

Risikanalyser transporter av farligt gods m.m.

Inför detaljplan Nybohovsskolan

Kv. Pytsen 1, Pytsen 2 och delar av Liljeholmen 1:1

Risikanalyser avseende transporter av farligt gods

Status

Utgåva

Datum

Preliminär

2

2020-01-15

Uppdragsbeteckning

4105,178

Handlingsbeteckning

FT8-01

Skapad

2017-12-15

Sidor

47

Uppdragsansvarig

Martina Ardenmark

E-post uppdagsansvarig

martina.ardenmark@firetech.se

Handläggare

Mårten Markselius

E-post handläggare

marten.markselius@firetech.se

Handläggare

Fabian Ardin

E-post handläggare

fabian.ardin@firetech.se

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4105,178	FT8-01	2017-12-15	2020-01-15	2	2 (47)

1	ALLMÄNT	4
1.1	Bakgrund	4
1.2	Syfte och mål	4
1.3	Avgränsningar	4
1.4	Uppdragsgivare	4
1.5	Utgåva	4
1.6	Metod	4
2	RISKHÄNSYN I DEN FYSISKA PLANERINGEN	6
2.1	Planläggning vid transportleder för farligt gods	6
2.2	Kriterier för riskvärdering	7
2.3	Principer för riskvärdering	9
3	OMRÅDESBESKRIVNING	10
3.1	Beskrivning av planområdet	10
3.2	Beskrivning av omgivningen	11
3.3	Meteorologisk data	12
4	RISKINVENTERING	13
4.1	Transporter av farligt gods	14
4.2	Nybodadepån	19
4.3	Sammanfattning riskinventering	21
5	KVANTITATIV RISKANALYS	22
5.1	Resultat individrisk	22
5.2	Resultat samhällsrisk	22
5.3	Osäkerheter	23
6	RISKVÄRDERING	24
6.1	Individrisk	24
6.2	Samhällsrisk	24
6.3	Samlad riskvärdering	25
7	REKOMMENDATIONER OCH ÅTGÄRDER	26
7.1	Överväganden för åtgärder	26
7.2	Rekommendationer för ny detaljplan	26
8	SLUTSATS	27
9	REFERENSER	28
BILAGA A	FREKVENNS OCH SANNOLIKHETSBERÄKNING	30
A.1	Frekvens för farligt gods olycka på Essingeleden	30
A.2	Scenarier för konsekvensberäkningar	40
BILAGA B	KONSEKVENSBERÄKNINGAR	41
B.1	Beräkning av individrisk	41
B.2	Beräkning av samhällsrisk	41
B.2	ADR Klass 1 – Olycka med explosiva ämnen	43
B.2	ADR Klass 2.1 – Olycka med brandfarlig gas	44
B.3	ADR klass 2.3 – Olycka med giftig gas	45
B.3	ADR klass 3 – Olycka med brandfarlig vätska	46
B.4	ADR klass 5 - Olycka med oxiderande ämnen	46
B.4	ADR klass 8 - Olycka med frätande ämnen	47

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4105,178	FT8-01	2017-12-15	2020-01-15	2	3 (47)

REVIDERINGAR

Utg.	Status	Revidering	Datum	Utförd av
1	PH	-	2017-12-15	Mårten Markelius, Fabian Ardin
2	PH	Uppdatera underlag	2020-01-15	Magnus Björk

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	
4105,178	FT8-01	
Status	Skapad	Sida
Preliminär	2017-12-15	4 (47)
Signatur	Datum	Utgåva
Mårten Markselius Fabian Ardin Magnus Björk	2020-01-15	2
Innehåll	Riskanalys avseende farligt gods m.m. inför detaljplan Nybohovsskolan	

1 Allmänt

1.1 Bakgrund

En ny detaljplan är under framtagande för området vid kv. Pytsen 1 och 2 samt del av Liljeholmen 1:1 i stadsdelen Liljeholmen, Stockholm. Den nya detaljplanen ska skapa förutsättningar för en utökad kapacitet för skolverksamhet på kv. Pytsen 1 genom fler skolbyggnader på ett större område. Väster om skolan löper Essingeleden (E4/E20) som är utpekad som en primär väg för farligt gods enligt Länsstyrelsen i Stockholms Läns kungörelse [1]. Söder om planområdet är Nybodadepån belägen, vilken tillhör Storstockholms lokaltrafik.

SISAB har givit FireTech Engineering AB i uppdrag att genomföra en riskanalys för att utreda förutsättningar för en ny detaljplan och lämplighet avseende planerad bebyggelse på området.

1.2 Syfte och mål

Syftet är att föreliggande riskanalys ska kunna tjäna som beslutsunderlag vid genomförande och antagande av detaljplan för området. Vidare är syftet att utreda om bebyggelse på planområdet är lämpligt samt vilka krav som i så fall bör ställas på bebyggelse inom området.

Målet är att ge tydliga riktlinjer för det fortsatta arbetet.

1.3 Avgränsningar

Denna riskanalys behandlar enbart personsäkerheten för människor som vistas i området. Enbart risker förknippade med transporter av farligt gods och förekomst av farliga ämnen i närområdet har beaktats i denna analys.

Risker från övriga verksamheter beaktas ej. Långvariga effekter på människors hälsa beaktas inte och inte heller miljöeffekter beaktas (exempelvis buller och markföroreningar).

1.4 Uppdragsgivare

Uppdragsgivare för detta dokument är SISAB.

1.5 Utgåva

Detta dokument utgör en andra utgåva. Förändringar i förhållande till förgående utgåva har markerats i högermarginalen.

1.6 Metod

Genomförande av riskanalysen inleds med en kartläggning och beskrivning av planområdet och det övriga närområdet. Detta redovisas i kapitel 3.

Vidare genomförs en riskidentifiering baserat på vägens och områdets förutsättningar. Utredning av förväntad olycksfrekvens på vägen samt fördelning av farligt gods-typ görs i tre steg.

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4105,178	FT8-01	2017-12-15	2020-01-15	2	5 (47)

Nationell statistik används för att uppskatta förväntat trafikflöde av fordon avsedda för farligt gods. Vidare kombineras nationell fördelning samt förväntat trafikflöde av farligt gods med en analys av olycksstatistik på vägen för att uppskatta olycksfrekvens. Beräkningar av olycksfrekvenser redovisas i bilaga A. Konsekvensberäkningar vid olyckor som medför utsläpp av farligt gods utförs och finns redovisat i bilaga B.

Utifrån beräknade frekvenser och konsekvenser beräknas risknivåer i form av individrisk och samhällsrisk. Resultat redovisas i kapitel 5.

Riskvärdering gentemot DNVs kriterier redovisas i kapitel 6.

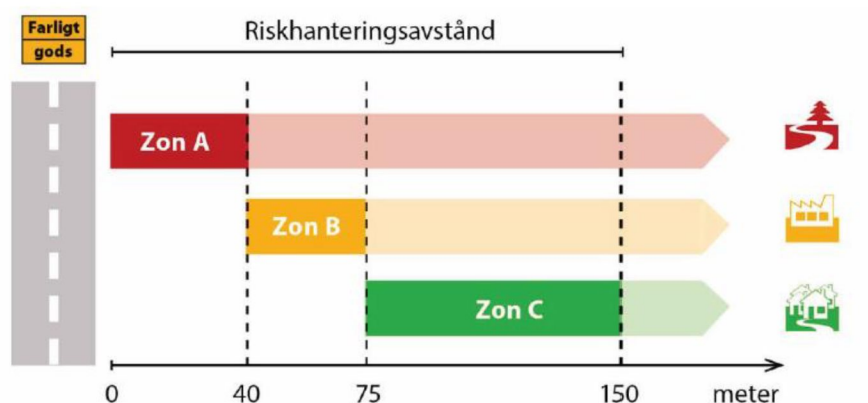
Slutligen utarbetas rekommendationer och alternativ för riskreducerande åtgärder utifrån riskens storlek och genomförd riskvärdering. Dessa presenteras i kapitel 7.

2 Riskhänsyn i den fysiska planeringen

Enligt plan- och bygglagen ska planläggning ske så att bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till människors hälsa och säkerhet och risken för olyckor.

2.1 Planläggning vid transportleder för farligt gods

I Länsstyrelsen Stockholms riktlinjer för planläggning intill transportleder där det transporteras farligt gods anges att riskerna ska beaktas inom 150 meter från väg och järnväg där det transporteras farligt gods. I riktlinjerna anges också rekommenderade skyddsavstånd till olika typer av markanvändning från väg och järnväg där farligt gods transporteras. Används respektive markanvändning inom respektive zon anser Länsstyrelsen Stockholm att en god samhällsplanering uppnås. Avsteg från dessa rekommendationer kan vara möjligt, men bebyggelsens lämplighet behöver i så fall visas med hjälp av en riskutredning. I Figur 1 nedan återges vilken markanvändning som Länsstyrelsen Stockholm rekommenderar för olika avstånd från väg [2].



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

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

Figur 1. Skyddsavstånd från transportleder för farligt gods som normalt kan godtas för olika typer av verksamheter. Från Länsstyrelsen Stockholms riktlinjer. [2]

Det anges i [2] att Länsstyrelsen Stockholm anser att skyddsavstånd generellt är att föredra framför andra åtgärder, samt att vid korta skyddsavstånd lägger Länsstyrelsen större vikt vid eventuella konsekvenser av en olycka med farligt gods än sannolikheten för att en olycka ska inträffa.

Intill primära transportleder för farligt gods anger Länsstyrelsen att det ska finnas ett bebyggelsefritt skyddsavstånd på minst 25 meter. Vidare anger Länsstyrelsen Stockholm att bebyggelse av typen som tillhör zon C ska mellan 25-30 meter från en primär transportled alltid som minst utformas med:

- glas i brandteknisk klass EW30,

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4105,178	FT8-01	2017-12-15	2020-01-15	2	7 (47)

- fasader utförda i obrännbart material alternativt brandteknisk klass EI30,
- friskluftsintag riktade bort från vägen, och
- möjlighet att utrymma bort från vägen på ett säkert sätt.

Syftet med en riskanalys är att utreda lämpligheten i bebyggelsen, samt vilka åtgärder som kan krävas utöver dessa minimikrav för att uppnå en acceptabel risknivå.

2.2 Kriterier för riskvärdering

Risk betraktas i denna riskanalys som en sammanvägning av sannolikhet (händelsefrekvens) och konsekvens. Med konsekvens avses konsekvenserna av en oönskad händelse eller olägenhet. Med händelsefrekvens avses ett mått eller uppskattning på hur ofta denna händelse förväntas inträffa. I värderingen används begreppen individrisk och samhällsrisk.

Med individrisk menas den risk som en enskild individ utsätts för när den vistas på en viss plats. Konsekvensen bedöms utifrån hur en enskild individ kan antas drabbas av en händelse.

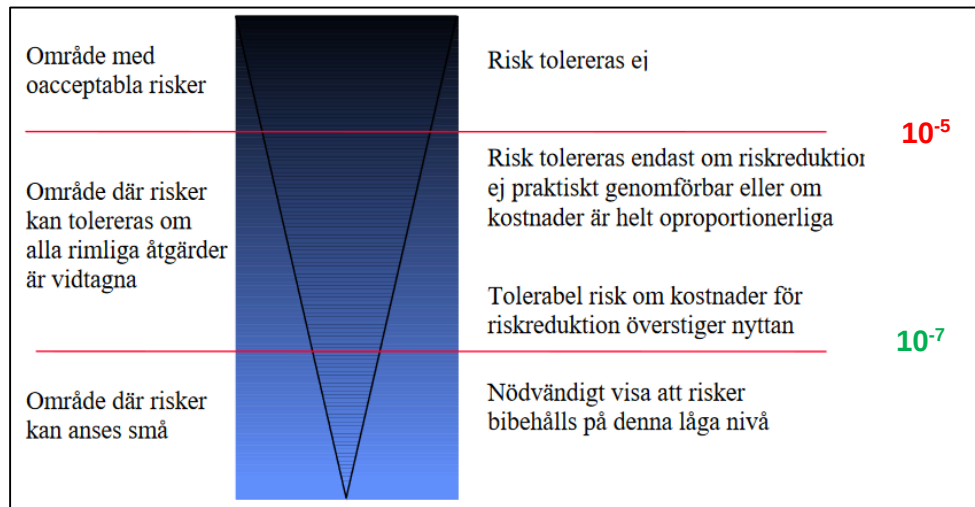
Med samhällsrisk menas den risk som alla personer i ett område utsätts för och konsekvenserna bedöms utifrån hur många personer som kan antas drabbas av en händelse. Samhällsrisk ökar alltså om befolkningstätheten i området ökar. Samhällsrisk beaktar därmed området som helhet, och inte enskilda verksamheter eller individer.

Acceptanskriterier för individrisk är 10^{-7} (per år) som undre gräns (dvs. då risker kan anses små) och 10^{-5} (per år) som övre gräns (dvs. risker är oacceptabelt höga). [3]

För jämförelse innebär individrisken 10^{-5} att sannolikheten att omkomma är 1 på 100 000 år och individrisken 10^{-7} att sannolikheten att omkomma är 1 på 10 000 000 år.

Mellan dessa finns ett område där risker kan tolereras om rimliga åtgärder vidtas. Se även Figur 2 nedan.

Då individrisk utgör den risk som en person i en viss punkt kontinuerligt utsätts för påverkas denna parameter ej av typ av verksamhet eller personstäthet i området.

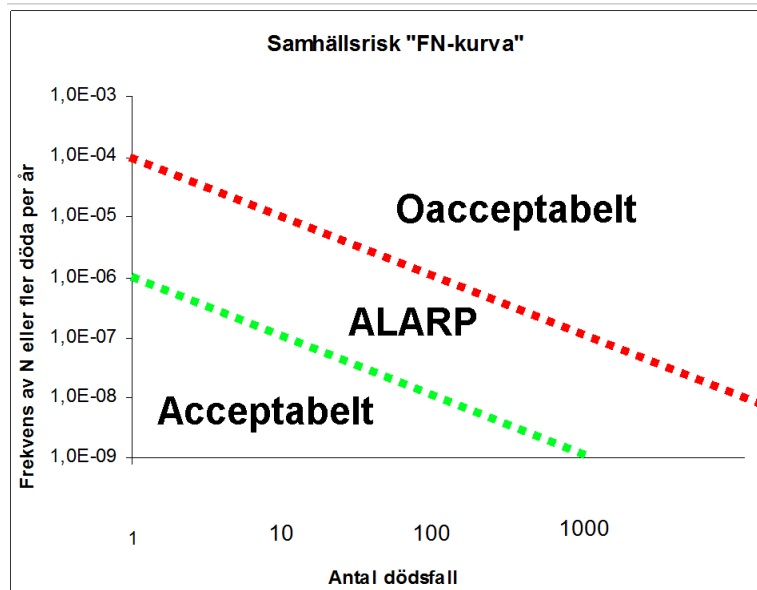


Figur 2. Förslag på uppbyggnad av kriterium för värdering av risk. Risknivåer 10^{-5} och 10^{-7} motsvarar individrisk enligt DNV:s rekommendationer. Bakgrundsbild är återgiven från [3].

