

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

Mottagare
Vasakronan
Louis Sellgren

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

Projekt-ID
0036
Status
Leveranshandling

PM – Risk avseende människors hälsa och säkerhet

Detaljplan för fastigheterna Starkströmmen 2 och 4 m.m i stadsdelen Hjorthagen. Dp 2013-14796

Datum	Version	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2018-03-01	1.0	MLF	MWN	-

Sammanfattning

Inom kv Starkströmmen ska de två befintliga byggnaderna inom fastigheten rivas och ersättas med ett större kontorshus samt en driftdepå för Trafikverkets verksamhet för Norra länken. Nytt kontorshus består av två volymer i ca sex respektive fjorton våningar. Byggnadens totala bruttoarea (BTA) beräknas uppgå till ca 45 000 m², varav 30 000–35 000 m² är ljus BTA.

Kontorshusets södra fasad vetter mot Norra Länken. Kontorsbyggnaden är placerad på ett avstånd om minst 25 meter från Norra Länkens närmsta huvudkörbana. Avståndet från byggnaden till Värtabanans närmsta spår kommer att överstiga 50 meter.

Österut angränsar planområdet till Jägmästargatan och Värtaverket. Avståndet från planområdet till Värtaverkets fastighet understiger 15 meter. Norrut återfinns fastigheten kv Elektriciteten som i dag innehåller en starkströmsanläggning med ställverk i det fria och västerut går tunnelbanan förbi planområdet på bro på ett avstånd om ca 15 meter från ny byggnad.

Inga identifierade olycksrisker inom Värtaverket har identifierats vara förknippad med en skadepotential som innebär att en eller flera människor inom planområdet allvarligt riskerar att komma till skada vid en olycka inom verksamheten.

Planerad utbyggnad bedöms därmed inte ge upphov till en förhöjd risk för allvarliga konsekvenser till följd av en kemikalieolycka, varför förslaget inte påverkar Fortums (nu Stockholm Exergi) möjligheter att innehålla artikel 13 i Seveso III-direktivet som har införlivats i svensk lagstiftning via miljöbalken (1998:808) och plan- och bygglagen (2010:900). Planerad utbyggnad bedöms vidare inte begränsa Fortums möjligheter att kunna utveckla verksamheten enligt tydliggjorda utbyggnadsplaner.

I linje med den övergripande riskutredningen för Norra Djurgårdstaden bedöms vidare en rimlig säkerhetshöjande åtgärd vara att denna nya byggnaden utförs med friskluftsintag mot sida bort från Värtaverket, d.v.s. trygg sida, samt att friskluftsintag utförs med detektor för brandgas som vid larm automatiskt stänger av ventilationssystemet. Rekommenderad skyddsåtgärd omfattar såväl kontorshuset som Trafikverkets driftdepå. En sådan åtgärd medför ett effektivt skydd mot att förhindra brandgasspridning in i byggnaden via ventilationssystemet och kräver ingen medverkan från Brandförsvaret. Åtgärden säkerställer vidare ett robust skydd mot riskerna förknippade med transporter av ammoniaklösning på Jägmästargatan. Det bör noteras att ett eventuellt utsläpp av ammoniaklösning eller spridning av giftiga brandgaser med största sannolikhet sprids österut i vindriktning bort från aktuellt planområde baserat på tydliggjorda vindförhållanden i området.

Markanvändningen enligt planförslaget i kombination med ett säkerhetsavstånd om ca 50 meter till Värtabanan säkerställer ett tillfredställande skydd mot att människor inom planområdet skulle allvarligt påverkas vid en olycka på järnvägen. Detta även i fall av en förändrad godshantering på Värtabanan som t.ex. skulle innebära en mer omfattande hantering av brandfarliga vätskor.

Tunnelbanebron som löper genom planområdet 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 att risknivån i kringliggande områden hamnar på en acceptabel nivå. För aktuell byggnad som planeras 15 meter från bron är bedömningen att ingen vidare riskhänsyn erfordras med avseende på urspårningsrisk.

Rådande säkerhetsavstånd om 25 meter i kombination med den naturliga barriären om ca 6 meter i höjd som återfinns mellan Norra Länken och planerad byggnad medför ett tillfredställande skydd avseende risken för brandspridning i händelse av pölbrand på Norra Länken. Inga särskilda åtgärder på fasad behöver vidtas för att säkerställa ett tillfredställande skydd och godtagbara risknivåer inomhus.

Om en framtida ökning av LNG-transport enligt Stockholm Hamns tydliggjorda framtidsscenario blir verklighet kan inte risknivåer inom det högre ALARP-området uteslutas, förutsatt att inga särskilda säkerhetshöjande åtgärder vidtas för att skydda människor inom planerad byggnad.

Slutsatsen är att tänkt exploatering kan utföras enligt föreslagen struktur under förutsättning att följande skyddsåtgärder införlivas som skyddsbestämmelser i plankartan/planbeskrivningen:

- Byggnad ska placeras med ett skyddsavstånd om minst 25 meter till Norra Länkens närmsta körbana.
- Ytor mellan körbana och byggnad ska utformas för att ej uppmuntra till stadigvarande vistelse.
- Fasader mot Norra Länken ska utföras i obrännbart material.
- Byggnad ska utformas med friskluftsintag mot sida som ej vetter direkt mot Värtaverket eller Norra Länken. Friskluftsintag ska utföras med detektor för brandgas som vid larm automatiskt stänger av ventilationssystemet.
- Huvudentréer ska planeras mot trygg sida, d.v.s. mot sida som ej vetter mot Norra Länken. Alternativa utrymningsvägar får planeras mot vägen.
- Byggnadens fasad som vetter mot Norra Länken ska utformas "tät¹" för att motstå karakteristiska tryck och impulstätheter redogjorda i tabell 5.

I ett led att säkerställa en "tät" fasad innebär detta att glaspartier (inklusive dess infästning) i fasad behöver utformas explosionsresistenta, exempelvis i klass ER1 enligt EN 13541 eller motsvarande som säkerställer likvärdigt skydd sett till redogjorda karakteristiska tryck och impulstätheter.

Det bör tydliggöras att det inte uppenbart att incitament finns att vidta säkerhetshöjande åtgärder mot olycksförlopp involverande brandfarlig gas. Detta i och med att framtidsutvecklingen är tämligen osäker och att utvecklingen lika gärna kan innebära att dessa transporter helt försvinner från vägnätet och istället transporteras på båt direkt från LNG-terminalen i Nynäshamn. Beslut gällande kravställning på en "tät" fasadutformning bör därför föregås av fortsatt samordning mellan staden och verksamhetsutövarens med avseende på det framtida LNG-behovet samt vilken tidsaspekt som föreligger. En viss förhöjd risknivå bedöms kunna accepteras under en begränsad tidsperiod om det kan konstateras som en rimlig framtidsutveckling.

Inarbetas skyddsåtgärder enligt ovanstående rekommendationer säkerställs att detaljplanens samhällsrisksbidrag effektivt minimeras samt att risknivåerna inom planområdet blir okänsliga mot en framtida förändring i risksituationen inom stadsutvecklingsområdet Norra Djurgårdsstaden. Med föreslagna skyddsåtgärder säkerställs att detaljplanen inte begränsar vare sig Värtaverkets eller Energihamns framtida utvecklingsmöjligheter utifrån ett riskperspektiv.

¹ Med "tät" fasad syftas här på en fasad som är utformad på ett sådant sätt att den förhindrar stötvågslasten från att tränga in i byggnaden. Detta innebär att såväl fasadelement som eventuell glaspartier inklusive dess glaspartier klarar av att motstå de laster som en explosion innebär utan att gå sönder.

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	12
3	Risikanalys	14
3.1	Tunnelbanan	14
3.2	Värtaverket (inklusive Energihamnen)	14
3.3	Transportlederna Norra Länken och Värtabanan	24
4	Diskussion och slutsatser	31
	Referenser	33
	Bilaga A – Fördjupning av risker med LNG-transporter	35
	Bilaga B – Konsekvensanalys olycka med brandfarlig vätska	48

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Inom kv Starkströmmen ska de två befintliga byggnaderna inom fastigheten rivas och ersättas med ett större kontorshus samt en driftdepå för Trafikverkets verksamhet för Norra länken. Nytt kontorshus består av två volymer i ca sex respektive fjorton våningar. Byggnadens totala bruttoarea (BTA) beräknas uppgå till ca 45 000 m², varav 30 000–35 000 m² är ljus BTA.

Aktuell byggnads södra fasad vetter mot Norra Länken. Kontorsbyggnaden är placerad på ett avstånd om minst 25 meter från Norra Länkens närmsta huvudkörbana. Avståndet från byggnaden till Värtabanans närmsta spår kommer att överstiga 50 meter.

Österut angränsar planområdet till Jägmästargatan och Värtaverket. Avståndet från planområdet till Värtaverkets fastighet understiger 15 meter. Norrut återfinns fastigheten kv Elektriciteten som i dag innehåller en starkströmsanläggning med ställverk i det fria och västerut går tunnelbanan förbi planområdet på bro på ett avstånd om ca 15 meter från ny byggnad.

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 samt av WSP framtagen säkerhetsrapport för Värtaverket:

- *Översiktlig riskutredning Norra Djurgårdsstaden, version 3*, RiskTec Projektledning AB, 2016. Referens [1].
- *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. Referens [2].

1.3 Omfattning och avgränsningar

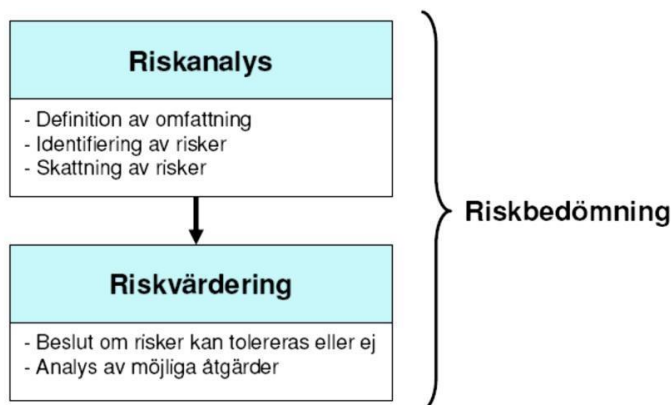
Bedömningen omfattar endast plötsliga och oväntade händelser med akuta konsekvenser för liv och hälsa för människor som vistas inom det studerade området. Analysen beaktar inte långvariga effekter av hälsofarliga ämnen, buller eller miljöfarliga utsläpp från exempelvis förorenad mark. Utredningen beaktar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

I Elsäkerhetsverkets starkströmsföreskrifter finns regler för minsta avstånd mellan byggnader. För en byggnad gäller att det ska finnas ett minsta avstånd om 5–15 m beroende av spänningsstyrka. Sett till planerad utbyggnad i förhållande till fastigheten Elektriciteten kan konstateras att förutsättningar finns för att uppfylla starkströmsföreskrifterna.

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 den standard som International Electrotechnical Commission (IEC) tagit fram. Utifrån IEC:s synsätt omfattar riskbedömning två delmoment; riskanalys och riskvärdering i enlighet med figur 1.



Figur 1. Definition av riskbedömning enligt IEC.

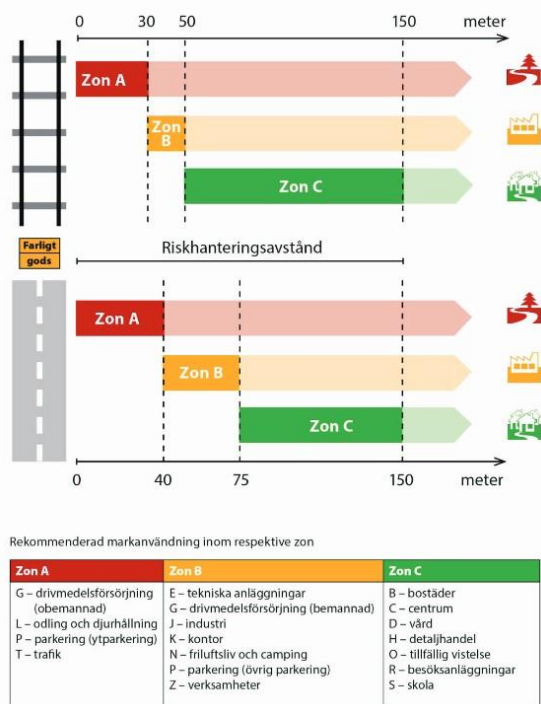
Riskanalys syftar till att identifiera risker/skadehändelser utifrån tillgänglig information. För att kunna göra en skattning av riskerna krävs bedömning av riskernas sannolikhet och konsekvens.

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 detaljplaneprocessen 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 riskbilden 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.

