

FEBRUARI 2022

RISKUTREDNING AVSEENDE FARLIGT GODS NÖDINGE CENTRUM

COWI

FEBRUARI 2022

RISKUTREDNING AVSEENDE FARLIGT GODS NÖDINGE CENTRUM

PROJEKTNR. A102196
DOKUMENTNR A102196-04-02-Farligt gods-RAP-001 – Riskutredning avseende farligt gods Nödinge Centrum
VERSION 6.0 (Briab)
UTGIVNINGSDATUM 2022-02-10
UTARBETAD Christoffer Käck (COWI version 1-5, Briab version 6)
GRANSKAD Viktor Sturegård (COWI version 1-5, Briab version 6)

Sammanfattning

Syftet med riskanalysen är att undersöka om olycksriskerna avseende farligt gods och närliggande bensinstationer är acceptabla för studerat planområde. Genom en riskanalys kan möjliga olyckor identifieras och bedömas och eventuella skyddsåtgärder kan därmed rekommenderas.

Baserat på inventeringen och resultaten från beräkningar och bedömningar av individ- och samhällsrisk bedöms föreslagen exploatering med avseende på omfattning och geografisk placering i närheten av E45, Norge-/Vänerbanan och bensinstationer möjlig förutsatt att rekommenderade skyddsåtgärder beaktas vid ny bebyggelse.

Utifrån beräkningar, kriterier, platsspecifika förhållanden och kvalitativa värderingar görs följande rekommendationer gällande skyddsåtgärder:

- › Barriär ska finnas som motverkar att vätska rinner in på området. Förslag på barriär kan vara: vall, dike eller plank som är tätt i nedkant. Barriär kan med fördel ingå som del av bullerskyddsskärm. Enligt Sveriges kommuner och Regioner (SKL, 2012), räcker det med att ett sådant skydd är ett par decimeter högt för att uppfylla syftet¹. Om barriären uppförs som plank, mur eller liknande skall denna bestå av obrännbart material samt motsvara kapacitetsklass H4.
- › Stadigvarande vistelse skall ej uppmuntras mellan första radens bebyggelse och farligt godsled. Detta innebär att exempelvis lekplatser och dylikt ej skall placeras på denna yta. Ytparkering bedöms dock vara möjliga på denna yta.
- › Hus 1, hus 2, hus 3, P-Hus 1 och P-Hus 2): Det skall vara möjligt att utrymma bort från närmsta farligt godsled i skydd av byggnaden.
- › Hus 4, hus 5 och PEAB/Alebyggen: Det skall vara möjligt att utrymma bort från närmsta farligt godsled, entréer på gavlar anses dock vara acceptabla.
- › P-Hus 2: Fasad, som vetter mot vägen, skall utföras tät och brandklassad motsvarande EI30.
- › Hus 1, hus 2, hus 3: Ny bostads- och kontorsbebyggelse skall dimensioneras för att undvika fortskridande ras vid gasmolnsexplosion (dimensionerande explosionslast 10 kg gasol). Rekommendationen gäller första radens huskropp i respektive kvarter.

¹ Utdrag från sidan 69 i *Transporter med farligt gods – Handbok för kommunernas planering*: "Mur, vall och plank begränsar hur långt i riktning mot bebyggelse som en vätskepöl (bestående av till exempel brandfarlig vätska) breder ut sig. För att uppnå detta delsyfte krävs inte mer än några decimeters höjdskillnad."

- › Hus 3: Ny kontorsbebyggelse skall ha ej öppningsbara fönster i fasad som vetter mot farligt godsleder.
- › Hus 1, hus 2, hus 3, hus 4 och hus 5: Ny bostads- och kontorsbebyggelse skall ha ventilationsintag placerad högt och vänd bort från E45. Öppningsbara fönster är tillåtna.
- › 0-25 meter från påfyllnadsanslutning alt. byggnad där lösa behållare förvaras på bensinstation: Området utgör ett bebyggelsefritt område. Parkering och andra transportfunktioner är möjligt inom detta område.

Om centrum/gym realiseras på taket av P-Hus 1 tillkommer följande rekommendationer:

- › Centrum/gym på taket av P-Hus 1 skall förläggas på ett minsta avstånd av 50 meter från E45.
- › Den del av P-Hus 1 där centrum/gym förläggs skall ha ej öppningsbara fönster i fasad som vetter mot farligt godsleder.
- › Den del av P-Hus 1 där centrum/gym förläggs skall ha ventilationsintag placerad högt och vänd bort från E45.
- › P-Hus 1 skall dimensioneras för att undvika fortskridande ras vid gasmolnexplosion (dimensionerande explosionslast 10 kg gasol). Om det går att visa att skyddseffekten, dvs. att förhindra fortskridande ras, är möjlig att uppnå endast för den del av P-Hus 1 där centrum/gym förläggs, bedöms det inte rimligt att införa åtgärden på hela P-Hus 1.

Inga ytterligare skyddsåtgärder anses nödvändiga att lyfta in i detaljplanen. Notera att detta enbart gäller vid den markanvändning och det minsta avstånd som anges i Kapitel 3.

Det bedöms möjligt att bruka P-Hus 1, P-Hus 2 och ny bebyggelse på avstånd >100 meter från E45 innan den vägnära barriären är implementerad.

Innehåll

Sammanfattning	I
1.1 Bakgrund	5
1.2 Syfte	5
1.3 Omfattning - Avgränsning	5
2 Beskrivning av risk och kriterier	7
2.1 Risk	7
2.2 Riskacceptans	7
2.3 Kriterier avseende farligt gods	8
2.4 Regler och riktlinjer avseende bensinstationer	11
3 Förutsättningar	15
3.1 Beskrivning av området	15
3.2 Personintensitet	19
3.3 Närliggande verksamheter	23
4 Trafik och transporter med farligt gods	24
4.1 Väg E45	24
4.2 Norge-/Vänerbanan	26
4.3 Lokala transporter till bensinstationer (Nödingevägen)	27
4.4 Faror vid olycka med farligt gods	28
5 Närliggande bensinstationer	30
5.1 Preem	30
5.2 OKQ8	31
5.3 Faror vid olycka på bensinstation	32
6 Bedömning av risknivå avseende bensinstationer	35
7 Bedömning av risknivå avseende farligt gods	36
7.1 Individrisk för studerat område	36
7.2 Samhällsrisk för studerat område	40
7.3 Diskussion kring resultat	47
7.4 Genomgång av möjliga säkerhetshöjande åtgärder avseende kostnad-nytta	48
7.5 Rekommenderade skyddsåtgärder	50
7.6 Utbyggnadsordning	53
7.7 Osäkerhets- och känslighetsdiskussion	54

8	Skyddsåtgärder och slutsats	56
9	Referenser	59
	Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka	61
A.1	Olycka med massexplodivt ämne	63
A.2	Olycka med brandfarlig gas (propan)	64
A.3	Olycka med giftig gas	67
A.4	Olycka med brandfarlig vätska bensin	69
A.5	Olycka med oxiderande ämne	70
A.6	Riskreducerande faktorer	72
	Bilaga B - Bedömning av konsekvenser	73
B.1	Konsekvenser för massexplodivt ämne (klass 1.1)	76
B.2	Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka	80
B.3	Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas	84
B.4	Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara (klass 3)	86
B.5	Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne	89
	Bilaga C - Känslighetsanalys	91
C.1	Diskussion kring skadade personer	94
	Bilaga D - Möjliga säkerhetshöjande åtgärder	97
D.1	Dike	97
D.2	Vall	98
D.3	Mur/plank	99
D.4	Skyddsavstånd	100
D.5	Disposition av planområde	100
D.6	Disposition av byggnad	101
D.7	Placering av friskluftsintag	102
D.8	Förstärkning av stomme/fasad	103
D.9	Begränsning av fönsterarea	104
D.10	Ej öppningsbara fönster	105
D.11	Brandskyddad fasad	106

1.1 Bakgrund

Ale Kommun arbetar med att ta fram en ny detaljplan för Nödinge Centrum. Planförslaget innebär bostäder, handel, kontor och parkeringshus på den yta som idag utgörs av Ale torg, med omnejd.

Då studerat område ligger inom 150 meter från E45 och Norge-/Vänerbanan där transporter med farligt gods förekommer behövs en riskanalys avseende föreslagen exploatering genomföras.

1.2 Syfte

Uppdraget innebär att genomföra en riskanalys i syfte att klarlägga möjlig exploatering avseende mängd och geografisk placering i förhållande till E45 och Norge-/Vänerbanan som utgör transportleder för farligt gods. Syftet med riskanalysen är att undersöka om olycksriskerna avseende farligt gods är acceptabla för studerat planområde.

Utifrån exponering för risker kopplade till transporter av farligt gods syftar uppdraget till att utreda förutsättningar för etablering och vilka tekniska skyddsåtgärder som behöver vidtagas i detaljplan och byggskede för att kunna tillåta planerad exploatering.

Ale Kommun har gett COWI i uppdrag att utföra en kvantitativ riskanalys med avseende på transporter av farligt gods förbi studerat område på E45 och Norge-/Vänerbanan. Analysen omfattar även de två bensinstationer som idag ligger vid Ale torg.

1.3 Omfattning - Avgränsning

Riskanalysen omfattar identifiering av skadehändelser samt beskrivning av mängder och typer av farligt gods som bedöms transporteras förbi området på E45 och Norge-/Vänerbanan. Baserat på detta genomförs sannolikhets- och konsekvensberäkning för olyckor med farligt gods. Riskanalysen utmynnar i en värdering av risknivån för de personer som kommer att vistas inomhus och utomhus på området. Riskerna redovisas både som individ- och samhällsrisk.

Riskanalys avseende befintliga bensinstationer omfattar en kvalitativ riskbedömning utifrån befintliga riktlinjer. Bedömningen gäller säkerhetsaspekten med avseende på befintliga bensinstationer och förslag på lämpliga skyddsåtgärder anges ifall så anses påkallat.

Riskutredningen är utförd med avseende på den verksamhet som är föreslagen i Kapitel 3. Annat användningsområde med förändrad personintensitet kan förändra risknivån.

De risker som behandlas i utredningen har sitt ursprung i eventuella olyckor som kan inträffa på studerade farligt godsleder eller på närliggande bensinstationer.

Med risk avses här risken att omkomma till följd av en olycka. Eventuella störningar så som buller och lukt från bensinstationernas verksamhet omfattas inte av denna riskutredning.

Brand i byggnader eller risker för miljön ingår inte i denna analys. Belastningskrafter, detaljutformning och hållfasthetsberäkningar av eventuella säkerhetshöjande åtgärder ingår inte i utredningen.

2 Beskrivning av risk och kriterier

I detta kapitel presenteras bakgrund och begrepp för risk och kriterier för tolerabel risk i samhällsplanering.

2.1 Risk

Riskenivå är ett abstrakt begrepp. Olika individer uppfattar risker på olika sätt och accepterar olika risker beroende på om risken till exempel är frivillig, känd eller gagnar ett intresse. En risk kan beskrivas som produkten av sannolikhet (händelsefrekvens) och konsekvens.

$$\text{RISK} = \text{SANNOLIKHET} \cdot \text{KONSEKVENNS}$$

I denna analys behandlas sannolikheter som är så låga att de allra flesta människor inte förmår ta dem till sig. Konsekvenserna är emellertid synnerligen påtagliga. Effekten av en propan-BLEVE eller ett utsläpp av giftig gas *kan* resultera i ett stort antal omkomna eller skadade människor. Händelsefrekvensen för propanolyckor i allmänhet är så låg att den över huvud taget inte skulle beaktas om konsekvensen inte hade varit så stor.

Samhället accepterar hantering av farliga ämnen. Användning av olika kemiska varor innebär också transporter av dessa mellan olika platser. Idag är de flesta konsekvenser som orsakas av utsläpp av farliga ämnen kända. Därför har hanteringen belagts med restriktioner och krav på utrustning, bland annat tankkonstruktion, tankmaterial och tankkontroll.

Transportolyckor med utsläpp av farliga ämnen som följd har låg sannolikhet. Detta tack vare de restriktioner som råder. Den låga sannolikheten är en viktig parameter som i en bedömning av riskenivån skall värderas tillsammans med konsekvenserna på ett balanserat sätt.

2.2 Riskacceptans

I riskanalyser kan riskenivån presenteras som individrisk och/eller samhällsrisk. Individrisken är lättare att definiera och värdera än samhällsrisk. Individrisken är oberoende av antalet personer som befinner sig på ett område medan samhällsrisk påverkas av mängden personer som befinner sig på ett utsatt område.

Individrisk är risken för en enskild individ som befinner sig i närheten av en riskkälla.

Samhällsrisk är risken för en grupp människor som befinner sig i ett riskområde.

Samhällsrisk är direkt beroende av hur många individer som befinner sig i ett riskområde medan individrisken är helt oberoende av antalet personer på riskområdet.

Samhället har lättare att acceptera flera olyckor med begränsande konsekvenser än ett fåtal med mycket allvarliga eller katastrofala konsekvenser. Detta innebär att riskacceptansen eller toleransen blir lägre ju fler människor som förväntas kunna komma till skada. I dagens samhälle har många risker accepterats utan att från början blivit värderade.

Avseende individrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

- › Den risk som vi utsätts för av naturliga händelser bör inte ökas nämnvärt genom aktiviteter som vi inte råder över.

Avseende samhällsrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

- › En aktivitet kan godkännas om en välgrundad riskanalys visar att risknivån är acceptabel eller tolerabel.
- › En aktivitet kan godkännas om samhällsnyttan av den bedöms vara större än risken.

För denna analys kommer både individrisk och samhällsrisk användas för att analysera risknivån i området.

2.3 Kriterier avseende farligt gods

Det finns inget nationellt framtaget kriterium för riskvärdering och riskpolicy i Sverige men vissa publicerade dokument och kriterier används generellt i samband med riskanalyser. I detta kapitel refereras till några av dessa. I denna analys kommer beräknad individ- och samhällsrisk jämföras med DNV:s kriterier.

2.3.1 DNV:s kriterier

I *Värdering av risk* (SRV, 1997) har Det Norske Veritas (DNV) gett förslag till individ- och samhällsrisikkriterier.

Individrisikkriterier

Individrisk är risken för en person som befinner sig i närheten av en riskkälla att omkomma och definieras här som "summan av frekvensen · andel omkomna för respektive skadehändelse".

DNV's förslag till individrisikkriterier (SRV, 1997):

- › Övre gräns där risker under vissa förutsättningar kan tolereras; 10^{-5} per år
- › Övre gräns där risker kan anses små; 10^{-7} per år

I denna analys ges två individrisknivåer för området. En *individrisk utomhus* som baseras på oskyddade personer och en plan topografi. Dessutom ges en *individrisk inomhus* som representerar individrisken för personer som befinner sig inomhus.

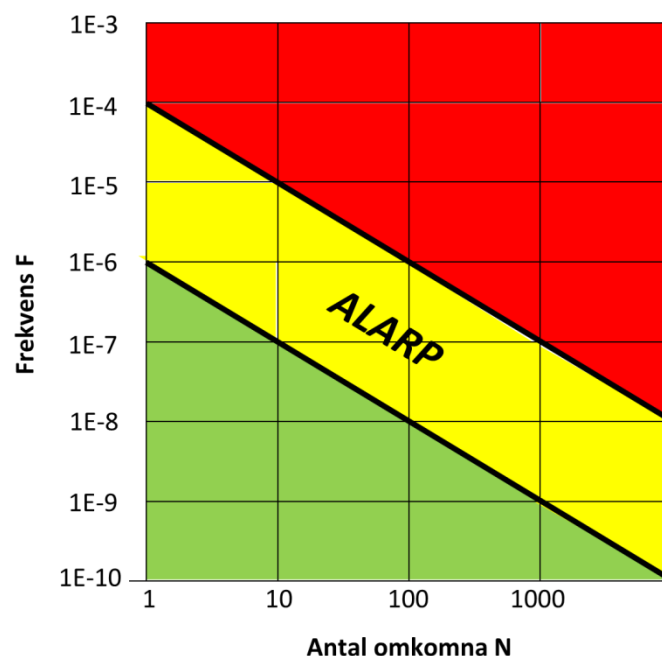
Samhällsriskkriterier

Samhällsrisk är den risk som en eller flera människor (vilka som helst) utsätts för. Samhällsrisk presenteras i FN-diagram där (F) är den summerade olycksfrekvensen för alla händelser som leder till ett visst antal omkomna (N), se Figur 1. Generellt är det färre händelser (olyckor) som leder till att många omkommer vilket gör att olycksfrekvensen oftast minskar med ökat antal omkomna.

I Sverige finns det idag inga nationellt beslutade gränsvärden för hur hög samhällsrisk som kan accepteras. Varje situation måste diskuteras och värderas utifrån sina förutsättningar såsom risknivå kontra samhällsnytta och möjligheten att minska risknivån genom skyddsåtgärder. DNV har givit förslag på gränsvärden för acceptabel risknivå med avseende på samhällsrisk. I DNV:s kriterier finns två gränsvärden:

- › En gräns för tolerabel risk. Risknivåer över denna nivå tolereras inte (presenteras som rött område i Figur 1).
- › En gräns för område där risker kan anses som små. Vid risknivåer under denna nivå behöver ytterligare säkerhetshöjande åtgärder inte värderas (presenteras som grönt område i Figur 1).

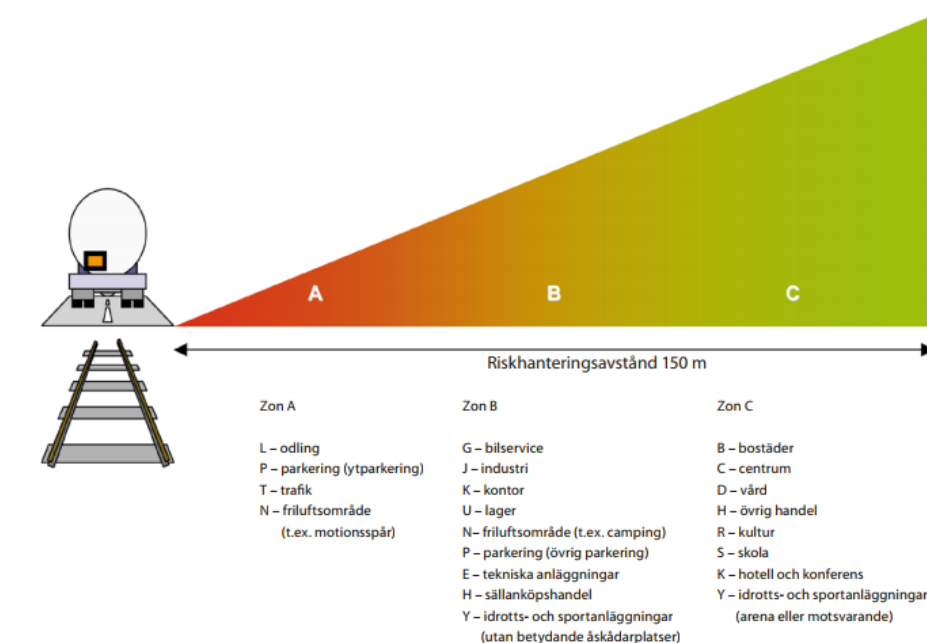
För risknivåer som ligger däremellan ska rimliga säkerhetshöjande åtgärder värderas ur kostnads-nytta synpunkt. Detta område kallas ALARP-området och representeras av gult område i Figur 1



Figur 1. Kriterium för samhällsriskvärdering av risk (SRV,1997). Förklaring till värden på y-axel: $1E-3 = 0,001 = 1 \cdot 10^{-3}$. Kriteriet gäller 2 sidor om transportleden på en sträcka om 1000 meter

2.3.2 Riskpolicy från Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län

Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län har gemensamt tagit fram en riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods (2006). Enligt dessa skall riskhanteringsprocessen beaktas vid all nybyggnation inom 150 meters avstånd ifrån farligt godsled. I Länsstyrelsens policy finns inga exakta avstånd för tillåten markanvändning utan zonerna är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden, se Figur 2. Området i zon A, som är zonen närmast leden, föreslås exempelvis användas till ytparkeringar, väg och odling. Zon B i den glidande skalan kan exempelvis användas för kontor, lager, parkeringshus och sällanköpshandel och markanvändning i zon C föreslås vara bostäder, annan handel, hotell och konferens.



Figur 2. Zonindelning där zonerna representerar föreslagen markanvändning utmed transportled för farligt gods. Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län

2.3.3 Riktlinjer för Ale Kommun

Enligt riktlinjer för Ale Kommun har avstånd till olika sorters etableringar, exempelvis bostäder och arbetsplatser, rekommenderats, se Figur 3. För Nödinge gäller ett avstånd av 120 meter för Zon D. Notera att dessa avstånd anger avstånd mätt från banvall/väggkant (Ale Kommun, 2013).

Zon A 0-50 m	Zon B > 50 m	Zon C >100 m	Zon D olika avstånd i olika orter, se tabell 2
L – Odling	E – Tekniska anläggningar	B – Bostäder	D – Vårdanläggning (Sjukhus, äldreboende)
P – Ytparkering	G – Bilservice	C – Centrum	S – Skolor
T – Trafik	H – Sällanköpshandel	H – Övrig handel	
	J – Industri	R – Kultur	
	K – Kontor (ej hotell)	K – Hotell och konferens	
	N – Friluftsområde	Y – Större idrottsanläggning	
	P – Övrig parkering		
	U – Lager		
	Y – Idrottsanläggning (utan betydande åskådarplatser)		

Figur 3. Avstånd till olika sorters etableringar, exempelvis bostäder och arbetsplatser, i enlighet med riktlinjer för Ale Kommun. (Ale Kommun, 2013)

2.4 Regler och riktlinjer avseende bensinstationer

Regler och riktlinjer som bedöms relevanta och tillämpbara för aktuellt område är följande:

- › Myndigheten för samhällsskydd och beredskap 2015. *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer*. Handbok, Mars 2015.
- › MSBFS 2020:1 – MSBs föreskrifter om hantering av brandfarlig gas och brandfarliga aerosoler
- › SÄIFS 2000:2 – Sprängämnesinspektionens föreskrifter om hantering av brandfarliga vätskor
- › Boverket. *Bättre plats för arbete*, år 1995.

2.4.1 Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer

I MSBs handbok *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer* sammanfattas föreskrifter och bestämmelser som är tillämpliga på en bensinstation. Här ges råd beträffande en bensinstations utformning samt minimiavstånd till omgivande bebyggelse, se Tabell 1. Rekommenderade avstånd för bensinstationer enligt Tabell 1, baseras på de risker som kan uppstå i samband med hantering av brandfarlig vara (effekter från brand och explosion). Avstånden i Tabell 1 gäller ifall bensinstationen är utförd enligt de exempel som finns i handboken. Vi förutsätter att befintlig bensinstation uppfyller de krav som ställs för en bensinstation enligt handboken.

Tabell 1. Avstånd i meter mellan olika objekt vid hantering av vätska klass 1 på en bensinstation. Avstånden i Tabellen kan minskas om betryggande säkerhet kan uppnås på annat sätt.

Objekt/Riskkälla	Påfyllnings-anslutning till cistern	Mätarskåp	Pejlförskruvning	Cistern-avluftningens mynning
Plats där människor vanligen vistas (t.ex. bostad, kontor, gatukök, butik, servering, busshållplats), verksamheter och objekt med stor brandbelastning, verkstad eller annan lokal där gnistbildande verksamhet eller öppen eld förekommer.	25*	18	6	12

*Avståndet kan halveras om vägg mot spillzon är av obrännbart material och lägst i brandteknisk klass EI 60 utan ventilationsöppningar och brandtekniskt oklassade fönster. Hela avståndet gäller dock för in- och utgångar.

2.4.2 MSBFS 2020:1

Det avstånd från en verksamhet som hanterar brandfarlig gas i lösa behållare (ex. gasol) som anges i MSBFS 2020:1 redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Avstånd från verksamhet som hanterar brandfarlig gas i lösa behållare till olika skyddsobjekt enligt MSBFS 2020:1

De lösa behållarnas totala volym (liter)	Avstånd mellan lösa behållare och						
	- byggnad i allmänhet, - brännbart material eller - brandfarlig verksamhet			stor mängd brännbart material		utrymningsväg från svårutrymda lokaler	
	meter			meter		meter	
		EI 30*	EI 60*		EI 60*		EI 60*
0 - ≤250	3**	0	0	12	0	25***	0
>250 - ≤1200	3	3	0	12	0	25	0
>1200 - ≤4000	6	6	3	12	6	50	25
>4000 - ≤8000	12	12	6	25	12	100	50

* Brandteknisk avskiljning motsvarande

** Inget avstånd från byggnaden behövs:

- upp till 60 liter vid utomhusförvaring minst 3 meter från öppningar till lokalens publika delar, lokal som används av någon annan eller till nödutgångar. Ex. på öppningar är öppningsbara fönster, dörrar och ventilationsöppningar. Om flaskorna istället placeras i låst plåtskåp eller liknande är det tillräckligt med 1 meter till samma typer av öppningar
- vid tillfälliga arbeten t.ex. användning av gasolbrännare på restaurang, vid undervisning eller vid reparationsarbeten med svetsutrustning
- om de lösa behållarna inte är större än 1 liter och behållarnas totala volym inte överstiger 2 liter.

*** Kortare avstånd kan tillåtas, dock minst 3 meter, för gasolrdrivna terrassvärmare och liknande utomhus.

2.4.3 SÄIFS 2000:2

De riktvärden som anges i SÄIFS 2000:2 avseende avstånd mellan olika skyddsobjekt och brandfarlig vätska i lösa behållare redovisas i Tabell 3.

Tabell 3. Rekommenderade avstånd mellan olika skyddsobjekt och brandfarlig vätska i cistern eller lös behållare (V är volym i m³, 1 m³=1000 liter)

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

2.4.4 Boverket. Bättre plats för arbete

Boverkets skrift "Bättre plats för arbete" gavs ut år 1995 med syfte att ge vägledning vid kommunal planering av arbetsområden. Skriften anses inte längre gälla men används ändå här som jämförelse. I skriften har hänsyn tagits till miljö, hälsa och säkerhet. Vid planering av knutpunkter för person- och godstransporter bl.a. bensinstationer anges nedanstående text:

Boverket - Bättre plats för arbetet

Knutpunkter för person- och godstransporter

Risker med hänsyn till miljö, hälsa och säkerhet

Med rubricerade avses bensinstationer, bussterminaler med permanent uppställning, garage för bussar, lastbilar eller taxibilar samt omlastningsstationer. Bussterminaler med tillfällig uppställning samt taxistationer behandlas som trafikanläggningar. Gemensamt för samtliga nämnda anläggningar är fordonstrafik som kan vara omfattande såväl tidigt som sent och även nattetid. Denna trafik ger avgasutsläpp och buller. Ljuset från bilstrålkastare kan också vara störande. Vid bensinstationer och bussterminaler sker ofta försäljning av livsmedel och fritidsartiklar. Gatukök och kiosker är också vanliga. Dessa verksamheter genererar i sig också trafik. Vid tankning av fordon, som huvudsakligen sker vid bensinstationer, avgår lättflyktiga kolväten. Bränslepumpar finns också bl.a. vid bussgarage. Avloppsvatten från tvätthallar kan vara förorenat med olja, partiklar och kemikalier som ingår i bilvårdsmedel. Spill av drivmedel och oljor kan i vissa fall leda till förorening av mark. Detta är särskilt uttalat vid bensinstationer.

Möjligheter att begränsa utsläppen och att minska riskerna

Bullerstörningar kan motverkas genom åtgärder beträffande trafikföringen samt avskärmning med hjälp av byggnader, plank och rider av vegetation. Dessa åtgärder kan

även ha effekt vad gäller störningar från bilstrålkastare. Genom införande av gasåterföringssystem minskar miljöproblem i samband med påfyllning av bränslecisterner och vid tankning av fordon. Avloppsvatten bör behandlas slam- och oljeavskiljare. Ytterligare vattenrening kan bli aktuell i vissa fall och kanske generellt. Som exempel kan nämnas rening och recirkulation av tvättvatten i bilvårdsanläggningar.

Riktvärden för skyddsavstånd

Omlastingscentraler 500 m, Bensinstationer 100 meter, Bussterminaler (permanent uppställning) 200 m, Större garage 200 m.

I *Bättre plats för arbete* rekommenderas ett skyddsavstånd för bensinstationer på 100 meter mellan bensinstation och bostäder. De avstånd som anges här är ofta betydligt större än avstånd som anges i t.ex. föreskrifter om hantering av brandfarliga vätskor. Detta beror på att man i *Bättre plats för arbete* tagit hänsyn till flera aspekter som påverkar miljö och hälsa så som buller, lukt och andra störningar och inte bara till direkta olyckseffekter. För bensinstationer innefattar detta t.ex. störningar från trafik (buller, avgaser, strålkastarljus) dag- och nattetid. Enligt samma skrift kan åtgärder införas som begränsar negativa konsekvenser med bensinstationen. Exempelvis kan bullerplank och vegetation förbättra situationen både ur bullersynpunkt samt med avseende på störningar från bilstrålkastare.

3 Förutsättningar

I detta kapitel beskrivs de grundläggande förutsättningarna för studien såsom, områdesbeskrivning och planerad bebyggelse.

3.1 Beskrivning av området

Aktuellt planområde utgörs av det som idag utgör Ale Torg med omgivningar i Nödinge. Området ligger nära E45 och Norge-/Vänerbanan. I områdets norra del ligger även två befintliga bensinstationer, se Figur 4.



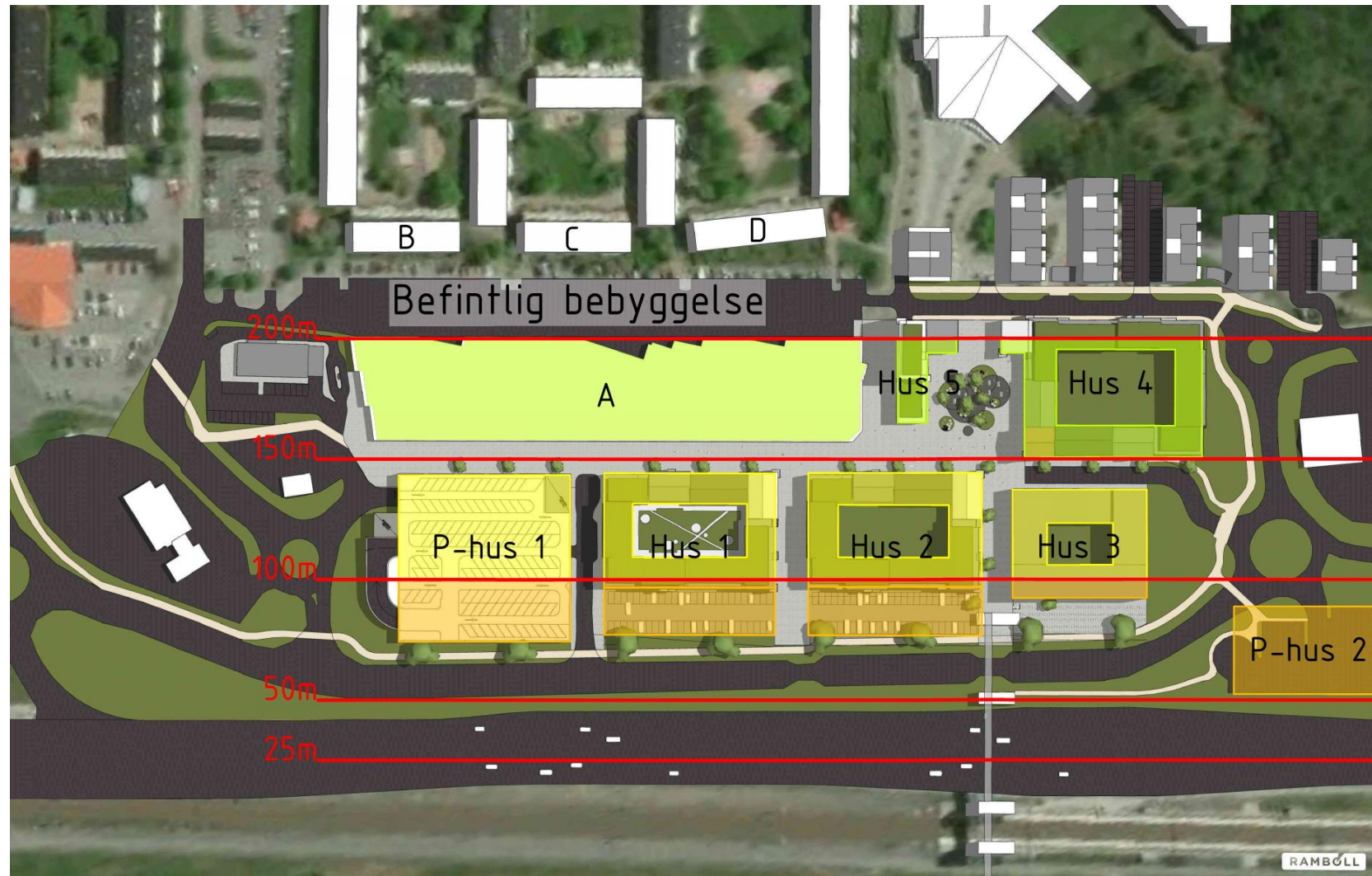
Figur 4. Planområdet ligger nära E45 och Norge-/Vänerbanan och är markerat med rött i Figuren. De två befintliga bensinstationer som ligger i områdets norra del är markerade med gult i Figuren.