Samhällsrisk presenteras ofta i en s.k. "FN-kurva". "FN-kurvan" redovisar sambandet mellan sannolikheten för att en olycka skall inträffa och antalet omkomna som en konsekvens av denna olycka. Mer specifikt anges antalet döda N på x-axeln och frekvens per år som minst detta antal uppskattas omkomma på x-axeln.

I Figur 3 nedan presenteras kriterier för riskvärdering enligt DNV. Det område som är beläget mellan de båda begränsningslinjerna för oacceptabel risk (markerat med rött streck) och för låg (acceptabel) risk (markerat med grönt streck) benämns "ALARP" (As Low As Reasonably Practicable). Området anger ett intervall inom vilket kostnad/nyttovärdering eller annan optimering bör användas för att sträva efter att ytterligare sänka risknivån. Då samhällsrisk beror på antalet personer inom området som påverkas av en risk så finns en direkt koppling mellan samhällsriskens typ av verksamhet och befolkningstäthet/personstäthet.

För en mer detaljerad beskrivning hänvisas till [3].



Figur 3. Acceptanskriterier för samhällsrisk.

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4105,178	FT8-01	2017-12-15	2020-01-15	2	9 (47)

2.3

Principer för riskvärdering

I [3] anges fyra principer vilka brukar hänvisas till och beaktas vid värdering av risker. Dessa fyra principer förklaras kortfattat nedan.

1. Rimlighetsprincipen

Risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras bör alltid åtgärdas, oavsett risknivå.

2. Proportionalitetsprincipen

Den totala risken från en verksamhet bör stå i proportion mot tillförd nytta.

3. Fördelningsprincipen

Risker bör vara skäligt fördelade, enskilda personer och grupper ska inte utsättas för oproportionerligt stora risker i relationen till den nytta verksamheten medför för dem.

4. Principen om undvikande av katastrofer

Risker bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser än i katastrofer med omfattande konsekvenser.

För en mer detaljerad beskrivning hänvisas till [3].

3 Områdesbeskrivning

3.1 Beskrivning av planområdet

Planområdets ungefärliga läge och utbredning redovisas i Figur 4 nedan. I nuläget är området tills stora delar bevuxet med vegetation och bebyggt med en skolbyggnad (Nybohovskolan) i en till två våningar. Nord och nordost om området finns bostadsområden och Liljeholmens tunnelbanestation.

Åt väster sträcker sig Essingeleden (väg E4/E20) och en påfart till Essingeleden från Hägerstensvägen (Hägerstenspåfarten). I söder sträcker sig Hägerstensvägen och omedelbart söder om Hägerstensvägen är Nybodadeplan belägen.



Figur 4. Ungefärligt läge för det aktuella planområdet. Återgiven från [4].

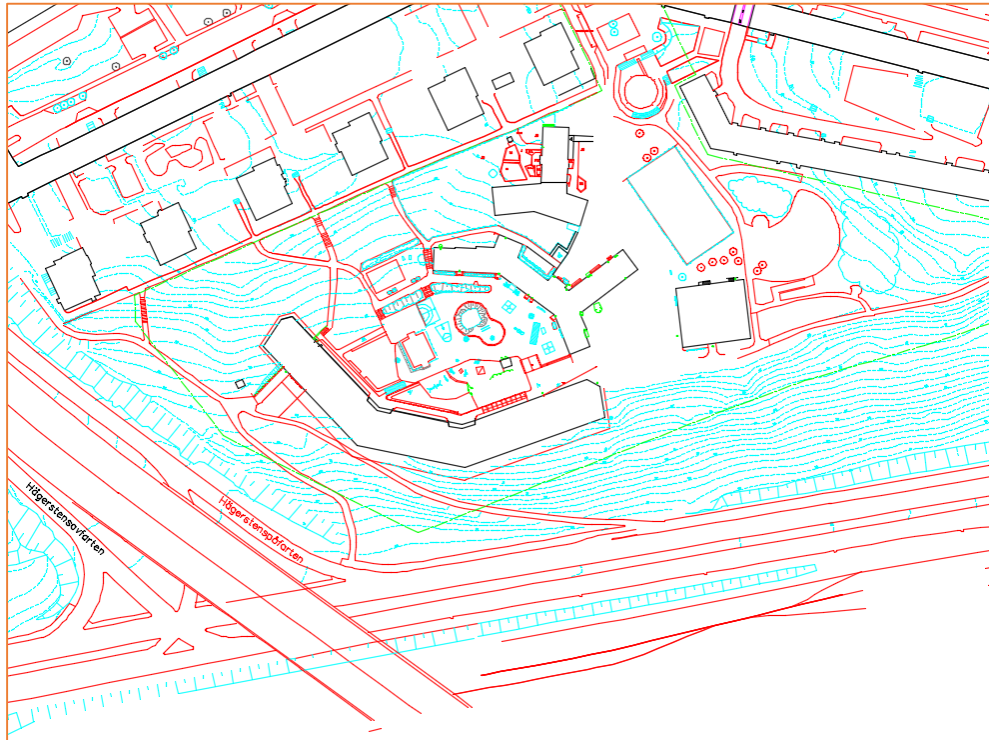


Figur 5. Flygfoto som åskådliggör ungefärligt läge för det aktuella planområdet. Återgiven från [4].

Planområdet sluttar från bostadsbebyggelsen (dvs från nordost mot sydväst) och mot Hägerstensvägen och Essingeleden. Höjdskillnaden mellan planområdet och Hägerstensvägen/Hägerstenspåfarten är omkring 10 meter.

Essingeleden sträcker sig förbi planområdet på en viadukt, vilken ungefärligen är belägen på samma höjd som planområdets avgränsning mot Essingeleden.

SISAB planerar att utöka kapaciteten för Nybohovskolan med ytterligare skolbyggnader i riktning mot Essingeleden. Kapaciteten ska utökas från dagens 174 elever till 900 elever. I nuläget finns ett flertal förslag på hur byggnaderna ska planeras inom området, samtliga förslag omfattar åtminstone en ny, större huskropp med placering ungefär enligt **Fel! Hittar inte referenskälla.** nedan.



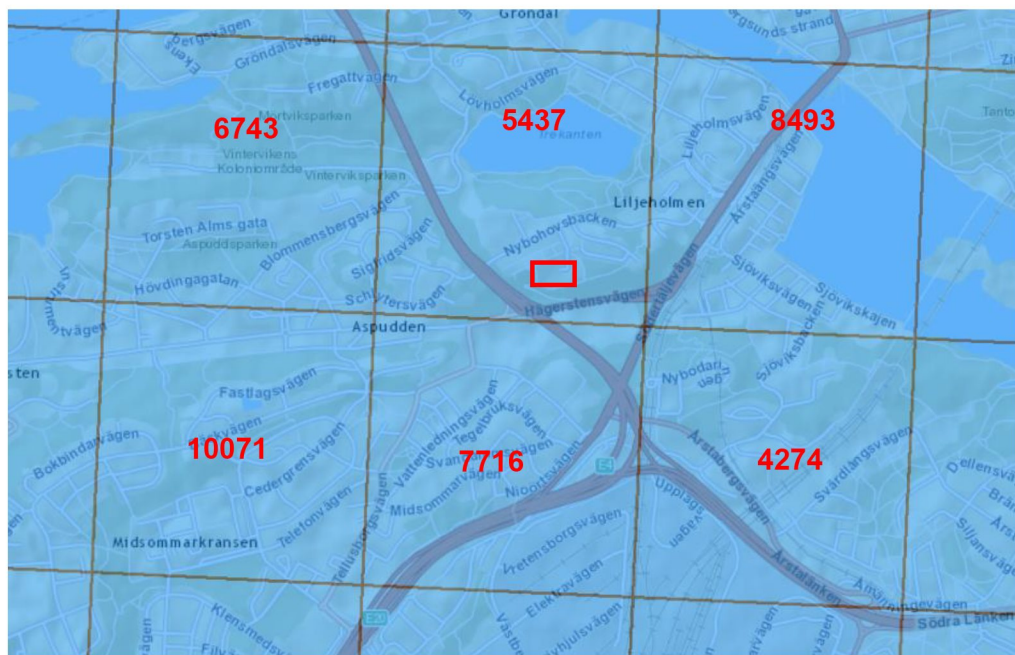
Figur 6. Föreslagen placering av ny skolbyggnad, samt befintlig skola och ombyggd förskola.

Beskrivning av omgivningen

Denna analys omfattar primärt området som omfattas av detaljplan. För att göra en sammantagen bedömning avseende områdets samhällsrisk ska dock, i enlighet med Länsstyrelsens rekommendationer, en 1 km lång sträcka beaktas. Det är också av relevans att inhämta data avseende befolkningstätheten i närområdet.

Planområdet är beläget i centrala Stockholm i tätbefolkat område. Liljeholmen är belägen norr om planområdet, Hägersten väster om området, Årsta öster om området och Älvsjö söder om området.

Befolkningstätheten i området åskådliggörs i Figur 7. Data är inhämtad från SCB:s öppna geodata där statistik för folkbokförda per kvadratkilometer för hela landet finns att inhämta som kartdata.



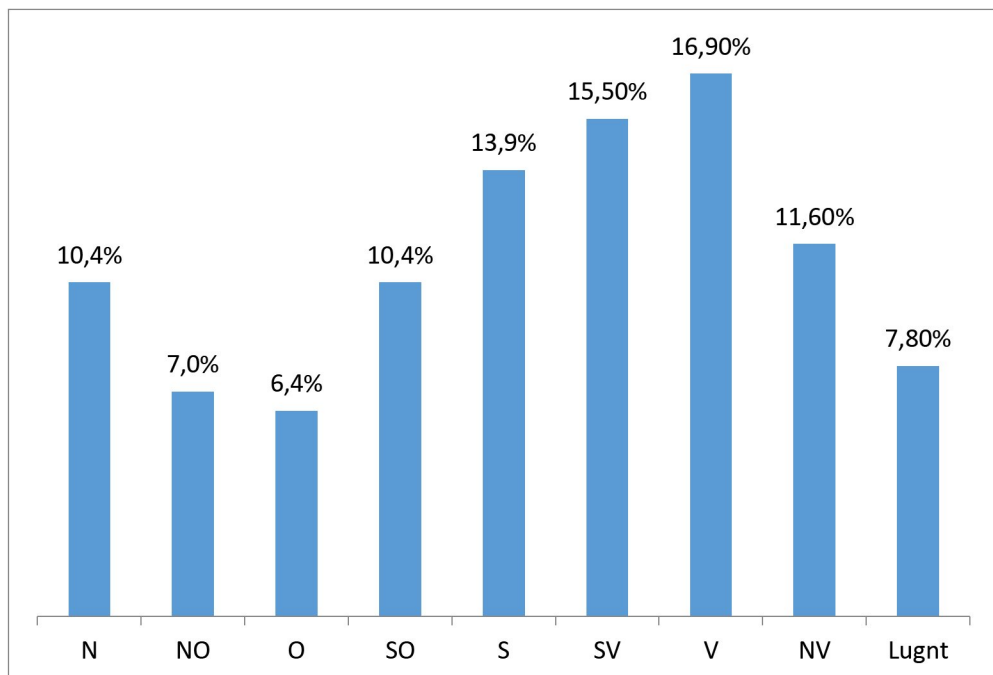
Figur 7. Befolkningstäthet för planområdets omgivning. Varje ruta utgör en kvadratkilometer och siffrorna i figuren redovisar därmed befolkningstäthet per km². Planområdets ungefärliga läge har markerats med en röd rektangel. Källa: [5]

I huvudsak utgörs bebyggelsen i Essingeledens närhet av bostäder men ett flertal skolor har också identifierats.

3.2

Meteorologisk data

Vinddata har inhämtats från mätstationen vid Bromma flygplats belägen cirka 6 kilometer nordväst om planområdet. Dessa data bedöms vara representativ även för aktuellt område.



4 Riskinventering

En riskinventering har genomförts för att kartlägga förekomst av riskkällor i närområdet som kan påverka planområdet till följd av förekomst av farliga ämnen etc.

Följande riskkällor har identifierats i området:

1. Transporter av farligt gods på Essingeleden. Essingeleden är en hårt trafikerad väg och en primär transportled för transporter av farligt gods. Förekomst av farligt gods på Essingeleden kan därför förväntas vara frekvent och en stor variation av transporterade ämnen kan förväntas. Denna riskkälla ska analyseras vidare.
2. Transporter av farligt gods på Hägerstensvägen. Hägerstensvägen utgör inte en utpekad led för farligt gods. Hägerstensvägen har dock en påfart till Essingeleden i närheten av planområdet (Hägerstenspåfarten) och transporter med farligt gods från närområdet kan därför förväntas förekomma på dessa vägar. Denna riskkälla ska analyseras vidare.
3. Nybodadeplan söder om planområdet. Anläggningen utgör plats för uppställning och underhåll av bussar och tunnelbanetåg som ingår i Storstockholms Lokaltrafik. Denna riskkälla ska analyseras vidare.
4. Bensinstation cirka 300 meter sydväst om planområdet. Bensin, diesel, etanol och fordonsgas finns på bensinstationen. Avståndet bedöms vara så långt att riskbidraget till planområdet är att betrakta som försumbart. Denna riskkälla analyseras inte vidare.
5. Miljöfarlig verksamhet (B-anläggningar) på avstånd 800-1000 m åt sydost och nordost från planområdet. Avstånden till dessa verksamheter bedöms vara långt. Dessa riskkällor analyseras inte vidare.
6. Södra stambanan sträcker sig cirka 1 kilometer åt sydost från planområdet. Transporter av farligt gods kan förväntas vara frekvent förekommande. Avståndet är dock sådant att riskbidraget för planområdet bedöms vara försumbart. Denna riskkälla analyseras därför inte vidare.

Riskkällorna benämnda 1-3 ska analyseras vidare och i det följande redovisas en fördjupad beskrivning av respektive riskkälla.

4.1 Transporter av farligt gods

4.1.1 Olyckor med fordon som transporterar farligt gods

I tabellen nedan redovisas generella faror med olika kemikalier uppdelat efter dess ADR-S klass. I tabellen anges även möjliga konsekvenser och de riskavstånd som kan vara aktuella för en grov bedömning av allvarliga skadepåverkan på oskyddade människor ur 3:e persons synvinkel [8]. I avsnitten nedan beskrivs olyckor med dessa ämnen mer fördjupat.

