt. Sett till redogjorda beräkningsresultat och människor inomhus kan anses välskyddade från allvarlig påverkan bedöms inte mer än enstaka personer inomhus kunna förolyckas vid gasmolnsexplosion/BLEVE. 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. Det samma gäller risk att träffas av flygande fragment som uppstår av explosion. Visst skydd från direkt påverkan bedöms även erhållas från den fysiska barriär (bullenplank) som anordnas mellan planområdet och infrastrukturpaketet i norr. 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. Det samma gäller en mindre explosion med explosivt ämne där uppkommit eldklot är väldigt begränsat och den primära risken ligger i att träffas av flygande fragment.

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 utläckage, 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. Med hänsyn till att vägbredden uppgår till ca 8 meter anses scenariot vara konservativt i och med att den maximala cirkulära pölutbredningen är begränsad till ca 50 m².

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 Värtans bangård.

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 [2] 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 [3] 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 strålade 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 strålade 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:

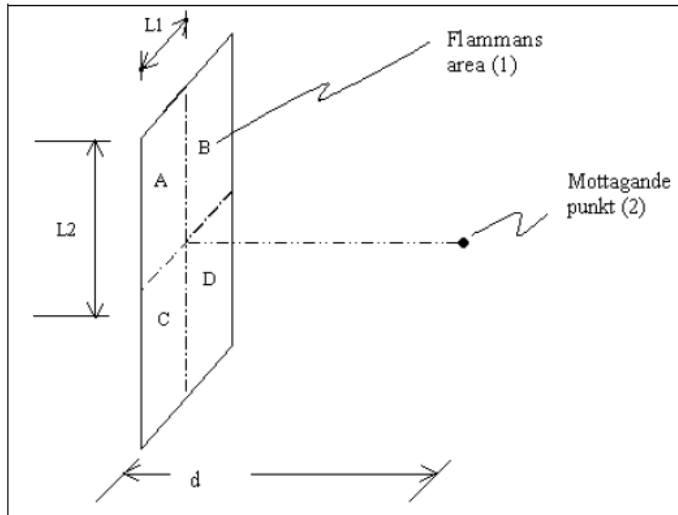
$$H_f = 0.23 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1.02D$$

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 [4].

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 strålningens intensitet mot fasad (\dot{q}''_{max}) beräknas med följande uttryck, enligt [5]:

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

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

Infallande strålningens intensitet på olika avstånd till branden presenteras i tabeller nedan.

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

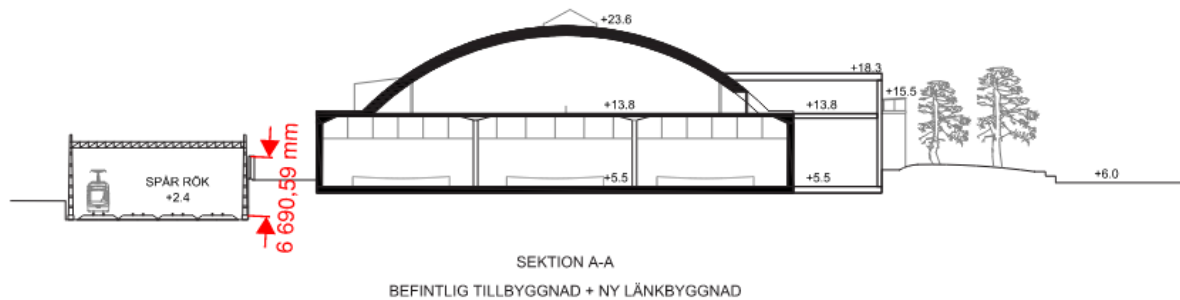
Avstånd till brand	Infallande strålning [kW/m ²] givet E = 50 kW/m ²	Infallande strålning [kW/m ²] givet E = 60 kW/m²	Infallande strålning [kW/m ²] givet E = 70 kW/m ²
10	18,10	21,72	25,34
15	10,32	12,39	14,45
20	6,45	7,75	9,04
25	4,36	5,23	6,10
30	3,12	3,74	4,37
35	2,33	2,80	3,27
40	1,81	2,17	2,53

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. Den naturliga barriärens strålningsdämpande funktion

Ovanstående beräkningsresultat tar ingen hänsyn till det naturliga strålningskydd som Norra länkens tråg och det bullerskydd tillsammans med naturliga höjdskillnader som finns mellan Värtans västra bangård och planområde. Baserat på mätningar av upprättade sektionsskisser konstateras en positiv höjdskillnad om ca 6 meter finns mellan spårområdets marknivå och toppen på planerad bullerskärm mot planområdet, se skiss nedan.



