



Riskutredning för planområde



Utredning av farligt gods i samband med planarbetet för Västra
Hagsätra, Stockholms stad

2022-04-21

Projektinformation

Projektnamn: Västra Hagsätra

Fastigheter: Ärtåkern
Rågrian
Stubbneken
Höstsådden
Torget
Fjäderlåset

Kommun: Stockholms stad

Område: Hagsätra

Uppdragsgivare: IKANO Bostad

Kontaktperson: Yuan-Chen Qian
Yuan-Chen.Qian@ikanobostad.se
076 303 82 86

Uppdragsansvarig: Erik Öberg
erik.oberg@briab.se
070 431 11 00

Handläggare: Erik Bryngelsson (version 1 & 2)
erik.bryngelsson@briab.se
072 206 96 69

Håkan Niva (version 3–5)
Hakan.niva@briab.se
070 431 11 01

Kvalitetskontrollant: David Winberg (version 1 & 2)
Fredrik Nystedt (version 3 & 4)

Datum	Typ av handling	Upprättad av	Kontrollerad av
2019-11-29	Version 1	Erik Bryngelsson	David Winberg
2020-07-30	Version 2	Erik Bryngelsson	David Winberg
2021-12-08	Version 3	Håkan Niva	Fredrik Nystedt
2022-03-25	Version 4	Håkan Niva	Fredrik Nystedt
2022-04-21	Version 5	Håkan Niva	Handläggarkontroll



Sammanfattning

Denna rapport har utrett de olycksrisker som föreligger vid fastigheterna Ärtäkern, Rågrian, Stubbneken, Höstsådden, Torget och Fjäderlåset i Hagsätra, Stockholms kommun.

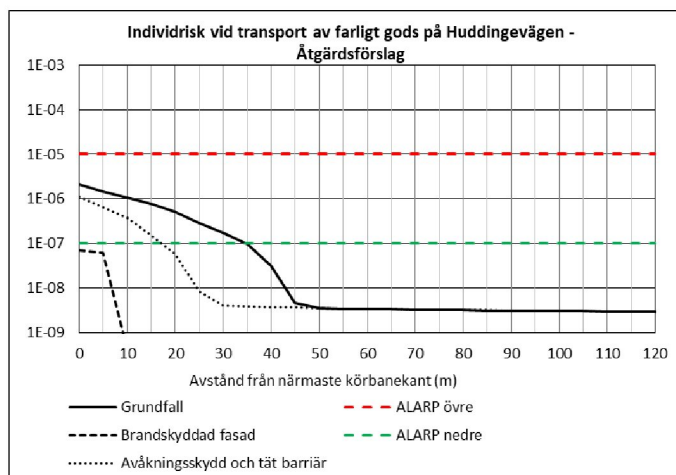
Fastigheterna ligger intill tunnelbanans gröna linje och Huddingevägen, som är en sekundär transportled för farligt gods. Kortaste avstånd mellan tunnelbanan och planerad bebyggelse är 19 meter, vilket är betryggande avstånd då påverkan vid urspårning begränsas till cirka 15 meter. Utmed Huddingevägen planeras bebyggelse på varierande avstånd från vägen, som minst cirka 17 meter. Nedan redovisas minsta avstånd till fastigheterna utmed Huddingevägen.

Fastighet	Markanvändning	Minsta avstånd till Huddingevägen
Ärtäkern 1	Flerbostadshus	25 meter
Rågrian 1	Parkering Centrum	17 meter 35 meter
Stubbneken 1	Flerbostadshus Parkering	40 meter 25 meter

Sevesoanläggningar och andra farliga verksamheter har identifierats och bedömts vara på tillräckligt stora avstånd för att avskrivas.

Riskberäkningar har genomförts för Huddingevägen med utgångspunkt i mätningar av farliga godstransporter förbi planområdet utförda 2015. Inom 35 meter från Huddingevägens körbanekant är individrisken inom "ALARP", vilket betyder att den är acceptabel så länge som alla rimliga och kostnadseffektiva åtgärder vidtas. Beräkningarna har kompletterats med fem känslighetsanalyser för att utreda hur förändringar i trafikeringen påverkar risknivåerna.

Lokala förutsättningar har tillsammans med föreslagna säkerhetshöjande åtgärder analyserats och visats kunna medföra acceptabla risknivåer. De föreslagna åtgärderna bedöms även visa på acceptabla risknivåer, eller risknivåer i nedre delen av ALARP-området, för de känslighetsanalyser som gjorts. Nedan visas individrisken på olika avstånd från Huddingevägen för grundscenariot, samt för två olika säkerhetshöjande åtgärder.



Individrisk på olika avstånd från Huddingevägen. Planerad bebyggelse inom de närmaste fastigheterna ligger på mellan 17 och 55 meters avstånd från körbanekanten. Risknivåer över röd markering är oacceptabla. Nivåer mellan röd och grön markering är inom ALARP-området. Nivåer under grön markering visar på acceptabel risk.



Efter ytterligare analys visas att de skadetyper som bidrar till risknivån inom planområdet till störst del är brännskador. Pölbränder till följd av utsläpp av brandfarlig vätska vid olycka på Huddingevägen är det olycksscenario med störst bidrag. I en känslighetsanalys där giftiga ämnen inkluderas i större omfattning blir även förgiftningsskador ett betydande bidrag till risknivån.

Följande rekommendationer anser Briab behöver vidtas för att nå en betryggande säkerhet för den planerade bebyggelsen i planområdet:

1. Inom 35 meter från Huddingevägens närmaste körbanekant där det inte finns förutsättningar som begränsar utbredning av brandfarliga vätskor mot planområdet utförs fasader, som vetter mot Huddingevägen, i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI 30. Fönster i dessa fasader utförs i lägst brandteknisk klass EW 30, och får vara öppningsbara om byggnadens brandtekniska utformning tillåter det. Om dessa fönster ska tillåtas vara öppningsbara bör det anges i planbeskrivningen. Åtgärden omfattar bostadsbebyggelse inom fastigheten Ärtåtern 1.
2. Inom 20 meter från kanten på en tät barriär eller annan förutsättning utmed Huddingevägen som begränsar utbredning av brandfarliga vätskor mot planområdet utförs fasader, som vetter mot Huddingevägen, i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI 30. Fönster i dessa fasader utförs i lägst brandteknisk klass EW 30, och får vara öppningsbara om byggnadens brandtekniska utformning tillåter det. Om dessa fönster ska tillåtas vara öppningsbara bör det anges i planbeskrivningen. Åtgärden omfattar parkeringshuset inom fastigheten Rågrän 1.
3. Inom 35 meter från Huddingevägens närmaste körbanekant ska det finnas möjlighet till utrymning bort från Huddingevägen. Åtgärden omfattar bostadsbebyggelse inom Ärtåtern 1 samt parkeringshuset och centrumverksamheten inom Rågrän 1.
4. Ytor mellan ny bebyggelse och Huddingevägen utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

Eftersom området mellan Huddingevägen och Ärtåtern 1 är utanför detaljplanen krävs dialog med väghållaren för att avgöra möjligheten att införa avåkningsskydd med tät barriär där. Ett avåkningsskydd bör i sådant fall klara påkörning från tunga fordon, vilket innebär att det bör utföras i lägst kapacitetsklass H2 eller motsvarande enligt SS-EN 1317-2. Vidare bör en tät barriär ha en höjd på minst cirka 0,3 meter ovan mark. Om detta införs utmed Ärtåtern 1 gäller samma avstånd för åtgärder avseende skydd mot brandspridning som där det finns en höjdskillnad och naturlig barriär mot planområdet, se punkt 2 ovan.



Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
1 Inledning	7
1.1 Syfte och mål	7
1.2 Omfattning	7
1.3 Metod	7
1.4 Avgränsningar	8
1.5 Underlag	8
1.6 Kvalitetssystem	8
1.7 Revideringar	8
2 Riskhänsyn vid fysisk planering	9
2.1 Risk	9
2.2 Styrande dokument	9
2.3 Metodik, principer och kriterier för riskvärdering	10
3 Planområdets förutsättningar	14
3.1 Planområdet	14
3.2 Huddingevägen	16
3.3 Tunnelbanan	17
3.4 Befolkningstäthet vid planområdet	18
4 Riskidentifiering	19
4.1 Farliga verksamheter och miljöfarliga verksamheter	19
4.2 Transporter med farligt gods	21
5 Risknivåer längs med transportleder för farligt gods	26
5.1 Risknivåer utan säkerhetshöjande åtgärder (Grundscenariot)	26
5.2 Känslighetsanalyser	27
5.3 Säkerhetshöjande åtgärder	31
6 Slutlig riskvärdering och rekommendationer	36
6.1 Allmänt	36
6.2 Riskvärdering	36
6.3 Rekommendationer	36
6.4 Andra aspekter att beakta	38
7 Referenser	39
Bilagor	41
A. Sannolikhets- och statistikteori	43



B. Trafikflöden	44
C. Frekvenser för olycka med farligt gods	45
D. Konsekvenser av olyckor med farligt gods	57
E. Risknivåer utmed transportleder för farligt gods	72
F. Diskussion om modell och antaganden	80
G. Säkerhetshöjande åtgärder	83



1 Inledning

Briab har på uppdrag av IKANO Bostad utrett den riskbild som är förknippad med exploatering av ett större planområde benämnt Västra Hagsätra i Hagsätra. Utredningen görs utifrån plan- och bygglagens (2010:900) krav på att bebyggelse ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till människors hälsa och säkerhet, och risken för olyckor.

1.1 Syfte och mål

Syftet med riskutredningen är att bedöma riskbilden som är förknippad med planerad markanvändning inom planområdet. Målet med utredningen är att ta fram ett underlag för aktuell detaljplaneprocess.

1.2 Omfattning

En övergripande riskinventering har identifierat följande riskkällor för planområdet:

- ♦ Transporter av farligt gods på Huddingevägen
- ♦ Urspårning från tunnelbanan

Sevesoanläggningar och andra farliga verksamheter har identifierats i planområdets närhet, och redovisas i avsnitt 4. Avstånden från planområdet är dock tillräckligt stora för att avskrika dessa verksamheter som riskkällor. Analysen omfattar därför endast risker till följd av transport av farligt gods på Huddingevägen och urspårning av tunnelbanevagnar.

Risikanalysen besvarar följande centrala frågeställningar:

- ♦ Hur kan riskhänsyn visas och finns det ett behov av åtgärder eller begränsningar för att möjliggöra föreslagen utveckling av planområdet?

1.3 Metod

Följande metodik används i denna riskutredning. Se även avsnitt 2.3 för mer information om riskhanteringsprocessen.

1. Riskidentifiering. För att ta reda på vilka riskkällor som kan vara relevanta för området studeras området (med omgivning) inom ramen för utredningens avgränsningar. I riskidentifieringen görs en första översiktlig bedömning för att sälla ut vilka riskkällor som erfordrar fördjupad analys.

2. Fördjupad analys. De olyckshändelser som är svårbedömda och väntas ge upphov till förändrad risknivå för området analyseras mer ingående via separata analyser. Händelsernas frekvenser och konsekvenser studeras via logiska argument och/eller via kvantitativa, probabilistiska metoder för att uppskatta risknivån.

Analysen arbetar efter följande frågeschema:

- ♦ Vad kan hända?
- ♦ Hur ofta kan det hända?
- ♦ Vilka blir konsekvenserna?
- ♦ Hur stor är risken?



3. Riskvärdering. Uppskattade risknivåer ställs samman och en riskvärdering genomförs. Eventuella riskreducerande åtgärder med koppling till markanvändning och funktion identifieras och därefter verifieras att de ger avsedd effekt på risknivån, d.v.s. att den sjunker till en acceptabel nivå. Riskreducerande åtgärder kan exempelvis vara att rekommendera mindre känslig verksamhet, verksamhet där människor inte uppehåller sig längre stunder, skyddsavstånd eller tekniska lösningar och funktionskrav.

1.4 Avgränsningar

Med risk avses i dessa sammanhang en sammanvägning av frekvensen för en olycka och dess konsekvens. Rapporten behandlar akuta risker för människors liv, s.k. olycksrisker vilka är relaterade till transport av farligt gods eller farliga verksamheter. Följande risker behandlas ej:

- ♦ Risker för egendom, arbetsmiljö och påverkan på miljön.
- ♦ Risker förknippade med buller, vibrationer, elsäkerhet och luftföroreningar.
- ♦ Risker relaterade till trafiksäkerhet som påkörning av personer, etc.

Tidshorisont för utredningen är vald till 2040, med hänsyn till trafiktal och befolkningstäthet.

1.5 Underlag

I Tabell 1 framgår vilket planeringsunderlag som nyttjats i utredningen.

Tabell 1. Underlag.

Handling	Datum	Upprättad av
Situationsplan	2022-03-07	Tengbom

1.6 Kvalitetssystem

Handlingen omfattas av kontroll enligt anvisningarna i Briabs ledningssystem, vilket är certifierat enligt ISO 9001. Handläggaren, uppdragsansvarig samt en särskild utsedd kontrollant inom Briab kontrollerar att relevanta krav och råd tillgodoses.

1.7 Revideringar

Handlingen är en femte version. Bakgrunden till trafikuppgifterna har förtydligats och diskussionen avseende öppningsbarhet för brandklassade fönster har utvecklats. Därutöver har argument kring att undvika stadigvarande vistelse mellan Huddingevägen och bebyggelse utvecklats till rekommendationer. Mindre justeringar har också gjorts av enstaka figurer och formuleringar. Revideringarna är av mindre karaktär och har därför endast genomgått handläggarkontroll och kontroll av uppdragsansvarig.



2 Riskhänsyn vid fysisk planering

I detta avsnitt förklaras begrepp och styrande dokument kopplat till riskhänsyn vid fysisk planering.

2.1 Risk

Begreppet risk kan tolkas på olika sätt. I denna utredning tolkas risk som en oönskad händelses sannolikhet multiplicerat med omfattningen av dess konsekvens, vilka kan vara kvalitativt eller kvantitativt bestämda. I utredningen kvantifieras risk med två olika riskmått, individ- respektive samhällsrisk.

Med **individrisk**, eller platsspecifik risk, avses risken för en enskild individ att omkomma av en specifik händelse under ett år på en specifik plats. Individriska är oberoende av hur många människor som vistas inom ett specifikt område och används för att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabelt höga risknivåer [1].

Samhällsriska, eller kollektivrisken, visar den ackumulerade sannolikheten för det minsta antal människor som omkommer till följd av konsekvenser av oönskade händelser. Till skillnad från individrisk tar samhällsriska hänsyn till den befolkningssituation som råder inom undersökt område [1].

2.2 Styrande dokument

Relaterat till riskhantering finns ett flertal styrande dokument som ska beaktas vid planläggning.

2.2.1 Plan- och bygglagen (2010:900)

Plan- och bygglagen (2010:900) anger att bebyggelse och byggnadsverk ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till bl.a. människors hälsa och säkerhet. Vidare ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till bl.a. skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser.

2.2.2 Rekommendationer och riktlinjer

För att tydliggöra vilken mark som, med hänsyn till människors hälsa och säkert och risken för olyckor, är lämpad för ändamålet har flera länsstyrelser i Sverige presenterat vägledningar och riktlinjer för riskhänsyn vid fysisk planering.

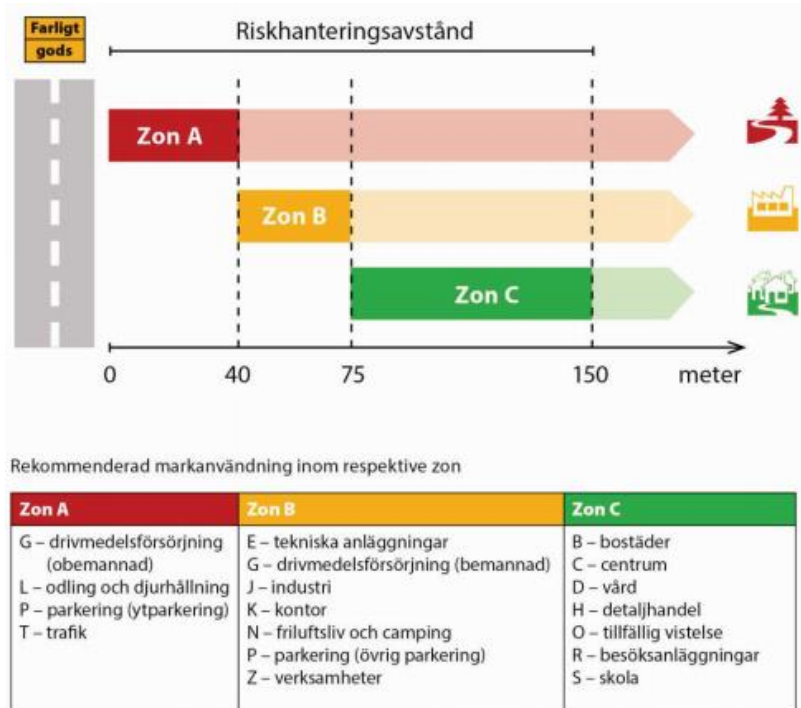
Länsstyrelsen i Stockholms län har gett ut rekommendationerna *Riktlinjer för riskanalys som beslutsunderlag* [2] och *Riskanalyser i detaljplaneprocessen* [3]. Dessa är generella rekommendationer beträffande krav på innehåll i riskanalyser i planprocessen.

Utöver de allmänna rekommendationerna har Länsstyrelsen i Stockholms län publicerat mer specifika rekommendationer rörande bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt drivmedelsstationer [4]. I dessa anges att ny bebyggelse inte bör medges så nära farligt gods-leder att transporterna med farligt gods till slut omöjliggörs. Det framgår även att en riskanalys ska göras om bebyggelse planeras inom **100 meter från drivmedelsstationer** och om risk föreligger.



I *Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods* [5] anges att riskerna alltid ska bedömas vid fysisk planering inom **150 meter från transportled för farligt gods**.

I de senast utgivna riktlinjerna från år 2016, *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* [6], rekommenderas att markanvändning intill transportleder för farligt gods generellt bör planeras med de i Figur 1 angivna skyddsavstånden (zon A, B och C).



Figur 1. Rekommenderade skyddsavstånd mellan transportleder för farligt gods) och olika typer av markanvändning. Avstånden mäts från närmaste väggkant [6].

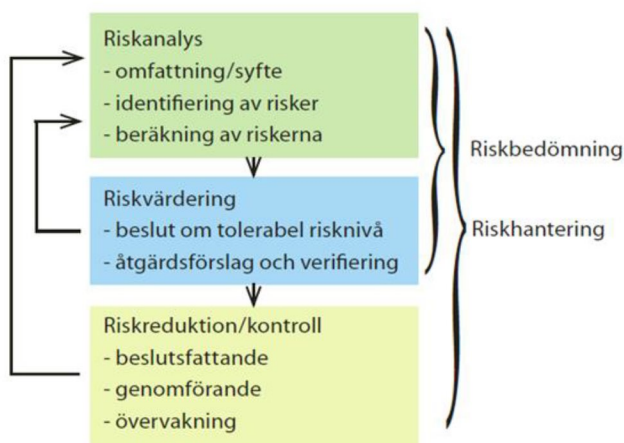
För sekundära leder som Huddingevägen rekommenderas ett bebyggelsefritt avstånd på minst 25 meter mellan vägen och markanvändning som exempelvis bostäder och tillfällig vistelse. Det nämns också att kortare avstånd kan vara möjligt, men att skyddsavstånd mindre än 15-20 meter sannolikt inte är aktuellt.

2.3 Metodik, principer och kriterier för riskvärdering

I detta avsnitt redovisas principer och kriterier för riskvärdering från flera olika källor. Avsnittet är allmänt skrivet och i avsnitt 3.4 redovisas de kriterier för riskvärdering som tillämpas i denna riskanalys.

2.3.1 Metodik för riskhantering

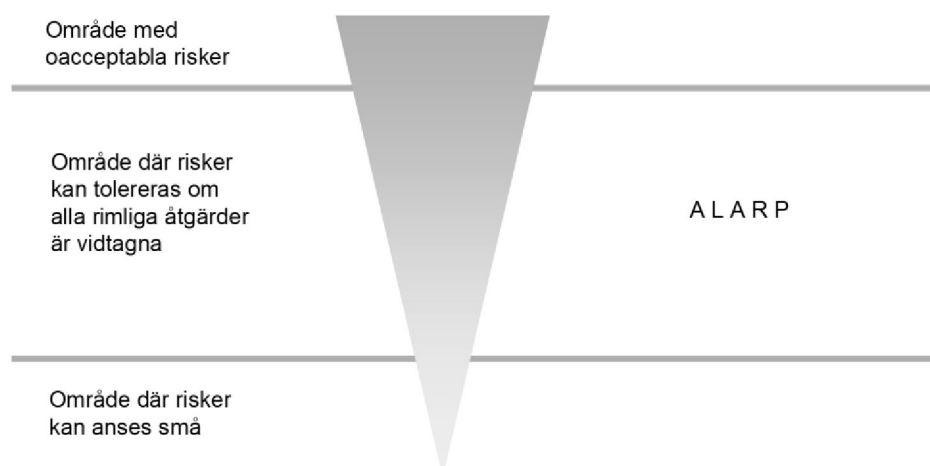
Riskhanteringsprocessen utgör ett systematiskt och kontinuerligt arbete för att kontrollera eller minska olycksrisker. Hanteringen kan delas in i tre delar: riskanalys, riskvärdering och riskreduktion. Dessa behandlar allt från identifiering av riskkällor och potentiella olyckshändelser till beslut om och genomförande av riskreducerande åtgärder samt uppföljning av att besluten ger avsedd påverkan på riskbilden. Schematiskt kan processen beskrivas enligt Figur 2.



Figur 2. Metodik för riskhantering [5].

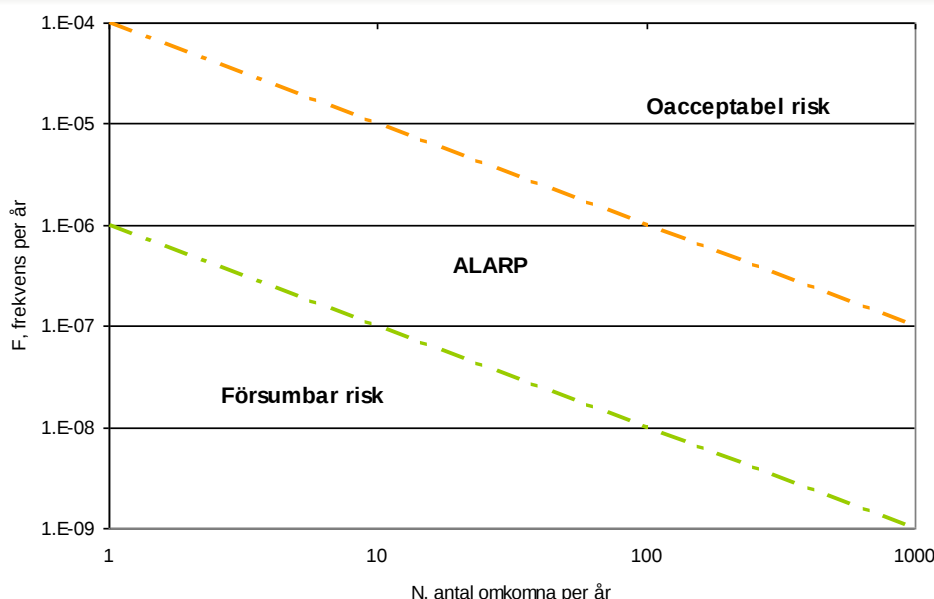
2.3.2 Allmänt om kriterier för riskvärdering

Kriterier för riskvärdering kommer att användas för att avgöra om risknivån är acceptabel eller inte. Acceptanskriterierna uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med en given konsekvens skall inträffa. Risker kan delas in i tre kategorier. De kan anses vara acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla. Figur 3 nedan beskriver principen för riskvärdering [7].



Figur 3. Princip för uppbyggnad av riskvärderingskriterier.

Om en risk anses vara acceptabel med restriktioner innebär det att man befinner sig i ett område som vanligtvis benämns "ALARP", vilket är en förkortning av "As Low As Reasonably Practicable". Befinner sig risken för en olycka inom detta område bör riskerna reduceras så mycket som är möjligt utifrån samhällsekonomiska och praktiskt perspektiv. Konkret innebär det en kombination av olika riskreducerande åtgärder som t.ex. separering (avstånd till transportleden), differentierad bebyggelse, hastighetsbegränsning och utformning av spårområde (vid bebyggelse nära järnväg). I Figur 4 visas hur ALARP-zonen kan definieras med kvantitativa mått.



Figur 4. Illustration av ALARP-zonen för riskmåttet "samhällsrisk" med exempel på riskvärderingskriterier [7].