Transportklass (ADR-klass)	Exempel	Dominerande fara	Möjliga konsekvenser i händelse av olycka	Riskavstånd (meter)
1. Explosiva ämnen och föremål	Krut, patroner, nitroglycerin, fyrverkeri	Explosion	Övertryck som kan skada/rasera byggnader, ge upphov till splitter och skada på människor	< 150 m
2.1. Kondenserad brännbar gas	Propan, gasol	Brand, Explosion	Jetflamma - värmestrålning	< 50 m
			Gasmolnexplosion, värmestrålning	0 - 200 m
			Gasmolnexplosion, tryckskador	< 10 m
2.3. Kondenserad giftig gas	Svaveldioxid, ammoniak	Förgiftning	BLEVE	100 – 500 m
			Gasmoln kan ge toxiska effekter. Ämne, tillgänglig mängd, utflöde, atmosfäriska förhållanden och topografi påverkar effektområdet.	100 m till flera kilometer
3. Brandfarliga vätskor	Bensin, diesel, eldningsolja, metanol	Brand	Värmestrålning från pölbrand. Brandspridning.	< 30 - 50
4. Brandfarliga fasta ämnen	Svavel, fosfor, metallpulver	Brand	Värmestrålning. Konsekvenser begränsas till närområdet.	< 30
5. Oxiderande ämne och organiska peroxider	Väteperoxid	Brand, Explosion	Brand - värmestrålning	< 30
			Explosion i händelse av blandning med andra brännbara ämnen	< 150 m
6. Giftiga och smittoförande ämnen	Arsenik-, bly och kvicksilver-salter, bekämpningsmedel	Miljö- och hälsorisker	Toxiska effekter. Konsekvenser begränsas till närområdet.	< 10
7. Radioaktiva ämnen	Radioaktiva ämnen	Strålskador	Konsekvenser begränsas till närområdet.	-
8. Frätande ämnen	Svavelsyra, Natriumhydroxid	Hälsorisker	Dödliga konsekvenser begränsas till närområdet. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.	< 30
9. Övriga farliga ämnen	Magnetiska material, asbest, miljöfarligt avfall	Miljö- och hälsorisker	Hälsorisker. Konsekvenser begränsas till närområdet.	< 10

Tabell 1. Generella faror och möjliga konsekvenser med olika transportklasser av farligt gods [9].

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4105,178	FT8-01	2017-12-15	2020-01-15	2	15 (47)

Olycka med explosiva ämnen, klass 1

Vid transport av massexplosiva ämnen finns risk för explosion som kan orsakas av spontan reaktion, yttre brand eller rörelseenergin som utvecklas av stötar. En explosion antas kunna inträffa dels om olyckan leder till brand i närheten av fordonet och dels om de mekaniska påkänningarna på fordonet blir tillräckligt stora. Då det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras görs bedömningen att det är liten sannolikhet för att olycka vid transport av explosiva ämnen leder till omfattande skador på det transporterade godset på grund av påkänningar.

Farligt gods inom klass 1 delas in i olika riskgrupper (1.1 – 1.6). Det är endast ämnen och föremål inom grupp 1.1 som har risk för massexplosion (en explosion som påverkar så gott som hela mängden samtidigt). För övriga grupper är det mer rimligt att räkna med mindre explosioner av en enskild förpackning eller föremål, eventuellt i följd efter varandra. Vid en eventuell olycka kan händelseförloppet utvecklas mycket snabbt och ge stora konsekvenser. En explosion kan leda till höga tryck i omgivningen och med dödsfall, som direkt följd av tryckvågen.

För explosioner med små mängder (några hundratal kilogram) kan raserade byggnader och dödliga skador inträffa på omkring 40 meter avstånd. För större mängder (storleksordningen ett tiotal ton eller mindre) kan istället konsekvensavståndet bli 100-150 meter för dödliga skador och raserade byggnader. Lindriga skador (glassplitter och trumhinneskador) kan potentiellt inträffa på flera kilometers avstånd för sådana mängder.

Olycka med Brandfarlig gas, klass 2.1

En olycka med en lastbil som transporterar tryckkondenserad brandfarlig gas kan leda till utsläpp av kondenserad brandfarlig gas som i sin tur kan leda till jetbrand, gasmolnexplosion, BLEVE.

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och därefter antänds. Flammans längd beror främst av storleken på hålet i tanken. Konsekvenser som kan uppkomma är brännskador från värmestrålning och brandspridning till närliggande byggnader eller andra objekt. En typisk tank med propan (gasol) där ett hål med diametern 2 cm uppstår under vätskeytan i tanken skulle medföra en jetflamma på omkring 25 m. [9]

Om gasen i ovanstående scenario inte antänds omedelbart uppstår ett brännbart gasmoln. Om gasmolnet antänds i ett tidigt skede är luftinblandningen vanligtvis inte tillräcklig för att en explosion ska inträffa. Förloppet benämns gasmolnsbrand. Om gasmolnet inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den brandfarliga gasen. Vid antändning kan en gasmolnexplosion ske om gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd gas/luft av en viss koncentration. En gasmolnexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit från själva olycksplatsen. Konsekvenser från en gasmolnexplosion där 155 m³ propan involveras har uppskattats i [9]. Explosion kan uppstå där volymer av gas kan bli "inneslutna", exempelvis vid tätt placerade tankar, rörledningar och andra objekt. För vägar med transporter av farligt gods är det framför allt andra fordon som kan tänkas skapa sådana förhållanden. Slutsatsen av exemplet är att allvarliga skador på människor i det fria till följd av det fria begränsas till mindre än 10 meter. Brännskador riskerar dock att uppkomma på människor som befinner sig inom gasmolnet eller nära gasmolnet vid antändning.

BLEVE kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Trycket i tanken stiger och på grund av den inneslutna mängdens expansion kan tanken rämna. Innehållet övergår i gasfas på grund av den höga temperaturen och det lägre trycket utanför och antänds. Vid antändning bildas ett eldklot med stor diameter under avgivande av stor värmestrålning. För att en sådan händelse skulle kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt under en längre tid, till exempel av en brand. Konsekvensområdena kan potentiellt bli mycket omfattande. En tank med 25 ton propan medför att personer inom en radie upp till 500 meter utsätts för kritiska förhållanden till följd av värmestrålning. [9]

Olycka med icke brandfarlig och icke giftig gas, klass 2.2

De risker som icke brandfarliga, icke giftiga gaser utövar på människan är ofta små, men behållaren som de förvaras i kan utgöra en stor risk vid brand. Ett brandutsatt kärl kan alltid ge splitter ifrån sig om det inte har någon form av inbyggd tryckavlastning. Sådana kärl behandlas som andra tryckkärl vid brand med ett riskavstånd på upp till 300 meter. Vid läckage av gas där kärlet ej är värmepåverkat, blir riskavståndet litet. Riskområdet begränsas till det område inom vilket gasen kan tränga undan och sänka syrehalten så att miljön blir skadlig för människor. Detta riskområde bedöms bli mindre än 50 meter utomhus.

Då scenario med yttre brandpåverkan förutsätter närvaron av annat farligt gods anses den medförda risken fångas upp av de övriga scenarierna.

Olycka med kondenserad giftig gas, klass 2.3

Gasen transporteras under tryck i vätskeform och vid utströmning till luft förångas vätskan fort och övergår i gasform. Gaserna är generellt tyngre än luft och sprids därmed längs marken. Gaserna är giftiga vid inandning och kan innebära livsfara vid höga koncentrationer. Konsekvenserna av ett utsläpp beror framförallt av hålstorlek, väderförhållanden, hur giftigt det utsläppta ämnet är och om personer får information om utsläppet och kan stanna inomhus och stänga ventilationen. Konsekvensområdet kan variera mellan något hundratal meter upp till flera kilometer.

Olycka med brandfarlig vätska, klass 3

En olycka som leder till utsläpp av brandfarlig vätska kan medföra att utsläppet antänds och orsakar en brinnande pöl, en så kallad "pölbrand". Antändning av och brand i en sådan pöl medför strålningseffekter, som kan skada oskyddade människor och orsaka brandspridning.

I [9] har konsekvenser av en pölbrand av bensin med storleken 100 m² undersökts. En sådan pölbrand orsakar en flammhöjd på cirka 14 meter. På ett avstånd av 30 meter har infallande strålningsnivå mot personer som vistas i närheten fallit till en sådan nivå att en 10 sekunders exponering inte skulle utsätta dessa för kritiska förhållanden i enlighet med [10].

På 15 meter avstånd är strålningsnivån så hög att brandspridning till föremål och byggnader kan inträffa.

En större pölbrand skulle generera ökade konsekvensavstånd. Generellt kan dock sägas att konsekvenserna begränsas till ett område på cirka 30-50 m från pölbrandens centrum.

Olycka med brandfarliga fasta ämnen, klass 4

Uppdragsbeteckning 4105,178	Dokumentbeteckning FT8-01	Skapad 2017-12-15	Datum 2020-01-15	Utgåva 2	Sida 17 (47)
--------------------------------	------------------------------	----------------------	---------------------	-------------	-----------------

Konsekvenserna av en olycka med brandfarliga fasta ämnen bedöms i huvudsak utgöras av brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna bedöms generellt begränsas till olycksplatsens närområde.

Olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider, klass 5

Oxiderande ämnen kan reagera explosionsartat eller bilda explosiva produkter med vissa organiska ämnen (t ex aceton och etanol).

Oxiderande ämne kan tillsammans med organiska ämnen bli explosiva och konsekvenserna är lika de som sker vid olycka med massexplosivt ämne.

Konsekvensområdena för värmestrålning kan antas bli motsvarande som brand i fasta ämnen och tryckskador kan antas motsvara olycka med massexplosiva ämnen.

Olycka med giftiga och smittsamma ämnen, klass 6

En olycka med giftiga och smittsamma ämnen medför normalt ej risk för personskador. En skada förutsätter i princip att man kommer i direkt kontakt med ämnet. Konsekvensområdet kan därför antas begränsas till olyckans omedelbara närhet.

Olycka med radioaktiva ämnen, klass 7

Utsläpp av radioaktiva ämnen medför normalt inga akuta skador. Dessutom är transporter sällsynta och det vidtas mycket omfattande säkerhetsåtgärder vid transport av radioaktiva ämnen.

Olycka med frätande ämnen, klass 8

Olycka med frätande ämnen bedöms ge personskador via stänk upp till 20-30 meter från olycksplatsen.

Olycka med övriga farliga ämnen och föremål, klass 9

Sannolikheten för att en olycka med klass 9 ämne ska ge skador på människor bedöms som försumbar.

Olycka med styckegodstransporter som innehåller farligt gods

Styckegodstransporter kan innehålla flera typer av farliga ämnen i olika kombinationer förpackade i mindre kollin. En grundlig redogörelse för olyckor med dessa typer av transporter är därför svår att ge. Generellt kan sägas att olyckor med styckegodstransporter kan ge samma typer av konsekvenser som övriga ADR-klasser. Konsekvenser kan dock förväntas i mindre utsträckning då inte alla kollin nödvändigtvis exponeras samtidigt, samt att mindre mängder per transport kan förväntas.

4.1.2

Essingeleden

Essingeleden utgör en del av E4/E20 och är en starkt trafikerad motorväg som sträcker sig genom Stockholm. Vägen utgör i dagsläget den enda kapacitetsstarka förbindelsen mellan Stockholms södra och norra regionhalvor.

Årsmedelsdygnstrafiken (ÅDT) är ca 130 000 (fordon per dygn) för båda riktningarna vid den aktuella sträckan. Cirka 8 % utgörs av lastbilstrafik (11 000), enligt senaste mätningen från 2016 [10].

Det aktuella vägvägsnittet invid planområdet sträcker sig på en viadukt av betong. Viadukten är omkring 7 meter högre än intilliggande marknivå där Hägerstenspåarten och Hägerstensavfarten sträcker sig.

Det finns fyra körfält i vardera riktning på viadukten och vägen är mötesseparererad med betongelement. Avkörningsskydd (stålräcken) finns i

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4105,178	FT8-01	2017-12-15	2020-01-15	2	18 (47)

viaduktens kant. Hastighetsbegränsningen för den aktuella sträckan är 70 km/h i båda riktningarna.

Körbanan är på grund av viadukten placerad i ungefär samma höjd som aktuellt planområde. Hägerstenspåfarten (belägen mellan planområdet och Essingeleden) är dock belägen på en lägre höjd än Essingeleden och planområdet.

Essingeleden är klassad som en primär transportled för farligt gods. Den utgör också i dagsläget den enda primära transportleden mellan södra och norra Stockholm och den kan därför anses bilda en del av huvudvägnätet för transporter av farligt gods inom och genom Stockholm.

Avstånd mellan planområdet och Essingeledens vägkant uppgår som minst till ca 50 meter. Marken mellan planområdet och vägarna till sydväst är bevuxet med tät vegetation i form av bland annat löv- och barrträd.

För att fastlägga hur stort riskbidrag som transporter av farligt gods på Essingeleden medför för det aktuella planområdet är det nödvändigt att beakta denna riskkälla i en kvantitativ riskanalys.

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4105,178	FT8-01	2017-12-15	2020-01-15	2	19 (47)

4.1.3 Hägerstensvägen och Hägerstenspåfarten

Hägerstensvägen utgör inte en utpekad led för farligt gods. Hägerstensvägen har dock en påfart till Essingeleden i närheten av planområdet och transporter med farligt gods från närområdet kan därför förväntas förekomma på Hägerstensvägen.

Det är i huvudsak transporter med farligt gods till och från närområdet som kan förväntas på Hägerstensvägen och påfarten till Essingeleden. Mot bakgrund av den riskinventering som utförts för närområdet bedöms frekventa transporter i första hand utgöras av brännbara vätskor. Särskilt vid Nybodadepån förvaras större mängder brännbara vätskor i form av diesel, etanol och isopropanol. Se vidare avsnitt 4.2.

Vidare kan också transporter av brännbara vätskor och brännbara gaser till bensinstationer i närområdet samt sporadiska transporter med andra typer av farligt gods förekomma.

Avståndet mellan planområdet och Hägerstensvägen varierar, men uppgår som minst till cirka 30 meter i närheten av Hägerstenspåfarten, se Figur 4. Avståndet mellan påfarten till Essingeleden och planområdet uppgår också till cirka 30 meter.

Marklutningen från planområdet mot Hägerstensvägen och Hägerstenspåfarten är betydande. Av detta följer att planområdet är beläget omkring 10 meter högre än Hägerstensvägen och Hägerstenspåfarten.

Eftersom den huvudsakliga typen av farligt gods på Hägerstensvägen och Hägerstenspåfarten kan förväntas vara brännbara vätskor är det pölbränder som utgör den primära konsekvensen vid olyckor med farligt gods på dessa vägar. Konsekvenserna av sådana olyckor reduceras påtagligt efter omkring 30 meter. Topografin bidrar också till att begränsa konsekvenserna av ett utsläpp då Hägerstensvägen lutar svagt från planområdet och mot Nybodadepån.

Vidare gäller att antalet transporter på dessa vägar i jämförelse med Essingeleden kan förväntas vara litet. Det kan också förväntas vara samma fordon som trafikerar Essingeleden som även trafikerar Hägerstensvägen och Hägerstenspåfarten. Detta medför att beräknade risknivåer till följd av Essingeleden till viss del redan medräknar transporterna på Hägerstensvägen och Hägerstenspåfarten.

Mot bakgrund av resonemangen ovan görs bedömningen att riskbidraget till planområdet från Hägerstensvägen och Hägerstenspåfarten är litet, förutsatt att skolbyggnader uppförs på ett avstånd om minst 25 meter. Med anledning av detta görs ingen särskild kvantifiering av risknivån för planområdet till följd av transporter på Hägerstensvägen och Hägerstenspåfarten.

4.2 Nybodadepån

Söder om planområdet under Hägerstensviadukten är Nybodadepån belägen. Verksamheten har kontaktats för att samla in information om anläggningen samt om vilka typer av farliga ämnen som förekommer på anläggningen.

Anläggningen tillhör Storstockholms Lokaltrafik och utgör ett depåområde med flera större byggnader. Anläggningen nyttjas för uppställning samt underhåll av både tunnelbanevagnar och bussar.