Rådande förutsättningar kan översättas till en barriär om ca 6 meter. Förenklat (utan hänsyn till att majoriteten av den utsända strålningen sker från den nedre delen av flammen) antas barriären reducera den potentiella strålade ytan motsvarande flamhöjden (H_f) minus 6 meter.

Infallande strålningsintensitet på olika avstånd till branden med hänsyn till den fysiska barriärens strålningsdämpande funktion presenteras i tabeller nedan.

Pölstorlek om 100 m², $H_f = 16.8 - 6 = 10.8$ 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	13,81	16,58	19,34
15	7,31	8,77	10,23
20	4,41	5,29	6,17
25	2,92	3,50	4,08
30	2,06	2,48	2,89
35	1,53	1,84	2,15
40	1,18	1,42	1,66

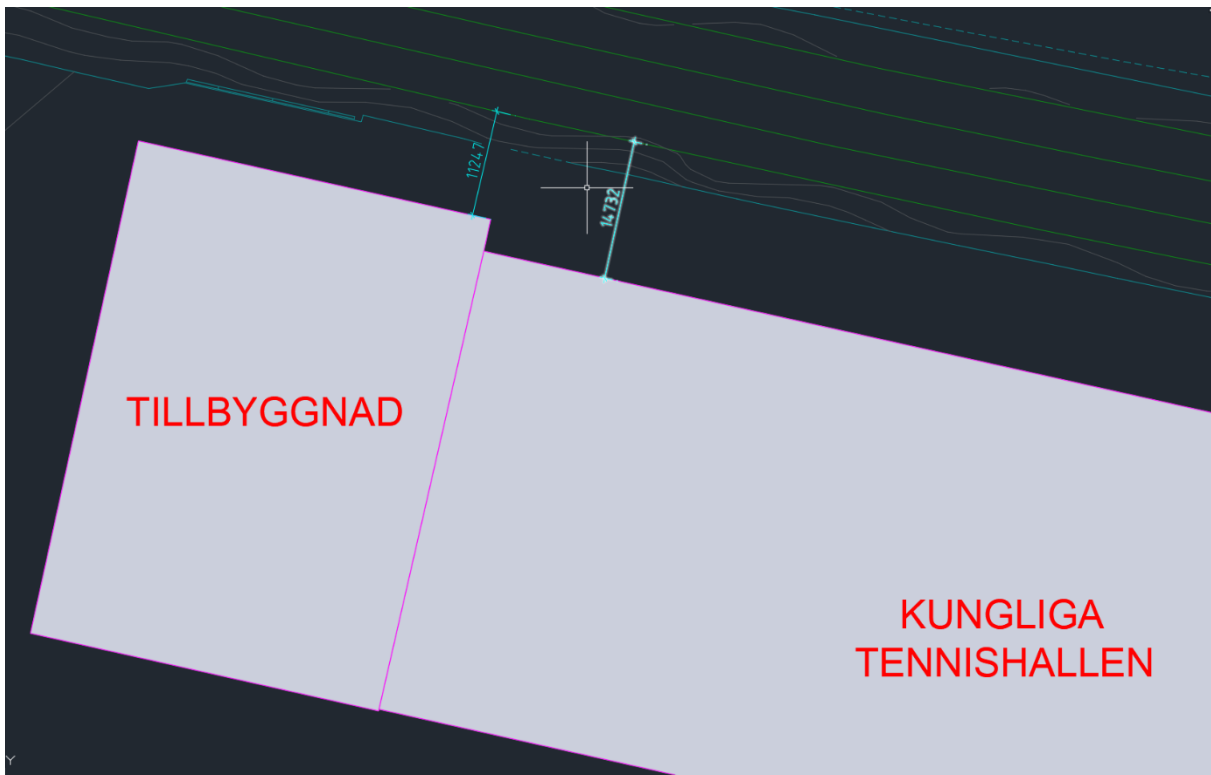
Pölstorlek om 200 m², $H_f = 21.1 - 6 = 15.1$ m och $D = 16.0$ m