Boverket, Naturvårdsverket, Räddningsverket och Socialstyrelsen har tagit fram allmänna råd 95:5 *Bättre plats för arbete* [5]. Syftet med de allmänna råden är i huvudsak att användas som riktlinjer vid fysisk planering. Generella skyddsavstånd anges för olika typer av industriell verksamhet. Boverket betonar vidare att skyddsavstånd vid planläggning enligt PBL bör bedömas långsiktigt och allsidigt. Industrin skall garanteras utvecklingsmöjligheter och kunna fungera väl också när verksamheten ändras. I Boverkets allmänna råd anges rekommenderade generella avstånd till kraft-/värmeverk. För en anläggning som producerar mer än 250 MW gäller att då bränslet utgörs av olja är rekommenderat avstånd 300 meter och då bränslet utgörs av fastbränsle är rekommenderat avstånd 700 meter.

I rådtexten framhålls följande:

Om hanteringen av fastbränsle inte ger störningar t ex genom inbyggnad kan skyddsavståndet minskas i avsevärd mån.

I den beskrivande text som återfinns i skriften lyfts framförallt buller fram som en grund till skyddsavstånd. Olycksrisker nämns inte som en faktor som avgör behovet av skyddsavstånd. De rekommenderade skyddsavstånden skall användas som riktlinjer, som utgår från en konventionell och typisk industriell verksamhet. De allmänna råden understryker betydelsen av riskanalyser för bedömning av vilka skyddsavstånd som bör tillämpas i det enskilda fallet.

Vidare har MSB 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 platsspecifika 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 skyddsavstånd 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 planeranden. 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 skäligt 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 riskkällas 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.

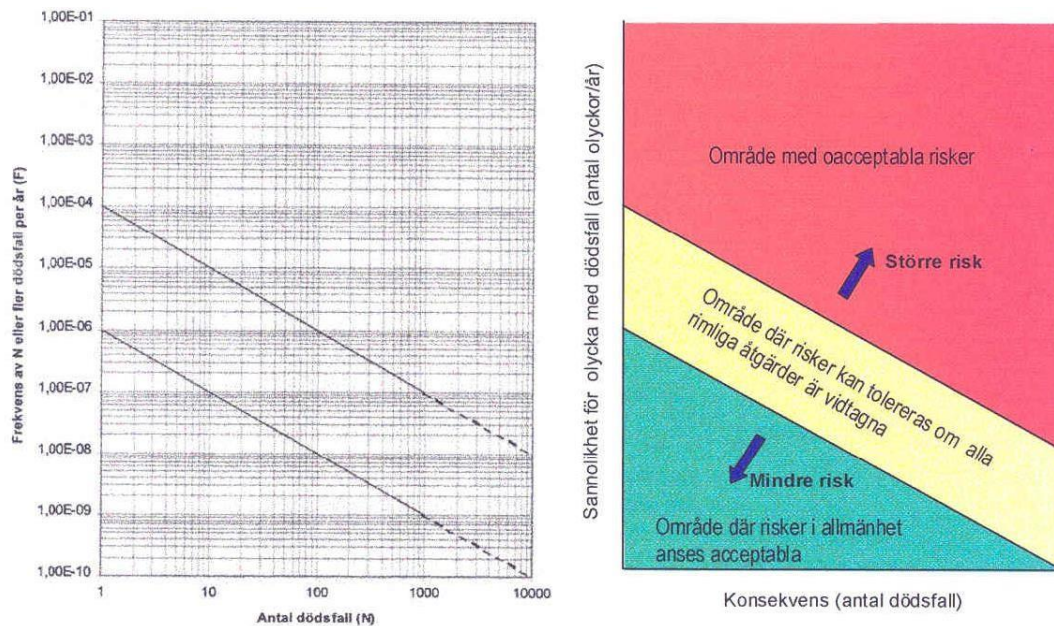
För individrisk föreslår Räddningsverket [6] följande kriterier:

- 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 DNVs förslag på kriterier för samhällsrisk.



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

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

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

2 Förutsättningar

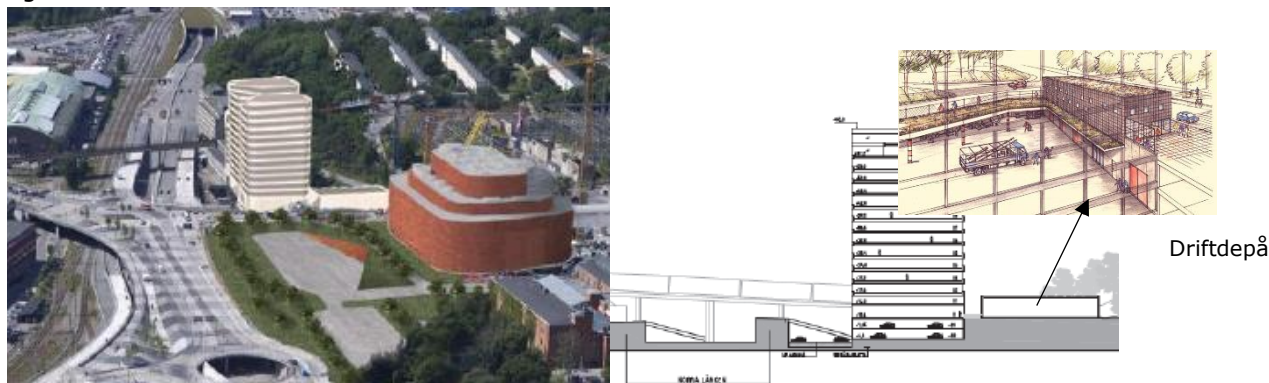
2.1 Områdesbeskrivning

Inom kv Starkströmmen ska de två befintliga byggnaderna inom fastigheten rivas och ersättas med ett större kontorshus samt en driftdepå för Trafikverkets verksamhet för Norra länken. Nytt kontorshus består av två volymer i ca sex respektive fjorton våningar. Byggnaden kommer utföras med en bärande stomme i betong där fasaden byggs upp via prefab betongelement. Byggnadens totala bruttoarea (BTA) beräknas uppgå till ca 45 000 m², varav 30 000- 35 000 m² är ljus BTA. Driftdepån innehållande primärt lagerutrymmen för nödvändigt driftmaterial utformas för att möjliggöra personalbemannning dygnet runt. Driftdepån utförs med 4 kontorsplatser som vetter mot Jägmästargatan.

Aktuell byggnads södra fasad vetter mot Norra Länken. Mellan vägbanan och studerad byggnad finns en fysisk barriär. Barriären varierar i höjddled förbi planområdet, höjden uppgår i genomsnitt till ca 6 meter. Kontorsbyggnaden är placerad på ett avstånd om minst 25 meter från Norra Länkens närmsta huvudkörbana. Aktuell del av Norra Länken utgörs av två körfält, den totala vägbredden (vägren + körbana) uppgår till ca 8 meter. Avståndet från byggnaden till Värtabanans närmsta spår kommer att överstiga 50 meter.

Österut angränsar planområdet till Jägmästargatan och Värtaverket. Avståndet från planområdet till Värtaverkets fastighet understiger 15 meter. Ny gång/cykelväg planeras uppföras längs med Jägmästargatan framför planerad kontorsbyggnad och driftdepå. En naturlig avskiljning mellan byggnaderna och Jägmästargatan kommer att tillskapas via den upphöjda kantstenlinjen som följer gång/cykelvägen. Norrut återfinns fastigheten kv Elektriciteten som i dag innehåller en starkströmsanläggning med ställverk i det fria och västerut går tunnelbanan förbi planområdet på bro på ett avstånd om ca 15 meter från ny byggnad.

En översikt av planområdet och planerat innehåll i förhållande till näromgivningen åskådliggörs i figur 4 & 5.



Figur 4. Översikt av planområdet i förhållande till näromgivningen. Till höger i figuren åskådliggörs driftdepån placerad längs med Jägmästargatan.



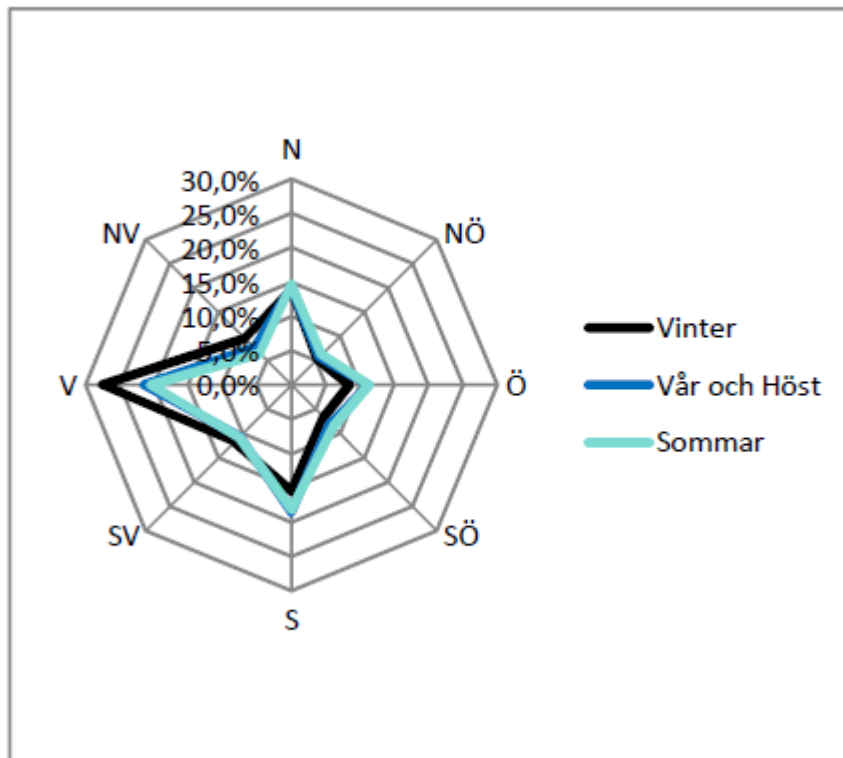
Figur 5. Vy mot planområdet söderifrån där Norra Länkens närmsta huvudkörbana och tråget åskådliggörs i förhållande till befintlig byggnad inom planområdet som ska rivas. Påfartsrampen till Norra Länken ingår inte i analysen eftersom denna endast förväntas trafikeras av mycket begränsad mängd gods.

Marken mellan planerad byggnad och Norra Länken planeras för att ej uppmuntra till stadigvarande vistelse i ett led att minimera persontätheten inom de områden kring länken som är mest riskutsatta.

2.2 Meteorologiska förhållanden

I figur 6 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 Värtaverket. Sannolikheten att vinden ligger på i riktning mot studerat planområde som är belägen norrut sett från riskkällorna Värtabanan och Norra Länken kan grovt uppskattas till ca 15-20 %.

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

3 Riskanalys

Risikanalysen omfattar endast plötsliga och oväntade olyckshändelser med direkt fara för liv.

För studerat område bedöms följande riskkällor vara av intresse att analysera:

- Värtaverket (Energihamnen)
- Tunnelbanan
- Transportlederna Norra Länken och Värtabanan

3.1 Tunnelbanan

Det är relativt vanligt att tåg spårar ur. Urspårningar uppstår primärt i växlar, vilka utgör en svag längd 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 att risknivån i kringliggande områden hamnar på en acceptabel nivå. För aktuell byggnad som planeras 15 meter från bron är bedömningen att ingen vidare riskhänsyn erfordras med avseende på urspårningsrisk.

3.2 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 1 presenteras en sammanställning av hanterade mängder enligt uppgifter i [11].

Tabell 1. Hanterade ämnen på Värtaverket [11].