2.3.3 Räddningsverkets (MBS:s) fyra principer för riskvärdering

För risker förknippade med människors hälsa och säkerhet bedöms risknivåerna övergripande utifrån de fyra principer som utarbetats av Räddningsverket, nuvarande MSB [1]:

- ♦ **Rimlighetsprincipen** - Risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras ska alltid åtgärdas (oavsett risknivå).
- ♦ **Proportionalitetsprincipen** - En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta i form av exempelvis produkter och tjänster som verksamheten medför.
- ♦ **Fördelningsprincipen** - Riskerna bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.
- ♦ **Principen om undvikande av katastrofer** - Om risker realiserar bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

Proportionalitets- och fördelningsprincipen och principen om undvikande av katastrofer uppfylls vid värdering med de kvantitativa värderingskriterierna för individ- och samhällsrisk. Rimlighetsprincipen kan uppfyllas genom exempelvis så kallad kostnad-nytta-analys [1].

2.3.4 DNV:s föreslagna kriterier

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Länsstyrelsen i Stockholms läns rekommendationer och praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas (DNV) förslag på riskkriterier gällande individ- och samhällsrisk [7].

För *individerisk* föreslog DNV följande kriterier:

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

För *samhällsrisk* föreslog DNV följande kriterier:



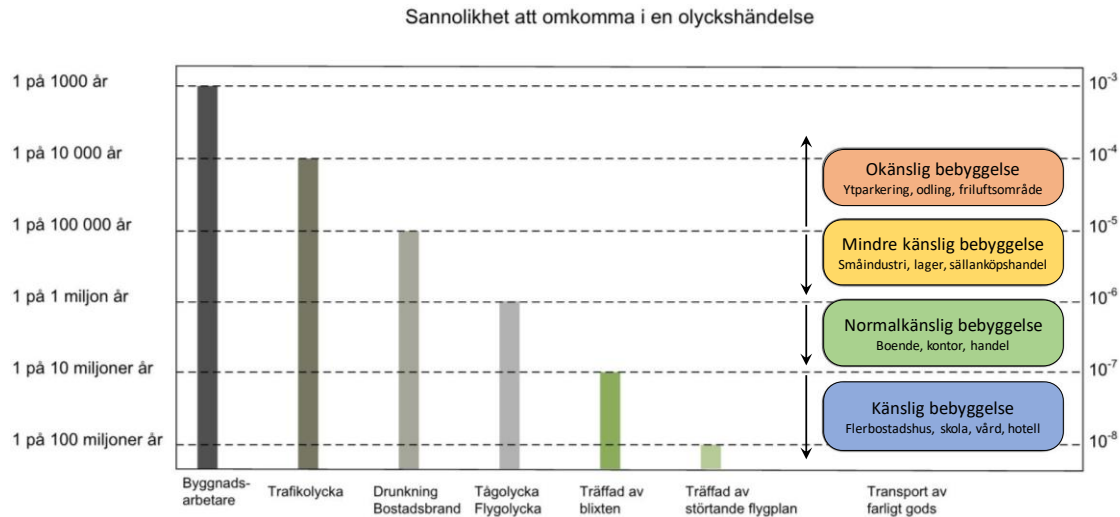
- ♦ Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N -kurva: -1
- ♦ Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N -kurva: -1

Samhällsriskerna avser 1 km² med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km transportled. Mellan den övre och undre individ- respektive samhällsriskgränsen finns det område som benämns ALARP.

2.3.5 Jämförelser med andra olycksrisker i samhället

Intresseföreningen för Processsäkerhet (IPS) har i sin publikation *Tolerabel risk inom kemikaliehanterande verksamheter* sammanställt sannolikheten att omkomma av olika olycksrisker. Riskerna att omkomma under en livstid är 100 %, vilket kan uttryckas som att sannolikheten att dö är 1 för varje människa. Om risken att omkomma skulle fördelas jämnt över en livstid (100 år) blir den genomsnittliga sannolikheten att omkomma 1/100 per år, det vill säga 1 %. Men sannolikheten att omkomma är inte jämnt fördelad. Under en livstid är sannolikheten lägst vid 7-års ålder och uppgår till cirka 0,0001 per år, det vill säga 10^{-4} per år.

Vidare visar statistiken att risken att omkomma genom olyckshändelse i Sverige är $4 \cdot 10^{-4}$ per år för män och $3 \cdot 10^{-4}$ per år för kvinnor. Riskerna att omkomma i arbetsolycka i Sverige är $2 \cdot 10^{-5}$ per år för män och $2 \cdot 10^{-6}$ per år för kvinnor. Riskerna att omkomma i byggnadsbränder är också i storleksordningen $2 \cdot 10^{-5}$ per år och sannolikheten att omkomma pga. blixtnedslag är cirka $4 \cdot 10^{-7}$ per år [8]. I Figur 5 görs en jämförelse mellan olika individrisker i samhället och de individrisker vid transport av farligt gods som anges i avsnitt 2.3.4.



Figur 5. Jämförelse mellan olika individrisker i samhället och individrisker vid transport av farligt gods (enligt exempel på tillämpning i avsnitt 2.3.4).

3 Planområdets förutsättningar

3.1 Planområdet

Planområdet ligger i Hagsätra som är en del av Stockholms kommun. Planområdet sträcker sig över flera fastigheter och bebyggelse planeras enligt Figur 6. De färglagda byggnadskropparna indikerar nya byggnader, medan de vita byggnaderna visar befintlig bebyggelse. Den streckade röda linjen utmed Huddingevägen är 25 meter från vägen.

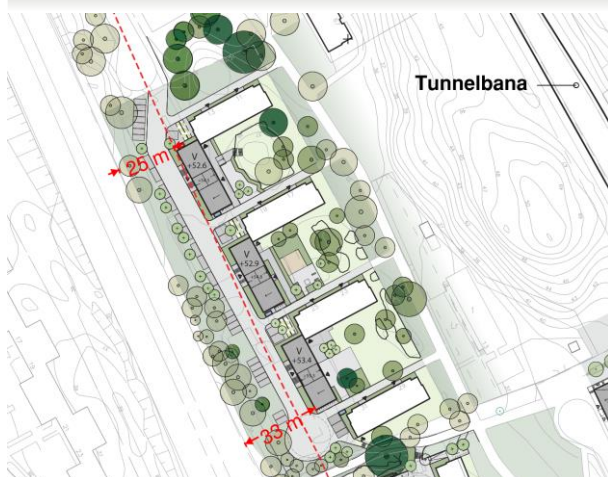
Flera transportleder passerar genom planområdet, varav de största är Huddingevägen, tunnelbanan, Olshammarsgatan och Vintrosgatan. Området är ett befintligt bostadsområde med bland annat skolor, butiker och restauranger.

Inga lokala målpunkter för farligt gods har identifierats i planområdet och inga transporter av farligt gods förväntas därmed gå på Olshammarsgatan eller Vintrosgatan. Detta inkluderar även av och påfarter mellan Olshammarsgatan och Huddingevägen.



Figur 6. Karta över planområdet och förbipasserande Huddingevägen, tunnelbanan och Olshammarsgatan. Källa: Tengbom, redigerad av Briab.

I Figur 7–Figur 9 redovisas avstånd mellan Huddingevägens körbanekant och närmaste planerade bebyggelse inom fastigheterna.



Figur 7. Avstånd mellan Huddingevägen och planerad bebyggelse inom Ärtakern 1.



Figur 8. Avstånd mellan Huddingevägen och planerad bebyggelse inom Rågrian 1.



Figur 9. Avstånd mellan Huddingevägen och planerad bostadsbebyggelse inom Stubbneken 1.



Det planeras för sammanlagt ca 310 lägenheter och 112 parkeringsplatser. Bostäderna är flerbostadshus och byggnadernas höjd varierar inom området, mellan ungefär 3-8 våningar ovan mark.

Bostäder inom Ärtåkern 1 placeras minst 25 meter från Huddingevägen. Inom Rågrian 1 placeras parkeringshuset 17-20 meter från Huddingevägen, och den del som utgörs av centrumverksamhet är ca 35 meter från vägen. Söder om Olshammarsgatan inom Stubbneken 1 är bostadshusen minst 40 meter från Huddingevägen, och det södra huset är cirka 35 meter från Huddingevägens avfart. Parkeringen inom Stubbneken 1 är strax över 25 meter från Huddingevägen. Bostadshus och centrumverksamhet inom Höstsådden 1 placeras ca 19 meter från tunnelbanan.

3.2 Huddingevägen

I västra delen av planområdet passerar Huddingevägen som är en vältrafikerad väg som används för både jobbpendling och godstrafik. Huddingevägen utgör en sekundär transportled för farligt gods, vilket innebär att vägen ska användas för transport till och från verksamheter utmed vägsträckan. Det aktuella vägavsnittet ligger mellan två primära transportleder för farlig gods vilket i praktiken kan medföra att även genomfartstrafik förekommer på vägen.

För att uppskatta vilka klasser av farligt gods-transporter som kan förväntas gå här görs en bedömning baserat på mätningar utförda av WSP [9] i avsnitt 4.1.1.

3.2.1 Förutsättningar för Huddingevägen

Huddingevägen är en väg med två filer i respektive körriktning förbi planområdet [10]. Hastighetsbegränsningen är 70 km/h, men det finns planer på en sänkning till 60 km/h, vilket hanteras i en känslighetsanalys. Från Olshammarsgatan går avfarter till Huddingevägen som passerar fastigheterna Stubbneken och Rågrian, som ligger upphöjt i förhållande till Huddingevägen.

Årsdygnstrafik (trafikarbete) - ÅDT

Trafikuppgifter för Huddingevägen presenteras i Tabell 2. Totalt antal fordon per dygn samt andel tung trafik är hämtade från en trafikbullerutredning upprättad av ACAD år 2020 och avser år 2040 [11]. Trafikuppgifterna i bullerutredningen har räknats upp från år 2014 med 1 % årligen, och grundtrafiken utgår från Stockholms stads trafikflödeskartor (Miljöbarometern). Uppgifter om axelpar utgår från ett axelpar per personbil (2 axlar) [12] och ett medelantal på 1,25 axelpar för lastbilar (2,5 axlar), vilket baseras på en trafikmätning utmed Huddingevägen nära planområdet [13].

Tabell 2. Prognoserade trafikuppgifter för Huddingevägen år 2040.

Parameter	Prognoserad ÅDT år 2040
Total trafik	51 214
Tung trafik	5 121
Axelpar	57 616

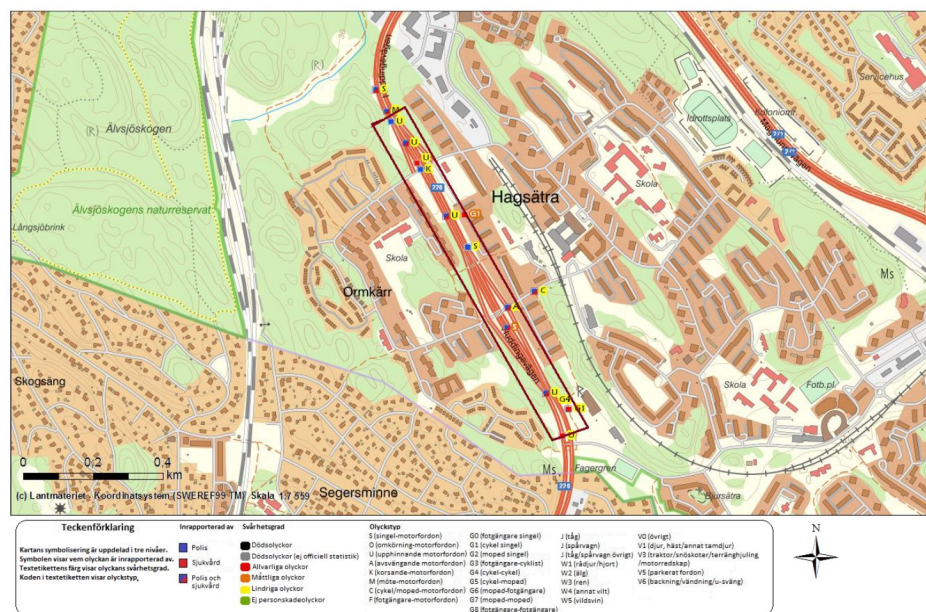


Olyckskvot

Olyckskvot är ett mått på mängden olyckor som sker på vägen i fråga. Detta är en viktig parameter för att kunna bedöma sannolikheten för olycka, och därigenom också sannolikheten för olycka med farligt gods.

För att bestämma olyckskvoten för Huddingevägens sträcka förbi planområdet används uppgifter från Trafikverkets publikation *Bygg om eller bygg nytt – Kapitel 6 Trafiksäkerhet*. För aktuell sträcka används en olyckskvot på 0,149 [12].

Ett alternativt sätt att bedöma olyckskvoten är via Transportstyrelsens databas STRADA [14]. För detta har ett utdrag gällande trafikolyckor på vägsträckan under perioden 2010-2019 (10 år) gjorts, se Figur 10.



Figur 10. Aktuell sträcka på Huddingevägen för uttag av olycksstatistik från STRADA.

Olyckskvoten kan därefter beräknas med avseende på antal olyckor längs vägsträckan (16 olyckor totalt varav 5 var singelolyckor) och trafikarbete (cirka 14,2 miljoner axelparskilometer per år). För sträckan ovan fås en olyckskvot på 0,113 olyckor per miljon axelparskilometer. Olyckskvoten från Trafikverket är högre, samtidigt som antalet olyckor i utdraget från Strada bedöms vara något lågt för att användas som statistiskt underlag. Därmed används olyckskvoten från Trafikverket vid beräkningarna. En känslighetsanalys görs där olyckskvoten ökas ytterligare, i detta fall med en faktor 3.

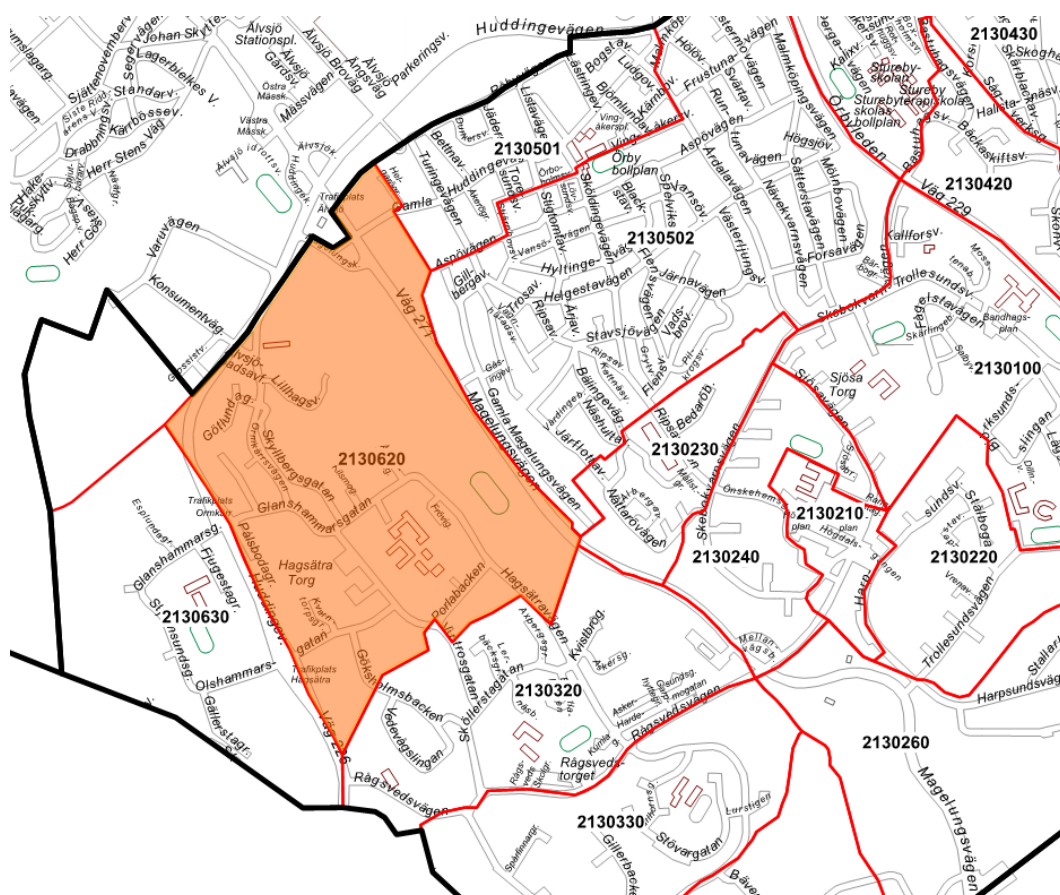
3.3 Tunnelbanan

Tunnelbanan passerar igenom planområdet och slutstation Hagsåtra ligger i planområdets norra del. Som närmast passerar tunnelbanan cirka 19 meter från den planerade byggnaden på Höstsådden. På spåret transporteras inga godståg och därmed inget farligt gods. Det kan dock fortfarande föreligga risk kopplat till urspårning. Baserat på tidtabellen från SL ankommer och avgår totalt cirka 250 tåg per dygn. I ACAD:s utredning redovisas prognos för 2050 som uppgår till 324 tåg per årsmedeldygn [11].



3.4 Befolkningstäthet vid planområdet

För att möjliggöra en välgrundad riskbedömning med avseende på samhällsrisk är befolkningstätheten inom området av stor vikt. Stockholm stads har gjort en prognos för befolkningstätheten i basområde 2130620 – *Hagsätra Torg* markerat i Figur 11 [15]. Området mäter cirka 1,1 km² till ytan och uppskattas enligt prognosen ha en befolkningstäthet på 7 743 personer/km² år 2028. För att ta hänsyn till befolkningsökningen i området görs en uppskattning av befolkningstätheten för horisontåret 2040. Utifrån SCBs statistik över befolkningsmängden sedan år 2000 och Stockholm stads prognos kan en linjär extrapolation göras till år 2040. Då erhålls en uppskattning på cirka 8 673 personer/km². En linjär anpassning är en grov uppskattning och dessutom delvis baseras på prognoser, vilket bör tas i åtanke. Stockholm stads prognos visar en avtagande befolkningshastigheten i slutet av prognosen (2026-2028) och den linjära extrapolationen bedöms troligen ge en överskattning av befolkningstätheten.



Figur 11. Basområde 2130620 - Hagsätra Torg.

Persontätheten (inklusive studenter och arbetstagare) på området kan uppskattas till ungefär samma siffra som befolkningstätheten (där boende ger det största bidraget under kvällen och natten och arbetstagare ger största bidraget under dagen). Det finns både boendebyggnader och arbetsplatser i planområdets omgivning.



dels flakfyllning för vidaretransport till drivmedelsstationer runtom i Storstockholm [19]. Inga giftiga gaser hanteras inom verksamheten. Verksamheten ligger ca 1 km från närmaste planerad byggnad på fastigheten Ärtåkern. Risken för explosion och brand i samband med AGA Gas verksamhet bedöms inte påverka risknivån för den planerade bebyggelsen på ett sådant långt avstånd.

4.1.3 Gasnätet Stockholm AB (Seveso, lägre kravnivån)

Verksamheten lagrar stora mängder LNG och levererar gas till stadsnätet såväl som fordonsgasnätet. Anläggningen på Selaövägen har en förångningsstation och en blandningsstation för inblandning av luft i biogasen innan den levereras till gasnätet. Gasleveranser kommer till anläggningen via tankbil [20]. Anläggningen ligger på ett ca 2,8 km avstånd och risken för explosion och brand i samband med verksamheten bedöms inte påverka risknivån för den planerade bebyggelsen.

4.1.4 Sandvik Västberga (Seveso, lägre kravnivån)

Storstockholms brandförsvaret beskriver verksamheten i *Information till allmänheten enligt Sevesolagstiftningen* [21]:

”Inom verksamheten tillverkas och utvecklas bland annat bergbörprodukter och slipdelar av hårdmetall samt forskning och utveckling av hårdmetallsprodukter. På Sandviks anläggning förvaras större mängder hårdmetallpulver som används inom produktionen. Hårdmetallpulvret innehåller kobolt och volfram och är klassificerat som både giftigt och miljöfarligt. På anläggningsområdets nordöstra hörn finns en gasstation där vätgas förvaras. Vätgasen är klassificerat som brandfarlig. På motsatt sida, på verksamhetens västra del finns ett förråd med etanolförvaring. Även etanolen är klassad som brandfarlig. Inom hela verksamheten finns också drygt 6 m³ brandfarliga vätskor (klass 1) samt ca 220 m³ brandfarlig gas, huvudsakligen förvarade i containerpaket inne på verksamhetsområdet.”

Sandviks anläggning ligger cirka 3,2 km från närmaste planerade byggnad på planområdet. I och med det långa avståndet bedöms Sandviks verksamhet på anläggningen i Västberga inte påverka risknivån för planområdet.

4.1.5 Tunnelbanan

Skyddsavstånd från tunnelbana är ofta maximalt 15 meter, vilket betyder att byggnaderna på Höstsådden ligger på ett betryggande avstånd (19 meter). Höstsådden ligger också nära Hagsätra station vilket medför lägre hastigheter i och med att tågen accelererar eller bromsar in förbi fastigheten. Dessutom är rälsen förbi fastigheten en raksträcka vilket minskar risken för urspårning. Tunnelbanan avskrivs därmed som riskkälla.

4.1.6 Övriga verksamheter

Inga övriga verksamheter som har tillstånd att hantera brandfarliga eller explosiva varor, eller tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter, har identifierats inom eller i planområdets omgivning. Detta har säkerställts genom att använda Länsstyrelsens (tillståndsmyndighet för miljöfarliga verksamheter) web-GIS¹ samt kontakt med räddningstjänsten²

¹ Länsstyrelsens WebGIS, besöksdatum 2019-11-22 [29].

² Mailkontakt med Dan Hallman, Storstockholms brandförsvaret 2019-11-25.





















(tillståndsmyndighet för brandfarliga och explosiva varor). Utifrån detta förväntas heller inget farligt gods gå på Olshammarsgatan eller Vintrosgatan. Detta inkluderar även av- och påfarter mellan Olshammarsgatan och Huddingevägen. Därmed avskrivs dessa vägar som riskällor.

4.2 Transporter med farligt gods

I *Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods* [5] anges att riskerna alltid ska bedömas vid fysisk planering inom 150 meter från transportled för farligt gods. Nedan görs en övergripande genomgång av farliga händelser som kan inträffa vid transportleder med farligt gods. Dessa händelsers risk kvantifieras (beräknas) sedan i kommande kapitel för Huddingevägen.

4.2.1 Transportklasser

Transport av farligt gods på land regleras i ADR³ för transport på väg. I ADR delas farligt gods in i klasser beroende på vilka farliga egenskaper som ämnet har (se Figur 13 och Figur 14).

Klass	Etikettförlagor
Klass 1 Explosiva ämnen och föremål	   
Klass 2 Gaser	    
Klass 3 Brandfarliga vätskor	 
Klass 4.1 Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen och fasta okänsliggjorda explosivämnen	
Klass 4.2 Självantändande ämnen	
Klass 4.3 Ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten	 
Klass 5.1 Oxiderande ämnen	
Klass 5.2 Organiska peroxider	 

Figur 13. Indelning av farligt gods i ADR-klasser.

³ ADR är europeiska föreskrifter för transport av farligt gods på väg och i terräng. I Sverige används den nationella anpassningen ADR-S (MSBFS 2020:9).



Klass	Etikettförlagor
Klass 6.1 Giftiga ämnen	
Klass 6.2 Smittförande ämnen	
Klass 7 Radioaktiva ämnen	
Klass 8 Frätande ämnen	
Klass 9 Övriga farliga ämnen och föremål	

Figur 14. Indelning av farligt gods i ADR-klasser.

4.2.2 Möjliga olyckor

Huvuddelen av olyckorna med farligt gods inblandat är i grunden trafikolyckor och åtgärder för att förbättra vägsäkerheten medverkar därför också till att minska risken för en olycka med farligt gods. Det finns andra händelser än trafikolyckor som kan ge ett utsläpp av farligt gods, t.ex. fordonsbränder och handhavandefel vid lastning. En brittisk studie visar att andelen sådana händelser är i storleksordningen 5 % och det antas därmed att dessa händelser inryms i de konservativa skattningar av olycksfrekvenserna som rapporten bygger på [22].

Farligt gods utgörs av flera olika ämnen vars fysikaliska och kemiska egenskaper varierar. Vid ett utsläpp kan olika typer av konsekvenser inträffa beroende på ämnets egenskaper. Principiellt kan en indelning ske i masseexplosiva ämnen, giftiga kondenserade gaser, brandfarliga kondenserade gaser, giftiga vätskor, brandfarliga vätskor och frätande vätskor. Fyra olika typer av konsekvenser kan härledas; brand, explosion och utsläpp av giftiga och frätande kemikalier.