Enligt uppgifter från verksamhetsutövaren förekommer brännbara vätskor enligt följande inomhus i byggnaderna:

Uppdragsbeteckning 4105,178	Dokumentbeteckning FT8-01	Skapad 2017-12-15	Datum 2020-01-15	Utgåva 2	Sida 20 (47)
--------------------------------	------------------------------	----------------------	---------------------	-------------	-----------------

- Isopropanol, Cistern 2,4 m³ och cistern 1,2 m³.
- Diesel, 1-2 fat á 200 liter.
- Spillolja, flera tankar, cirka 8 m³

Utöver brännbara vätskor finns också lösa behållare med gas i form av gasol, acetylen och oxygen inomhus i byggnaderna.

Enligt uppgifter från verksamhetsutövaren förekommer brännbara vätskor enligt följande utomhus vid anläggningen:

- Diesel, Cistern 3 m³.
- Etanol, 3 cisterner á 50 m³
- Miljöbränsle av typen HVO (syntetiskt diesel) och RME (rapsmetylester), bränslecontainer 50 m³ varav 1/3 är brandfarlig vara.

Avståndet mellan cisterner som rymmer etanol utomhus och planområdet är cirka 150 meter. Avstånd till befintlig och planerade byggnader uppgår till omkring 200-300 meter.

Bränslecontainer med HVE och RME är placerad ytterligare 50 meter längre bort.

Cistern med diesel är belägen cirka 100 meter från planområdet och planerad nybyggnation.

Trots att det förekommer relativt stora mängder brännbara vätskor inom anläggningen är skyddsavstånden till planområdet från de enskilda riskkällorna långa.

Mot bakgrund av förekommande ämnen vid Nybodadepån är det i första hand pölbränder med brännbara ämnen och mindre explosioner i gasflaskor, exempelvis till följd av brand, som kan inträffa.

Marklutningen är dock bort från Hägerstensvägen och planområdet är beläget omkring 20 meter högre än anläggningen. Detta medför att det inte finns någon risk att brännbar vätska rinner mot planområdet vid en pölbrand. Giftiga brandgaser kan dock spridas mot skolan vid en eventuell brand.

De topografiska förhållandena samt det faktum att planområdet är beläget på ett sådant avstånd att konsekvenser till följd av värmestrålning och tryckpåverkan vid mindre explosioner eller brand i brännbara vätskor vid anläggningen kan bedömas som försumbara för planområdet.

En brand vid anläggningen kan dock bli långvarig och svårbekämpad till följd av de stora byggnaderna och de stora mängderna brännbara vätskor. Detta kan medföra stora mängder brandgaser som riskerar att dra in över planområdet vid sydlig vind. Detta bedöms utgöra den allvarligaste konsekvensen för skolområdet och sådana scenarier kan göra att skolan behöver utrymmas.

Ett allmänt problem är att i framtiden kan typer och mängder av farliga ämnen på anläggningen komma att förändras. Detta skulle exempelvis kunna inträffa efter beslut om att byta drivmedel för kollektivtrafikfordon. I nuläget finns dock inga sådana kända planer. Skulle detta ändå ske i framtiden finns ett relativt stort skyddsavstånd till planområdet, vilket medför en viss robusthet inför framtida förändringar.

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4105,178	FT8-01	2017-12-15	2020-01-15	2	21 (47)

Mot bakgrund av utförd inventering och resonemangen ovan görs bedömningen att riskbidraget från Nybodadepån är försumbar för planområdet och ingen kvantifiering av risknivån för planområdet till följd av verksamheten vid Nybodadepån genomförs.

4.3 **Sammanfattning riskinventering**

Den genomförda riskinventeringen har visat att en fördjupad, kvantitativ riskanalys behöver genomföras till följd av transporter av farligt gods på Essingeleden.

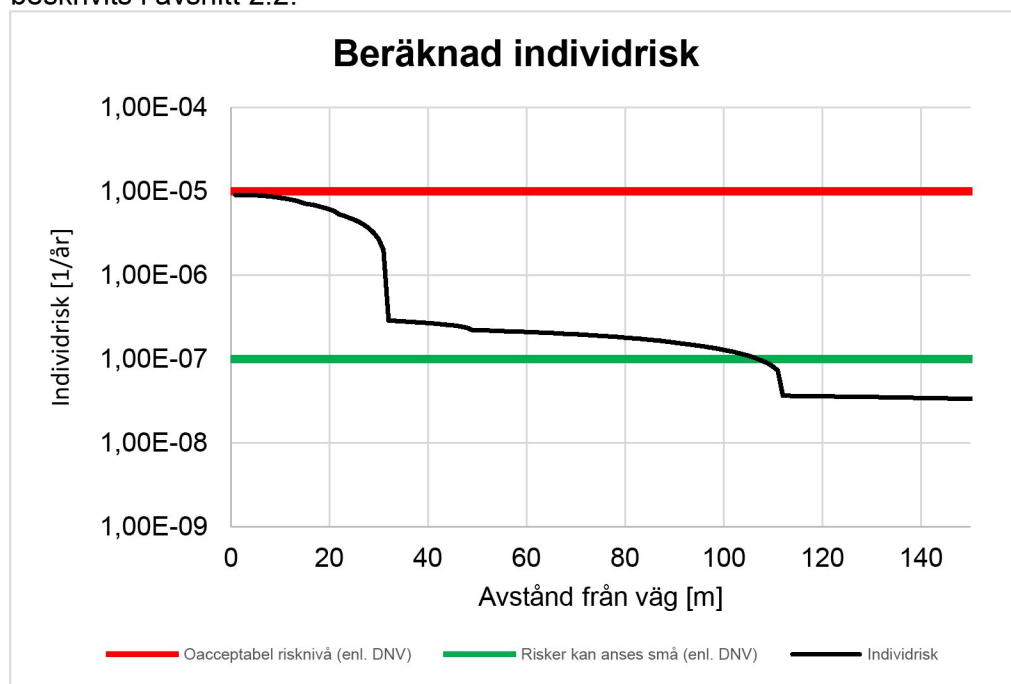
Övriga identifierade riskkällor bedöms dock inte erfordra någon fördjupad kvantitativ analys för att möjliggöra riskvärdering för planområdet.

5 Kvantitativ riskanalys

I detta kapitel redovisas i huvudsak resultaten från den fördjupade kvantitativa analys som genomförts för planområdet till följd av transporter av farligt gods på Essingeleden, antaganden och underlag för beräkningar redovisas i sin helhet i Bilaga A och Bilaga B.

5.1 Resultat individrisk

I Figur 8 nedan redovisas beräknad individrisk som funktion av avstånd från Essingeleden. För jämförelse innebär individrisken 10^{-5} (övre ALARP-gränsen) att sannolikheten att omkomma har beräknats vara 1 på 100 000 år och individrisken 10^{-7} (undre ALARP-gränsen) att sannolikheten att omkomma har beräknats vara 1 på 10 000 000 år. Kriterier för riskvärdering har även beskrivits i avsnitt 2.2.



Figur 8. Beräknade individrisknivåer. Notera att skala på y-axeln är logaritmisk.

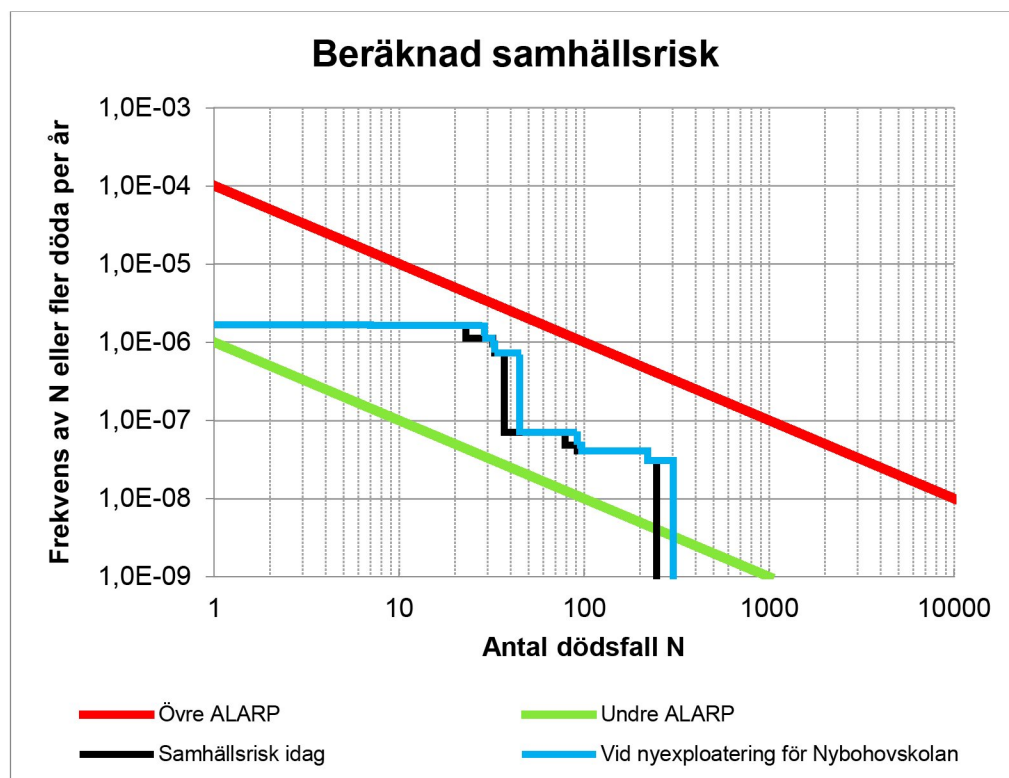
Det kan noteras att individrisken ligger inom ALARP-området till ett avstånd på cirka 110 meter från vägen. Detta innebär att den nya planerade skolbyggnaden samt skolgården till stora delar kommer att ligga inom ALARP-området, dock inom de nedre delarna av detta. Den befintliga skolbyggnaden ligger på ett sådant avstånd att individrisknivån ligger under den gräns där risker kan anses som små.

Det kan också noteras att individrisken avtar påtagligt på ett avstånd av cirka 30 meter från vägen. Anledningen till detta är att en stor del av transportererna på vägen utgörs av brännbara vätskor. Samtidigt har olyckor med de flesta scenarier där utsläpp av sådana typer av farligt gods sker har beräknats begränsas till ett avstånd kortare än detta.

5.2 Resultat samhällsrisk

I Figur 9 nedan redovisas beräknad samhällsrisk för området där nyexploatering planeras för Nybohovskolans räkning. Vid beräkningen av samhällsrisk har en sträcka på 1 km använts och persontätheten hämtats från Figur 7.

Vidare har beräkningarna av samhällsrisk genomförts med antagandet om att det inte vistas några personer inom de 35 meter som är belägna närmast Essingeleden. Detta avstånd har bedömts vara rimligt då det i huvudsak inte finns bebyggelse eller naturliga platser för vistelse intill vägen på ett sådant avstånd.



Figur 9. Beräknad samhällsrisk för dagens läge samt planerad utökning av detaljplaneområdet.

Det kan noteras att beräknad samhällsrisk ligger inom ALARP-området och är relativt hög för området. Detta är en följd av att Essingeleden är trafikerad av mycket farligt gods samtidigt som befolkningstätheten i området är hög.

I Figur 9 redovisas också hur samhällsrisk har beräknats förändras då ny skolbyggnad uppförs och relevanta utökas vid skolan. Samhällsrisk bedöms sammanlagt öka vid en nyexploatering och kapacitetsutökning vid skolan. Det kan noteras i Figur 9 att ökningen kan anses vara relativt liten i förhållande till närområdet som stort.

5.3

Osäkerheter

Risikanalyser är alltid förknippade med osäkerheter. Osäkerheter kan bland annat härledas till modellosäkerheter och parameterosäkerheter. Frekvens- och konsekvensberäkningarna i denna analys är baserade på en rad förenklingar, antaganden och underlag som medför osäkerheter. Resultaten och beräkningarna ska därför ses som uppskattningar och inte exakta resultat.

För att minska osäkerheter som leder till underskattningar av beräknade risknivåer har konservativa antaganden gjorts då begränsat med information funnits. Med anledning av detta görs inte någon omfattande känslighetsanalys för samtliga indataparametrar som legat till grund för frekvens- och konsekvensberäkningarna.

6 Riskvärdering

6.1 Individrisk

Det aktuella planområdet är beläget i ett läge som är riskutsatt, förutom Essingeleden åt sydväst finns Nybodadepån i söder samt Hägerstensvägen där mindre mängder farligt gods kan förväntas. Samtidigt tillhör den planerade verksamheten enligt Länsstyrelsen Stockholms rekommendationer den zon där högst skyddsavstånd rekommenderas (Zon C). Länsstyrelsen Stockholm rekommendation anger dock inga specifika riskreducerande åtgärder som bör krävas på verksamhet av typen skola 50 meter från en farligt gods-led.

Den huvudsakliga riskkällan för planområdet bedöms utgöras av transporter av farligt gods på Essingeleden. Essingeleden utgör en del av det primära vägnätet för transporter av farligt gods och utgör i dagsläget den enda kapacitetsstarka förbindelsen mellan Stockholms södra och norra regionhalvor. Av denna anledning kan stora godsflöden och en stor variation av typer av farligt gods förväntas transporteras på vägen.

Området för skolgård och nya skolbyggnader har dock ett relativt stort skyddsavstånd (minst 50 meter) från Essingeleden. Det relativt stora skyddsavståndet till vägen bedöms utgöra ett gott skydd mot konsekvenserna för huvuddelen av förväntade scenarier som kan uppkomma till följd av olyckor med transporter av farligt gods.

Detta avstånd överskrider förväntade konsekvensavstånd från de olyckor som i högsta grad kan förväntas på vägen (i huvudsak brännbara vätskor). Utöver det har området goda förutsättningar genom marklutning som förhindrar att vätskor kan rinna in mot skolan samt vegetation som kan minska infallande strålning med mera från en potentiell olycka.

Scenarier med konsekvensavstånd över 50 meter utgörs i huvudsak av olyckor med giftiga eller brännbara gaser. Det ska också poängteras att effekter till följd av giftiga brandgaser fortfarande utgör en risk för området, även om strålning till följd av pölbrand och dylikt reduceras på grund av avståndet.

Beräkningarna av individrisknivåer på ett avstånd mellan 50-110 meter från vägen ligger inom ALARP-området, dock i den nedre delen av detta. Detta innebär att kostnad/nyttovärdering eller annan optimering bör användas för att sträva efter att sänka risknivån så långt det är praktiskt och ekonomiskt försvarbart.

Planområdet har också positiva egenskaper som inte återspeglas i beräkningarna av risknivåer då nivåskillnad finns mellan planområdet och riskkällorna (Essingeleden är dock belägen på en viadukt på ungefär samma höjd som ny planerad skolgård). För potentiella olyckor både på Essingeleden, Hägerstensvägen eller Nybodadepån bedöms topografin vara fördelaktig. Tack vare marklutning förväntas avkörning generellt inte leda till att en olycksplats kan förskjutas närmare planområdet. Utöver det finns inga möjligheter att farliga vätskor vid ett utsläpp rinner in mot planområdet.