Typ av vara	Volym (m ³)	Ton	Förvaringsplats	Användningsområde	Övrig information
Eldningsolja 1	20000	16 800	Oljedepå	Energiproduktion	Miljöfarlig
	1150	966	Nimrod		
Eldningsolja 5	10000	9 250	Oljedepå	Energiproduktion	Miljöfarlig
	550	506	Nimrod		
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 (tankar)	3,6		Nimrod	Tändbränsle	Brandfarlig
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	

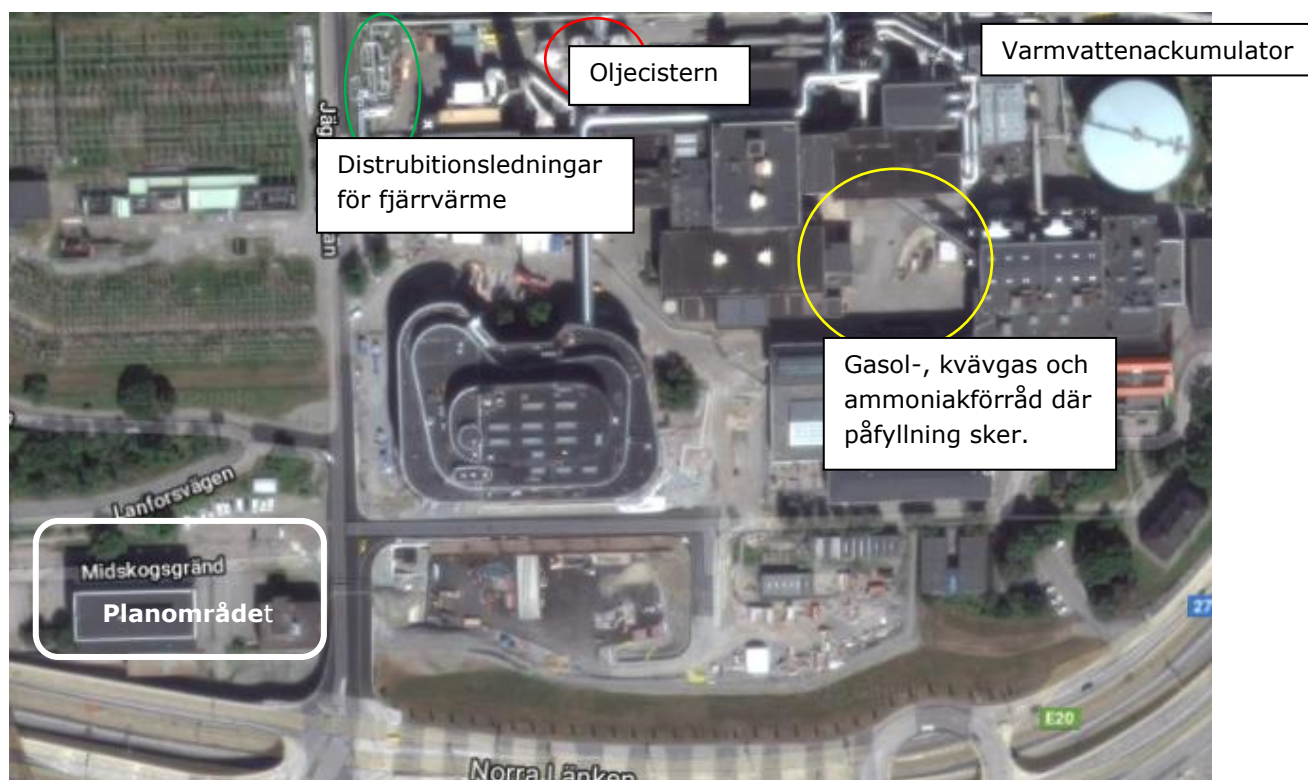
* Tre typer av oljor ovan, tallbeckolja, MFA och finbio-olja, har tolkats som att de ej omfattas av Seveso III-direktivet. Fortum och WSP har under 2014 skickat fråga till Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) om en enhetlig tolkning av dessa tre nämnda miljöoljor. MSB har i sin tur fört 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 biooljor, 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 i huvudsak Fortum Värme 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 Länken via Jägmästargatan och passerar därmed i anslutning till planområdet.

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. Säkerhetsmarginalen bedöms enligt Fortum Värme vara likvärdig med vad som kan åstadkommas med de skyddsavstånd som föreslås av Boverket i "bättre plats för arbete". I Fortums 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.

En platsspecifik redogörelse av innehållet i Värtaverket, kvarteret Nimrod, redovisas i figur 7.



Figur 7. Redogörelse av innehåll inom Värtaverket, kvarteret Nimrod i förhållande till planområdet.

Från riskällor såsom oljecistern samt gasol- och ammoniakförråd uppgår avståndet till aktuellt planområde till mer än 200 meter vilket är betryggande.

3.2.1 Risker förknippad med förbränning

Riskerna med förbränning är förknippad med brand eller gasexplosion (CO-explosion) inom pannbyggnaderna. Den stora risken är att bränsle matas in när luftfläktarna stannat eller att brännaren inte tänds upp under starten. Detta kan föranleda en allt för stor mängd bränsle i brännaren/pannan och då finns risken att kolmonoxid (CO) bildas, vilket kan orsaka brand eller explosioner inne i pannan och ge skador på luckor, fläktar och flänsar. Risk för oförbrända gaser inne i pannan är ett generellt problem vid all typ av förbränning, med hanteras av tekniska säkerhetssystem som reglerar och kan stoppa förbränningen vid tekniskt fel. En brand eller explosion i någon av pannbyggnaderna bedöms främst beröra själva byggnaderna och eventuellt det direkta närområdet till dessa.

3.2.2 Risker förknippade med hantering av brandfarliga gaser samt andra farliga kemikalier

Inom kvarteret Nimrod hanteras en ringa mängd brandfarlig gas i enlighet med tabell 2 (främst gasol). Gasolen som hanteras inom Värtaverket förvaras i två mindre cisterner placerade i en separat byggnad i enlighet med figur 7. Med avseende på den ringa mängden är bedömningen att ett eventuellt utsläpp och antändning av den brandfarliga gasen innebär konsekvenser som begränsar sig till aktuell byggnad och dess direkta närhet. Inga skadliga konsekvenser förväntas utanför fastighetsgräns sett till rådande placering.

Inom kvarteret Nimrod används även andra typer av farliga kemikalier i den dagliga verksamheten, en sammanställning av typ av kemikalier samt omfattning återges i figur 8.

Produkt	Enhet	Användningsområde	
		2015	
Ammoniak 25%	ton	3123,06	Kväveoxidreduktion KVV6
Natriumklorid	ton	147	Regenerering avhärdningsfilter
Natriumhydroxid 50%	ton	155,5	Rökgaskondensering KVV6, pH justering
Saltsyra 34 %	ton	9,26	Vattenrening KVV6
Svavelsyra 95-98 %	ton	9,1	Rökgaskondensering KVV6 Avskiljning av ammoniak från rökgaskondensat och pH justering av kondensat
Pulverjonbytarmaterial	ton	4	Vattenrening KVV1 och KVV6
Natriumbikarbonat	ton	244	Svavelreduktion, P14 (VV2)
Kvävgas	ton	539	Släckgas KVV6

Figur 8. Användning av andra typer av farliga kemikalier inom kvarteret Nimrod [1].

Majoriteten av kemikalierna som tydliggörs i figur 8 är inte förknippade med skadlig påverkan på personer i omgivningen givet utsläpp i det fria; natriumklorid, natriumbikarbonat samt kvävgas är exempel på sådana kemikalier. Vad gäller de frätande syrorna återfinns endast fara för människor i den direkta omgivningen av olycksplatsen då det krävs att personer kommer i direktkontakt med utsläppet för att kunna skadas allvarligt. Ett utsläpp av frätande ämnen inom verksamheten förväntas således inte föranleda påverkan på tredje man.

En olycka som föranleder utsläpp av 25 %-ig ammoniaklösning 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. Det bör noteras att frekvensen för ett större utsläpp, enligt ingångsvärden i [15], kan uppskattas till ca 5×10^{-6} per år för ett momentant utsläpp från icke trycksatt tank med enkelvägg.

Ett utsläpp av 25 %-ig ammoniaklösning kan även uppstå till följd av en trafikolycka på omgivande vägnät. Med avseende på att det årliga transportantalet endast förväntas uppgå till ca 180-190 tankbilar samt att hastighetsbegränsningen på Jägmästargatan är 30 km/h är sannolikheten för att en olycka som föranleder ett större utsläpp att betrakta som osannolikt.

Konsekvenserna av ett eventuellt utsläpp av ammoniaklösning på Jägmästargatan är vidare starkt beroende av den förväntade pölutbredningen som i tur styr hur mycket giftiga gas som kan komma att avdunsta. Med hänsyn till att 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 [16] via en fördjupad konsekvensanalys. Dessa resultat anses ge representativ bild av de förväntade skadeeffekterna som kan förväntas givet trafikolycka på Jägmästargatan 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.

Med avseende på att det totala transportantalet är mycket litet samt att hastighetsbegränsningen på Jägmästargatan endast uppgår till 30 km/h är riskexponeringen utmed vägen mycket begränsad. Tankarna till farligt godsfordon har sådan hållfasthet att de normalt håller för skada i låga kollisionshastigheter såsom 30 km/h. Den upphöjd kantstenslinje som avgränsar gång/cykelvägen mot Jägmästargatan kommer vidare fungera som ett skydd och förhindra att ett eventuellt spill på körbanan rinner mot byggnaderna. Den sammanvägda bedömningen är att transporter av farligt gods på Jägmästargatan har en väldigt liten påverkan på den totala riskbilden och är att betrakta som godtagbar. För att få en känsla av riskexponeringen kan tydliggöras att förväntat farligt godsflöde på Jägmästargatan är mindre än det som en lokal drivmedelstation förväntas ge upphov till, vilket är ca en transport brandfarlig vätska (diesel, bensin) plus eventuella transporter av fordonsgas och etanol. Det bör även noteras att dessa transporter utgörs av bulktransporter medan majoriteten av transporter till Värtaverket utgörs av styckegods, d.v.s. mängderna per transport är betydligt mindre.

3.2.3 Risker förknippade med förvaring och hantering av biobränslen

Läckage från cistern

Bioolja räknas inte som en brandfarlig vätska då den har en flampunkt som överstiger 100 °C. Ett läckage förväntas därför inte heller antändas. Många biooljor är mycket trögflytande och stelnar i princip omedelbart då de kommer i kontakt med den kallare utomhustemperaturen och marken. Olyckshändelser såsom ett cisternbrott, som leder till stora utsläpp av bioolja bedöms därmed ej medföra någon risk för tredje man.

Brand- och explosionsrisk

Hantering av annan typ av biobränsle såsom torv, träflis och skogsavfall är förknippad med risk för brand och dammexplosion under transport, beredning och lagringen. Sannolikhet för brand är framförallt förknippad med självantändning samt friktion men kan även uppstå till följd av havererande mekanisk utrustning eller att t.ex. glödande/varma föremål kommer i kontakt med bränslet.

Självantändning kan uppstå i organiska material till följd av kemiska, biologiska eller fysikaliska processer. Vid dessa processer alstras värme. Då biobränsle är ett brännbart organiskt material kan värmen som inte leds bort ackumuleras i materialet och medföra en temperaturökning som når antändningstemperaturen för materialet. Detta fenomen uppträder vid för hög fukthalt i bränslet och vid vissa lagringskonfigurationer.

Friktion kan innebära en värmealstring som leder till antändning. Risken för antändning till följd av friktion är förknippad med moment där det förekommer rörliga delar, vilket främst bedöms vara aktuellt vid lossning och dess olika transportsystem, men även i bränslesilorna där det vanligtvis finns skruvar i centrum.

Med avseende på de stora mängderna bränsle som lagras och hanteras samt det höga energiinnehållet i biobränslet kan långvariga och svårsläckta brandförlopp uppstå inom anläggningen. Det bedöms som sannolikt att brand kan komma att uppstå inom anläggningen. Dock, med hänsyn till det rigorösa brandskydd som återfinns inom anläggningen bedöms risken för en omfattande brand vara begränsad. Framförallt utgör brand en fara för egendomen och människorna inom verksamheten. Det kan emellertid inte uteslutas att en fullt utvecklad brand föranleder påverkan på omgivningen genom att giftiga brandgaser sprids in över exploaterade områden. Exempelvis kan en fullt utvecklad brand i en förvaringssilo förväntas producera stora mängder hälsovådliga brandgaser som sprids i vindriktningen. Framförallt är brandgaserna irriterande och besvärande för andningsorganen men kan vid långvarig exponering vara livshotande. Människor utanför verksamheten förväntas inte utsättas för långvarig exponering då dessa förväntas förflytta sig från det rökutsatta området.

Vid hantering av biobränslen föreligger risk för dammexplosion. Dammexplosion uppkommer till följd av att små partiklar av t.ex. biobränslen blandas med luft så att en explosiv koncentration uppstår samtidigt som en tändkälla finns i närheten. Den tändenergi som uppstår vid gnistbildning är vanligtvis tillräcklig för att antända en damm/luftblandning. I Sverige har inga dammexplosioner med dödlig utgång inträffat sedan början av 60-talet. Däremot förekommer några mindre incidenter per år [17]. Riskerna förknippade med dammexplosioner styrs till stor del av bränslets fukthalt. Inom Värtaverket nyttjas primärt bränsle med en hög fukthalt, mellan 20 % - 30 % och i mindre utsträckning nyttjas bränsle med fukthalt understigande 10 %, vilket innebär att risken för dammexplosion inom anläggningen generellt kan betraktas som låg.