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	21,31	25,57	29,83
15	12,56	15,08	17,59
20	7,98	9,58	11,17
25	5,43	6,52	7,61
30	3,91	4,69	5,47
35	2,94	3,52	4,11
40	2,28	2,74	3,19

B.8. Sammanfattade diskussion och slutsatser

Beräkningar visar att det inte kan uppkomma farliga strålningsnivåer inom planområdet vid händelse av pölbrand på Norra Länken eller avfartsramp. Beräkningarna visar att nya planerade byggnader är placerade på ett betryggande avstånd sett till risk för brandspridning. Nya byggnader som uppförs på ett avstånd om ca 25 meter från närmsta spår kan exempelvis uppföras med träfasad.

Beräkningar visar att en tågbrand/pölbrand på Värtans södra bangård inte kan uteslutas medföra risk för brandspridning till befintlig tennishall som ligger på ett avstånd om ca 11-15 meter från närmsta spår enligt uppmätning nedan. Då befintlig tennishall är utförd i tegel är brandspridningsrisken dock kraftigt begränsad. Sett till den dimensionerande branden och med hänsyn till de positiva höjdskillnaderna kommer med största sannolikhet kommer inte infallande strålningsnivåer överstiga 15 kW/m² beaktat befintliga glaspartiars strålningsreducerande effekt. Värt att notera är att tillbyggnaden som ligger närmast spår ej har några fönster i den riskutsatta fasaden vilket säkerställer att brandspridning ej kan ske.



I beräkningar har ingen hänsyn tagits till vindpåverkan, som vid ofördelaktig vind skulle kunna medföra att flammen tilar mot byggnaden. Med en ofördelaktig vindsituation skulle flammen kunna tilta närmare planområdet. Baserat på vindstatistik är det dock troligare att en mer gynnsam vindsituation som medför lägre konsekvenser är trolig.

Risken för brandspridning till närliggande bebyggelse styrs vidare av byggnaders fasadutformning vad gäller primärt fasadmaterial-/uppbyggnad och fönstertyp. Icke brandklassade fönster har en viss strålningsreducerande effekt (ca 30-50 % beroende på utförande av antal glasskikt) som kommer att medverka i att ytterligare reducera strålningen innanför fasaden [7]. För att kunna tillgodose vanliga oklassade fönsters strålningsreducerande effekt behövs säkerställas att dessa förblir intakta under brandförloppet. Försök har visat att vanligt oklassat glas (floatglas) kan gå sönder till följd av uppkomna dragspänningar i fönsterkanterna vid en strålningspåverkan om ca 10 kW/m² [6]. Härdat glas har påvisats kunna tåla en värmepåverkan om ca 20 kW/m² [6 & 7]. Sett till att den förväntade infallande strålningen mot befintlig fasad uppgår till ca 16 kW/m² för det dimensionerade brandscenariot vid en pölbrand på bangården är bedömningen att härdat och/eller laminerade glaspartier i fasad utan särskild brandklass är erforderligt för att förhindra snabb brandspridning via fönster och att allvarliga strålningsnivåer på människor inomhus uppstår. Bedömningen görs mot bakgrund av acceptanskriterier i BBRAD, som tydliggör att utrymmande personer får utsättas för en kortvarig strålning på max 10 kW/m² i kombination med max 60 kJ/m² utöver energin från en strålningsnivå på 1 kW/m². För att säkerställa möjligheterna till en trygg utrymning krävs vidare att utrymning kan ske åt annat håll än direkt mot olyckskällan. Ingen fördjupad kontroll av aktuella glasuppbyggnader har gjorts.

Förutom risk för brandspridning till närliggande byggnader kan även påverkan i omgivningen ske via att människor inomhus utsätts för höga strålningsnivåer. Människor i det fria inom planområdet bedöms skyddade från direkt strålningspåverkan till följd av barriärens skyddande effekt och bedöms kunna försätta sig själva i säkerhet utan att allvarligt påverkas.