Sammantaget görs bedömningen att om relevanta riskreducerande åtgärder vidtas är individrisken acceptabel inom planområdet på ett avstånd av minst 50 meter från Essingeleden och 25 meter från Hägerstensvägen.

6.2 Samhällsrisk

Det kan utläsas i Figur 9 att beräknad samhällsrisk ligger inom ALARP-området och är relativt hög för området. Detta är en följd av att Essingeleden

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4105,178	FT8-01	2017-12-15	2020-01-15	2	25 (47)

är trafikerad av mycket farligt gods samtidigt som befolkningstätheten i området är hög.

Den planerade exploateringen ökar samhällsriskerna något eftersom en högre personintensitet i närheten av transportleden medför att fler personer riskerar att påverkas vid ett utsläpp av farligt gods i närområdet. För området som helhet påverkas dock inte samhällsriskerna betydande utan håller sig inom ALARP-området, se Figur 9. En utökad elevkapacitet bedöms därför vara acceptabel vid skolan under förutsättning att relevanta riskreducerande åtgärder vidtas.

Eftersom bebyggelse i närheten i huvudsak utgörs av bostäder kan befolkningstätheten antas vara hög i huvudsak kvällar och nätter. Detta har en utjämnande effekt och utslaget över ett helt dygn anses därmed en utökning av personantalet inom skolan inte öka persontätheten inom området i någon stor utsträckning.

6.3 Samlad riskvärdering

Det aktuella planområdet är beläget i ett riskutsatt läge med Essingeleden sydväst finns Nybodadepån i söder samt Hägerstensvägen där mindre mängder farligt gods kan förväntas.

Samtidigt visar beräknade risknivåer i kombination med områdets förutsättningar i övrigt (topografi m.m.) att planerad bebyggelse är lämplig med hänsyn till risker från transporter av farligt gods och förekomst av farliga ämnen. Detta förutsätter dock att riskreducerande åtgärder vidtas enligt de principer som sammanfattats i avsnitt 2.3.

Rekommendationer och åtgärder som enligt FireTech Engineering AB krävs för att uppnå detta har sammanställts i kapitel 7 nedan.

Uppdragsbeteckning 4105,178	Dokumentbeteckning FT8-01	Skapad 2017-12-15	Datum 2020-01-15	Utgåva 2	Sida 26 (47)
--------------------------------	------------------------------	----------------------	---------------------	-------------	-----------------

7 Rekommendationer och åtgärder

7.1 Överväganden för åtgärder

Åtgärder i avsnitt 7.2 nedan rekommenderas baserat i huvudsak på följande skyddseffekter:

- Minskad strålning. Strålning kan orsaka både brandspridning till byggnad och skada på personer som befinner sig inom eller i närheten av byggnaden.
- Minska den tid och det antal personer som är utsatta för en riskkälla. vars syfte är att begränsa antal personer, och den tid som dessa personer vistas i en miljö där de är utsatta för en förhöjd risknivå.
- Möjlighet för personer att på ett betryggande sätt ta sig till säker plats vid en olycka.
- Reducera konsekvenser från giftiga gaser.

7.2 Rekommendationer för ny detaljplan

För att rekommendationer nedan ska gälla ska följande vara uppfyllt:

- Nya skolbyggnader uppförs med ett avstånd på minst 50 meter från Essingeledens vägkant.
- Nya skolbyggnader uppförs med ett avstånd på minst 25 meter från Hägerstensvägens vägkant.

Vid kortare skyddsavstånd erfordras en reviderad riskbedömning.

För nya byggnader som placeras längre än 75 meter från Essingeledens vägkant behöver riskreducerande åtgärder ej vidtas.

1. Nya byggnader ska uppföras så att de utgör en barriär mellan skolgård och Essingeleden. Mark mellan nya byggnader och Essingeleden ska ej planeras så att den uppmanas till mer än tillfällig vistelse (exempelvis skolgård).
2. Huvuddelen av entréer placeras på den sida av byggnaden som inte vetter mot Essingeleden.
3. För samtliga utrymmen i nya byggnader där personer vistas mer än tillfälligt ska *minst ett* av nedanstående alternativ uppfyllas:
 - Det ska finnas utrymningsvägar som mynnar i det fria på ett avstånd om minst 75 meter från Essingeleden, *eller*
 - Det ska finnas utrymningsvägar som mynnar i det fria i motsats riktning från Essingeleden (så byggnaden utgör en barriär för personer som utrymmer)
4. Byggnadernas fasadbeklädnader mot Essingeleden ska utföras obrännbara.
5. Friskluftsintag ska placeras högt upp på byggnaderna på den sida av byggnaden som inte vetter mot Essingeleden.
6. Ventilationssystemet ska kunna stängas av manuellt från huvudentré, eventuell brandförsvarstablå eller annan centralt belägen plats.

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4105,178	FT8-01	2017-12-15	2020-01-15	2	27 (47)

8 Slutsats

FireTech Engineering AB anser att om de rekommendationer som redovisats i kapitel 7 beaktas har skäligen åtgärder vidtagits för att begränsa riskerna inom området till följd av transporter av farligt gods på Essingeleden.

Stockholm 2020-01-15
FireTech Engineering AB

Mårten Markselius
Civilingenjör i Riskhantering
Brandingenjör

Fabian Ardin
Civilingenjör i Riskhantering
Brandingenjör

Granskad av:

Martina Ardenmark
Civilingenjör i Riskhantering
Brandingenjör

Uppdragsbeteckning 4105,178	Dokumentbeteckning FT8-01	Skapad 2017-12-15	Datum 2020-01-15	Utgåva 2	Sida 28 (47)
--------------------------------	------------------------------	----------------------	---------------------	-------------	-----------------

9 Referenser

- [1] Länsstyrelsen i Stockholms län, Länsstyrelsen i Stockholms läns kungörelse om sammanställning av rekommenderade vägar och lokala trafikföreskrifter för transporter av farligt gods i Stockholms län, 01FS 2016:10.
- [2] Länsstyrelsen Stockholm, Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4.
- [3] Räddningsverket, "Värdering av risk," Statens räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [4] S. S. Stadsbyggnadskontoret, "Startpromemoria för utbyggnaden av Nybohovsskolan med planläggning av Pytsen 1 och 2 samt del av Liljeholmen 1:1 i stadsdelen Liljeholmen," 2017.
- [5] Statistiska centralbyrån, "SCB:s öppna geodata," 20 03 2017. [Online]. Available: <https://www.scb.se/hitta-statistik/regional-statistik-och-kartor/geodata/oppna-geodata/>. [Använd 31 10 2017].
- [6] Försvarets Forskningsanstalt, "Risker i Västernorrlands län, metodstudie med exempel för samhällsplaneringen," Försvarets Forskningsanstalt, 1995.
- [7] Försvarets forskningsanstalt (FOA), Vådausläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker, Avdelningen för NBC-skydd, 1997.
- [8] M. Öberg, N. Palmen, U. Stenius och G. Johanson, "Riktvärden vid akut exponering för kemiska ämnen - IMM-Rapport nr 1/2008," Institutet för miljömedicin, Karolinska Institutet, 2008.
- [9] Boverket, "Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd," Boverket, Karlskrona, 2013.
- [10] Trafikverket, "Vägtrafikflödeskartan," [Online]. Available: <http://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation#>. [Använd 17 Maj 2017].
- [11] Räddningsverket, "Farligt gods - Riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg," Statens räddningsverk, 1996, 1996.
- [12] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2016 helår," 10 September 2017. [Online]. Available: <http://www.trafa.se/vagtrafik/lastbilstrafik/>.
- [13] Struktor, "PM Trafik Nybohovsskolan," 2017.
- [14] Räddningsverket, "Kartläggning av farligt godstransporter September 2006," Statens räddningsverk, 2006.
- [15] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," *Journal of hazardous material*, nr 33, 1993.
- [16] Länsstyrelsen i Skåne län, "Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen," Rapport 2007:06.
- [17] EPA, "ALOHA User's Manual," U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 2007.
- [18] Karlsson, H. T., Processriskanalys, Lund: Lunds tekniska högskola, 2012.
- [19] Trafikverket, "NVDB på webb," 2017. [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>. [Använd 14 05 2017].
- [20] Trafikverket, "Dokument för väg 229, bytespunkt Norra Sköndal," 25 September 2017. [Online]. Available: <https://www.trafikverket.se/nara-dig/Stockholm/projekt-i-stockholms-lan/Vag-229-bytespunkt-Norra-Skondal/Dokument-for-vag-226-bytespunkt-Norra-Skondal/>.

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4105,178	FT8-01	2017-12-15	2020-01-15	2	29 (47)

[21] COWI, "ESSINGELEDEN - SÄKERHETSANALYS - RISKIDENTIFIERING,"
Trafikverket, 2014.

[22] Cedervall arkitekter, "Volymstudie Nybohov," 2015.

Bilaga A Frekvens och sannolikhetsberäkning

Detta kapitel innehåller sannolikhets- och frekvensberäkningar för de händelser som identifierats och som kan leda till utsläpp av farligt gods som kan ge upphov till personskador.

A.1 Frekvens för farligt gods olycka på Essingeleden

Frekvenser för olyckor där ett eller flera fordon som är avsedda för transporter av farligt gods beräknas med hjälp av VTI-modellen [11]. Ekvationen redovisas nedan.

$$\text{Frekvens för olycka med FG – fordon} = O * [(Y * X) + (1 - Y)(2X - X^2)]$$

Parametrar redovisas i tabell A1 nedan.

Parameter	Förklaring	Kommentar
O	Totala antalet trafikolyckor på vägen per år och kilometer	Beräknas från statistik (STRADA)
Y	Andel singelolyckor av totala antalet olyckor	Beräknas från statistik (STRADA)
X	Andel fordon avsedda för farligt gods av totala trafikflödet	Frekvenser beräknas för olika andel farligt gods för jämförelse.

Tabell A1. Parametrar för beräkning av olycksfrekvens med förklaringar.

Parametern Index för farligtgoodsolycka (andel av olyckor som förväntas orsaka utsläpp av det farliga godset) medtas i beräkningarna då olycksscenarier uppdelat på ämnesklasser görs.

A.1.1 Antal olyckor på vägen och andel singelolyckor

Statistik inhämtad från STRADA, Swedish Traffic Accident Data Acquisition, uppvisar 361 olyckor mellan 2007-07-01 och 2017-07-31 på en 3,3 km lång sträcka (mellan Södertäljevägen och Fredhällsbron. Omräknat per år och kilometer innebär detta totalt ca 10,8 (avrundas till 11) olyckor för den aktuella sträckan. Statistiken från STRADA innehåller endast olyckor som rapporterats av polis eller sjukvård och osäkerheter i siffrorna kan därmed förväntas förekomma.

Av dessa 361 olyckor var 40 singelolyckor. Parametern andel singelolyckor, Y, ansätts till 0,11.

A.1.2 Andel fordon avsedda för farligt gods

Information om antal fordon, eller andel av vägens totala flöde, som är avsedda för farligt gods, är förenade osäkerheter. Enligt räddningsverket [11] kan parametern uppskattas till ca 1 promille nationellt. Eftersom Essingeleden är en viktig led för genomfartstrafik kan dock andelen förväntas vara högre.

Parametern kan uppskattas genom antagandet att andel körda kilometer med fordon avsedda för farligt gods (av tung trafik) korrelerar med andel farligt gods av tung trafik. En sammanställning från Trafikanalys visar att farligt gods-transporter utgör cirka 2,5 % av alla körda kilometer med lastbil, och cirka 1 % av antal transporter (med lastbil) [12]. Enligt den senaste mätningen av dagens trafikflöde [10] uppskattas ÅDT till ca 130 000 (båda riktningar, år 2016) varav 8 % utgörs av lastbilstrafik.

Om andel körda kilometer av farligt gods-transporter kan anses motsvara andel farligt gods av tung trafik på Essingeleden, skulle andel farligt gods uppgå till cirka 2 promille (2,5 % fordon avsedda för farligt gods av 8 % tung trafik). Värdet motsvarar ca 260 farligt gods-transporter om dagen eller 95 000 per år. Denna siffra motsvarar en ungefärlig dubbling av antal transporter jämfört med en uppskattning enligt räddningsverkets nationella uppskattning.

Frekvensen för att fordon avsedda för farligt gods är inblandade i olyckor på essingeleden redovisas i tabell A2 nedan. Andel singelolyckor är ansatt till 0,11 enligt beräkning i avsnitt A.1.1.

Antal olyckor på vägen per år och kilometer	X	Frekvens för farligt gods-olycka (per år och kilometer)
11	0,001	$2,1 \cdot 10^{-2}$
11	0,002	$4,2 \cdot 10^{-2}$

Tabell A2. Frekvenser för farligt gods-olycka (olika andel farligt gods)

Sannolikheten ovan tar inte i beaktande hur allvarlig skadeutfallet blir eller om den leder till att farligt gods sprids eller att en farlig situation uppstår. Dessa händelser är beroende av andra följdhändelser som varierar beroende på transporterat ämne, olyckstyp och typ av behållare som det farliga godset färdas i. Av den anledningen behandlas sannolikheter för utsläpp och vidare konsekvenser i anslutning till respektive scenario. Som schablon sätts dock sannolikheten för utsläpp (index för farligt gods-olycka) till 0,13 enligt [11] (Motorväg tätort).

A.1.3

Känslighetsanalys av olycksfrekvenser

Då Essingeleden är en starkt trafikerad väg och en viktig länk mellan norra och södra Stockholm bedöms en robusthetsanalys behövas. Enligt en rapport av Struktör [14] är prognosticerat värde för trafiken samma för år 2030 som för 2018.

För att ta få inblick i beräkningarnas giltighet vid framtida eventuella förändringar, samt osäkerheter i dagens värden genomförs en känslighetsanalys. Genom att räkna upp parametern antal olyckor per år och kilometer baserat på antagandet att Essingeleden har en trafik tillväxt på 2 % per år och att antal olyckor korrelerar linjärt med trafikflödet erhålls ett värde för år 2037. Antagandet leder till att det kan förväntas ca 16 olyckor per år och kilometer år 2037, givet att 11 olyckor är representativt för 2017.

Det är även viktigt att beakta att framtida trafikflöden är svåra att förutsäga och effekter av projekt som Förbifart Stockholm med mera inte tas i hänsyn i beräkningar av denna typ.

Vidare utforskas frekvensen för farligt gods-olycka baserat på att andel farligt gods dubblas från uppskattat värde.

Frekvens för farligt gods-olyckor vid framtida scenarier och olika andel farligt gods av totalflödet redovisas i tabell A3 nedan. Som en jämförelse redovisas även bästa uppskattning enligt A.1.1 ovan i tabellen.