Sannolikheten för att antändning ska inträffa givet en damm/luftblandning med explosiv koncentration minimeras genom att anläggningen är utförd och drivs i överensstämmelse med ATEX-direktivet, benämningen ATEX används för Europeiska Unionens direktiv 94/9/EG (produktdirektivet) och 99/92/EG (användardirektivet) vilka gäller explosionsfarliga områden och användning av maskiner och arbetsutrustning i dessa områden. Detta innebär att utrustning utformas för att eliminera tändkällor såsom exempelvis statisk elektricitet och gnistbildning. För samtliga områden där torra bränslen (fukthalt < 10%) hanteras skall exempelvis ett explosionsskyddsdokument upprättas i enlighet med ATEX-direktivet.

Risk för dammexplosion bedöms primärt föreligga inom de processteg där dammbildning kan förväntas uppstå under den dagliga produktionen, följande moment kan härledas till processer där en förhöjd risk för dammbildning återfinns:

- Transportsystem
- Bandtransportörer
 - Blåstransportörer
 - Elevatorer
- Omlastningspunkter
- Kvarn och sållhus
- Såll
- Kvarn

Risk för uppkomst av dammexplosion i en förvaringssilo är att betrakta som låg men kan uppstå som en sekundär skadehändelse till följd av glödbland/CO-explosion inne i silon. Vid glödbland genereras mycket höga halter CO och olika typer av oförbrända kolväten som kan förväntas ansamlas i silotoppen. Om syrgashalten är tillräckligt hög inne i silotoppen, över 5–10 %, innebär risk att rökgaserna kan vara brännbara och därmed skulle en gasexplosion (CO-explosion) kunna uppstå i silotoppen givet antändning [18]. En gasexplosion som inträffar i silotoppen innebär vanligtvis inte några större konsekvenser men kan i tur ge upphov till dammbildning och en sekundär mer allvarlig dammexplosion. Det bör noteras att glödbland i silo primärt utgör risk för skada på egendom och produktionsavbrott, då sannolikheten för sekundära mer allvarliga skadehändelser såsom explosionsscenarioer kan undvikas via en effektiv insats. Den primära faran för sekundära konsekvenser föreligger vid mänskligt felagerande i samband med åtgärdshanteringen. I de allmänna råden i AFS 2003:3 poängteras vikten av att verksamhetsutövaren ska ha en tydlig åtgärdsplan för hur släckning av en glödbland i silo ska ske för att förhindra sekundära risk för explosioner.

Konsekvenserna av en dammexplosion kan bli omfattande, både inom och utom en anläggning om inte säkerhetshöjande åtgärder vidtas. Med avseende på att belysa riskobjekt (Transportsystem & Kvarn/Sållhus), som är förknippade med en förhöjd sannolikhet för uppkomst för dammexplosionsscenarioer, är försedda med väl anpassade säkerhetstekniska system såsom exempelvis snabbt detekteringssystem (T.ex. gnistdetektering), fast automatiskt släcksystem samt installation av erforderlig explosionstryckavlastning bedöms de potentiella konsekvenserna endast utgöra en fara för egendomen och människorna inom anläggningen. Avseende de potentiella konsekvenserna för gas/- dammexplosion inuti en förvaringssilo bedöms explosionsavlastningsluckorna placerade i silotoppen säkerställa kontrollerade explosionsförlopp med begränsade konsekvenser mot omgivningen utanför verksamheten. Förvaring av bränsle under mark innebär att ett fysiskt skydd skapas mot omgivningen, varför inga allvarliga konsekvenser i omgivningen är att förväntas i samband med brand- och dammexplosionsscenarioer under mark.

Med hänsyn till förutsättningarna som råder inom Värtaverket bedöms konsekvenserna av en potentiell dammexplosion med stor sannolikhet bli begränsade till berörd anläggningsdel. Att en eller flera människor utanför verksamheten utsätts för allvarlig påverkan bedöms som väldigt osannolikt.

Inga cisterner innehållande biobränsle återfinns idag i anslutning till planområdet inom Värtaverket.

3.2.4 Risker förknippade med förvaring och hantering av brandfarlig vätska

Lätt eldningsolja klassas som brandfarlig vara klass 3 (flampunkt mellan 55 °C och 100 °C). Detta innebär att oljan ej avdunstar vid spill, således kommer ej brännbara/explosiva gasmoln bildas givet utsläpp såsom är fallet vid exempelvis utsläpp av bensin som hänförs till brandfarlig vätska klass 1. Beskrivna dimensionerande skadehändelser för verksamheter som hanterar stora kvantiteter brandfarlig vätska, såsom en större gasmolnsexplosion som bildas av förångning av stora mängder brännbar vätska, enligt MSB riktlinjer [6] avseende samhällsplanering intill storskalig kemikalieindustri föreligger således inte inom studerat riskobjekt.

Sannolikheten för ett läckage från oljecistern bedöms vara mycket låg. Enligt ingångsvärden i [15] kan frekvensen för ett momentant utsläpp från icke trycksatt tank med enkelvägg uppskattas till ca 5×10^{-6} per år, medan frekvensen för läckage uppskattas till ca 1×10^{-4} per år. Ett utsläpp från en oljecistern bedöms således kunna inträffa en gång på knappt 10 000 år. Utsläpp i samband med lastning och lossning eller olycka med transportfordon bedöms medföra mindre läckage. Antändning av mindre läckage bedöms inte innebära någon fara för personer utanför verksamheten.

Ett utsläpp som inte antänds riskerar i första hand att förorena vatten. För att utsläppet ska leda till personskador krävs att oljan antänds. Antändning till följd av t.ex. gnistbildning bedöms inte vara möjlig då det krävs att oljan först värms upp innan den antänds, exempelvis via kontakt med het yta.

Sannolikheten för antändning av utsläppt eldningsolja bedöms därför vara mycket låg. Enligt den Holländska vägledningshandboken [15] för kvantitativa riskanalyser för SEVESO- och andra farliga verksamheter tydliggörs att risker förknippade med läckage av brännbara vätskor klass 3 kan undantas från riskanalys med avseende på att sannolikheten för antändning givet läckage kan ansättas till 0 för stationära tankar.

3.2.5 Slutsatser avseende riskbidrag från Värtaverket (bränsle och kemikaliehanteringen)

Majoriteten av riskkällorna återfinns inom Energihamnen, vilket är den del av Värtaverket som ger upphov till att verksamheten klassas och omfattas av SEVESO-direktivet.

För omgivningen intill Värtaverket bedöms ett worst-case scenario vara en storbrand inom bränslelagret i Energihamnen som inte lyckas släckas inom kort tid. En storbrand skulle potentiell även kunna uppstå inom kvarteret Nimrod i en av dagtankarna för förvaring av brandfarlig vätska, men detta bedöms som mindre sannolikt. I allmänhet gäller att en stor cisternbrand inte ger upphov till några större strålningsnivåer mot omgivningen, detta på grund av att en pöl innehållande tyngre kolväten brinner med en väldigt sotig låga vilket begränsar den utsända strålningen från flaman. Vid riktigt stora pölbränder (minst 30 m i diameter) är den strålningsdämpande effekten från producerad sot så pass kraftig att den genomsnittliga utsända strålningen begränsas till ca 20-25 kW/m² [19]. Resultatet från utförda strålningsberäkningar i [19] avseende en större cisternbrand påvisar att direkt farliga strålningsnivåer för närliggande bebyggelse (15 kW/m²) kan förväntas begränsas till ett avstånd om ca 20 meter från cisternkant. Människor i det fria bedöms generellt inte omkomma till följd av en pölbrand, då dessa med stor sannolikhet hinner förflytta sig bort från olycksplatsens direkta närhet.

Enligt Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 2000:2) om hantering av brandfarliga vätskor med ändringar i SÄIFS 2000:5 förtydligas skyddsavstånd enligt figur 9 i syfte att förhindra:

- antändning av de brandfarliga vätskorna,
- brandspridning inom anläggningen, och
- brandspridning till skyddsobjekt vid brand i anläggningen.

Kringliggande skyddsobjekt	Klass 1 och 2a			Klass 2b och 3		
	V≤3	3<V≤100	V>100	V≤12	12<V≤100	V>100
Byggnader av obrännbart material, icke brandfarlig verksamhet	9 m	12 m	25 m	6 m	9 m	12 m
Materiel med stor brandbelastning	12 m	25 m	50 m	9 m	12 m	25 m
Byggnad av brännbart material, brandfarlig verksamhet, A-byggnad	25 m	50 m	50 m	9 m	12 m	25 m
Svårutrymda lokaler, sjukhus, skolor m.m., annan verksamhet med farliga ämnen	25 m	50 m	100 m	12 m	25 m	50 m

Figur 9. Rekommenderade skyddsavstånd mellan olika skyddsobjekt och brandfarlig vätska i cistern eller lös behållare enligt SÄIFS 2000:5. Till A-byggnad hänförs bostäder och kontorsbyggnader.

Sett till rådande avstånd från planområdet till riskkällor inom Värtaverket så inskränks inte tydliggjorda skyddsavstånd enligt figur 8.

Vid en storbrand utgörs främst påverkan på omgivningen av att stora mängder giftiga brandgaser kan spridas i omgivningen. Spridningsberäkningar avseende en större cisternbrand utförda i [19] påvisar att förhöjda halter i närområdet kan förväntas begränsas inom ca 100 meter från brandplatsen. Är det en ogynnsam väderlek kan plymen med brandgaser nå marken på betydligt längre avstånd, >1 km. Framförallt är brandgaserna irriterande och besvärande för andningsorganen men kan vid långvarig exponering vara livshotande. Vid larm om sådan storbrand kommer Brandförsvaret i ett tidigt skede informera allmänheten genom ett VMA (Viktigt Meddelande till Allmänheten) att stänga eventuella fönster och hålla sig inomhus i syfte att förhindra brandgaser att ta sig in i byggnader. Det bör även noteras att Fortums Värmes släckstrategier som bygger på inertering av kvävgas, eller skumpåföring ger Brandförsvaret goda möjligheter att kunna genomföra en effektiv släckinsats. Att en eller flera personer skulle allvarligt skadas/omkomma utanför verksamheten till följd av en storbrand är inte troligt, utan snarare riskerar människor i omgivningen att utsättas för obehag.

3.2.6 Framtida utveckling inom kvarteret Nimrod

Fortum Värme har förmedlat att det i framtiden kan bli aktuellt uppföra en silo för biobränsle och kringliggande anläggningsdelar för att utöka biobränsleproduktionen inom kvarteret Nimrod. På ytan inom kvarteret Nimrod, mitt emot detaljplan Starkströmmen, finns idag revisionsytor och plats för upplag och montage inom Fortums verksamhet, vilket är ytor som i en framtid skulle kunna nyttjas för att uppföra en silo för biobränsle. En liknande silo finns inom Energihamnen, vilken åskådliggörs i figur 10 tillsammans med aktuella revisions- och upplagsytor. Avståndet från aktuella ytor till studerat planområde uppgår till ca 50-150 meter. Typsilon som kan komma att uppföras är på 10 000 m³ med en diameter på 26,5 m. Inne i silon roterar en skruv för utmatning av bränsle i mitten av silon ned till bandtransportör under silon. Silons bottenplatta ligger ca 4 m över marknivån. Utrymmet under siloplatån inrymmer ställverksrum, styrrum, ventilationsrum och förråd.



Figur 10. Översiktbild över Värtaverket (Energihamnen) med prinsipskiss över silo som kan bli aktuell att uppföra inom yta som rödmarkerats.

Som redovisat i ovanstående avsnitt är hantering av biobränsle förknippat med risk för såväl brand som dammexplosion.

Påverkan mot omgivningen vid händelse av brand utgörs primärt av spridning av giftiga brandgaser, några betydande strålningsnivåer är inte att förväntas utanför brandplatsens direkta närhet. Avseende de potentiella konsekvenserna för gas/-dammexplosion inuti en förvaringssilo bedöms explosionsavlastningsluckorna placerade i silotoppen säkerställa kontrollerade explosionsförlopp med begränsade konsekvenser mot omgivningen.

Sammanfattningsvis kan sägas att installation av erforderliga säkerhetssystem och upprättande av tydliga insatsplaner säkerställer låga risknivåer för omgivningen. Ett skyddsavstånd om mer än 30 meter bedöms vidare säkerställa begränsade konsekvenser i omgivningen vid händelse av en storbrand. Det finns inga rekommenderade skyddsavstånd utpekade i föreskrifter eller allmänna råd som styr placering av omkringliggande verksamheter i förhållande till silo för biobränsle.

Med hänsyn till att revisions- och upplagsytorna, som Fortum Värme förmedlat kan komma att nyttjas för att uppföra en silo för biobränsle i framtiden, återfinns på ett avstånd om ca 50 - 150 meter från detaljplan Starkströmmen bedöms planerad kontorsbyggnad inte påverka/begränsa Fortum Värmes utvecklingsmöjligheter i detta avseende.