Bebyggelse (parkeringsgarage) planeras som närmast ca 10 meter från väg E45. All bebyggelse 0-50 meter från E45 utgörs av parkeringsgarage. Som del av P-hus 1 planeras viss handel i bottenplan. Denna användning planeras i byggnadens östra del, med ingång mot gågatan mellan ny bebyggelse och Hus A, se Figur 5. Eventuellt planeras centrum/gym på taket av P-Hus 1 (känslighetsberäkning avseende denna användning presenteras i avsnitt 7).

För Norge-/Vänerbanan planeras bebyggelse (parkeringsgarage) som närmast ca 50 meter, se Figur 6.



Figur 5. Ingående bebyggelse för beräkning, planerad och befintlig, med placering och avstånd från väg E45



Figur 6. Ingående bebyggelse för beräkning, planerad och befintlig, med placering och avstånd från Norge/Vänerbanan

Nedan beskrivs den planerade nybyggnationen med disponering och omfattning av olika typer av markanvändning för det studerade planområdet. Summerad bruttoarea (BTA) för ingående användningsområde presenteras för respektive byggnad enligt följande:

Hus 1

Bostäder	17 200 m ²
Handel/lokaler	600 m ²

Hus 2

Bostäder	14 300 m ²
Handel/lokaler	700 m ²

Hus 3

Kontor	16 700 m ²
--------	-----------------------

Hus 4

Bostäder	14 700 m ²
----------	-----------------------

Hus 5

Bostäder	4 200 m ²
Handel/lokaler	800 m ²

Parkeringshus 1

Parkering	29 700 m ²
Handel/lokaler	800 m ²
Gym	2000 m ² (eventuellt, se känslighetsberäkning avsnitt 7)

Parkeringshus 2

Parkering	500 parkeringsplatser ²
-----------	------------------------------------

3.1.1 Ny bebyggelse öster om Vitklövergatan

I Figur 5 ovan finns även viss ny bebyggelse öster om Vitklövergatan (vägen precis ovanför Hus 4 och Hus 5 i Figur 5). Någon information om dess karaktär eller omfattning har inte erhållits under arbetet med denna rapport; riskerna med avseende på denna bebyggelse har därför inte kvantifierats i riskberäkningen. Dessa risker bedöms dock ej ha inverkan på resultatet i sådan omfattning att slutsatserna kommer påverkas. Delvis ligger byggnaderna bortom riskbedömningsavståndet för Norge-/Vänerbanan (se Figur 6) på 200 meter. För väg E45 överskrider avståndet 150 meter, vilket i praktiken innebär att risknivån är så låg att denna bebyggelse vanligtvis inte behöver beaktas med avseende på risk för olyckor med farligt gods. Vidare kommer större delen av denna bebyggelse ligga som tredje radens bebyggelse och resten som andra radens, vilket innebär att byggnaderna får ett inneboende skydd för flera av de analyserade riskerna. Av

² För Parkeringshus 2 har endast information om antalet parkeringsplatser erhållits.

erfarenhet ger sådan bebyggelse på dessa stora avstånd en obetydlig inverkan på samhällsriskerna.

Vidare är individrisken inomhus på detta avstånd lika med noll. Utomhus kan den jämföras med en hundradel (1%) av risken att träffas av blixten (se Tabell 11 samt Figur 14).

3.1.2 Befintlig bebyggelse

För den studerade sträckan av farligt godstransporter faller ytterligare fyra befintliga byggnader inom beräkningsavståndet 200 meter för väg E45, samt en byggnad för Norge-/Vänerbanan (se Figur 5 och Figur 6 ovan) enligt följande:

Byggnad A

Kontor	4 200 m ²
Handel/lokaler	10 500 m ²

Byggnad B

Bostäder	1 450 m ²
----------	----------------------

Byggnad C

Bostäder	1 500 m ²
----------	----------------------

Byggnad D

Bostäder	1 750 m ²
----------	----------------------

3.2 Personintensitet

Personintensiteten för planerad bebyggelse bedöms utifrån de beskrivningar och Figurer som presenteras i Kapitel 3.

Användningsområde: Bostäder

- › Den totala ytan för bostäder på studerat planområde är ca 54 400 m², varav ca 49 800 m² utgörs av ny bebyggelse.
- › Det har antagits att personintensiteten för bostäder i området är 0,04 personer/m². Detta antagande bedöms konservativt³. Vidare har det antagits att 30 % av personerna är hemma dagtid (kl. 08-18) och att 95 % av dessa vistas inomhus och att resterande 5 % vistas utomhus. Under kvällen och natten (kl.

³ Statistik från SCB anger genomsnittligt boarea per person i den mest trångbebodda kommunen till 33 m², det vill säga 0.03 personer/m² (<https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/hushallens-ekonomi/inkomster-och-inkomstfordelning/hushallens-boende/pong/statistiknyhet/hushallens-boende-2019/>)

18-08) antas 90 % av personerna vara hemma. Av dessa antas 99,5 % vistas inomhus och 0,5 % vistas utomhus.

- › Utöver ovanstående antaganden har 25 personer antagits vistas utomhus på sina balkonger i Hus 1 och 2

Användningsområde: Kontor

- › Den totala ytan för kontor på studerat planområde antas vara 18 300 m², varav ca 14 100 m² utgörs av ny bebyggelse.
- › Det har antagits att kontor är bemannat med 0,04 personer/m². Detta antagande bedöms rimligt⁴. Vidare antas att kontor är bemannade mellan kl. 08-18 med en beläggningsgrad på 100 % och att 95 % vistas inomhus och att resterande 5 % vistas utomhus. Under kvällen och natten (kl. 18-08) antas beläggningen vara 0 %.

Användningsområde: Handel

- › Den totala ytan för handel på studerat planområde är ca 14 000 m², varav ca 3 500 m² utgörs av ny bebyggelse.
- › Det har antagits att handel är bemannat med 0,04 personer/m². Detta antagande bedöms något konservativt vid beaktande av lager, personalutrymmen etc. Vidare antas att handel är bemannad mellan kl. 08-18 med en beläggningsgrad på 100 % och att 95 % vistas inomhus och att resterande 5 % vistas utomhus. Under kvällen och natten (kl. 18-08) antas beläggningen vara 10 % där 95 % vistas inomhus och att resterande 5 % vistas utomhus.

⁴ Värdet 0,04 (25 m² per person) är hämtat ur *Risikanalyser av farligt gods i Hallands län* (2011). Ansatt värde stämmer även väl överens med vad Arbetsmiljöverket förespråkar. I Arbetsmiljöverkets PM *Hur trångt får det vara?* från 2006 anges följande:

"För hela lokalytan kan man vid överslagsberäkning av ytbehovet räkna ca 25 m² per arbetsplats totalt, inkl andra utrymmen för arbetet som mötesrum, samtalsrum, arkiv och förråd, och inkl biutrymmen som entré, trappor och korridorer, kapprum, matrum, städtrum och toaletter, men exkl hissar, trappor, ytterväggar, pelare mm."

I GÖP (1999) ansätts 30 m²/arbetsplats för kontor. Det finns exempel på mindre kontorsplatser än 25 m²/arbetsplats, dock anses det värde som ansatts här rimligt för denna riskbedömning i förhållande till planerad bebyggelse.

Användningsområde: Centrum/gym

- › Någon form av centrumverksamhet planeras eventuellt i P-Hus 1. I denna analys har gym antagits vara dimensionerande användning inom planbestämmelse C. Den totala ytan för gym inom planerad ny bebyggelse uppgår till 2000 m² i P-Hus 1.
- › Det har antagits att personintensiteten för gym är 0,10 personer/m². Vidare har det antagits att 80 % beläggning dagtid (kl. 08-18) och att 90 % av dessa vistas inomhus och att resterande 10% vistas utomhus. Under kvällen och natten (kl. 18-08) antas 40 % beläggning. Av dessa antas 90 % vistas inomhus och 10 % vistas utomhus.

Övrigt

Utöver ovanstående användningsområden, vilka är bundna till de verksamheter som finns i befintlig och planerad bebyggelse, har 100 personer adderats utomhus 100-150 meter från E45. Detta för att ta höjd för den "gå-gata-karaktär" som kan förväntas på gatan mellan befintlig och planerad bebyggelse.

3.2.1 Parkering

På området finns flertalet olika typer av parkeringar, för vilka förutsättningarna avseende personintensitet är olika. Grundläggande för alla parkeringar är att de personer som anländer i en enskild bil, förväntas vistas på parkeringen i 10 minuter i samband med parkeringen.

Parkeringsområde: Parkeringshus 1

Varje parkeringsplats antas ta ca 25 m² i anspråk inkl. körvägar och andra gemensamma ytor.

Generella parkeringsplatser

Dessa platser antas nyttjas av personer som inte endast skall handla, exempelvis pendlare och personer som besöker staden av andra skäl än att handla. Därför antas omsättningen vara lägre och det genomsnittliga antalet personer per bil vara något lägre.

- › Den totala parkeringsytan för generella parkeringsplatser är ca 24 700 m²
- › 1,5 personer per bil har antagits för hela dygnet. En genomsnittlig beläggningsgrad om 70% har antagits dagtid, med en total omsättning⁵ av

⁵ När parkerade bilar lämnar och ersätts av nya måste en viss omsättning tas i beaktning. 100% omsättning innebär att en parkeringsplats nyttjas av en bil under studerat tidsintervall och vid 200% nyttjas varje plats av två bilar osv.

200%. Kvällstid och nattetid antas beläggningen vara 10%, med en omsättning på 150%.

Handelsparkering

Dessa platser antas nyttjas av personer som endast skall handla. Därför antas omsättningen dagtid vara högre och i större utsträckning utgöras av fler resenärer per bil, exempelvis familjer och liknande.

- › Den totala ytan för handelsparkering är ca 5 000 m²
- › En genomsnittlig beläggingsgrad om 70% har antagits dagtid, med en total omsättning på 300% och 3 personer per bil. Kvällstid och nattetid antas en beläggning på 10% och omsättning på 150%.

Parkeringsområde: Parkeringshus 2

På begäran av Ale Kommun har antalet parkeringsplatser för Parkeringshus 2 ansatts till 500. Dessa parkeringsplatser antas främst nyttjas av pendlare och personer som arbetar i närområdet.

- › 500 parkeringsplatser
- › 1,5 personer per bil har antagits för hela dygnet. En genomsnittlig beläggingsgrad om 70% har antagits dagtid, med en total omsättning på 200%. Kvällstid och nattetid antas beläggningen vara 10%, med en omsättning på 150%.

3.2.2 Sammanställning personintensitet

I Tabell 4 och Tabell 5 redovisas uppskattat antal personer inomhus och utomhus på olika avstånd ifrån E45 respektive Norge-/Vänerbanan.

Nedanstående värden för personintensitet bedöms vara konservativa och ligger till grund för beräkningar avseende risknivån.

Tabell 4. Personantal som används vid beräkningar, avstånd räknat från E45

Avstånd väg (meter)	Population Låg		Population Hög	
	Tid	08-18	Tid	18-08
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	0	8	0	1
25-50	17	18	1	2
50-100	118	996	9	1231
100-150	135	669	4	475
150-200	15	288	4	654

Tabell 5. Personantal som används vid beräkningar, avstånd räknat från Norge-/Vänerbanan

Avstånd järnväg (meter)	Population Låg		Population Hög	
	Tid	08-18	Tid	18-08
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	0	0	0	0
25-50	0	0	0	0
50-100	26	110	2	161
100-150	109	925	8	1112
150-200	140	758	5	545

3.3 Närliggande verksamheter

Utöver de bensinstationer som ligger norr om området har inga ytterligare verksamheter som kan utgöra en risk för området identifierats.

4 Trafik och transporter med farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter, som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods. Farligt gods delas in i olika RID-klasser⁶ och ADR-klasser⁷ beroende på vilken typ av fara som ämnet kan ge upphov till. Klassificeringen är en internationell överenskommelse avseende regler för transporter av farligt gods i Europa.

Av alla transportklasser som redovisas i följande kapitel är det följande ämnen som ger störst konsekvenser varför dessa har valts som dimensionerande i riskanalysen:

- › Klass 1.1 Massexplosiva ämnen, exempelvis dynamit
- › Klass 2.1 Brandfarliga gaser, exempelvis propan, acetylen
- › Klass 2.3 Giftiga gaser, exempelvis svaveldioxid
- › Klass 3 Brandfarlig vätska (klass 1), exempelvis bensin
- › Klass 5.1 Oxiderande ämnen, exempelvis väteperoxid

4.1 Väg E45

Väster om studerat planområde löper E45 i nordsydlig riktning. Vägen har god standard med två filer i vardera riktningen. E45 är utpekad som primär transportled för farligt gods. Hastighetsbegränsningen är 100 km/h förbi studerat område.

År 2016 uppmättes ÅDT (fordon) till total 19 930 fordon/dygn förbi studerat område. ÅDT (lastbilar) för samma sträcka uppmättes samma år till totalt 1 860 lastbilar/dygn. Vid mättillfället var således andelen lastbilar ca 9%. (Trafikverket, 2016)

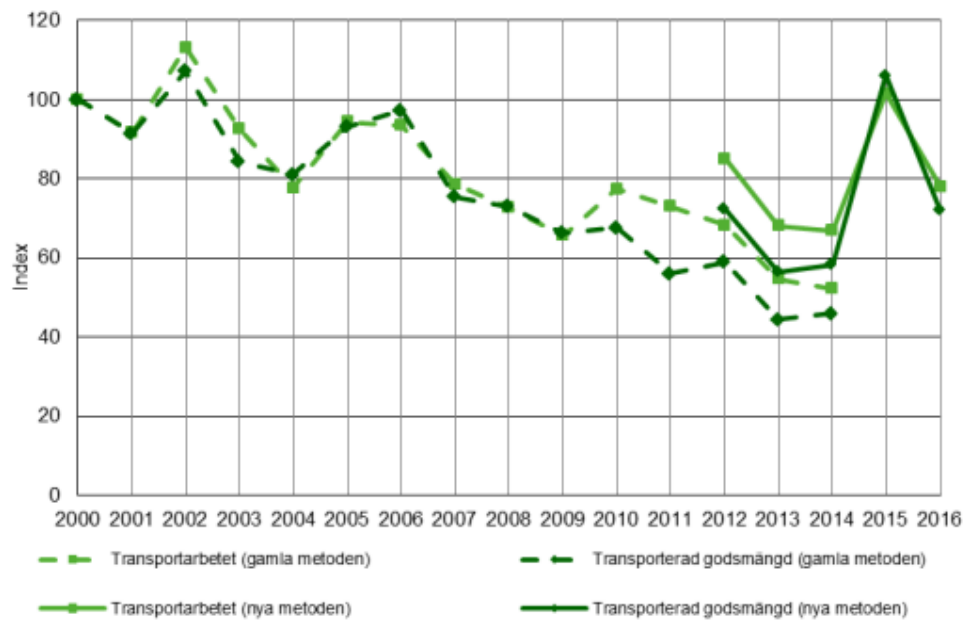
4.1.1 Farligt gods på väg E45

År 2017 transporterades totalt 449 miljoner ton gods av svenskregistrerade lastbilar inom Sverige. Samma år transporterades 12 miljoner ton farligt gods på svenska vägar vilket motsvarar ca 2,7 % av den totala mängden gods som transporterades. I denna analys antas andelen farligt gods utgöra 3% av det totala antalet transporter. Samtliga farligt godsklasser är representerade på E45 förbi området.

Lastbilsbranschen arbetar aktivt med ett flertal projekt som syftar till att minska volymerna av farligt gods på de svenska vägarna. År 2000 transporterades 15,4 miljoner ton farligt gods på landets vägar. Sedan dess har såväl transporterad godsmängd som transportarbete med denna typ av last uppvisat en minskande trend, se Figur 7. (Trafikanalys, 2017)

⁶ RID=Regulations Concerning the International Carriage of Dangerous goods by rail

⁷ ADR=European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road



Figur 7. År 2000 transporterades 15,4 miljoner ton farligt gods på landets vägar. Sedan dess har såväl transporterad godsmängd som transportarbete med denna typ av last uppvisat en minskande trend. I Figuren visas trenden med år 2000 som bas.

Uppskattade mängder transporterat farligt gods har räknats upp för att representera ett framtidsscenario år 2040. Vid uppräknigen antas antalet transporter med farligt gods öka i samma takt som antalet transporter med tung trafik på väg. Uppräknigen baseras på prognosvärden för år 2040 för tung trafik på väg från Trafikverket (2018a) och innebär en ökning med 1,8 % per år. COWI bedömer antagandet som mycket konservativt. Då indata avseende farligt gods utgår ifrån statistik från 2016 i den här riskbedömningen innebär en ökning med 1,8%/år en total ökning på 53% från år 2016 till år 2040.

Fördelningen mellan olika farligt gods-klasser baseras på inventering av farligt gods på den aktuella sträckan från SRV (2006). Enligt nämnd inventering sker inga transporter av klass 2.3 (giftig gas) på sträckan. Det nationella genomsnittet avseende andel klass 2.3 av klass 2 är 0.1%. I denna analys antas att 1% av klass 2 utgörs av giftiga gaser vilket bedöms vara konservativt. En känslighetsberäkning avseende mängden klass 2.3 redovisas i Bilaga C.

För beräkning av antalet transporter på väg E45 längs det studerade området görs även följande antaganden:

- > 10 % av klass 1 varor antas utgöras av massexplosiva ämnen.
- > 20 % av klass 1 produkterna transporteras i större lastbilar med en maximal last på 16 ton medan 80 % av klass 1 produkterna transporteras i mindre bilar med last <1 ton.
- > För övriga kategorier av farligt gods antas fulla transporter vilket motsvarar ca 16 ton.

Tabell 6. Transporter av farligt gods per ADR-klass på väg E45 (fordon/år)

	Uppskattat antal fordonstransporter/år på väg E45 intill planområdet
ADR-klass	Uppräknade värden 2040
1.1 Massexplosiva ämnen - små	5
1.1 Massexplosiva ämnen - stora	1
2.1. Brandfarliga Gaser	1191
2.3 Giftiga gaser	12
3. Brandfarlig vätska klass 1	10907
5. Oxiderande ämnen	325

4.2 Norge-/Vänerbanan

Norge/Vänerbanan går mellan Göteborg och Kil. En del av banan går även till Norge via gränspassagen vid Kornsjö. Sträckan från Göteborg till Öxnered har dubbelspår, resten av banan är enkelspårig.

Norge/Vänerbanan utgör primär transportled för farligt gods och samtliga RID-klasser är representerade.

4.2.1 Farligt gods Norge-/Vänerbanan

Uppgifter gällande hur mycket farligt gods som transporteras (antal vagnar/år) på Norge-/Vänerbanan förbi studerat område har uppskattats baserat på Trafikverkets prognos avseende antalet godstransporter på järnvägen år 2040. Enligt Trafikverkets prognos kommer 42 godståg per dygn trafikera Norge-/Vänerbanan år 2040 (Trafikverket, 2018b). Vidare har följande antaganden gjorts:

- › 10% av det totala antalet godsvagnar innehåller farligt gods
- › Ett godståg består i snitt av 20 vagnar

Fördelningen mellan olika farligt gods-klasser baseras på inventering av farligt gods på den aktuella sträckan från SRV (2006).

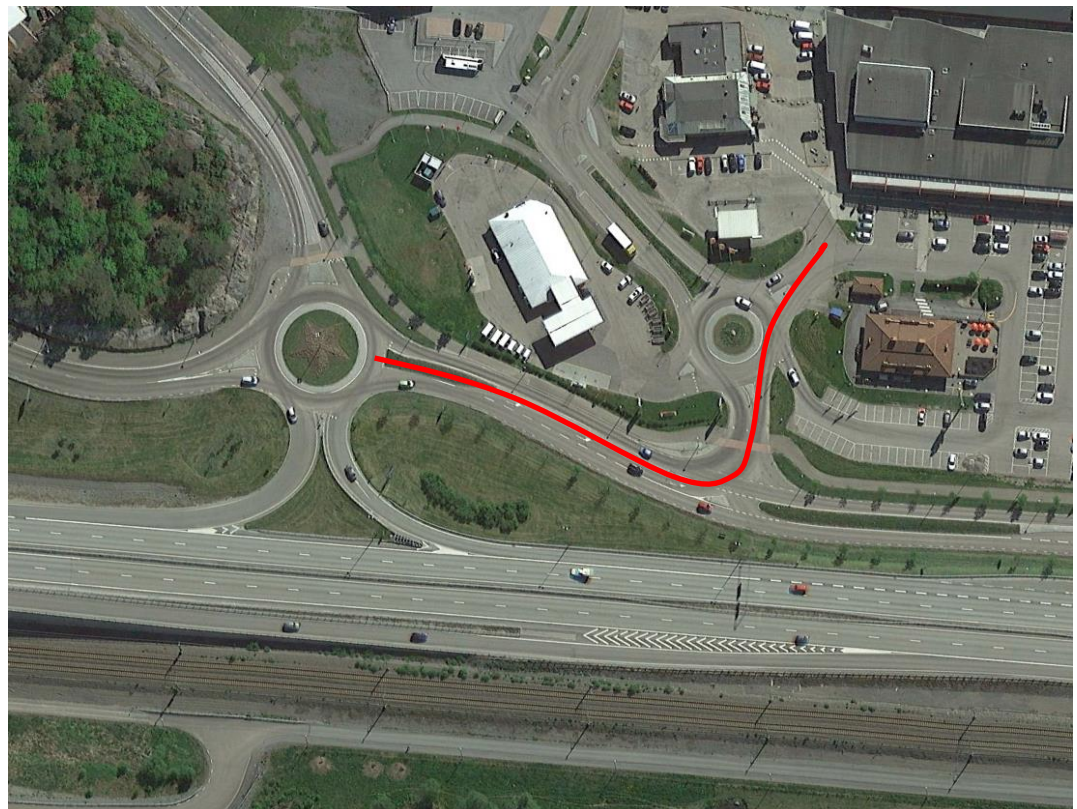
För klass 1 har information gällande andelen klass 1.1 inte erhållits. Till följd av detta antas 10 % av klass 1 varor utgöras av massexplosiva ämnen.

Tabell 7. Transporter av farligt gods per RID-klass på Norge-/Vänerbanan (vagnar/år)

	Uppskattat antal vagnar/år på väg Norge-/Vänerbanan intill planområdet
ADR-klass	Uppräknade värden 2040
1.1 Masseexplosiva ämnen - stora	32
2.1. Brandfarliga Gaser	3565
2.3 Giftiga gaser	1188
3. Brandfarlig vätska klass 1	17313
5. Oxiderande ämnen	3854

4.3 Lokala transporter till bensinstationer (Nödingevägen)

Lokala transporter till de två befintliga bensinstationerna går via Nödingevägen, mellan Norra Kilandavägen och Ale torg, vilken är utpekad för detta ändamål av Länsstyrelsen, se Figur 8.



Figur 8. Transportväg för drivmedel till befintliga bensinstationer.

Någon information om antalet transporter till de specifika bensinstationerna har inte gått att erhålla, men erfarenhetsmässigt brukar 2-3 transporter av brandfarliga produkter per vecka levereras till en bensinstation. Om det antas att ca hälften utgörs av diesel, vilket är klass 3, transporteras 2-3 transporter av klass 1 (bensin och E85) på den aktuella sträckan per vecka. På ett år innebär detta ca 150

transporter med brandfarlig vara klass 1. Ovanstående uppskattning bedöms konservativ.

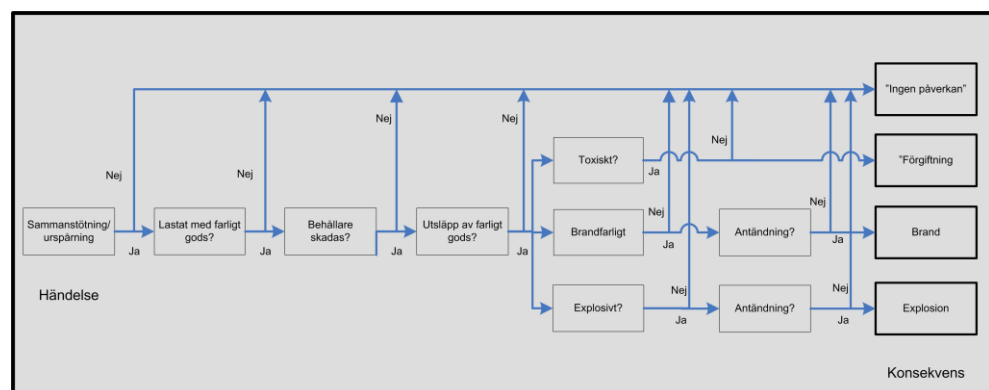
4.4 Faror vid olycka med farligt gods

För att en farligt godsolycka skall ske krävs att ett fordon lastat med farligt gods är inblandat i en olycka, t.ex. en kollision eller urspårning. Vidare måste behållare på fordonet skadas så att läckage av ett farligt ämne sker.

Ett utsläppt giftigt ämne sprids som vätska eller gas. Halten av det farliga ämnet avtar med avståndet till ämnet. För att en människa skall komma till skada måste dessa befinna sig inom det område där ämnet uppvisar en skadlig halt.

För brand- och explosionsfarliga ämnen måste dessutom en antändningskälla finnas som kan starta en brand eller ett explosionsförlopp. Även här gäller att människor måste finnas inom riskområdet för att komma till skada.

Riskområdets storlek beror på typ av ämnen och händelse som är dimensionerande. Detta beskrivs schematiskt i Figur 9.



Figur 9. Schematiskt händelseförlopp vid farligt godsolycka.

I Tabell 8 redovisas en sammanställning av huvudsakliga faror med olika kemikalier i de olika RID/ADR-klasserna. Tabellen anger även de riskavstånd som kan vara aktuella för en grov bedömning av allvarlig skadepåverkan på oskyddade människor (FOA, 1995).

Tabell 8. Generella faror med olika transportklasser av farligt gods.

Transportklass	Dominerande fara				Riskavstånd
	Explosion	Brand	Förgiftning	Övrig risk	Meter
1. Explosiva ämnen	√				100 - 1 000
		√			< 100
2. Gaser			√		> 1 000
	√				100 - 1 000
3. Brandfarliga vätskor		√			< 100
4. Brandfarliga fasta ämnen		√		√	< 100
5. Oxiderande ämnen		√			<100
	√				100 - 1 000
6. Giftiga ämnen			√		< 100
7. Radioaktiva ämnen				√	< 100
8. Frätande ämnen			√	√	< 100
9. Övriga farliga ämnen				√	< 100

De typer av gods som förväntas transporteras förbi området och som kan ge allvarliga konsekvenser avseende människoliv är RID/ADR-klass:

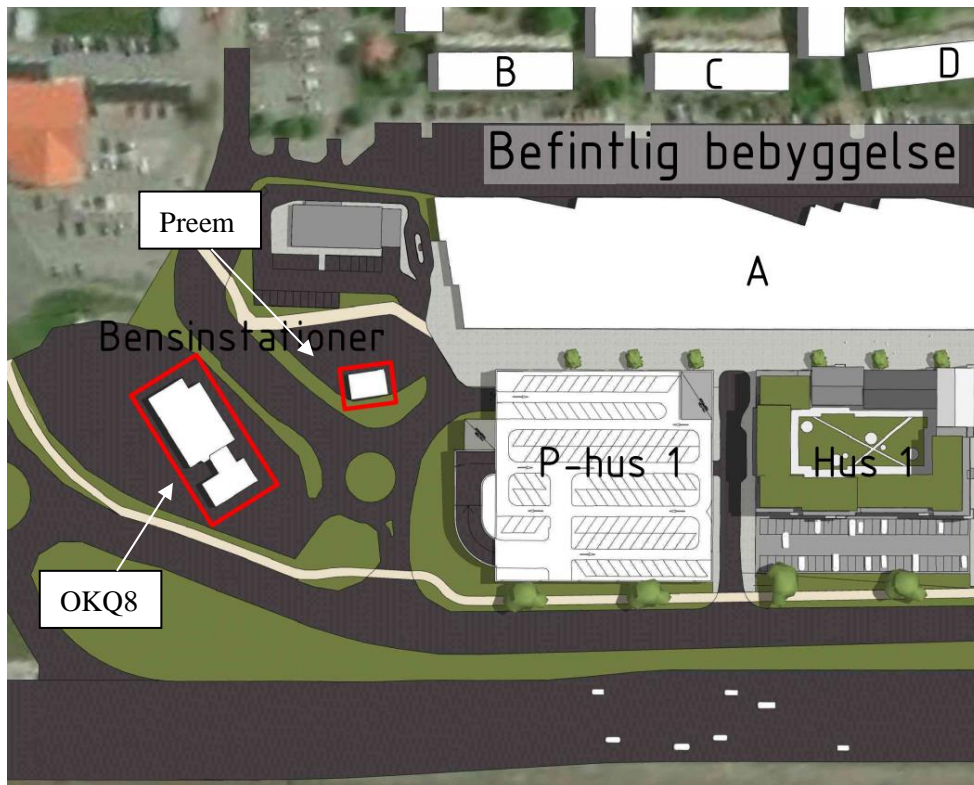
- › 1 – Masseexplosiva ämnen (explosion)
- › 2.1 – Brännbara gaser (jetbrand, gasmolnsbrand, gasmolnsexplosion och BLEVE)
- › 2.3 – Giftiga gaser (toxiska effekter)
- › 3 – Brännbara vätskor (brand/värmestrålning)
- › 5.1 – Oxiderande ämnen (explosion/brand)

För att beräkna sannolikheten för identifierade händelser används faktorer som exempelvis antalet transporter av farligt gods för varje specifik ämnesklass, platsspecifika egenskaper så som vindhastighet, sannolikhet för antändning, olycksfrekvens etc. Beräkningar av sannolikheten redovisas i Bilaga A.