Masseexplosiva ämnen kan detonera vid olyckor och transport. Skadeverkan är en blandning av strålnings- och tryckskador. Tryckkondenserade gaser är lagrade under tryck i vätskeform. Vid utströmning kommer en del av vätskan att förångas och övergå i gasform. Utströmningen ger upphov till ett gasmoln som driver i väg med vinden. Vätskor som strömmar ut breder ut sig på marken och bildar vätskepölar. Beroende av vätskans flyktighet kommer avdunstningen att gå olika fort.

Brand och explosion kan uppstå sekundärt efter ett utsläpp av brandfarlig gas eller vätska. Antänds en vätskepöl uppstår en pölbrand och om en gas antänds direkt vid utsläppskällan uppstår en jetflamma. Vid utströmning av brandfarlig gas används ofta termerna UVCE⁴ och BLEVE⁵. UVCE inträffar om ett gasmoln antänds på ett längre avstånd från utsläppskällan och BLEVE är ett resultat av att en pga. värmepåverkan kokande vätska (tryckkondenserad gas) släpps ut momentant från en bristande tank och exploderar med stor kraft. En BLEVE är att

⁴ Unconfined Vapour Cloud Explosion.

⁵ Boiling Liquid Expanding Vapour Cloud Explosion.



beakta som en sekundär konsekvens av en farligt godsolycka då den kräver en kraftig uppvärmning till följd av en brand för att kunna inträffa.

Ovanstående konsekvenser kan härledas till farligt gods i klass 1, 2, 3, 6 och 8. Brandfarliga fasta ämnen i klass 4, oxiderande ämnen och organiska peroxider i klass 5, radioaktiva ämnen i klass 7 och övriga ämnens i klass 9 utgör normalt ingen fara för omgivningen då konsekvenserna koncentreras till fordonets närhet. Det finns naturligtvis undantag, till exempel kan oxiderande organiska peroxider (klass 5) som blandas med brandfarliga vätskor (klass 3) orsaka explosioner. Föroreningar i en tank med väteperoxid (klass 5) kan orsaka ett skenande sönderfall med en tanksprängning som följd.

4.2.3 Val av olycksscenarier

Vid transport av farligt gods utgör nedanstående olycksförlopp de dimensionerande olycksscenarierna:

- ♦ Detonation av *massexplosiva ämnen* som ger tryckverkan och brännskador.
- ♦ Utsläpp och antändning av kondenserad *brännbar gas* som kan ge upphov till BLEVE, gasmolnsexplosion, gasmolnsbrand och jetflamma, vilket leder till brännskador och i vissa fall även tryckpåverkan.
- ♦ Utsläpp av kondenserad *giftig gas* som ger förgiftning vid inandning.
- ♦ Utsläpp och antändning av *brandfarliga vätskor* vilka ger pölbrand med efterföljande brännskador.
- ♦ Utsläpp av *giftiga brandfarliga vätskor* vilka ger förgiftning vid inandning när de driver i väg som gasmoln.
- ♦ Detonation till följd av blandning av *oxiderande ämne* med *brandfarlig vätska*.
- ♦ Utsläpp av *giftiga vätskor* som ger förgiftning vid inandning när de driver i väg som gasmoln.
- ♦ Utsläpp av *frätande vätskor*, vilka ger frätskador vid hudkontakt.

4.2.4 Farligt gods på Huddingevägen

Antalet transporter med farligt på Huddingevägen baseras på WSP:s utredning, där 21 transporter per dag förekom år 2015 [9]. Dessa utgjorde då 0,5 % av den tunga trafiken. Av transportererna var drygt 8 styckegodstransporter, vilket exempelvis kan vara flak med gasflaskor där fordonets skylt är onummererat. Vid beräkning av risknivåer beaktas generellt inte styckegodstransporter. Det kan utläsas att antalet transporter av gas (ADR-klass 2) blir cirka en per dag. Linde Gas (före detta AGA Gas) transporterar LNG cirka 3-5 dagar i veckan med tankbil⁶ till lagertank, samt några styckegodstransporter (flak med gasflaskor). I en utredning i samband med planarbetet för Kv Självstarten 22 uppskattades antalet transporter med tankbil tillhörande Linde Gas till 3-4 per dag [23]. Som grundscenari väljs den uppdelning som fås från WSP:s kartläggning när styckegodstransporter exkluderats. Adderingen av extra gastransporter beaktas däremot i en känslighetsanalys.

⁶ Mailkorrespondens med AGA Gas AB, 2019-11-14.



I Tabell 3 redovisas hur exkluderingen av styckegods påverkar antalet transporter och fördelningen mellan ADR-klasser.

Tabell 3. Indelning av transporterat farligt gods på Huddingevägen i respektive ADR-klass.

ADR-klass	Fördelning 2015, WSP [9]	Fördelning 2015, justering av WSP [9], styckegods exkluderat <u>Grundscenario</u>
Klass 1	0,0 %	0,0 %
Klass 2	4,5 %	7,5 %
Klass 3	51,3 %	85,6 %
Klass 4	0,0 %	0,0 %
Klass 5	0,0 %	0,0 %
Klass 6	0,3 %	0,5 %
Klass 7	0,0 %	0,0 %
Klass 8	3,8 %	6,3 %
Klass 9	0,0 %	0,0 %
Styckegods	40,0 %	0,0 %
Summa	100 %	100 %

I rapporten från WSP redovisas förekomsten av ämnen på Huddingevägen med tillhörande UN-nummer och faronummer. Detta har använts i syfte att dela upp klass 2 i underklasserna brandfarliga, övriga respektive giftiga gaser, se Tabell 4. I underlaget förekom inga giftiga gaser, vilket bedömts vara relevant att beakta i en känslighetsanalys.

Tabell 4. Indelning av ADR-klass 2 baserat på en genomgång av transporter på Huddingevägen [9].

Underklasser till ADR-klass 2	Andel baserat på WSP [9]
2.1 Brandfarliga gaser	74 %
2.2 Ej brandfarliga, ej giftiga gaser (övriga)	26 %
2.3 Giftiga gaser	0 %

Det är rimligt att antalet transporter med farligt gods ökar i samband med exploatering av områden utmed Huddingevägen, som leder till att övrig trafik ökar då det till exempel genererar större behov av drivmedel till drivmedelsstationerna. Vid beaktande av verksamheter utmed Huddingevägen som är avsändare och/eller mottagare av farligt gods som inte kopplas till försörjning av drivmedel antas det inte vara rimligt att utgå från en likadan ökning till följd av exploatering och trafikökning. Förändringar inom verksamheter och eventuella tillkommande verksamheter är i dessa fall drivande faktorer som påverkar antalet transporter och vilka ämnen som transporteras, och är betydligt svårare att uppskatta.

Ökningen av transporter med farligt gods antas ske med 1 % per år under 2015-2040. För grundscenariot resulterar det i 17 transporter per dag år 2040, med samma inbördes indelning som redovisats tidigare.



I avsnitt 5.2 görs fyra känslighetsanalyser där följande undersöks:

1. Tre gånger så hög olyckskvot ($0,149 \times 3 = 0,447$).
2. Andelen farligt gods fortsätter vara 0,5 % av den tunga trafiken (26 transporter per dag).
3. Inkludering av giftiga gaser samt ämnen inom klass 3 med giftiga egenskaper (utöver brandfarliga).
4. Ökat antal transporter av brandfarlig gas (4 extra per dag).
5. Hastighetsbegränsningen på Huddingevägen sänks till 60 km/h.

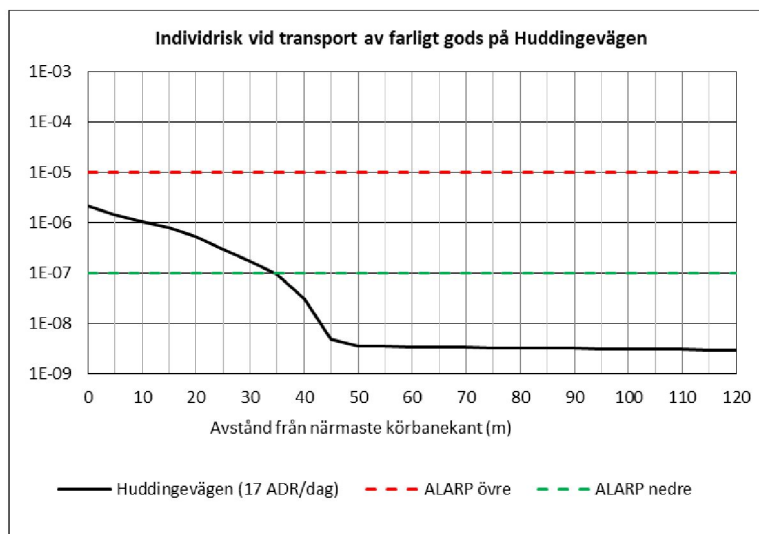


5 Risknivåer längs med transportleder för farligt gods

Beräkningar av risknivåer för vägolyckor redovisas i bilaga E. Resultatet i form av beräknade risknivåer redovisas i avsnittet nedan.

5.1 Risknivåer utan säkerhetshöjande åtgärder (Grundscenariot)

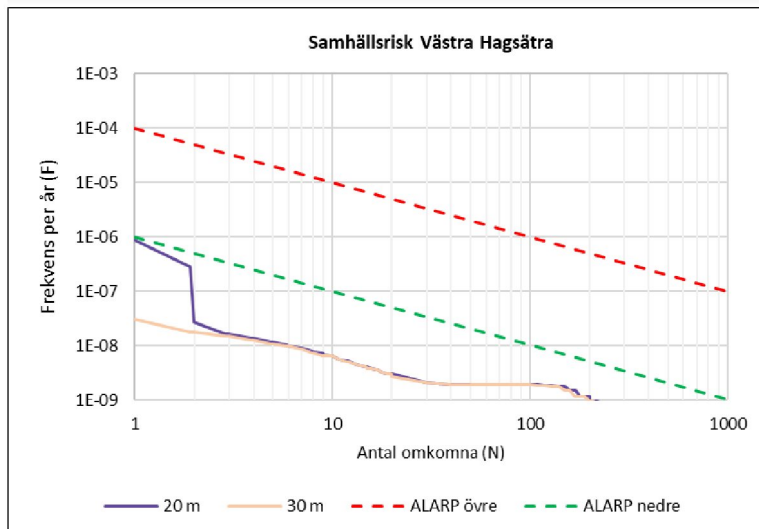
I Figur 15 redovisas individrisken längs med Huddingevägen för grundscenariot. Beräkningarna utgår från 17 transporter av farligt gods per dag, och trafikuppgifter som är uppräknade till 2040. Inom 35 meter från närmaste körbanekant är individrisken inom ALARP. Risknivån når aldrig en oacceptabelt hög nivå. Den skadetyper som huvudsakligen bidrar till individrisken är brännskada till följd av pölbränder, jetflammar samt BLEVE och gasmolnsexplosion/gasmolnsbrand. Olyckor med klass 6 har så pass låg frekvens att bidraget till risknivån är försumbart, och olyckor med klass 8 begränsas till fordonets närområde. Eftersom bebyggelse planeras inom 35 meter från vägen kommer säkerhetshöjande åtgärder och omgivningens förutsättningar utredas vidare.



Figur 15. Individrisk på olika avstånd från Huddingevägen.

Persontätheten uppskattas i avsnitt 3.4 till 8 673 personer per km² år 2040, vilket bedöms vara en konservativ uppskattning. I beräkningsmodellen avrundas detta till 10 000 personer per km² vilket bidrar ytterligare till en konservativ riskbedömning.

Figur 16 visar att samhällsrisk för grundscenariot är under den nedre gränsen för ALARP. Det bör noteras att samhällsrisk är starkt beroende av angiven befolkningstäthet, vilket i detta fall är en överskattning i två led. Extrapoleringen är sannolikt en överskattning, och beräkningsmodellen avrundar vidare uppåt till 10 000 personer per km². Utmed Huddingevägen finns områden med gles bebyggelse med större avstånd till vägen. Modellen antar en jämn fördelning av personer med hänsyn till det angivna bebyggelsefria avståndet.



Figur 16. Samhällsrisk för Västra Hagsätra med avseende på transport av farligt gods på Huddingevägen, med två olika bebyggelsefria avstånd.

5.2 Känslighetsanalyser

Nedan redovisas kort om respektive känslighetsanalys. Resultatet av känslighetsanalyserna med avseende på individrisk redovisas i Figur 18. Samhällsrisk för känslighetsanalyserna redovisas i Figur 19 och Figur 20.

1. Högre olyckskvot

Med tre gånger så hög olyckskvot (0,447) blir individrisken inom ALARP fram till 40 meter från vägen.

2. Antalet transporter med farligt gods fortsätter vara 0,5 % av den tunga trafiken

Med ÅDT för tung trafik för år 2040 från bullerutredningen motsvarar 0,5 % av trafiken cirka 26 transporter med farligt gods per dag. Individrisken är i detta fall inom ALARP fram till 40 meter från vägen.

3. Inkludering av giftiga gaser samt ämnen inom klass 3 med giftiga egenskaper (utöver brandfarliga)

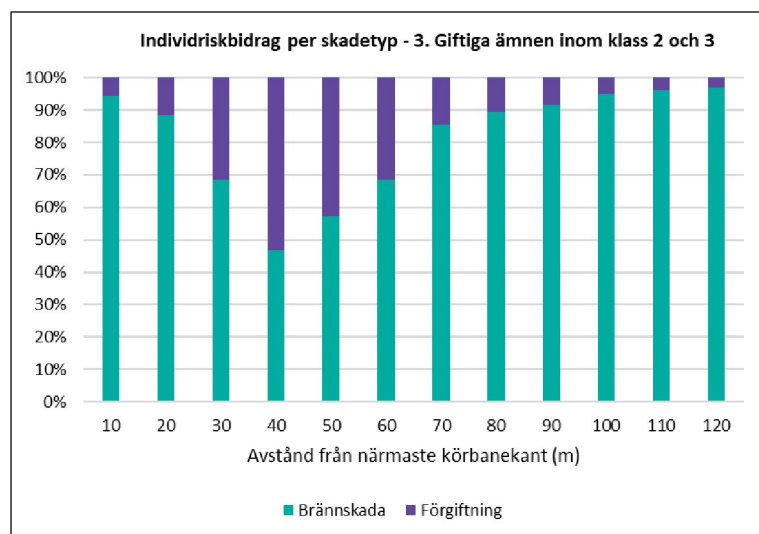
I underlaget från WSP förekom inga giftiga gaser på Huddingevägen [9]. I Tabell 4 redovisas fördelningen om 5 % av gaserna är giftiga gaser och 10 % av de brandfarliga vätskorna också har giftiga egenskaper. Individrisken är inom ALARP fram till 35 meter från vägen.



Tabell 5. Känslighetsanalys där giftiga gaser och ämnen inom klass 3 med giftiga egenskaper inkluderats.

Underklasser	Känslighetsanalys 3
2.1 Brandfarliga gaser	90 %
2.2 Ej brandfarliga, ej giftiga gaser (övriga)	5 %
2.3 Giftiga gaser	5 %
3 Endast brandfarligt	90 %
3 Brandfarligt och giftigt	10 %

När giftiga gaser och brandfarliga vätskor med giftiga egenskaper inkluderas fås en annan uppdelning av skadetyper, se Figur 17.



Figur 17. Skadetyperns bidrag till individrisken i känslighetsanalys (3) där giftiga gaser och ämnen i klass 3 med giftiga egenskaper inkluderats. Brännskador utgör det primära bidraget medan förgiftning utgör omkring 5-10 %, förutom mellan 30-60 meter där det är mellan 30-50 %.

4. Ökat antal transporter av brandfarlig gas

Från underlaget från 2015 har antalet transporter med brandfarliga gaser ökat med fyra per dag, varefter det totala antalet transporter med farligt gods räknats upp med 1 % årligen till 2040. Det resulterar i cirka 22 ADR-transporter per dag. Tabell 6 visar den nya fördelningen mellan ADR-klasser och underklasserna brandfarliga, övriga respektive giftiga gaser redovisas i Tabell 7. Individrisken är inom ALARP fram till 35 meter från vägen.



Tabell 6. Indelning av transporterat farligt gods på Huddingevägen i respektive ADR-klass när fyra dagliga gastransporter adderats.

ADR-klass	Fördelning 2015, justering av WSP [9] - styckegods exkluderat, ökning av brandfarlig gas
Klass 1	0,0 %
Klass 2	29,3 %
Klass 3	65,5 %
Klass 4	0,0 %
Klass 5	0,0 %
Klass 6	0,4 %
Klass 7	0,0 %
Klass 8	4,9 %
Klass 9	0,0 %
Styckegods	0,0 %
Summa	100 %
Antal/dag	22

Tabell 7. Indelning av ADR-klass 2 vid ökat antal transporter av brandfarlig gas på Huddingevägen.

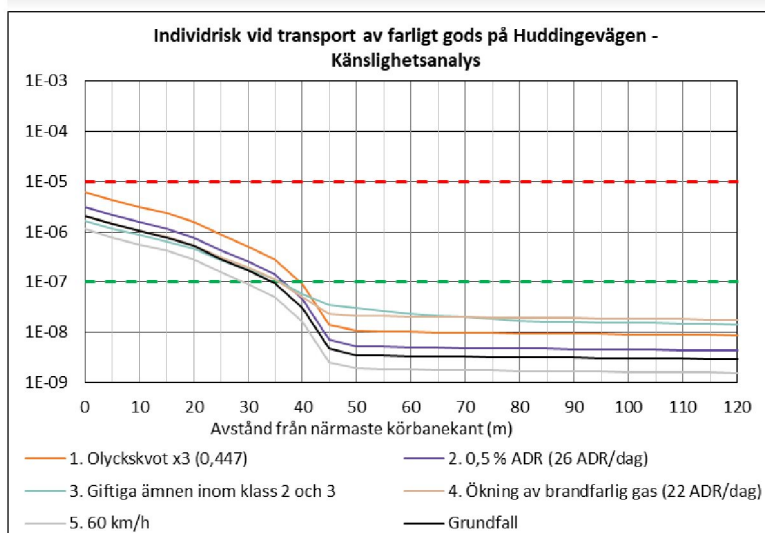
Underklasser till ADR-klass 2	Andel baserat på WSP [9]
2.1 Brandfarliga gaser	95 %
2.2 Ej brandfarliga, ej giftiga gaser (övriga)	5 %
2.3 Giftiga gaser	0 %

5. Sänkt hastighet på Huddingevägen

Den lägre hastigheten kan innebära en högre frekvens för trafikolyckor, men också en lägre sannolikheten för att ett fordon skyltat med farligt gods inblandat i en olycka leder till en farligtgoodsolycka [24]. En hastighetssänkning från 70 km/h till 60 km/h på Huddingevägen resulterar i slutänden i en lägre risknivå utmed vägen när dessa faktorer vägs samman. Individrisken är inom ALARP fram till 30 meter från vägen.

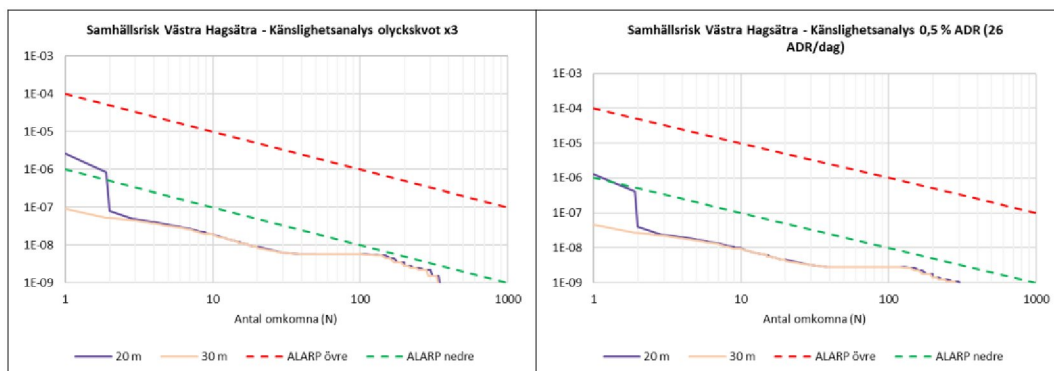
Redovisning av risknivåer för känslighetsanalyserna

Grundfallet för individrisk (svart linje) redovisas tillsammans med känslighetsanalyserna nedan. Avståndet till dess att individrisken underskrider den nedre gränsen för ALARP ökar från 35 meter till 40 meter för känslighetsanalys 1 och 2, och är oförändrat för 3 och 4.



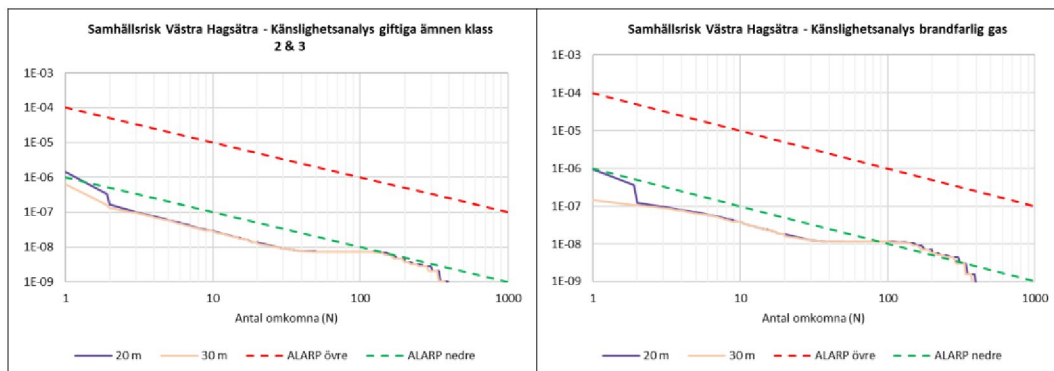
Figur 18. Grundfall samt fyra känslighetsanalyser avseende individrisk: (1) tre gånger så hög olyckskvot, (2) högre andel farligt gods, (3) giftiga gaser och ämnen i klass 3 med giftiga egenskaper inkluderas, (4) ökat antal transporter av brandfarlig gas samt (5) minskad hastighet.

Samhällsrisken för känslighetsanalys 1 och 2 är för det mesta under ALARP, och i den nedre delen av ALARP för N=1.



Figur 19. Samhällsrisk för känslighetsanalys 1 med högre olyckskvot (vänster) och 2 med mer farligt gods (höger).

Samhällsrisken för känslighetsanalys 3 och 4 är för det mesta också under ALARP. För 3 är den i den nedre delen av ALARP vid N=1, och för 4 är den i den nedre delen där N=100-300.



Figur 20. Samhällsrisk för känslighetsanalys 3 och 4.



Känslighetsanalyserna visar att en ökad olyckskvot (1) påverkar individrisken mest fram till cirka 40 meter från Huddingevägen, men att skillnaden i riskavstånd är 5 meter. Det skulle ge liknande resultat om antalet fordon med farligt gods ökas med en faktor tre, då det i slutändan är frekvensen för olycksdrabbade fordon med farligt gods som används i beräkningarna. De känslighetsanalyser som gjorts där antal transporter av farligt gods ökas, innebär ökningarna på cirka 120 % (2) och 30 % (4) jämfört med grundscenariot, vilket är en bra bit ifrån en trefaldig ökning. Inkluderingen av mindre mängder giftiga gaser och brandfarliga vätskor med giftiga egenskaper (3), samt addering av brandfarliga gaser (4) har en relativt liten inverkan på individrisken, medan fler scenarier med fler drabbade medför en ökad samhällsrisk. I scenario 3 innebär det även att förgiftning tillkommer som en skadetyper att beakta inom planområdet.

5.3 Säkerhetshöjande åtgärder

Det finns flera exempel på åtgärder som skyddar mot olyckor och ett sätt att kategorisera dem finns i vägledningsrapporten *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [25].

Riskenivåerna redovisade i föregående avsnitt har tagits fram utan hänsyn till andra säkerhetshöjande åtgärder än själva skyddsavståndet. Eftersom Huddingevägen bidrar till individrisknivåer inom ALARP där bebyggelse planeras, samt samhällsrisknivåer inom ALARP, utreds lämpliga säkerhetshöjande åtgärder för att minska påverkan från olyckor. Säkerhetshöjande åtgärder utreds dels med avseende på skadetyperna brännskador och förgiftning, dels med avseende på åtgärder som redovisas i Länsstyrelsen i Stockholms riktlinjer (disponering av byggnader och område). Även vid en acceptabelt låg risknivå kan vissa säkerhetshöjande åtgärder ändå bedömas som lämpliga, och kan ses som försiktighetsmått om bebyggelse till exempel avviker från de rekommenderade skyddsavstånden som finns i Länsstyrelsen i Stockholms riktlinjer.