Antal olyckor på vägen per år och kilometer	X (andel farligt gods)	Frekvens för farligt gods-olycka (per år och kilometer)	Kommentar
11	0,001	$2,1 \cdot 10^{-2}$	
11	0,002	$4,2 \cdot 10^{-2}$	"Bästa uppskattning"
11	0,004	$8,3 \cdot 10^{-2}$	
16 (Uppräknat 2 % per år till år 2037)	0,001	$3,0 \cdot 10^{-2}$	
16 (Uppräknat 2 % per år till år 2037)	0,002	$6,0 \cdot 10^{-2}$	Bästa uppskattning 2037 med 2 % trafiktillväxt
16 (Uppräknat 2 % per år till år 2037)	0,004	$12 \cdot 10^{-2}$	

Tabell A3. Frekvenser för farligt gods-olycka (olika andel farligt gods och olika antal olyckor på vägen per år och kilometer)

A.1.4 Frekvens för olycka uppdelat på ämnesklasser

I kapitel 4 beskrivs de osäkerheter kopplade till antal transporter och vilka ämnen som transporteras på vägen. Dels saknas en detaljerad kartläggning av flöden, men de kan de även ändras över tid. Framtida förändrade riktlinjer, myndighetsbeslut eller företagsbeslut kan öka eller minska transporter av farligt gods såväl som fördelning av ämnesklasser som transporteras.

I en kartläggning har Trafikanalys tagit fram en fördelning för antal transporter, körda kilometer, godsmängd och transportarbete [12]. I tabellen nedan redovisas andel i procent av antal transporter totalt som utgjordes av respektive ämne. Räddningsverkets kartläggning av farligt gods-transporter under september används som jämförelse. För gaser har trafikanalys ingen uppdelning baserat på vilken huvudfara ämnet har, och därför har gruppen gaser fördelats ut med samma interna fördelning som Räddningsverket redovisar.

Klass	TRAFA 2016	Räddningsverket (2006)
1 – Explosiva ämnen och föremål	1 %	0 %
2.1 – Brandfarliga gaser	3,6 %	1,8 %
2.2 – Icke brandfarliga, icke giftiga gaser	11,9 %	5,9 %
2.3 – Giftiga gaser	0 %	0 %
3 – Brandfarliga vätskor	59,1 %	69,9 %
4.1 – Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen och okänsliggjorda explosiva ämnen	0,7 %	0,3 %
4.2 – Självantändande ämnen	0,6 %	0 %
4.3 – Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	0,5 %	0,1 %
5.1 – Oxiderande ämnen	2,4 %	0,6 %

5.2 – Organiska peroxider	0 %	0 %
6.1 – Giftiga ämnen	11,1 %	0,1 %
6.2 – Smittförande ämnen	0,2 %	0,1 %
7 – Radioaktiva ämnen	-	-
8 – Frätande ämnen	7,8 %	12,5 %
9 – Övriga farliga ämnen och föremål	0,9 %	8,9 %

Tabell A4. Fördelning av ämnen farligt gods-transporter, från [12] respektive [13].

A.1.5 Scenariefrekvenser

Sannolikheten för att olycka med farligt gods ska innehålla ett visst ämne beräknas med hjälp av ämnesfördelningen enligt tabell 4.1, kapitel 4 och frekvensen för en farligt gods olycka enligt ovan.

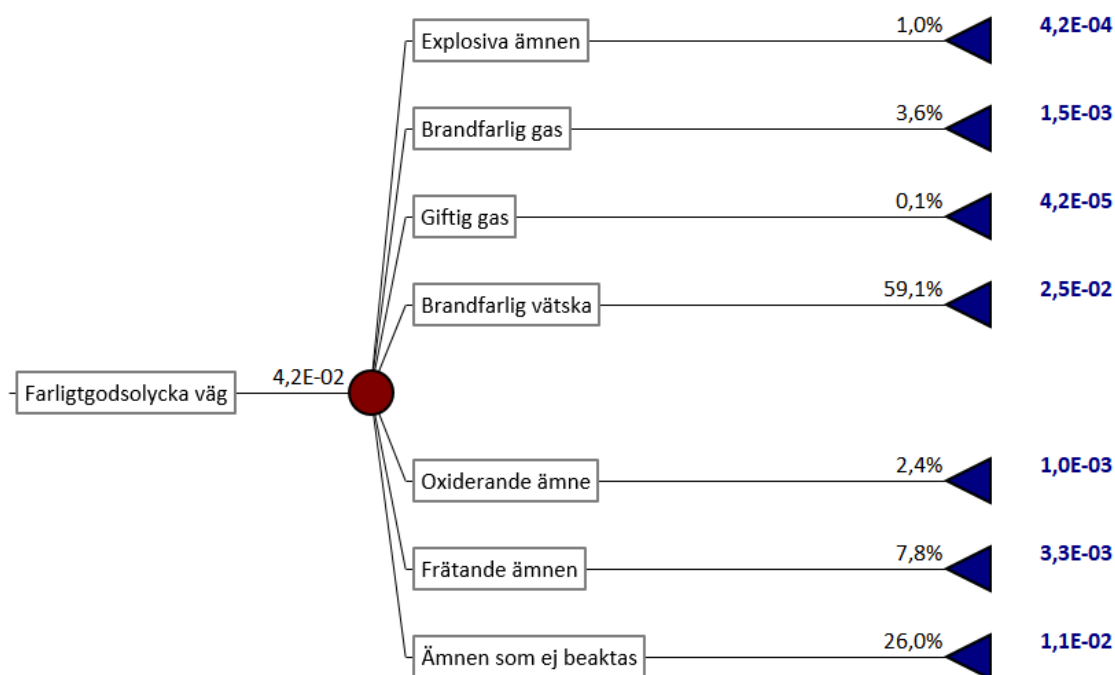
Det bedöms enligt kapitel 4 att det endast är klasser 2A, 2B, 3 och 5 som kan ge några större konsekvenser på området. Styckegodstransporter kan innehålla flera av dessa klasser men antas för beräkningarna endast bidra med konsekvenser i form av brand. Övriga klasser antas endast ge en mycket lokal påverkan i eller inom ett begränsat område runt olycksplatsen och/eller transporteras mycket lite. I [11] anges att 0 % av transporterade ämnen utgör klass 2.3 (giftiga gaser). För att ta hänsyn till osäkerheter i siffrorna och framtida förhållanden antas konservativt att giftiga gaser utgör 0,1 % av transporterade ämnen.

I tabell A3 redovisas frekvensen för trafikolycka med transport av respektive aktuell farligt gods klass. Ämnen som enbart bedöms orsaka konsekvenser i direkta närområdet beaktas tillsammans eftersom de inte utgör scenarier för vidare analys.

Klass	Andel i procent	Frekvens	Kommentar
1 (Explosiva ämnen och föremål)	1	$4,2 \cdot 10^{-4}$	
2.1 (Kondenserad brännbar gas)	3,6	$1,5 \cdot 10^{-3}$	
2.3 (Kondenserad giftig gas)	0,1	$4,2 \cdot 10^{-5}$	
3 (Brännbara vätskor)	59,1	$2,5 \cdot 10^{-2}$	
5.1 (Oxiderande ämnen och organiska peroxider)	2,4	$1,0 \cdot 10^{-3}$	
8 (Frätande ämnen)	7,8	$3,3 \cdot 10^{-3}$	
2.2, 4, 5.2, 6, 7 och 9 (brandfarliga fasta ämnen, radioaktiva ämnen, giftiga ämnen, smittförande ämnen, övriga ämnen)	26	$1,1 \cdot 10^{-2}$	Potentiella scenarier analyseras ej vidare

Tabell A5. Frekvenser för olycka vid transport av farligt gods fördelat på respektive ämne. Fördelning av transporterade ämnen hämtat från inventeringen av transporter av farligt gods i Sverige 2006 och anpassad [11]. Notera att frekvenserna baseras på olycksfrekvensberäkning med 2 promille farligt gods.

Nedan redovisas frekvenser i ett händelsetråd. Händelsetråd för olyckor med respektive ämne redovisas i tillhörande avsnitt.



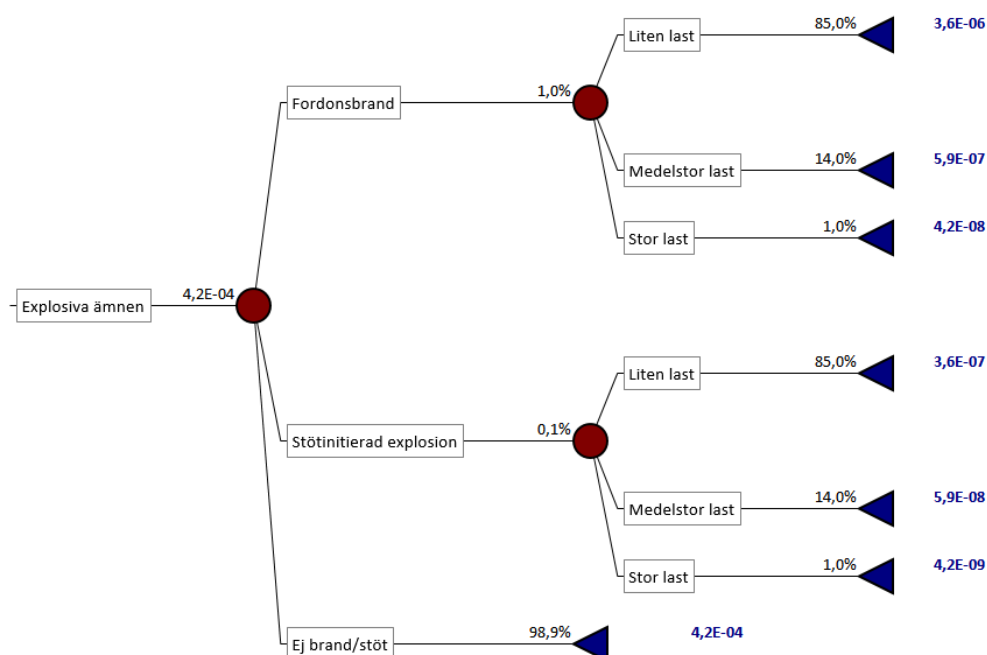
Figur A1 Händelseträd för trafikolycka för respektive ämne. Notera att frekvenser som redovisas i händelseträdet baseras på 2 promille fordon lastade med farligt gods på sträckan.

A.1.6

ADR klass 1 – Explosiva föremål och ämnen

Konservativt antas att 20 % av transportererna med explosiva ämnen tillhöra gruppen med risk för massexplosion (1.1). Riskbidrag från övriga grupper av explosiva ämnen (1.2-1.6) bortses ifrån enligt avsnitt 4.1.

Sannolikhet för fordonsbrand ansätts till 1 %. Vidare antas att en fordonsbrand alltid leder till explosion. Sannolikheten för att en stöt ska initiera en explosion ansätts till 0,1 %. Transportmängden ansätts som fördelad och ansätts till tre storlekar, liten mängd explosiva ämnen i 85 % av fallen, medelstor i 14 % av fallen samt stor i 1 % av fallen. I figur A2 nedan redovisas scenarier för vidare beräkning enligt ansatta sannolikheter.



Figur A2 Händelsesträd för explosiva ämnen. Notera att frekvenser som redovisas i händelseträdet baseras på 2 promille fordon lastade med farligt gods på sträckan.

A.1.7 ADR klass 2.1 - Brandfarlig gas

Tryckkondenserade gaser transporteras vanligtvis i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för läckage som följd av en olycka kan antas vara ungefär trettio gånger lägre för dessa transporter jämfört med bensintankar [9]. Detta medför att sannolikheten för läckage kan uppskattas till 0,43 % (0,13 / 30).

För brännbara gaser blir konsekvensen för människor först när utsläppet antänds. Tre typer av konsekvenser vid utsläpp av brandfarlig gas undersökts, gasmolnsbrand, jetflamma och BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).

Antagande görs att utsläpp utgörs av små, medelstora och stora utsläpp (0,09, 0,9 och 17,8 kg/s) av gasol. För litet, medel respektive stort utsläpp av brandfarliga gaser ansåts sannolikheter och utsläppsstorlekar enligt tabell 3.4 i [9].

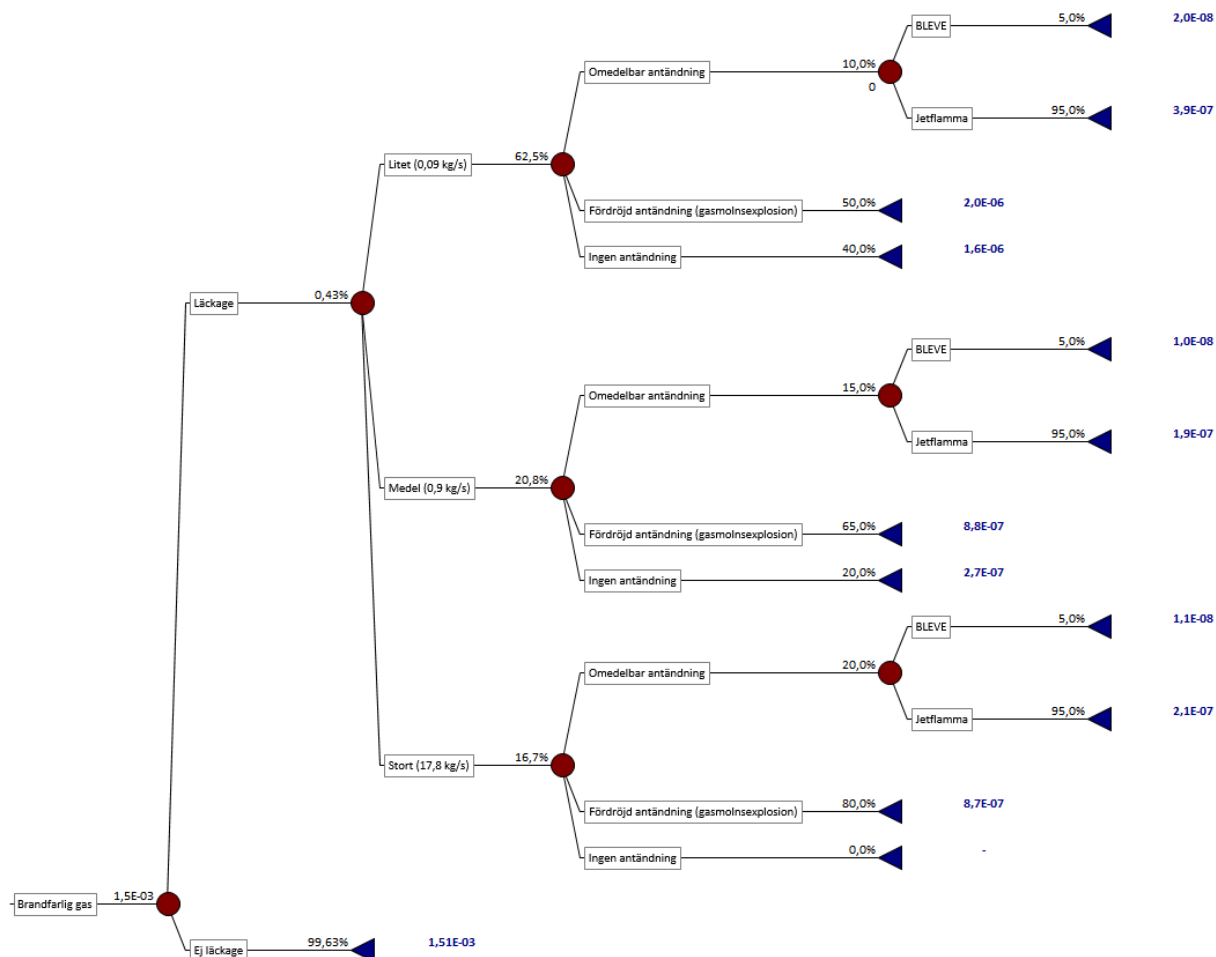
Sannolikheter för omedelbar antändning, fördröjd antändning (gasmolnsbrand) respektive ingen antändning av de brandfarliga gaserna ansåts värden enligt Tabell A4 anpassat återgiven från [13]. För medelstora utsläpp saknas tabellerade värden varför medelvärde mellan stort och litet utsläpp ansåts.