Bedömning av konsekvenser i denna analys baseras på andelen omkomna personer vid en olyckshändelse med transport av farligt gods. Konsekvensbedömningen baseras på Göteborgs kommuns översiktsplan (1999), VTI rapport 387:4 (1994), konsekvensberäkningar i Effekt plus och PHAST (DNV, 2010) samt simuleringar i programmet Bfk (Beräkningsmodeller för kemikalieexponering) (RIB, 2012). En mer utförlig beskrivning av de olika konsekvenserna redovisas i Bilaga B.

5 Närliggande bensinstationer

Norr om studerat område ligger två befintliga bensinstationer, se Figur 10. Dessa beskrivs nedan.



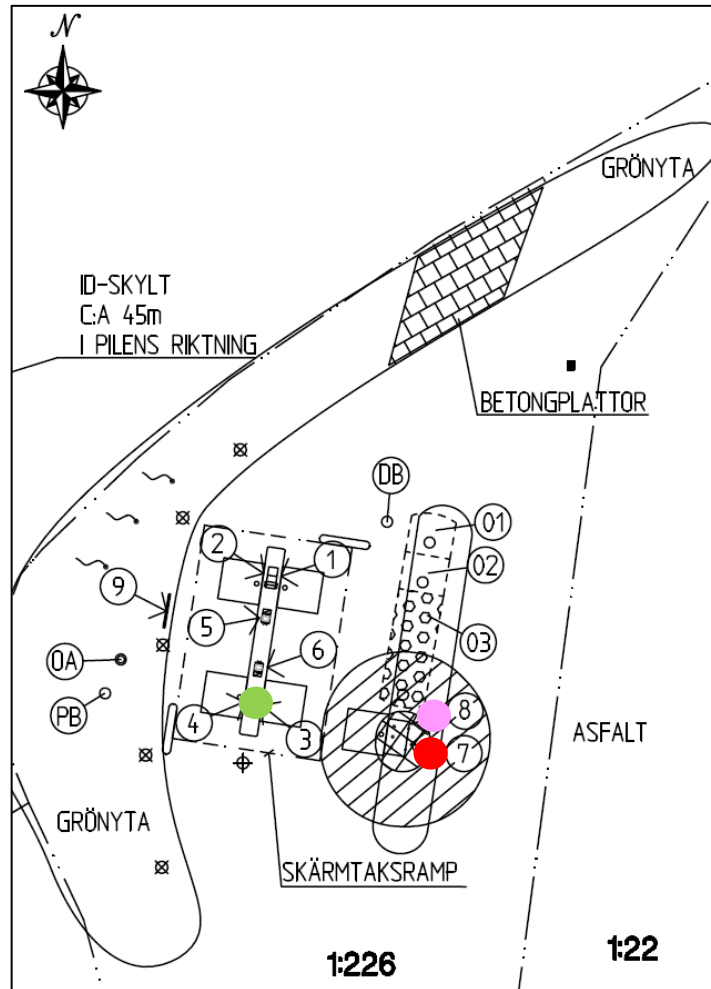
Figur 10. Placering av de två bensinstationer som studerats.

5.1 Preem

På stationen finns totalt tre cisterner som är placerade under mark, se Figur 11. Cisternernas volym är inte känd men innehåller bensin och diesel. Då stationen är en automatstation finns ingen gasolförsäljning eller försäljning av brandfarlig vara i lösa behållare på stationen.

Placering av olika objekt inom bensinstationen framgår av Figur 11 där de färgade prickarna indikerar följande:

- Röd prick: Lossningsplats för tankfordon (tät centralpåfyllning)
- Rosa prick: Avluftningsrörsmynning till cistern
- Grön prick: Närmaste mätarskåp



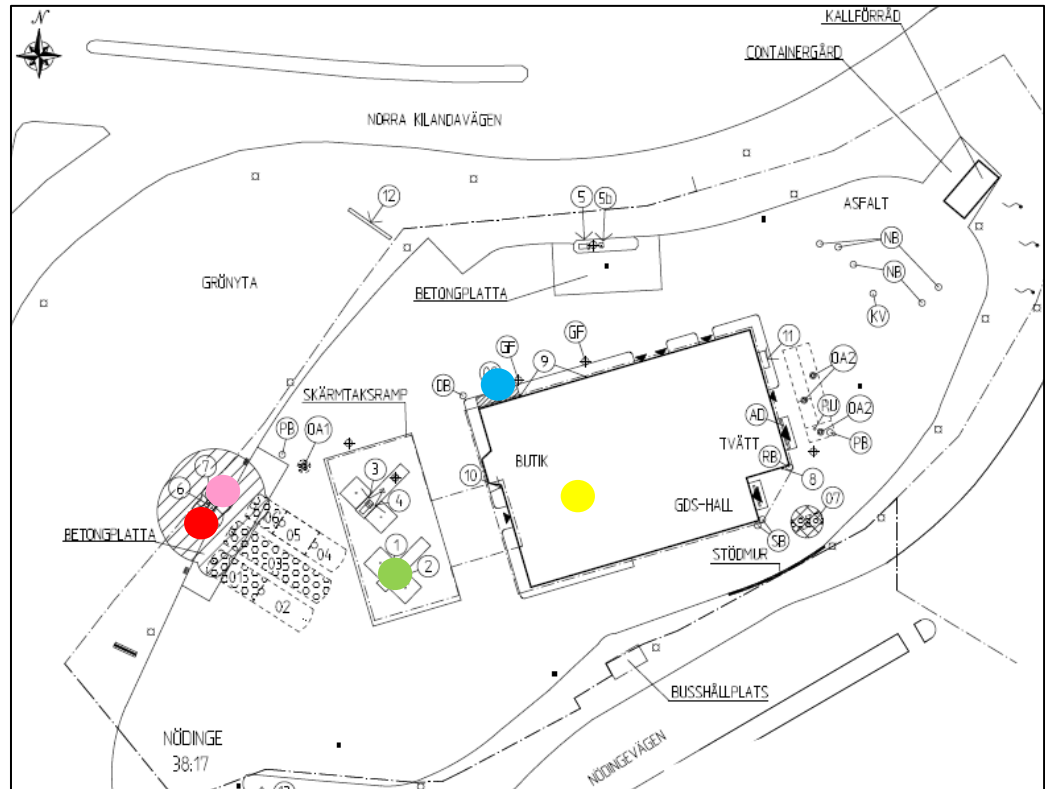
Figur 11. Befintlig bensinstation intill planområdet. (Preem, 2018)

5.2 OKQ8

På stationen finns totalt sex cisterner som är placerade under mark, se Figur 11. Cisternernas volym är inte känd men innehåller bensin, E85 och diesel. Gasol förvaras i ett plåtskåp utomhus. På bensinstationen hanteras även brandfarlig vara i lösa behållare vilka förvaras i butiken. Mängden brandfarlig gas i lösa behållare bedöms uppgå till maximalt 1200 liter.

Placering av olika objekt inom bensinstationen framgår av Figur 12 där de färgade prickarna indikerar följande:

- › Röd prick: Lossningsplats för tankfordon (tät centralpåfyllning)
- › Rosa prick: Avluftningsrörsmynning till cistern
- › Grön prick: Närmaste mätarskåp
- › Blå prick: Förvaring av gasol
- › Gul prick: Närmaste plats (butik) där brandfarlig vara förvaras i lösa behållare finns.



Figur 12. Befintlig bensinstation intill planområdet. (OKQ8, 2014)

5.3 Faror vid olycka på bensinstation

Det finns olika typer av brandfarlig vätska, till exempel bensin, som har en flampunkt under 21°C och kan antändas vid normala utomhusförhållanden. Brandfarlig vätska, av typen dieselolja, har högre flampunkt och förväntas inte antändas vid lägre temperatur än 55°C.

En olycka som leder till utsläpp av brandfarlig vätska leder i många fall till en pölbrand (brinnande vätska på marken). Hur stor pölbranden blir beror på storleken på utsläppet och pölens utbredning. Beroende på utformning av området kring inträffad olycka kan vätskan antingen sprida sig eller så kan en utspridning begränsas. Den största sannolikheten för ett större läckage bedöms föreligga vid lossning av drivmedel från tankbil till cisterner. Kring påfyllnadspunkten finns en spillzon/spilltråg vilken leder ett utsläpp till en oljeavskiljare. Sannolikheten för att en pöl skall sprida sig till omgivningen bedöms därför vara låg.

En pölbrand på 50 m² bedöms relevant att studera med avseende på placering av bensinstation i förhållande till planerad bebyggelse.

5.3.1 Strålnings effekter

Följande kapitel redovisar vilka strålningsnivåer som uppkommer vid en pölbrand (50 m²) på olika avstånd från pölbrandens centrum. Vidare redovisas vilka effekter på människa och brännbart material som uppkommer vid olika strålningsnivåer.

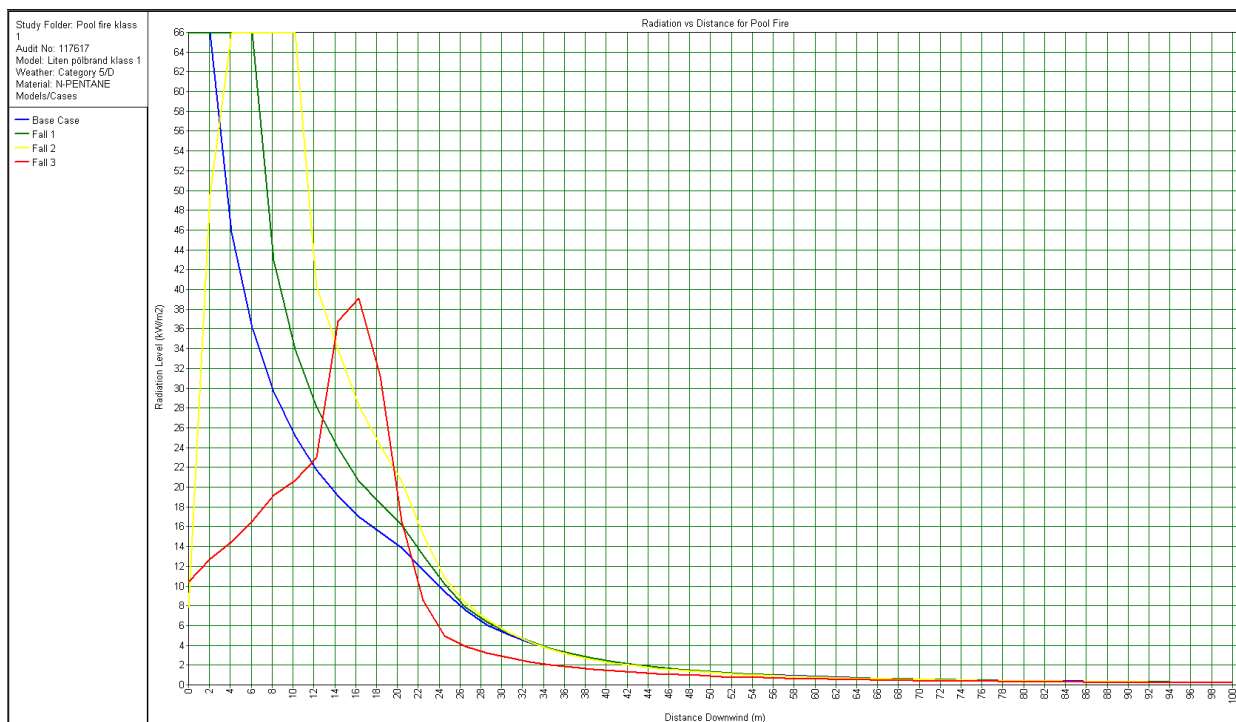
Effekten på människa och utrustning vid olika grader av värmestrålning har analyserats på flera håll och flera rekommendationer finns från räddningsverket (Hansson, 2000), boverket (Svensson, 2011), (Larsson, 2006) och flera internationella källor (Lees, 1996) och referenser däri samt (API, 2007). Dessa har sammanställts Tabell 9. Dessa strålningsnivåer kan jämföras med den strålning som normalt solsken avger vilket ligger i storleksordningen 0,6-0,7 kW/m². Långvarig strålning mot utrymmade personer får enligt Boverket inte överstiga nivåer om 2,5 kW/m². Kortvarig strålning får inte överstiga 10 kW/m².

Tabell 9. Effekter/symptom vid olika strålningsnivåer.

Strålning (kW/m ²)	Påverkan
1,6	Inga obehag även vid lång exponering
2,5-3	Designgräns till utrymmade personer utan skyddsutrustning.
4,7	Inga obehag 2-3 minuter med arbetskläder.
6,3	Inga obehag 30 sekunder med arbetskläder, tolerabel intensitet för flyende personal.
6-8	Lämplig lokalisering av insatspunkter för räddningstjänsten.
9,5	Maximal nivå för nödlägesinsats. Extra skyddsutrustning för personal krävs.
10	Kortvarig intensitet vid utrymning utan skyddsutrustning
12,5	Kylning bör sättas in. Visar skadeområdets utbredning. Trä antänds av pilotflamma och plast smälter. Buskage och markvegetation fattar eld.
13	Antändning av trä vid närvaro av en liten flamma
14-15	Vad en normal byggnad bör klara av.
18-20	Kabelisolering förstörs.
20	Kriterie för överantändning i ett rum
25	Trä självantänder.
37,5	Processutrustning och lagringscisterner skadas

Strålningsnivåer som funktion av avstånd redovisas i Figur 13 för en pölbrand (bensin) på 50 m². I Figur 9 kan det utläsas att en pölbrand (bensin) på 50 m² kommer att resultera i strålningsnivåer <10 kW/m² på ett avstånd 25 meter från pölbrandens centrum. Detta innebär att smärta uppstår efter ca 3 sekunders exponering men att trä inte antänds, se Tabell 9.

Tidigare beräkningar har visat att en pölbrand på 200 m² inte förväntas ge allvarlig påverkan på längre avstånd än ca 40 meter ifrån olyckan, se bilaga B.4. En pölbrand i storleksordningen 200 m² är främst relevant att studera vid en olycka med farligt gods på väg. Den aktuella vägen mellan studerat område och bensinstationen är ingen utpekad led för farligt gods och förekomsten av transporter av petroleumprodukter är begränsad. Risknivån med avseende på dessa transporter beaktas vid beräkning av risk med avseende på farligt gods. Sannolikheten att en olycka på vägen inträffar är låg och dimensionerande scenario för aktuell bebyggelse bedöms därför vara en pölbrand vid lossning av bränsle, dvs en pölbrand med en area av 50 m².



Figur 13. Strålningsnivå i kW/m² på olika höjd över mark som funktion av avstånd.
 Brandscenario; pölbrand 50 m², bensin, vind 5 m/s. De olika fallen beskriver strålningen på olika höjd över marken (Base Case= 0 m, Fall 1=2 m, Fall 2=5 m och Fall 3=15 m). Not: Avstånd (x-axel) räknas från centrum av pöl

6 Bedömning av risknivå avseende bensinstationer

Ur ett säkerhetsperspektiv (olycksrisk med avseende på hanterade ämnen på bensinstationen) krävs ett minimiavstånd på 25 meter från lossningsplats för tankbilar till "*Plats där människor vanligen vistas (t.ex. bostad, kontor, gatukök, butik, servering, busshållplats), verksamheter och objekt med stor brandbelastning, verkstad eller annan lokal där gnistbildande verksamhet eller öppen eld förekommer*" enligt de riktlinjer från MSB som tillämpas.

Den största sannolikheten för ett större läckage bedöms föreligga vid lossning av drivmedel från tankbil till cisterner. Kring påfyllnadspunkten finns en spillzon/spilltråg vilken leder ett utsläpp till en oljeavskiljare. Sannolikheten för att en pöl skall sprida sig till omgivningen bedöms därför vara låg varför en pölbrands centrum antas utgå från påfyllnadspunkten.

En pölbrand på 50 m² bedöms som relevant att studera med avseende på planering av bebyggelse i förhållande till bensinstation. Baserat på beräkningar av strålningseffekter vid en pölbrand på 50 m² bedöms att ett minimiavstånd på 25 meter (från pölbrandens centrum) ger en acceptabel säkerhet för byggnaderna i sig och för människor som vistas i dessa.

För förvaring av brandfarlig vara i lösa behållare gäller enligt relevanta riktlinjer olika avstånd beroende på vilken närliggande verksamhet som beaktas. Baserat på antagna mängder brandfarlig vätska och gas i lösa behållare bedöms avståndet i aktuellt fall vara maximalt 25 meter oavsett byggnadstyp.

För OKQ8 är den förvaringsplats för brandfarlig vara i lösa behållare som ligger närmast studerat planområde är butiken/servicebyggnaden, därför krävs ett minsta avstånd på 25 meter från butiken/servicebyggnaden till planerad bebyggelse med avseende på förvaring av lösa behållare.

Sammanfattningsvis bedöms ny bebyggelse möjlig på avstånd länge än 25 meter från påfyllnadspunkterna på Preem och OKQ8 och servicebyggnaden på OKQ8. Avståndet kan minskas givet att vissa villkor uppfylls, se Tabell 1 och Tabell 2.

Notera att ingen tillkommande bebyggelse planeras inom 25 meter från ovan nämnda riskkällor på bensinstationerna.

Övriga störningar från bensinstationens verksamhet har inte behandlats i denna riskutredning. Utgående från användningsområde för de delar av ny bebyggelse som ligger närmast bensinstationen bör en värdering göras om störningar i form av buller, bilstrålkastare och lukt kan anses vara tolerabla eller om avskärmande åtgärder behövs.

7 Bedömning av risknivå avseende farligt gods

I detta kapitel presenteras beräknad risknivå. För beräknad risk redovisas först individrisken och därefter presenteras samhällsrisk.

Riskenivån redovisas med och utan kvantifierade skyddsåtgärder. De skyddsåtgärder som kvantifierats i denna riskanalys är för gällande byggnader:

Skyddsåtgärd	Byggnad				
	Hus 1 och 2	Parkeringshus 1	Hus 3	Parkeringshus 2	Övrig bebyggelse
Fasader som vetter mot farligt godsled uppförs med brandklass motsvarande EI30	-	-	-	X	-
Ventilationsintag placerat högt och vänd från leden	X	-	X	-	-
Byggnaderna dimensioneras för att undvika fortskridande ras från en explosionslast motsvarande 10 kg gasol	X	-	X	-	-

Ytterligare skyddsåtgärder så som utrymning bort från farligt godsled kommer att kvalitativt minska risknivån men tas inte i beaktning i beräknad individ- och samhällsrisk.

7.1 Individrisk för studerat område

I Tabell 10 och Tabell 11 redovisas den samlade individrisken med avseende på E45 och Norge-/Vänerbanan, baserat på identifierade olyckshändelser. Avståndintervallen har baserats på avstånd från E45, vilket är den närmaste farligt godsleden. I tabellerna redovisas individrisken utan respektive med hänsyn till kvantifierade skyddsåtgärder.

I Tabell 12 redovisas individrisken med avseende på närhet till lokala transporter på Nödingevägen. Inga skyddsåtgärder har beaktats för denna beräkning.

Röda siffror i tabellerna indikerar, enligt de individriskkriterier som DNV föreslagit, att risknivån ligger inom det område där risknivån är oacceptabel och att skyddsåtgärder skall införas för att minska risknivån. Gula siffror i tabellerna indikerar att risknivån ligger inom det område där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Gröna siffror indikerar en risknivå som ligger under den nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga.

Tabell 10. Samlad individrisk längs med studerad sträcka med avseende på E45 och Norge-/Vänerbanan utan hänsyn till skyddsåtgärder. Avståndsintervallen avser avstånd från E45.

Avstånd (m)	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
	Ute	Inne
0-25	5,01E-06	3,97E-06
25-50	1,23E-06	5,75E-07
50-100	1,04E-07	3,20E-08
100-150	2,82E-08	0,00E+00
150-200	5,34E-09	0,00E+00

Tabell 11. Samlad individrisk längs med studerad sträcka med avseende på E45 och Norge-/Vänerbanan med hänsyn till kvantifierade skyddsåtgärder. Avståndsintervallen avser avstånd från E45.

Avstånd (m)	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
	Ute	Inne
0-25	5,01E-06	3,93E-06
25-50	1,23E-06	4,87E-07
50-100	1,04E-07	7,63E-09
100-150	2,82E-08	0,00E+00
150-200	5,34E-09	0,00E+00

Tabell 12. Individrisk längs med studerad sträcka med avseende på Nödingevägen utan hänsyn till skyddsåtgärder.

Avstånd (m)	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
	Ute	Inne
0-25	3,51E-07	2,43E-07
25-50	5,40E-08	2,70E-08
50-100	0,00E+00	0,00E+00
100-150	0,00E+00	0,00E+00
150-200	0,00E+00	0,00E+00

Då bebyggelse ligger nära E45 så har individrisken inom detta avståndintervall studerats närmare. I Tabell 13 redovisas risknivån på ett avstånd av 0-25 meter från E45 i 5 metersintervaller med beaktande av kvantifierade skyddsåtgärder. Inom detta avstånd planeras endast parkeringshus (P-hus 2).

Tabell 13. Samlad individrisk på ett avstånd av 0-25 meter längs med studerad sträcka med avseende på E45 och Norge-/Vänerbanan utan hänsyn till kvantifierade skyddsåtgärder. Avståndintervallen avser avstånd från E45.

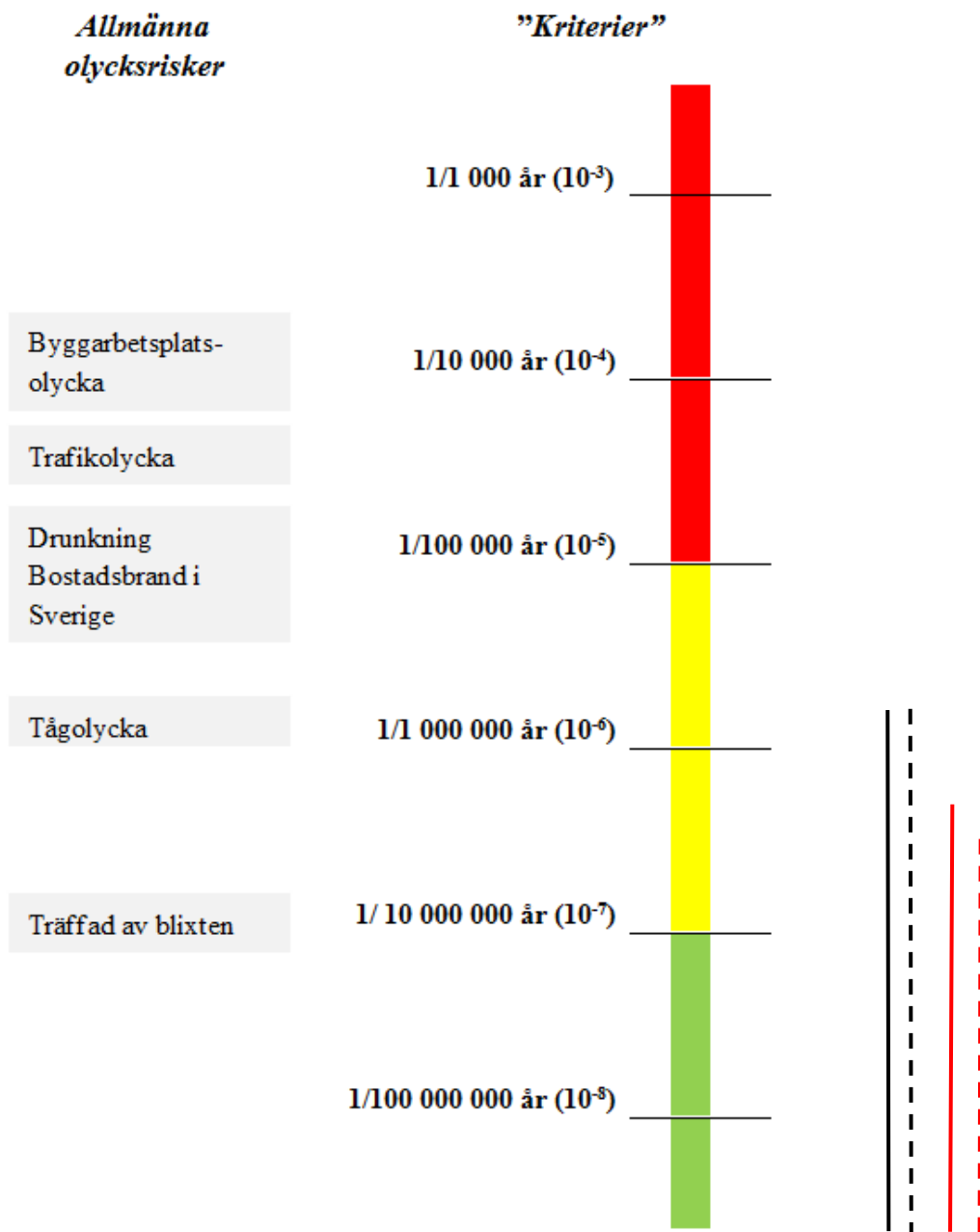
Avstånd (m)	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
	Ute	Inne
0-5	5,01E-06	3,97E-06
5-10	4,25E-06	3,29E-06
10-15	3,50E-06	2,61E-06
15-20	2,74E-06	1,93E-06
20-25	1,99E-06	1,25E-06

I Tabell 14 redovisas individrisknivån 0-25 meter från E45 i 5 metersintervaller med beaktande av kvantifierade skyddsåtgärder, i detta fall att den fasad som vetter mot E45 utförs i brandklass motsvarande EI30.

Tabell 14. Samlad individrisk på ett avstånd av 0-25 meter längs med studerad sträcka med avseende på E45 och Norge-/Vänerbanan med hänsyn till kvantifierade skyddsåtgärder för parkeringshus 2 (den enda bebyggelse som planeras inom detta avstånd). Avståndintervallen avser avstånd från E45.

Avstånd (m)	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
	Ute	Inne
0-5	5,01E-06	1,93E-07
5-10	4,25E-06	1,67E-07
10-15	3,50E-06	1,41E-07
15-20	2,74E-06	1,15E-07
20-25	1,99E-06	8,91E-08

I Figur 14 jämförs individrisken med andra risker som finns i samhället. Den individrisk som presenteras i figuren motsvarar risknivån på 25-50 meter från E45. Detta då denna individrisknivå är högre än individrisknivån på ett avstånd av 0-25 meter från Nödingevägen.



Figur 14. Individrisknivå för några andra risker samt DNV:s individriskkriterier. Svart linje=Individrisk utomhus, röd linje=Individrisk inomhus. Heldragen linje=ingen hänsyn till rekommenderade/införda skyddsåtgärder. Streckad linje=hänsyn till kvantifierade skyddsåtgärder. Rött område indikerar en nivå som ej anses acceptabel och skyddsåtgärder krävs/skall införas. Gult område indikerar en risknivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Grönt område indikerar en risknivå som anses som låg och skyddsåtgärder anses ej nödvändiga.

7.2 Samhällsrisk för studerat område

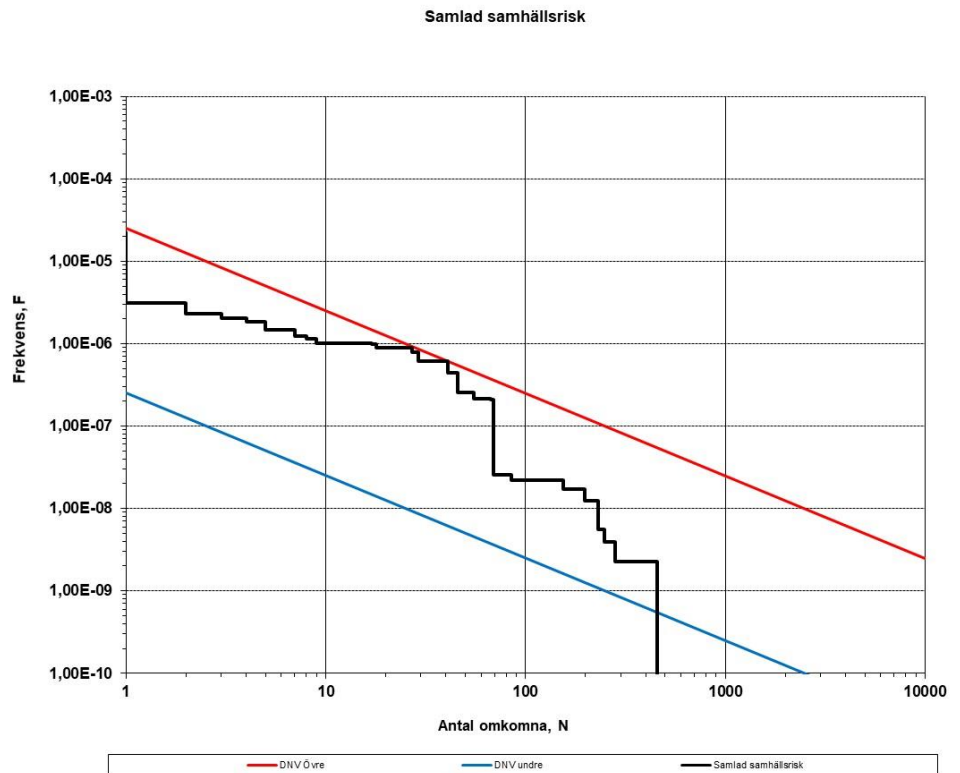
I detta kapitel presenteras FN-kurvor (samhällsrisk) för det studerade området efter att planerad verksamhet tillkommit. Samhällsrisk presenteras med respektive utan hänsyn till kvantifierade skyddsåtgärder tillsammans med DNV:s kriterier. Ursprungligen gäller DNV:s kriterier ett område på 1 km och GÖP:s kriterier ett område på 2 km (båda sidor av vägen/järnvägen). Vid beräkning har dessa kriterier justerats så att de gäller ett område på 500 meter vilket motsvarar dimensionerande sträcka för beräkningar för det studerade området. Beräkningarna av samhällsrisk redovisas i Bilaga A.

I de beräkningar som redovisas i Figur 15 och 16 inkluderas inte centrum/gym. Beräkningar som i övrig överensstämmer med de i Figur 15 och 16 men med tillägg av centrum/gym på taket av P-Hus 1 presenteras i Figur 19, Figur 20 och Figur 21. Anledningen till detta är att undersöka möjligheten till centrum/gym i P-Hus 1 som ett alternativ relativt sent i projektet.

Summering av risk från de studerade farligt godslederna i FN-diagrammen är kumulativ.

