

JULI 2021

ÖVERSIKTLIG RISKUTREDNING MARKS KOMMUN

ADRESSE COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg
Sweden

TLF +46 10 850 10 00
FAX +46 10 850 10 10
WWW cowi.com

JULI 2021

ÖVERSIKTLIG RISKUTREDNING MARKS KOMMUN

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.
A132841	A132841-4-02-RAP001

VERSION	UTGIVNINGSDATUM	BESKRIVNING	UTARBETAD	GRANSKAD	GODKÄND
0.1	2021-02-26	För granskning	Christoffer Käck, Viktor Sturegård	Christoffer Käck, Viktor Sturegård	Stefan Bylin
1.0	2021-07-02	Slutversion	Christoffer Käck, Viktor Sturegård	Christoffer Käck, Viktor Sturegård	Stefan Bylin

INNEHÅLL

1	Inledning	4
1.1	Bakgrund och syfte	4
1.2	Omfattning och avgränsning	4
1.3	Metod	5
2	Riskhänsyn vid fysisk planering	6
2.1	Risk	6
2.2	Styrande dokument	8
2.3	Kriterier	9
3	Förutsättningar	15
3.1	Marks kommun	15
3.2	Transportleder för farligt gods	15
3.3	Studerad markanvändning	18
4	Faror vid olycka med farligt gods	21
5	Urspårningsrisker	25
6	Bedömning av risknivå avseende transporter av farligt gods	28
6.1	Individrisk	30
6.2	Samhällsrisk	34
6.3	Rekommenderade skyddsavstånd och skyddsåtgärder	35
6.4	Jämförelse mellan rekommenderade skyddsavstånd och individrisk	41
6.5	Genomgång av möjliga säkerhetshöjande åtgärder avseende kostnad-nytta	42
6.6	Särskilda fall och undantag	47
6.7	Osäkerhets- och känslighetsdiskussion	52

7	Faror vid drivmedelsstation	54
7.1	Bensinstationer	54
7.2	Tankstationer för metangasdrivna fordon	58
8	Referenser	62
	Bilaga A – Trafik och transporter med farligt gods	65
A.1	Farligt gods på järnväg	65
A.2	Farligt gods på väg	67
	Bilaga B - Beräkning av sannolikhet för olycka	70
B.1	Olycksfrekvens	70
B.2	Olycka med massexplodivt ämne	72
B.3	Olycka med brandfarlig gas (propan)	74
B.4	Olycka med giftig gas	77
B.5	Olycka med brandfarlig vätska	78
B.6	Olycka med oxiderande ämne	79
B.7	Olycka med giftiga ämnen	80
B.8	Olycka med frätande ämnen	81
B.9	Riskreducerande faktorer	82
B.10	Olycksfrekvens per scenario	83
	Bilaga C - Bedömning av konsekvenser	85
C.1	Konsekvenser för massexplodivt ämne (klass 1.1)	88
C.2	Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka	93
C.3	Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas	97
C.4	Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara	99
C.5	Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne	103
C.6	Riskbidrag från respektive ADR/RID-klass samt konsekvenstyp	104
	Bilaga D - Hastighetens påverkan på vägolyckor	108
	Bilaga E – Beräkning av urspårningsrisk	111
	Bilaga F - Känslighetsanalys	113
F.1	Diskussion kring skadade personer	114
	Bilaga G – Antaganden som gjorts vid uppskattning av personintensitet	117
G.1	Generella antaganden	117
G.2	Tillkommande typbebyggelse	117

Bilaga H – Möjliga säkerhetshöjande åtgärder	120
H.1 Dike	120
H.2 Vall	121
H.3 Mur/plank	122
H.4 Skyddsavstånd	123
H.5 Disposition av planområde	123
H.6 Disposition av byggnad	124
H.7 Placering av friskluftsintag	125
H.8 Förstärkning av stomme/fasad	126
H.9 Begränsning av fönsterarea	127
H.10 Ej öppningsbara fönster	128
H.11 Brandskyddad fasad	129
 Bilaga I – Beräkningsexempel farligt gods	 131
I.1 Inventering	131
I.2 Personintensitet vid tillkommande typbebyggelse	132
I.3 Beräkning av individrisk	132
I.4 Beräkningar av samhällsrisk	134
I.5 Riskvärdering	146
 Bilaga J – Riskbedömning bensinstation	 152
 Bilaga K – Riskbedömning plankorsning	 154

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Det sker årligen ett omfattande transportarbete av farligt gods på Sveriges väg- och järnvägsnät. Dessa transporter utgör en risk för människors liv och hälsa. Dessa risker skall beaktas vid planering av bebyggelse intill de transportleder på vilka transporter av farligt gods förekommer.

COWI har på uppdrag av Marks kommun genomfört en översiktlig riskanalys med avseende på transporter av farligt gods genom kommunen, och presenterar i denna rapport underlag till generella riktlinjer avseende skyddsavstånd mellan berörda leder och bebyggelse av olika känslighetsgrad. Riktlinjer ges även med avseende på fysisk planering i närhet av drivmedelsstationer.

Denna översiktliga riskanalys är tänkt att användas som ett stöd i planprocessen. Syftet är att planprocessen ska rationaliseras och att riskhänsyn i de kommunala planerna ska kunna beaktas på ett tidigt stadium.

Riktlinjerna som presenteras i rapporten kan användas i planprocessen och utgöra ett betydelsefullt underlag till den riskutredning som krävs enligt Plan- och bygglagen och Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands riskpolicy. Under förutsättning att planerad bebyggelse uppförs enligt de riktlinjer som anges i denna rapport anses riskhänsyn avseende transport av farligt gods och närhet till drivmedelsstation ha visats i tillräcklig grad.

1.2 Omfattning och avgränsning

Rapporten behandlar olycksrisker vilka är relaterade till transport av farligt gods, plankorsningsolyckor och drivmedelsstationer. Risker för egendom och miljö har ej behandlats.

Andra, för människan negativa störningar så som exempelvis elsäkerhet, luftföroreningar och buller har ej behandlats. Utöver de avstånd som presenteras i denna rapport kan ytterligare krav på avstånd och/eller skyddsåtgärder med avseende på dessa aspekter komma att ställas av myndigheter eller lagar.

Denna riskanalys gäller vid bebyggelse inom 150 meter från farligt godsled. För större avstånd anses riskerna med avseende på farligt gods vara begränsade. Bortom 150 meter behöver inte risker med farligt gods beaktas vilket stämmer överens med Länsstyrelsens riskhanteringsavstånd med avseende på farligt gods.