Hållstorlek	Antändning	Sannolikhet
Liten	Omedelbar	0,1
	Fördröjd	0,5
	Ingen	0,4
	Omedelbar	0,15

Medel	Fördröjd	0,65
	Ingen	0,2
Stor	Omedelbar	0,2
	Fördröjd	0,8
	Ingen	0,0

Tabell A6. Sannolikheter för olika typer av konsekvenser vid utsläpp av brandfarlig gas. Anpassad och återgiven från [14].

En BLEVE antas enbart inträffa i intilliggande tank om en eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken under en lång tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma är mycket liten, uppskattningsvis mindre än 5 %. I figur A3 nedan redovisas scenarier för vidare beräkning enligt ansatta sannolikheter.

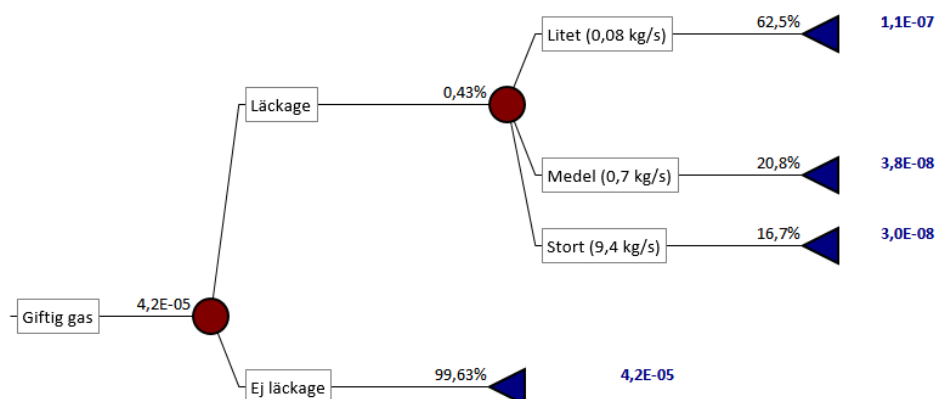


A.1.8

ADR klass 2.3 - Giftig gas

Med hjälp av samma resonemang som för brännbara gaser ansätts sannolikhet för läckage till 0,5 % eftersom tjockväggiga tankar används. Utsläpp antas ta formen som små, medelstora eller stora utsläpp (0,08 kg/s,

0,7 kg/s respektive 9,4 kg/s) med utsläppsmängder och sannolikhetsfördelning enligt [9]. I figur A4 nedan redovisas scenarier för vidare beräkning enligt ansatta sannolikheter.



Figur A4. Händelseträd för giftig gas. Frekvenser för olika händelser redovisas i slutet av händelseträdets (per år). Notera att frekvenser som redovisas i händelseträdets baseras på 2 promille fordon lastade med farligt gods på sträckan.

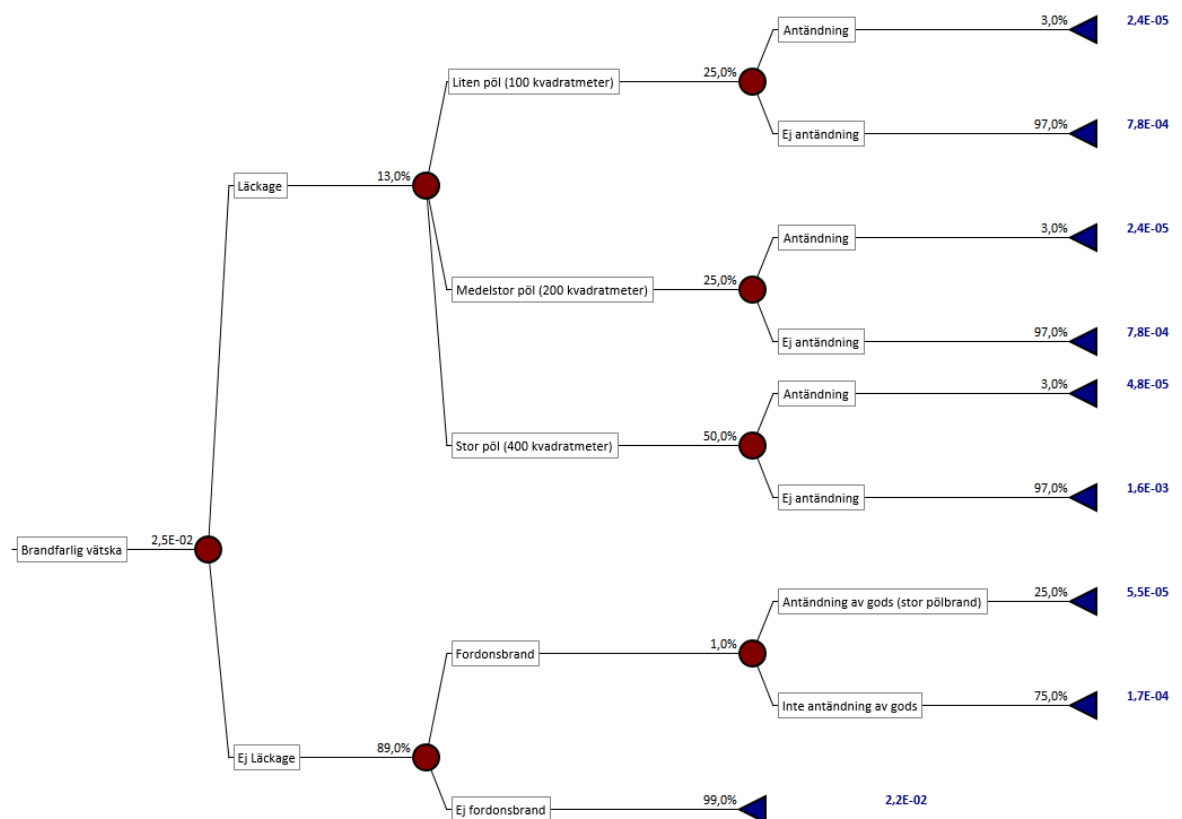
A.1.9

ADR klass 3 - Brandfarliga vätskor

Olyckor med brandfarliga vätskor bedöms leda framförallt till konsekvenser i form av pölbränder. Sannolikhet för läckage ansätts till 0,13 enligt [10]. Tre olika pölstorlekar ansätts (100, 200 och 400 kvadratmeter) med fördelning enligt [9] för tunnväggig tank med släp (25 %, 25 % respektive 50 % för stor pöl).

Sannolikheter för antändning av bensin vid utsläpp ansätts till 3 % [9]. För vidare beräkningar av frekvenser för olika scenarier ansätts sannolikhet för antändning till 3 %.

Sannolikhet för fordonsbrand ansätts till 1 %. Vid en fordonsbrand antas godset antändas och bilda en stor pölbrand i 25 % av fallen. I figur A5 nedan redovisas scenarier för vidare beräkning enligt ansatta sannolikheter.



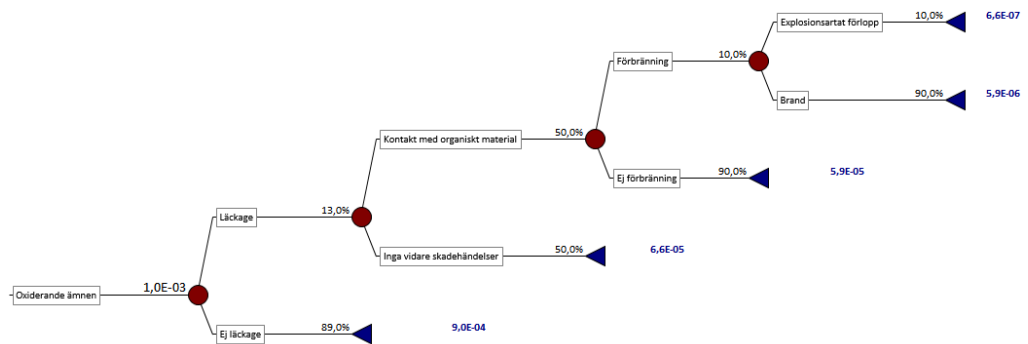
Figur A5. Händelseträd för brandfarlig vätska. Frekvenser för olika händelser redovisas i slutet av händelseträdet (per år). Notera att frekvenser som redovisas i händelseträdet baseras på 2 promille fordon lastade med farligt gods på sträckan.

A.1.10

ADR klass 5.1 - Oxiderande ämnen

Vid olycka med oxiderande ämne antas endast personer omkomma om det oxiderande ämnet kommer i kontakt med organiskt material och ett explosionsartat förlopp uppstår. Sannolikheten för läckage vid en olycka har ansatts enligt [9] till 13 %.

Om ett utsläpp sker antas det att kontakt med organiskt material sker i 50% av fallen. Oftast blandas en stabilisator, flegmatriseringsmedel, in i det oxiderande ämnet för att minska reaktionsbenägenheten hos det farliga godset. En tiondel av de utsläpp som kommer i kontakt med organiskt material leder i sin tur till någon form av förbränning, vilket i sin tur kan leda till ett explosionsartat förlopp med cirka 10 % sannolikhet. I figur A6 nedan redovisas scenarier för vidare beräkning enligt ansatta sannolikheter.



Figur A6. Händelseträd för oxiderande ämnen. Frekvenser för olika händelser redovisas i slutet av händelseträdet (per år). Notera att frekvenser som redovisas i händelseträdet baseras på 2 promille fordon lastade med farligt gods på sträckan.

A.1.11 ADR klass 8 – Frätande ämnen

Sannolikheten för en olycka med utsläpp ansätts till 0,13 enligt tabell 2.2 i [9]. De flesta olyckor bedöms utgöras av kontinuerliga läckage och inte stora momentana utsläpp. Konservativt bedöms att 10 % av olyckorna ger upphov till stora momentana utsläpp.

Då frekvensen för farligtgodsolyckor med frätande ämnen enligt uppskattningen uppgår till $4,0 \cdot 10^{-4}$, blir frekvensen för utsläpp som resulterar i skadehändelser med ovanstående resonemang $5,2 \cdot 10^{-6}$ per år på den aktuella sträckan.

A.2 Scenarier för konsekvensberäkningar

Nedan redovisas de scenarier med tillhörande frekvenser som används för konsekvensberäkningar.

Typ av olycka/ämne	Scenario	Benämning	Frekvens (per år)
Explosiva ämnen	Liten explosion – brand	A1	$3,6 \cdot 10^{-6}$
Explosiva ämnen	Medelstor explosion – brand	A2	$5,9 \cdot 10^{-7}$
Explosiva ämnen	Stor explosion – brand	A3	$4,2 \cdot 10^{-8}$
Explosiva ämnen	Liten explosion – stöt	A4	$3,6 \cdot 10^{-7}$
Explosiva ämnen	Medelstor explosion – stöt	A5	$5,9 \cdot 10^{-8}$
Explosiva ämnen	Stor explosion - stöt	A6	$4,2 \cdot 10^{-9}$
Brandfarlig gas	Litet utsläpp BLEVE	B1	$2,0 \cdot 10^{-8}$
Brandfarlig gas	Litet utsläpp jetflamma	B2	$3,9 \cdot 10^{-7}$
Brandfarlig gas	Litet utsläpp gasmolnsexplosion	B3	$2,0 \cdot 10^{-6}$
Brandfarlig gas	Medelstort utsläpp BLEVE	B4	$1,0 \cdot 10^{-8}$
Brandfarlig gas	Medelstort utsläpp jetflamma	B5	$1,9 \cdot 10^{-7}$
Brandfarlig gas	Medelstort utsläpp gasmolnsexplosion	B6	$8,8 \cdot 10^{-8}$
Brandfarlig gas	Stort utsläpp BLEVE	B7	$1,1 \cdot 10^{-8}$
Brandfarlig gas	Stort utsläpp jetflamma	B8	$2,1 \cdot 10^{-7}$
Brandfarlig gas	Stort utsläpp gasmolnsexplosion	B9	$8,7 \cdot 10^{-7}$
Giftig gas	Litet utsläpp	C1	$1,1 \cdot 10^{-7}$
Giftig gas	Medelstort utsläpp	C2	$3,8 \cdot 10^{-8}$
Giftig gas	Stort utsläpp	C3	$3,0 \cdot 10^{-8}$
Brandfarlig vätska	Liten pöl	D1	$2,4 \cdot 10^{-8}$
Brandfarlig vätska	Medelstor pöl	D2	$2,4 \cdot 10^{-5}$
Brandfarlig vätska	Stor pöl	D3	$4,8 \cdot 10^{-5}$
Brandfarlig vätska	Fordonsbrand som sprids till gods	D4	$5,5 \cdot 10^{-5}$
Oxiderande ämne	Explosion	E1	$6,6 \cdot 10^{-7}$
Oxiderande ämne	Brand	E2	$5,9 \cdot 10^{-6}$
Frätande	Utsläpp	F1	$5,2 \cdot 10^{-6}$

Tabell A7. Olycksscenarier vägtransport av farligt gods. Notera att frekvenser som redovisas baseras på att andel farligt gods uppgår till 2 promille (0,002).

Bilaga B – Konsekvensberäkningar

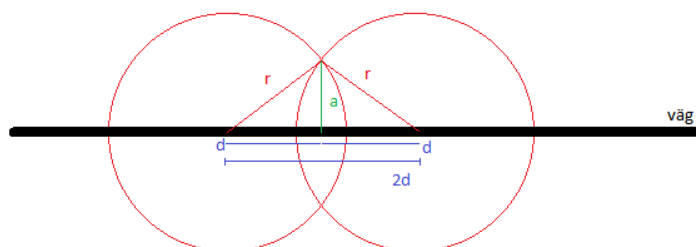
I denna bilaga redovisas beräkningar av konsekvenserna för de scenarier med olyckor med farligt gods för vilka frekvenserna har uppskattats i Bilaga A.

Uppskattningar av konsekvensavstånd görs dels med beräkningsprogramvara och dels med handberäkningsmodeller. Konsekvenser utgör underlag för såväl beräkning av individrisk som för beräkning av samhällsrisk.

B.1

Beräkning av individrisk

Olycksfrekvensen beräknas per kilometer, men de flesta av dessa olyckor påverkar endast en liten del av denna sträcka, och har olika sannolikhet att nå olika punkter på givna avstånd från olyckan. Detta korrigeras med en faktor som beräknas med hjälp av en modell där hänsyn tas till hur stor sträcka olyckan behöver ske på för att ge påverkan på ett visst avstånd.



Figur 10. Korrigeringsfaktor.

Om olyckan har konsekvensavståndet r så måste olyckan inträffa på sträckan $2d$ för att nå en punkt på avståndet a från vägen. Se även Figur 10 ovan.

Ekvationen som bestämmer korrigeringsfaktor ges av:

$$KF = \frac{2 * \sqrt{r^2 - a^2}}{1000}$$

Där

r konsekvensavstånd

a avstånd från vägen som undersöks

Notera att ekvationen ger olika kombinationer av konsekvensavstånd och betraktningssavstånd. I de fall där betraktningssavståndet överstiger konsekvensavståndet uteblir konsekvensen för den aktuella punkten. Korrigeringsfaktorn kan alltså betraktas som vilken andel av alla olyckor med konsekvensen r som påverkar a meter från vägen.