Åtgärder mot den tryckpåverkan en BLEVE och gasmolnsexplosion ger upphov till (som skulle kunna påverka planområdet, men ändå väldigt osannolikt) är ofta dyra och svåra att genomföra och ger begränsad effekt, åtminstone när explosionen sker i det fria.

5.3.1 Skydd mot brandspridning

Skydd mot brandspridning kan åstadkommas antingen genom skyddsavstånd, markåtgärd, byggnadsåtgärd eller en kombination av dessa. Länsstyrelsen i Stockholms riktlinjer anger att det inom 30 meter från primära leder är aktuellt med åtgärder för brandskydd av fasad och fönster. Eftersom verksamheter som tar emot brandfarliga vätskor och gaser identifierats utmed Huddingevägen är det rimligt att åtgärden beaktas, även om det är en sekundär led. Vidare utgör brännskador det största bidraget till individrisken, förutom i känslighetsanalys 3.

För att minska risken för brännskador utreds två förutsättningar/åtgärder. Det första är förutsättningar eller åtgärder utmed Huddingevägen som begränsar möjligheten för utsläpp av vätskor att rinna mot planområdet. Utmed Rågrian 1 bedöms höjdskillnaden och utformningen av området utgöra förutsättningar som bidrar med sådan effekt, och utmed Stubbnäcken 1 där Huddingevägens avfart fortsätter högre upp mellan fastigheten och vägen bedöms effekten också kunna tillgodoräknas. Att införa en åtgärd för att uppnå samma effekt utmed Huddingevägen kan innebära att ett avåkningsskydd uppförs tillsammans med en barriär som är tät i nederkant. Avåkningsskyddet bör i sådant fall klara påkörning från tunga fordon, vilket innebär att det bör utföras i lägst kapacitetsklass H2 enligt SS-EN 1317-2

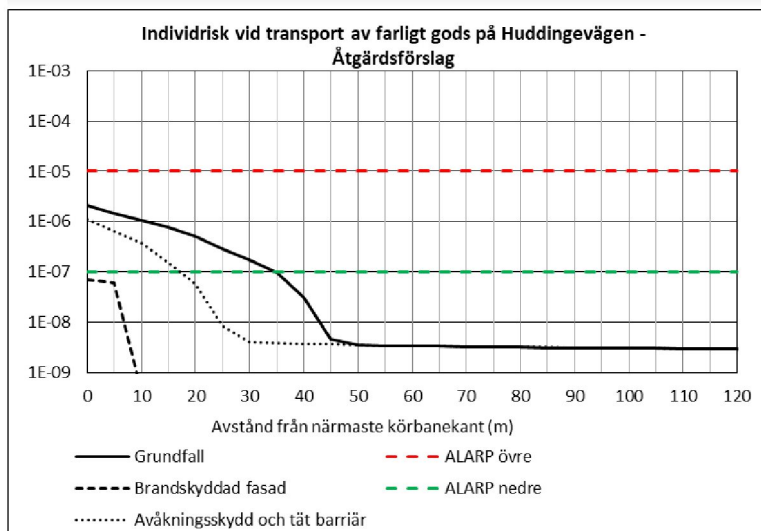


[26]. En tät barriär bör ha en höjd på minst 0,3 meter ovan mark. Det bedöms främst vara aktuellt med dessa åtgärder utmed Ärtåkern 1 där det inte redan finns förutsättningar som bidrar med motsvarande säkerhetshöjande effekt. Mellan Huddingevägen och Ärtåkern 1 finns ett cirka 10 meter brett område som tillhör fastigheten Stockholm Älvsjö 1:1. Eftersom det är utanför detaljplanen kan dialog med väghållaren krävas för att utreda möjligheten att införa avåkningsskydd och tät barriär.

Det andra alternativet är att fasader och fönster till byggnader inom ett visst avstånd från Huddingevägen utformas med skydd mot brandspridning. Fasad och fönster som uppförs med skydd mot brandspridning skyddar endast personer som vistas inne i byggnaderna. Därför bör åtgärden kombineras med att stadigvarande vistelse ej uppmuntras i området mellan vägen och byggnaderna som omfattas av åtgärden. Brandskyddad fasad kan innebära att fasad uppförs i obrännbart material, medan krav på exempelvis lägst brandteknisk klass EI 30 (EW 30 för fönster) också kan tillkomma.

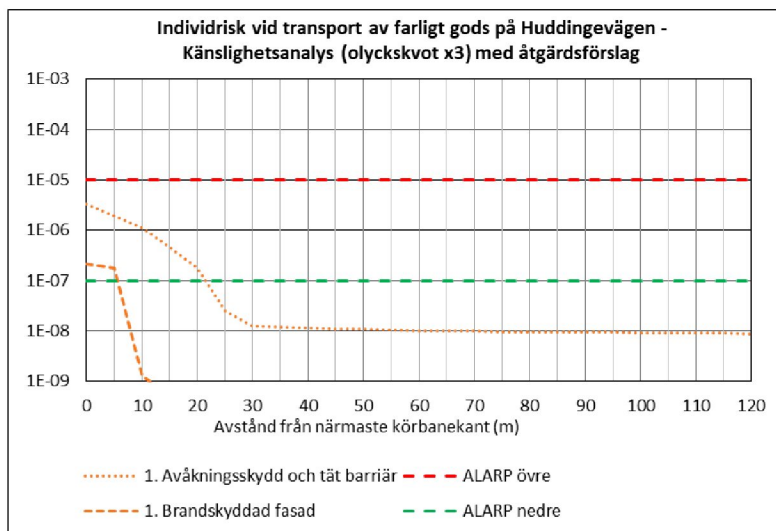
Fönster i brandteknisk klass ska enligt Boverkets byggregler (BBR) endast vara öppningsbara med verktyg, nyckel eller liknande. Enligt Länsstyrelsen i Stockholm kan dock fönster som utförs i brandteknisk klass för att skydda mot olyckor med farligt gods tillåtas vara öppningsbara, förutsatt att byggnadens brandtekniska utformning i övrigt tillåter det [6]. Det innebär således att fönstren ska uppfylla de krav som ställs för den angivna brandklassen, med undantaget att de kan vara öppningsbara. Att dessa fönster tillåts vara öppningsbara motiveras med att det främst är vid vädring som dessa fönster kommer öppnas, och givet närheten till Huddingevägen förväntas fönstren för det mesta vara stängda. Om dessa fönster ska vara öppningsbara bör det anges i planbeskrivningen tillsammans med en motivering. Då individrisken, utan hänsyn till skydd mot utsläpp av vätskor, understiger ALARP vid 35 meter bör åtgärden införas för bebyggelse som uppförs inom 35 meter från vägen. Med skydd mot utsläpp av vätskor i nära anslutning till Huddingevägen bör fasader och fönster inom 20 meter från barriärens kant utföras med skydd mot brandspridning. Genom att begränsa utbredningen av ett utsläpp av brandfarlig vätska kan alltså avståndet till kritisk värmestrålning minskas.

Med brandskyddad fasad är individrisken för grundscenariot under ALARP, och med avåkningsskydd och tät barriär understiger individrisken ALARP på 20 meters avstånd från Huddingevägens närmaste körbanekant, se Figur 21.



Figur 21. Individrisk utmed Huddingevägen givet införande av brandskyddade fasader, eller avåkningsskydd med tät barriär längs Huddingevägen.

Bedömningen ovan baseras på grundfallet med avseende på trafik- och transportuppgifter. I Figur 22 redovisas åtgärdernas effekt på känslighetsanalys 1. Detta scenario valdes eftersom det resulterade i de högsta individrisknivåerna. Med avåkningsskydd och tät barriär är individrisken under ALARP vid 25 meter från vägen, och med brandskyddade fasader är den under ALARP vid 10 meter.



Figur 22. Individrisk utmed Huddingevägen för känslighetsanalys 1 (tredubblad olyckskvot) givet införande av brandskyddade fasader eller avåkningsskydd en tät barriär för att begränsa spridning av vätskor mot planområdet.

5.3.1.1 Inverkan på planförslaget

Inom Rågrian är närmaste byggnad placerad cirka 17 meter från Huddingevägen och ligger upphöjt i förhållande till Huddingevägen, se Figur 23. Detta bedöms ge ett naturligt skydd vid utsläpp av vätskor då utbredningen mot planområdet begränsas, vilket innebär att individrisken är i den nedre delen av ALARP för en del av parkeringshuset, och under ALARP för den större delen av byggnaden. Centrumverksamheten är belägen cirka 35 meter från vägen vilket innebär att risknivån i princip är under ALARP även om effekten från

höjdskillnaden inte beaktas. I parkeringshuset förväntas inte stadigvarande vistelse och dessutom betraktas byggnaden som mindre skyddsvärd än bostäder enligt Länsstyrelsen, se Figur 1. Parkeringshusets fasad som vetter mot Huddingevägen bör utföras i obrännbart material. För centrumverksamheten bidrar skyddsavståndet och höjdskillnaden och den naturliga barriären till att fasader inte bedöms behöva utföras med skydd mot brandspridning. När parkeringshuset är uppfört kommer det utgöra en skyddande barriär mot bakomliggande bebyggelse, men även om centrumverksamheten uppförs innan parkeringshuset bedöms det inte krävas åtgärder för att skydda mot brandspridning.



Figur 23. Fotografi från vägavsnitten förbi Rågrian (till vänster) där parkeringshus planeras respektive Ärtåkern (till höger) där bostadsbyggnader planeras. Bilderna är tagna från Google Maps [27] [28].

Planerad bebyggelse på Ärtåkern ligger på ungefär samma höjd som Huddingevägen, se Figur 23, vilket medför en större risk för att pölbränder sprider sig till planområdet. Avstånd mellan bebyggelse inom Ärtåkern och Huddingevägen är mellan 25 och 30 meter, vilket medför att individrisken utan hänsyn till några åtgärder ligger inom nedre delen av ALARP. Införande av avåkningsskydd tillsammans med en tät barriär, eller brandskyddade fasader medför att risknivån understiger ALARP. Det bedöms endast vara fasader och fönster som vetter direkt mot Huddingevägen som behöver uppföras med skydd mot brandspridning. Mot fasader i vinkel (kortsidorna) är infallande strålning lägre och medför generellt inte samma risk för brandspridning.

Inom Stubbneken, där avståndet mellan det närmaste genomgående körfältet och parkeringen är cirka 25 meter och till bostäder cirka 40-55 meter, bedöms fasader mot Huddingevägen inte behöva uppföras med skydd mot brandspridning. Avfarten mot Olshammarsgatan är något närmare bebyggelsen men det förväntas inte förekomma farligt gods på denna, i stället medför vägområdets utformning i de flesta fall minskad påverkan på planområdet då olyckors utbredning begränsas. Vidare ligger den planerade bebyggelsen upphöjd i förhållande till Huddingevägen.

5.3.2 Skydd mot utsläpp av giftigt ämne

I känslighetsanalys 3 blir riskbidraget från förgiftning betydande inom 60 meter från Huddingevägen. Risknivån är dock jämförbar med grundscenariot fram till 35 meter. Justeringen ger högre risknivå på större avstånd, då spridning av giftiga gaser kan få stor utbredning. Det är en relativt liten mängd giftiga ämnen som inkluderats för att få detta resultat, vilket samtidigt ger en indikation på hur inkludering av utsläpp och spridning av giftiga gaser/ångor kan påverka planområdet. Den studerade kartläggningen redovisade inte dessa typer av ämnen, men det kan antas finnas osäkerheter i transporterat gods, som gör att säkerhetshöjande åtgärder för ventilationssystemet ändå kan övervägas för att skydda mot förgiftningsskador.



Skydd mot förgiftning utförs oftast i form av att friskluftsintag placeras högt och/eller på fasader som inte vetter mot transportleden. Detta är relativt enkla åtgärder och kan vara önskvärda av andra anledningar som exempelvis luftkvalitet. Inom 30 meter från primära transportleder ska friskluftsintag för bland annat bostäder och centrum riktas bort från vägen [6]. Åtgärderna bidrar endast med skydd för personer som vistas inomhus. Effekten av att placera friskluftsintag högt uppe blir större ju närmare utsläppspunkten som byggnaden är placerad, och ju högre luftintaget är placerat. Lokala väder- och vindförhållanden har betydelse för koncentrationen, men åtgärden kan uppskattningsvis minska koncentrationen med mellan 20 % och över 90 % beroende på höjden, avståndet från utsläppspunkten samt väderförhållandena, se bilaga G för mer information. En placering av friskluftsintag högre än 8 meter ovan Huddingevägen där utsläppet sker kan påtagligt minska koncentrationen av giftiga gaser inomhus.

Ett möjligt förslag på åtgärd för att skydda mot spridning av giftig gas, som baseras på resultatet från känslighetsanalys 3, är att friskluftsintag inom ett visst avstånd från Huddingevägens närmaste körbanekant placeras på byggnaders sidor som inte vetter direkt mot Huddingevägen och/eller minst 8 meter ovan Huddingevägens körbana. Eftersom denna rekommendation baseras på en känslighetsanalys och ej grundscenariot bedömer Briab att åtgärden inte är på samma typ av kravnivå som de som redovisats avseende skydd mot brännskador och brandspridning. Det är snarare åtgärder som kan införas för att ta hänsyn till att om det i framtiden förväntas förekomma fler transporter med ämnen som medför risk för förgiftningsskador. Åtgärderna omfattar i sådant fall planerad bebyggelse inom fastigheterna Ärtakern 1, Rågrian 1 och Stubbneken 1.

5.3.3 Disponering av byggnader och område

Om det beslutas för utrymning av intilliggande fastigheter vid en olycka på Huddingevägen ska denna utrymning kunna ske så säkert som möjligt. Genom att säkerställa detta kan det även frigöra resurser för räddningstjänsten [25]. Då det kan föreligga risk för exempelvis hög värmestrålning är det lämpligt att utrymning antingen kan ske i riktning bort från vägen. Att införa denna åtgärd behöver inte innebära att in- och utgångar inte får placeras mot Huddingevägen, det handlar snarare om att möjligheten till säker utrymning ska säkerställas – vilket kan inkludera utrymningsvägar på motsatt sida.

Utmed Huddingevägen bedöms det lämpligt att genom planbestämmelse säkerställa att det finns utrymningsvägar som inte vetter direkt mot Huddingevägen. Enligt Länsstyrelsen i Stockholms riktlinjer ska detta säkerställas för bebyggelse inom 30 meter från primära transportleder [6]. Med hänsyn till att risknivån inom 35 meter från Huddingevägen är inom ALARP för grundscenariot bedöms 35 meter i detta fall lämpligt avstånd att utgå från, oavsett om det finns naturliga förutsättningar som begränsar utbredningen av vätskor mot planområdet. Detta medför att det omfattar bostäderna inom Ärtakern 1 samt parkeringshuset och centrumverksamheten inom Rågrian 1.

Som det nämndes i avsnitt 5.3.1 bör ytorna närmast Huddingevägen utföras så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse, där lekplatser och uteserveringar är två exempel på hur ytorna ej bör nyttjas. Exempel på lämplig markanvändning är gång- och cykelväg, lokalgata och markparkering. Naturområden är också exempel på hur dessa områden kan utformas.



6 Slutlig riskvärdering och rekommendationer

6.1 Allmänt

Riskbedömningen görs med hänsyn till både olyckors frekvens och den skada de kan orsaka. Konkret innebär detta att en bebyggelse kan tillåtas på ett visst avstånd i huvudsak för att frekvensen för en olycka är mycket liten. Vid en olycka kan skador på människor och egendom inträffa på de rekommenderade skyddsavstånden. Lokala förutsättningar har till viss del visats kunna medföra skydd mot de vanligaste förekommande olyckorna.

6.2 Riskvärdering

Då planområdet befinner sig inom det riskhanteringsavstånd på 150 meter som anges i storstadslänens riskpolicy (se avsnitt 2.2.2) bör området och byggnaderna utformas för att minska skadorna vid en eventuell olycka.

Avståndet från planerad bebyggelse inom studerade fastigheter till Huddingevägen varierar mellan cirka 17-55 meter. Bebyggelse planeras därmed inom Länsstyrelsen i Stockholms läns rekommenderade bebyggelsefria zon på minst 25 meter. Vidare är skyddsavståndet för bostäder och centrum kortare än vad som generellt rekommenderas för denna typ av markanvändning (75 meter), samt parkeringshus (40 meter).

Lokala förutsättningar har tillsammans med föreslagna säkerhetshöjande åtgärder analyserats och visats kunna medföra acceptabla risknivåer. De föreslagna åtgärderna bedöms även visa på acceptabla risknivåer även för de känslighetsanalyser som gjorts, där olyckskvoten samt transporter med farligt gods varierats på olika sätt.

6.3 Rekommendationer

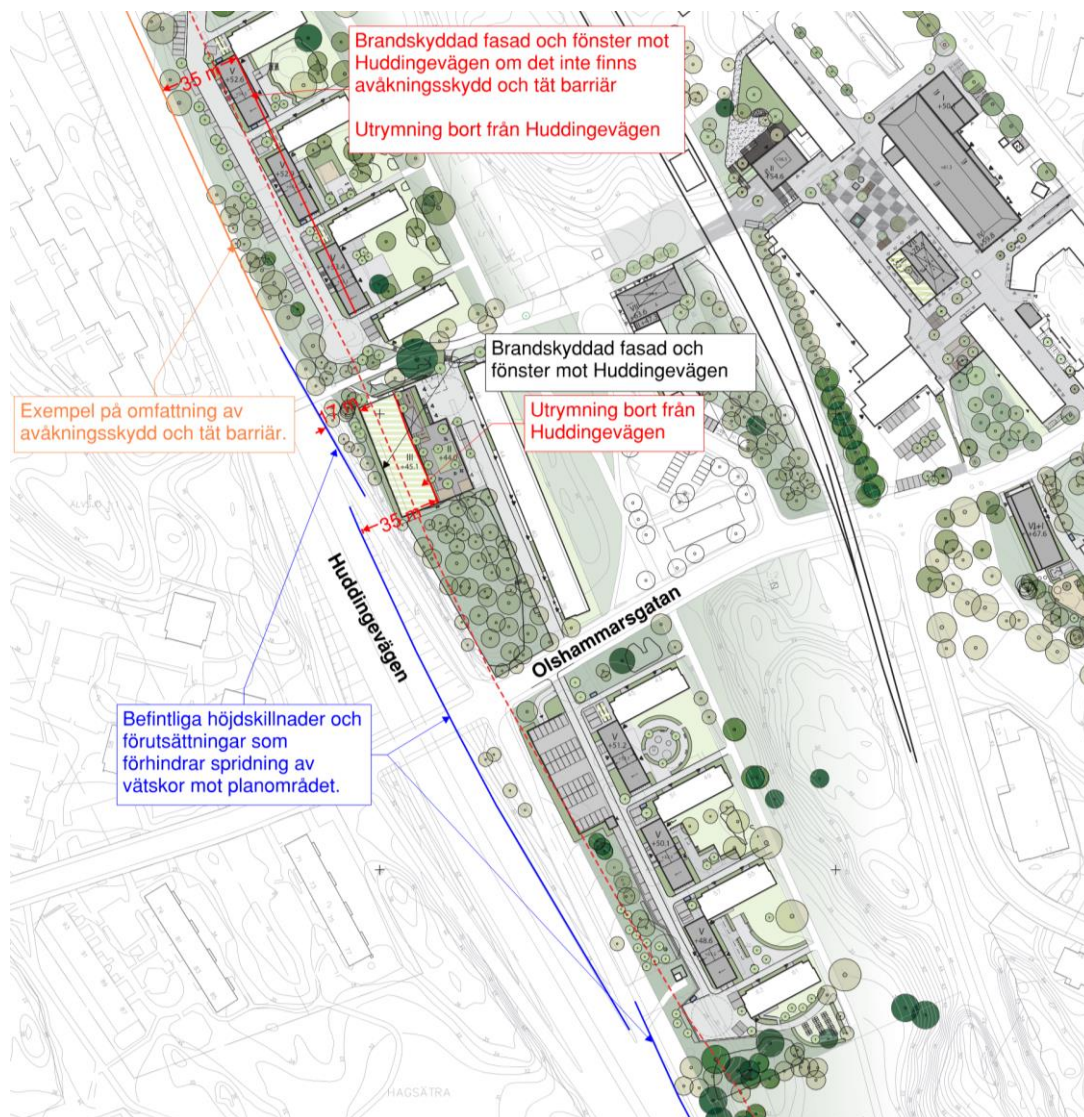
Eftersom området mellan Huddingevägen och Ärtåkern 1 är utanför detaljplanen krävs dialog med väghållaren för att avgöra möjligheten att införa avåkningsskydd med tät barriär där. Ett avåkningsskydd bör i sådant fall klara påkörning från tunga fordon, vilket innebär att det bör utföras i lägst kapacitetsklass H2 eller motsvarande enligt SS-EN 1317-2. Vidare bör en tät barriär ha en höjd på minst cirka 0,3 meter ovan mark. Om detta införs utmed Ärtåkern 1 gäller samma avstånd för åtgärder avseende skydd mot brandspridning som där det finns en höjdskillnad och naturlig barriär mot planområdet, se punkt 2.

Följande rekommendationer anser Briab behöver vidtas för att nå en betryggande säkerhet för den planerade bebyggelsen i planområdet:

1. Inom 35 meter från Huddingevägens närmaste körbanekant där det inte finns förutsättningar som begränsar utbredning av brandfarliga vätskor mot planområdet utförs fasader, som vetter mot Huddingevägen, i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI 30. Fönster i dessa fasader utförs i lägst brandteknisk klass EW 30, och får vara öppningsbara om byggnadens brandtekniska utformning tillåter det. Om dessa fönster ska tillåtas vara öppningsbara bör det anges i

- planbeskrivningen. Åtgärden omfattar bostadsbebyggelse inom fastigheten Ärtåtern 1.
2. Inom 20 meter från kanten på en tät barriär eller annan förutsättning utmed Huddingevägen som begränsar utbredning av brandfarliga vätskor mot planområdet utförs fasader, som vetter mot Huddingevägen, i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI 30. Fönster i dessa fasader utförs i lägst brandteknisk klass EW 30, och får vara öppningsbara om byggnadens brandtekniska utformning tillåter det. Om dessa fönster ska tillåtas vara öppningsbara bör det anges i planbeskrivningen. Åtgärden omfattar parkeringshuset inom fastigheten Rågrian 1.
 3. Inom 35 meter från Huddingevägens närmaste körbanekant ska det finnas möjlighet till utrymning bort från Huddingevägen. Åtgärden omfattar bostadsbebyggelse inom Ärtåtern 1 samt parkeringshuset och centrumverksamheten inom Rågrian 1.
 4. Ytor mellan ny bebyggelse och Huddingevägen utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

I Figur 24 redovisas omfattningen av dessa åtgärder i planområdet. Omfattningen av eventuellt avakningsskydd med tät barriär i nederkant utmed Ärtåtern 1 visas schematiskt, tillsammans med sträckor med befintliga säkerhetshöjande förutsättningar.



Figur 24. Omfattning av föreslagna säkerhetshöjande åtgärder i planområdet.



6.4 Andra aspekter att beakta

Förutom de mått på olycksrisker som utretts i denna rapport (med avseende på transport av farlig gods) finns andra faktorer som bör beaktas i planprocessen med hänsyn till lämpligheten för planerad bebyggelse. Exempel på andra aspekter är hänsyn till buller, luftkvalitet, översvämningsrisker och räddningstjänstens insats mot byggnader.

Byggnader uppförs ibland med förutsättning att räddningstjänstens stegmateriel ska användas som en av utrymningsvägarna. Detta bör beaktas i planprocessen så att utrymningsmöjligheterna inte omöjliggörs i plan.

Det är också nödvändigt för räddningstjänstens fordon att ha körbar åtkomst till byggnadernas närhet, för att kunna etablera en släckinsats.