Genom att placera friskluftsintag högt eller mot trygg sida bort från infrastrukturpaketen i norr kan vidare risk för att gifta brandgaser och dylikt sugas in i närliggande byggnader effektivt och enkelt minimeras.

Referenser för Bilaga B

- [1] Översiktlig riskutredning avseende utbyggnad av Norra Djurgårdsstaden, Version 3, RiskTec Projektledning, 2016-11-21
- [2] Shokri, M. & Beyler, C.L., Radiation from large pool fires, J. of Fire Prot. Engr., 1 (4), pp 141–150, 1989.
- [3] Hägglund, B & Persson, L.E. The heat radiation from petroleum fires, FOA, rapport C30126-D6, 1976.
- [4] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, National Fire Protection Association 2nd ed. Quincy, MA, 1995.
- [5] Brandteknik (2005). Brandskyddshandboken. Rapport 3134, Lund Tekniska Högskola, Lund.
- [6] Brandskyddshandboken, Brandteknik, Rapport 3134, Lund, 2005.
- [7] PM Brandskydd glasad fasadkonstruktion, Park 1, Nybyggnad av Samverkancentral mm, ACC Glasrådgivare AB, 2013.

Bilaga C – Konsekvensanalys olycka med 25-% ammoniaklösning

Konsekvenserna av ett eventuellt utsläpp av ammoniaklösning på Norra Länken eller avfartsrampen är starkt beroende av den förväntade pölutbredningen som i tur styr hur mycket giftiga gas som kan komma att avdunsta. Störst risk bedöms föreligga om en olycka sker på avfartsramp där avståndet till planområdet uppgår till ca 35 meter. Med hänsyn till vägbanans ringa bredd samt att ett utsläpp kommer att rinna med vägbanans tvärlutning mot trottoar och vidare i längsriktningen mot dagvattenbrunn kan avdunstning förväntas ske från en rännil. Avdunstning och spridning av 25%-ammoniaklösning från olika karakteristiska rännilar har analyserats av Stefan Lamnevik AB [1] via en fördjupad konsekvensanalys. Dessa resultat anses ge representativ bild av de förväntade skadeeffekterna som kan förväntas givet trafikolycka på avfartsramp som leder till skada på tank. Utförda spridningsberäkningarna påvisar att koncentrationer som under inandning om mer än 5 minuter kan föranleda dödsfall begränsas till ett avstånd understigande 10 meter från samtliga analyserade pölar. Koncentrationer som under inandning om mer än 5 minuter kan föranleda akut vårdbehov begränsas till ett avstånd understigande 20 meter. Inga potentiellt skadliga effekter är således att förväntas inom planområdet.

Referenser för Bilaga C

- [1] Farligt godsolyckor med ammoniaklösning, konsekvensbeskrivning, Stefan Lamnevik AB, 2009.

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*³. 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 ink avfartsramp
Hastighet (tätort)	70 km/h
Q (Olycksfrekvens/miljon fordonskilometer)	0,6 [12]
F (Antal fordon/olycka)	1,8 [12]
L (längd)	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.

³ *Fördjupning – Riskanalys vald vägsträcka*. Vägverket publikation 2005:55

Norra Länken/Lidingövägen

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 – alla antas utgöras bulkt transporter)	<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

Avfartsramp mot Jägmästargatan och Värtaverket

Transporter av 25 % - ammoniaklösning antas uppgå till ca 300 transporter per år

Transporter av brandfarlig gasbehållare på gasflak antas uppgå till ca 10 stycken per år.

C.1. Olycka involverande massexplosiva ämnen på Norra Länken

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 våldsam 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 lastutrymnet.

Under åren 1994-1999 rapporterades årligen i genomsnitt 64,7 fordonsbränder i Sverige vid polisrapporterade vägtrafikolyckor till Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)⁴. Under motsvarande år rapporterades ca 15 700 trafikolyckor med personskada per år⁵. 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

⁴ Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS), uppgifter erhållna av Arne Land, Statens Väg- och Transportforskningsinstitut 2003-05-27.

⁵ Vägtrafikskador 2004, Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), Rapport 2005:14, 2005.