Horisontår avseende trafikmängder och befolkningstäthet är satt till år 2040.

Andra verksamheter som behandlar farliga ämnen utöver bensinstationer har ej behandlats.

De rekommenderade skyddsavstånden i denna rapport gäller förutsatt att de grundläggande antagandena som legat till grund för bedömningar i denna rapport gäller för den enskilda planen. **Resultaten i denna riskanalys gäller ej om något av följande kriterier uppfylls:**

- > Vid mer omfattande bebyggelse än vad som beskrivs i avsnitt 3.3 uppkommer en högre personintensitet och därmed även högre risknivå än vad som har beräknats.
- > Efter år 2040. Detta då trafikunderlaget som legat till grund för beräkningarna ej längre är gällande.
- > Inom zonen 50x50 meter från skärningspunkten mellan två korsande farligt godsleder, se avsnitt 6.6.1. Detta då denna zon kan leda till en förhöjd kumulativ risknivå.
- > Vid etablering av lokaler för samhällskritisk verksamhet så som t.ex. polis eller räddningstjänst. Detta då denna typ av verksamhet kan kräva en lägre risknivå. Notera att detta avsteg inte innefattar vård, vilket har detaljstuderats i denna riskanalys.
- > Vid etablering inom rekommenderade bebyggelsefria områden, dvs. inom 30 meter och med kortare skyddsavstånd än vad som anges i avsnitt 6.3. I händelse av att en fördjupad riskanalys genomförs med avseende på detta behöver särskild hänsyn tas till t.ex. ADR/RID-klass 8 och andra ADR/RID-klass som i denna riskanalys ej studerats.

Notera att avsteg från rekommenderade skyddsavstånd och skyddsåtgärder (inklusive allmänna skyddsåtgärder) alltid kan tillåtas förutsatts att en fördjupad riskanalys för den specifika planen visar på en tolerabel risknivå.

1.3 Metod

Framtagande av rekommenderade skyddsavstånd och skyddsåtgärder i denna rapport har genomförts med en kvantitativ metod där beräknade risknivåer legat till grund för ett kvalitativt resonemang avseende skyddsavstånd och rekommenderade skyddsåtgärder. Utredningen har genomförts i följande steg:

- 1 Inventering av farligt gods leder med avseende på mängd, hastigheter etc.
- 2 Definition av dimensionerande personintensitet för olika typbebyggelser
- 3 Beräkning av individrisk för varje specifik farligt godsled
- 4 Beräkning av samhällsrisk för varje typbebyggelse för respektive farligt godsled
- 5 Riskvärdering och definition av rekommenderade skyddsavstånd med och utan beaktande av skyddsåtgärder

För mer utförlig beskrivning av metodiken se, avsnitt 6.

2 Riskhänsyn vid fysisk planering

I detta kapitel presenteras bakgrund och begrepp för risk och riktlinjer för riskhänsyn vid fysisk planering.

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 risknivån skall värderas tillsammans med konsekvenserna på ett balanserat sätt.

I riskanalyser kan risknivån presenteras som individrisk och/eller samhällsrisk. Individrisken är lättare att definiera och värdera än samhällsrisken.

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

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

Samhällsrisken 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:

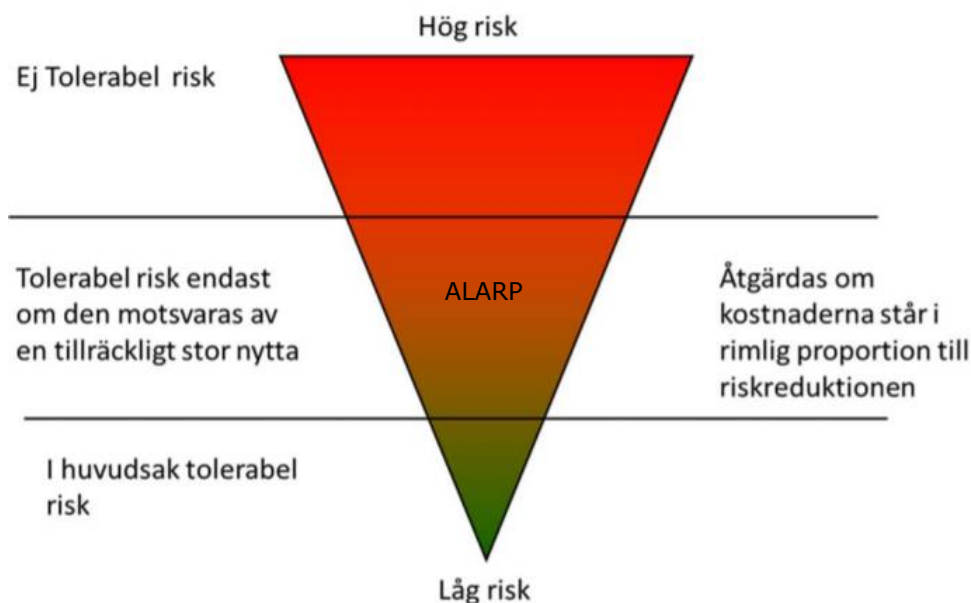
- > Den risk som vi utsätts för av naturliga händelser bör inte ökas nämnvärt genom aktiviteter som vi inte råder över.

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.

Acceptanskriterier delas in i tre olika kategorier vilka avgör hur den specifika risken skall hanteras. Den kan anses vara acceptabel, tolerabel eller oacceptabel, se Figur 2-1.

Om en risk anses vara tolerabel innebär det att man befinner sig i det så kallade "ALARP-området"¹. Detta område innebär att riskerna skall reduceras så mycket som är praktiskt och samhällsekonomiskt försvarbart. Denna bedömning kan med fördel grunda sig i en kostnad-/nytta-analys.



Figur 2-1. Princip för riskvärdering. (IPS, 2012)

Med avseende på risker för människors hälsa och säkerhet bedöms risknivåerna övergripande utifrån de fyra principer som föreslagits av MSB/SRV i *Värdering av risk* (1997):

¹ "As Low As Reasonably Practicable"

- 1 Rimlighetsprincipen - En verksamhet bör inte innebära risker som med rimliga medel kan undvikas. Detta innebär att risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras alltid skall åtgärdas (oavsett risknivå).
- 2 Proportionalitetsprincipen - De totala risker som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerligt stora jämfört med de fördelar (intäkter, produkter, tjänster, etc) som verksamheten medför.
- 3 Fördelningsprincipen - Riskerna bör vara skäligt fördelade inom samhället i relation till de fördelar som verksamheten medför. Detta innebär att enskilda personer eller grupper inte bör utsättas för oproportionerligt stora risker i förhållande till de fördelar som verksamheten innebär för dem.
- 4 Principen om undvikande av katastrofer - Risker bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser som kan hanteras av tillgängliga beredskapsresurser än i katastrofer.