7 Referenser

- [1] Räddningsverket, "Värdering av risk," Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [2] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riktlinjer för riskanalyser som beslutsunderlag," Länsstyrelsen i Stockholms län, Stockholm, 2003.
- [3] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskanalyser i detaljplaneprocessen – vem, vad, när & hur?," Länsstyrelsen i Stockholms län, Stockholm, 2003b.
- [4] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer. Samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods," Stockholm, 2000.
- [5] Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län, "Riskhantering i detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods," 2006.
- [6] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods," 2016.
- [7] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, "Värdering av risk," Räddningsverket, Karlstad, 1997.
- [8] F. Nystedt, "Deaths in Residential Fires - an Analysis of Appropriate Fire Safety Measures," Department of Fire Safety engineering, Lund University, Lund, 2003.
- [9] WSP Analys & Strategi, "Analyser av transporter med farligt gods," WSP Sverige AB, Stockholm, 2016.
- [10] Trafikverket, "NVDB på webb," [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket#>. [Använd 31 Januari 2018].
- [11] ACAD, "20220218_Ikano_Sveafastigheter_Buller_Vibration_Stomljud (21180-1-1A, Revidering A)," 2022-02-18.
- [12] Trafikverket, "Bygg om eller bygg nytt – Kapitel 6 Trafiksäkerhet," Trafikverket, Borlänge, 2021-04-01.
- [13] Trafikverket, "Tindra (Stickprov) - Årsmedelsdygn (Vägnummer 226, avsnitt 10810024)," 2017. [Online]. [Använd 18 03 2022].
- [14] Transportstyrelsen, "Strada Uttagswebb," Transportstyrelsen, 08 2019. [Online]. Available: <https://strada.transportstyrelsen.se/stradauttag/>. [Använd 08 2019].
- [15] Sweco Society AB, "Statistik om Stockholm Basområdeslistan," Stockholms stads Stadsledningskontor, Stockholm, 2018.



- [16] Fogas, "Gasolflaskor," [Online]. Available: <http://fogas.se/gasolflaskor/index.html>.
[Använd 04 09 2019].
- [17] Circle K, "Biodrivmedel," [Online]. Available:
https://www.circlek.se/sv_SE/pg1334117227267/privat/drivmedel/biodrivmedel.html.
[Använd 04 09 2019].
- [18] AGA Gas, "AGA Gas 24/7," 2019. [Online]. Available: http://ig.aga.se/24_7. [Använd 04 09 2019].
- [19] Storstockholms brandförsvär, "Information till allmänheten enligt Sevesolagstiftningen - Aga Gas AB," Storstockholms brandförsvär, Stockholm, 2019.
- [20] Storstockholms brandförsvär, "Information till allmänheten enligt Sevesolagstiftningen - Gasnätet Stockholm AB," Storstockholms brandförsvär, Stockholm, 2019.
- [21] Storstockholms brandförsvär, "Information till allmänheten enligt Sevesolagstiftningen - Sandvik i Västberga," Storstockholms brandförsvär, Stockholm, 2019.
- [22] HMSO, "Major hazard aspects of the transport of dangerous substances - report and appendice," Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.
- [23] Brandkonsulten AB, "Kv Självstarten 22, Riskbedömning (version 3)," Stockholm, 2019-08-29.
- [24] Räddningsverket, "Farligt gods - Riskbedömning vid transport," Karlstad, 1996.
- [25] Räddningsverket och Boverket, "Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner," 2006.
- [26] SS-EN 1317-2, "Vägutrustning - Skyddsanordningar - Del 2: Klassificering, prestandakrav vid kollisionsprovning och provningsmetoder för vägräcken för fordon".
- [27] Google, "Google Maps Street View," juni 2019. [Online]. Available:
<https://www.google.com/maps/@59.2624777,18.0090411,3a,75y,35.62h,86.9t/data=!3m6!1e1!3m4!1sQhWVlJvZP7hsHx4B5NN5jg!2e0!7i16384!8i8192>.
[Använd 28 11 2019].
- [28] Google, "Google Maps Street View," April 2019. [Online]. Available:
https://www.google.com/maps/@59.2613376,18.0101805,3a,75y,30.77h,85.46t/data=!3m6!1e1!3m4!1sdBO6RhNvF_XbUzcCZE2v5g!2e0!7i16384!8i8192.
[Använd 28 11 2019].
- [29] Länsstyrelsen Stockholms Län, "WebbGIS planeringsunderlag," 2018. [Online]. Available: <http://ext-webbgis.lansstyrelsen.se/Stockholm/Planeringsunderlag/>.



Bilagor

Nedan följer en översikt över bilagorna i PDF-paketet.

- | | |
|---|---|
| A | Statistik- och sannolikhets teori |
| B | Trafikflöden |
| C | Frekvenser för olyckor med farligt gods |
| D | Konsekvenser av olyckor med farligt gods |
| E | Riskenivåer utmed transportleder för farligt gods |
| F | Diskussion om modell och antaganden |
| G | Säkerhetshöjande åtgärder |



Bilagor till riskutredning



Utredning av farligt gods i samband med planarbetet för Västra
Hagsätra, Stockholms stad

2022-04-21



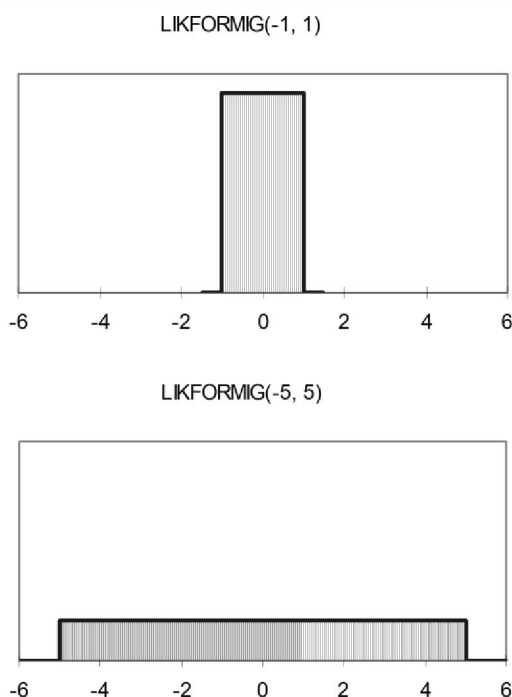
A. Sannolikhets- och statistikteori

Vid beskrivning av modellerna för frekvens- och konsekvensberäkningar används genomgående ett antal statistiska och sannolikheteoretiska begrepp, vilka förklaras i detta kapitel.

Väntevärdet, μ uttrycks även som medelvärdet och är det värde som utgör tyngdpunkten i en statistisk fördelning längs x-axeln. Väntevärdet är ett lägesmått.

Standardavvikelsen, σ är ett mått på en fördelnings spridning. Osäkerheten i en variabls värde uttrycks med dess standardavvikelse. Två variabler kan ha samma väntevärde men olikartade fördelningar, se Figur 25 nedan.

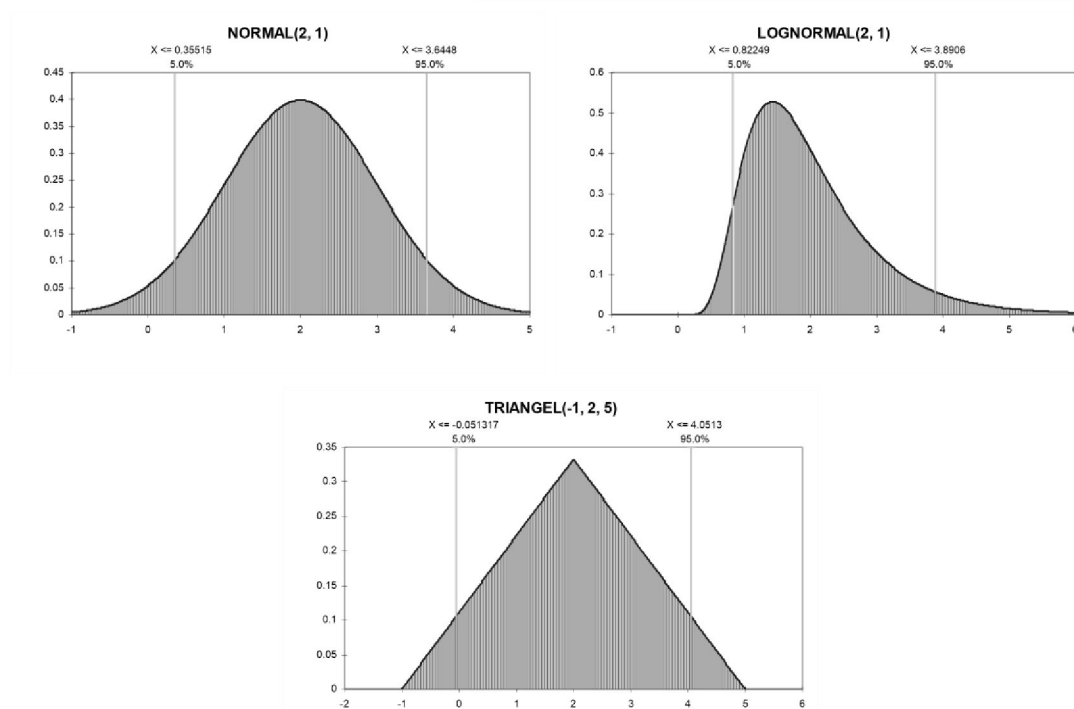
Variationskoefficienten, VK, utgörs av kvoten mellan standardavvikelsen och väntevärdet, dvs. $VK = \sigma/\mu$. Variationskoefficienten anges ofta i procent.



Figur 25. Jämförelse av två likformiga fördelningar där den ena går från -1 till 1 och den andra från -5 till 5. Båda har väntevärdet 0, men den senare har en mer utspridd fördelning än den förra.

Statistiska fördelningar används för att beskriva osäkerheten i indata. Frantzich⁷ anger att det första som måste göras när dessa fördelningar skall skattas är att definiera fördelningens största och minsta värde. Därefter uppskattas väntevärde och varians. Slutligen skall en fördelning väljas som ger bästa tänkbara representation av variabeln. Vanliga fördelningar är *normalfördelningen*, *lognormalfördelningen* och *triangelfördelningen*. En grafisk illustration av dessa fördelningar visas i Figur 26.

⁷ Frantzich, H., *Uncertainty and risk analysis in fire safety engineering*, Rapport 1016, Avdelning för Brandteknik, Lunds universitet, 1998.



Figur 26. Exempel på normalfördelning, lognormalfördelning och triangel-fördelning.

B. Trafikflöden

Använda trafikuppgifter avseende total trafik och tung trafik utgår från ACADs bullerutredning.

Tabell 8. Prognoserade trafikuppgifter för Huddingevägen år 2040.

Parameter	Prognoserad ÅDT år 2040
Total trafik	51 214
Tung trafik	5 121
Axelpar	57 616

Underlaget för antalet axelpar för den tunga trafiken redovisas i Tabell 9 och utgår från en trafikmätning. I beräkningarna likställs tung trafik med lastbilar.

Tabell 9. Underlag för att beräkna axelpar hos den tunga trafiken.

Parameter	Riktning 1	Riktning 2	Totalt
Antal lastbilar utan släp	1 829	1 883	3 713
Antal lastbilar med släp	319	419	738
Medelantal axlar för lastbilar	2,4	2,5	2,5



C. Frekvenser för olycka med farligt gods

C.1 Generella indata

C.1.1 Olycksriktning

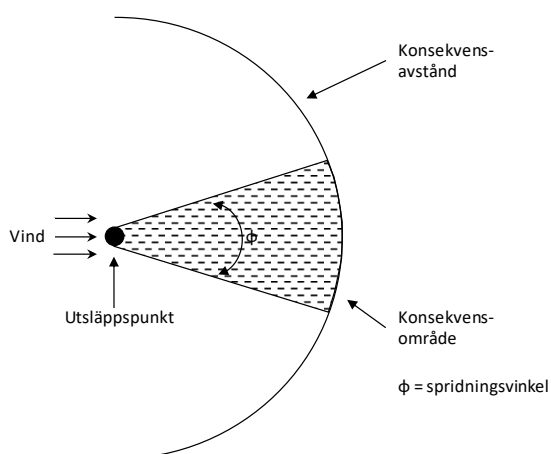
Med "olycksriktning" menas att hänsyn måste tas i vilken riktning som olyckan breder ut sig. Flertalet av scenarierna som kan inträffa är beroende av omgivningsförhållanden som vindriktning, men även olycksförloppets karakteristiska gör att den inte har en cirkulär påverkan. I **Tabell 10** redovisas vilken reduktion som måste göras i samband med beräkning av risk.

Tabell 10. Korrektion för olyckans riktning.

Scenario	Beskrivning	Korrigering
Giftmoln	Utbredning i vindriktningen ⁸ (22°)	$22 / 360 = 0,061$
BLEVE	Cirkulär utbredning	1,0
UVCE	Utbredning i vindriktningen ⁸ (22°)	$22 / 360 = 0,061$
Jetflamma	Riktning uppåt, mot eller bort ⁹	$2/3 = 0,67$
Pölbrand	Cirkulär utbredning	1,0
Frätande ämne	Riktning mot eller bort ¹⁰	$1/2 = 0,50$
Urspårning	På båda sidor om spåret	1,0

C.1.2 Spridningsvinkel

Giftmoln driver i väg med vinden. Gasen sprids i huvudsak längs med vindriktningen, men även till viss del i sidled. Spridningen i sidled bestäms av en spridningsvinkel, vilken i första hand beror på vindhastigheten. I Figur 27 visas en schematisk bild av spridningsförloppet. Spridningsvinkeln kan beräknas med en metod som visas i Figur 28.



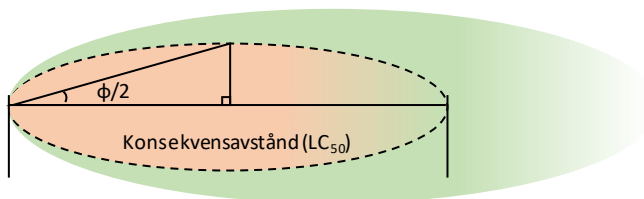
Figur 27. Illustration av konsekvensavstånd, konsekvensområde och spridningsvinkel vid spridning av giftmoln.

⁸ I avsnitt C.1.2 redovisas hur spridningsvinkeln beräknats.

⁹ Jetflamman antas kunna vara riktad mot området, bort från området eller uppåt. Flammor som är riktade bort från området tas inte med i analysen.

¹⁰ Utsläpp av frätande ämne antas kunna ske mot eller bort från området. Utsläpp som riktas bort tas inte med i analysen.

Vid halva avståndet till LC₅₀ (se Figur 28) längs utsläppets centrumlinje mäts avståndet i sidled ut till samma koncentration. Denna sträcka är den motstående kateten till halva spridningsvinkeln.



Figur 28. Illustration hur spridningsvinkeln kan beräknas med utgångspunkt i gasspridningsmodellen.

Spridningsvinkeln har beräknats för olika väder- och vindförhållanden och redovisas i Tabell 11. Beräkningar har utförts med metodiken redovisad i bilaga D.

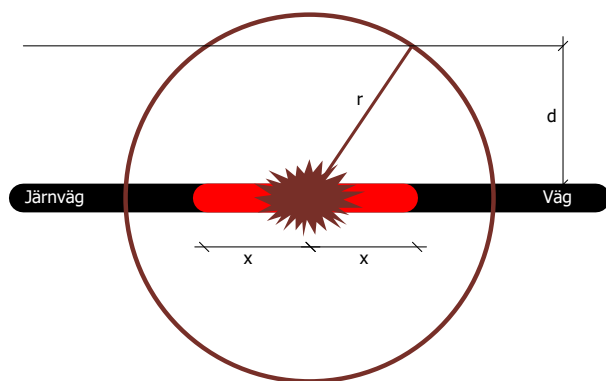
Tabell 11. Sammanställning av spridningsvinkel för olika väder- och vindförhållanden.

Stabilitetsklass	Vindhastighet	Spridningsvinkel
Instabil	1–4 m/s	29–31°
Neutral	2–8 m/s	15–29°
Stabil	1–4 m/s	11–33°

Spridningsvinkeln blir smalare ju mer det blåser och vinkeln antar sitt högsta värde när vindhastigheten är 1 m/s. Med hjälp av statistisk analys som bygger på indata relevant för spridning i luft (se bilaga D) kan det konstateras att spridningsvinkeln kommer vara 22° eller lägre i 95 % av fallen. 22° används som dimensionerande värde i riskanalysen.

C.1.3 Korrigeringsfaktor för att bedöma frekvensen att specifik olycka påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden

Olycksfrekvenserna som beräknas i avsnitt 3.2 utgår från en sträcka på 1 km. Eftersom de flesta olyckor endast påverkar en liten del av denna sträcka så är det nödvändigt att korrigera för hur ofta en olycka som har en given utbredning, påverkar en punkt på ett visst avstånd från transportleden. Detta kan göras med en modell som bygger på den som redovisas i Figur 29.



Figur 29. Modell för beräkning av frekvensen att en olycka påverkar ett visst avstånd från transportleden.

Om olyckan har utbredningen r så måste olyckan inträffa på sträckan $2x$ för att ge en påverkan på avståndet d från transportleden. Notera att det endast är intressant att studera de fall där d



$\leq r$, eftersom om $d > r$ blir det ingen konsekvens. Med hjälp av Pythagoras sats¹¹ kan x beräknas och sannolikheten att olyckan med utbredningen r påverkar avståndet d vid en olycksfrekvens angiven per kilometer blir således:

$$2\sqrt{r^2 - d^2}/1000$$

I Tabell 12 redovisas den korrigeringsfaktor som olycksfrekvensen per km ska multipliceras med för att bestämma frekvensen för att en olycka med en viss utbredning påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden.

¹¹ Pythagoras sats anger sambandet mellan sidorna i en rätvinklig triangel där kvadraten på hypotenusan är lika med summan av kvadraterna på kateterna.



Tabell 12. Korrigeringsfaktor för att hantera att en olycka med en viss utbredning (r) påverkar en punkt på ett givet avstånd (d) från transportleden.

Olyckan når	Avstånd (d) som studeras, m																											
(r), m	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130	140	150		
5	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10	0,02	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
15	0,03	0,03	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
20	0,04	0,04	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
25	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
30	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
35	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
40	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
45	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
50	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,06	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
55	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08	0,06	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
60	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
65	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
70	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,09	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
75	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
80	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,09	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
85	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
90	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-		
95	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,12	0,10	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-		
100	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,09	0,06	-	-	-	-	-	-		
110	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,11	0,09	-	-	-	-	-		
120	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21	0,20	0,19	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,13	0,10	-	-	-	-		
130	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,21	0,20	0,20	0,19	0,18	0,17	0,14	0,10	-	-	-		
140	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,22	0,21	0,21	0,20	0,17	0,14	0,10	-	-		
150	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,26	0,25	0,25	0,24	0,23	0,22	0,20	0,18	0,15	0,11	-		



160	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,23	0,21	0,19	0,15	0,11
170	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,30	0,29	0,29	0,28	0,27	0,26	0,24	0,22	0,19	0,16	
180	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31	0,30	0,28	0,27	0,25	0,23	0,20	
190	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,34	0,34	0,33	0,33	0,32	0,31	0,29	0,28	0,26	0,23	
200	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,35	0,35	0,33	0,32	0,30	0,29	0,26	
220	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40	0,39	0,38	0,37	0,35	0,34	0,32	
240	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,43	0,42	0,40	0,39	0,37	
260	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44	0,42	
280	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,54	0,54	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,52	0,51	0,51	0,50	0,48	0,47	
300	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57	0,57	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	
320	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,62	0,62	0,62	0,62	0,61	0,61	0,61	0,60	0,59	0,58	0,58	0,57	
340	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,66	0,66	0,66	0,66	0,65	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	0,61	
360	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,69	0,69	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	
380	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,74	0,74	0,74	0,74	0,73	0,73	0,72	0,71	0,71	0,70	
400	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78	0,78	0,77	0,77	0,76	0,76	0,75	0,74	



Tabell 12. Korrigeringsfaktor för att hantera att en olycka med en viss utbredning (r) påverkar en punkt på ett givet avstånd (d) från transportleden. (forts.)

Olyckan när	Avstånd (d) som studeras, m														
(r), m	160	170	180	190	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
170	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
180	0,16	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
190	0,20	0,17	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	0,24	0,21	0,17	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
220	0,30	0,28	0,25	0,22	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240	0,36	0,34	0,32	0,29	0,27	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
260	0,41	0,39	0,38	0,35	0,33	0,28	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-
280	0,46	0,44	0,43	0,41	0,39	0,35	0,29	0,21	-	-	-	-	-	-	-
300	0,51	0,49	0,48	0,46	0,45	0,41	0,36	0,30	0,22	-	-	-	-	-	-
320	0,55	0,54	0,53	0,51	0,50	0,46	0,42	0,37	0,31	0,22	-	-	-	-	-
340	0,60	0,59	0,58	0,56	0,55	0,52	0,48	0,44	0,39	0,32	0,23	-	-	-	-
360	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,57	0,54	0,50	0,45	0,40	0,33	0,24	-	-	-
380	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,62	0,59	0,55	0,51	0,47	0,41	0,34	0,24	-	-
400	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,67	0,64	0,61	0,57	0,53	0,48	0,42	0,35	0,25	-

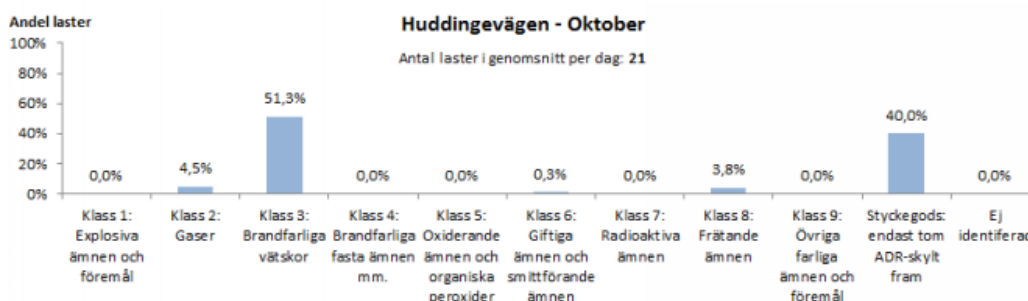


C.2 Transportstatistik

C.2.1 Transport på Huddingevägen

I avsnitt 3.2 redovisas transportarbetet för tung trafik. Transportarbete kombineras med mätningar av WSP Analys och Strategi år 2015 (*Analyser av transporter med farligt gods – Mätningar utförda i Stockholm under maj och oktober 2015*) för att bedöma antalet fordon lastade med farligt gods som trafikerar Huddingevägen förbi planområdet.

I Figur 30 redovisas en sammanställning av mätningarna avseende transport av farligt gods på Huddingevägen förbi planområdet i oktober 2015. Om det bortses från styckegods så utgörs den största andelen (51%) av brandfarliga vätskor och den näst största (4,5%) av gaser. Andelen tunga transporter med farligt gods uppmättes till totalt 0,5% (motsvarande i genomsnitt 21 per dag). Styckegods beaktas inte i riskberäkningarna, varpå inbördes fördelning mellan klasser viktas om, se huvudrapporten.



Figur 30. Sammanställning av fördelning farligt gods baserat på klass för Huddingevägen förbi planområdet.

C.2.2 Uppdelning inom resp. ADR-klass

Utöver uppdelningen i olika ADR-klasser krävs kännedom om fördelningar inom resp. klass för att kunna göra korrekta beräkningar av risken. Exempelvis omfattar ADR-klass 2 "gaser", vilka kan vara brandfarliga, giftiga eller sakna någon av dessa egenskaper. Underlag för klasserna 2 och 3 i Tabell 13 baseras på mätningen från WSP. Underlag för klass och 6 bygger på data från Länsstyrelsens i Skåne läns riktlinjer¹².

Tabell 13. Uppdelning av farligt gods inom resp. ADR-klass. Klass 8 redovisas inte i tabellen då det inte finns någon uppdelning i underklasser inom dessa huvudklasser. Inga transporter av ADR-klass 1, 4, 5, 7 eller 9 identifierades.

ADR-klass	Underklass	Andel inom ADR-klass
2	Giftigt	0 %
	Brandfarligt	74 %
	Övrigt ¹³	26 %
3	Brandfarligt, ej giftigt	100 %
	Brandfarligt och giftigt	0 %
	Övrigt	0 %
6	Flytande	72 %
	Övrigt	28 %

¹² Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

¹³ Underklassen "Övrigt" betecknar farligt gods som inte kan utgöra en fara för omgivningen.



C.3 Scenarier

C.2.2 redovisar uppdelningen mellan olika ADR-klasser. Utöver denna information krävs kännedom om "underklasser", sannolikhet för utsläpp och vilken typ av olycka som inträffar. Denna information finns redovisad i Tabell 13 och förtydligas nedan.

Gaser (ADR-klass 2)

Gaser delas in i tre huvudgrupper – de som är brännbara, de som är giftiga och de som inte utgör någon fara för omgivningen. För brännbara gaser gäller att ha kännedom om vilka olyckor som inträffar.

- ♦ Andelen giftiga gaser är 0 % i grundscenariot men beaktas i en känslighetsanalys.
- ♦ Andelen brännbara gaser är 74 %. Om utsläpp sker kan följande inträffa^{14,15}
 - Ingen antändning, 30 %.
 - UVCE, 50 %.
 - BLEVE, 1 %.
 - Jetflamma, 19 %.
- ♦ Resterande 26 % utgörs av gaser som inte anses farliga, t.ex. kvävgas samt olika inerta gaser.