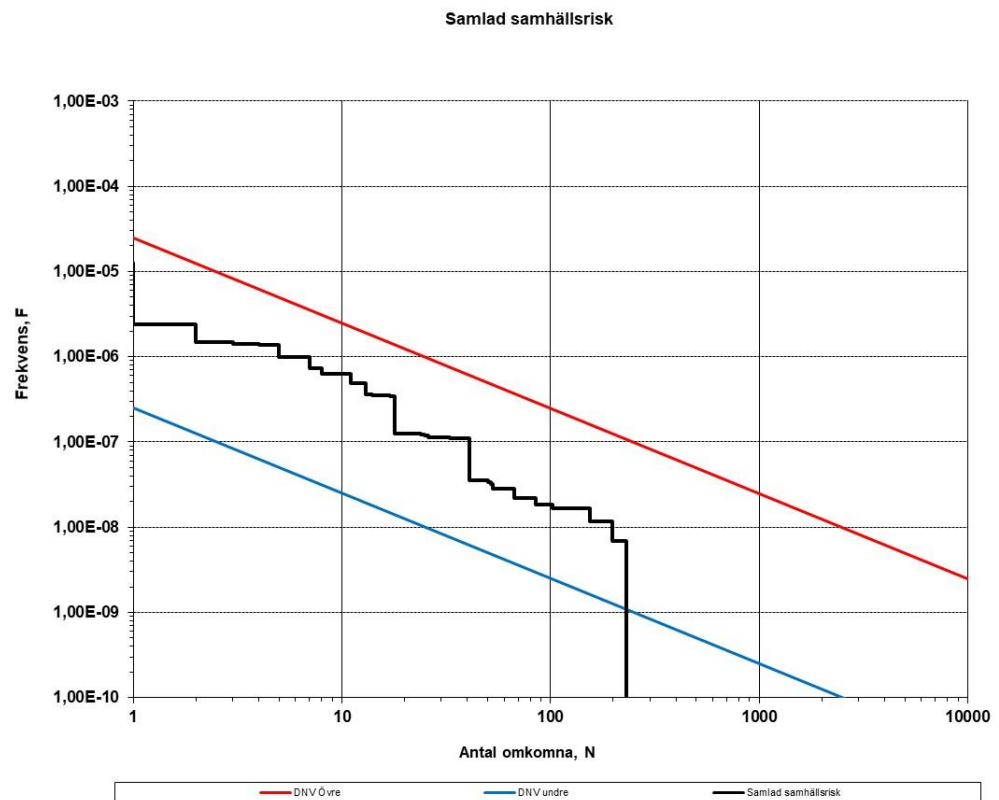
7.2.1 Samhällsrisk

I Figur 15 presenteras samhällsrisk, för ny bebyggelse samt befintlig bebyggelse inom studerat område, utan studerade säkerhetshöjande åtgärder *för någon del av bebyggelsen* inom området.



Figur 15. Samlad samhällsrisk map transporter av farligt gods på E45, Norge-/Vänerbanan samt lokala transporter till bensinstationer, utan hänsyn till skyddsåtgärder för det studerade området (svart linje) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och mörkblå linje). Kriterierna är justerade för att gälla 500 meter.

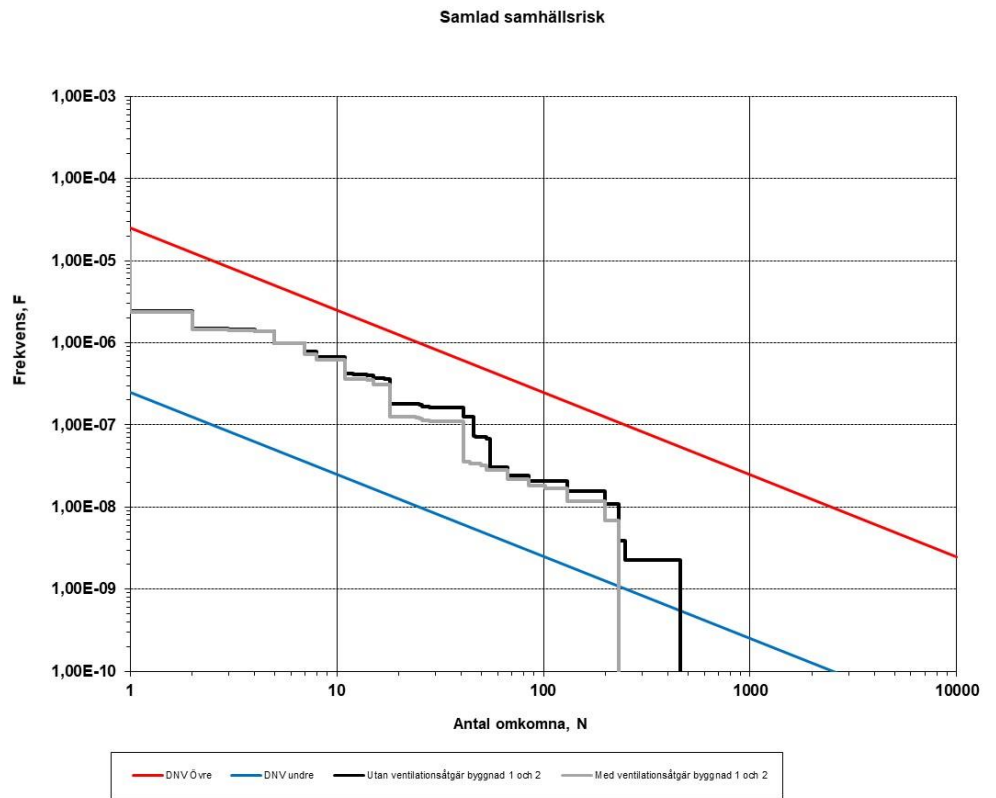
I Figur 16 presenteras samhällsrisken med hänsyn till kvantifierade skyddsåtgärder för planerad bebyggelse.



Figur 16. Samlad samhällsrisk map transporter av farligt gods på E45, Norge-/Vänerbanan samt lokala transporter på Nödingevägen, med hänsyn till kvantifierade skyddsåtgärder för det studerade området (svart linje) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och mörkblå linje). Kriterierna är justerade för att gälla 500 meter.₂

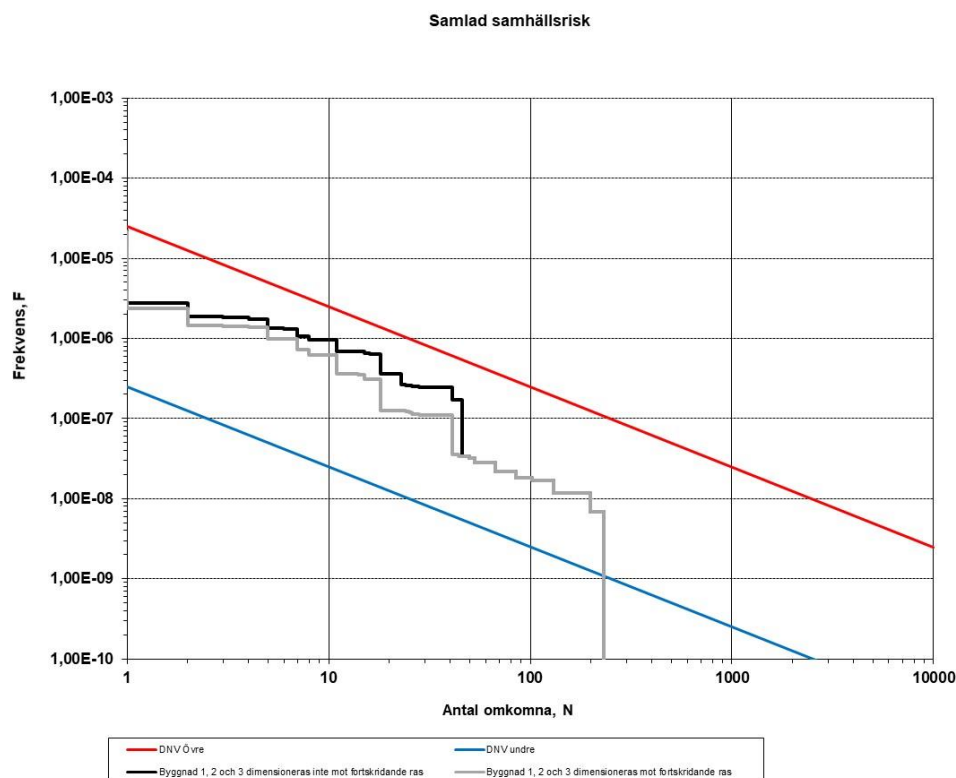
Känslighetsanalys skyddsåtgärder

I Figur 17 presenteras en känslighetsanalys avseende risknivån utan ventilationsåtgärd för att minska konsekvensen från ett utsläpp av kondenserad giftig gas, dvs. ventilation placerad högt och vänd från leden bortses från för hus 1 och 2.



Figur 17. Känslighetsanalys avseende risknivå med (grå linje) och utan (svart linje) ventilation placerad högt och vänd från leden för hus 1 och 2

I Figur 18 presenteras en känslighetsanalys avseende risknivån utan att dimensionera hus 1, 2 och 3 för att motstå en dimensionerande explosionslast motsvarande 10 kg gasol utan att fortskridande ras uppkommer.

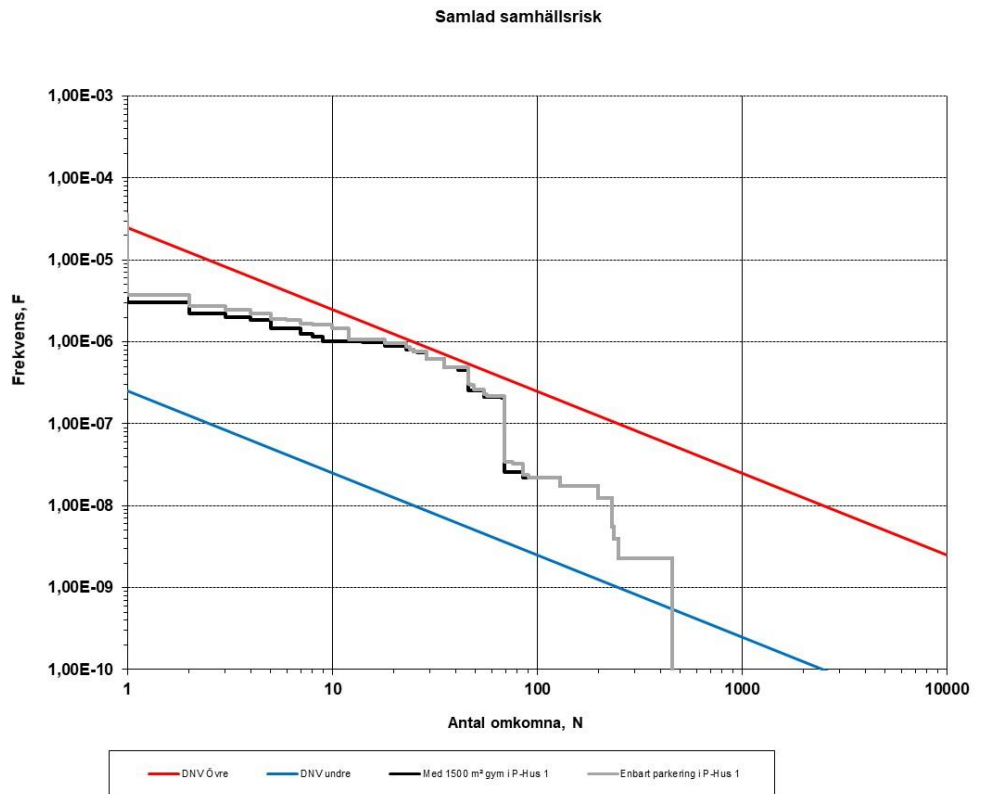


Figur 18. Känslighetsanalys avseende risknivå med (grå linje) och utan (svart linje) att hus 1, 2 och 3 för att motstå en dimensionerande explosionslast motsvarande 10 kg gasol utan att fortskridande ras uppkommer.

Känslighetsanalys avseende gym i P-Hus 1

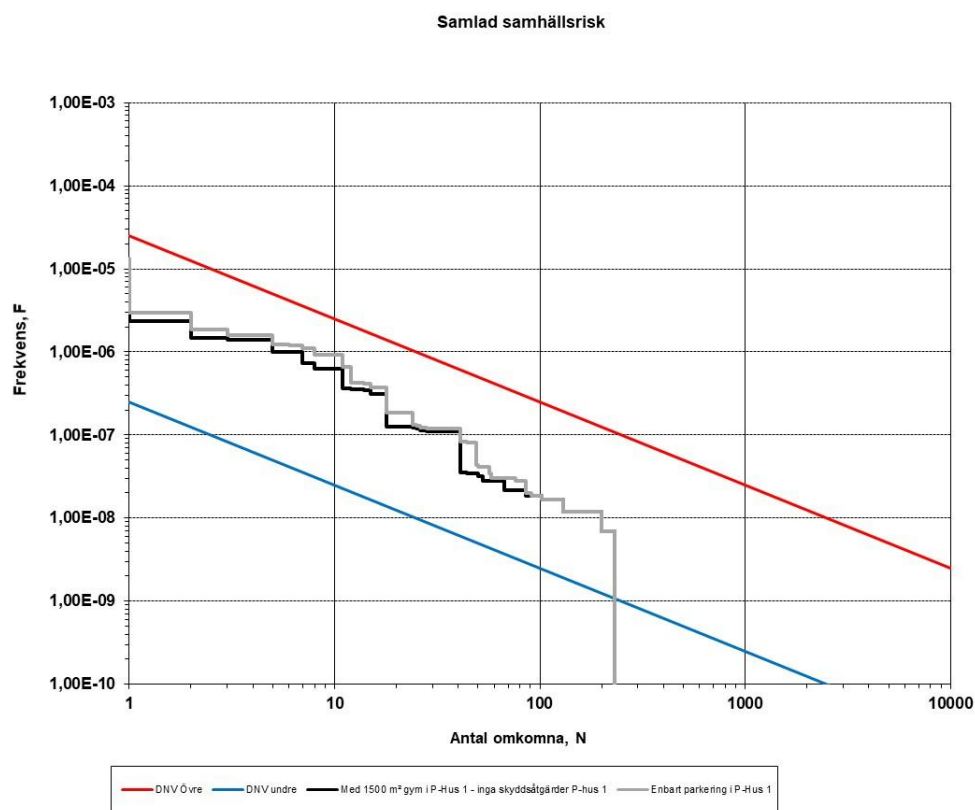
Eventuellt planeras centrum/gym på taket av P-Hus 1. Denna ide kom in sent i projektet varför en känslighetsanalys avseende denna användning genomförts. Riskberäkningarna redovisas i Figur 19 till Figur 21 och utgår från att verksamheten koncentreras till den del av parkeringshuset med längst avstånd från E45, dvs som minst 50 meter från E45.

I Figur 19 presenteras samhällsrisiken, för ny bebyggelse samt befintlig bebyggelse inom studerat område med (grå) och utan (svart) centrum/gym i P-Hus, utan studerade säkerhetshöjande åtgärder för någon del av bebyggelsen inom området.



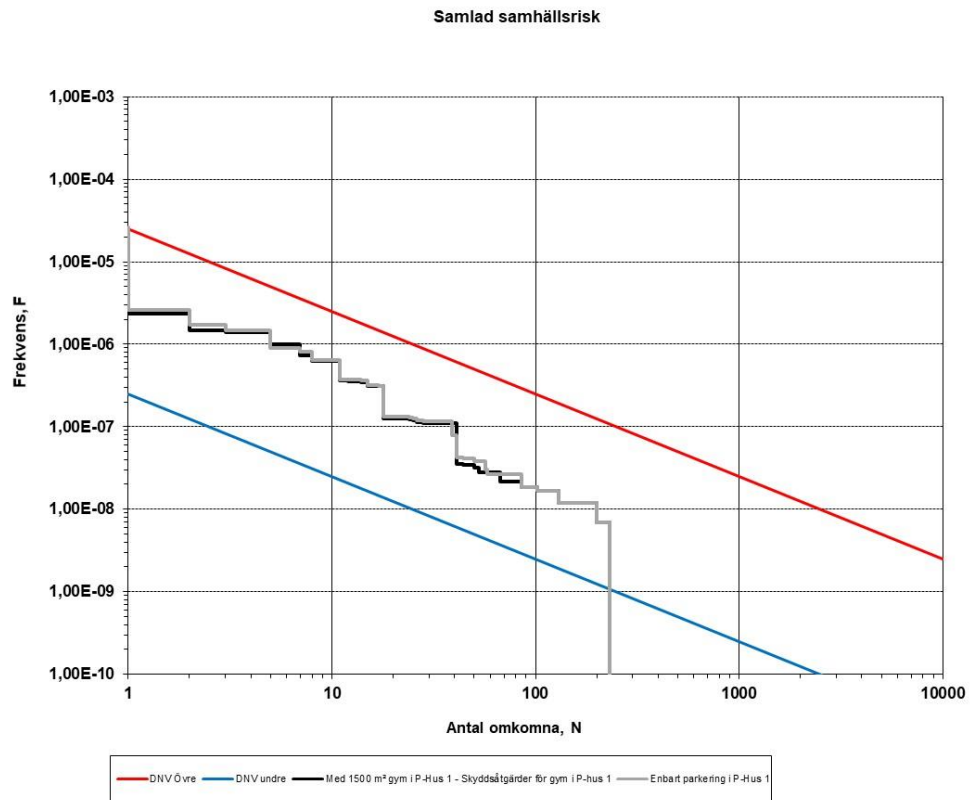
Figur 19. Samlad samhällsrisk map transporter av farligt gods på E45, Norge-/Vänerbanan samt lokala transporter till bensinstationer, utan hänsyn till skyddsåtgärder för det studerade området, med (grå linje) och utan (svart linje) centrum/gym i P-Hus 1, i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och mörkblå linje). Kriterierna är justerade för att gälla 500 meter.

I Figur 20 presenteras risknivån för ny bebyggelse samt befintlig bebyggelse inom studerat område med (grå linje) och utan (svart linje) centrum/gym i P-Hus. Svart linje redovisar samma förutsättningar och risknivå som Figur 16. Grå linje redovisar risknivån i enlighet med Figur 16 men med centrum/gym i P-Hus 1. Den grå linjen tar inte hänsyn till studerade säkerhetshöjande åtgärder *centrum/gym i P-Hus 1*.



Figur 20 Samlad samhällsrisk map transporter av farligt gods på E45, Norge-/Vänerbanan samt lokala transporter till bensinstationer, **med hänsyn till skyddsåtgärder** för det studerade området, med (grå linje) och utan (svart linje) centrum/gym i P-Hus 1, i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och mörkblå linje). Kriterierna är justerade för att gälla 500 meter. Notera att den grå linjen redovisar risknivån utan hänsyn till skyddsåtgärder för centrum/gym i P-Hus 1.

I Figur 21 presenteras risknivån för ny bebyggelse samt befintlig bebyggelse inom studerat område med (grå linje) och utan (svart linje) centrum/gym i P-Hus. Svart linje redovisar samma förutsättningar och risknivå som Figur 16. Grå linje redovisar risknivån i enlighet med Figur 16 men med centrum/gym i P-Hus 1. Den grå linjen redovisar risknivån med hänsyn till studerade säkerhetshöjande åtgärder även för centrum/gym i P-Hus 1.



Figur 21. Samlad samhällsrisik map transporter av farligt gods på E45, Norge-/Vänerbanan samt lokala transporter till bensinstationer, **med hänsyn till skyddsåtgärder** för det studerade området, med (grå linje) och utan (svart linje) centrum/gym i P-Hus 1, i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och mörkblå linje). Kriterierna är justerade för att gälla 500 meter. Notera att den grå linje redovisar risknivån med hänsyn till skyddsåtgärder för centrum/gym i P-Hus 1.

7.3 Diskussion kring resultat

7.3.1 Individrisk

Den samlade individrisken minskar med ökat avstånd ifrån studerade farligt godsleder. På ett avstånd av 0-50 meter från E45 ligger individrisken på en nivå där skyddsåtgärder ska vidtagas ifall det är kostnadsfritt enligt DNV:s kriterier. För avstånd > 50 meter från E45 ligger individrisken på en risknivå som anses som låg och där skyddsåtgärder anses ej nödvändiga enligt DNV:s kriterier.

Inom 50 meter från E45 planeras endast parkeringshus. Byggnader där personer vistas stadigvarande planeras på ett avstånd där individrisken anses som låg och där skyddsåtgärder anses ej nödvändiga enligt DNV:s kriterier.

7.3.2 Samhällsrisik

Utan hänsyn till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder hamnar den samlade samhällsrisken högt inom ALARP-området vilket är det område där

skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt vid jämförelse med DNV:s kriterier.

När hänsyn tas till kvantifierade skyddsåtgärder minskar den samlade samhällsrisknivån. Om samtliga kvantifierade skyddsåtgärder som rekommenderas i avsnitt 8 beaktas hamnar risknivån kring mitten/något över mitten av ALARP-området vid jämförelse med DNV:s kriterier.

7.4 Genomgång av möjliga säkerhetshöjande åtgärder avseende kostnad-nytta

COWIs genomgång av möjliga säkerhetshöjande åtgärder utgår framförallt ifrån den skrift som Räddningsverket (idag MSB) gavs ut år 2006, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner – Vägledningsrapport 2006*. I detta kapitel presenteras en genomgång av de åtgärder som COWI övervägt i samband med denna riskutredning.

Identifieringen av säkerhetshöjande åtgärder i Räddningsverkets (2006) skrift har utgått från identifierade skadehändelser. Skadehändelserna som identifierats är de konsekvenser som fordonsolyckor, översvämning, explosioner, ras, väderfenomen, spridning i luft/mark/vatten, fall (till lägre plan) och bränder orsakar. Skadehändelserna omfattar därför fler skadehändelser än de som kan uppstå till följd av en olycka med farligt gods. I Tabell 15 presenteras den tabell som återfinns i Räddningsverkets (2006) skrift) över säkerhetshöjande åtgärder. Tabell 15 ska läsas så att man går in vid en viss riskkälla, t.ex. avåkning av vägfordon för att hitta de identifierade åtgärder som eventuellt kan vara lämpliga för att öka säkerheten. Följande åtgärder har i den här riskutredningen värderats ur kostnad-nytta synpunkt:

- 1 Dike
- 2 Vall
- 3 Mur/plank
- 4 Skyddsavstånd
- 5 Disposition av planområde
- 6 Disposition av byggnad
- 7 Placering av friskluftsintag
- 8 Förstärkning av stomme/fasad
- 9 Begränsning av fönsterarea (t.ex. max 15 %, även ”inga fönster”)
- 10 Ej öppningsbara fönster
- 11 Brandskyddad fasad

Respektive åtgärd som listats ovan beskrivs mer utförligt i bilaga D, *Möjliga säkerhetshöjande åtgärder*. Notera att beskrivningarna till stor del är direkt tagna ut Räddningsverkets skrift, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner – Vägledningsrapport 2006*. Notera även att de åtgärder som rekommenderas i den här riskutredningen presenteras i kapitel 8 samt att de åtgärder som kvantifierats vid beräkning av individ- och samhällsrisk presenteras i bilaga A, avsnitt A.6.

Tabell 15. Kategorisering av skadehändelser och riskreducerande åtgärder. (Räddningsverket, 2006)

Kategori (skadehändelse)	Delkategori (skydd mot)	MARKÅTGÄRDER							SEPARATIONSÅTGÄRDER							UTFORMINGSÅTGÄRDER							FASADÅTGÄRDER					
		A-1	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	D-1	D-2	D-3
Ras	Jord					X	X	X	X	X			X				X								X			
	Berg						X	X	X			X					X							X				
Skred	Skred					X	X	X	X	X							X											
Erosion	Stranderosion					X											X											
Fall (till lägre plan)	Stup									X				X	X													
	Kajkant									X				X	X													
	Damm, vattendrag		X							X				X	X													
	Föremål (nedfallande)									X																X		
Översvämning	Långsam stigning			X						X		X	X	X			X			X	X							
	Flodvåg/störtflod/dammbrott									X		X	X				X			X	X							
	Kraftig nederbörd	X	-	X	X							X	X	X			X			X	X							
Väderfenomen	Vindpåverkan									X		X	X															
Bränder	Pölbrand (flyter ut/iväg)	X	-	X	X					X	X	X	X	X			X										X	
	-Strålning		X							X	X			X													X	
	-Konvektion									X	X	X	X				X	X									X	
	-Ledning									X		X	X				X					X					X	
Explosioner	Tryckvåg			X						X	X	X	X	X			X					X		X				
	Splitter			X						X	X	X	X				X					X		X	X			
	Konstruktionsdelar/föremål									X	X	X	X				X					X		X	X			
Spridning i luft	Giftiga gaser									X	X	X	X	X			X		X						X	X		
	Brännbara gaser									X	X	X	X	X			X		X						X	X		
	Brandgaser (rök)									X	X	X	X	X			X		X						X	X		
	Damm, aerosoler									X	X	X	X	X			X		X						X	X		
Spridning i mark/vatten	Kemikalieutsläpp, släckvatten	-	X	X	X					X		X	X	X														
Fordonsolyckor	Påsegling, fartyg									X							X											
	Urspårning, tåg									X		X	X	X			X	X						X				
	Avåkning, vägfordon									X		X	X	X			X	X						X				
	Kollision, flygplan									X													X					
Bygglovplikt eller möjlighet till utökad lovplikt, se resp. åtg.								(X)		(X)		(X)	(X)	X			(X)	(X)	X	X	(X)	X	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	
Regleras eller kan regleras av annan lagstiftning		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X					

Förklaringar till tabell 1

- X Betyder att åtgärden har identifierats som möjlig säkerhetshöjande åtgärd.
- (X) Betyder att detta gäller under vissa förutsättningar, se vidare i beskrivningen för åtgärden
- Betyder att åtgärden kan innebära förstärkta negativa konsekvenser eller ökad risk

7.5 Rekommenderade skyddsåtgärder

I detta avsnitt diskuteras motivering/resonemang bakom val av de byggnadstekniska skyddsåtgärder som rekommenderas i avsnitt 8. Diskussionen i detta avsnitt utgår från de förutsättningar avseende avstånd och disponering av planområde som presenteras i avsnitt 3.

Skydd mot giftig gas

Syftet med åtgärden är att undvika gasinträngning i byggnader. Förutsättningarna för att skydda mot inträngning av giftig gas skiljer sig mellan olika typer av bebyggelse, då åtgärdens effektivitet beror av om fönster, dörrar etc. är öppna eller stängda vid tillfället för en olycka med kondenserad giftig gas.

För bostäder är det svårt att i praktiken kräva icke-öppningsbara fönster då detta kraftigt påverkar boendemiljön ur andra hänseenden än risk medan det för kontorsbebyggelse vanligtvis inte finns krav på öppningsbara fönster.

Resultaten i Figur 17 representerar två ytterligheter med avseende på införande av ventilationsåtgärd på hus 1 och 2, dvs antingen en skyddsnivå enligt Bilaga A.6 eller ingen skyddsnivå alls. Om det antas att alla lägenheter i byggnaderna har öppna fönster eller balkongdörrar dygnet runt under sommarhalvåret kommer ventilationsåtgärden på dessa byggnader att ge upphov till en risknivå som hamnar någonstans mellan de två risknivåerna som redovisas i figuren (dvs. fullgott skydd under vinterhalvåret men inget skydd under sommarhalvåret). Den relativt begränsade minskningen av risknivån som kan erhållas genom att kräva icke öppningsbara fönster på den fasad som vetter mot E45 för hus 1 och 2 bedöms inte stå i proportion till de negativa effekterna detta skulle få för boendemiljön.

Baserat på ovanstående resonemang rekommenderas därför att ventilationen placeras högt och vänd från leden men att öppningsbara fönster tillåts för hus 1 och 2.

Övrig ny bostadsbebyggelse ger låg påverkan på risknivån från olyckor med giftig gas då byggnaderna ligger på avstånd >100 meter från E45. Det bedöms efter diskussion med Länsstyrelsen ändå rimligt att kräva ventilation placerad högt och vänd för leden för all ny bostadsbebyggelse inom riskhanteringsavståndet, dvs inom 150 meter från E45. Detta innebär att skyddsåtgärden därför rekommenderas även för hus 4 och 5. Även för dessa byggnader är öppningsbara fönster tillåtna.

Ventilation placerad högt och vänd från leden för dessa byggnader har inte kvantifierats i beräkning i Figur 17, varför denna beräkning, med införandet av åtgärden på hus 4 och 5, blir ytterligare konservativ.

För hus 3, i vilket kontor planeras, bedöms det inte föreligga någon signifikant negativ effekt från att kräva icke öppningsbara fönster varför ventilation placerad högt och vänd från leden i kombination med icke öppningsbara fönster i den fasad som vetter mot leden rekommenderas för denna byggnad.

Även P-husen (P-Hus 1 och P-Hus 2) ger låg påverkan på risknivån från olyckor med giftig gas då antalet personer i dessa byggnader är lågt. Detta gäller även för individrisknivån på de avstånd nära väg E45 där parkeringshus (P-Hus 2) planeras, vilken minskas i mycket ringa omfattning av åtgärden.

Undantaget för P-husen är om centrum/gym placeras på taket av P-Hus 1. Om detta blir fallet bedöms åtgärd mot spridning av giftig gas in i lokalerna ge en signifikant skyddseffekt samtidigt som det är förenligt med verksamheten varför placering av ventilation högt och vänd från leden rekommenderas för den del av byggnaden där centrum/gym planeras. Öppningar i fasaden på eventuell centrum/gym-verksamhet i P-Hus 1 skall även placeras så att de inte vetter mot farligt godsled.

Skydd mot dimensionerande explosionslast

Syftet med åtgärden är att förhindra fortskridande ras vid en dimensionerande explosionslast motsvarande 10 kg gasol med centrum på mitten av närmsta körbana. Skyddsåtgärdens effekt är störst på korta avstånd från riskkällan då övertrycket avtar relativt snabbt som en funktion av avståndet.

I Figur 18 presenteras en känslighetsanalys där risknivån med och utan skyddsåtgärden på hus 1, 2 och 3 undersökts. Beräkningen visar att skyddsåtgärden har en effekt på risknivån trots ett relativt långt avstånd av minst 50 meter till E45 för de aktuella byggnaderna.

Då de negativa effekterna av skyddsåtgärden främst bedöms vara att den är kostnadsdrivande bedöms det vara en rimlig skyddsåtgärd att införa på hus 1, 2 och 3. Det bedöms dock tillräckligt om den huskropp som ligger som första radens huskropp mot leden i respektive kvarter åläggs med kravet då denna bedöms absorbera merparten av explosionsenergin. De huskroppar som bedöms rimliga att dimensionera för att motstå explosionslast redovisas med lila markering i Figur 22.



Figur 22. De huskroppar som bedöms rimliga att dimensionera för att motstå explosionslast redovisas med lila markering i figuren.

Övrig ny bebyggelse ger ingen signifikant påverkan på risknivån då antalet personer i dessa byggnader är lågt (parkeringshusen) eller att byggnaderna ligger på avstånd >100 meter från E45. Detta gäller även för individrisknivån på de avstånd nära väg E45 där parkeringshus (P-hus 2) planeras, vilken minskas i mycket ringa omfattning av åtgärden.

Undantaget för övrig bebyggelse är om centrum/gym placeras på taket av P-Hus 1. Om detta blir fallet bedöms åtgärden ge en signifikant effekt på risknivån varför åtgärden rekommenderas. Om det går att visa att skyddseffekten, dvs. att förhindra fortskridande ras, är möjlig att uppnå endast för den del av P-Hus 1 där centrum/gym planeras, bedöms det inte rimligt att införa åtgärden på hela P-Hus 1.

Skydd mot brand

Syftet med åtgärden är att hindra brandspridningsförloppet in i byggnader för att möjliggöra utrymning av dessa. Risknivån från en pöl- eller jetbrand är beroende av avståndet och har avtagit kraftigt på ett avstånd av 25 meter från farligt godsled och är i praktiken obefintligt 50 meter från farligt godsled. Brandklassad fasad rekommenderas därför av princip aldrig av COWI för bebyggelse >50 meter från farligt godsled.

I aktuell plan planeras endast de två parkeringshusen inom 50 meter från farligt godsled (P-hus 1 och P-hus 2). P-Hus 2 planeras ca 10 meter från E45 medan P-hus 1 planeras 30 meter från E45. På grund av det korta avståndet mellan P-hus 2 och E45 är en förutsättning för detta parkeringshus att det inte är öppet mot E45 och Norge-/Vänerbanan då samhällsrisknivån med avseende på enstaka döda påverkas om så är fallet. Samhällsrisknivån påverkas dock i princip inte om fasad mot E45 på P-hus 2 är brandklassad eller ej.