2.2 Styrande dokument

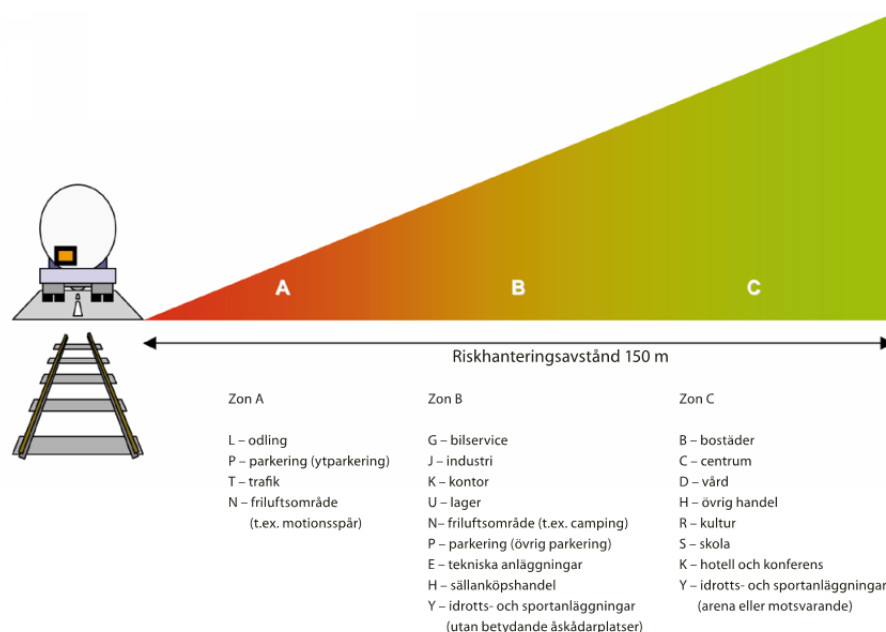
2.2.1 Plan och bygglagen

Enligt plan- och bygglagen får mark tas i anspråk för att bebyggas endast om marken från allmän synpunkt är lämplig för ändamålet bland annat med hänsyn till människors hälsa och säkerhet.

Vidare ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till bl.a. skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser.

2.2.2 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 2-2. Området i zon A, som är zonen närmast vägen, 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 2-2. Zonindelning där zonerna representerar föreslagen markanvändning utmed transportled för farligt gods. Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län.

2.3 Kriterier

I detta avsnitt redovisas principer och kriterier för riskvärdering. Avsnittet är allmänt skrivet. De kriterier som tillämpas för riskvärdering i denna analys redovisas i avsnitt 2.3.2.

2.3.1 DNV:s förslag till kriterier

Det finns inget nationellt framtaget kriterium för riskvärdering och riskpolicy i Sverige men i *Värdering av risk* (SRV, 1997) har Det Norske Veritas (DNV) gett förslag till individ- och samhällsriskkriterier vilka ofta hänvisas till i riskanalyser i samhällsplanering.

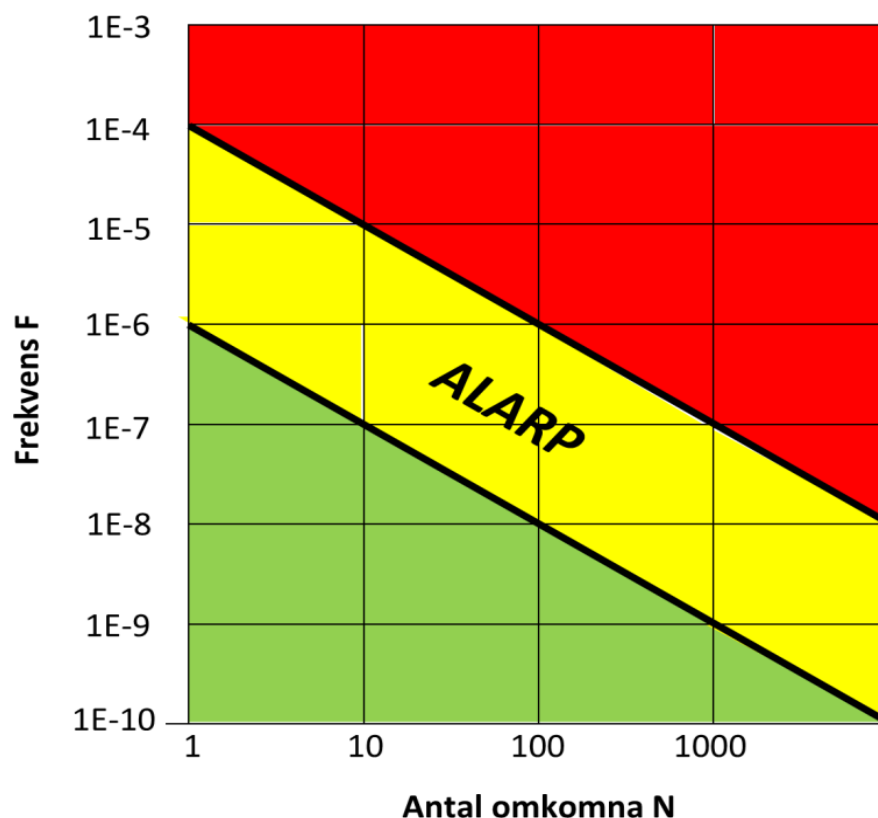
DNV:s förslag till individriskkriterier (SRV, 1997):

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

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 2-3).
- > 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 2-3).

För risknivåer som ligger däremellan ska rimliga säkerhetshöjande åtgärder värderas ur kostnads-nytta synpunkt ("ALARP-området") och representeras av gult område i Figur 2-3.



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

2.3.2 Förslag till acceptanskriterier för Marks kommun

I likhet med nämnda riktlinjer för närliggande kommuner föreslås grundnivån för acceptabel individrisk vara 10^{-6} per år. Valt kriterie är högre än det kriterie som föreslagits för acceptabel risk av DNV. Valt kriterie bedöms ändå rimligt då det vid bebyggelse kring farligt godsleder i Marks kommun kommer att finnas generella åtgärdskrav. Vidare bestäms rekommenderade skyddsavstånd av en sammanvägning av individrisk och samhällsrisk, där samhällsrisknivån vanligtvis gör att skyddsavståndet ökar.