Brandfarliga vätskor (ADR-klass 3)

Brandfarliga vätskor delas in i tre grupper; brandfarliga, brandfarliga och giftiga samt brännbara. En brandfarlig vätska definieras med att den kan antändas under normala temperaturer (< 30° C). Diesel är ett exempel på en brännbar, men ej brandfarlig vätska då den inte kan antändas vid temperaturer < 55 °C. Beroende av om och när antändning sker samt om vätska är giftig eller inte sker olika olyckstyper.

- ♦ Andelen brandfarliga produkter utan giftiga egenskaper är 100 %. Följande olyckor beaktas^{14,15}:
 - Ingen antändning, 94 %
 - Fördröjd antändning, 3 % och omedelbar antändning, 3 %
- ♦ Andelen brandfarliga produkter med giftiga egenskaper är 0 % i grundscenariot men beaktas i en känslighetsanalys. Följande olyckor beaktas då^{14,15}:
 - Ingen antändning med resulterande giftmoln, 94 %
 - Fördröjd antändning, 3 % och omedelbar antändning, 3 %

Giftiga ämnen (ADR-klass 6)

Giftiga ämnen i klass 6 transporteras antingen i flytande eller fast form. Ämnen i fast form utgör normalt ingen akut påverkan på omgivningen.

¹⁴ Purdy, G., *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail*, Journal of Hazardous Materials, 33, pp 229-259, 1993

¹⁵ CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.



- ♦ Andelen flytande giftiga ämnen är 72 %.

Frätande ämnen (ADR-klass 8)

Samtliga läckage av ämnen i klass 8 kan orsaka skada på omgivningen.

C.4 Olyckor på väg

De allra flesta olyckor med transport av farligt gods är i grunden trafikolyckor vid vilka tankens skadas och utsläpp sker. Beräkning av antalet olyckor som leder till utsläpp av farligt gods kan göras med en modell som bygger på kännedom om:

1. Trafikarbete uttryckt som antal fordonskilometer med transport av farligt gods per år.
2. Olycksfrekvens uttryckt i antal olyckor per fordonskilometer.
3. Index för farligt godsolycka, vilket anger sannolikheten för utsläpp av farligt gods, givet att en trafikolycka inträffar.

C.4.1 Trafikarbete

Trafikarbete för fordon som medför farligt gods beräknas för en referenstid av ett år och utgör ett underlag för att bedöma det årliga antalet olyckor med fordon som medför farligt gods. Antal fordon hämtas från avsnitt 3.2 och 4.2.4 i huvudrapporten. Andelen som medför farligt gods blir cirka 0,3 %.

- ♦ Dimensionerande antal fordon som medför farligt gods på Huddingevägen är 6 205 fordon per år.

Trafikarbete, T beräknas för en vägsträcka på 1 km:

- ♦ Trafikarbete i form av antal axelparskilometer med transport av farligt gods på Huddingevägen är 34 903 axelparskilometer per år.

C.4.2 Olycksfrekvens

När olycksfrekvensen ska beräknas krävs kännedom om olyckskvoten, trafikarbetet och andelen singelolyckor. Modellen som beräknar antalet olyckor utgår från att alla olyckor är singelolyckor. Därför är det nödvändigt att kompensera för att fler än en bil kan vara inblandad i en trafikolycka. Detta kan lämpligen göras med en korregeringsfaktor redovisad i Tabell 14 och Tabell 15 och beräknad enligt nedanstående modell¹⁶:

$$K_s = Y + 2 \cdot (1 - Y)$$

Data avseende andel singelolyckor har kurvanpassats för att ge möjlighet att bedöma värden för hastighetsbegränsningar som ej finns redovisade i ursprungsmaterialet.

Tabell 14. Andel singelolyckor i stad¹⁷.

Hastighetsbegränsning	Andel singelolyckor, Y	Korregeringsfaktor, K_s
30 km/h	0,05	1,95
40 km/h	0,09	1,91
50 km/h	0,14	1,86

¹⁶ Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafikolyckor*, rapport nr 387:3, 1994.

¹⁷ Notera att index för farligt-gods-olycka för hastigheter större än 80 km/h är baserade på uppgifter för landsbygd då underlag saknas för stad.



Hastighetsbegränsning	Andel singelolyckor, Y	Korrigeringsfaktor, K_s
60 km/h	0,21	1,79
70 km/h	0,29	1,71
80 km/h	0,38	1,62
90 km/h	0,47	1,53
100 km/h	0,53	1,47
110 km/h	0,60	1,40
120 km/h	0,62	1,38

Tabell 15. Andel singelolyckor på landsbygd.

Hastighetsbegränsning	Andel singelolyckor, Y	Korrigeringsfaktor, K_s
30 km/h	0,05	1,95
40 km/h	0,09	1,81
50 km/h	0,11	1,89
60 km/h	0,22	1,78
70 km/h	0,31	1,69
80 km/h	0,40	1,60
90 km/h	0,47	1,53
100 km/h	0,53	1,47
110 km/h	0,58	1,42
120 km/h	0,62	1,38

Olycksfrekvensen OF uttryckt i förväntat antal olyckor med fordon som medför farligt gods per fordonskilometer beräknas enligt nedanstående uttryck.

$$OF = O_k \cdot K_s$$

där:

O_k = Olyckskvoten, vilken redovisas i avsnitt 3.2.

K_s = Korrigeringsfaktor för olyckor med fler än ett fordon inblandade.

Olyckskvoter redovisas för resp. väg i avsnitt 3.2 och dimensionerande olycksfrekvenser beräknas för grundscenariot till:

- ♦ Olycksfrekvens för Huddingevägen blir $0,149 \times 1,80 = 2,68 \cdot 10^{-1}$ per axelparskilometer.

C.4.3 Index för farligt godsolycka

VTI¹⁸ anger ett index för farligt godsolycka, vilket ska tolkas som sannolikheten för utsläpp av farligt gods, givet att en trafikolycka inträffar. Indexet är beroende av hastigheten med vilken olyckan inträffar, se Tabell 16 och Tabell 17. VTI har i sin redovisning av olyckskvoten utgått från ett statistiskt underlag för 70 km/h och därefter har VTI antagit att olyckskvoten är proportionerlig mot rörelseenergin i kvadrat, ett samband som använts för att beräkna olyckskvoterna för övriga hastigheter.

Tabell 16. Index för farligt godsolycka för stad¹⁹.

Hastighetsbegränsning	Index för farligt godsolycka
30 km/h	0,01
40 km/h	0,02

¹⁸ Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafikolyckor*, rapport nr 387:3, 1994.

¹⁹ Notera att index för farligt godsolycka för hastigheter större än 80 km/h är baserade på uppgifter för landsbygd då underlag saknas för stad.



50 km/h	0,03
60 km/h	0,06
70 km/h	0,12
80 km/h	0,22
90 km/h	0,25
100 km/h	0,31
110 km/h	0,40
120 km/h	0,51

Tabell 17. Index för farligt godsolycka för landsbygd²⁰.

Hastighetsbegränsning	Index för farligt godsolycka
30 km/h	0,01
40 km/h	0,02
50 km/h	0,09
60 km/h	0,12
70 km/h	0,15
80 km/h	0,19
90 km/h	0,25
100 km/h	0,31
110 km/h	0,40
120 km/h	0,51

Index för farligt godsolycka i Tabell 16 och Tabell 17 gäller för tunnväggiga tankar, dvs. alla transporter undantaget tryckkondenserade gaser i ADR-klass 2. För dessa tankar är index för farligt godsolycka 1/30-del av värdet som anges där²¹.

C.4.4 Sammanställning av frekvenser för enskilda scenarier

Informationen i avsnitt C.1.1 samt C.4.1-C.4.3 används för att beräkna frekvenserna för resp. scenario enligt nedanstående modell:

$$F_{\text{scenario}} = OF \cdot T \cdot N_{\text{ADR-X}} \cdot N_{\text{ADR-X.X}} \cdot I_{\text{FaGo-olycka}} \cdot P_{\text{konslADR-X.X}} \cdot K_{\text{riktn}}$$

där:

OF är olycksfrekvensen, se avsnitt C.4.2.

T är trafikarbetet i form av fordonskilometrar per år, se avsnitt C.2.1.

$N_{\text{ADR-X}}$ är andelen av farligt gods i huvudklass ADR 1-9, se avsnitt C.2.1.

$N_{\text{ADR-X.X}}$ är andelen inom resp. ADR-klass, se avsnitt C.2.2.

$I_{\text{FaGo-olycka}}$ är index för farligt godsolycka, se avsnitt C.4.3.

$P_{\text{konslADR-X.X}}$ är sannolikheten att ett visst scenario inträffar givet utsläpp i en specifik underklass, se avsnitt C.2.2.

K_{riktn} är en korrigeringsfaktor som tar hänsyn till i vilken riktning olyckan breder ut sig, se avsnitt C.1.1.

I Tabell 18 sammanställs frekvensen för resp. scenario.

²⁰ Notera att index för farligt godsolycka för hastigheter mindre än 50 km/h är baserade på uppgifter för stad då underlag saknas för landsbygd.

²¹ Räddningsverket, *Farligt Gods – riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*, 1996.



Tabell 18. Frekvenser per år för respektive scenario.

Scenario	Huddingevägen
Klass 2 BLEVE	2,0E-09
Klass 2 jetflamma	2,5E-08
Klass 2 UVCE	6,1E-09
Klass 2 giftmoln	0,0E+00
Klass 3 pölbrand (direkt)	1,9E-05
Klass 3 pölbrand (fördröjd)	9,3E-06
Klass 3 giftmoln	0,0E+00
Klass 6 giftmoln	2,4E-08
Klass 8	3,4E-06
Summa:	3,1E-05

De enskilda scenariernas frekvenser i Tabell 18 är den data som frekvensmodellen lämnar över till "riskmodellen". I riskmodellen används ovanstående frekvenser tillsammans med resultatet av konsekvensberäkningarna i bilaga D. Pölbränder vid utsläpp av ADR-klass 3 som kan ge brännskador och brandspridning står för nästan 89 % av antalet olyckor, och utsläpp av ADR-klass 8 som kan ge frätskador i närområdet för drygt 11 %, vilka tillsammans utgör i princip alla de tänkbara olyckorna då resterande olyckorna har mycket låga frekvenser.



D. Konsekvenser av olyckor med farligt gods

D.1 Beräkning av konsekvenser

I detta avsnitt redovisas de modeller som har använts för beräkning av olyckornas konsekvenser. Syftet med avsnittet är att visa vilka modeller som använts på en övergripande nivå. Huvudreferens för detta avsnitt är:

Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1998.

Om inget annat anges kommer beräkningsmetodik och ekvationer från ovanstående referens.

D.1.1 Avdunstning

Massflödet vid avdunstning behöver bedömas för att kunna uppskatta effekterna av spridning i luft vid utsläpp av giftig brandfarlig vätska i ADR-klass 3. Massflödet beror på karakteristiska för utsläppt ämne (ångtryck, densitet, molekylvikt), vind samt utsläppets area. Beräkningen av massflödet görs genom att utnyttja det dimensionslösa masstransporttalet B med ekvationer²² enligt nedan. Traditionellt används alternativa metoder inom andra ingenjörsvetenskapsdiscipliner, men jämförande beräkningar visar att de olika metoderna överensstämmer väl²². Nedanstående ekvationer gäller för vätskor vars kokpunkt är högre än omgivningens temperatur.

$$Y_{FW} = \frac{1}{\left[1 + \left[\left(p/p_F\right) - 1\right] \left(M_{luft} / M_F\right)\right]} \quad (1)$$

$$B = \frac{(Y_{F_\infty} - Y_{FW})}{(Y_{FW} - Y_{FR})} \quad (2)$$

$$Re = u \cdot D_{eq} / \nu \quad (3)$$

$$Nu = 0,037 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr_{luft}^{1/3} \quad (4)$$

$$h = Nu \cdot k_{luft} / D_{eq} \quad (5)$$

$$Q'' = \frac{(h / C_{p_{luft}}) \cdot \ln(1 + B)}{1000} \quad (6)$$

$$Q = Q'' \cdot A \quad (7)$$

$$D_{eq} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (8)$$

där

Y_{FW} = Massfraktion bränsle vid ytan i gasfas.

Y_{F_∞} = Massfraktion bränsle i luften ovanför bränsleytan.

Y_{FR} = Massfraktion bränsle i vätskepoolen.

²² Andersson, B., *Introduktion till konsekvensberäkningar, några förenklade typfall*, Institutionen för Brandteknik, Lunds universitet, Lund, 1992.



p	= Lufttryck = 101,3 kPa.
p_F	= Ångtryck för bränsle i kPa.
M_{luft}	= Molekylvikt för luft = 28,85 g/mol.
M_F	= Molekylvikt för bränsle i g/mol.
B	= Dimensionslöst masstransporttal.
Re	= Reynolds tal, dimensionslöst.
Nu	= Nusselts tal, dimensionslöst.
Pr_{luft}	= Prandtls tal för luft, dimensionslöst = 0,71.
u	= Vindhastighet, m/s.
D_{eq}	= Pölens ekvivalenta diameter ²³ , m.
A	= Pölens area, m
ν	= Kinematisk viskositet för luft = $15,08 \cdot 10^{-6}$ m ² /s.
h	= Konvektivt värmeövergångstal, W/m ² K.
k_{luft}	= Konduktivitet för luft = 0,02568 W/mK.
Q''	= Massflöde från ytan, kg/m ² s.
Q	= Massflöde från ytan, kg/s.
$C_{P_{luft}}$	= Värmekapacitet för luft = 1 J/gK.

Det är även möjligt att beräkna hur lång tid det tar för hela pölen att förångas. Förångningshastigheten (massflödet) används sedan som indata till spridningsmodellen. Om den avdunstade vätskan antänds gäller inte denna modell, utan modellen för beräkning av konsekvensen av en pölbrand (se avsnitt D.1.6).

D.1.2 Utströmning av gas (i vätskefas)

Vid utsläpp av tryckkondenserade gaser krävs kännedom om källstyrka (kg/s) och den initiala spridningsmodellen vilken är en s.k. turbulent jet (fri cirkulär jet i medvind).

$$Q = C_d A \sqrt{\frac{2(P_0 - P_a)}{\rho_f}} \quad (9)$$

$$F = \frac{Q^2 \rho_f}{C_d A} \quad (10)$$

där,

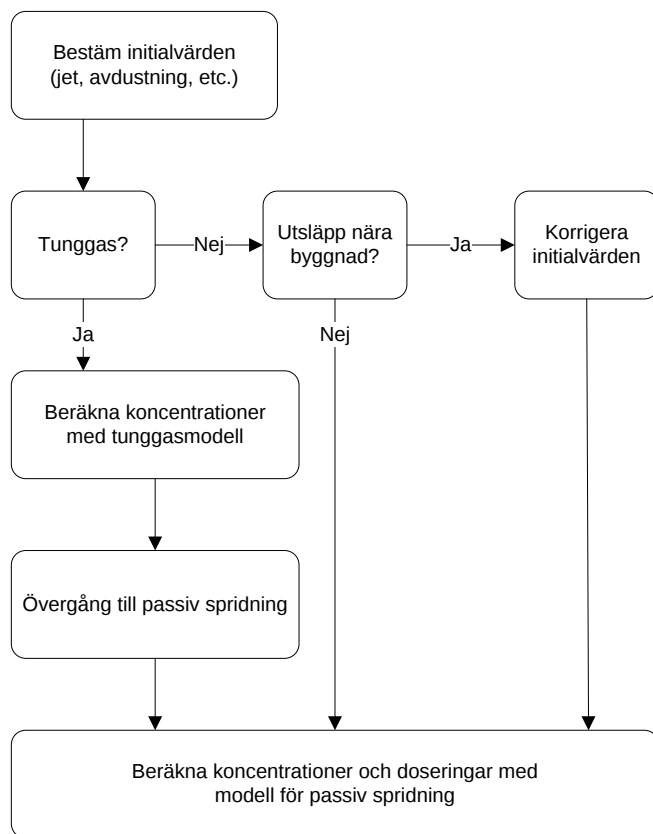
²³ Den ekvivalenta diametern används för att skapa en cirkel med samma area som själva vätskepölen.



Q	= Massflödet, kg/s.
C_d	= Kontraktionsfaktor för vätskeutströmning.
A	= Hålstorlek, m ² .
P_0	= Tanktryck, Pa.
P_a	= Atmosfärstryck, Pa.
v_f	= Specifik volym hos vätskefas, m ³ /kg.
F	= Rörelsemängdsflöde i jetstråle, N.

D.1.3 Spridning i luft

Följande flödesschema²⁴ för utsläpp används för att uppskatta spridning i luft:



Figur 31. Flödesschema²⁴ för kontinuerliga utsläpp.

D.1.3.1 Källmodell

Källmodellen kan antingen vara modellen för avdunstning i avsnitt D.1.1 eller modellen för bestämning av källstyrka vid utsläpp av tryckkondenserade gaser i avsnitt D.1.2.

D.1.3.2 Bestäm initialvärden

Värden för den initiala utspädningsprocessen²⁴ bestäms med följande ekvationer:

²⁴ Fischer, S. m.fl., *Våda utsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1998.



Avdunstning

= 0 i pölens kant uppströms i vindriktningen

$$\sigma_{y0} = 0,25 \cdot D_{eq} \quad (11)$$

$$\sigma_{z0} = 0,05 \cdot D_{eq} \quad (12)$$

där

σ_{y0}, σ_{z0} = Initiala utspädningskoefficienter i y- resp. z-led.

Tryckkondenserad gas

Utströmning av tryckkondenserad gas sker med en s.k. turbulent jet för vilken följande initiala dimensionsmått erhålls:

$$\sigma_{y0} = \sigma_{z0} = 0,44R(x_{tr}) \quad (13)$$

D.1.3.3 Tunggas?

Nästa steg blir att avgöra om det finns ett tunggassteg eller inte vid beräkning av koncentrationer. Om tunggassteget inte existerar kan modellen för passiv spridning användas direkt. Tunggaseffekterna är försumbara när molnets tillväxt i sidled nått ner till samma värde som för passiv spridning. Detta kan uttryckas som ett avståndsvillkor för tunggasmodellens giltighet:

$$x \leq \frac{0,037L_b}{(\sigma'_{yp})^3} - \frac{\sigma_{y0}^{3/2}}{0,35L_b^{1/2}} = x_{\max} \quad (14)$$

$$\sigma'_{yp} = \beta \left(\frac{z_0}{z_{03}} \right)^{0,2} \quad (15)$$

$$L_b = g \left(1 - \frac{M_{luft}}{M_{F_{eff}}} \right) \cdot \frac{Q}{\rho_a u^3} \quad (16)$$

$$M_{F_{eff}} = M_F \left[1 + \frac{c_{pg}(T_a - T_{g0})}{c_{pa}T_a} \right] \quad (17)$$

där

T_{g0} = Gasens temperatur före luftinblandning, K

Eftersom gasens temperatur innan inblandning av luft är densamma som efter luftinblandning är $M_{F_{eff}} = M_F$. Tunggasmodellen ska tillämpas i intervallet $0 \leq x \leq x_{\max}$ varefter en övergång till modell för passiv spridning ska göras. Om x_{\max} är mindre än noll så ska tunggasmodellen överhuvudtaget inte användas.

D.1.3.4 Beräkning av koncentrationer med tunggasmodell

I intervallet $0 \leq x \leq x_{\max}$ har plymen en maximal koncentration i vindriktningen enligt nedanstående ekvation.



$$X_{\max}(x) = X(x, 0, 0) = \frac{85Q \cdot K_r^{-1} \cdot K_s}{\left(x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}}\right)^2 \cdot u} \quad (18)$$

$$K_r = \left(\frac{z_0}{z_{01}}\right)^{0,2} \quad (19)$$

där

X_{\max} = Maximal koncentration i vindriktningen, kg/m³.

K_r = Korrektionsfaktor för skrovlighet (ytråhet).

K_s = Korrektionsfaktor för atmosfärsstabilitet.

z_{01} = Referenslängd för skrovlighet (ytråhet) = 0,01 m.

Plymens bredd- och höjdmått beräknas med följande ekvationer.

$$\sigma_y(x) = \left[\sigma_{y0}^{3/2} + 0,35L_b^{1/2}x\right]^{2/3} \quad (20)$$

$$\sigma_z(x) = \frac{\left(x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}}\right)^2}{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_y(x)} \quad (21)$$

där

$\sigma_y(x)$ = Standardavvikelse för masskoncentration i y-led, m.

$\sigma_z(x)$ = Standardavvikelse för masskoncentration i z-led, m.

D.1.3.5 Övergång till passiv spridning

Vid x_{\max} är inte längre tunggasmodellen tillämplig. Plymen har då fått standardavvikelser enligt ekvationerna (20) och (21) med $x = x_{\max}$ och dessa värden på σ_y och σ_z används som initiala värden (σ_{y0} och σ_{z0}) i modellen för passiv spridning.

D.1.3.6 Beräkning av koncentrationer med modell för passiv spridning

För den passiva spridningsfasen rekommenderas en gaussisk spridningsmodell i stället för en mindre realistisk boxmodell. Spridningsmodellen ger koncentrationen av gas på ett givet avstånd från utsläppspunkten med hjälp av nedanstående ekvationer.

$$X(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (22)$$

där

$X(x, y, z)$ = Koncentrationen på avståndet x, y och z, kg/m³.

Q = Utsläppets källstyrka, kg/s.

σ_y, σ_z = Dispersionskoefficienter i sid- och höjdlid

u = Vindhastigheten, m/s.



H = Utsläppets höjd, m

Dispersionskoefficienterna som styr spridning i sid- och höjdd led beräknas enligt nedan.

$$\sigma_y = \frac{a_y (x + x_{y0})}{(1 + b_y (x + x_{y0}))^{\gamma_y}} K_{rp} K_{yt} \quad (23)$$

$$\sigma_z = \frac{a_z (x + x_{z0})}{(1 + b_z (x + x_{z0}))^{\gamma_z}} K_{rp} \quad (24)$$

där a , b , och γ är parametrar som beror på rådande stabilitet; x_{y0} och x_{z0} är avstånden till s.k. virtuella källor, dvs. de koordinatförskjutningar som är nödvändiga för att plymen ska få rätt bredd och höjd initialt. K_{rp} anger en korrigering för underlagets skrovlighet och K_{yt} för samplingstidens (medelvärdesbildningstidens) påverkan på den horisontella spridningen. För bebyggt område är $K_{rp} = 1$ och K_{yt} antar ett värde på 1,0 då den önskade medelvärdesbildningstiden är densamma som medelvärdetiden (500 s).

Tabell 19. Konstanter för olika stabilitetsklasser.

Stabilitetsklass	a_y	b_y	γ_y	a_z	b_z	γ_z
A	0,32	0,0004	0,5	0,24	0,001	-0,5
B	0,32	0,0004	0,5	0,24	0,001	-0,5
C	0,22	0,0004	0,5	0,20	0	0
D	0,16	0,0004	0,5	0,14	0,0003	0,5
E	0,11	0,0004	0,5	0,08	0,0015	0,5
F	0,11	0,0004	0,5	0,08	0,0015	0,5

Nedanstående ekvationer används för beräkning av x_{y0} och x_{z0} .

$$x_{y0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} K_{yt}} \right)^2 b_y + \frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} K_{yt}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} K_{yt}} \right)^2 b_y^2 + 4a_y^2}}{2a_y^2} \quad \text{för } \gamma_y = 0,5 \quad (25)$$

$$x_{z0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \right)}{a_z - b_z \left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \right)} \quad \text{för } \gamma_z = 1 \quad (26)$$

$$x_{z0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \right)^2 b_z + \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \right)^2 b_z^2 + 4a_z^2}}{2a_z^2} \quad \text{för } \gamma_z = 0,5 \quad (27)$$

$$x_{z0} = \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp} a_z} \quad \text{för } \gamma_z = 0 \quad (28)$$



$$x_{z0} = \frac{\sqrt{1 + \frac{4 \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} (\sqrt{2} - 1) b_z}{a_z}} - 1}{2(\sqrt{2} - 1) b_z} \text{ för } \gamma_z = -0,5 \quad (29)$$

σ_{y0} och σ_{z0} är de initiala dispersionskoefficienterna, vilka väljs utifrån riktlinjerna i avsnitt D.1.3.2

D.1.4 BLEVE

En BLEVE ger upphov till ett stort eldklot och beräknas med hjälp av nedanstående ekvationer.

$$D = 6,48m^{0,325} \quad (30)$$

$$t_{BLEVE} = 0,825m^{0,26} \quad (31)$$

$$F_{21} = \frac{D^2}{4X^2} \quad (32)$$

$$\tau = 2,02(p_w X)^{-0,09} \quad (33)$$

$$q_r = \frac{X_E m \Delta h_c}{\pi D^2 t_{BLEVE}} \quad (34)$$

$$q_x = \tau q_r F_{21} \quad (35)$$

där

D	= Eldklotets diameter, m.
m	= Utsläppt massa brännbar vätska, kg.
t_{BLEVE}	= Eldklotets varaktighet, s.
F_{21}	= Synfaktor
X	= Avstånd mellan eldklotets yta och mottagande föremål, m.
τ	= Andel av strålningen som transmittas genom luften.
p_w	= Vattens ångtryck, Pa
q_r	= Avgiven strålning, kW/m ² .
X_E	= Strålningsandel.
Δh_c	= Förbränningsvärme, kJ/kg.
q_x	= Mottagen strålning, kW/m ² .