Liknande statistik från Norge visade på i snitt 6,3 fordonsbränder per år och 9000 rapporterade olyckor⁶. 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 FOI⁷ 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.

Med ovanstående som input beräknas olycksfrekvensen för en mindre detonation till följande:

Explosion mindre mängder dynamit 4,3 E-09 per år

C.2. Olycka involverande brandfarlig gas på Norra Länken

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 %

⁶ *Tunnlar i Storstad – säkerhets och miljöaspekter*, Nordiska vägtekniska förbundet, 2002.

⁷ FOI (2009) *Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5*, FOI Memo 2774.

Dessa värden bedöms rimliga och tillämpas vidare i denna analys. Enligt VROM⁸ kan vidare fördelningen mellan gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion givet en fördröjd antändning ansättas till 60/40 %.

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/jetflamma

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

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

Sannolikheten för pölbrand/jetflamma givet en olycka involverande LNG beräknas till ca 1,2 E-06 per år.

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

Sannolikheten för att en gasmolnsbrand givet en olycka involverande LNG på E4/E20 beräknas till ca 2,2 E-06 per år.

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

Sannolikheten för gasmolnsexplosion givet en olycka involverande LNG beräknas till ca 9,2 E-07 per år.

BLEVE

Sannolikheten för BLEVE beräknas med hjälp av följande indata.

Andel	
P _u (Sannolikhet skada)	0,0019
Sannolikhet BLEVE	0,01

Sannolikheten för BLEVE givet en olycka involverande LNG beräknas till ca 6,2 E-08 per år.

⁸ VROM (2005), *Guideline for Quantitative Risk Assessment*, "Purple book". Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Nederländerna.

Olycka med styckegods av gasflaskor till Värtaverket på avfartsramp

Vid upphettning av gasflaskor finns risk för kärlsprängning, vilket är det skadescenario som innebär störts hot mot omgivningen. Skadepotentialen är betydligt mindre än ovan redogjorda olycksförlopp förknippade med bulktransporter av brännbar gas. Beaktas detta antas dessa fåtal transporter olycksfrekvensmässigt hanteras som bulktransporter av brännbar gas.

C.3. Olycka involverande giftig gas

För att en olycka med giftig gas, klass 2.3 ska leda till konsekvenser för omgivningen krävs att det farliga godset sprids utanför behållaren. Likt beräkningsgång för tjockväggiga tankar innehållande brandfarlig gas så reduceras värdet för att tank skadas i samband med olycka med en faktor 30 gentemot sannolikheten för att en tunnväggig tank skadas²¹.

Sannolikheten för att ett utsläpp av giftig gas ska uppstå beräknas med följande indata.

P _u (Sannolikhet skada)	0,00015
------------------------------------	---------

För att spridning ska påverka människor inom planområdet krävs vidare en vindriktning som driver gasmolnet in över planområdet. Baserat på vindstatistik görs bedömningen att spridning mot planområdet sker vid ca 10 % av fallen.

Olycksfrekvensen beräknas till ca 3,6 E-09 per år.

Gällande läckagestorlek antas följande givet rådande trafikala förutsättningar.

- ett litet läckage bedöms ske 80 % av fallen
- ett mellanstort/stort läckage bedöms ske 20 % av fallen

C.4. Underlag samhällsriskberäkningar

Med utgångspunkt i redogjorda olycksfrekvenser och i rapporten belysta konsekvenser för de olycksscenarioer som innebär ett risk för allvarlig påverkan inom planområdet. De olycksscenarioer som identifierats kunna föranleda mer allvarliga konsekvenser med risk för omkomna inom planområdet är begränsade till nedan olyckshändelser:

- Norra Länken
 - Olycka med brandfarlig gas i anslutning till planområdet
 - Olycka med explosivt ämne i anslutning till planområdet