För mindre känslig verksamhet så som ex. lager och parkering kan dock en högre risk (10^{-5} per år) tolereras medan en lägre risk (10^{-7} per år) krävs för känsligare verksamheter så som ex. vård och skola.

Baserat på känslighetsgrad kan därmed olika typer av bebyggelse placeras i fyra olika zoner från farligt godsleden. På så vis kommer markanvändningen närmare transportleden, vilken är utsatt för en högre risk, bestå av *ej känslig verksamhet*

(Zon A) medan *mindre känslig verksamhet* (Zon B) kommer att placeras på ett något längre avstånd från leden och så vidare.

I varje zon kan man planera verksamheter som bedöms mindre känsliga än den nivå zonen avser. Exempelvis kan man i Zon D planera alla typer av verksamhet medan man i Zon C kan planera *normalkänslig verksamhet* men även *mindre känslig verksamhet* (Zon B) och *ej känslig verksamhet* (Zon A), men inte *känslig verksamhet* (Zon D).

Individriskkriterierna presenteras i Tabell 2-1.

Tabell 2-1. Förslag på individriskkriterier för Marks kommun.

Individrisk	Zon	Känslighetsgrad	Kommentar	Exempel på markanvändning
$> 10^{-5}$ per år	A	Ej känslig verksamhet	Fåtal människor som inte uppehåller sig stadigvarande på platsen.	> Trafik > Odling > Friluftsområde (t.ex. motionsspår, dock ej camping) > Tekniska anläggningar > Parkering (ytparkering)
$< 10^{-5}$ per år	B	Mindre känslig verksamhet	Få och vakna personer	> Handel (skrymmande varor) > Verksamheter² > Industri > Fordonsservice > Lager > Idrottsanläggningar (utan betydande åskådarplats, exempelvis fotbollsplan eller padel-anläggning) > Parkering
$< 10^{-6}$ per år	C	Normalkänslig verksamhet	Ej särskilt många eller känsliga personer.	> Bostäder (enstaka bostadshus) > Handel (mindre*) > Kontor > Centrum (ej hotell eller vandrarhem)³ > Samlingslokaler (mindre*) > Kultur
$< 10^{-7}$ per år	D	Känslig verksamhet	Många och/eller utsatta personer.	> Bostäder > Hotell > Camping > Köpcentrum (större*) > Vård > Skola och barnomsorg > Samlingslokaler (större*) > Idrottsanläggningar (många åskådare) > Arenor

*Gränsen för vad som utgör mindre/större samlingslokaler och handel bör bestämmas i samråd med Räddningstjänsten, men ett möjligt riktvärde kan vara att gränsen går kring 150 personer.

² Användningen Verksamheter är bred och innehåller olika typer av ytkrävande verksamheter som har begränsad omgivningspåverkan. Det ingår lokaler för serviceverksamheter, tillverkning, lager och verkstäder. Även verksamheter med behov av lokaler för material eller utrustning så som el- och byggföretag eller företag som erbjuder hushållsnära tjänster ingår. (Boverket, 2021)

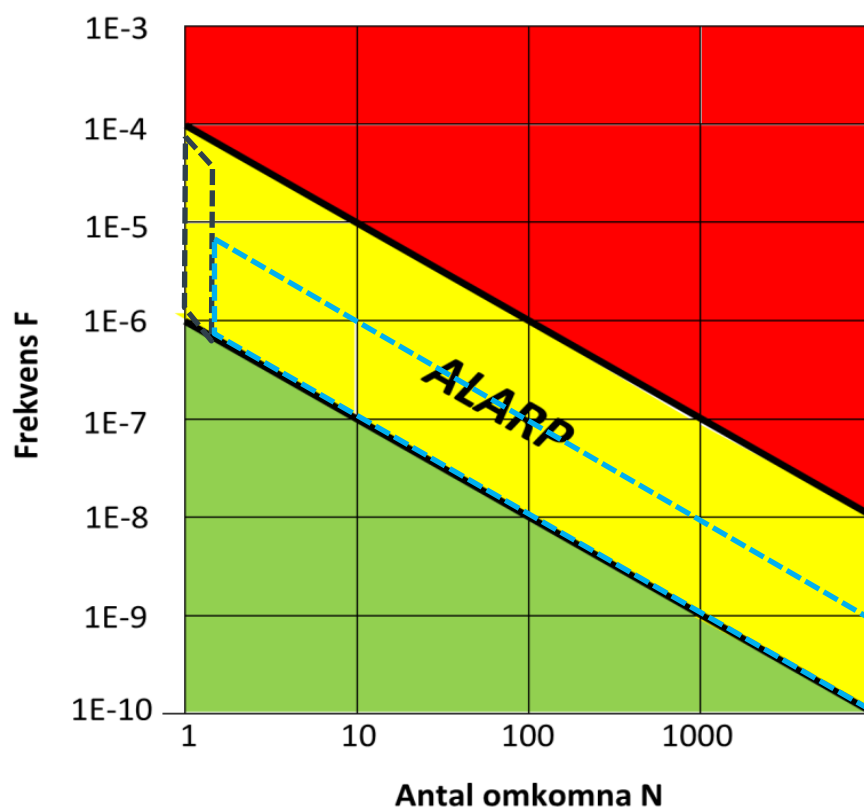
³ Med användningen Centrum avses all sådan verksamhet som behöver ligga centralt eller på annat sätt ska vara lätt att nå för många människor. Centrum är en samlingsanvändning som är lämplig att använda där syftet är att det ska finnas en blandning av verksamheter. I Centrum ingår en rad olika verksamheter som också kan återfinnas i andra användningar. Där ingår till exempel butiker, restauranger, kontor, gym, biografer, bibliotek, teatrar, museum, banker, apotek, smådjursklinik, hantverk och annan service (Boverket, 2021)

Vid värdering av vad som utgör en tolerabel samhällsrisk har bedömningen varit att samhällsriskerna som högst skall hamna inom den nedre delen av "ALARP-området", se blå markering i Figur 2-4, förutsatt att man vidtagit kostnads-/nyttomässigt rimliga åtgärder. Bedömningen grundar sig på att de rekommenderade skyddsavstånd som presenteras i denna riskanalys samtliga tar hänsyn till en rad skyddsåtgärder, generella eller en kombination av generella och utökade. Detta innebär att en bedömning avseende kostnad/nytta beaktats vid framtagande av rekommenderade skyddsavstånd. Vid en fördjupad riskanalys för en enskild plan skall det alltid eftersträvas att hamna så lågt inom ALARP-området som kostnadsmässigt rimligt.