Avståndet till 50 % dödlighet beräknas genom att bestämma det avstånd där mottagande strålning är lika med gränsvärdet för kritisk strålningspåverkan enligt avsnitt D.2.3. Sedan har eldklotets radie lagts till detta avstånd för att få en korrekt angivelse i förhållande till platsen där olyckan inträffar.



D.1.5 Jetflamma

Jetflamman är en "svetslåga" som uppkommer vid direkt antändning av en kondenserad brandfarlig gas. Följande ekvationer används för att beräkna riskavståndet vid en jetflamma.

$$R_{s,50} = 1,9t^{0,4}Q^{0,47} \quad (36)$$

där

- $R_{s,50}$ = Riskavstånd till 50 % dödlighet, m
 t = Exponeringstid vid strålningspåverkan, s
 Q = Utsläppets källstryka, kg/s (se avsnitt D.1.2)

D.1.6 Pölbrand

Strålningen från en pölbrand kan beräknas med nedanstående ekvationer.

$$Q = m'' \Delta h_c A_p \quad (37)$$

$$q_r = X_e Q \quad (38)$$

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi X^2} \quad (39)$$

$$q_x = \tau q_r F_{12} \quad (40)$$

där:

- Q = Brandens effekt, kW.
 m'' = Förbränningshastighet per ytenhet, kg/s/m².
 Δh_c = Förbränningsvärme, kJ/kg.
 A_p = Pölens area, m².
 q_r = Avgiven strålning, kW/m².
 X_e = Strålningsandel.
 F_{12} = Synfaktor
 X = Avstånd mellan eldklotets yta och mottagande föremål, m.
 q_x = Mottagen strålning, kW/m².
 τ = Andel av strålningen som transmittteras genom luften, se avsnitt D.1.4.

Avståndet till 50 % dödlighet beräknas genom att bestämma det avstånd där mottagande strålning är lika med gränsvärdet för kritisk strålningspåverkan enligt avsnitt D.2.3. Sedan har pölens diameter lagts till detta avstånd för att få en korrekt angivelse i förhållande till platsen där olyckan inträffar.

D.1.7 Stänk

Frätande ämnen kan orsaka svåra skador och dödsfall om det finns personer i tankens omedelbara närhet vilka får stänk över sig. Det finns inga kvantitativa modeller för att



uppskatta effekterna av stänk med frätande vätska, utan det antas att människor som befinner sig inom 10 m från tanken utsätts för dödliga skador.

D.2 Indata

D.2.1 Väder- och vindförhållanden

Väder- och vindförhållanden har betydelse när konsekvenserna av utsläpp av gaser (brännbara eller giftiga) ska bedömas. I Tabell 20 redovisas de värden som använts vid konsekvensberäkningarna.

Tabell 20. Dimensionerande väder- och vindförhållanden.

Stabilitetsklass	Sannolikhet	Vindhastighet (medelvärde)
Instabil	10 %	1,7 m/s
Neutral	50 %	4,4 m/s
Stabil	40 %	2,4 m/s

D.2.2 Ämnesspecifika data

I nedanstående tabeller ges väsentliga indata, vilka är de samma som använts i Länsstyrelsen i Skåne läns riktlinjer²⁵. En förklaring till statistiska begrepp och sannolikhetsfördelningar ges i bilaga A.

Tabell 21. Generella indata till konsekvensberäkningarna.

Variabel	Enhet	Värde
Atmosfärstryck	[Pa]	101 325
Flödeskoefficient	[-]	Likformig (0,65; 0,80)
Höjd på vätskepelare	[m]	Likformig (1,0; 2,0)

Tabell 22. Fördelning av hålstorlek. Källstyrkan avser utsläpp av gasol.

Håltyp	Håldiameter	Källstyrka	Sannolikhet
Litet	10 mm	1 kg/s	62.5 %
Medel	30 mm	12 kg/s	20.8 %
Stort	110 mm	160 kg/s	16.7 %

Sannolikheten för de olika hålstorlekarna kommer från Räddningsverket²⁶, medan de olika hålstorlekarna bygger på uppskattningar från bland annat Cox²⁷ och CPQRA²⁸.

Tabell 23. Ämnesspecifika indata.

Variabel	Enhet	Propylen-oxid	Dimetyl-sulfat	Svavel-dioxid	Gasol	Bensin
Molvikt	[g/mol]	58,1	126	64	76,53	

²⁵ Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

²⁶ Räddningsverket, Farligt Gods – riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg, 1996.

²⁷ Cox, A.W., Lees, F.P., Ang, M.L., *Classification of Hazardous Locations*, ISBN 0-85295-258-9, Institution of Chemical Engineers, Warwickshire 1990.

²⁸ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, New York, 1989.



Variabel	Enhet	Propylen-oxid	Dimetyl-sulfat	Svavel-dioxid	Gasol	Bensin
Densitet vätska	[kg/m ³]	830	1330	1460	605	750
Utsläppt mängd	[ton]	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
Förbränningsvärme	[kJ/kg]	34845	-	-	46000	45000
Strålningsandel	[-]	0,30	-	-	0,30	0,30
Ångtryck	[kPa]	60	0,067		833	
Kokpunkt	[°C]	34	188			
Tanktryck	[kPa]			230	535	
Förbränningshastighet	[m/s]					0,0001
Förbränningshastighet	[kg/m ² /s]					0,048

D.2.3 Skadekriterier

Risikanalysen berör skador på människor och de skadekriterier för exponering av giftiga gaser, värmestrålning och tryck som används redovisas i Tabell 24 nedan. Skadekriterierna representerar LC₅₀-värden, dvs. den koncentration där 50 % av en population förväntas omkomma, vilka beräknats med probitfunktion för angiven exponeringstid.

Tabell 24. Skadekriterier för giftiga gaser, värmestrålning²⁹ och tryck.

Skadeverkan	Kritisk påverkan
Explosion – tryck ³⁰	260 kPa
Explosion – värmestrålning ³¹	43 kW/m ²
Värmestrålning – BLEVE ³¹	31 kW/m ²
Värmestrålning – brandfarliga varor ³¹	14 kW/m ²
Toxicitet – giftig gas ³²	2 200 mg/m ³ (860 ppm)
Toxicitet – lättflyktig, giftig vätska ³³	4 900 mg/m ³ (2 000 ppm)
Toxicitet – giftig vätska ³⁴	186 mg/m ³ (35 ppm)

D.3 Resultat

Modeller, indata, skadekriterier samt väder- och vindförhållanden används för att beräkna konsekvensen av ett utsläpp. Konsekvensen antas inträffa i det område där koncentrationen, trycket eller värmestrålningen överskrider ett visst gränsvärde för dödlighet. Gränsvärdet för dödlighet bestäms av den påverkan som bedöms orsaka en dödlighet på 50 % av en population. För att avgöra vid vilket avstånd detta inträffar översätts 50 % dödlighet med hjälp av s.k. probitfunktioner till en fysikalisk parameter (toxisk koncentration (LC₅₀) eller kritisk värmestrålning).

²⁹ Strålningsnivåerna gäller oskyddad hud och någon skyddseffekt av kläder har inte tagits hänsyn till vid beräkning av skadekriterierna.

³⁰ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.

³¹ Eldklotets varaktighet för explosion är ca 7 s och för BLEVE ca 11 s. För värmestrålning från pölbränder gäller en exponeringstid på 30 s. Beräkningar av kritisk strålning sker enligt metodik redovisas i "CPR 16E, *Methods for the determination of possible damage*. Committee for the prevention of disasters, The Netherlands, 1992".

³² Representeras av svaveldioxid, 30 min exponering.

³³ Representeras av propylenoxid, 30 min exponering.

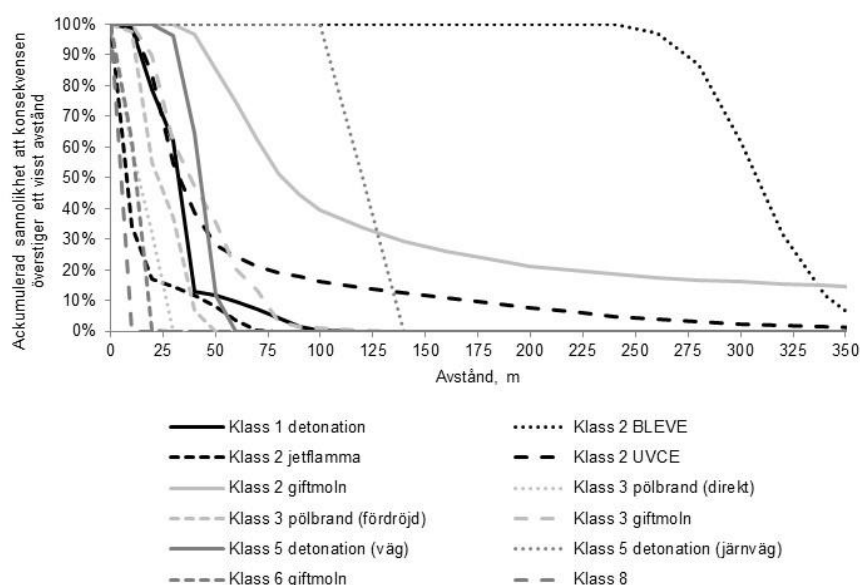
³⁴ Representeras av dimetylsulfat, 30 min exponering (TEEL-3).



Ytterligare en förenkling är nödvändig för att kunna genomföra beräkningarna. Det ansätts att inom området 100 till 50 % dödlighet omkommer alla människor och i området 50 till 0 % omkommer ingen. Denna förenkling är nödvändig för att kunna ta fram de olika riskmåten. Vid en verklig olycka kan människor som befinner sig inom riskområdet komma att överleva samtidigt som människor utanför kan omkomma. Användningen av 50 % dödlighet skall därför ses som ett genomsnitt och följer principerna i CPQRA³⁵. Ytterligare en nödvändig förenkling är att förutsätta att samtliga personer befinner sig oskyddade, i fri siktlinje med olycksplatsen. Då flertalet av variablerna beskrivs med sannolikhetsfördelningar i stället för punktvärden, utgör också resultatet statistiska fördelningar.

D.3.1 Konsekvensområde, enbart skyddsavstånd

I Figur 32 visas konsekvensområdet i form av en statistisk fördelning när olyckans utbredning inte påverkas av någon säkerhetshöjande åtgärd. Observera att figuren innehåller olyckstyper tillhörande ADR-klasser som inte identifierats på Huddingevägen.



Figur 32. Konsekvensområde vid olycka med farligt gods. Figuren visar en fördelning av konsekvensområdet vid olyckor av en viss typ. Exempelvis ger en BLEVE alltid ett skadeutfall som överstiger 240 m och 10 % av olyckorna som orsakar en BLEVE när 340 m eller längre.

Informationen i Figur 32 kan översättas till ett medelvärde för olyckan samt med ett konfidensintervall, inom vilket det är 95 % säkerhet att konsekvens inträffar, se Tabell 25.

Tabell 25. Medelvärde, samt en bedömning av konfidensintervallets övre gräns för de olika olycksscenariernas utbredning.

Scenario	Riskområde i meter	
	50 %	95 %
Klass 2 BLEVE → brännskada	300	330
Klass 2 jetflamma → brännskada	5	60
Klass 2 UVCE → brännskada	30	240
Klass 2 giftmoln → förgiftning	90	1000

³⁵ CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.



Scenario	Riskområde i meter	
	50 %	95 %
Klass 3 pölbrand (direkt) → brännskada	10	30
Klass 3 pölbrand (fördröjd) → brännskada	20	40
Klass 3 giftmoln → förgiftning	40	90
Klass 6 giftmoln → förgiftning	5	10
Klass 8 → frätskada	5	10

Syftet med Tabell 25 är endast att beskriva spridningen i konsekvensens utbredning på ett tydligare sätt. Störst avvikelse från medelvärdet (50 %) har olyckor som medför spridning till luft (UVCE och giftmoln). Detta beror på att koncentrationen i en given punkt kan variera mycket beroende på källstyrka, vindhastighet och atmosfärsförhållanden. I riskanalysmodellen används sannolikhetsfördelningen för resp. scenario, vilken redovisas i Tabell 26. Notera att en sannolikhetsfördelning är en typ av histogram som visar hur stor andel av utfallen som hamnar i ett speciellt intervall. Sannolikhetsfördelningen indikerar variabelns minimi-, maximi- och medelvärde på ett tydligt sätt.



Tabell 26. Sannolikhetsfördelning för resp. olycksscenario.

Avstånd	Klass 2, BLEVE	Klass 2, jetflamma	Klass 2, UVCE	Klass 2, giftmoln	Klass 3, pölbrand (direkt)	Klass 3, pölbrand (födröjd)	Klass 3, giftmoln	Klass 6, giftmoln	Klass 8, frätskada
5	-	-	-	-	-	-	-	8,4%	-
10	-	65,7%	-	-	40,8%	2,4%	-	29,8%	100,0%
15	-	8,2%	1,0%	-	10,0%	37,5%	0,2%	34,3%	-
20	-	9,1%	7,3%	-	16,9%	5,1%	1,5%	27,2%	-
25	-	1,3%	19,2%	-	24,7%	7,6%	6,3%	0,3%	-
30	-	1,1%	17,6%	-	7,6%	10,2%	4,8%	-	-
35	-	1,3%	9,0%	-	0,0%	15,1%	6,1%	-	-
40	-	1,5%	5,9%	-	-	15,1%	3,7%	-	-
45	-	1,7%	6,7%	0,0%	-	6,7%	3,8%	-	-
50	-	2,0%	4,2%	0,3%	-	0,2%	3,3%	-	-
55	-	2,2%	2,5%	1,5%	-	-	4,2%	-	-
60	-	2,5%	1,9%	1,2%	-	-	6,9%	-	-
65	-	2,2%	1,6%	2,0%	-	-	7,1%	-	-
70	-	1,0%	1,5%	3,7%	-	-	6,9%	-	-
75	-	0,3%	1,2%	3,4%	-	-	5,7%	-	-
80	-	0,0%	0,9%	2,7%	-	-	4,6%	-	-
85	-	-	0,8%	2,9%	-	-	2,9%	-	-
90	-	-	0,7%	2,3%	-	-	1,8%	-	-
95	-	-	0,7%	2,0%	-	-	1,7%	-	-
100	-	-	0,5%	2,1%	-	-	1,7%	-	-
110	-	-	1,1%	4,2%	-	-	3,1%	-	-
120	-	-	1,0%	3,1%	-	-	3,0%	-	-
130	-	-	0,9%	3,8%	-	-	2,5%	-	-
140	-	-	0,8%	3,2%	-	-	2,1%	-	-
150	-	-	0,7%	3,3%	-	-	2,4%	-	-
160	-	-	0,7%	2,9%	-	-	3,1%	-	-
170	-	-	0,7%	4,2%	-	-	3,3%	-	-
180	-	-	0,8%	4,2%	-	-	3,0%	-	-



Avstånd	Klass 2, BLEVE	Klass 2, jetflamma	Klass 2, UVCE	Klass 2, giftmoln	Klass 3, pölbrand (direkt)	Klass 3, pölbrand (fördröjd)	Klass 3, giftmoln	Klass 6, giftmoln	Klass 8, frätskada
190	-	-	0,8%	4,1%	-	-	2,6%	-	-
200	-	-	0,8%	3,9%	-	-	1,6%	-	-
220	-	-	1,6%	6,6%	-	-	0,4%	-	-
240	0,0%	-	1,3%	3,8%	-	-	-	-	-
260	3,0%	-	1,2%	1,7%	-	-	-	-	-
280	10,1%	-	0,9%	1,2%	-	-	-	-	-
300	25,4%	-	0,8%	1,0%	-	-	-	-	-
320	29,5%	-	0,6%	1,0%	-	-	-	-	-
340	20,1%	-	0,5%	0,9%	-	-	-	-	-
360	10,3%	-	0,5%	0,9%	-	-	-	-	-
380	1,5%	-	0,3%	0,9%	-	-	-	-	-
400	-	-	0,2%	0,9%	-	-	-	-	-



D.3.2 Konsekvensområde, vid vall el. dyl.

I Tabell 27 redovisas hur den ackumulerade sannolikhetsfördelningen ändras när säkerhetsåtgärden vall el. dyl. används. Informationen i Tabell 27 används för att ta fram sannolikhetsfördelningar lika de som redovisas i avsnitt D.3.1, vilka sedan används för att beräkna risknivåer vid förekomst av vall el. dyl.

Tabell 27. Jämförelse av konsekvensområde utan och med vall el. dyl.

Avstånd	Klass 3 pölbrand direkt		Klass 3 pölbrand fördröjd		Klass 3, giftmoln		Klass 6, giftmoln	
	Utan dike	Med dike	Utan dike	Med dike	Utan dike	Med dike	Utan dike	Med dike
0	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	22%
5	100%	63%	100%	99%	100%	100%	92%	-
10	59%	40%	98%	57%	100%	94%	62%	-
15	49%	4%	60%	43%	97%	81%	28%	-
20	32%	-	55%	19%	89%	60%	-	-
25	8%	-	47%	1%	72%	48%	-	-
30	-	-	37%	-	62%	39%	-	-
35	-	-	22%	-	54%	30%	-	-
40	-	-	7%	-	47%	25%	-	-
45	-	-	-	-	40%	20%	-	-
50	-	-	-	-	35%	14%	-	-
55	-	-	-	-	27%	8%	-	-
60	-	-	-	-	21%	3%	-	-
65	-	-	-	-	17%	2%	-	-
70	-	-	-	-	13%	2%	-	-
75	-	-	-	-	7%	1%	-	-
80	-	-	-	-	3%	1%	-	-
85	-	-	-	-	2%	1%	-	-
90	-	-	-	-	1%	1%	-	-
95	-	-	-	-	1%	1%	-	-
100	-	-	-	-	1%	-	-	-
105	-	-	-	-	1%	-	-	-
110	-	-	-	-	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-	-	-	-
130	-	-	-	-	-	-	-	-
140	-	-	-	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-	-	-	-
160	-	-	-	-	-	-	-	-
170	-	-	-	-	-	-	-	-
180	-	-	-	-	-	-	-	-
190	-	-	-	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-	-	-	-
220	-	-	-	-	-	-	-	-
240	-	-	-	-	-	-	-	-
260	-	-	-	-	-	-	-	-
280	-	-	-	-	-	-	-	-
300	-	-	-	-	-	-	-	-
320	-	-	-	-	-	-	-	-
340	-	-	-	-	-	-	-	-
360	-	-	-	-	-	-	-	-
380	-	-	-	-	-	-	-	-
400	-	-	-	-	-	-	-	-



E. Risknivåer utmed transportleder för farligt gods

E.1 Modell för beräkning av individrisk

E.1.1 Beskrivning

Nedan följer en översiktlig beskrivning av den metodik som används för att kombinera frekvenser och konsekvenser till ett mått på individrisken.

Olyckor med farligt gods

Frekvenserna för resp. scenario finns angivna i bilaga C. Dessa frekvenser kombineras med sannolikhetsfördelningen för konsekvensens utbredning redovisad i bilaga D och sannolikheten att ett område påverkas från bilaga C. Beräkningsgången exemplifieras i avsnitt E.1.2 och E.1.3.

E.1.2 Sannolikheten att en olycka når en viss punkt som en funktion av avståndet från transportleden

I bilaga C redovisas sannolikhetsfördelningar för resp. olycksscenario och samt en faktor för att korrigera olycksfrekvensen per km till den faktiska påverkan på ett visst avstånd från transportleden. Denna information kombineras genom korsvis multiplikation för att ta kunna ta fram en sannolikhetsfördelning som en funktion av avståndet från transportleden. Nedan visas ett exempel på beräkning avseende transport av explosivämnen i klass 1, Figur 33. Samma metodik används för övriga olyckstyper.

De två översta matriserna hämtas ur bilaga D och C. Den nedersta matrisen skapas genom att multiplicera de med varandra. För överblickbarhetens skull redovisas endast studerade avstånd 0–120 m. Naturligtvis sker den korsvisa multiplikationen för alla avstånd mellan 0 till 1000 m som redovisas i tabellerna. Slutligen summeras värdena i resp. kolumn i den resulterande matrisen, vilket redovisas i Tabell 28.



Klass 1, detonation		Olyckan						Olyckan					
Avstånd		när	0	5	10	15	20	när	0	5	10	15	20
0	0,0%	0	0,01	-	-	-	-	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
5	1,2%	5	0,02	0,02	-	-	-	5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	0,0%	10	0,03	0,03	0,02	-	-	10	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
15	20,0%	15	0,04	0,04	0,03	0,03	-	15	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
20	0,2%	20	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	20	0,8%	0,8%	0,7%	0,5%	0,0%
25	16,7%	25	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	25	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
30	32,2%	30	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	30	1,0%	1,0%	0,9%	0,9%	0,7%
35	16,6%	35	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	35	2,3%	2,2%	2,2%	2,0%	1,8%
40	0,6%	40	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	40	1,3%	1,3%	1,3%	1,2%	1,2%
45	0,9%	45	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	45	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%
50	1,0%	50	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	50	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
55	1,1%	55	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	55	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
60	1,2%	60	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	60	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
65	1,3%	65	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	65	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
70	1,3%	70	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	70	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
75	1,5%	75	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	75	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
80	1,4%	80	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	80	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
85	1,2%	85	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	85	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
90	0,7%	90	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	90	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
95	0,7%	95	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	95	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
100	0,2%	100	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	100	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
110	0,0%	110	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	110	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
120	0,0%	120	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	120	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Figur 33. Exempel på beräkning av sannolikhetsfördelning avseende transport av explosivämnen i klass 1.



Tabell 28. Sannolikheten att en olycka på en sträcka av 1 km når ett visst avstånd från transportleden.

Avstånd	Klass 2, BLEVE	Klass 2, jetflamma	Klass 2, UVCE	Klass 2, giftmoln	Klass 3, pölbrand (direkt)	Klass 3, pölbrand (fördröjd)	Klass 3, giftmoln	Klass 6, giftmoln	Klass 8, frätskada
0	63,6%	3,6%	13,2%	25,5%	3,5%	5,3%	16,6%	2,8%	2,0%
5	63,6%	3,4%	13,2%	25,5%	3,3%	5,1%	16,6%	2,6%	1,7%
10	63,6%	2,2%	12,9%	25,4%	2,4%	4,7%	16,5%	1,7%	0,0%
15	63,5%	1,8%	12,6%	25,4%	1,8%	3,6%	16,2%	0,7%	0,0%
20	63,5%	1,5%	11,9%	25,2%	1,1%	3,2%	15,9%	0,0%	0,0%
25	63,4%	1,4%	10,8%	25,1%	0,3%	2,5%	15,3%	0,0%	0,0%
30	63,3%	1,3%	9,9%	24,9%	0,0%	1,8%	14,7%	0,0%	0,0%
35	63,2%	1,1%	9,3%	24,7%	0,0%	1,0%	14,1%	0,0%	0,0%
40	63,1%	1,0%	8,8%	24,4%	0,0%	0,3%	13,5%	0,0%	0,0%
45	63,0%	0,8%	8,3%	24,1%	0,0%	0,0%	12,9%	0,0%	0,0%
50	62,7%	0,6%	8,0%	23,7%	0,0%	0,0%	12,2%	0,0%	0,0%
55	62,7%	0,4%	7,7%	23,3%	0,0%	0,0%	11,5%	0,0%	0,0%
60	62,5%	0,2%	7,5%	22,8%	0,0%	0,0%	10,6%	0,0%	0,0%
65	62,3%	0,1%	7,2%	22,2%	0,0%	0,0%	9,8%	0,0%	0,0%
70	62,0%	0,0%	7,0%	21,6%	0,0%	0,0%	9,0%	0,0%	0,0%
75	61,8%	0,0%	6,8%	20,9%	0,0%	0,0%	8,3%	0,0%	0,0%
80	61,6%	0,0%	6,7%	20,3%	0,0%	0,0%	7,7%	0,0%	0,0%
85	61,3%	0,0%	6,5%	19,7%	0,0%	0,0%	7,3%	0,0%	0,0%
90	61,0%	0,0%	6,3%	19,2%	0,0%	0,0%	6,9%	0,0%	0,0%
95	60,7%	0,0%	6,2%	18,6%	0,0%	0,0%	6,5%	0,0%	0,0%
100	60,4%	0,0%	6,0%	18,0%	0,0%	0,0%	6,2%	0,0%	0,0%
110	59,7%	0,0%	5,7%	16,9%	0,0%	0,0%	5,4%	0,0%	0,0%
120	58,9%	0,0%	5,4%	15,7%	0,0%	0,0%	4,7%	0,0%	0,0%
130	58,0%	0,0%	5,1%	14,5%	0,0%	0,0%	4,0%	0,0%	0,0%



Avstånd	Klass 2, BLEVE	Klass 2, jetflamma	Klass 2, UVCE	Klass 2, giftmoln	Klass 3, pölbrand (direkt)	Klass 3, pölbrand (fördröjd)	Klass 3, giftmoln	Klass 6, giftmoln	Klass 8, frätskada
140	57,1%	0,0%	4,8%	13,4%	0,0%	0,0%	3,3%	0,0%	0,0%
150	56,0%	0,0%	4,5%	12,2%	0,0%	0,0%	2,6%	0,0%	0,0%
160	54,9%	0,0%	4,2%	11,0%	0,0%	0,0%	1,9%	0,0%	0,0%
170	53,7%	0,0%	3,9%	9,8%	0,0%	0,0%	1,2%	0,0%	0,0%
180	52,3%	0,0%	3,6%	8,6%	0,0%	0,0%	0,7%	0,0%	0,0%
190	50,9%	0,0%	3,3%	7,5%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%
200	49,3%	0,0%	3,0%	6,5%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
220	45,7%	0,0%	2,4%	4,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
240	41,3%	0,0%	1,9%	3,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
260	35,5%	0,0%	1,4%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
280	27,8%	0,0%	1,0%	2,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
300	17,8%	0,0%	0,7%	1,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
320	8,6%	0,0%	0,5%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
340	3,0%	0,0%	0,3%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
360	0,4%	0,0%	0,1%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
380	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
400	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%



E.1.3 Beräkning av individrisk

Individrisken beräknas med en upplösning om 5 m, dvs. den beräknas var femte meter från vägkanten genom att multiplicera olycksfrekvensen för en olycka med en viss ADR-klass med sannolikheten för att en olycka sker på en sträcka av 1 km och når ett visst avstånd. För att ta fram den sammanlagda individrisken adderas slutligen individrisken för varje olycksscenario på alla studerade avstånd och ritas ut i ett individrisk-diagram (se avsnitt 5).