Några i övrigt tydliggjorda planer att bygga om och förändra förutsättningarna inom den del av kvarteret Nimrod som ligger i anslutning mot planområdet finns ej. Det bör vidare noteras att inriktning är att Värtaverket ska bli fossilfritt i framtiden varför verksamhetens behov av att tillskapa ytterliga riskkällor såsom t.ex. cisterner för brandfarlig vara inom kvarteret Nimrod bedöms som osannolikt.

3.3 Transportlederna Norra Länken och Värtabanan

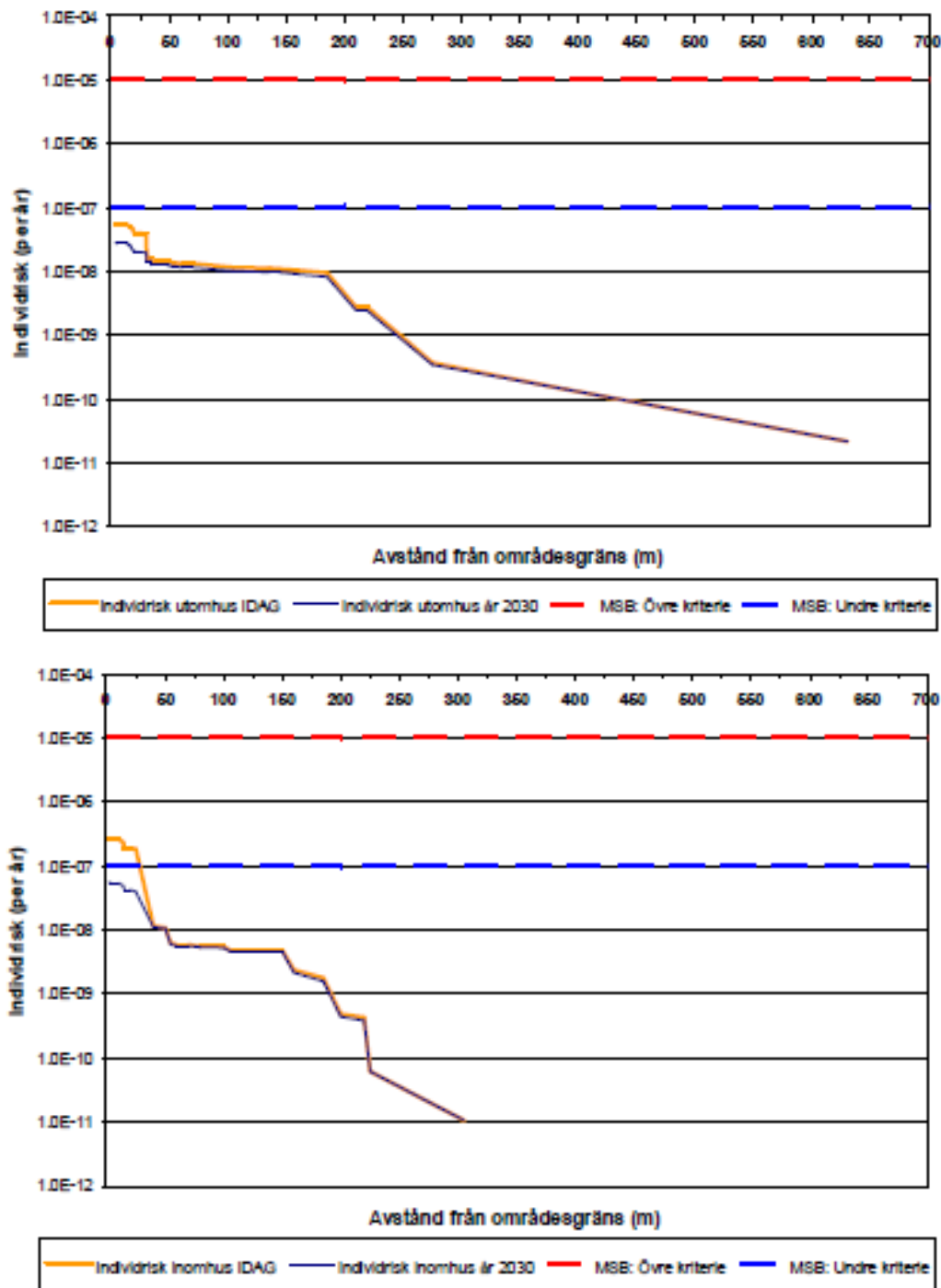
För aktuell detaljplan återfinns en tidigare upprättad fördjupad riskbedömning framtagna 2011 som behandlar riskerna förknippade med farligt godsolyckor på aktuella transportleder och dess riskexponering mot människor inom planområdet [16]. I denna utredningen har risknivån längs med Norra Länken/Lidingövägen samt Värtabanan kvantifierats med avseende på individrisk samt detaljplanens samhällsriskbidrag. I figur 11 presenteras den underliggande statistiken avseende farligt godstransport som ligger till grund för resultaten.

Klass	Kategori	Trafiksituationen idag		Trafiksituationen år 2030	
		Uppskattat antal transp.	Andel	Uppskattat antal transp.	Andel
1	Explosiva ämnen	34	0.2%	34	0.5%
2	Gaser	1322	6.2%	1149	16.4%
3	Brandfarliga vätskor	16190	75.7%	2640	37.8%
4	Brandfarliga fasta ämnen etc.	147	0.7%	137	2.0%
5	Oxiderande ämnen / organiska peroxider	349	1.6%	348	5.0%
6	Giftiga ämnen	228	1.1%	227	3.2%
7	Radioaktiva ämnen	-	-	-	-
8	Frätande ämnen	1763	8.2%	1137	16.3%
9	Magnetiska material och övriga farliga ämnen	1377	6.4%	1322	18.9%
Totalt		21410	100%	6994	100%

Klass	Ämne	Antal vagnar	Andel av transporter
1	Explosiva ämnen och föremål	3	0.2%
2	Gaser	71	5.7%
3	Brandfarliga vätskor	144	11.5%
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	3	0.2%
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	684	54.8%
6	Giftiga ämnen m.m.	36	2.9%
7	Radioaktiva ämnen	0	0.0%
8	Frätande ämnen	55	4.4%
9	Magnetiska material och övriga farliga ämnen	250	20.0%
Totalt		1250	100%

Figur 11. Uppskattat antal farligt godstransporter på Norra Länken/Lidingövägen (övre tabell) samt på Värtabanan (undre tabell) enligt inventering utförd i referens [24].

Beräknade individrisknivåer för ovan trafiksituationerna presenteras i figur 12.



Figur 12. Förväntad individrisknivå längs med Norra Länken/Lidingövägen (det övre diagramet åskådliggör individrisknivån utomhus och det undre diagrammet åskådliggör individrisknivån inomhus). Risknivåerna är framtagna i referens [24].

Gällande detaljplanens samhällsrisksbidrag konstateras i utredningen risknivån bedöms kunna hamna inom ALARP-området. Det huvudsakliga risksbidraget härrör olycksrisker förknippade med brandfarliga vätskor på Norra länken.

Sedan denna analys togs fram 2011 har en del större förändringar vad gäller farligt godshantering inom stadsutvecklingsområdet Norra Djurgårdsstaden kunnat åskådliggöras. Mot denna bakgrund är det nödvändigt att se över riskexponeringen längs med dessa transportleder.

3.3.1 Analys av förändringar i risksituationen inom NDS

Utbyggnaden av Norra Djurgårdsstaden innebär även att vissa verksamheter som idag bedrivs på Loudden och i Frihamnen vilka genererar betydande farligt godstransport kommer att avvecklas och omlokaliseras till andra platser i Stockholmsregionen. Följande verksamheter berörs:

- Oljedepå, Loudden – avvecklas
- Containerterminal, Frihamnen – avvecklas
- Reningsanläggning med biogasframställning, Loudden – avvecklas
- Reservanläggning för LNG, Frihamnen – avvecklas
- LNG-anläggning för fartyg, Loudden – omlokaliseras till Energihamnen

I PM *"Beskrivning av förändringar av vissa industriverksamheter på Loudden och i Frihamnen"* [20] belyses och utvecklas kring besluten för de olika verksamheternas avveckling.

Efter att Loudden har avvecklats år 2020 finns ett förslag som möjliggör Stockholm Hamnars framtida bunkringsbehov inom Energihamnen. Uppgifter från Stockholm Hamnar [21] tydliggör att följande mängder kan komma att behöva lagras inom Energihamnen:

- 2 cisterner för Heavy Fuel Oil på minimum 14 000 m³
- 2 cisterner för brännolja respektive diesel på minimum 4 800 m³
- 1 cistern för bensin på minimum 1 200 m³

Bränsletransporter till depån kommer i huvudsak att ske med fartyg och i mindre omfattning med tankbilar. De farligt godstransporter på väg som den framtida utvecklingen av Energihamnen kan förväntas ge upphov till utgörs av ett mindre antal tankbilstransporter ut till närliggande verksamheter såsom exempelvis sjömackar.

I [21] framhålls ett ökat behov av LNG, vilket bedöms kunna tillgodoses av 3 st cisterner för LNG om minimum 1000 m³. Detta behov har omvärderats med hänsyn till begränsningar i erforderad infrastruktur och tillgänglig plats inom Energihamnen. Nu utgår utvecklingsplanerna från att de transporter av LNG (3 transporter 6 dagar i veckan) som försörjer Viking Grace, som i dagsläget utgår från Loudden på bunkringsfartyg, istället kan komma att utgå från Energihamnen. Hamnen bedömer vidare att antalet transporter skulle kunna öka till högst det dubbla i framtiden, vilket motsvarar försörjning av ytterligare ett fartyg. Skulle fler fartyg i framtiden drivas av LNG förväntas detta behov tillgodoses via bunkerbåt som utgår direkt från Nynäshamn.

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 2 följer de viktigaste restriktionerna avseende människors säkerhet.

Tabell 2. 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 kollitsinnehåll. Maximal kvantitet: 75 000 kg nettovikt explosivämne.
1.5	Mycket okänsliga ämnen med risk för massexplosion men med mycket liten sannolikhet för initiering eller övergång från brand till detonation under normala transportförhållanden Maximal kvantitet: 10 000 kg nettovikt explosivämne.
1.6	Extremt okänsliga föremål utan risk för massexplosion. Föremålen innehåller endast extremt okänsliga ämnen och där sannolikheten för oavsiktlig antändning eller utbredning är försumbar. Maximal kvantitet: 10 000 kg nettovikt explosivämne.
2.1	Brandfarliga gaser (vilket motsvarar grupper betecknade med den versala bokstaven F). a) Lastade tankcontainrar, hanteras ej. b) Mindre förpackningar(gasflaskor), avgörs i varje enskilt fall. Förhandsförfrågan ska ske i god tid. UN 1950 Aerosoler omfattas inte av begränsningar.
2.2	Icke brandfarliga, icke giftiga gaser. Maximal kvantitet: 200 000 kg
2.3	Giftiga gaser, hanteras ej.
3	Förpackningsgrupp I Produkter med en kokpunkt under 35°C, hanteras ej. Förpackningsgrupp II Produkter med flampunkt under 23°C, maximal kvantitet: 100 000 kg. Förpackningsgrupp III Produkter med flampunkt mellan 23°C och 60°C, maximal kvantitet: 150 000 kg.
5.1	Förpackningsgrupp I Oxiderande ämnen, maximal kvantitet, 10 000 kg. Förpackningsgrupp II Oxiderande ämnen, maximal kvantitet, 75 000 kg. Förpackningsgrupp III Oxiderande ämnen, maximal kvantitet, 100 000 kg.
5.2	Organiska peroxider, se även förteckning i IMDG-koden över organiska peroxider som är tillåtna för transport. a) typ A-D3, hanteras ej. b) typ E-G, maximal kvantitet, 100 000 kg.

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

3.3.1.1 Farligt godstransporter på väg

Tidigare upprättad riskbedömning för planområdet utgår från trafikprognos för år 2015 respektive år 2030 efter avvecklingen av de farliga verksamheterna på Loudden. Ingen hänsyn har emellertid tagits till de LNG transporter som försörjer Viking Grace som i dagsläget utgår från Loudden på bunkringsfartyg och som i framtiden förväntas utgå från Energihamnen.