Individrisknivån på det avstånd där P-hus 2 planeras minskar från mitten av ALARP-området om inga skyddsåtgärder beaktas till den nedre delen av ALARP-området om brandklassad fasad införs på den fasad som vetter mot E45, se tabell 13 och 14.

Det rekommenderas därför att den fasad på P-hus 2 som vetter mot E45 är tät och brandklassad motsvarande EI30. Övriga fasader bedöms kunna vara öppna mot omgivningen.

Riskenivån med avseende på parkeringsfunktion i P-Hus 1 påverkas mycket lite av brandscenarion då personintensiteten i parkering är låg samt avståndet till E45 är över 25 meter varför riskenivån med avseende på dessa olycksscenarion minskat kraftigt. Även riskenivån från de lokala transporter som går till bensinstationerna är mycket låg då dessa är av begränsad omfattning. Det gym som eventuellt planeras på taket av P-Hus 1 förutsätts förläggas minst 50 meter från E45 varför riskenivån med avseende på brandscenarion för denna verksamhet i princip är obefintligt.

7.6 Utbyggnadsordning

De kvantifierade riskenivåer som redovisas i avsnitt 7.1 och 7.2 i denna rapport utgår från den antagna personintensiteten, se avsnitt 3.2, och de rekommenderade skyddsåtgärderna, se avsnitt 7.5 och 8. Den redovisade riskenivån avser därmed riskenivån för planområdet när exploateringen är fullständigt genomförd och samtliga skyddsåtgärder är införda.

Byggnadernas färdigställande och skyddsåtgärdernas genomförande kan dock variera i tiden. En skyddsåtgärd som ligger utanför detaljplaneområdet och således är beroende av annan part är den vägnära barriär som syftar till att hindra vätska från att rinna in på området. Väg E45 ägs och förvaltas av Trafikverket varför genomförandet av nämnd åtgärd ligger utanför fastighetsägarnas och kommunens kontroll.

Den vägnära barriären syftar till att hindra en olycka från att lämna vägbanan och på så sätt skapa avstånd mellan bebyggelse och olyckscentrum, varifrån de skadliga effekterna uppkommer. Barriären bedöms vara effektiv för att hindra uttrinnande vätskor men inte vad gäller att hindra spridning av gas eller motverka explosionsövertryck. Då det redan idag finns ett kraftigt vägräcke på sträckan bedöms barriären inte signifikant påverka sannolikheten att ett fordon lämnar vägbanan.

Baserat på ovanstående resonemang bedöms barriären främst ha påverkan på brandscenarier involverande pölbrand. Denna typ av olycka antas vanligtvis ha ett maximalt konsekvensavstånd av ca 50 meter från väggkant, förutsatt att en vägnära barriär finns. I avsaknad av en vägnära barriär kan olyckscentrum förväntas flyttas 10-20 meter närmare bebyggelsen.

I en situation där den vägnära barriären ännu inte uppförts kan en pölbrand således påverka första radens bebyggelse (Hus 1, Hus 2, Hus 3, P-Hus 1 och P-Hus 2) i större omfattning än vad som antagits vid beräkning av riskenivån i denna rapport.

Detta då avståndet från olyckscentrum förskjuts signifikant närmare byggnaderna med avseende på konsekvensavståndet från en pölbrand.

Då Hus 1, Hus 2 och Hus 3 utgörs av bostäder och kontor samt att brandklassad fasad ej rekommenderas för dessa⁸ bedöms det inte rimligt att tillåta att dessa börjar brukas innan den vägnära barriären färdigställts. Detta då en signifikant påverkan på samhällsriskenivån kan förväntas.

Vad gäller P-Hus 1 och 2 så bedöms det rimligt att tillåta att dessa börjar brukas även innan den vägnära barriären färdigställts. Individrisken ligger inom ALARP-området och då personintensiteten i dessa byggnader är låg bedöms påverkan på samhällsriskenivån bli mycket begränsad. Vidare rekommenderas brandklassad fasad för P-Hus 2 vilket ger ett ökat skydd mot pölbrand.

Byggnader bortom första radens bebyggelse, dvs. Hus 4, Hus 5 och PEAB/Alebyggens bebyggelse ligger på ett avstånd längre än 100 meter från E45. På dessa avstånd är påverkan från en pölbrand obefintlig, även om olyckscentrum för en pölbrand i avsaknad av den vägnära barriären kan förväntas flyttas 10-20 meter närmare de aktuella byggnaderna.

Den olyckstyp vars konsekvenser kan nå över 100 meter från E45 är främst spridning av giftig gas. De beräkningar som genomförts visar att påverkan på bebyggelse över 100 meter från E45 är mycket liten från denna olyckstyp även utan skyddsåtgärd i form av ventilation placerad högt och vänd från leden. Trots detta rekommenderas att åtgärden införs på byggnad 4 och 5 efter samråd med Länsstyrelsen.

Sammantaget bedöms riskenivån för ny bebyggelse på avstånd längre än 100 meter från E45 vara mycket låg. Denna bedömning stöds av Ale kommuns riktlinjer avseende bebyggelse intill farligt godsled, vilka tillåter bostadsbebyggelse på ett avstånd av 100 meter från E45 utan vidare krav på riskutredning eller skyddsåtgärder, se Figur 3.

Baserat på ovanstående resonemang bedöms det rimligt att tillåta brukande av Hus 4, Hus 5 och PEAB/Alebyggens bebyggelse innan den vägnära barriären och bostäder samt kontor (Hus 1, Hus 2 och Hus 3) i första radens bebyggelse färdigställs.

7.7 Osäkerhets- och känslighetsdiskussion

Riskanalyser innefattar ett betydande mått av osäkerhet på grund av bland annat litet statistiskt underlag över olyckor, i viss mån antaganden om persontäthet samt variabel konsekvens på grund av till exempel olika vädersituationer vid olyckstillfället.

⁸ Baserat på skedet när planområdet är fullt utvecklat med samtliga skyddsåtgärder införda

Resultatet av analysen bygger på ett antal ansatser beträffande trafikunderlag för farligt gods, olycksscenario, olycksfrekvenser, mm. Utgångspunkten i gjorda antaganden och bedömningar har varit att dessa så långt som möjligt skall "spegla den verkliga situationen" eller, i vissa fall, vara medvetet konservativa. Med begreppet "konservativa" avses här att bedömningarna leder till att risknivån överskattas. Målet är att erhålla en balanserad samlad bedömning.

Exempel på områden som kan påverka resultatet är:

- › Farligt gods (mängd, ämnen)
- › Omgivning (verksamheter, markanvändning och befolkningsmängd)
- › Olycksstatistik
- › Konsekvenser (brand, explosion, giftig gas, väderlek, topografi)
- › Metod för beräkning av risk
- › Riskreducerande faktorer (införda skyddsåtgärder)

Genom att genomföra olika simuleringar och variera valda parametrar och situationer kan man få en bild om vad som mest påverkar resultatet och hur robusta slutsatserna är.

Den samlade bedömningen är att de redovisade resultaten avseende samhälls- och individrisk är konservativa. Det bedöms att beräkningarna kan användas som en grund för bedömning av risknivån och som stöd för arbetet med lämpliga skydd och krav på området med avseende på farligt gods.

För en djupare diskussion angående osäkerheter, se Bilaga C.

8 Skyddsåtgärder och slutsats

Syftet med riskanalysen är att undersöka om olycksriskerna avseende farligt gods och närliggande bensinstationer är acceptabla för studerat planområde. Genom en riskanalys kan möjliga olyckor identifieras och bedömas och eventuella skyddsåtgärder kan därmed rekommenderas.

I de riktlinjer för riskhanteringsprocessen som presenteras i riktlinjer för Ale (2013) anges att området inom 50 meter från väggkant skall utgöras av ett bebyggelsefritt område. Syftet med ett bebyggelsefritt område (0-50 meter) är att:

- › Förhindra att ett avåkande fordon kommer i konflikt med byggnader. Detta för att undvika förvärrad situation genom skada på farligt godsbehållare och/eller byggnad.
- › Möjliggöra räddningsinsatser.
- › Begränsa antalet personer som påverkas av en eventuell olycka.

Avståndet utgör dessutom en reduktion av buller och möjliggör för eventuella kompletteringar av riskreducerande åtgärder vid förändrad risksituation.

Enligt samma riktlinjer anges att kontor och parkeringshus ska placeras på större avstånd än 50 meter från transportled för farligt god. För bostäder rekommenderas ett avstånd av mer än 100 meter.

Planerad bostadsbebyggelse, handel och parkeringshus följer inte dessa riktlinjer då dessa funktioner ligger på ett avstånd av 30 m (parkeringshus 1) respektive 50 m (bostäder och handel) från E45. Kontor planeras på ett avstånd av 50 meter från E45 vilket innebär att riktlinjen följs.

I den riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods (2006) som Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län gemensamt har tagit fram framgår att kontor och parkeringshus bör förläggas i zon B och handel och bostäder bör förläggas i zon C där zon A är zonen närmast farligt godsled, se Figur 2. I dessa riktlinjer anges inga specifika avstånd, utan zonerna är glidande och beroende på plats specifika egenskaper och förhållanden. Planerad bebyggelse bedöms följa dessa riktlinjer med undantag för placering av bostäder.

Den samlade individrisken minskar med ökat avstånd ifrån studerade farligt godsleder. På ett avstånd av 0-50 meter från E45 ligger individrisken på en nivå där skyddsåtgärder ska vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt enligt DNV:s kriterier. För avstånd > 50 meter från E45 ligger individrisken på en risknivå som anses som låg och där skyddsåtgärder anses ej nödvändiga enligt DNV:s kriterier.

Endast parkeringshus planeras inom 50 meter från E45, dvs byggnader där personer vistas stadigvarande (bostäder, kontor etc.) planeras på ett avstånd där individrisken anses som låg och där skyddsåtgärder anses ej nödvändiga enligt DNV:s kriterier.

Utan hänsyn till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder hamnar den samlade samhällsriskerna högt inom ALARP-området vilket är det område där skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmissigt rimligt vid jämförelse med DNV:s kriterier. Ett olycksscenario hamnar på en oacceptabel risknivå.

När hänsyn tas till kvantifierade skyddsåtgärder minskar den samlade samhällsrisknivån. Om samtliga kvantifierade skyddsåtgärder beaktas hamnar risknivån i mitten av ALARP-området vid jämförelse med DNV:s kriterier.

Baserat på inventeringen och resultaten från beräkningar och bedömningar av individ- och samhällsrisk bedöms föreslagen exploatering med avseende på omfattning och geografisk placering i närheten av E45, Norge-/Vänerbanan och Nödingevägen möjlig förutsatt att rekommenderade skyddsåtgärder beaktas vid ny bebyggelse.

Utifrån beräkningar, kriterier, platsspecifika förhållanden och kvalitativa värderingar görs följande rekommendationer gällande skyddsåtgärder:

- › Barriär ska finnas som motverkar att vätska rinner in på området. Förslag på barriär kan vara: vall, dike eller plank som är tätt i nedkant. Barriär kan med fördel ingå som del av bullerskyddsskärm. Enligt Sveriges kommuner och Regioner (SKL, 2012), räcker det med att ett sådant skydd är ett par decimeter högt för att uppfylla syftet⁹. Om barriären uppförs som plank, mur eller liknande skall denna bestå av obrännbart material samt motsvara kapacitetsklass H4.
- › Stadigvarande vistelse skall ej uppmuntras mellan första radens bebyggelse och farligt godsled. Detta innebär att exempelvis lekplatser och dylikt ej skall placeras på denna yta. Ytparkering bedöms dock vara möjliga på denna yta.
- › Hus 1, hus 2, hus 3, P-Hus 1 och P-Hus 2): Det skall vara möjligt att utrymma bort från närmsta farligt godsled i skydd av byggnaden.
- › Hus 4, hus 5 och PEAB/Alebyggen: Det skall vara möjligt att utrymma bort från närmsta farligt godsled, entréer på gavlar anses dock vara acceptabla.
- › P-Hus 2: Fasad, som vetter mot vägen, skall utföras tät och brandklassad motsvarande EI30.
- › Hus 1, hus 2, hus 3: Ny bostads- och kontorsbebyggelse skall dimensioneras för att undvika fortskridande ras vid gasmolnsexplosion (dimensionerande

⁹ Utdrag från sidan 69 i *Transporter med farligt gods – Handbok för kommunernas planering*: "Mur, vall och plank begränsar hur långt i riktning mot bebyggelse som en vätskepöl (bestående av till exempel brandfarlig vätska) breder ut sig. För att uppnå detta delsyfte krävs inte mer än några decimeters höjdskillnad."

explosionslast 10 kg gasol). Rekommendationen gäller första radens huskropp i respektive kvarter.

- › Hus 3: Ny kontorsbebyggelse skall ha ej öppningsbara fönster i fasad som vetter mot farligt godsleder.
- › Hus 1, hus 2, hus 3, hus 4 och hus 5: Ny bostads- och kontorsbebyggelse skall ha ventilationsintag placerad högt och vänd bort från E45. Öppningsbara fönster är tillåtna.
- › 0-25 meter från påfyllnadsanslutning alt. byggnad där lösa behållare förvaras på bensinstation: Området utgör ett bebyggelsefritt område. Parkering och andra transportfunktioner är möjligt inom detta område.

Om centrum/gym realiseras på taket av P-Hus 1 tillkommer följande rekommendationer:

- › Centrum/gym på taket av P-Hus 1 skall förläggas på ett minsta avstånd av 50 meter från E45.
- › Den del av P-Hus 1 där centrum/gym förläggs skall ha ej öppningsbara fönster i fasad som vetter mot farligt godsleder.
- › Den del av P-Hus 1 där centrum/gym förläggs skall ha ventilationsintag placerad högt och vänd bort från E45.
- › P-Hus 1 skall dimensioneras för att undvika fortskridande ras vid gasolnsexplosion (dimensionerande explosionslast 10 kg gasol). Om det går att visa att skyddseffekten, dvs. att förhindra fortskridande ras, är möjlig att uppnå endast för den del av P-Hus 1 där centrum/gym förläggs, bedöms det inte rimligt att införa åtgärden på hela P-Hus 1.

Inga ytterligare skyddsåtgärder anses nödvändiga att lyfta in i detaljplanen. Notera att detta enbart gäller vid den markanvändning och det minsta avstånd som anges i Kapitel 3.

Det bedöms möjligt att bruka P-Hus 1, P-Hus 2 och ny bebyggelse på avstånd >100 meter från E45 innan den vägnära barriären är implementerad.

9 Referenser

- Ale Kommun (2013), *Riktlinjer för riskhantering intill transportleder för farligt gods*, 2013-08-29
- Boverket (1995), *Bättre plats för arbete. Planering av arbetsområden med hänsyn till miljö, hälsa och säkerhet*. Allmänna råd 1995:5
- Clancey V.J. (1972), *Diagnostic Features of Explosion Damage, 6th int. Meeting of Forensic Sciences*, Edinburgh, 1972
- DNV (2010), *PHAST v6.6, 2010 DNV Software, Oslo*
- FOA (1995), *Risker i Västernorrlands län, metodstudie med exempel för samhällsplaneringen FOA-R-00153-4.5*
- FOA (1997), *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor -metoder för bedömning av risker FOA rapport 97-00490-990-SE*
- FOI (2007), *FOI Tågursparningen i Kungsbacka FOI-R-2286-SE*.
- GÖP (1999), *Översiktsplan för Göteborg Fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS*.
- Hallands län (2011), *Risikanalys av farligt gods i Hallands län*, ISSN: 1101-1084
- Länsstyrelserna (2006), *Riskhantering i detaljplaneprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods*. Länsstyrelserna: Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län, 2006
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (2015). *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer. Handbok*, Mars 2015. ISBN: 978-91-7383-545-9
- OKQ8 (2014), *Klassningsplan Nödingevägen 30*, 2014-03-11
- Preem (2018), *Klassningplan Nödingevägen 9*, 2018-07-02
- RIB (2012), *Bfk beräkningsmodell för kemikalieexponering RIB (Integrerat beslutsstöd för skydd mot olyckor)*
- SKL (2012), *Transporter med farligt gods – Handbok för kommunernas planering*
- SRV (1997), *Värdering av risk, s.21-182/97*, MSB (tidigare Räddningsverket)
- SRV (2006), *Kartläggning av farligt godstransporter september 2006*, Räddningsverket

SÄIFS 1997:8, *Sprängämnesinspektionens allmänna råd om hur föreskrifterna om hantering av brandfarliga gaser och vätskor bör tillämpas vid bensinstationer*, Utfärdade den 10 december 1997

SÄIFS 2000:4, *Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 2000:4) om cisterner, gasklockor, bergrum och rörledningar för brandfarlig gas*, Utkom från trycket den 1 november 2000

TNO (2005), *Guideline for Quantitative Risk Assessment, part one Establishments and part two Transport. Purple book.*

Trafikanalys (2017), *Lastbilstrafik 2016 Swedish national and international road goods transport 2016*, 2017-05-16

Trafikverket (2018a), *Reviderade prognoser för person- och godstransporter 2040 - efter beslutad nationell plan för transportsystemet 2018-2029*, 2018-11-15

Trafikverket (2018b), Uppgifter från Didrik Weber, Avdelningen för samhällsplanering region Väst, 2018-10-15

Trafikverket (2016),
<http://vtf.trafikverket.se/tmg101/AGS/tmg102.aspx?punktlista=7140088,7140088&laenkrollista=2,3&typ=Stickprov,Stickprov>, Hämtad 2018-02-27

VTI (1994), *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier av farligt gods på väg och järnväg*. VTI rapport Nr 387:4

WUZ (2011), *Strategi för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods*. Helsingborg stad

Yellow book (1997). van den Bosch, C.J.H and Weterings, R.A.P.M (1997) *Methods for the calculations of physical effects*, Yellow Book CPR 14E part 1 and 2, 3rd edition, Committee for the Prevention of Disasters, the Netherlands

Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka

I denna bilaga redovisas underlag för olyckor och olyckseffekter avseende farligt gods.

Frekvens för vägolycka med farligt gods

I detta kapitel redovisas underlag och frekvenser för trafikolyckor inom väg som kan orsaka en farligt godsolycka. Resultatet redovisas i form av frekvenser av trafikolyckor per lastbil kilometer och år.

Olycksfrekvens som används för grundberäkningar kommer ifrån en bedömning av material som inrapporterats till MSB. Det finns olika uppgifter om antalet inrapporterade olyckor till MSB och sammanställningar visar på allt från 13 olyckor per år till upp mot 80 inrapporterade händelser per år där farligt godsskyttade fordon varit inblandade. Vid en jämförelse mellan olika metoder och källor har bedömningen gjorts att 40 olyckor per år är ett lämpligt värde att använda för beräkningar med nationella värden (Länsstyrelsen i Hallands län, 2011a).

För att beräkna olycksfrekvens utifrån nationell statistik används följande värden:

- › Antal olyckor med farligt gods per år: 40
- › Antal körsträcka tunga fordon: $2,5 \cdot 10^9$ fordon km per år (SIKA, 2008)
- › Antagandet att andelen farligt gods utgör 4 % av de tunga transportererna baserat på uppgifter från trafikanalys om transportarbete (se beräkning i bilaga C).
- › Total körsträcka med farligt godsfordon blir då: $0,04 \cdot 2,5 \cdot 10^9 = 1 \cdot 10^8$ km/år

Detta ger en olycksfrekvens på $4 \cdot 10^{-7}$ olyckor/farligt gods lastbils-km.

Frekvens för järnvägsolycka

Grundläggande olyckstyper inom järnvägstrafik som under drift, direkt eller indirekt, kan ge upphov till påverkan på 3:e person är:

- › Urspårning
- › Sammanstötning
- › Brand
- › Sabotage
- › Plankorsningsolyckor
- › samt kombinationer av dessa.

När det gäller risker för farligt gods är de viktigaste olyckstyperna urspårning och sammanstötning. Utsläpp av farligt gods kan uppkomma om behållare skadas i samband med urspårning eller sammanstötning. Utsläpp av farligt gods kan även uppkomma utan föregående olycka, t.ex. genom läckage i flänsar och ventiler.

Denna typ av läckage är relativt vanligt förekommande men ger som regel ingen påverkan på omgivningen. Däremot kan insats från räddningstjänst, t.ex. tömning av läckande tank, erfordras. Läckaget upptäcks vanligtvis inte under transport utan i samband med uppställning av vagnar vid t.ex. rangering.

Exempel på orsaker till urspårning är rälsbrott, solkurva, spårlägesfel, fordonsfel, växelfel och lastförskjutning.

Dominerande orsaker till sammanstötningar är olika typer av mänskligt felhandlande hos exempelvis förare, tågledning eller bangårdspersonal, men även tekniska fel kan förekomma, t.ex. bromsfel.

Sammanstötningar mellan tåg på linjen är mycket sällsynt, däremot förekommer kollision med t.ex. arbetsfordon eller annat hinder. Sammanstötning under växling/rangering är däremot relativt frekvent förekommande. Dessa sker i låg hastighet med som regel inga eller små skador som följd.

Den första mer systematiska studien i Sverige av frekvenser för järnvägsolyckor som kan hota omgivningen gjordes av VTI (1994). Detta arbete utvecklades senare i Fredén (2001). Därefter har det, i samband med olika större infrastrukturprojekt, genomförts ett antal studier av urspårnings och sammanstötningsfrekvenser för svensk järnvägstrafik. Skillnaderna i resultat mellan de olika studierna är som regel små.

Följande frekvenser används i denna studie:

Urspårning: $6,7 \cdot 10^{-7}$ per tåg km

Sammanstötning: $6 \cdot 10^{-8}$ per tåg km

Dessa värden är baserade på (VTI, 1994) och används även i Göteborgs översiktsplan (1999). Risk för urspårning ger det dominerande bidraget. Använt värde är något konservativt jämfört med Fredén (2001) som för ett normaltåg ger en urspårningsfrekvens av $5,2 \cdot 10^{-7}$ per tåg km (exklusive bl.a. solkurvor och växlar). Bedömningen är att det använda värdet är rimligt, men möjligen något konservativt.

Vidare antas i beräkningarna att ett normalgodståg består av 29 vagnar och att en urspårning påverkar 3,5 av dessa (d.v.s. en andel av 0,12) samt att en sammanstötning påverkar 5 vagnar (d.v.s. en andel av 0,17). Denna ansats är gemensam för VTI (1994) och Fredén (2001).

För riskberäkning används resonemang och värden enligt det som beskrivs i detta kapitel.

Frekvens för bangårdsolycka

Beräkning för bangårdsolycka utgår från samma olycksscenarior som vid beräkning av järnvägsolycka. Vid beräkning för bangårdsolycka används följande frekvens:

Förväntat antal olyckor per rangerad vagn: $3 \cdot 10^{-5}$ (Fredén, 2001)

Vid riskberäkning för bangårdsolycka justeras risken med en faktor 0,1 för klass 1.1, 3 och 5 och 0,01 för klass 2 (tjockväggig tank), p.g.a. låg hastighet.

Frekvens för olycksscenarier

Nedan redovisas möjliga händelseförlopp efter att en järnväg- och bangårdsolycka med farligt gods inträffat. Sannolikheter och frekvenser för olika scenarier redovisas.

Vissa olyckshändelser som beskrivs, t.ex. explosioner kan antas påverka omgivningen likformigt oavsett riktning, medan andra händelser, t.ex. påverkan av giftig gas framförallt sker i vindriktningen och då påverkar en begränsad sektor av omgivningen. Vid beräkning av individrisk ska därför sannolikheten för exponering reduceras. I följande fall tillämpas en reduktion av olycksfrekvensen:

- › Jetbrand: Reducering med en faktor 1/6 eftersom en begränsad sektor påverkas.
- › Gasmolnsbrand och giftigt gasmoln: Bedöms främst påverka omgivning i vindriktningen, en reduktion med en faktor 1/3 tillämpas vilket bedöms vara rimligt för det aktuella området.

Vid beräkning av samhällsrisk reduceras konsekvensområdet i motsvarande omfattning.

Skalning av olycksfrekvenser

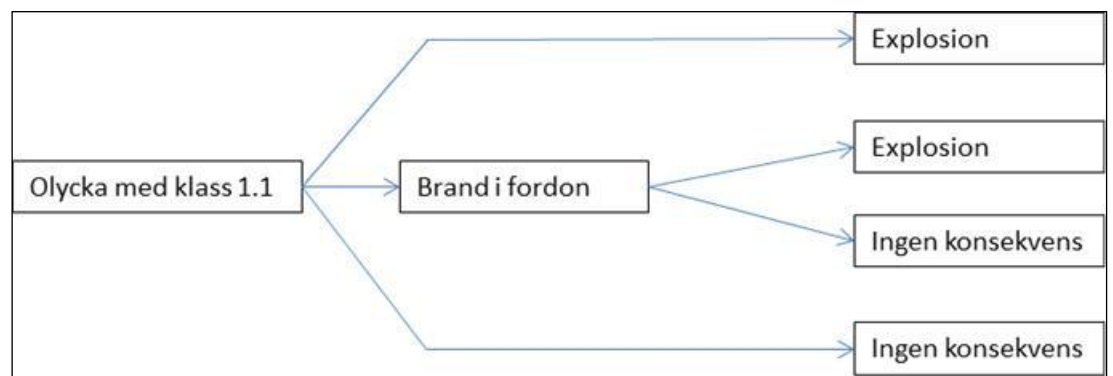
För riskberäkning används resonemang och värden enligt det som beskrivs i detta kapitel. Frekvensen för respektive skadehändelse justeras för att ta hänsyn till storleken på konsekvensområdet för den specifika skadehändelsen. Konsekvensområdet för respektive skadehändelse redovisas i Bilaga B.

A.1 Olycka med massexplösivt ämne

Inom klass 1 (explosiva ämnen) är det främst klass 1.1 (massexplosiva ämnen) som kan orsaka skada för personer i samband med en olycka.

Vid transport av massexplösiva ämnen finns risk för explosion som kan orsakas av spontan reaktion, yttre brand eller rörelseenergin som utvecklas vid stötar. På det sätt som massexplösiva ämnen och material förpackas minimeras emellertid risken för att explosion eller brand ska inträffa.

Figur A.1 illustrerar händelseförloppet vid olycka med massexplösiva ämnen.



Figur A.1. Händelseförlopp vid olycka med massexplösiva ämnen.

Beräkning Väg:

Vid en olycka bedöms att 1 % av fallen leder till explosion av lasten.

Utöver risken för olycka med transport av farligt gods finns risken för brand i fordonet som är skattat till $1 \cdot 10^{-7}$ enligt Sv. försäkringsförbundets statistikavdelning. Det antas att 1 % av brand i fordon resulterar i en explosion. I GÖP antas 50 % av bränder i fordon resultera i explosion vilket dock bedöms som mycket konservativt varför detta värde har justerats. Med antaganden enligt ovan hamnar sannolikheten för en olycka på en nivå som motsvarar utländska uppgifter (statistik från Storbritannien om frekvensen för detonation) (WUZ, 2011) och uppgifter från branschen. Dessa antaganden bedöms vara rimliga.

Sannolikheten för explosion kan därmed beskrivas enligt följande:

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass 1.1}} \cdot 0,01 + 1 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass 1.1}} \cdot 0,01$$

$$\text{Olycka} \cdot \text{Antal klass 1.1} \cdot \text{explosion} + \text{Brand i fordon} \cdot \text{antal klass 1.1} \cdot \text{explosion}$$

Beräkning Järnväg:

Vid en olycka bedöms att 1 % av fallen leder till explosion av lasten.

Sannolikheten för olycka med massexplodivt ämne är beräknad i Göteborgs översiktsplan för farligt gods (1999) och innefattar både, kollision, urspårning och brand i vagn. Den totala sannolikheten för massexlosion är beräknad till $4,8 \cdot 10^{-8}$ för 2 km typbebyggelse. Sannolikheten beskrivs här för 1 km och kan därmed beskrivas enligt följande:

$$4,8 \cdot 10^{-8} / 2 \cdot N_{\text{klass 1.1}}$$

Beräkning Bangård:

Förväntat antal olyckor per rangerad vagn skattas till $3 \cdot 10^{-5}$. (Fredén, 2001) Vid en olycka på trafikspår bedöms att 1 % av fallen leder till explosion av lasten. Vid beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till explosion med en faktor 0,1.

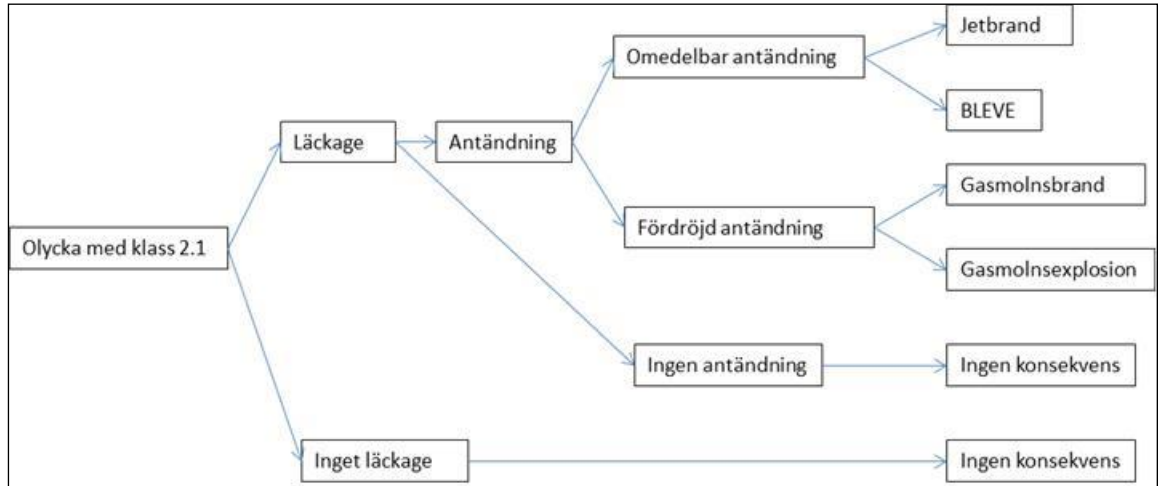
Sannolikheten beskrivs här för rangerad vagn och kan därmed beskrivas enligt följande:

$$5 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01 \cdot 0,1 \cdot N_{\text{klass 1.1}}$$

Olycka per rangerad vagn * Explosion * reducering för låg hastighet * antal transporter med massexplodiva ämnen.

A.2 Olycka med brandfarlig gas (propan)

Möjliga händelseförlopp vid en olycka med brandfarlig gas redovisas i Figur A.2.



Figur A.2. Möjliga händelseförlopp vid olycka med brandfarlig gas

Ett läckage av brandfarlig gas kan resultera i följande scenario:

- › Ingen antändning.
- › Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.
- › Om jetbranden tillåts värma upp tanken under längre tid, eller om tanken havererar/försvagas på grund av skador kan en BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) inträffa.
- › Vid en fördröjd antändning kan ett gasmoln bildas som vid antändning ger upphov till en gasmolnsbrand.
- › En antändning av ett gasmoln kan ge upphov till en gasmolnsexplosion.

Fördelning av dessa scenarier varierar ganska kraftigt mellan olika källor. I WUZ (2011) relateras till ett antal källor och följande sannolikheter används:

- › Ingen antändning: 30 %
- › Jetbrand: 19%
- › BLEVE: 1%
- › UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion eller gasmolnsexplosion): 50%

Dessa värden bedöms rimliga med tillägget att kategorin UVCE bör delas upp i två scenarier, enligt Figur A.1. Ett scenario med gasmolnsbrand utan övertryck och ett med övertryck. En fördelning av 80/20 mellan dessa scenarion tillämpas baserat på TNO (2005).