För olyckor som resulterar i enstaka dödsfall (1 omkommen) har dock en högre samhällsrisknivå ansetts vara tolerabel, se svart markering i Figur 2-4, förutsatt att individriska för den mest exponerade personen utomhus uppfyller individriskkriteriet.

Detta motiveras med att samhällsriskerna är kumulativa vilket innebär att frekvensen för ett dödsfall i FN-kurvan är en addition av frekvensen för samtliga scenarion som resulterar i en eller fler omkomna. För att minska frekvensen för en omkommen krävs därför att frekvensen för samtliga scenarion som resulterar i dödsfall minskas. Det krävs därför mycket stora restriktioner för planområdet för att sänka frekvensen för en omkommen till en nivå som ligger i mitten av ALARP vilket inte bedömts kostnads/nyttomässigt rimligt då det främst är oskyddade personer utomhus som resulterar i den höga samhällsriskerna för enstaka dödsfall.

Vid beräkning av individrisk har det antagits att den mest exponerade personen vistas vid platsen 100% av tiden vilket sammanlagt bedöms ge en konservativ uppskattning av risknivån.

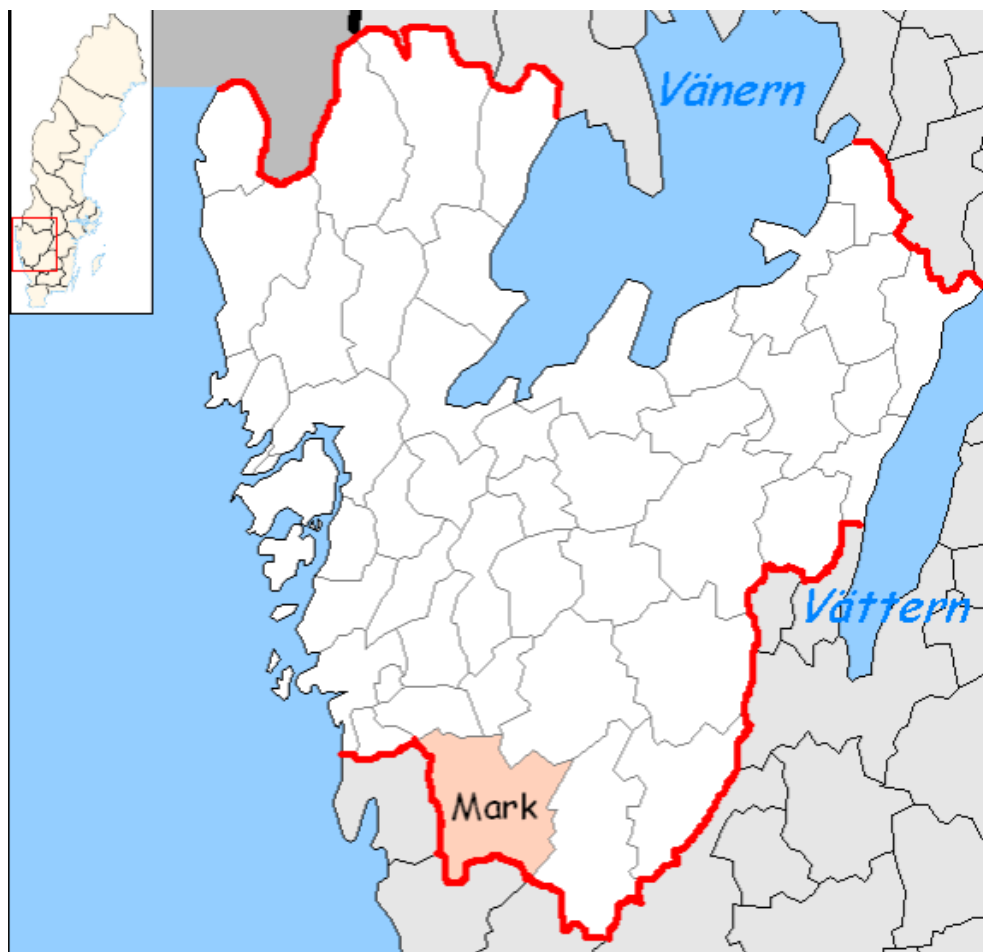


Figur 2-4. Princip gällande bedömning av tolerabel samhällsrisk

3 Förutsättningar

3.1 Marks kommun

Marks kommun är belägen i de sydvästra delarna av Västra Götalands län. Centralort är Kinna. Kommunen har en yta av 1013 km² och 2019 var befolkningsmängden 34 754 personer.