Efter att verksamheter på Loudden och i Frihamnen har avvecklats kommer farligt godstransporterna på väg inom Norra Djurgårdsstaden att minska väsentligt. Majoriteten av farligt godstransporter kommer att ske på Norra Länken/Lidingövägen. Lidingövägen utgör en sekundär transportled för farligt gods. Detta innebär att genomfartstrafik med farligt gods inte är tillåtet utan alla transporter förutsätts ha en given måladress. Det är framförallt Stockholm Hamnars verksamhet (Värtahamnen och planerad verksamhet inom Energihamnen - LNG transporter), Värtaverket samt lokala verksamheter på Lidingö (drivmedelstationer, Lidingöverket, Käppalaverket, Lotrec AB samt Bigner & Co) som utgör måladresser och ger upphov till farligt godstransporter på väg inom Norra Djurgårdsstaden [1].

Sett utifrån Stockholms Hamnars restriktioner avseende hantering av farligt gods och målpunkternas farligt godshantering är det rimligt att förutsätta att olycka involverande brandfarlig vara klass 3 samt olycka involverande LNG kommer vara den riskstyrande olyckshändelsen på berörda vägar [1].

Riskbidrag av tillkommande transporter av LNG (Liquified Natural Gas)

Naturgas är endast antändlig inom små gränser för koncentration i luften (normalt mellan 5 % och 15 % för rent metan). LNG transporteras i tankbilar försedda med vakuumisolerade tankar och vanligtvis under atmosfärstryck. LNG-tankarnas robusta utformning innebär att sannolikheten för skada på tank givet en trafikolycka är väldigt låg.

I fall av ett utsläpp skulle LNG-ångorna spridas med den rådande vinden. Det bör noteras att det är troligt att ett utsläpp av LNG kommer att spridas i annan vindriktning än mot planområdet, detta sett till de meteorologiska förhållanden som råder i området. Kall LNG-ånga har formen av ett vitt moln. Om små mängder LNG släpps ut, kommer denna till största delen att avdunsta innan den når marken. Vid mer omfattande utsläpp kommer inte avdunstning att ske momentant. Vid större utsläpp kommer en pöl av LNG att bildas från vilken kontinuerlig förångning till atmosfär sker. Ett utsläpp av LNG som förvaras under atmosfärstryck innebär förmildrande konsekvenser vid utsläpp till atmosfären i jämförelse med en olycka involverande tryckkomprimerad brandfarlig gas, såsom gasol. Olycka som medför läckage av LNG kan resultera i följande händelseförlopp:

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

Aktuell barriär om ca 6 meter i höjd som återfinns mellan Norra Länken och planområdet innebär vidare en naturlig skydd för påverkan på människor inom planområdet givet en olycka med LNG. Skador på människor inomhus förväntas endast kunna uppstå vid en gasmolnsexplosion alternativt en BLEVE.

Olycksfrekvensen för gasmolnsexplosion respektive BLEVE vid en fördubbling av transportantalet av LNG (36 transporter i veckan) enligt Stockholm Hamnars framtidsprognos, beräknas till ca $7,7 \times 10^{-7}$ respektive $3,4 \times 10^{-8}$ per år.

En fördjupning av LNG-olyckor och karakteristiska explosionsförlopp återfinns i bilaga A. Utförda explosionsberäkningar påvisar att byggnadens bärande stomme ej förväntas ådra sig några allvarliga skador, dock kan glaspartier förväntas tryckas in i byggnaden vilket i ett led innebär att människor innanför fasad riskerar att omkomma.

Med hänsyn till byggnadens storlek och placering i förhållande till Norra Länken bedöms riskerna förknippad med LNG transporter på Norra Länken ge upphov till risknivåer inom det högre ALARP-området om inga säkerhetshöjande åtgärder vidtas för att skydda människor inom planerad byggnad. Oacceptabla risknivåer är ej att förväntas.

Som förslag på riskreducerande åtgärd rekommenderas byggnadens fasad som vetter mot Norra Länken att utformas "tät"² för att motstå redogjorda karakteristiska tryck och impulstätheter förknippade med analyserade explosionsscenarioer. Förutom ökat skydd mot explosionslast så medför en "tät" fasad även ett ökat skydd gentemot brand och förekomsten av efterföljande eldklot vid händelse av gasexplosion eller BLEVE. Vid händelse att en explosion inträffar på Norra Länken så är det också rimligt att anta att en brand uppstår i samband med detta. Fasadens brandskyddande effekt kommer få en kraftfullt nedsatt skyddsverkan om hela/stora delar av denna (dvs. fönsterrutor) fallerat på grund av en tidigare inträffad explosion. Av denna anledning fås även ett ökat brandskydd för byggnaden om fasaden utförs som "tät". Via att tillskapa en "tät" fasad elimineras många av osäkerheterna förknippade med bedömning av antalet omkomna inomhus.

En byggnad nära Norra Länken som utformas med en "tät" fasad får flera fördelar:

- Stötvågslasten kommer enbart belasta byggnadens fasad, vilket innebär att potentiella skador på bärande konstruktionsdelar inne i byggnaden effektivt förhindras.
- Glasrutor kastas inte in på människor i byggnaden, ingen risk för invändig omkullvältning eller ras av lättare byggnadsdelar.
- Med intakta glasrutor förbättras skyddet mot värmestrålning, från en efterföljande brand eller eldklot, betänkligt.

Tillsammans medför dessa effekter att några dödsfall inomhus inte är att förvänta för de dimensionerande explosionslastfallen.

Inarbetas rekommenderat skydd säkerställs att detaljplanens samhällsrisksbidrag effektivt minimeras samt att risknivåerna blir okänsliga mot en eventuell ökning av transporter med brandfarliga gaser i framtiden. Skyddet säkerställer att detaljplanen inte påverkar Energihamnens framtida utvecklingsmöjligheter utifrån ett riskperspektiv.

Skydd mot pölbrand på Norra Länken

Aktuell markanvändning enligt planförslaget och rådande skyddsavstånd mellan planerade byggnader och Norra Länken innebär ett betryggande skydd mot allvarliga konsekvenser vid händelse av en olycka involverande brandfarlig vätska på vägnätet. Fördjupad konsekvensutredning i bilaga B påvisar att rådande säkerhetsavstånd om 25 meter i kombination med barriärens strålningsdämpande funktion medföra ett tillfredställande skydd avseende risken för brandspridning i händelse av pölbrand till följd av en olycka involverande farligt gods ADR-S klass 3 på Norra Länken. Resultaten påvisar att inga särskilda åtgärder på fasad behöver vidtas för att säkerställa ett tillfredställande skydd och godtagbara risknivåer inomhus.

² Med "tät" fasad syftas här på en fasad som är utformad på ett sådant sätt att den förhindrar stötvågslasten från att tränga in i byggnaden. Detta innebär att såväl fasadelement som eventuell fönsterrutor klarar av att motstå de laster som en explosion innebär utan att gå sönder. Ett visst tryckgenomsläpp och lokala splitterutkast från fönster bedöms dock vara acceptabelt.

3.3.2 Farligt godstransporter på järnväg

Efter avvecklingen av Loudden och Containerterminalen kommer Värtabanans anslutningar mot Frihamnen att avvecklas. Järnvägstransport på Värtabanan kommer framgent att ske till Värtahamnen respektive Energihamnen. På Värtabanan transporteras endast gods. Det finns inga restriktioner för vilka farligt godsklasser som får transporteras på Värtabanan, utan detta styrs av målpunkternas verksamhet.

Uppgifterna från Trafikverket tydliggör att tågtrafiken på Värtabanan i framtiden kan förväntas uppgå till totalt 10 godståg per dygn, varav majoriteten kan förutsättas vara transporter av biobränsle till Värtaverket.

Tidigare upprättad riskbedömning för planområdet tar utgångspunkt i frekvensberäkningar utförda i samband med intunnningen av Värtabanan inom Hagastaden. Frekvensberäkningarna grundar sig på att antalet tåg på Värtabanan år 2030 uppgår till 24 tåg per dygn, varav ca 1,25 % av godsmängden utgör farligt gods.

Isolerat sett till antagna trafikmängder så innebär de tidigare upprättade riskberäkningarna en överskattning av risknivåerna med ca 150 %.

Som det ser ut idag är det enbart reguljär färjetrafik (passagerarfartyg) som samlas med viss mängd gods (så kallade ROPAX), vilka trafikerar hamnverksamheten. Godsfärjan, Sea Wind, har sedan 2014 slutat trafikera Värtahamnen. Detta fartyg stod för majoriteten av den tidigare farligt godshanteringen. Räknat 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 spår bunden gods.

Med hänsyn till att fartyget Sea Wind inte längre trafikerar Värtahamnen föreligger en betydligt positivare risksituation inom Värtahamnen och utmed järnvägen. Givetvis kan inte uteslutas att risksituationen framgent kan förändras till följd av att nya rederier, som skeppar större volymer farligt gods än dagens färjor, börjar trafikera Värtahamnen igen. Med hänsyn till Stockholm Hamns restriktioner avseende hantering av farligt gods förväntas inte transporter av kemikalier som är förknippad med större påverkansområden vid händelse av olycka på banan. I enlighet med Stadens strategi att flytta den tyngre godshanteringen till Norvik anses en utveckling som innebär en betydande ökning av farligt godstransporter på Värtabana som osannolik. Tas hänsyn till att det inom Energihamnen skulle kunna bli intressant att flytta över viss del farligt godshantering från fartyg och lastbil till järnväg, rör det sig om transporter innehållande brandfarlig vätska klass 3. Sådana vätskor 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. Det bör dock noteras att inte heller detta är någon sannolik utveckling, detta med avseende på att infrastrukturen inom Energihamnen utgår från fartygsmottagning.

Utifrån ovanstående genomgång kan konstateras att det framtida förväntade farligt godsflödet och riskexponeringen från Värtabanan är att betrakta som mycket begränsad. Tidigare belyst riskexponering från Värtabanan kan således konstateras vara överskattad.

Markanvändningen enligt planförslaget i kombination med ett skyddsavstånd om ca 50 meter säkerställer ett tillfredställande skydd mot att människor inom planområdet skulle allvarligt påverkas vid en olycka på Värtabanan. Detta även i fall av en förändrad godshantering på Värtabanan som t.ex. skulle innebära en mer omfattande hantering av brandfarliga vätskor.

4 Diskussion och slutsatser

Inga identifierade olycksrisker inom Värtaverket har identifierats vara förknippad med en skadepotential som innebär att en eller flera människor inom planområdet allvarligt riskerar att komma till skada vid en olycka inom verksamheten.

Planerad utbyggnad bedöms därmed inte ge upphov till en förhöjd risk för allvarliga konsekvenser till följd av en kemikalieolycka, varför förslaget inte påverkar Fortums möjligheter att innehålla artikel 13 i Seveso III-direktivet som har införlivats i svensk lagstiftning via miljöbalken (1998:808) och plan- och bygglagen (2010:900). Planerad utbyggnad bedöms vidare inte begränsa Fortums möjligheter att kunna utveckla verksamheten enligt tydliggjorda utbyggnadsplaner.

I linje med den övergripande riskutredningen för Norra Djurgårdstaden bedöms vidare en rimlig säkerhetshöjande åtgärd vara att den nya byggnaden utförs med friskluftsintag mot sida bort från Värtaverket, d.v.s. trygg sida, samt att friskluftsintag utförs med detektor för brandgas som vid larm automatiskt stänger av ventilationssystemet. En sådan åtgärd medför ett effektivt skydd mot att förhindra brandgasspridning in i byggnaden via ventilationssystemet och kräver ingen medverkan från Brandförsvaret. Åtgärden säkerställer vidare ett robust skydd mot riskerna förknippade med transporter av ammoniaklösning på Jägmästargatan. Det bör noteras att ett eventuellt utsläpp av ammoniaklösning eller spridning av giftiga brandgaser med största sannolikhet sprids österut i vindriktning bort från aktuellt planområde baserat på tydliggjorda vindförhållanden i området.

Markanvändningen enligt planförslaget i kombination med ett säkerhetsavstånd om ca 50 meter till Värtabanan säkerställer ett tillfredställande skydd mot att människor inom planområdet skulle allvarligt påverkas vid en olycka på järnvägen. Detta även i fall av en förändrad godshantering på Värtabanan som t.ex. skulle innebära en mer omfattande hantering av brandfarliga vätskor.

Tunnelbanebron som löper genom planområdet 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 att risknivån i kringliggande områden hamnar på en acceptabel nivå. För aktuell byggnad som planeras 15 meter från bron är bedömningen att ingen vidare riskhänsyn erfordras med avseende på urspårningsrisk.

Rådande säkerhetsavstånd om 25 meter i kombination med den naturliga barriären om ca 6 meter i höjd som återfinns mellan Norra Länken och planerad byggnad medför ett tillfredställande skydd avseende risken för brandspridning i händelse av pölbrand på Norra Länken. Inga särskilda åtgärder på fasad behöver vidtas för att säkerställa ett tillfredställande skydd och godtagbara risknivåer inomhus.