Enbart ett startscenario med 50 mm hål (motsvarande armaturbrott) beaktas. Risk för tankhaveri beaktas genom att inledande hål antas kunna utvecklas till BLEVE.

Läckage av propan

Följande frekvenser erhålls för möjliga scenarier:

Beräkning Väg:

Sannolikhet att en olycka med klass 2.1 ska resultera i ett läckage bedöms utifrån SRV (1996). Index för farligt godsolycka, d.v.s. att en olycka resulterar i ett utsläpp anges här till mellan ca 0,2 till 0,4 vid hastigheter mellan 70 till 110 km/h. Detta gäller samtliga typer av tankar. För tjockväggiga tankar reduceras värdet med en faktor 30. Med ett genomsnittligt index av 0,3 och en reduktion med en faktor 30 erhålls en sannolikhet för läckage av 0,01, d.v.s. en olycka av 100 resulterar i läckage. Följande frekvenser erhålls för möjliga scenarier:

Jetbrand

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0,3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,19$$

Olycka* Läckage*justering för trycksatt tank* antal transporter med brandfarlig gas *andel jetbrand

Gasmolnsbrand

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0,3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,4$$

Olycka* Läckage*justering för trycksatt tank* antal transporter med brandfarlig gas *andel gasmolnsbrand

Gasmolnsexplosion

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0,3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,1$$

Olycka* Läckage*justering för trycksatt tank* antal transporter med brandfarlig gas *andel gasmolnsexplosion.

BLEVE

Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas innan en BLEVE inträffar.

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0,3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,01$$

Olycka* Läckage*justering för trycksatt tank* antal transporter med brandfarlig gas *andel BLEVE.

Beräkning Järnväg:

Frekvens att en gastanksolycka med utsläpp och antändning ska inträffa är $1,3 \cdot 10^{-9}$ per vagn och år, på en sträcka av två km (GÖP, 1999). Läckagesannolikhet ingår då med 0,01 och antändningssannolikhet med 0,7. Detta innebär att frekvensen för att en gasolvagn utsätts för olycka är $= 0,93 \cdot 10^{-7}$ per vagn och år för en km.

Förväntat antal olyckor per rangerad vagn skattas till $3 \cdot 10^{-5}$. (Fredén, 2001) Vid beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till respektive scenario med en faktor 0,01 p.g.a. låg hastighet (tjockväggig tank).

Jetbrand

$$0,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass2.1}} \cdot 0,19$$

Olycka* Läckage* antal transporter med brandfarlig gas *andel jetbrand

Gasmolnsbrand

$$0,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,4$$

Olycka* Läckage* antal transporter med brandfarlig gas *andel gasmolnsbrand

Gasmolnsexplosion

$$0,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,1$$

Olycka* Läckage* antal transporter med brandfarlig gas *andel gasmolnsexplosion.

BLEVE

Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas innan en BLEVE inträffar.

$$0,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,01 \cdot 0,5$$

Olycka* Läckage* antal transporter med brandfarlig gas *andel BLEVE*fall då utrymning ej sker.

Beräkning Bangård:

Jetbrand

$$3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01 \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,19$$

Olycka*Läckage*reducering för låg hastighet*antal transporter med brandfarlig gas*andel jetbrand

Gasmolnsbrand

$$3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01 \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,4$$

Olycka*Läckage*reducering för låg hastighet*antal transporter med brandfarlig gas *andel gasmolnsbrand

Gasmolnsexplosion

$$3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01 \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,1$$

Olycka* Läckage*reducering för låg hastighet*antal transporter med brandfarlig gas*andel gasmolnsexplosion.

BLEVE

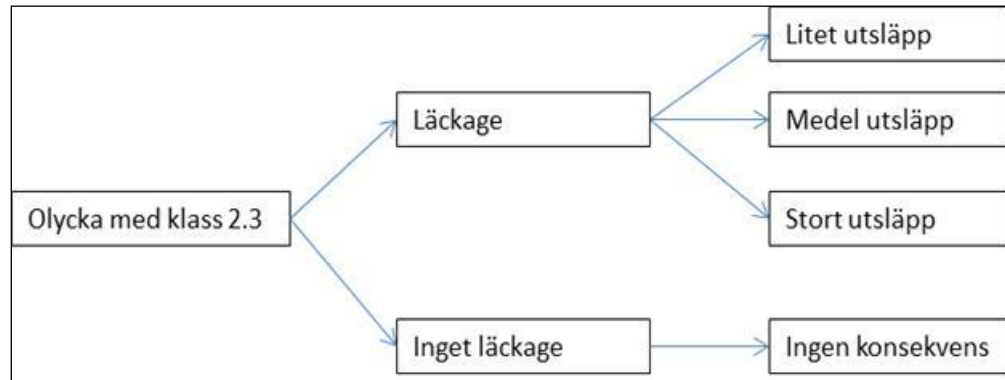
Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas innan en BLEVE inträffar.

$$3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01 \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,01 \cdot 0,5$$

Olycka*Läckage*reducering för låg hastighet*antal transporter med brandfarlig gas *andel BLEVE*fall då utrymning ej sker.

A.3 Olycka med giftig gas

Figur A.3 illustrerar möjliga händelseförlopp vid olycka med giftig gas



Figur A.3. Händelseförlopp vid olycka med giftig gas.

Storleken på ett läckage kan variera, följande indelning görs för läckage:

- › Litet utsläpp (packningsläckage)
- › Medelstort utsläpp (rörbrott)
- › Stort utsläpp (stort hål på tank/punktering av tank)

I denna analys antas att medelstort och stort utsläpp kan leda till scenarion där människor omkommer varför de finns med i beräkningar. Fördelningen mellan medelstort och stort utsläpp är satt till 50/50 vilket resulterar i liknande storleksordning som finns angivet i TNO för liknande händelser. I denna analys bortser vi från packningsläckage.

Beräkning Väg:

Sannolikheten för utsläpp av giftig gas (för medel/stort) beskrivs enligt följande:

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0,3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.3}} \cdot 0,5$$

Olycka * Läckage * justering för trycksatt tank * antal transporter med giftig gas * andel scenario (medel/stort)

Beräkning Järnväg:

Sannolikheten för att en olycka med kondenserad giftig gas ska inträffa och utflöde sker är $1,8 \cdot 10^{-9}$ per vagn och år och på en sträcka av två km (GÖP, 1999).

Antalet vagnar med giftig gas fås från Tabell i huvudrapport och sannolikheten kan beskrivas enligt följande:

$$1,8 \cdot 10^{-9} / 2 \cdot N_{\text{giftig gas}} \cdot 0,5$$

Olycka per 1 km * antal transporter med giftig gas * andel scenario (medel/stort)

Beräkning Bangård:

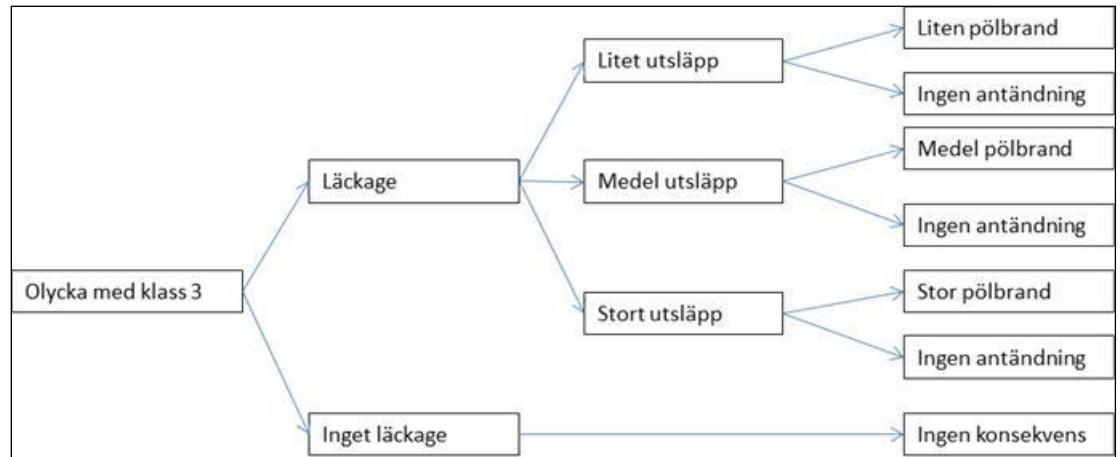
Förväntat antal olyckor per rangerad vagn skattas till $3 \cdot 10^{-5}$. (Fredén, 2001) Vid beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till respektive scenario med en faktor 0,01 p.g.a. låg hastighet (tjockväggig tank). Sannolikheten kan beskrivas enligt följande:

$$3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01 \cdot 0,01 \cdot N_{\text{giftig gas}} \cdot 0,5$$

Olycka per rangerad vagn*Läckage*reducering för låg hastighet*antal transporter med giftig gas*andel scenario (medel/stort)

A.4 Olycka med brandfarlig vätska bensin

Händelseförloppet för en olycka med brandfarlig vara illustreras av Figur A.4.



Figur A.4. Händelseutveckling efter utsläpp av brandfarlig vätska.

Ett utsläpp som inte antänds har främst en påverkan på miljön, skadliga konsekvenser för människor uppstår om vätskan antänds och bildar en pölbrand (brinnande vätska på marken). Hur stor pölbranden blir beror på storleken på utsläppet och pölens utbredning. Följande pölbrandsscenario kan sättas upp:

- > Medel utsläpp
- > Stort utsläpp
- > Liten pölbrand bedöms inte ha någon betydande omgivningspåverkan.

Beräkning Väg:

Sannolikheten för att ett läckage inträffar antas vara 0,3 för den aktuella vägsträckan (SRV, 1996). Fördelningen mellan de tre läckagescenarierna antas vara 1/3 för respektive scenario och sannolikheten för antändning antas vara 0,1 oberoende av läckagestorlek, detta antagande baseras på (TNO, 2005).

Sannolikheten för en olycka på väg (medel/stort utsläpp) kan beskrivas enligt följande:

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0,3 \cdot N_{\text{klass 3}} \cdot 0,1 \cdot 0,33$$

Olycka * Läckage * antal transporter * Antändning * scenario (medel/stort utsläpp)

Beräkning Järnväg:

Sannolikheten för olycka med brandfarlig vätska baseras på Fredén (2001). Beräkningar utgår från scenarier enligt ovan samt antaganden baserade på uppgifter från TNO (2005). Sannolikheten för respektive dimensionerande scenario beskrivs enligt följande:

(sannolikheten för urspårning * sannolikhet för att urspårad vagn är lastad med brandfarlig vätska + sannolikhet för kollision * sannolikhet för att vagn i kollision är lastad med brandfarlig vätska) * sannolikhet för läckage * sannolikhet för antändning * antal vagnar.

Sannolikhet för mellan och stor läckage är satt till 0,2 och 0,1 och antändning till 0,05. Värdet för antändning är hälften av värdet som används för väg.

$$\text{Mellan läckage: } (6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0,2 \cdot 0,05 \cdot N_{\text{klass3}}$$

$$\text{Stort läckage: } (6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0,1 \cdot 0,05 \cdot N_{\text{klass3}}$$

Beräkning Bangård:

Förväntat antal olyckor per rangerad vagn skattas till $3 \cdot 10^{-5}$. (Fredén, 2001). Vid beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till respektive scenario med en faktor 0,1 p.g.a. låg hastighet. Beräkningar utgår från scenarier enligt ovan samt antaganden baserade på uppgifter från TNO (2005). Sannolikhet för mellan och stor läckage är satt till 0,2 och 0,1 och antändning till 0,05. Värdet för antändning är hälften av värdet som används för väg. Sannolikheten för respektive dimensionerande scenario beskrivs enligt följande:

$$\text{Mellan läckage: } 3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,2 \cdot 0,05 \cdot 0,1 \cdot N_{\text{klass3}}$$

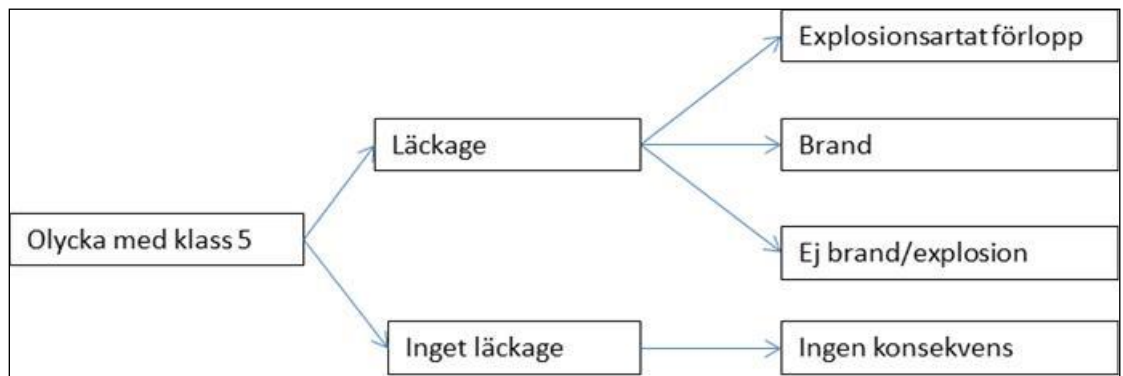
$$\text{Stort läckage: } 3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1 \cdot 0,05 \cdot 0,1 \cdot N_{\text{klass3}}$$

Olycka per rangerad vagn * Läckage * sannolikhet för antändning * reducering för låg hastighet * antal vagnar.

A.5 Olycka med oxiderande ämne

Oxiderande ämne kan tillsammans med organiska ämnen bli explosivt. Figur A.5 illustrerar händelseförloppet vid olycka med oxiderande ämnen. Utöver explosion

kan även en brand inträffa men konsekvensen för ett sådant händelseförlopp bedöms vara relativt begränsad och ingår inte i de beräkningar som genomförs.



Figur A.5. Händelseförlopp vid olycka med oxiderande ämnen.

Beräkning Väg:

För farligt godsolycka krävs att både det oxiderande ämnet och brännbart material är inblandat. Att ett emballage, för oxiderande ämne, går sönder och att innehållet kommer ut på marken har antagits ske i 10 % av fallen vid en olycka. Sannolikheten för en sidokrasch med farligt godsfordon, som leder till bränsleläckage från fordonets bensintank, är 15 % och sannolikheten att antändning sker antas vara 10 %. Med ovan antaganden och beräkningsgång som följer den som återfinns i Göteborgs översiktsplan kan sannolikheten för olycka med oxiderande ämnen på väg beskrivas enligt följande:

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass5.1}} \cdot 0,1 \cdot 0,15 \cdot 0,1$$

$$\text{Olycka} \cdot N_{\text{klass5.1}} \cdot \text{emballage sönder} \cdot \text{sidokrasch} \cdot \text{antändning}$$

Beräkning Järnväg:

Sannolikheten för att en olycka med oxiderande ämnen ska inträffa och explosion sker är $2,0 \cdot 10^{-11}$ per vagn och år och på en sträcka av två km (GÖP, 1999). I denna analys beskrivs sannolikheten för en sträcka av 1 km och kan därmed beskrivas enligt följande:

$$2 \cdot 10^{-11} / 2 \cdot N_{\text{klass5.1}}$$

Beräkning Bangård:

Förväntat antal olyckor per rangerad vagn skattas till $5 \cdot 10^{-5}$. (Fredén, 2001) Vid en olycka bedöms att 0,01% av fallen leder till explosion av lasten. Vid beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till explosion med en faktor 0,1. Vid beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till respektive scenario med en faktor 0,1 p.g.a. låg hastighet. I denna analys beskrivs sannolikheten per rangerad vagn och kan därmed beskrivas enligt följande:

$$3 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot N_{\text{klass5.1}}$$

$$\text{Olycka per rangerad vagn} \cdot \text{Explosion} \cdot \text{reducering för låg hastighet} \cdot \text{antal transporter med oxiderande ämnen}$$

A.6 Riskreducerande faktorer

Nedan redovisas de riskreducerande faktorer som använts vid beräkning av samhällsriskerna med studerade skyddsåtgärder. Här redovisas de händelser för vilka skyddsåtgärden har en konsekvensreducerad effekt. Se även Tabell B.2 i bilaga B.

- › Skyddsåtgärd: **Ventilationsintag ska placeras högt upp och på motsatt sida farligt godsled.** Med ventilationsåtgärder bedöms andelen omkomna inomhus kunna korrigeras från grundberäkningens 10% till 1% för olyckor med giftig gas.
- › Skyddsåtgärd: **Bebyggelse dimensioneras så att den kan motstå en gasmolnexplosion (10 kg gasol)** med sitt centrum på E45. Skyddsåtgärden har ansatts i flertalet utbyggnadsprojekt i Göteborg under senare år och har i samband med dessa projekt stämts av med Räddningstjänsten och Länsstyrelsen i Göteborg. Exempel på projekt där detta stämts av är Partille arena, planerad utbyggnad med höghus vid Gårda/Ullevi (Ullevigatan) och Munspelsgatan. Notera att skyddsåtgärden enbart tillgodoräknas för gasmolnexplosioner och inte explosioner med klass 1.1 vid beräkning av individ- och samhällsrisk.

Notera att vid beräkningar där flera skyddsåtgärder bedöms reducera sannolikheten för en och samma händelse tas endast hänsyn till den skyddsåtgärd med högst riskreducerande faktor (för respektive händelse). Syftet med detta är att inte överskatta den totala riskreducerande förmågan och således även underskatta risknivån.

Bilaga B - Bedömning av konsekvenser

I detta kapitel redovisas först en övergripande Tabell över möjliga konsekvenser i händelse av en olycka med farligt gods och därefter sammanställs en Tabell med resultat från konsekvensberäkningar/simuleringar. Under respektive delkapitel beskrivs bakgrund för bedömning av konsekvenser/olyckseffekter för respektive ämnesklass. Vid val av scenarion att studera har scenarion valts utifrån principen att de ska vara rimliga att studera, detta innebär att de inte nödvändigtvis är "worst case"-scenarion. Det bör noteras att en modell som baseras på "worst case"-scenarion skulle kunna resultera i en lägre risknivå då sannolikheten för "worst case"-scenarion ofta är mycket låg även om konsekvensen är värre och risken är en funktion av både konsekvens och sannolikhet.

I Tabell B.1 nedan redovisas respektive farligt godsklass och möjliga konsekvenser i händelse av olycka. Konsekvenser har här beskrivits ur 3:e persons synpunkt.

Tabell B.1 Relevanta typer av farligt gods och möjliga olyckskonsekvenser.

ADR-/RID- Klass	Möjliga konsekvenser i händelse av olycka	Kommentarer
1 Explosiva ämnen	Övertryck som kan skada/rasera byggnader, ge upphov till splitter och skada på människor	Massexplosiva ämnen kan ge effekter på flera tiotals- upp till något hundratal meter beroende på tillgänglig mängd.
2 Brännbar gas	Jetflamma – värmestrålning Brännbart gasmoln – gasmolnsbrand Gasmolnsexplosion BLEVE	Direkta effekter oftast begränsade till närområdet ¹ . Små effekter utanför gasmolnet, mkt allvarliga konsekvenser för personer som omfattas av molnet. Oftast begränsade övertryck vid fritt gasmoln. Personskador kan uppkomma genom splitter och raserade byggnader. Värmestrålning kan ge effekter inom några hundratal meter, "missiler" kan ge effekter på längre avstånd.

¹ "Närområde" är inte ett entydigt definierat begrepp men avser i detta sammanhang några tiotal meter (t.ex. i samband med pölbrand) eller direkt exponering (t.ex. i samband med utsläpp av frätande ämnen).

ADR-/RID- Klass	Möjliga konsekvenser i händelse av olycka	Kommentarer
2 Giftig gas	Gasmoln – toxiska effekter	Kan ge effekter över mycket stora områden beroende på ämne, tillgänglig mängd, utflöde, atmosfäriska förhållanden och topografi.
3 Brandfarliga vätskor	Pölbrand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet. Allvarligare konsekvenser kan uppstå beroende på lutning, risk för brandspridning, mm
4 Brandfarliga fasta ämnen, mm	Brand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet.
5 Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Brand – värmestrålning Explosion i händelse av blandning med andra brännbara ämnen	Risk för brännskador, oftast begränsade till närområdet. I händelse av explosion kan effekter jämförbara med klass 1 uppstå.
6 Giftiga ämnen, mm	Toxiska effekter	Risker begränsade till närområdet
7 Radioaktiva ämnen	Strålskada	Ger normalt ej upphov till akuta effekter, däremot kan kroniska effekter uppstå.
8 Frätande ämnen	Frätskada	Risker begränsade till närområdet
9 Övrigt	-	Risker begränsade till närområdet

Området kring led med farligt gods har delats in i intervall för att beskriva konsekvensen av en olycka på olika avstånd från en olycksplats. Konsekvensbedömningen baseras på Göteborgs översiktsplan (1999), VTI rapport 387:4 (1994), konsekvensberäkningar genomförda i Effekt Plus och PHAST (DNV, 2010) samt simuleringar i programmet Bfk (RIB, 2012).

Resultat från konsekvensberäkningar/simuleringar är sammanställt i Tabell B.2 och visar hur stor andel av de personer som befinner sig utomhus respektive inomhus som bedöms omkomma till följd av en viss händelse.

För varje avståndsintervall ges två uppgifter på andel omkomna:

Andel omkomna utomhus. Baseras på oskyddade personer samt att topografin för olycksplats och omgivning är plan. Denna uppgift är mycket konservativ och anger en teoretiskt högsta andel omkomna.

Andel omkomna inomhus. Baseras på de personer som befinner sig inomhus och därmed delvis är skyddade. Denna siffra varierar beroende på byggnad och placering

Tabell B.2. Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus inom olika avståndintervall från en eventuell olycka på järnväg. Värden i denna Tabell är grundvärden från beräkningar vilket är de som används om inget annat anges. Värden märkta med * är baserad på GÖP övriga värden är baserade på riktlinjer i Hallands län (Hallands län, 2011). Värde markerat med ** är hämtat från tidigare riskanalys (COWI, 2013).

Ämnesklass	Olycksscenario	0-25 m	26-50 m	51-100 m	101-150 m	151-200 m
Klass 1.1 Massexplсивt	Liten explosion (200 kg)	1/0,15	0/0,05	0/0,01	0/0	0/0
	Stor explosion (6 ton)	1/0,25*	1/0,1*	0,5/0,05*	0/0	0/0
Klass 2.1 Kondenserad Brandfarlig gas	Jetbrand	1/1	0,2/0,1	0/0	0/0	0/0
	Gasbrand	1/1	0,75/0,1	0,5/0,075	0/0	0/0
	Gasmolnsexplosion	1/0,5	0,5/0	0,1/0	0/0	0/0
	BLEVE	1/1	1/1	1/0,25**	1/0	0,5/0
Klass 2.3 Kondenserad giftig gas	Rörbrott	1/0,095	0,9/00,5	0,5/0,01	0,01/0	0/0
	Punktering	1/0,1	1/0,1	1/0,05	0,6/0	0,2/0
Klass 3 Brandfarlig vätska	Liten pölbrand	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
	Medelstor pölbrand (50 m ²)	0,5/0,1	0/0	0/0	0/0	0/0
	Stor pölbrand (200 m ²)	0,8/0,8	0,2/0,1	0/0	0/0	0/0
Klass 5 Oxiderande ämne	Explosion	1/0,15	1/0,05	0/0,01	0/0	0/0

Andel omkomna är behäftat med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet, till exempel kan vädersituationen vara mer eller mindre gynnsam, förutsättningarna för om människor kan sätta sig i säkerhet kan variera och så vidare.

B.1 Konsekvenser för massexplosivt ämne (klass 1.1)

Inom klass 1 (explosiva ämnen) är det främst klass 1.1 (masseexplosiva ämnen) som kan orsaka skada för personer i samband med en olycka.

Vid en eventuell olycka kan händelseförloppet utvecklas mycket snabbt och ge svåra konsekvenser. Hur stora konsekvenserna blir beror på mängden transporterat ämne samt avståndet till människor. Hur stora skadorna blir på byggnader beror till stor del på byggnadskonstruktion och material.

En explosion leder till höga tryck i närzonen, trycket minskar sedan med avståndet från explosionen. Människor tål tryck bättre än vad byggnader gör. Dödsfall som direkt följd av tryckvågen vid en fullastad vägtransport (16 ton) kan förväntas inträffa på avstånd upp till 75 meter ifrån olycksplatsen. För mindre transporter (50-1000 kg) kan dödsfall förväntas på upp till ca 25 meter ifrån olycksplatsen. Skador på lungor och trumhinnor (på grund av tryck) kan inträffa upp till 25 meter ifrån olycksplatsen för olycka motsvarande ca 200 kg.

Dödsfall och skador kan inträffa i och med att byggnader rasar, eller från splitter och flygande material. Även nyare betongbyggnader med väl sammanhållen stomme kan raseras på ett avstånd av ett par hundra meter från explosionscentrum. Skador på människor inomhus är troliga, liksom dödsfall, både vid olyckor med små och stora transporter. Skador på grund av splitter och flygande material kan förekomma på ett område mellan några 10-tals meter upp till 1 km beroende på storleken på explosionen, var den inträffar och i vilken typ av område/bebyggelse som olyckan inträffar.

Nedan följer material i form av gränsvärden, beräkningar och antaganden som används vid bedömningar för antal skadade och omkomna.

Gränsen för dödliga skador går vid 180 kPa. I Tabell B.3 sammanställs rimliga tryck för vad byggnader klarar av. Tabell B.4 redogör för olika trycks påverkan på människokroppen.

Tabell B.3. *Maximala infallande tryck för material och byggnader*

Material för byggnaden	Maximalt tryck
Träbyggnader och plåthallar	10 kPa
Tegel- och äldre betonghus	20 kPa
Nyare betonghus	40 kPa

Gränsvärde för att glasfönster spricker och i sin tur kan orsaka personskada går vid ca 0,03 bar (ca 3 kPa) och från samma källa (Clancey, 1972) anges 0,02 bar (ca 2 kPa) som ett gränsvärde för att material inte ska flyga iväg.

Tabell B.4. Skador på människan vid olika infallande tryck

Skadenivå på människan	Tryck
Dödlig skada	≥ 180 kPa
Lungskador	180-69 kPa
Trumhinneruptur (skador på trumhinnor)	69-21 kPa

Beräkningsmetodik

Trycklaster har beräknats för händelsen att en explosion inträffar, antingen direkt eller efter en antändning i samband med en olycka. Konsekvensberäkningar har utförts i beräkningsprogrammet Effects PLUS version 5.5 (Yellow Book, 1997). För att kunna utföra explosionsberäkningar i programmet har massan av TNT räknats om till ekvivalent massa brännbar metangas i ett tänkt gasmoln.

Metoden för omräkning mellan massa av brännbar gas och massa av TNT är välkänd och kallas TNT-ekvivalent metoden (TNT-Equivalency Method) (FOA, 1997).

Högsta explosionsstyrka 10 (detonation) har antagits och beräkningsmetoden följer The Multi Energy Method (FOA, 1997).

Lasterna från explosionen har beräknats som infallande tryck mot människor, byggnader och annan utrustning för olika avstånd från explosionscentrum. Nettovikten explosivt ämne varierar mellan 1-16 ton per transport samt 25-1000 kg per transport.

Resultaten från beräkningar beskriver tryck på olika avstånd ifrån en explosionskälla. Dessa tryck har översatts till andel omkomna.

Konsekvenser för massexplodivt ämne

Andelen omkomna beror på flera parametrar. Exempelvis spelar avståndet från explosionscentrum roll samt eventuella objekt mellan explosionen och individer. Första radens hus skyddar exempelvis bakomliggande hus eller personer som vistas utomhus. Denna analys baserar sig på andelen omkomna.

För varje avståndsintervall ges två uppgifter på andel omkomna:

- › Andel omkomna utomhus. Andelen omkomna utomhus baseras på oskyddade människor som omkommer av det dödliga trycket större eller lika med 180 kPa.

Vid lägre tryck än 180 kPa antas att personer som vistas utomhus kommer att överleva. Skador kan dock förekomma som ett resultat av exempelvis flygande material eller höga tryck. Vid exempelvis 69 kPa förväntas lungskador.

- › Andel omkomna inomhus. Baseras på de personer som befinner sig inomhus vid en explosion. Orsak till dödsfall beror på att byggnader rasar. Andelen omkomna beror på tryckets storlek samt avståndet från explosionen. Nedan sammanfattas vilka antaganden som gjorts för bedömning av omkomna inomhus.

För bedömningar angående omkomna inomhus används i viss mån värden som förekommer i Göteborgs översiktsplan. Vid tryck större än 180 kPa, (total destruktion av byggnader) antas att 30 % omkommer inomhus på avståndet 0-49 meter ifrån explosionskällan. På avståndet 50 meter antas 15 % omkomma inomhus (första radens hus). På avståndet större än 100 meter antas 5 % omkomma vid första radens hus om trycket är så högt att det resulterar i total destruktion av byggnaden.

För tryck mellan 180- 69 kPa antas 5 % omkomma inomhus. På tryck mellan 69-21 kPa antas 1 % omkomma.

Tabell B.5. Visar antagna andelar omkomna inomhus på olika avstånd vid olycka

Tryck/Avstånd	Andelen omkomna inomhus på olika avstånd		
	0-49 meter	50-99 meter	>100 meter
$P_s \geq 180$ kPa	0,3	0,15	0,05
$180 \text{ kPa} > P_s \geq 69$ kPa	0,05	0,05	0,05
$69 \text{ kPa} > P_s \geq 21$ kPa	0,01	0,01	0,01
$21 \text{ kPa} > P_s \geq 9$ kPa	Ingen antas omkomma.		

Utifrån ovan beräkningar och antaganden har andelen omkomna inomhus och utomhus beroende på transportstorlekar sammanställs vilket redovisas i Tabell B.6 och B.7.

Tabell B.6. *Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus på olika avståndintervaller från en eventuell olycka med stora mängder transporterad vara*

Stora Transporter	2 ton		6 ton		16 ton	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25 m	1	0,3	1	0,3	1	0,3
25-50m	1	0,15	1	0,3	1	0,3
50-75 m	0	0,15	1	0,15	1	0,15
75-100 m	0	0,01	0	0,15	1	0,15
100-250 m	0	0,01	0	0,01	0	0,05

Tabell B.7. *Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus på olika avståndintervaller från en eventuell olycka med små mängder transporterad vara.*

Små Transporter	25 kg		200 kg		1000 kg	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25 m	0	0,05	1	0,15	1	0,3
25-50m	0	0,01	0	0,05	1	0,15
50-75 m	0	0	0	0,01	0	0,05
75-100 m	0	0	0	0	0	0,01
100-250 m	0	0	0	0	0	0

Andel omkomna är behäftad med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet.

För jämförelse till beräkningar finns de Tabeller som Göteborgs översiktsplan utgår ifrån. Tabell B.8 visar andel omkomna på olika avstånd vid olycka på väg med massexplodivt ämne för personer utomhus eller inomhus baseras på Göteborgs översiktsplan (1999).

Tabell B.8. Andel omkomna vid olycka med massexplodivt ämne på järnväg (25 ton).