Nedan presenteras ett exempel på hur individriskberäkningar för ett enskilt scenario, *pölbrand (direkt)*, kan se ut givet att olycksfrekvensen för scenariot är $1,95 \times 10^{-6}$ per kilometer och år. Denna frekvens multipliceras med sannolikheten för att konsekvensen från olyckan ska nå det studerade avståndet för att få fram individrisken i punkten från vart scenario.

Tabell 29. Beräkning av individrisk för scenariot pölbrand (direkt).

Sannolikheten att konsekvensen når ett visst avstånd på en sträcka av 1 km		
Avstånd	km	Individrisk
0	0,035	6,5E-07
5	0,033	6,1E-07
10	0,024	4,4E-07
15	0,018	3,4E-07
20	0,011	2,0E-07
25	0,003	4,7E-08

E.2 Modell för beräkning av samhällsrisk

Beräkningar av samhällsrisk syftar till att försöka uppskatta skadeutfallet när en olycka väl inträffar. Skadeutfallet styrs av vilket scenario som inträffar samt hur många människor som befinner sig utomhus i anslutning till olyckan vid den aktuella tidpunkten. Samhällsriskberäkningarna kan inte göras med sådan precision att de visar på faktisk risk, utan de måste göras schablonmässigt utifrån ett antal givna förutsättningar.

E.2.1 Indata

Modellen för beräkning av samhällsrisk är uppbyggd med en iterativ process där statistiska fördelningar används för att ta fram skadeutfallet för tänkbara olyckor. Modellen bygger på följande huvudsakliga indata.

Befolkningstäthet

Befolkningstätheten beräknas i avsnitt 3.4 och sammanfattas i Tabell 30 nedan.

Tabell 30. Underlag för befolkningstäthet.

	2018	2028	2040
	(statistik från SCB)	(Stockholm Stads prognos)	(linjär extrapolation)
Befolkningstäthet [personer/km ²]	6565	7743	8673



När befolkningstätheten är känd krävs information om hur många människor som vistas utomhus under dagtid respektive på natten. En holländsk vägledning anger att 93 % befinner sig inomhus under dagtid och 99 % är inomhus på natten³⁶. Dagtid antas råda mellan 08:00-18:30 och natt mellan 18:30-08:00. Dessa värden bedöms vara relevanta även för planområdet.

Påverkansområde

Kännedom om olyckornas utbredning i form av statistiska fördelningar används för att bestämma hur stor yta som olyckan påverkar. De finns tre olika typer av påverkansområde:

- ♦ Cirkulär utbredning, t.ex. bränder och explosioner.
- ♦ Konformad utbredning, t.ex. utsläpp av giftig gas.

Påverkansområdet (m^2) vid cirkulär utbredning bestäms genom att använda olyckans utbredning som radie och därefter beräkna den yta ($A = \pi r^2$) som påverkas. Om det finns ett bebyggelsefritt område ska beräknat påverkansområde minskas med ytan som detta område upptar. Vid konformad utbredning beräknas konsekvensområdet på liknande sätt efter kännedom om spridningsvinkeln³⁷ ($A = \varphi \pi r^2$).

E.2.2 Beräkning av samhällsrisk

Beräkningen av samhällsrisk sker med hjälp av statistisk simulering där värden slumpas fram från de fördelningar som representerar indata till modellen. Modellen består av ett antal "frågor", vilka besvaras med hjälp av de fördelningar som beskriver indata, se Tabell 31. En iteration består av att samtliga frågor i Tabell 31 besvaras.

³⁶ TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.

³⁷ Mer information om spridningsvinkeln (φ) finns i bilaga C.



Tabell 31. Modell för beräkning av samhällsrisk.

Fråga	Svarsalternativ	Kommentar
Vilken tidpunkt?	Dag Natt	Bestämmer hur många människor som är utomhus. Se bilaga E
Vilket scenario?	Klass 2 BLEVE Klass 2 jetflamma Klass 2 UVCE Klass 2 giftmoln Klass 3 pölbrand (direkt) Klass 3 pölbrand (fördröjd) Klass 3 giftmoln Klass 6 giftmoln Klass 8	Se bilaga C för information om frekvenser.
Riskområde?	0 - 1 000 m	Bestämmer hur långt från olycksplatsen som dödsfall kan inträffa. Information finns i bilaga D.
Påverkansområde?	Cirkulärt Konformat	Avgör hur stor yta som påverkas av olyckan. Se bilaga E.

Efter en iteration finns således information om hur befolkningstätheten i anslutning till olyckan samt hur stort påverkansområde som olyckan har. Därmed är det möjligt att beräkna antalet omkomna med följande uttryck.

$$\text{Antal döda} = \text{Befolkningstäthet}(\text{pers} / \text{km}^2) \cdot \text{Påverkansområde}(\text{km}^2)$$

Antalet iterationer (upprepningar) är högt (1 000 000) för att säkerställa att alla möjliga kombinationer av olycksscenarier, tidpunkter och olycksplacering kommer med i resultatet. För varje iteration sparas information om "antal döda" och när simuleringen är klar kan en statistisk fördelning för antalet döda tas fram. Denna fördelning används sedan tillsammans med frekvensen för olycka för att plotta en s.k. FN-kurva.

Notera att varje gång som påverkansområdet antar ett positivt värde, dvs. då riskområdet är större än det bebyggelsefria avståndet antas att minst 1 människa omkommer. Konsekvensen (antal döda) avrundas alltid uppåt till närmsta heltal. Detta ger en viss överskattning av samhällsrisk för $N = 1$, men samtidigt finns det inget enkelt sätt att avgöra om det finns minst en människa i påverkansområdet. Därför måste det förutsättas att så är fallet.



Samtliga personer som vistas utomhus inom påverkansområdet antas omkomma. För personer som befinner sig inomhus omkommer en viss andel av personerna. I Tabell 32 redovisas de bedömningar som använts för att uppskatta andelen omkomna inomhus^{38,39}.

Tabell 32. Andel av personer inomhus som omkommer vid viss skadeverkan.

Skadeverkan	Andel inomhus som omkommer
Tryckskada	50 %
Brännskada (pölbrand)	0 %
Brännskada (övrigt)	5 %
Förgiftning	10 %
Frätskada	0 %

Samhällsriskberäkningar utförs utan hänsyn till andra säkerhetshöjande åtgärder än själva skyddsavståndet.

³⁸ TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.

³⁹ Stadsbyggnadskontoret i Göteborg. *Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods*, Bilagor 1-5. 1997.



F. Diskussion om modell och antaganden

Risikanalysen utförs med en analysteknik som bygger på en omfattande och detaljerad hantering av den variation och osäkerhet som kan förknippas med riskbedömningar. Metodiken följer det arbetssätt som använts för underlaget till Länsstyrelsens i Skåne läns riktlinjer (RIKTSAM)⁴⁰ och i de fall där specifika indata saknas har värden, fördelningar och annan betydelsefull information hämtats från RIKTSAM.

F.1 Olycksfrekvenser

F.1.1 Trafikeringsalternativ

Riskbedömningen utgår från trafiksiffror från en kombination av information från Stockholms trafikkontor samt Trafikverkets trafikmätning.

F.1.2 Uppdelning i olika ADR-klasser

De finns olika källor som kan användas för att kartlägga transporter av farligt gods. I detta fall har WSP:s kartläggning för Huddingevägen bedömts vara det mest aktuella underlaget. Andra källor är nationell statistik som publiceras årligen av förvaltningsmyndigheten Trafikanalys. Andra källor är undersökningar som gjorts av Räddningsverket (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) för det 4:e kvartalet år 1998 samt september månad 2006. Kartläggningarna av Räddningsverket bedöms ha för svag precision för att kunna användas i riskbedömningen.

För att kunna bedöma risknivåerna krävs ytterligare information om fördelning av farligt gods inom resp. ADR-klass. Denna information bygger dels på information i WSP:s kartläggning, dels på den uppdelning som finns redovisad i Länsstyrelsen i Skåne läns riktlinjer.

F.2 Konsekvenser av olyckor med farligt gods

F.2.1 Beräkningsmodeller

Modellerna som används för att beräkna konsekvenser av olyckor bygger i huvudsak på information som finns tillgänglig i den s.k. FOA-handboken⁴¹. I stort är det samma modeller som RIKTSAM bygger på, med undantag av vissa förbättringar. Bl.a. modelleras utsläpp av giftiga gaser med både jet- och tunggassteg, vilket RIKTSAM inte gör. Detta ger mer realistiska (och längre) konsekvensområden i föreliggande riskanalys.

F.2.2 Indata

Val av indata har stor betydelse för konsekvensberäkningarna och i många fall är indata förknippade med stor variation eller osäkerhet. Indata där variationen spelar roll är exempelvis väder- och vindförhållanden och indata som är förknippad med stor osäkerhet är t.ex. hålstorlek vid utsläpp.

⁴⁰ Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

⁴¹ Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1997.



Väder- och vindförhållanden

Väder- och vindförhållanden baseras på generisk statistik för Sverige. Statistiken gör det möjligt att ta fram diskreta sannolikhetsfördelningar för atmosfärens stabilitet och kontinuerliga fördelningar för vindhastigheten för resp. stabilitetsklass.

Generella indata och ämnesspecifika uppgifter

Exempel på generella indata är flödeskoefficienter och höjd på vätskepelare (i tanken), samt de hålstorlekar som kan uppkomma vid en olycka. Hålstorlekarna är de samma som i RIKTSAM, med sannolikheter från VTI⁴²:

- ♦ Litet hål (62,5 %), 10 mm diameter, 1 kg/s.
- ♦ Medelstort hål (20,8 %), 30 mm diameter, 12 kg/s.
- ♦ Stort hål (16,7 %), 110 mm diameter, 160 kg/s.

Dessa hålstorlekar är betydligt större än de som redovisas av Räddningsverket⁴³ där håldiametrar på 3, 9 resp. 31 mm används, vilket ger källstyrkor på 0,1–20 kg/s. En brittisk studie⁴⁴ använder 2 resp. 35 kg/s i sina beräkningar.

Skadekriterier

Risikanalysen berör skador på människor och använder olika skadekriterier för exponering av giftiga gaser, värmestrålning och tryck. Konsekvensområdet bestäms av avståndet från utläppskällan till en punkt där en dödlighet på 50 % inträffar. En förenkling som görs i enlighet med metodik redovisad i CPQRA⁴⁵ är att anta att alla människor omkommer inom området 100 till 50 % dödlighet och i området 50 till 0 % omkommer ingen. Vid en verklig olycka kan människor som befinner sig inom konsekvensområdet överleva samtidigt som människor utanför kan omkomma. Användningen av 50 % dödlighet skall därför ses som ett genomsnitt.

Den exponering som ger 50 % dödlighet kallas även för LC₅₀-värde. LC₅₀-värdet kan bestämmas med kännedom om exponering och tid. CPR 18E⁴⁶ har använts som inspiration för de exponeringstider som används, vilka är 30 min för giftig gas och 30 s för brännskada.

F.2.3 Beräkningsresultat

Eftersom flertalet av variablerna beskrivs med sannolikhetsfördelningar i stället för punktvärden, utgör också resultatet statistiska fördelningar, vilka kan redovisas med medelvärde, standardavvikelse och ett konfidensintervall.

Tabell 33. Medelvärde och konfidensintervall för konsekvensberäkningarna.

Scenario	Medel	5 %	95 %
Klass 2 BLEVE → brännskada	308 m	268 m	352 m

⁴² Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, rapport nr 387:4, 1994.

⁴³ Räddningsverket, *Farligt gods – riskbedömning vid transport*, 1996.

⁴⁴ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.

⁴⁵ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, New York, 1989.

⁴⁶ TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.



Klass 2 jetflamma → brännskada	15 m	6 m	57 m
Klass 2 UVCE → brännskada	63 m	17 m	240 m
Klass 2 giftmoln → förgiftning	187 m	42 m	800 m
Klass 3 pölbrand (direkt) → brännskada	15 m	7 m	26 m
Klass 3 pölbrand (fördröjd) → brännskada	24 m	10 m	41 m
Klass 6 giftmoln → förgiftning	12 m	5 m	18 m
Klass 8 → frätskada	10 m	10 m	10 m

Tabellen ovan visar att några av scenarier har ett relativt stort konfidensintervall där 95 %-värdet avviker stort från medelvärde. Det är främst brännskador till följd av utsläpp av brandfarlig vätska samt förgiftning till följd av utsläpp av giftig vätska eller gas som bidrar till individrisken. Således är det osäkerheter förknippade med dessa olyckor som är av störst betydelse vid fortsatt analys.

Konsekvensområdet för pölbränder bestäms i huvudsak av antagen hålorlek och till viss del av antagen strålningsandel. Hålorleken har drygt 5 ggr så stor påverkan på resultatet i jämförelse med strålningsandelen.

Det är tre variabler som har störst betydelse för konsekvensområdet för gasutsläpp som driver i väg med vinden – hålorleken, vindhastigheten och stabilitetsklassen. Variablernas inbördes betydelse är 6,5 - 1,6 - 1, vilket innebär att det är hålorleken som dominerar konsekvensområdets storlek. Kunskapsunderlaget för val av källstyrkor är sparsamt, men valda värden är konservativa i förhållande till andra modeller och riktlinjer.

F.3 Slutsatser

De variabler som påverkar riskbedömningen mest är utsläppets källstyrka (hålorlek), vindhastighet och atmosfärens stabilitet. De två sistnämnda variablerna har bestämts med hjälp av generell väderstatistik och bedöms vara robusta i sammanhanget. Källstyrkan bygger på antaganden med ett relativt begränsat kunskapsunderlag. I föreliggande riskanalys används dock källstyrkor som klart överstiger värden som går att finna i andra vägledningar och rekommendationer. Rekommendationerna i rapporten bedöms vara tillräckligt robusta inte nödvändiga att justera.

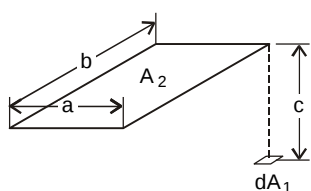


G. Säkerhetshöjande åtgärder

G.1 Skydd mot brandspridning

En pölbrand uppkommer vid utsläpp och antändning av brandfarliga vätskor. Strålningsvärmen från dessa bränder är intensiv samtidigt som den avtar exponentiellt med avståndet. strålningsnivån ska understiga det värde på 14 kW/m² som ger upphov till 2:a gradens brännskador resp. det värde på 15 kW/m² som ger brandspridning till byggnader⁴⁷.

För att kunna bedöma på vilket avstånd som det finns risk för brandspridning görs beräkningar av värmestrålning för en dimensionerande pölbrand⁴⁸ på 200 m², vilket ger en flamma som är 21 m hög och 16 m bred. Utgående strålning från branden är 43 kW/m² och för att brandspridning/brännskador inte ska ske måste synfaktorn understiga 0,33. Synfaktorn understiger detta värde på c:a 15 m avstånd från branden. Beräkningarna redovisas nedan och gäller för motstående ytor (fasader parallella med spårområdet). Notera att avståndet (c) är det som söks för att synfaktorn (F_{d1-2}) inte ska överstiga 0,33.



$$F_{d1-2} = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{a}{\sqrt{a^2 + c^2}} \tan^{-1} \left(\frac{b}{\sqrt{a^2 + c^2}} \right) + \frac{b}{\sqrt{b^2 + c^2}} \tan^{-1} \left(\frac{a}{\sqrt{b^2 + c^2}} \right) \right]$$

$$a/2 = 8 \text{ m}$$

$$b/2 = 10,5 \text{ m}$$

$$c = 15 \text{ m}$$

$$4 \times F_{d1-2} = 4 \times 0,079 = 0,32$$

Beräkningarna ovan visar att ett skyddsavstånd på 15 m är tillräckligt för att undvika brandspridning och brännskador. Men, då avståndet ska mätas från pölens närmsta kant mot byggnaden uppstår några osäkerheter. Det är rimligt att anta att pölen breder ut sig mot planområdet och dess diameter är i storleksordningen 10 till 20 m. Om byggnader inom 30 m från transportleden skyddas mot brandspridning fås ett skydd som är tillfredsställande i de allra flest fall. Avståndet kan kortas till 20 m om det finns en vall el. dyl.

G.2 Högt placerade luftintag

Många av de giftiga gaser som transporteras på väg är s.k. tunga gaser, vilket betyder att de har högre densitet än den omgivande luften och sprider ut sig längs marknivån. Efterhand som att gasmolnet blandas upp med luft minskar densiteten och till slut är densitetsskillnaden mellan omgivande luft och molnet försumbar. I D.1.4 beskrivs flödesschemat för spridning i luft. Det s.k. tunggassteget har i 90 % av fallen en räckvidd på mindre än 200 m, vilket medför att en säkerhetshöjande åtgärd som högt placerade luftintag i teorin kan vara effektiv för att minska hur mycket gas som kommer in i en byggnad.

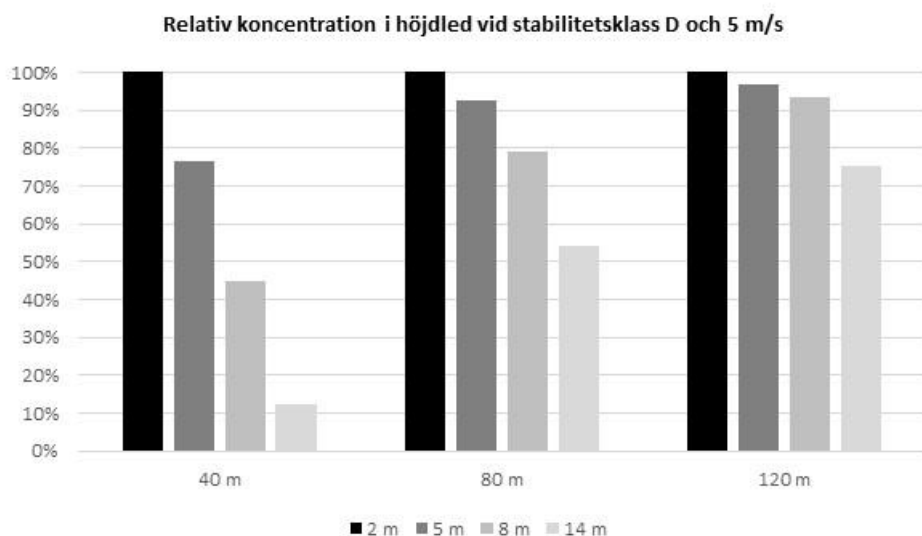
⁴⁷ Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av brandskydd i byggnader, BBRAD3, BFS 2011:27 med ändringar t.o.m. 2013:12.

⁴⁸ Brandens yta på 200 m² motsvarar ytan som ett stort läckage av en hel tank, ca 20 m³, resulterar i. Kolväten brinner med en förbränningshastighet på 0,1 kg/m²s, vilket ger en effektutveckling på ca 370 MW för en pöl på 200 m².

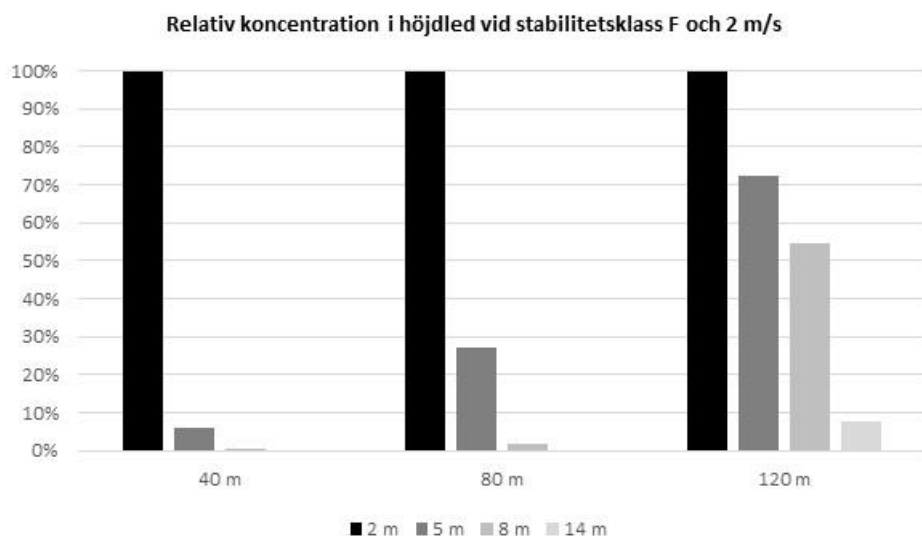


Med hjälp av modellen "Spridning Luft", version 1.4.3 tillgänglig via programpaketet RIB som ges ut av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, undersöks hur koncentrationen varierar i höjdlid på tre avstånd (40, 80 samt 120 m från utsläppspunkten). Tre olika höjder studeras (2 m, 8 m och 14 m ovan mark), vilka är representativa för byggnader med varierande våningsantal. Beräkningarna utförs för stabilitetsklass D och en vindhastighet på 5 m/s samt för stabilitetsklass F och en vindhastighet på 2 m/s. Gasen utgörs av svaveldioxid och källstyrkan 4,0 kg/s motsvarar ett rörbrott.

Resultatet redovisas i Figur 34 och Figur 35 där koncentrationen 2 m ovan mark utgör ett referensfall och det värde som övriga resultat normeras mot. Ett värde större än 100 % innebär att koncentrationen på den studerade höjden är högre än den för referensfallet och ett värde på mindre än 100 % innebär att koncentrationen är lägre än referensfallet.



Figur 34. Relativ koncentration på olika höjder och olika avstånd från utsläppspunkten givet stabilitetsklass D och 5 m/s.



Figur 35. Relativ koncentration på olika höjder och olika avstånd från utsläppspunkten givet stabilitetsklass F och 2 m/s.



Båda figurerna visar att högt placerade luftintag skulle ge en påtaglig minskning av koncentrationen inomhus vid ett utsläpp med giftig gas. Effekten blir större ju närmre utsläppspunkten som byggnaden är placerad och ju högre luftintaget är placerat. Men, det är framför allt aktuella väder-och vindförhållanden som styr. Vid stabil skiktning så trycks gasmolnet ner mot marken av den ovanliggande luften, vilket ger mindre utblandning i höjdlid. För detta fall har luftintagets placering mycket stor betydelse inom hela riskhanteringsområdet. Sammanfattningsvis ger en placering av luftintag på ca 8 m höjd ovan mark möjlighet till en påtaglig riskminskning.