Om en framtida ökning av LNG-transport enligt Stockholm Hamnars tydliggjorda framtidsscenario blir verklighet kan inte risknivåer inom det högre ALARP-området uteslutas, förutsatt att inga särskilda säkerhetshöjande åtgärder vidtas för att skydda människor inom planerad byggnad.

Slutsatsen är att tänkt exploatering kan utföras enligt föreslagen struktur under förutsättning att följande skyddsåtgärder införlivas som skyddsbestämmelser i plankartan/planbeskrivningen:

- Byggnad ska placeras med ett skyddsavstånd om minst 25 meter till Norra Länkens närmsta körbana.
- Ytor mellan körbana och byggnad ska utformas för att ej uppmuntra till stadigvarande vistelse.
- Fasader mot Norra Länken ska utföras i obrännbart material.
- Byggnad ska utformas med friskluftsintag mot sida som ej vetter direkt mot Värtaverket eller Norra Länken. Friskluftsintag ska utföras med detektor för brandgas som vid larm automatiskt stänger av ventilationssystemet.
- Huvudentréer ska planeras mot trygg sida, d.v.s. mot sida som ej vetter mot Norra Länken. Alternativa utrymningsvägar får planeras mot vägen.
- Byggnadens fasad som vetter mot Norra Länken ska utformas "tät³" för att motstå karakteristiska tryck och impulstätheter redogjorda i tabell 5.

I ett led att säkerställa en "tät" fasad innebär detta att glaspartier (inklusive dess infästning) i fasad behöver utformas explosionsresistenta, exempelvis i klass ER1 enligt EN 13541 eller motsvarande som säkerställer likvärdigt skydd sett till redogjorda karakteristiska tryck och impulstätheter.

Det bör tydliggöras att det inte uppenbart att incitament finns att vidta säkerhetshöjande åtgärder mot olycksförlopp involverande brandfarlig gas. Detta i och med att framtidsutvecklingen är tämligen osäker och att utvecklingen lika gärna kan innebära att dessa transporter helt försvinner från vägnätet och istället transporteras på båt direkt från LNG-terminalen i Nynäshamn. Beslut gällande kravställning på en "tät" fasadutformning bör därför föregås av fortsatt samordning mellan staden och verksamhetsutövarens med avseende på det framtida LNG-behovet samt vilken tidsaspekt som föreligger. En viss förhöjd risknivå bedöms kunna accepteras under en begränsad tidsperiod om det kan konstateras som en rimlig framtidsutveckling.

Inarbetas skyddsåtgärder enligt ovanstående rekommendationer säkerställs att detaljplanens samhällsriskbidrag effektivt minimeras samt att risknivåerna inom planområdet blir okänsliga mot en framtida förändring i risksituationen inom stadsutvecklingsområdet Norra Djurgårdsstaden. Med föreslagna skyddsåtgärder säkerställs att detaljplanen inte begränsar vare sig Värtaverkets eller Energihamnens framtida utvecklingsmöjligheter utifrån ett riskperspektiv.

³ Med "tät" fasad syftas här på en fasad som är utformad på ett sådant sätt att den förhindrar stötvågslasten från att tränga in i byggnaden. Detta innebär att såväl fasadelement som eventuell glaspartier inklusive dess glaspartier klarar av att motstå de laster som en explosion innebär utan att gå sönder.

Referenser

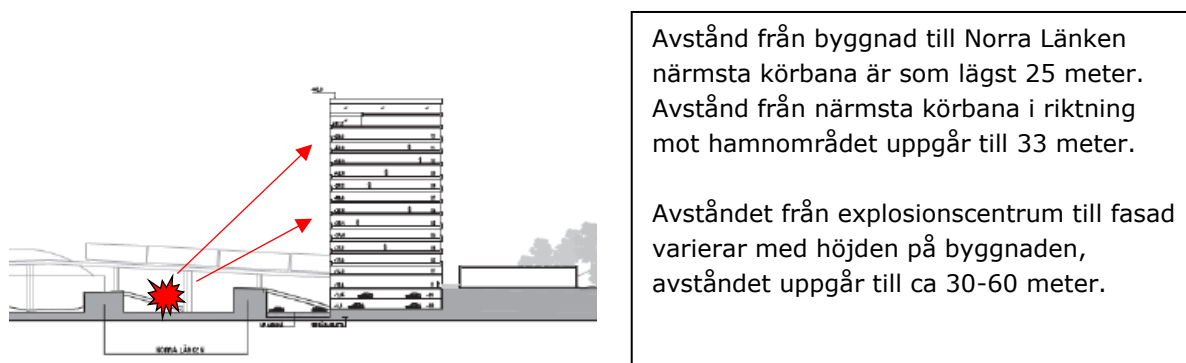
- [1] Översiktlig riskutredning Norra Djurgårdsstaden, version 3, RiskTec Projektledning AB, 2016.
- [2] Säkerhetsrapport Värtaverket enligt Lag (SFS 1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor, AB Fortum Värme samägt med Stockholms stad, WSP, 2016.
- [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 bränsleddepån, 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_gods_kvalitetsbegransningar.pdf
- [23] PROGRAMUTREDNING BRAND OCH RISK, INFRA VÄRTAHAMNEN, Bengt Dahlgren, 2010.
- [24] Riskanalys Starkströmmen 2 & 4, Brandskyddslaget, 2011.

Bilaga A – Fördjupning av risker med LNG-transporter

A.1. Orientering

I figur 13 kan planerad byggnad i förhållande till Norra Länken åskådliggöras. Aktuell del av Norra Länken är försedd med en avskärmande barriär mot planerad byggnad som är ca 6 m hög. Störst hot för människor inom planområdet är om en olycka inträffar mitt framför byggnaden, vilket är utgångspunkten för denna fördjupade konsekvensanalys. Vidare bör noteras att fullastade tankbilar med LNG endast är att förväntas på vägbana i riktning mot hamnområdet, d.v.s. ej på närmsta körbana i förhållande till planområdet.



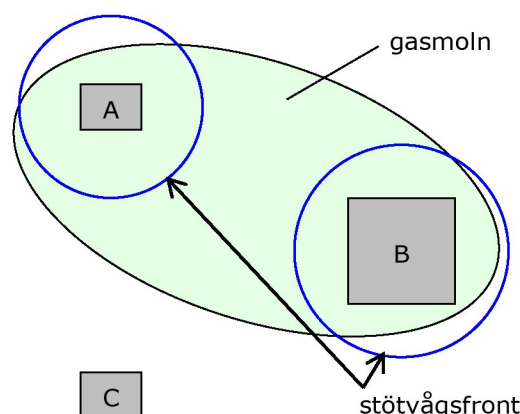
Figur 13. Planerade byggnader i förhållande till Norra Länken och värsta tänkbara explosionscentrum.

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.

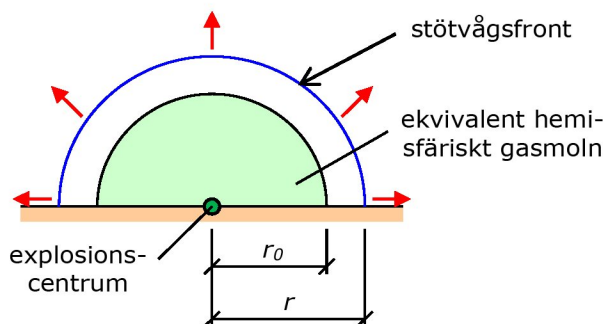
TNO Multienergimetoden bygger på att en gasexplosion består av ett antal delexplosioner där en kraftfull explosion enbart kan initieras i de delar av molnet där gasens expansionsmöjligheter är begränsade, dvs. helt eller delvis inneslutna volymer eller i blockerade områden. Detta innebär att det i ett 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 14 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 14. 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 framtagna gasvolym inom respektive område omvandlas till en ekvivalent hemisfär innehållande samma volym, se figur 15. 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 15. 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:

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

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

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

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 – $V_{\text{gas}} = 100\text{-}200 \text{ m}^3$.
- 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 – $V_{\text{gas}} = 50\text{-}100 \text{ m}^3$.

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 härifrån 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 m³. 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 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 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 utgått från ett minst avstånd på $r = 25$ m mellan explosionscentrum och byggnadsfasad. Mot bakgrund av att fullastade tankbilar med LNG endast förväntas på körbana i riktning mot hamnområdet anses det emellertid rimligt att utgå från ett närmsta explosionscentrum om ca 30 meter.

För en större öppen gasmolnsexplosion kan det argumenteras för att explosionscentrum kan befinna sig närmare byggnaden eftersom gasmolnet kan blåsa mot byggnaden. Antändning i yttre delen av molnet innebär emellertid med stor sannolikhet att förloppet kommer karakteriseras av en gasmolnsbrand (*flash fire*) eftersom koncentrationen inom denna del av molnet kan förutsättas ligga vid sin undre explosionsgräns. För ett explosionsartade förlopp anses det rimligt att antändning förutsätts ske i närhet till olycksplatsen, eftersom det är inom detta område det skulle kunna ske ansamling av större gasmängder inom stökiometriska koncentrationer. De primära tändkällorna av ett gasmoln utgör vidare fordonen på transportleden, vilket ytterligare styrker resonemanget att det är rimligt att explosionscentrum utgår från olycksplatsen, d.v.s. ca 30 meter från byggnaden.

Infallande last från tryckvåg mot fasad varierar vidare med höjden och i sidled på byggnaden. Sett till att byggnaden är ca 14 våningar förväntas avståndet från explosionscentrum längs med fasadytan variera mellan 30-60 meter.

A.2.3. Beräkningsresultat

I tabell 3 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 3. Resulterande last från reflekterad luftstötvåg orsakad av gasexplosion på avstånd 25-60 m från explosionscentrum.

Beskrivning	r [m]	V [m ³]	s [-]	P_r [kPa]	t_r [ms]	i_r [Pa]
Gasexplosion, öppen yta	25	1 000	2	3,43	286	491
Gasexplosion, öppen yta	30	1 000	2	2,87	286	411
Gasexplosion, öppen yta	35	1 000	2	2,47	287	354
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	25	200	5	19,24	39	372
Gasexplosion, blockerad	30	200	5	15,93	39	309
Gasexplosion, blockerad	35	200	5	13,60	39	264
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	25	100	7	50,0	14,9	373
Gasexplosion, starkt blockerad	30	100	7	37,5	15,4	289
Gasexplosion, starkt blockerad	35	100	7	29,6	15,8	234
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 vätskestrycket 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:

- Stöt våg
- Splitterutkast
- Eldklot

Att teoretiskt bestämma vilken stöt vågslast 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 2 kan konstateras att studerad gasmolnsexplosion även täcker in skadorna från förväntad tryckvåg vid en BLEVE.

Tabell 4. Resulterande last från reflekterad luftstötvåg orsakad av BLEVE och exploderande sprängämne (100 kg dynamit) på avstånd 25-60 m från explosionscentrum.

Beskrivning	r [kg]	W [m]	W_{mod} [kg]	P_r [kPa]	t_r [ms]	i_r [kPas]
Dynamit (innefattar BLEVE)	25	60	108	64,0	11,8	376
Dynamit (innefattar BLEVE)	30	60	108	46,7	13,2	309
Dynamit (innefattar BLEVE)	35	60	108	36,8	14,2	262
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 3 och 4 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 5.

Tabell 5. Sammanställning av karakteristiska tryck och impulstätheter för analyserade lastfall.

Beskrivning	r [m]	P_r [kPa]	t_r [ms]	i_r [Pas]
Gasexplosion, öppen yta	25	3,43	286	491
Gasexplosion, öppen yta	30	2,87	286	411
Gasexplosion, öppen yta	35	2,47	287	354
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)	25	64,0	11,8	376
Dynamit (innefattar BLEVE)	30	46,7	13,2	309
Dynamit (innefattar BLEVE)	35	36,8	14,2	262
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:

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

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

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

Byggnaden kommer utföras med en bärande stomme i betong där fasaden byggs upp via prefab betongelement. Sett till redogjorda laster kan utifrån jämförelse med de skadekriterier som anges i Forsén (1997) konstateras att byggnaden i sig inte förväntas ådra sig några betydande skador, d.v.s. stommen och dess bärande huvudsystem riskerar ej att falla. 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 kommer 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 16, 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 16. 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
$$t_{\text{fönster}} = \sqrt{\frac{2 \cdot s_{v, \text{fönster}}}{g}}$$

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

Ingen närmare information finns gällande tänkta glaspartiars utformning. Beräkningar tar därför utgångspunkt i en karakteristisk fönstertungheter som representerar såväl en tunnare som tjockare glassammansättning.

Resultat av utförda beräkningar redogörs i tabell 6.