Personers vistelseplats vid olycka	Andel omkomna 0-30 meter från järnväg	Andel omkomna 30-80 meter från järnväg
Utomhus	100 %	100 %
Första radens hus	25 %	10 %
Andra radens hus	10 %	5 %

B.2 Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka

I följande Figurer redovisas andel oskyddade människor omkomna för utsläpp av brandfarlig kondenserad gas vid en olycka. Följande scenario med antändning av brandfarlig gas analyseras:

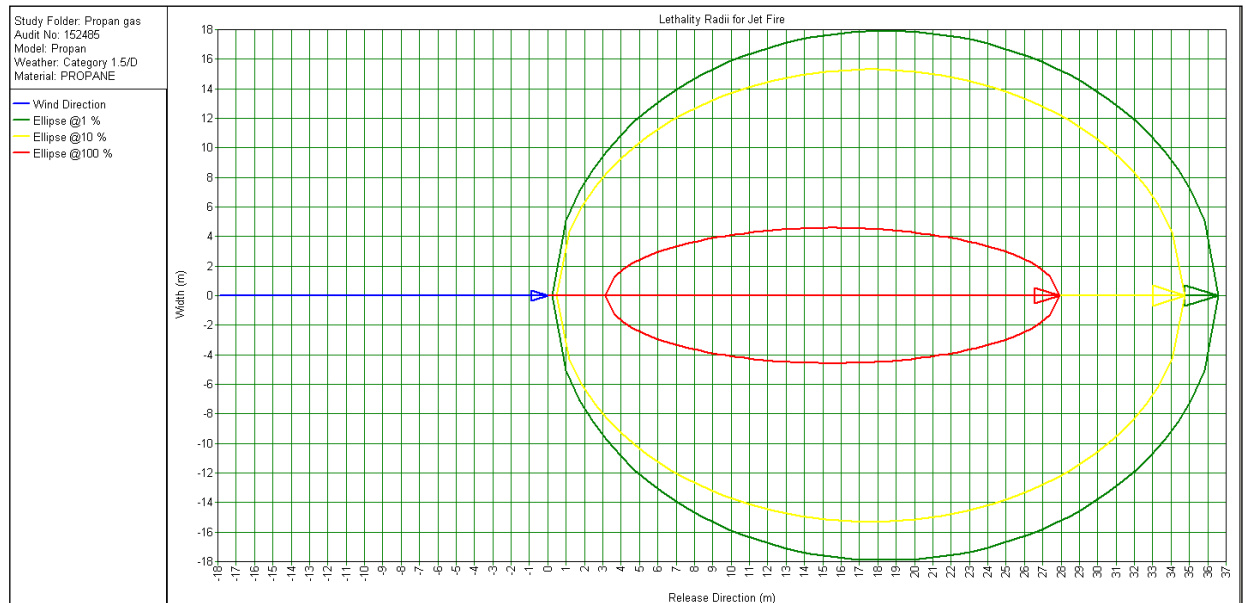
- Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.
- Uppvärmning av tank eller tankhaveri som leder till BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion).
- Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand.
- Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsexplosion.

Beräkningar är utförda i programvaran PHAST (DNV, 2010). Bedömningar av konsekvenser för strålningsnivåer och övertryck baseras huvudsakligen på TNO (2005). Olyckseffekter och konsekvenser av dessa scenarier beror på ett antal parametrar, varav de viktigaste är hålstorlek, om utsläpp sker i vätske- eller gasfas, vindstyrka, atmosfärisk stabilitet samt topografi och hinder. I avsnitten nedan redovisas exempel på olyckseffekter och konsekvenser som kan uppkomma.

Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och därefter antänds. Omfattningen och effekten av en jetbrand bestäms av om ämnet strömmar ut i gasfas eller vätskefas, om en fri jetstråle kan utvecklas samt av riktningen på denna. I flammans riktning och i närhet av utsläppet kommer strålningsnivåerna att vara mycket höga, över 40 kW/m². Personer som utsätts för denna strålningsnivå antas omkomma. Däremot avtar strålningsnivåerna snabbt både i sidled och i längsled.

Figur B.1 visar område för 100, respektive 10 och 1 % dödlighet vid en fri jetbrand och utsläpp i gasfas vid ett 50 mm rörbrott. Vid ett utsläpp i vätskefas kommer avstånden att vara betydligt längre, avståndet till 100 % dödlighet blir då ca 80 meter, istället för som här ca 30 meter.



Figur B.1. Område för 100, respektive 10 och 1 % dödlighet vid en fri jetbrand och utsläpp i gasfas vid ett 50 mm rörbrott. Beräkning PHAST.

Konsekvensen för personer utomhus är vid jetbrand förutom dödsfall även 1:a till 3:e gradens brännskador. För jetbrand förväntas inga omkomma på längre avstånd än 50 meter ifrån en olycka.

BLEVE

BLEVE är en speciell händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Trycket i tanken stiger och på grund av den inneslutna mängdens expansion kan tanken rämna. Innehållet övergår i gasfas på grund av den höga temperaturen och det lägre trycket utanför och antänds. Vid en BLEVE bildas ett eldklot som ger upphov till värmestrålning och tryckeffekter. För att en sådan händelse ska kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Tillgänglig energi för att klara detta kan finnas i form av en antänd läcka i en annan närstående tank.

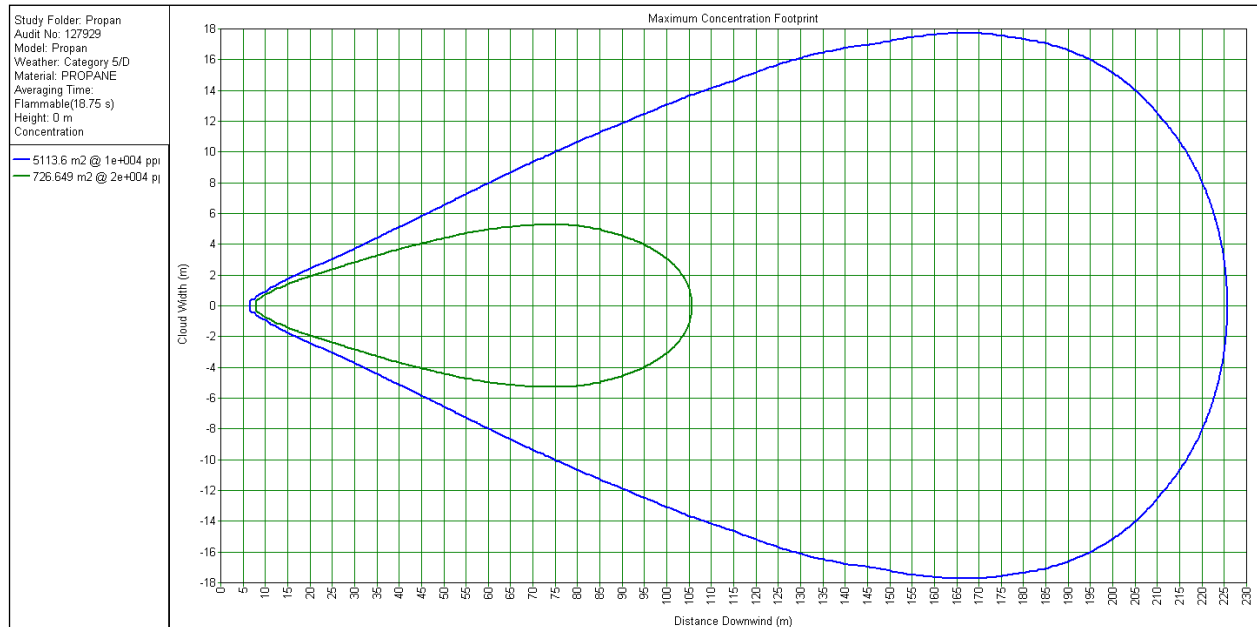
Storleken på eldklotet beror framförallt på tankens innehåll. En tank på 20 ton ger upphov till ett eldklot på 60-75 meters radie (TNO, 2005).

Personer som befinner sig inom eldklotet eller som utsätts för en strålningsnivå över 35 kW/m² antas omkomma, detta gäller även om man befinner sig inomhus (TNO, 2005). För personer som utsätts för lägre strålningsnivåer bestäms andel omkomna av exponeringstid och strålningsnivå.

Erfarenheter från inträffade BLEVE visar att det ofta tar lång tid för en BLEVE att utvecklas. Om så är fallet finns möjligheter att utrymma närområdet. Ansatsen görs här att detta lyckas i 50 % av fallen.

Gasmolnsbrand

En gasmolnsbrand uppkommer då ett gasmoln hunnit utvecklas innan antändning sker. Denna brand kan sedan övergå i en jetbrand. Storlek och utbredning av gasmolnet bestäms av hålstorlek, utsläpp i vätske- eller gasfas, vindstyrka, atmosfärisk stabilitet samt topografi och hinder. Spridning av molnet påverkas av vindriktningen, en korrigering av sannolikhet görs därmed med en faktor 1/3. I Figur B.2 redovisas ett utsläpp av propan, 50 mm hål, utsläpp i vätskefas vid 5 m/s.



Figur B.2. Utsläpp av propan, 50 mm hål, utsläpp i vätskefas vid 5 m/s. Beräkning PHAST. Grön linje redovisar avstånd till undre brännbarhetsgräns (LEL = Lower Explosive Limit). Blå linje visar avstånd där gaskoncentrationen är hälften av detta (halva LEL).

Som framgår av Figur B.2 är avstånd till LEL ca 100 meter. Vid ett utsläpp i gasfas är motsvarande avstånd ca 20 meter.

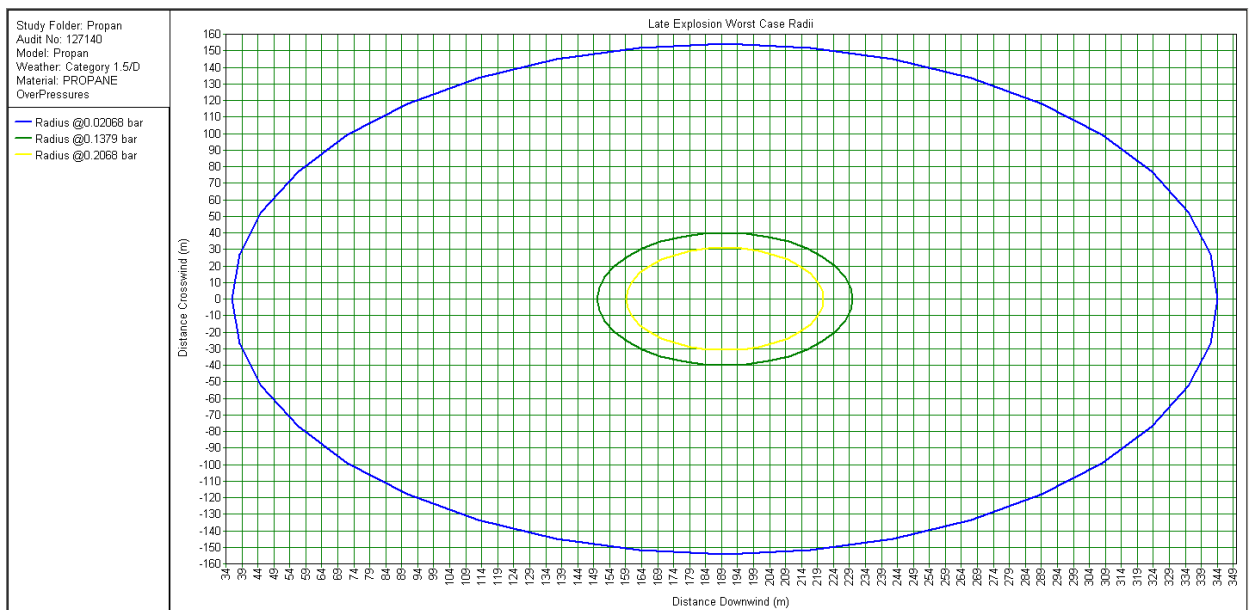
Vid en antändning kommer moln inom LEL gränsen att forma ett brinnande gasmoln. Område för gasmolnsbrand sätts här till samma som LEL (TNO, 2005). I vissa sammanhang används 1/2 LEL som gräns för brandmoln.

Personer som vistas inom brandmolnet antas omkomma, detta gäller även om personer som befinner sig i byggnader som helt omsluts av molnet. Personer som vistas utanför molnet kan antas överleva. Konsekvensen för personer utomhus är vid gasbrand förutom dödsfall även 1:a till 3:e gradens brännskador. Omkomna på grund av gasbrand förväntas inte förekomma på längre avstånd än 100 meter ifrån olycka.

Gasmolnexplosion

Ett fritt gasmoln som antänds ger som regel upphov till en gasmolnsbrand utan signifikant övertryck (TNO, 2005), vilket behandlats ovan. En explosion kan dock inte helt uteslutas. Om gasmolnet inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den brandfarliga gasen. Vid antändning kan en gasmolnexplosion ske om gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd gas/luft av en viss koncentration. En gasmolnexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen.

Figur B.3 visar explosionövertryck på olika avstånd från ett maximalt stort gasmoln, vid ett 50 mm hål och utsläpp i vätskefas.



Figur B.3. Explosionövertryck på olika avstånd från ett maximalt stort gasmoln, vid ett 50 mm hål och utsläpp i vätskefas.

Från Figur B.3 erhålls följande avstånd till trycknivåer från explosionscentrum (för jämförelse redovisas även utsläpp i gasfas).

Tabell B.9. Trycknivåer från explosionscentrum.

bar övertryck	Utsläpp i vätskefas	Utsläpp i gasfas
0,02	150 m	30 m
0,14	40 m	8 m
0,21	30 m	6 m

Var explosionscentrum är beläget beror på ett antal faktorer som spridningsförhållanden, vind och tidpunkt för antändning. Här antas att explosionscentrum ligger i närhet av transportleden.

B.3 Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas

Exempel på kondenserad giftig gas är svaveldioxid, ammoniak och klor som alla är giftiga vid inandning och som redan vid låga koncentrationer kan ge svåra skador och i värsta fall leda till dödsfall. Gasen transporteras under tryck i vätskeform och vid utströmning till luft förångas vätskan fort och övergår i gasform. Generellt är gaserna tyngre än luft vid själva utsläppet varför spridning av gasen primärt sker längs marken.

Giftig kondenserad gas kan ha riskområde på hundra meter upp till många kilometer och gasen når ofta sin största utbredning efter bara några minuter. Utbredningen och hur hög koncentrationen blir beror på ett antal parametrar så som vindstyrka och riktning samt storleken på läckaget. Vid exempelvis högre vind blandas mer luft in i gasmolnet vilket resulterar i lägre koncentrationer.

Andelen omkomna beror på vilken toxisk gas som förekommer, utsläppets storlek, väderförhållande, inbyggda skydd etc. Risken för att omkomma är som störst närmast utsläppet. På längre avstånd minskar andelen omkomna men i samband med det ökar andelen svårt- och lindrigt skadade. Gasen sprider sig i vindens riktning vilket gör att skadeutfallet (antalet omkomna och skadade) beror på hur marken ser ut och hur många personer som befinner sig i området där gasmolnet drar fram.

Storleken på ett läckage kan variera och följande indelning kan illustrera tänkbara läckage scenarier.

- › Litet utsläpp (packningsläckage)
- › Medelstort utsläpp (rörbrott)
- › Stort utsläpp (stort hål på tank/punktering av tank)

I denna analys antas att medelstort och stort utsläpp kan leda till scenarion där människor omkommer varför de finns med i beräkningar.

För beräkning av konsekvenser i samband med utsläpp av giftig gas har beräkningsprogrammet Bfk använts (RIB, 2012). Beräkningarna resulterar i koncentration av den utsläppta gasen på olika avstånd, i höjddled samt andel omkomna och (svårt) skadade personer inomhus respektive utomhus. Som dimensionerande fall har gasen ammoniak använts.

Tabell B.10-12 sammanfattar den procentuella andelen omkomna och svårt skadade vid olika avstånd från utsläppspunkten. Det fall som redovisas baseras på följande väderparametrar: Medeltemperatur 8°C, vindhastighet 4 m/s.

Tabell B.10 visar på resultat från simuleringar med ammoniak vid rörbrott, vilket motsvarar medelstort utsläpp. Två olika simuleringar har genomförts, den första med luftintag på 1 meters höjd och 0,5 luftväxlingar/timma (representerar enskilda hus) och den andra med luftintag på 5 meters höjd och 3 luftväxlingar (representerar kontor/industri med centralt luftintag).

Tabell B.10. *Andel omkomna och skadade vid medelstort utsläpp av giftig gas (ammoniak vid rörbrott) för olika avstånd från utsläppspunkten, inomhus. Resultatet i kolumn till vänster ska representera ett enskilt hus (i simuleringen antas 0,5 luftväxlingar och luftintag på 1 meters höjd). Kolumn till höger representerar t.ex. kontor (antar 3 luftväxlingar och luftintag på 5 meters höjd).*

Avstånd (meter)	Andel omkomna/svårt skadade (%) inomhus	
	0,5 luftväxlingar NH ₃	3 luftväxlingar NH ₃
~11	100/0	0/25
~23	60/39	96/4
~36	5/64	76/24
~48	0/21	36/60
~75	0/0	2/55
~88	0/0	0/32

Tabell B.11 visar på resultat från simuleringar med ammoniak vid punktering av tank (stort utsläpp). Två olika simuleringar har genomförts. Den första med ett luftintag på 1 meters höjd och 0,5 luftväxlingar/timma (representerar enskilda hus). Den andra med luftintag på 5 meters höjd och 3 luftväxlingar (representerar kontor/industri med centralt luftintag).

Tabell B.11. *Andel omkomna och skadade vid stort utsläpp av giftig gas (ammoniak vid punktering av tank) för olika avstånd från utsläppspunkten, inomhus. Resultatet i kolumn till vänster representerar ett enskild äldre hus (i simuleringen antas 0,5 luftväxlingar och luftintag på 1 meters höjd) och den högra kolumnen ska representera t.ex. kontor (antar 3 luftväxlingar och luftintag på 5 meters höjd).*

Avstånd (meter)	Andel omkomna/svårt skadade inomhus (%)	
	0,5 luftväxlingar NH ₃	3 luftväxlingar NH ₃
~31	90/10	100/0
~73	12/72	84/16
~116	0/3	11/71
~158	0/0	0/26

I Tabell B.12 redovisas andelen omkomna och svårt skadade utomhus vid medelstort och stort utsläpp. Förutom svårt skadade och omkomna kan även lindrig skadade förekomma.

Tabell B.12. Andel omkomna och svårt skadade vid utsläpp av giftig gas (medelstort och stort utsläpp) för olika avstånd från utsläppspunkten, utomhus. Förutom omkomna och svårt skadade kan även lindrigt skadade förekomma.

Avstånd (meter)	Andel omkomna/svårt skadade utomhus (%)	
	Medelstort utsläpp	Stort utsläpp
~6	100/0	100/0
~36-40	100/0	100/0
~50	91/9	100/0
~70	62/8	100/0
~100	11/72	100/0
~130	1/26	100/0
~150	0/26	100/0

B.4 Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara (klass 3)

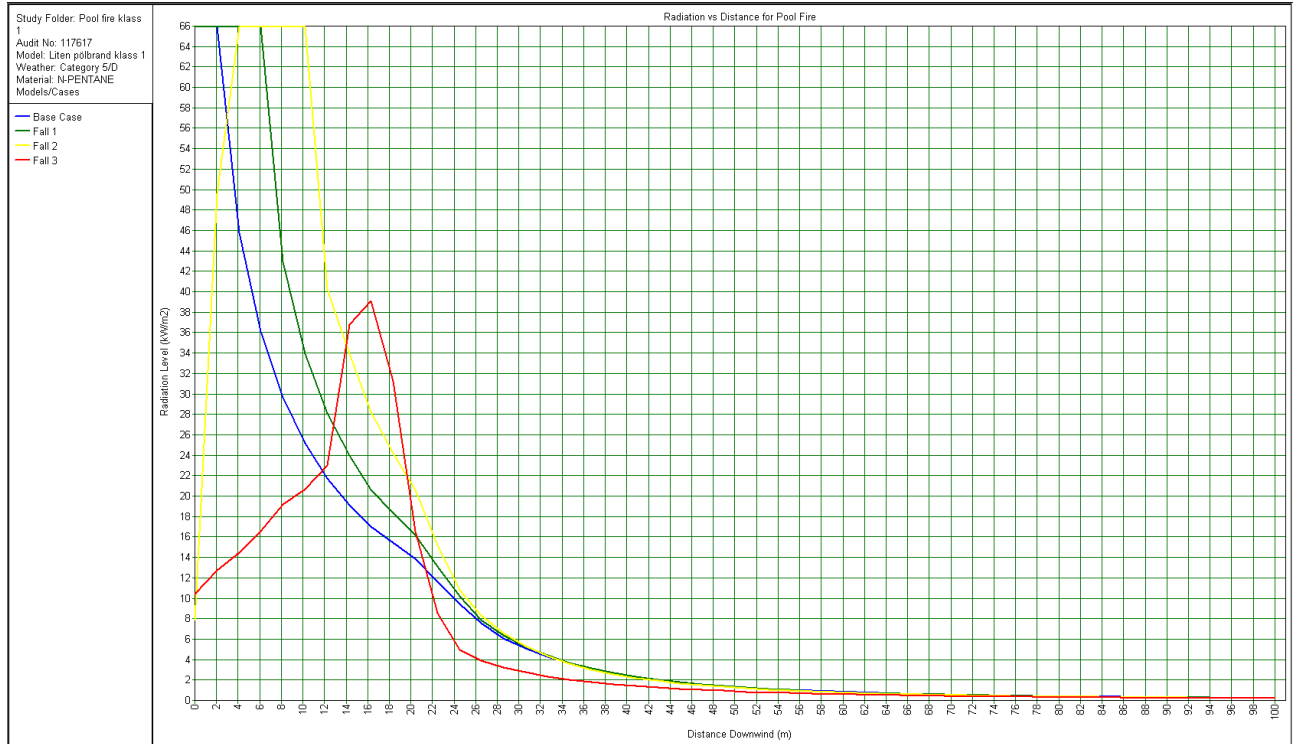
En tankbilsolycka som leder till utsläpp av brandfarlig vätska kan antändas och resultera i en pölbrand (brinnande vätska på marken). Beroende på utformning av området kring vägen kan vätskan antingen sprida sig närmre byggnader eller så kan en utspridning begränsas av exempelvis ett dike.

Det finns olika typer av brandfarlig vätska, vanligt förekommande är bensin och diesel. Bensin har en flampunkt under 21°C och kan antändas vid normala utomhusförhållanden medan brandfarlig vätska, av typen dieselolja, har högre flampunkt och förväntas inte antändas vid lägre temperatur än 55°C. Omkring 40 % av transporterade klass 3 produkter utgör väskor med låg flampunkt.

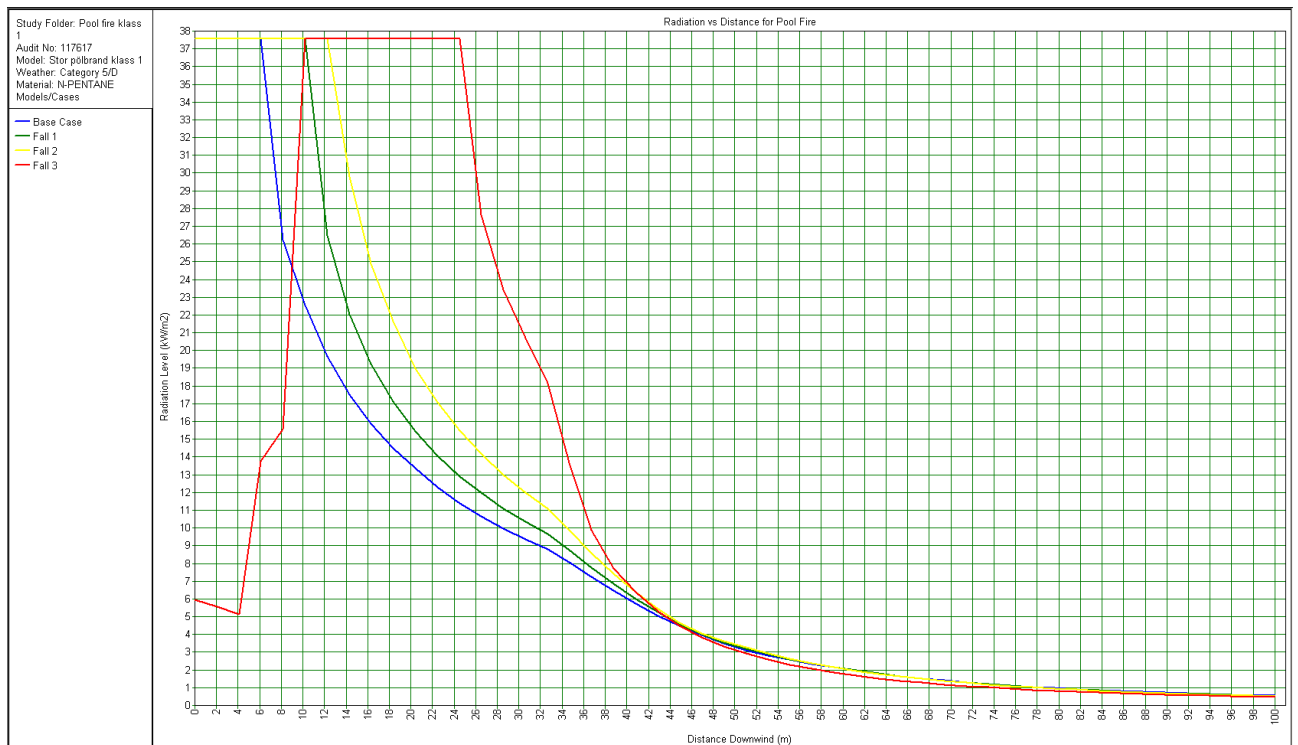
Ett utsläpp som inte antänds har främst en påverkan på miljön, skadliga konsekvenser för människor uppstår om vätskan antänds och bildar en pölbrand (brinnande vätska på marken). Hur stor pölbranden blir beror på storleken på utsläppet och pölens utbredning. Följande scenario har definierats:

- › Litet utsläpp: Bedöms inte ha någon påverkan på omgivningen
- › Medel utsläpp: Antas resultera i pölbrand på 50 m²
- › Stort utsläpp: Antas resultera i pölbrand på 200 m²

Strålningsnivåer som funktion av avstånd redovisas för 50 respektive 200 m² pölbrand i Figur B.4 och B.5.



Figur B.4. Strålningsnivå i kW/m² på olika höjd över mark som funktion av avstånd. Brandscenario; pölbrand 50 m², bensin, vind 5 m/s. De olika fallen beskriver strålningen på olika höjd över marken (Base Case= 0 m, Fall 1=2 m, Fall 2=5 m och Fall 3=15 m). Not: Avstånd (x-axel) räknas från centrum av pöl



Figur B.5. Strålningsnivå i kW/m² på olika höjd över mark som funktion av avstånd. Brandscenario; pölbrand 200 m², bensin, vind 5 m/s. Not: Avstånd (x-axel) räknas från centrum av pöl

Strålningsnivåer för aktuella avstånd från transportled redovisas i Tabell B.13.

Tabell B.13. Strålningsnivåer (avrundade värden i kW/m²) på marknivå respektive 15 meters höjd för brandarea 50 respektive 200 m².

Brandarea (m ²)	Strålning 0-20 m (kW/m ²)	Strålning 20-50 m (kW/m ²)	Strålning >50 m (kW/m ²)
50	>10	1-10	<1
	>10-40	1-10	<1
200	>12	2-12	<2
	>24	2-24	<2

Nedan följer en sammanställning av olika effekter/symptom vid olika strålningsnivåer:

Tabell B.14 Effekter/symptom vid olika strålningsnivåer.

Strålningsnivå	Effekt/symptom
6-7 kW/m ²	Smärta efter ca 8 sekunders exponering
10-11 kW/m ²	Smärta efter ca 3 sekunders exponering
13 kW/m ²	Outhärdlig smärta efter 2-3 sekunders exponering
16 kW/m ²	Blåsor och liknande brännskador uppstår efter ca 5 sekunders exponering
20 kW/m ²	Outhärdlig smärta efter ca 1 sekunders exponering

Dessa strålningsnivåer kan jämföras med den strålning som normalt solsken avger vilket ligger i storleksordningen 0,6-0,7 kW/m².

Långvarig strålning mot utrymmande personer får enligt Boverket inte överstiga nivåer om 2,5 kW/m². Kortvarig strålning får inte överstiga 10 kW/m².

Hur hög värmestrålning en person klarar av utan att erhålla skador beror bland annat på hur länge personen exponeras för strålningen. En person som blir varse en brand kommer troligtvis att försöka ta sig ifrån området och på så sätt kan graden av brännskada till viss del begränsas. Detta förutsätter dock att personen i fråga kan förflytta sig, blir varse branden samt reagerar tillräckligt fort för att kunna/hinna agera.

För byggnader finns följande gränsvärden beträffande strålning mot trä/brännbart material.

Tabell B.15. Gränsvärden beträffande strålning.

Strålningsnivå	Jämförelse/Gränsvärde
13 kW/m ²	Antändning av trä vid närvaro av en liten flamma
20 kW/m ²	Kriterie för överantändning i ett rum
29-30 kW/m ²	Spontan antändning av trä i det fria

Om strålningsnivån mot en byggnad kan begränsas till maximalt 15 kW/m² i minst 30 minuter föreligger det enligt Boverkets byggregler (BBR) inga brandtekniska krav på byggnadens fasad.

Brandtekniskt oklassat glas tål generellt en strålningsnivå upp till 7.5 kW/m² innan kollaps.

B.5 Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne

Till klass 5 hör oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) som vid upphettning, kontakt med organiska ämnen (t.ex. bensen eller motorolja) eller vid mycket kraftiga stötar kan få tillräckligt med energi för att spontant börja reagera och därefter orsaka brand eller i värsta fall explosion. Om ämnet, vid en olycka, endast läcker ut föreligger normalt ingen risk för personskada. Explosionsrisk föreligger ifall oxiderande ämne läcker ut och blandas med exempelvis fordonsbränsle, vilket kan ske ifall fordonstanken även skadas vid en olycka eller om andra fordon är inblandade.

Maximalt kan en explosiv blandning motsvarande ca 3 ton erhållas vid en olycka och konsekvenserna är lika de som uppstår vid olycka med massexplösiva ämnen.

Utöver explosion kan även en brand inträffa men konsekvensen (antalet omkomna) för ett sådant händelseförlopp bedöms vara relativt begränsad och ingår inte i de beräkningar som genomförs. I denna analys används en explosion, motsvarande 200 kg som dimensionerande scenario för olycka med oxiderande ämnen.

Utifrån beräkningar och antaganden som genomförts för massexplösiva ämnen görs följande bedömning beträffande antalet omkomna personer. Utöver dödsfall kan även personer skadas. Personskada kan uppkomma på grund av det direkta trycket men även av raserade väggar och tak, omkringflygande material och glassplitter. Personer kan även skadas av att de kastas omkull av tryckvågen.

Tabell B.16 *Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus på olika avståndsintervaller från en eventuell olycka med klass 5.1 produkter som resulterar i explosion motsvarande 200 kg. För bakgrund till bedömning hänvisas till kapitel om massexplosiva ämnen.*

Andelen omkomna	Ute	Inne
0-25 m	1	0,15
25-50m	1	0,05
50-75 m	0	0,01
75-100 m	0	0
100-250 m	0	0

Andel omkomna är behäftat med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet.

För jämförelse till beräkningar finns de uppgifter som sammanställs i Göteborgs översiktsplan (GÖP, 1999). Enligt Göteborg översiktsplan beräknas dödliga skador ske inom 30 meter och väggar kan raderas inom 70 meter ifrån explosionen med oxiderande ämnen.

Bilaga C - Känslighetsanalys

Riskanalyser innefattar ett betydande mått av osäkerhet på grund av bland annat litet statistiskt underlag över olyckor, i viss mån antaganden om persontäthet samt variabel konsekvens på grund av till exempel olika vädersituationer vid olyckstillfället.