B.2

Beräkning av samhällsrisk

Beräkningar av samhällsrisk har genomförts för olyckor motsvarande 1 km sträcka längs med Essingeleden. Persontätheten har antagits vara densamma för hela området kring Nybohovsskolan.

I Figur 7 redovisas befolkningstäthet för närområdet som inhämtats från SCB. 5 500 personer per kvadratkilometer har använts som grund vid beräkningar av samhällsrisk.

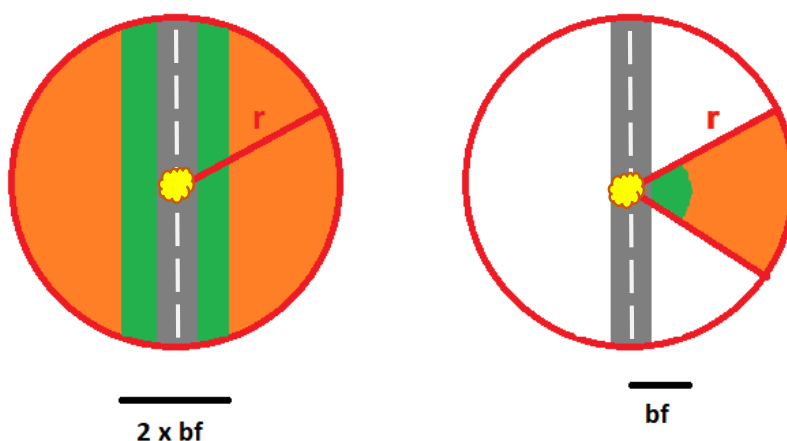
Vidare har det antagits att 75 % av alla olyckor med farligt gods inträffar under dagtid eftersom huvuddelen av transporter kan förväntas då. Natttid har det antagits att befolkningstätheten motsvarar antalet folkbokförda. Dagtid har

det antagits att befolkningstätheten motsvarar 50 % av antalet folkbokförda och därutöver 1200 skolelever (Midsommarkransens Gymnasium 600 personer och Blommenbergsskolan 600 personer).

Vid beräkning av samhällsrisk med nyexploatering för Nybohovskolan har ytterligare 900 personer lagts till befolkningstätheten under dagtid.

Dagtid antas att 20 % av personerna i området befinner sig utomhus och 80 % inomhus. Natttid antas att 99 % befinner sig inomhus och 1 % utomhus. Antagande om fördelning inomhus respektive utomhus överensstämmer med vad som används i [16].

Vid beräkningar av samhällsrisk har ett bebyggelsefritt område invid Essingeleden på 35 meter ansatts i beräkningarna. Detta har beaktats genom att ett rektangulärt område med bredden 2×35 meter har subtraherats från det cirkulära påverkansområdet för sådana effekter som är cirkulära. För effekter med ett påverkansområde som antagits enligt en cirkelsektor (gasutsläpp) har en cirkelsektor med radien 35 meter subtraherats vid beräkningen. Se Figur 11 nedan. De orangea ytorna utgör de områden som antas utsättas för konsekvenser vid en olycka.



Figur 11. Påverkansområde vid beräkning av samhällsrisk. "bf" avser bebyggelsefritt avstånd och "r" avser konsekvensavstånd vid utsläpp. De orangea ytorna är de som har antagits påverkas av konsekvenser vid beräkning av samhällsrisk. Figur till vänster avser utsläpp med cirkulär påverkan och figur till höger avser utsläpp med påverkan format som en cirkelsektor.

B.2.1

Programvara för konsekvensberäkningar

För att utföra konsekvensuppskattningar till följd av ett utsläpp av farligt gods används version 5.4.7 av beräkningsprogramvaran ALOHA där så är möjligt.

Denna version är utgiven i september 2016. ALOHA är avsett för att modellera utsläpp, spridning och konsekvenser av farliga ämnen och är utvecklat tillsammans av de amerikanska myndigheterna NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) och EPA (Environmental Protection Agency).

ALOHA utvecklades från början främst för syftet att användas av räddningstjänst men har med tiden utvecklats till att bli ett verktyg som också används för planerings- och akademiska ändamål. [11]

Följande indata har använts vid alla beräkningar:

- Utsläppspunkten antas vara vid marknivån.
- Datum och klockslag: 2018-09-15, 12:00
- Vind: 3 meter per sekund.
- Lufttemperatur: 10 °C
- Molnighet: 100 %
- Stabilitetsklass: D (neutral stabilitet)

B.2

ADR Klass 1 – Olycka med explosiva ämnen

Farligt gods som utgörs av explosiva ämnen kan medföra explosion om godset utsätts för stötar (till exempel till följd av kollision) eller påverkan från brand. En explosion ger upphov till en tryckvåg som kan medföra både direkta skador men också indirekta skador. Indirekta skador följer av splitter och att människor kastas omkull av tryckvågen. Tryckvågen kan dessutom ge upphov till skador på byggnader som riskerar att helt eller delvis kollapsa.

Följande modell används för att uppskatta övertryck orsakad av explosion av last med farligt gods vid olycka. [12]

$$\ln(z) = 4,13 - 0.862 * \gamma + 0.0371 * \gamma^2$$

Där

$$z = \frac{r}{m_{tnt}^{1/3}}$$

och

$$\gamma = \ln(P)$$

r är avståndet från explosionscentrum i meter, m_{tnt} är massa i TNT-ekvivalenter i kg och P är övertryck i kPa. Det antas att explosiva ämnen som transporteras utgörs av TNT och med anledning av detta används mängder i kilo utan korrigering.

I [13] anges skadekriterier för olika nivåer av infallande tryck. Skadekriterierna återges i figur nedan.

Skada	Infallande tryck (kPa)
Gräns för lungskador (alla skadade)	70
Gräns för dödliga skador (1 % döda)	180
10 % döda	210
50 % döda	260
90 % döda	300
99 % döda	350

Ett infallande tryck på 260 kPa anges vara dödligt i 50 % av fallen. Eftersom personer också kan omkomma till följd av indirekta skador används dock gränsen 180 kPa (motsvarar 1 % döda) som gräns för kritisk påverkan vid beräkning av individrisknivåer.

Vid beräkning av antal döda för de olika transportmängderna för att uppskatta nivåer för samhällsrisk antas att påverkansområdet från explosionen är cirkulärt.

Det anges i [12] att ett övertryck motsvarande 0,2 atmosfärer innebär risk för allvarliga skador på byggnader. Med anledning av detta görs antagandet att 1/3 av byggnader som påverkas av ett övertryck motsvarande 20 kPa skadas betydande och att 1/3 av personerna som befinner sig i byggnader omkommer.

	180 kPa	20 kPa
Liten (200 kg)	11 meter	40 meter
Medel (2 000 kg)	24 meter	83 meter
Stor (16 000 kg)	48 meter	165 meter

B.2 ADR Klass 2.1 – Olycka med brandfarlig gas

B.2.1 Brännbar gas - jetflamma

Om utsläpp av brännbar gas inträffar och antändning av utsläppet sker utan fördröjning medför detta att en jetflamma uppstår. En jetflamma orsakar i första hand värmestrålning, men kan också medföra brandspridning till byggnader med mera.

Konsekvensavstånd för jetflamma har beräknats med ALOHA. Det har antagits att den brännbara gasen utgörs av propan.

Vid beräkning av individrisknivåer har det antagits att samtliga som befinner sig på ett sådant avstånd där infallande strålningsintensitet överskrider 20 kW/m² omkommer, medan personer som befinner sig längre bort inte omkommer.

Litet utsläpp (0,09 kg/s): < 10 meter (uppskattas som 5 meter)

Medelstort utsläpp (0,9 kg/s): 10 meter

Stort utsläpp (17,8 kg/s): 21 meter

Vid beräkning av antal döda för de olika utsläppsstorlekarna för att uppskatta nivåer för samhällsrisk antas att påverkansområdet från jetflaman är cirkulärt. Detta utgör ett konservativt antagande. För de flesta scenarier understiger dock antalet döda 1, i dessa fall har antalet döda antagit vara 1 person.

För personer som befinner sig utomhus har det antagits att alla omkommer, medan det för personer som befinner sig inomhus har antagits att 25 % omkommer.

B.2.1 Brännbar gas – gasmolnexplosion

Om utsläpp av brännbar gas inträffar och antändning fördröjs medför detta att en gasmolnexplosion inträffar. Konsekvensavstånd för gasmolnexplosion har beräknats med ALOHA och redovisas nedan. Avstånd till 60 % av nedre brännbarhetsgränsen har antagits utgöra gasmolnets utbredning (utgör standardvärde i ALOHA).

Litet utsläpp (0,09 kg/s): 11 meter

Medelstort utsläpp (0,9 kg/s): 22 meter

Stort utsläpp (17,8 kg/s): 110 meter.

Samtliga personer som befinner sig i gasmolnexplosionen antas omkomma, medan personer på avstånd längre bort än påverkansområdet för respektive utsläppsstorlek inte antas påverkas.

Vid beräkning av antal döda för de olika utsläppsstorlekarna för att uppskatta nivåer för samhällsrisk antas att påverkansområdet från gasmolnexplosionen är cirkulärt. Antalet döda för varje scenario har avrundats till närmaste heltal och som minst 1 person.

För personer som befinner sig utomhus har det antagits att alla omkommer, medan det för personer som befinner sig inomhus har antagits att 25 % omkommer.

B.2.1 *Brännbar gas - BLEVE*

BLEVE, eldklot om en brännbar substans under tryck momentant strömmar ut och antänds. Förloppet kan till exempel orsakas av att tryckbehållare utsätts för utvändig brandpåverkan. [13]

Eldklotets diameter och avstånd avseende infallande strålningsnivå beräknas med hjälp av ALOHA.

Det har antagits att samtliga som befinner sig där strålningen överstiger 20 kW/m² omkommer, medan samtliga på ett längre avstånd ej omkommer. För personer som befinner sig utomhus har det antagits att alla omkommer, medan det för personer som befinner sig inomhus har antagits att 25 % omkommer.

Eldklotets diameter för en tank innehållandes 20 000 kg propan har beräknats till 152 meter och kritisk strålningsnivå till 246 meter. Varaktigheten har beräknats till 10 sekunder.

B.3 *ADR klass 2.3 – Olycka med giftig gas*

Gasen transporteras under tryck i vätskeform och vid utströmning till luft förångas vätskan fort och övergår i gasform. Gaserna är generellt tyngre än luft och sprids därmed längs marken. Gaserna är giftiga vid inandning och kan innebära livsfara vid höga koncentrationer. Konsekvenserna av ett utsläpp beror framförallt av hålstorlek och väderförhållanden.

B2.4 *Beräkning av konsekvens av olycka med giftig gas*

Giftiga gaser som transporteras på väg kan utgöras av till exempel ammoniak, svaveldioxid och klor. LC₅₀ för svaveldioxid är omkring 900 ppm för 30 minuters exponering och LC₅₀ för ammoniak är omkring 6000 ppm för 30 minuters exponering. Efter 30 minuter antas att räddningstjänst har hunnit stoppa ett läckage.

Beräkningar för uppskattning av avstånd till koncentrationer har gjorts i ALOHA. Beräkningar har gjorts för 800 ppm och svaveldioxid och tunggasmodell har använts i beräkningarna.

Källstyrka	Avstånd till 800 ppm
0,08 kg/s	33 m
0,7 kg/s	91 m
9,4 kg/s	326 m

För beräkning av individrisk har det antagits att vinden i 50 % av fallen är mot västra sidan av transportleden och i 50 % av fallen mot östra sidan. Detta utgör en uppskattning, men eftersom bidraget till individrisken från utsläpp av giftiga gaser är litet bedöms inte antagandet medföra någon större skillnad i beräknad individrisknivå för de olika sidorna av vägen.

Vid beräkning av antalet döda för att uppskatta samhällsrisker har påverkansområdet antagits vara format som en cirkelsektor med vinkeln 36°. Det har antagits att personer som befinner sig utomhus och befinner sig där koncentrationen överstiger 800 ppm omkommer, medan resten inte omkommer. Av personer inomhus antas att 50 % som befinner sig på ett avstånd där koncentrationen understiger 800 ppm omkommer.

B.3

ADR klass 3 – Olycka med brandfarlig vätska

En olycka som leder till utsläpp av brandfarlig vätska leder till en pölbrand om det utsläppta ämnet antänds. Antändning av och brand i en sådan pöl förväntas ge strålningseffekter, som kan skada oskyddade människor och egendom.

Beräkning för att uppskatta strålning från en pölbrand genomförs med ALOHA. I beräkningarna antas pölbranden bestå av heptan.

	10 kW/m ²	20 kW/m ²	40 kW/m ²
75 m ²	23	14	< 10 m
150 m ²	33	21	13
300 m ²	47	31	19

En infallande strålningsintensitet som överstiger 15-20 kW/m² medför att brandspridning kan förväntas ske till intilliggande byggnader.

Det antas att samtliga som befinner sig på ett sådant avstånd att strålningen överskrider 20 kW/m² omkommer, medan personer som befinner sig längre bort inte omkommer.

Vid beräkning av antal döda för de olika utsläppsstorlekarna för att uppskatta nivåer för samhällsrisk antas att påverkansområdet från pölbranden är cirkulärt. Antalet döda för varje scenario har avrundats till närmaste heltal och som minst antagits vara 1 person.

För personer som befinner sig utomhus har det antagits att alla omkommer, medan det för personer som befinner sig inomhus har antagits att 25 % omkommer.

B.4

ADR klass 5 - Olycka med oxiderande ämnen

Oxiderande ämnen kan reagera explosionsartat eller bilda explosiva produkter om det kommer i kontakt med vissa organiska ämnen (t ex aceton och etanol). Kommer det oxiderande ämnet inte i kontakt med organiskt material antas inget explosionsartat förlopp uppstå.

Oxiderande ämne kan tillsammans med organiska ämnen bli explosiva och konsekvenserna är lika de som sker vid olycka med massexplosivt ämne. Utsläpp med oxiderande ämne som medför explosion har därför modellerats med samma konsekvenser som en stor explosion och utsläpp som medför brand modelleras med som konsekvenser som vid en stor pölbrand.

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4105,178	FT8-01	2017-12-15	2020-01-15	2	47 (47)

B.4

ADR klass 8 - Olycka med frätande ämnen

Det finns inga särskilda modeller för att uppskatta konsekvenser av utsläpp med frätande ämnen. Det antas därför att personer inom ett avstånd på 10 meter omkommer medan personer längre bort inte omkommer vid en olycka med sådana transporterade ämnen.

Vid beräkning av antal döda för att uppskatta nivåer för samhällsrisk antas att påverkansområdet från utsläppet är cirkulärt. För personer som befinner sig utomhus har det antagits att alla omkommer, medan det för personer som befinner sig inomhus har antagits att ingen omkommer. Antalet döda har avrundats uppåt och antagits vara 1 person.

Det kan noteras att konsekvenserna för planområdet till följd av olyckor med frätande ämnen helt kan bortses från till följd av topografin.