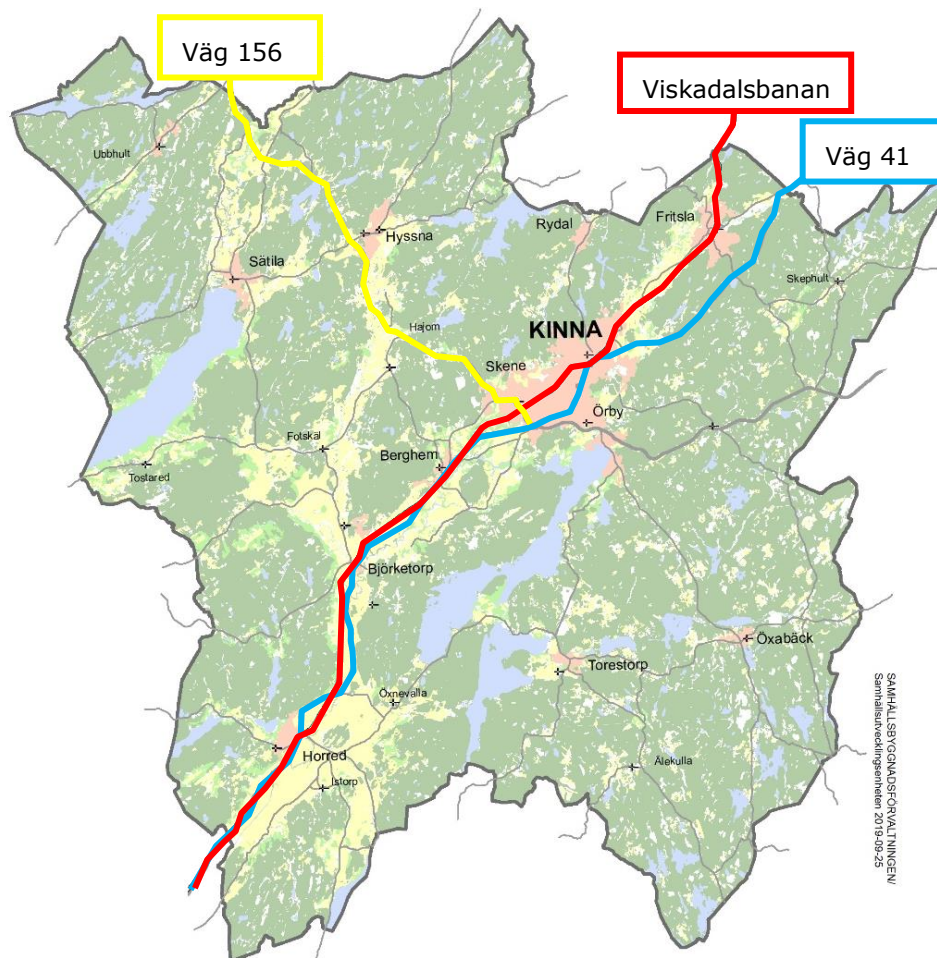


Figur 3-1. Marks kommun är belägen i Västra Götalands län. Kinna är centralort.

3.2 Transportleder för farligt gods

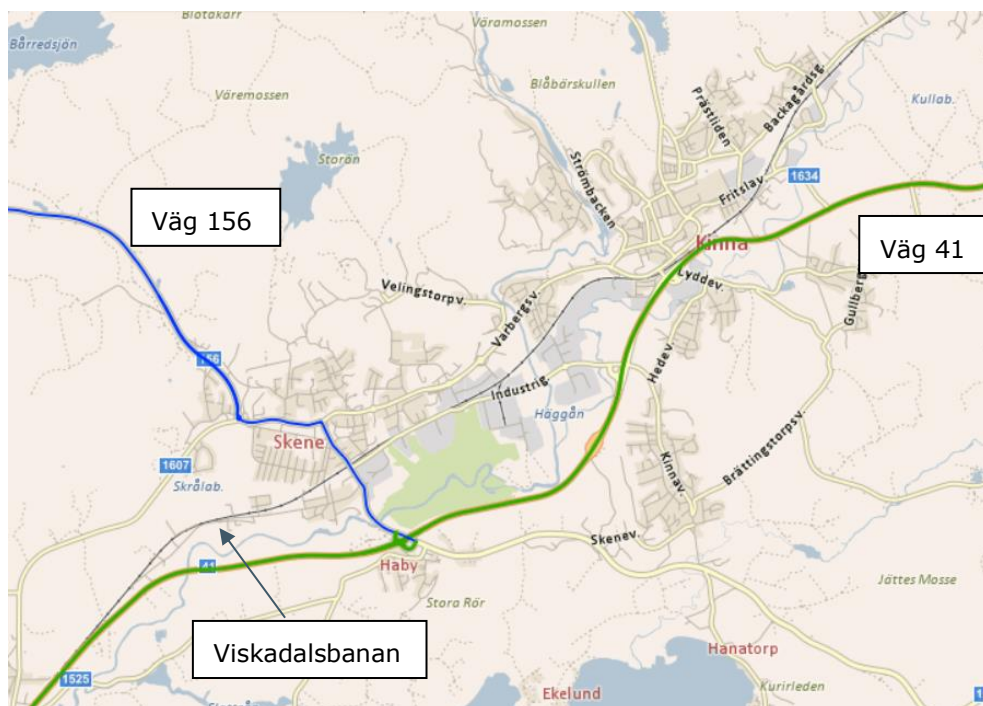
Genom kommunen passerar tre leder på vilka farligt gods transporteras, se Figur 3-2:

- > Viskadalsbanan
- > Väg 156 (mellan väg 40 och 41)
- > Väg 41



Figur 3-2. Farligt godsleder som löper genom Marks kommun

Samtliga leder passerar genom eller nära Skene och/eller Kinna vilket är de större tätorterna i kommunen, se Figur 3-3.



Figur 3-3 Samtliga leder passerar genom eller nära Skene och/eller Kinna.

Viskadalsbanan

Viskadalsbanan går mellan Borås och Varberg och är primär transportled för farligt gods. Banan är enkelspårig och trafikeras främst av persontåg, men även viss godstrafik.

Viskadalsbanan passerar genom eller nära ett antal samhällen i Marks kommun (de samhällen som avses är främst Horred, Björketorp, Skene, Kinna och Fritsla). Horred, Björketorp och Fritsla är mindre orter och består främst av mindre personintensiv bebyggelse; företrädesvis enstaka bostadshus/villor, men även viss handel och flerbostadshus. Genom Skene och Kinna passerar Viskadalsbanan genom förhållandevis tät stadsbebyggelse. I Kinna löper dock järnvägen nära och parallellt med väg 41.

Enligt Trafikverkets prognos kommer Viskadalsbanan att trafikeras av maximalt 10 godståg och 36 persontåg år 2040 (Trafikverket, 2018). Den planerade Götalandsbanan har inte beaktats i basprognosen.

Väg 41

Väg 41 går mellan Varberg och Borås och är en primär transportled för farligt gods. Vägens längd är 91 km.

Väg 41 löper företrädesvis i natur/åkermark och passerar endast genom relativt tät bebyggelse i Horred och Björketorp. Vägen passerar söder om Skene och genom Kinna, i områden där befintlig bebyggelse är gles eller icke-

personintensiv kring vägen. Vid passagen genom Kinna begränsas vägens närområde i norr av järnvägen och i söder till viss del av golfbanan.

Vägstandarden varierar men sträckan förbi Skene och Kinna har planskilda korsningar med trafikplatser. Hastigheten mellan kommungränsen i sydväst och Skene är generellt 80 km/h, men varierar mellan 40 och 70 km/h genom och i närheten av de samhällen som passeras. Från Kinna mot kommungränsen är hastigheten idag 80 km/h, men en framtida höjning av hastighetsbegränsning till 100 km/h från Fritsla till kommungränsen planeras.

Maximalt ÅDT (Årsvagnstrafik) för tunga transporter på väg 41 genom Marks kommun är 1167 (Trafikverket, 2020). Detta innebär att totalt 425 955 tungatransporter trafikerar väg 41 genom Marks kommun per år.

Väg 156

Länsväg 156 går mellan Härryda öster om Göteborg och Norra Unnaryd sydväst om Jönköping och är en sekundär transportled för farligt gods fram till väg 41. Vägens längd är 109 km.