Den samlade samhällsriskbilden beräknas för prognosåret 2040. I samhällsriskberäkningar beaktas även risken för allvarlig påverkan i närområdet kring planområdet. Samhällsriskberäkningar utgår från en värsta tänkbara olycksplacering. I samhällsriskberäkningar beaktas vägledning utifrån den övergripande riskutredningen framtagna för stadsutvecklingsområdet Norra Djurgårdstaden och de skyddsprinciper som förtydligas. T.ex. beaktas att närliggande större kontorsbyggnad inom kvarter Starkströmmen kommer utföras med "tät" fasad och därmed begränsa potentiell skadepotential vid de riskstyrande händelserna, BLEVE, gasmolnsexplosion och mindre explosion med explosivt ämne. Utvecklingen inom kvarter Starkströmmen bedöms således inte påverka analyserade samhällsrisknivåer sett till rådande avstånd från värsta tänkbara olycksplaceringar i höjd med planområdet som överstiger 120 meter. I figur 21 presenteras en satellitbild för ökad förståelse och orientering vad gäller planerad utveckling av kvarter Starkströmmen.

Inom kvarteret Starkströmmen ska de två befintliga byggnaderna inom fastigheten rivas och ersättas med ett större kontorshus samt en driftdepå för Trafikverkets verksamhet för Norra länken.



Figur 21. Översiktlig satellitbild hämtad från Google tillsammans med planerad utveckling inom kvarter Starkströmmen.

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.

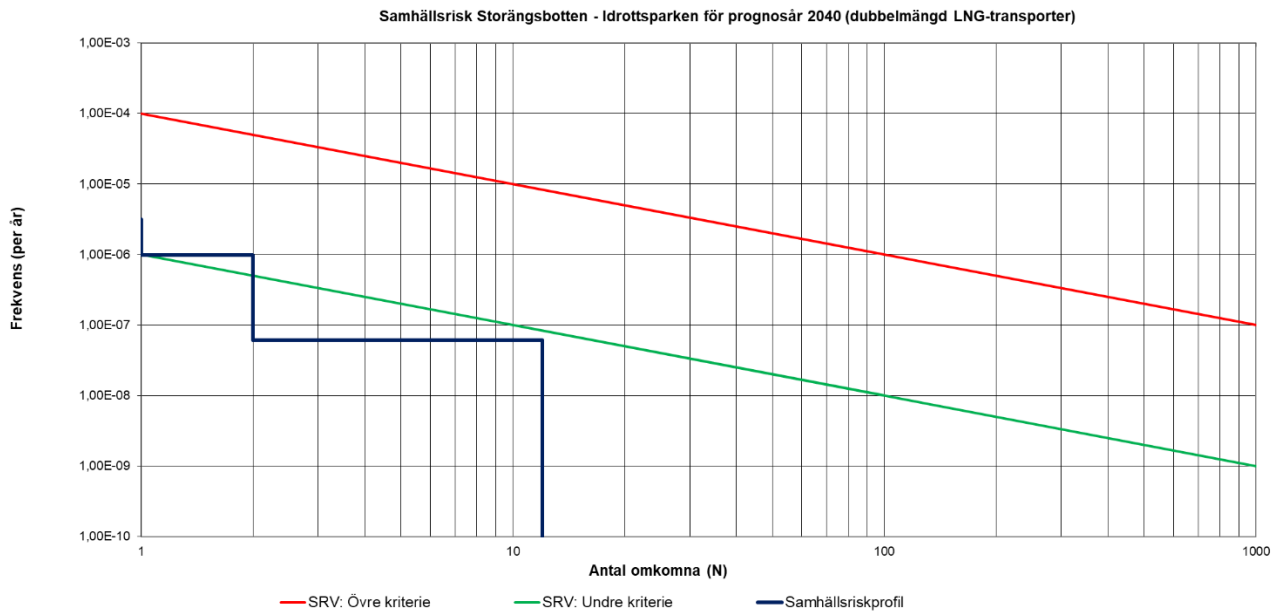
Den kumulativa samhällsriskbilden är beräknad utifrån följande förutsättningar och antaganden:

- Personbelastningen utomhus kring Norra länken är generellt mycket låg. 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.