Tabell 6. 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 25 – 60 meter.

γ [kg/m ³]	r [m]	i [Pas]	v [m/s]	s_h [m]	Inom s_h dödlighet
25	25	377	15,10	8,3	1%-50%
50	25	377	7,55	4,2	1%-50%
75	25	377	5,03	2,8	<1%
25	30	310	12,38	6,8	1%-50%
50	30	310	6,19	3,4	<1%
75	30	310	4,13	2,3	<1%
25	35	263	10,52	5,8	1%-50%
50	35	263	5,26	2,9	<1%
75	35	263	3,51	1,9	<1%
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 att människor som befinner sig direkt innanför fasad mot Norra Länken riskerar att allvarligt skadas/omkomma till följd av inkastade glaspartier vid händelse av gasexplosion på vägbanan. Konsekvenserna förväntas emellertid bli tämligen begränsade i och med att risken för dödsfall primärt föreligger inom de mest utsatta lokaler sett till explosionscentrum, inom lokaler högre upp eller längre bort i huset förväntas skadeomfattningen snabbt bli begränsade. Det bör noteras att utförda beräkningar grovt redogör för potentiella konsekvenser till följd av att glaspartier kastas in i byggnaden. Om glaspartier ej utformas med någon form av sammanhållande förmåga kan risken för ett mer omfattande regn av glassplitter inte uteslutas. Detta i tur kan förväntas resultera i omfattande skärskador på människor innanför fasaden och potentiellt mer omfattande konsekvenser än redogjorda beräkningar indikerar. Vidare kan det uppstå andra typer av personskador inne i byggnaden som härrör från omkullkastning av människor och/eller ras av lättare invändiga byggnadsdelar. Det är dock mycket svårt att bedöma vilken dödlighetsgrad dessa händelser skulle ha.

Förutom risken för skador från glassplitter kommer även en stor del av fasadens skyddande effekt mot ett efterföljande eldskott eller brand gå förlorad om glaspartierna tillåts tryckas in i byggnaden vid en explosion. Detta i ett led ökar risken för att människor inomhus skulle komma i kontakt och riskera att förolyckas av värmepåfrestning.

Att med precision bedöma antalet omkomna vid denna typ av händelse är mycket svårt, varför ingen ansats görs för att uttrycka antalet omkomna i absoluta tal. Aktuell planstruktur som innebär att ytor utomhus mellan riskkälla och planerade byggnader utformas för att ej uppmuntra till stadigvarande vistelse begränsar vidare skadepotentialen. Sett till aktuell byggnads storlek som har kapacitet att inrymma ca 1800 människor är emellertid bedömningen att skadeutbredningen kan bli tämligen omfattande om inga säkerhetshöjande åtgärder vidtas för att skydda människor inomhus vid händelse av analyserade explosionsscenarioer.

Med hänsyn till sannolikheten för uppkomst av redogjorda skadehändelser kan konstateras att riskbidraget från LNG-transporter ej kan uteslutas föranleda risknivåer inom det högre ALARP-området om inga säkerhetshöjande åtgärder vidtas för att skydda människor inomhus. Oacceptabla risknivåer är ej att förväntas. Primärt är det riskbidraget från gasmolnsexplosion som är riskstyrande. Sannolikheten för uppkomst av BLEVE är så pass låg att riskbidraget är tämligen litet.

A.6. Slutsatser och rekommendationer

Med hänsyn till byggnadens storlek och placering i förhållande till Norra Länken bedöms riskerna förknippad med LNG transporter på Norra Länken ge upphov till risknivåer inom det högre ALARP-området om inga säkerhetshöjande åtgärder vidtas för att skydda människor inom planerad byggnad. Oacceptabla risknivåer är ej att förväntas.

Som förslag på riskreducerande åtgärd rekommenderas byggnadens fasad som vetter mot Norra Länken att utformas "tät"⁴ för att motstå redogjorda karakteristiska tryck och impulstätheter förknippade med analyserade explosionsscenarioer. Med "tät" fasad syftas här på en fasad som är utformad på ett sådant sätt att den förhindrar stötvågslasten från att tränga in i byggnaden. Detta innebär att såväl fasadelement som eventuell fönsterrutor ska klara av att motstå de dimensionerande lastfallen utan att gå sönder. Mot bakgrund av åskådliggjorda lastfall innebär detta att glaspartier (inklusive dess infästning) i fasad behöver utformas explosionsresistenta, exempelvis i klass ER1 enligt EN 13541 eller motsvarande som säkerställer likvärdigt skydd.

Förutom ökat skydd mot explosionslast så medför en "tät" fasad även ett ökat skydd gentemot brand och förekomsten av efterföljande eldskott vid händelse av gasexplosion eller BLEVE. Vid händelse att en explosion inträffar på Norra Länken så är det också rimligt att anta att en brand uppstår i samband med detta. Fasadens brandskyddande effekt kommer få en kraftfullt nedsatt skyddsverkan om hela/stora delar av denna (dvs. fönsterrutor) fallerar på grund av en tidigare inträffad explosion. Av denna anledning fås även ett ökat brandskydd för byggnaden om fasaden utförs som "tät". Via att tillskapa en "tät" fasad elimineras många av osäkerheterna förknippade med bedömning av antalet omkomna inomhus.

⁴ Med "tät" fasad syftas här på en fasad som är utformad på ett sådant sätt att den förhindrar stötvågslasten från att tränga in i byggnaden. Detta innebär att såväl fasadelement som eventuell fönsterrutor klarar av att motstå de laster som en explosion innebär utan att gå sönder. Ett visst tryckgenomsläpp och lokala splitterutkast från fönster bedöms dock vara acceptabelt.

En byggnad nära Essingeleden som utformas med en "tät" fasad får flera fördelar:

- Stötvågslasten kommer enbart belasta byggnadens fasad, vilket innebär att potentiella skador på bärande konstruktionsdelar inne i byggnaden effektivt förhindras.
- Glasrutor kastas inte in på människor i byggnaden, ingen risk för invändig omkullvältning eller ras av lättare byggnadsdelar.
- Med intakta glasrutor förbättras skyddet mot värmestrålning, från en efterföljande brand eller eldklot, betänkligt.

Tillsammans medför dessa effekter att några dödsfall inomhus inte är att förvänta för de dimensionerande explosionslastfallen. Via att utforma fasaden i obrännbart material minimeras vidare brandspridningsrisken till byggnaden.

Inarbetas rekommenderat skydd säkerställs att detaljplanens samhällsrisksbidrag effektivt minimeras samt att risknivåerna blir okänsliga mot en eventuell ökning av transporter med brandfarliga gaser i framtiden. Skyddet säkerställer att detaljplanen inte påverkar Energihamnens framtida utvecklingsmöjligheter utifrån ett riskperspektiv.

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.

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.

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 strålande ytan. I försök med mindre pölbränder (diameter på 2-3 meter) uppmättes strålningen till ca 130 kW/m². Den emitterade strålningen från mindre pölbränder blir dock förhållandevis liten, med hänsyn till den betydligt mindre synfaktor som erhålls i beräkningar. Således är det inte av intresse att analysera mindre pölbränder.

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

B.5. Synfaktor (Φ)

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

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

Där A_f är den brinnande ytan och utgörs av pölstorleken.

Rektangelns höjd bestäms utifrån flamhöjden och beräknas med följande uttryck:

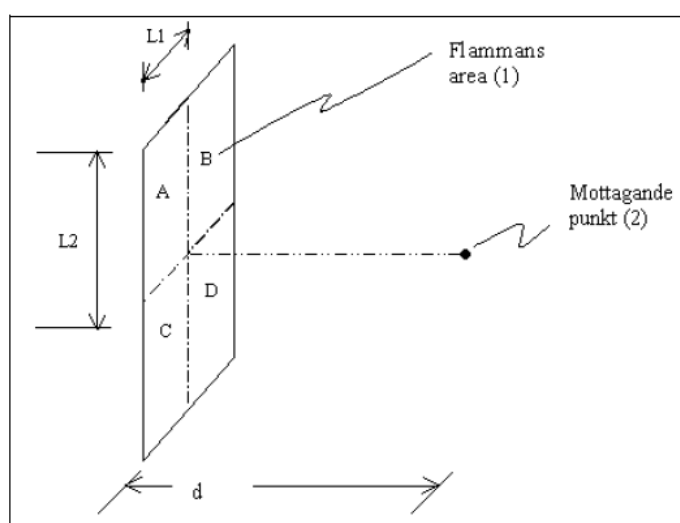
$$H_f = 0.23 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1.02D$$

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

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

För bensin är förbränningshastighet (\dot{m}'') 0.055 kg/m²s, förbränningsvärme (ΔH_c) 43.7 MJ/kg och förbränningseffektiviteten (χ) 0.7 [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 17.



Figur 17. Synfaktor

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

B.6. Beräkningsresultat

Den infallande strålningsintensiteten 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/m²) från branden och Φ är den maximala synfaktorn.

Infallande strålningsintensitet 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 strålningsskydd som aktuell barriär ger upphov till. Förenklat (utan hänsyn till att majoriteten av den utsända strålningen sker från den nedre delen av flamman) kan sägas att barriären om ca 6 meter kommer att reducera den potentiella strålade ytan motsvarande flamhöjden (H_f) minus 6 meter.

Infallande strålningsintensitet på olika avstånd till branden med hänsyn till trågets strålningsdämpade 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 avseende infallande strålningsnivå på planerad byggnads södra fasad som vetter mot Norra Länken har genomförts för att bestämma hur brandskyddet ska utformas med hänsyn till risken för olycka involverande farligt gods ADR-S klass 3. Infallande strålning är beräknat för den punkt på fasaden som utsätts för högst strålning, dvs. vinkelrätt från flammans centrum. Att sticklågor från en pölbrand skulle nå fasad på detta avstånd bedöms inte vara troligt.

För det dimensionerande scenariot (pölstorlek om 100 m²) påvisar beräkningarna att trågets strålningsdämpande funktion innebär en reduktion av den infallande strålningsnivån om ca 33 %. Med hänsyn till trågets strålningsdämpande funktion beräknas den infallande strålningen mot fasad på ett avstånd 25 meter bort från körbanan till ca 3,5 kW/m² för det dimensionerande brandscenariot (pölstorlek om 100 m², med en utsänd strålning om 60 kW/m²).

I beräkningar har ingen hänsyn tagits till vindpåverkan, som vid ofördelaktig vind skulle kunna medföra att flammen tilar mot byggnaden. Med hänsyn till att den naturliga barriären förväntas minimera vindens potentiella påverkan på flammen samt den goda säkerhetsmarginalen som finns mellan beräknad infallande strålning på fasad och gränsvärdet för acceptabel strålningsnivå (15 kW/m²) i enlighet med utförd känslighetsanalys bedöms inte en ofördelaktig vindriktning påverka slutsatserna av beräkningsresultaten.

Slutsatsen är att rådande säkerhetsavstånd om 25 meter i kombination med barriärens strålningsdämpande funktion medföra ett tillfredställande skydd avseende risken för brandspridning i händelse av pölbrand till följd av en olycka involverande farligt gods ADR-S klass 3 på Norra Länken. Resultaten påvisar att glaspartier i fasad inte behöver utföras i brandteknisk klass för att säkerställa ett tillfredställande skydd mot brandspridning.

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 och laminerat glas har påvisats kunna tåla en värmepåverkan om ca 20 kW/m² [6 & 7]. Sett till att den förväntade infallande strålningen mot fasad uppgår till ca 3,5 kW/m² för det dimensionerade brandscenariot samt med hänsyn till resultaten av utförd känslighetsanalys är bedömningen att glaspartier i fasad kan utformas utan särskild hänsyn till brandmotstånd.

Med hänsyn till glaspartiernas strålningsreducerande effekt förväntas strålningsdoserna mot människor direkt innanför fasad understiga 2,5 kW/m². Belysta strålningsnivåer indikerar att människor direkt inför fasad kan förväntas utrymma på ett betryggande sätt. Bedömningen görs mot bakgrund av acceptanskriterier i BBRAD, som tydliggör att 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. För att säkerställa möjligheterna till en trygg utrymning krävs vidare att byggnaden utförs med en alternativ utrymningsväg som mynnar åt sida bort från Norra Länken, detta för att säkerställa att utrymmande kan ta sig till det fria på ett betryggande avstånd från en pölbrand på transportleden.

Aktuell byggnad ska utföras med högt sittande friskluftsintag med detektor för brandgas som vid larm automatiskt stänger av ventilationssystemet. En sådan åtgärd medför ett effektivt skydd mot brandgasspridning in i byggnaden via ventilationssystemet vid händelse av en pölbrand på Norra Länken och kräver ingen medverkan från Brandförsvaret.

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.