Det finns mindre bebyggelse utspridd längs vägens hela sträckning genom kommunen. Det enda större samhälle som passeras är Skene där vägen passerar genom förhållandevis tät stadsbebyggelse.

Hastigheten varierar utanför tätort mellan 70 och 80 km/h. I Skene råder generellt hastighetsbegränsning 50 km/h.

Maximalt ÅDT för tunga transporter på väg 156 genom Marks kommun är 700 (Trafikverket, 2020). Detta innebär att totalt 255 500 tungatransporter trafikerar väg 156 genom Marks kommun per år.

3.3 Studerad markanvändning

För att arbeta fram rekommenderade skyddsavstånd har beräkningar avseende samhällsrisk genomförts, se avsnitt 6.2. Samhällsriskberäkningarna utgår från den personintensitet som antas längsmed farligt godslederna, vilken i sin tur antagits baserad på olika typer av markanvändning.

Då beräkningar av samhällsrisk inte genomförts för samtliga typer av markanvändning inom varje känslighetskategori har markanvändning som icke detaljstuderats med avseende på risknivå antagits jämförbar med de kategorier som bedömts mest relevanta. Detta har lett till en gruppering enligt Tabell 3-1.

Tabell 3-1. Gruppering av markanvändning i de kategorier för vilka skyddsavstånd definierats

Känslighetsgrad	Markanvändning	Bedöms som kategori
Ej känslig verksamhet	Trafik	Kan byggas inom bebyggelsefritt område
	Odling	
	Friluftsområde (t.ex. motionsspår, dock ej camping)	
	Tekniska anläggningar	
	Parkering (ytparkering)	
Mindre känslig verksamhet	Handel (skrymmande varor)	Industri/lager
	Verksamheter	
	Industri	
	Fordonsservice	
	Lager	
	Idrottsanläggningar (utan betydande åskådarplats, exempelvis fotbollsplan eller padelaneläggning)	
Normalkänslig verksamhet	Parkering	Parkeringshus
	Bostäder (enstaka bostadshus)	Enstaka bostadshus
	Handel (mindre)*	Handel
	Centrum	
	Kontor	Kontor
	Samlingslokaler (mindre)*	
Känslig verksamhet	Kultur	Flerbostadshus
	Bostäder	
	Hotell	
	Camping	
	Handel (större ex. köpcentrum)*	
	Samlingslokaler (större)*	Vård
	Vård	
	Arenor	Skola
	Skola och barnomsorg	
	Idrottsanläggningar (många åskådare)	

*Gränsen för vad som utgör mindre/större samlingslokaler och handel bör bestämmas i samråd med Räddningstjänsten, men ett möjligt riktvärde kan vara att gränsen går kring 150 personer.

Grupperingen har utgått från kvalitativa bedömningar avseende total personintensitet för olika typer av markanvändning, bedömd personintensitet vid olika tider på dygnet och känslighetsgrad.

Den bebyggelse som antagits vara representativ för respektive kategori och använts för att beräkna risknivån presenteras i Tabell 3-2.

Tabell 3-2. Antagen BTA (bruttoarea) för beräkning av samhällsrisk. För enstaka bostadshus har istället antal bostäder antagits

Känslighetsgrad	Representativ bebyggelse	Väg 41		Väg 156 och Viskadalsbanan	
		BTA (m ²)	Antal personer	BTA (m ²)	Antal personer
Mindre känslig verksamhet	Parkering	2500	100*	2500	100*
	Industri/Lager	2500	25	2500	25
Normalkänslig verksamhet	Kontor	2500	100	5000	200
	Handel	3750	150	3750	150
	Enstaka bostadshus	10†	40	10†	40
Känslig verksamhet	Flerbostadshus	2500	100	6250	250
	Skola	10 000	1300	10 000	1300
	Vård	10 000	1300	10 000	1300

† För enstaka bostadshus anges ej BTA. För att säkerställa en konservativ bedömning har istället flera (10 st) tätt placerade enstaka bostadshus studerats för denna kategori.

* För parkering anges inte antalet personer utan antalet parkeringsplatser som studerats.

Personintensiteten har antagits för olika verksamheter och differentierats för de olika lederna baserat på den typbebyggelse som respektive farligt godsled passerar genom, se avsnitt 3.2.

I praktiken har detta inneburit att mängden personer i flerbostadshus och kontor antagits vara lägre för ny bebyggelse längsmed väg 41 jämfört med väg 156 och Viskadalsbanan. Detta då det i samråd med kommun och Räddningstjänst bedömts osannolikt att större kontor eller flerbostadshus byggs nära väg 41.

Notera att för Viskadalsbanan och väg 156 har denna rapport utgått från det mest tätbebyggda området för hela sträckningen, trots att stora delar av lederna löper genom betydligt mindre tätbebyggda områden.

Antaganden avseende personintensitet för varje bebyggelsetyp redovisas i Bilaga G. Notera att uppskattning av personintensitet utgår från BTA och därmed inkluderar samtliga delar av byggnaden, dvs. trappor, hissar, förråd etc. Detta medför att antagen personintensitet per areaenhet kan skilja sig från exempelvis de värden som anges i BBR.

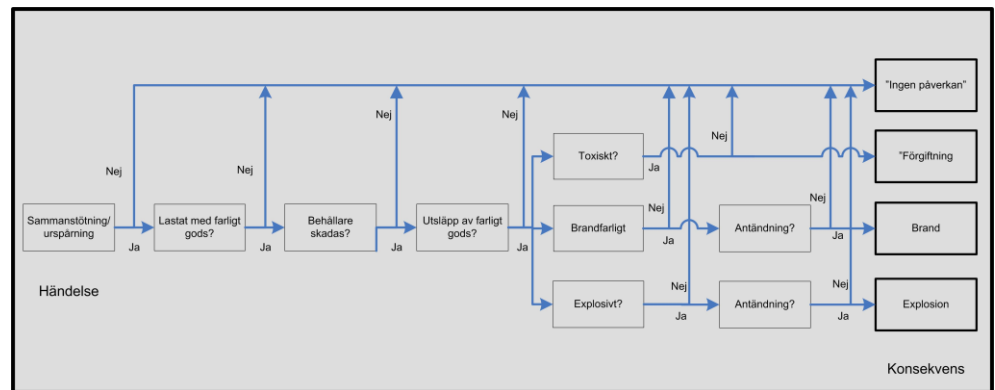
4 Faror vid olycka med farligt gods

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 4-1.