Resultatet av analysen bygger på ett antal ansatser beträffande trafikunderlag för farligt gods, olycksscenario, olycksfrekvenser, mm. Utgångspunkten i gjorda antaganden och bedömningar har varit att dessa så långt som möjligt skall "spegla den verkliga situationen" eller, i vissa fall, vara medvetet konservativa. Med begreppet "konservativa" avses här att bedömningarna leder till att risknivån överskattas. Målet är att erhålla en balanserad samlad bedömning.

Exempel på områden som kan påverka resultatet är:

- › Farligt gods (mängd, ämnen)
- › Omgivning (verksamheter, markanvändning och befolkningsmängd)
- › Olycksstatistik
- › Konsekvenser (brand, explosion, giftig gas, väderlek, topografi)
- › Metod för beräkning av risk

Genom att genomföra olika simuleringar och variera valda parametrar och situationer kan man få en bild om vad som mest påverkar resultatet.

Nedan diskuteras och presenteras några av de variabler och resultat som behandlats för att få en uppfattning om robustheten i de bedömningar som görs.

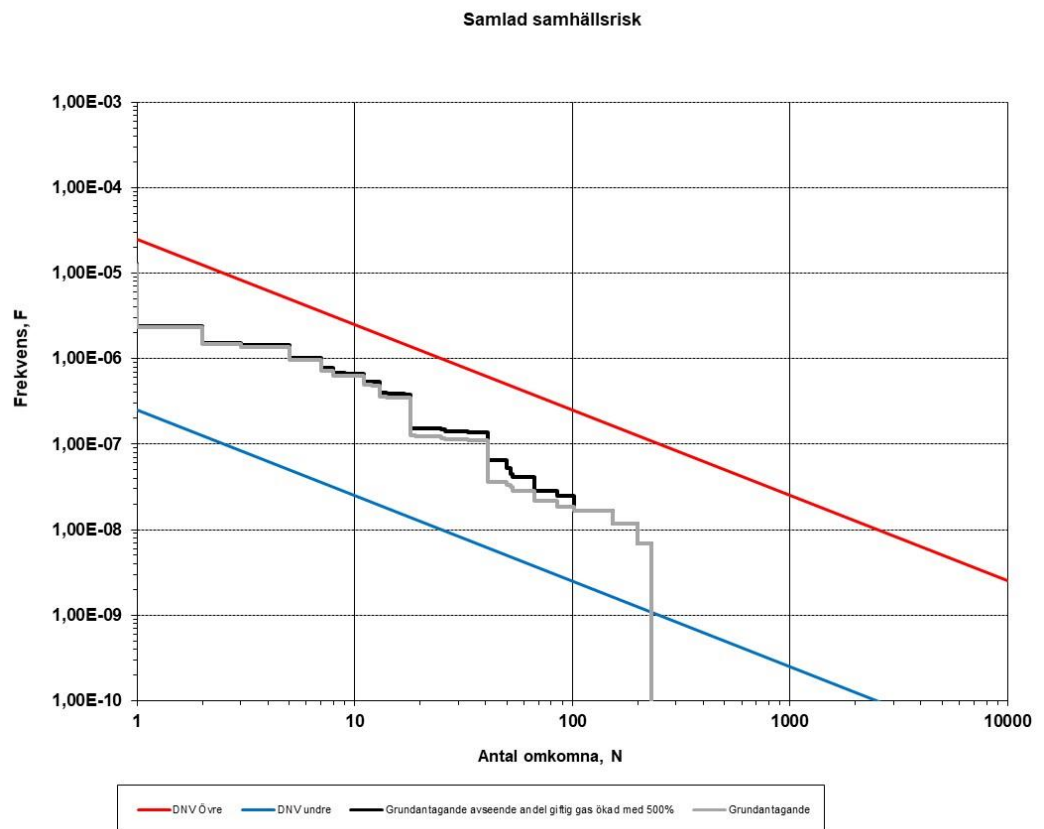
Farligt gods:

Mängder/ämnen som transporteras kan variera. För denna analys baseras beräkningar på uppgifter från de företag som främst trafikerar de aktuella transportlederna med farligt gods.

Enligt MSB (tidigare Räddningsverket) finns det ingen enskild prognos för transport för farligt gods. Osäkerheter avseende framtida transportmängder finns därför.

Giftig gas transporteras enligt erhållna uppgifter från SRV inte på väg E45. För att ta höjd för att denna typ av farligt gods eventuellt ändå transporteras på vägen har ett antagande att 1% av den totala mängden klass 2 (kondenserad gas) utgör klass 2.3 (giftig gas). Detta bedöms vara ett konservativt antagande då det nationella genomsnittet avseende andel klass 2.3 av klass 2 är 0.1%.

En känslighetsanalys har ändå genomförts där mängden giftig gas ökats med 500% från grundantagandet, dvs. 5% av den totala mängden av klass 2 utgörs av klass 2.3. Vid en jämförelse med det nationella genomsnittet (0.1%) är detta en ökning med 5000%. Resultatet presenteras i Figur C.1.



Figur C.1. Samhällsrisiknivån (med skyddsåtgärder) för grundantagandet avseende mängd giftig gas (1% av klass 2) samt en känslighetsberäkning när detta antagande ökat med 500%.

Samhällsrisiknivån ökar något men ligger kvar i samma härad även efter en signifikant ökning av mängden giftig gas.

Omgivning:

Hur många personer som befinner sig på området kan ha stor påverkan på resultatet för samhällsrisk. Störst påverkan har antaganden om människor som befinner sig utomhus nära väg-/järnvägsområdet. Bedömningen är att uppskattningar om personintensiteten är robust och speglar föreslaget användningsområde.

Olycksfrekvens:

För resonemang och bedömningar kring olycksfrekvens hänvisas främst till Bilaga A.

Konsekvenser:

Konsekvenserna av vissa händelser, t ex utsläpp av brandfarlig gas, är beroende på hur händelsen utvecklas - omedelbar antändning, fördröjd antändning av gasmoln,

etc. Sannolikheter för dessa scenarier är baserade på tidigare COWI studier och beräkningar som genomförts i olika simuleringsprogram. Dessa ansatser stämmer i många fall väl överens med de ansatser som gjorts i (VTI, 1994) och Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods.

Generellt gäller att uppskattning av de konsekvenser som kan uppstå i form av omkomna och skadade personer i händelse av en farligt godsolycka baseras på Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, beräkningar utförda i Bfk (RIB, 2012) samt beräkningar i enlighet med de som beskrivs i Bilaga B.

Metod för beräkning av risk:

I arbetet har, förutom ovan redovisad data, ytterligare ett antal ansatser gjorts som påverkar slutresultatet. Några av dessa redovisas nedan.

Indelning i analysområde

Vid beräkning av olycksfrekvenser har antagits att en olycka ska inträffa inom det studerade området för att påverka detta område. För händelser med stora konsekvensavstånd, t ex olycka med giftig gas, har frekvensfaktorn multiplicerats upp för att ta hänsyn till att det studerade området kan påverkas även av händelser utanför området.

Antagen placering av ”olyckscentrum”

Vid beräkning av samhälls- och individrisk har olyckan antagits inträffa på den ur risksynpunkt värsta punkten, d.v.s. mitt framför det studerade området.

Scenarioutveckling

Förutom inledande olycksfrekvenser så påverkas resultatet av de scenarioutvecklingar som antagits. Möjliga händelseutvecklingar och sannolikheter för dessa redovisas i Bilaga A och Bilaga B samt har diskuterats under ”Konsekvenser” ovan.

C.1 Diskussion kring skadade personer

I analysen har beräkningar baserats på bedömt antal *omkomna* vid olika olycksscenario. Det finns två huvudanledningar till detta:

- › De kriterier som används är baserade på antal omkomna
- › Tillgängliga beräkningsverktyg för att beräkna individrisk, och samhällsrisk i form av FN-kurvor beräknar antal omkomna.

Fördelarna med detta ligger i tydlighet och möjlighet att jämföra med andra risker i samhället. Nackdelar är att:

- › Samhället är utsatt för både dödsfalls- och skaderisker.
- › Vid vissa olyckor, t.ex. utsläpp av toxisk gas, kan antalet dödsfall vara begränsat, medan antalet skadade människor kan vara stort och betydligt högre än t.ex. vid en brandolycka.

Det skulle därför i princip vara önskvärt att kriterier för värdering av risk tog hänsyn till både skade- och dödsfallsrisker. Några olika metoder för detta har prövats internationellt:

- › Begreppet “motsvarande dödsfall” (användes bl.a. i Groningenkriteriet - ett tidigt Holländskt riskkriterium). Antalet skadade adderas där till antalet dödsfall genom bruk av viktfactorer, t.ex. 0,01 för lätt skadad och 0,1 för permanent skada.
- › Begreppet “farlig dos” som används i Storbritannien (HSE) istället för dödsfall i samband med kriterier för den fysiska planeringen. En “farlig dos” är definierad att orsaka följande effekter:
 - › Stora smärtor hos nästan alla personer.
 - › En stor del av de utsatta behöver läkarvård.
 - › Några personer är allvarligt skadade och behöver förlängd medicinsk vård.
 - › Några mycket känsliga personer kan omkomma.

Detta kräver dock att en “farlig dos” måste definieras för varje ämne.

- › Konsekvenskriterier som används i Australien (NSW kriterier). Dessa definierar skador i form av nivåer för värmestrålning, explosionsövertryck och exponering av toxisk gas. Den individuella skaderisken skall inte vara större än 10 till 50 gånger dödsfallsrisken, beroende på skadans allvarlighet.

Även om dessa metoder har den fördelen att de tar hänsyn till skadeeffekter så har de också vissa nackdelar:

- › Skada är ett begrepp som inte är lika klart definierat som dödsfall, eftersom skador kan vara olika allvarliga. Därmed måste skadefallskriterier definieras på ett mycket mer detaljerat sätt än dödsfallskriterier, vilka normalt förutsätter att "dödliga doser" finns definierade.
- › Riskanalyser och riskkriterier har utvecklats mot att beakta dödsfallsrisker och ett skadefallskriterium är därför svårt att jämföra med dessa.

Det bör också påpekas att även om det kan vara önskvärt att beakta skador på ett mer konkret sätt än vad som normalt görs i kvantitativa riskanalyser så finns det en koppling mellan antalet dödsfall och antalet skador, även om denna relation är olika för olika olyckstyper. Genom att kontrollera risk för dödsfall utövas därmed även, om än indirekt, kontroll över risk för skador.

För att *exemplifiera* förhållandet mellan omkomna och skadade ges nedan en kort sammanställning av några inträffade händelser och utredningar. Man ska observera att händelserna/utredningarna är valda enbart för att ge exempel på förhållande mellan omkomna och skadade och inte för att de anses specifikt relevanta för den aktuella etableringen.

Olycka med brandfarlig vara

Ett antal lastbilsolyckor med brandfarlig vara har inträffat både i Sverige och utomlands. Exempel på händelser i Sverige är Falkenberg 2005 och Kungälv 2012. Vid dessa händelser har lastbilsföraren omkommit medan övriga personer fått inga eller lindriga skador. Dessa händelser inträffade dock inte i tätbebyggt område. Förutsatt att brandspridning till omgivningen förhindras bedöms dock att antalet skadade personer kommer att vara lågt vid denna typ av händelser.

Olycka med brandfarlig gas

I Viareggio i Italien inträffade år 2009 en järnvägsolycka där en gasolvagn skadades och gas läckte ut. Gasen spreds bland småhusbebyggelse, antändes och orsakade en explosion med efterföljande brand. Omkring 1 000 personer i området kring stationen evakuerades eftersom det fanns risk att ytterligare tankar skulle rämna på grund av brandpåverkan. Händelsen resulterade i 32 omkomna och 26 skadade personer.

Olycka med giftig gas

I februari år 2005 spårade ett godståg med 780 ton klor i tolv vagnar ur i Ledsgård norr om Kungsbacka. Fyra av vagnarna skadades men något läckage uppstod ej.

I den utredning som FOI genomförde beräknades skadeutfall vid olika tänkbara scenarier (FOI, 2007). För det fall som betecknades som ”dimensionerande”, där en järnvägsvagns innehåll (ca 60 ton) antogs läcka ut under en timma bedömdes antalet omkomna, svårt skadade och lätt skadade till 1, 50 respektive 200.

Bilaga D – Möjliga säkerhetshöjande åtgärder

COWIs genomgång av möjliga säkerhetshöjande åtgärder utgår framförallt ifrån den skrift som Räddningsverket (idag MSB) gavs ut år 2006, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner – Vägledningsrapport 2006*. I denna bilaga presenteras en mer utförlig beskrivning av respektive åtgärd som presenteras i kapitel 7.4. Notera att de åtgärder som rekommenderas i den här riskutredningen presenteras i kapitel 8 samt att de åtgärder som kvantifierats vid beräkning av individ- och samhällsrisk presenteras i bilaga A, avsnitt A.6.

D.1 Dike

Åtgärden innebär att ett dike anordnas för att samla upp utsläpp eller dagvatten. Diket anordnas vanligen i anslutning till vägar och järnvägar, men kan även finnas i åkermark och runt industrier. Genom att diket samlar upp utsläppta vätskor har åtgärden effekt även mot pölbränder.

Säkerhetspåverkan

- › Åtgärden reducerar även konsekvensen av ett vätskeutsläpp som kan ge en pölbrand, då pölens utbredning koncentreras till diket.
- › Åtgärden är till viss del oberoende av insats från räddningstjänsten. Vid stora utsläpp kan räddningstjänstens insats i form av pumpning av vätska dock vara nödvändig
- › Åtgärden har hög tillförlitlighet och ett mycket lågt behov av kontroll och nyinvesteringar. Åtgärden kan kräva underhåll i form av rensning av diken, då de lätt växer igen.

Andra aspekter

- › Åtgärden kan innebära en merkostnad.
- › Åtgärden innebär små begränsningar vid utformning av detaljplaneområdet. Osäkerheten ligger i omfattningen av exempelvis den utflytande volymen.

Kommentarer

- › Generellt lämplig som säkerhetsåtgärd för att minska utbredning av vätskeutsläpp och reducera storleken på de pölbränder som kan uppkomma.
- › Generellt lämplig att reglera med detaljplan främst inom allmän plats.

D.2 Vall

Åtgärden innebär att jordmassor placeras så att en vall bildas som en fysisk barriär mellan ett risk- och skyddsobjekt.

Säkerhetspåverkan

- › Vall innebär en fysisk barriär som kan förhindra fordon, bränder eller vatten att passera. Vallen leder till ”mjukare” kollision, och förhindrar påkörning av byggnad/personer vid en eventuell avåkning. Detta gäller både väg och järnväg. Vallen tjänar även som en avgränsning vid eventuella utsläpp av vätskor och därmed begränsas både storlek och bildandet av pölar. Detta innebär begränsade bränder. I händelse av olycka nära marken med utsläpp som sprids i luften kan i vissa fall koncentrationerna förväntas minska till cirka hälften på andra sidan vallen.
- › Åtgärden kan minska konsekvenser vid fordonsolyckor.
- › Utsläpp till följd av avåkning blir relativt enkla att ta hand om, brand-spridning från eventuella pölbränder kan sannolikt förhindras.
- › Åtgärden kan skydda mot tryckvåg vid explosion.
- › Åtgärden kräver ingen skötsel för att den säkerhetshöjande effekten ska bestå.
- › Kan ge räddningstjänsten problem med tillgängligheten till t.ex. spårområde.
- › Hög tillförlitlighet. Väl genomförd är det sannolikt att åtgärden finns kvar och fungerar över en längre tidsperiod.

Andra aspekter

- › Priset för en vall kan vara ca 5 000-20 000 kr/löpmeter beroende på tillgänglighet av massor.
- › Yta måste avsättas till vallen. Vallen påverkar landskapsbilden.
- › Åtgärden har även andra effekter, t.ex. bullerdämpande och insynsskyddande.
- › Åtgärden kan kombineras med plantering för att förhindra att den används på olämpligt sätt som t.ex. pulkabacke.
- › Ansvar: få inblandade aktörer.

Kommentarer

- › Åtgärden är generellt sett lämplig som säkerhetsåtgärd eftersom vallens utformning är enkel att beskriva. Vallens höjd och utbredning bör anges för att säkerställa effekterna.
- › Generellt sett lämplig att reglera med detaljplan främst inom allmän plats.
- › Om åtgärden införs längs väg eller järnväg bör det beaktas vem som får ansvar för uppförande och underhåll.
- › Åtgärden innebär i praktiken alltid ett skyddsavstånd.

D.3 Mur/plank

Åtgärden innebär att en tät konstruktion uppförs som barriär mellan risk- och skyddsobjekt. Nedan beskrivs åtgärden med utgångspunkt från en mur/ett plank, cirka två meter hög. Åtgärden kan minska sannolikheten för fordonsolyckor. Den kan lindra konsekvenserna vid översvämning (försvarar utbredning av vätskor) och explosioner (absorberar splitter på låg höjd). Minskar exponeringen för strålning från bränder och utsläpp i luften.

Säkerhetspåverkan

- › I huvudsak passiv och tillförlitlig åtgärd.
- › Åtgärden kan vara lämplig som skydd vid t.ex. förhöjd risk för pölbrand.
- › Mur/plank ska utformas så att den inte lockar till klättring, balansgång eller annan lek för barn.
- › Kan behöva stöttnings- och förstärkt grundläggning för att fungera vid översvämning/hindra vätska att ta sig förbi barriären.
- › Kan reducera exponeringen till följd av olycka t.ex. tryckvåg.

Andra aspekter

- › Mur kan kosta mellan ca 1 000 och 3 000 kr per m². En två meter hög mur kostar då ca 2 000-6 000 kr/löpmeter. Bullerplank kan kosta mellan ca 1 000 och 3 000 kr per löpmeter (cirka två meter högt).
- › Vid placering på allmän plats utgör muren en begränsning av framkomligheten för allmänheten.
- › Bullerdämpande och kan hindra sikt beroende på utformning.
- › Få inblandade aktörer.

Kommentarer

- › Generellt lämplig som säkerhetsåtgärd.
- › Generellt lämplig att reglera med detaljplan dels då plankets/murens utformning och utbredning är enkel att beskriva.

D.4 Skyddsavstånd

Åtgärden innebär att skyddsobjekt inte får placeras inom ett visst avstånd från en riskkälla. En separering av riskkälla och skyddsobjekt erhålls. Detta innebär att sannolikheten för att en olycka ska leda till skada i händelse av brand, explosion eller utsläpp av giftiga ämnen reduceras. Inom ett skyddsavstånd kan mindre störningskänsliga verksamheter finnas. Se avsnitt F.5 *Disposition av planområde* i denna bilaga.

Säkerhetspåverkan

- › Passiv åtgärd, fungerar oberoende av andra åtgärder.
- › Underlättar räddningstjänstens insats; är tydlig, skapar plats för räddningsarbete.
- › Hög tillförlitlighet. Viss sannolikhet finns att marken börjar användas till något den inte var avsedd för, men inte varaktigt eller omfattande som t.ex. bebyggelse.
- › Åtgärder reducerar konsekvensen kraftigt vid korta skyddsavstånd, men effekten avtar med avståndet.

Andra aspekter

- › Markpriset i exploateringsområden varierar mellan några hundra till tusentals kr/m². Vid förtätningar i redan exploaterade områden kan markpriset vara högt.
- › Begränsar användning av markområden vilket kan skapa ”döda ytor” som i stor skala leder till en utglesning av samhällen.
- › Åtgärden leder också till reduktion av t.ex. buller och luftföroreningar.

D.5 Disposition av planområde

Åtgärden innebär att bestämma hur marken som omfattas av detaljplanen får användas och bebyggas. Dispositionen berör användning av mark och byggnader, placering av byggnader, planteringar, grönområden, gång- och cykelvägar, parkeringar, etc. Åtgärden är egentligen ingen ”egen” säkerhetsåtgärd utan en kombination av enskilda åtgärder som t.ex. användning av mark och skyddsavstånd. Åtgärden kan även innebära att mindre störningskänslig

verksamhet placeras som en skärm framför ett skyddsobjekt, exempelvis kontorshus framför bostäder. Åtgärden karakteriseras av att genom god planering och ett väl disponerat område uppnås skyddseffekter utan att det medför några direkta kostnader eller begränsningar. Åtgärden kan skydda mot flertalet olyckor såsom explosion, brand, utsläpp till luft och trafikolyckor.

Säkerhetspåverkan

- › Effektiviteten av åtgärden är relaterad till vilka enskilda delåtgärder som disponeringen av planområdet innebär.
- › Byggnadernas användning och begränsning av byggnadsarean medverkar indirekt till hur många människor som kommer att vistas i området och påverkar därmed den maximala konsekvensen av en olycka.

Andra aspekter

- › Under förutsättning att planeringsfriheten är stor är kostnaden för åtgärderna låg.
- › Begränsar handlingsfriheten vid utformning av planområdet, exempelvis genom att en mindre del av området tillåts bebyggas, vilket i sin tur kan påverka hur lönsamt projektet blir för exploatören (exempelvis hur många bostäder som kan byggas och därefter säljas/hyras ut).
- › Åtgärden kan generellt användas när stor planeringsfrihet råder inom detaljplaneområdet.

Kommentarer

- › Generellt lämplig som säkerhetsåtgärd eftersom den innebär god planering och medför ett naturligt skydd mot flera olyckor.
- › Åtgärden är lämplig att reglera med detaljplan, då precisering av användning av mark och byggnader, utformning och placering av byggnader och utformning av allmän plats och tomter är vanliga bestämmelser.

D.6 Disposition av byggnad

Åtgärden innebär hur lokaler inom en byggnad disponeras för att uppnå ett skydd mot olyckor. Det handlar t.ex. om placering av samlingslokaler och utrymningsvägar. Även balkonger räknas hit, trots att de ofta ligger utanför själva byggnaden. Disposition inom byggnad skyddar genom att styra hur många personer som exponeras och/eller möjliggöra säker utrymning efter en olycka.

Säkerhetspåverkan

- › Rätt använd, frigör åtgärden resurser för räddningstjänsten då skadefallet minskar och utrymning görs möjlig.
- › Åtgärden har hög tillförlitlighet, men kan "glömmas" bort vid ändring av byggnad. Inget behov av underhåll.
- › Åtgärden reducerar konsekvensen av olika typer av bränder då exempelvis utrymning möjliggörs till säker sida.
- › Skadefallet vid explosioner minskar om samlingslokaler inte placeras intill exponerad fasad.

Andra aspekter

- › Åtgärden innebär ofta ingen direkt kostnad.
- › Stor begränsning av en byggnads användning om lokalerna inte kan disponeras fritt.
- › Minskar möjlighet till optimalt/flexibelt utnyttjande av lokaler.

Kommentarer

- › Generellt lämplig som säkerhetsåtgärd i de fall det handlar om möjlighet till säker utrymning.
- › Generellt lämplig att reglera med detaljplan.

D.7 Placering av friskluftsintag

Åtgärden innebär att friskluftsintag placeras på oexponerad sida, vanligtvis bort från riskkällan och högt upp. Syftet med åtgärden är att, vid utsläpp, minska den mängd gas som kommer in i byggnaden via ventilationssystemet.

Säkerhetspåverkan

- › Åtgärden minskar konsekvensen av utsläpp av brandgaser och andra giftiga gaser genom att gasens inträngning i byggnaden minskar.
- › Åtgärden minskar sannolikheten för explosion i en byggnad vid utsläpp av brandfarlig gas utomhus.
- › Det kan bildas högre gaskoncentrationer i lä för vinden på den ej exponerade sidan.
- › Effekten minskar om det finns öppningar, såsom fönster och dörrar, på den exponerade fasaden.

- › Underhållsbehovet är lågt och åtgärden förväntas fungera väl över tiden.

Andra aspekter

- › Kostnaden är generellt sett låg under förutsättning att ventilationssystemets utformning inte begränsas i övrigt.
- › Möjlighet ur ventilationssynpunkt till optimal placering av ventilationskanaler och fläktrum kan minska.
- › Kan även ge skydd mot kontinuerlig exponering av luftföroreningar orsakade av fordon om byggnaden är placerad i omedelbar närhet av väg.
- › Många inblandade aktörer, i olika skeden.
- › Fläktar på ”oexponerad sida” kan komma i konflikt med ”tyst sida” avseendebuller.

D.8 Förstärkning av stomme/fasad

Åtgärden innebär att byggnad, eller del av byggnad, utförs med fasad och stomme som ska kunna motstå tryckökningar motsvarande exempelvis viss explosion. Utförandet ska ge skydd mot fortskridande ras och stå emot påkörning (fordon mot byggnad).

Säkerhetspåverkan

- › Åtgärden är konsekvensreducerande. Vid tryck mindre än designtrycket är sannolikheten för fortskridande ras av byggnaden liten.
- › Åtgärden har genomsnittlig tillförlitlighet.
- › Mycket låga krav på kontroll.
- › Effektiviteten bedöms som genomsnittlig. Den kommer att minska sannolikheten för större byggnadsras med riktigt stora konsekvenser och risk till ytterligare olyckor.
- › Åtgärden är oberoende av insats från räddningstjänsten.

Andra aspekter

- › Tyngre konstruktion av stomme och fasad.
- › Dyrare utförande.
- › Skador kan trots åtgärden uppkomma på människor till följd av tryckstegring och splitter.

Kommentarer

- › Kan vara lämplig som säkerhetsåtgärd beroende på dimensionering av fasaden.
- › Generellt lämplig att reglera med detaljplan i de fall förutsättningarna är väl kända.

D.9 Begränsning av fönsterarea

Åtgärden innebär att fönsterarean (inklusive så kallad öppningskomplettering, t.ex. dörr, port, glasparti) i en fasad begränsas, t.ex. till 15 procent av fasadarean. Även fasad helt utan fönster/öppningar ingår.

Säkerhetspåverkan

- › Med färre öppningar minskas den svagaste konstruktionsdelen i fasad. Åtgärden är konsekvensreducerande.
- › Vid explosioner minskas exponeringen för såväl splitter som tryckvåg och föremål. Åtgärden är därför verksam såväl utanför som inuti byggnaden.
- › Vid utsläpp som sprids i luften förväntas det diffusa inläckaget i byggnader minska.
- › Effektiviteten bedöms som mycket låg. Mindre antal eller storlek på fönster utesluter inte öppna fönster som kan medföra att föroreningar tränger in, och skyddet mot explosioner innebär enbart en minskad sannolikhet för direkt påverkan av splitter eller föremål i eller utanför byggnaden.
- › Tillförlitligheten bedöms som hög. Åtgärden är oberoende av räddningstjänsten.

Andra aspekter

- › Begränsning av fönsterarea på en fasad kan innebära fler fönster på en annan fasad.
- › Åtgärden innebär begränsningar som kan ge sämre planlösningar då del av byggnad inte har dagsljus eller ett begränsat dagsljus och därmed sämre inomhusmiljö. Exempelvis kan det vara svårt att skapa genomgående lägenheter.
- › Tät fasad reducerar buller bättre än fasad med fönster.

Kommentarer

- › Kan vara tveksam som säkerhetsåtgärd, beroende på att effektiviteten bedöms som mycket låg.

- › Åtgärden kan komma i konflikt med önskemål om byggnadens yttre gestaltning.
- › Åtgärden bör införas som en funktionsbaserad bestämmelse eftersom fasad, fönster och ventilation ska fungera ihop.

D.10 Ej öppningsbara fönster

Åtgärden innebär att fasad förses med icke öppningsbara fönster, dvs. att fönster utformas som fasta partier.

Säkerhetspåverkan

- › Åtgärden är verksam mot föroreningar som sprids i luft. Inläckaget i byggnaden förväntas minska, vilket medför lägre exponering och minskade konsekvenser.
- › Effektiviteten bedöms som låg i jämförelsen med öppningsbara fönster. Det är inte realistiskt att göra alla fönster i en byggnad icke öppningsbara, utan bara för en fasad eller två. Effektiviteten beror på skillnaden i inläckage i byggnad beroende på vindhastighet, vindriktning och, framför allt, hur byggnaden påverkar strömningen och eventuellt skapar turbulens.
- › Åtgärden har ganska hög tillförlitlighet. Viss sannolikhet finns att skyddet försämras om åtgärden ”glöms bort”, t.ex. vid renoveringar (byte av fönsterpartier, fasadåtgärder etc.).

Andra aspekter

- › Inga kostnader beräknas tillkomma för projektering eller utförande avseende själva fönsterkostnaden.
- › Åtgärden medför stora begränsningar vad det gäller fönsterputsning framförallt i bostäder, men även i exempelvis kontor.
- › Om fönsterputsning ska vara möjlig måste fönster som öppnas med nyckel/verktyg jämföras med icke öppningsbara fönster för att kunna användas i bostäder. Åtgärdens tillförlitlighet blir då mycket lägre.
- › Åtgärden ses som begränsande utifrån perspektivet att personer gärna vill kunna öppna fönster för vädring och för att kunna kalla på hjälp i en nödsituation.
- › Åtgärden minskar exponeringsrisker mellan t.ex. kontor/bostäder och brandfarliga eller explosiva varor.

Kommentarer

- › Eventuellt lämplig som säkerhetsåtgärd, beroende på att effektiviteten bedöms som mycket låg. Ansvarsfrågan är otydlig och begränsningen är relativt stor.
- › Åtgärden bör införas som en funktionsbaserad bestämmelse eftersom fasad, fönster och ventilation ska fungera ihop.

D.11 Brandskyddad fasad

Åtgärden innebär att fasad, inklusive fönster, utförs i brandteknisk klass exempelvis EI 30 samt att krav ställs på byggnadens svårantändlighet. EI 30 innebär att fasaden är utformad på sådant sätt att brandspridning inte ska ske genom väggen inom 30 minuter om det inte brinner mycket intensivt på utsidan av väggen. EI 30 är dock ingen garanti för att fasaden inte antänds och att brandspridning därmed sker till exempelvis vinden. Av denna orsak kan krav på lägst brandteknisk klass i vissa fall behöva kompletteras med krav på svårantändlighet om andra material i fasadbeklädnader än murverk eller betong godtas. En brandklassad fasad, utan ventilationsöppningar, varken i fasad eller takfot, försedd med EI 30 klassade fönster, som inte kan öppnas utan särskilda verktyg, uppfyller normalt de krav som behöver ställas vad gäller brandskydd och brandmotstånd hos en fasad.

Säkerhetspåverkan

- › Passiv åtgärd, fungerar oberoende av räddningstjänstens eller annans åtgärder.
- › Hög tillförlitlighet. Viss sannolikhet finns att skyddet försämras om åtgärden ”glöms bort”, t.ex. vid renoveringar (byte av fönsterpartier, fasadåtgärder, ventilationsförändringar etc.).
- › Åtgärden minskar risken för, eller fördröjer, brandspridning till och vidare in i en byggnad vid brand utanför.
- › Åtgärden reducerar inträngning av giftiga gaser, brandrök, damm och aerosoler eftersom brandklassade fönster endast tillåts vara öppningsbara med nyckel eller specialverktyg. Exponering kan dock ske genom andra fönster eller via ventilationssystemet.

Andra aspekter

- › Kostnaden för brandklassade fönster är ca 5 000 kr/m².
- › Vissa begränsningar av utformningen av en byggnad.
- › Fönsterputsning försvåras (fördyras).

- › I bostäder eller kontor bör vid denna typ av lösning beaktas att de klassade fönstren inte betraktas som utrymningsvägar. Utrymning måste i stället ske via fönster åt annat håll eller via särskilda trapphus.

Kommentarer

- › Generellt lämplig att reglera med detaljplan. Åtgärden bör införas som en funktionsbaserad bestämmelse eftersom fasad, fönster och ventilation ska fungera ihop.