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

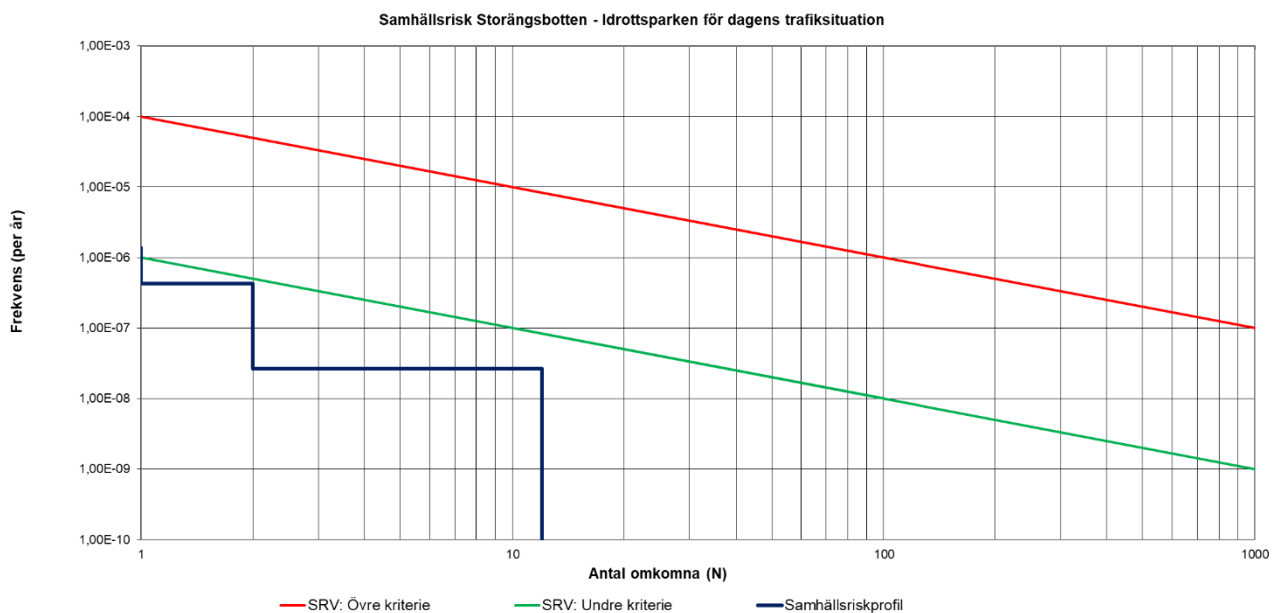
<i>Riskälla och olycksförlopp</i>	<i>Konsekvenspotential inom planområdet</i>
<u>Norra Länken</u>	
Explosion med lägre mängder dynamit	Enstaka utomhus
Gasutsläpp (bulk) - pölbrand/jetflamma	0
Gasutsläpp (bulk) - gasmolnsbrand	Enstaka utomhus
Gasutsläpp (bulk) - gasmolnsexplosion	Enstaka utomhus och enstaka inomhus
Gasutsläpp (bulk) - BLEVE	Enstaka inomhus och upp mot tio utomhus
<u>På Norra Länkens avfartsramp</u>	
Explosion gasflaska (stykke gods) - tryckkärlsexplosion	Enstaka utomhus
Mellanstort/stort giftigt gasutsläpp (25 % - ammoniaklösning)	0
<u>Värtabanan</u>	
Inga olycksrisker identifierade med skadepotential inom planområdet	-
<u>Tunnelbanan</u>	
Inga olycksrisker identifierade med skadepotential inom planområdet	-
<u>Värtaverket (fasta riskällor inom anläggningen)</u>	
Inga olycksrisker identifierade med skadepotential inom planområdet	-

I figur 22 redovisas beräknad samhällsrisksprofil för prognosåret 2040 vilket omfattar en dubbling av antalet LNG-transporter sett till dagens situation.



Figur 22. Beräknad samhällsrisikprofil för detaljplan Storängsbotten – Idrottsparken prognosår 2040 vilket innefattar en dubblering av antalet LNG-transporter i jämförelse med dagens situation.

I figur 23 redovisas beräknad samhällsrisikprofil för dagens trafiksituation med utgångspunkt i Norra Länkens säkerhetsdokumentation.



Figur 23. Beräknad samhällsrisikprofil för detaljplan Storängsbotten – Idrottsparken för dagens trafiksituation med utgångspunkt i Norra Länkens säkerhetsdokumentation.