Figur 4-1. Schematiskt händelseförlopp vid farligt godsolycka.

I Tabell 4-1 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). Notera att dessa avstånd är schablonmässiga och enbart syftar till att ge en initial grov konsekvensbedömning, t.ex. anges 100 meter som lägsta riskavstånd även om flera RID/ADR-klasser har ett mycket begränsat konsekvensområde som ofta begränsas till det väg-/spårnära området (så som t.ex. klass 4, 6, 8 och 9).

Som exempel kan nämnas att vid en utbredning av en pöl som motsvarar ett fullständigt läckage av en hel tank på 20 m³ blir pölstorleken enligt tidigare riskutredning för Ulricehamn (Briab, 2019) 200 m² vilket motsvarar en radie på ca 8 meter. Detta konsekvensavstånd är betydligt kortare än de bebyggelsefria områden som föreslås.

Tabell 4-1. Generella faror med olika transportklasser av farligt gods.

ADR/RID-klass	Dominerande fara				Riskavstånd
	Explosion	Brand	Förgiftning	Övrig risk	Meter
1. Explosiva ämnen	✓				100 - 1 000
		✓			< 100
2. Gaser			✓		> 1 000
		✓†			>100†
	✓				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

† Bedömningen med avseende på brandfarlig gas finns ej med i tidigare källa (FOA, 1995) utan riskavståndet har i efterhand uppskattats och lagts till av COWI och baseras i första hand på scenario med jetbrand.

ADR/RID-klass 4, 5, 6, 7, 8 och 9 bedöms normalt inte utgöra någon fara för väg/spårnära bebyggelse då konsekvenserna koncentreras till fordonets närhet. Dessa ADR beskrivs kortfattat nedan:

- > ADR/RID-klass 4 utgör enligt den inventering av farligt gods som utfördes av Räddningsverket (SRV, 2006) en mycket begränsad del av den totala mängden transporterat farligt gods (0,4% på väg och 1,3% på järnväg). Vidare bedöms konsekvensområdet vara begränsat då denna ADR/RID-klass ej bedöms lämna väg-/spårområdet i händelse av en olycka då det

utgörs av fasta ämnen. Det bebyggelsefria området bedöms utgöra erforderligt skydd mot olyckor med ämnen inom denna ADR/RID-klass, varför läckage av ADR/RID-klass 4 inte inkluderas vidare i riskanalysen.

- > ADR/RID-klass 5 utgör enligt den inventering av farligt gods som utfördes av Räddningsverket (SRV, 2006) en begränsad del av den totala mängden transporterat farligt gods (0,6% på väg och 12,1% på järnväg). Ämnen inom ADR/RID-klass 5 kan, om de blandas med ex. brandfarliga vätskor orsaka ett skenande sönderfall. Detta kan exempelvis ske om det i samband med en olycka även uppstår ett läckage på en bränsletank. Detta scenario är inte helt otänkbart i händelse av en farligt godsolycka varför explosioner, som kan ge upphov till betydande konsekvensområden, vid transport av ADR/RID-klass 5 inkluderas i riskanalysen.
- > ADR/RID-klass 6 utgör enligt den inventering av farligt gods som utfördes av Räddningsverket (SRV, 2006) en mycket begränsad del av den totala mängden transporterat farligt gods (0,2% på väg och 1,3% på järnväg). Vidare bedöms konsekvensområdet vara begränsat då denna ADR/RID-klass ej bedöms lämna det väg-/spårnära området i händelse av en olycka då det utgörs av fasta och flytande ämnen. Det bebyggelsefria området bedöms utgöra erforderligt skydd mot olyckor med ämnen inom denna ADR/RID-klass, varför läckage av ADR/RID-klass 6 inte inkluderas vidare i riskanalysen.
- > ADR/RID-klass 7 utgör enligt den inventering av farligt gods som utfördes av Räddningsverket (SRV, 2006) en mycket begränsad del av den totala mängden transporterat farligt gods (för de majoriteten av berörda vägar rörde det sig om 1-49 kollin om året, för järnväg erhöles inga uppgifter om någon aktivitet). Inom ADR/RID-klass 7 ryms allt från kärnbränsle och kärnavfall som kan leda till allvarliga konsekvenser till radioaktiva isotoper som används inom sjukvård, forskning och industri. På grund av det mycket begränsade antalet transporter inom ADR/RID-klass 7 samt den variation av gods som förekommer inom denna ADR/RID-klass bedöms det ej relevant att inkludera i denna riskanalys.
- > ADR/RID-klass 8 utgör enligt den inventering av farligt gods som utfördes av Räddningsverket (SRV, 2006) en betydande del av den totala mängden transporterat farligt gods (12,5% på väg och 10,1% på järnväg). Konsekvensområdet bedöms dock vara begränsat då denna ADR/RID-klass ej bedöms lämna det väg-/spårnära området i händelse av en olycka då det utgörs av fasta och flytande ämnen. Det bebyggelsefria området bedöms utgöra erforderligt skydd mot olyckor med ämnen inom denna ADR/RID-klass, varför läckage av ADR/RID-klass 8 inte inkluderas vidare i riskanalysen.
- > ADR/RID-klass 9 utgör enligt den inventering av farligt gods som utfördes av Räddningsverket (SRV, 2006) en betydande del av den totala mängden transporterat farligt gods (8,9% på väg och 6% på järnväg). Inom ADR/RID-klass 9 inryms bl.a. asbest, torris, batteridrivna utrustning m.m. vilket ej bedöms ge upphov till konsekvenser utanför det väg-/spårnära

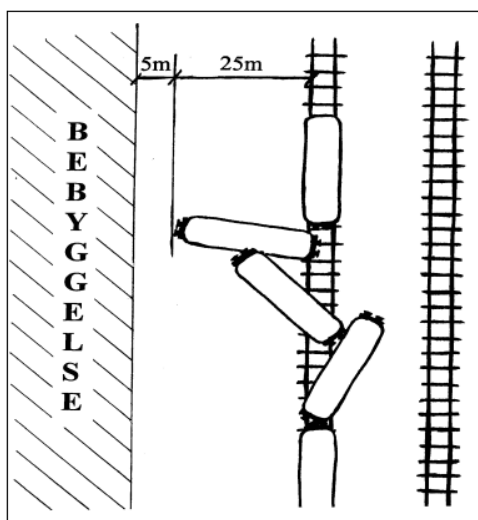
området i händelse av en olycka. Det bebyggelsefria området bedöms utgöra erforderligt skydd mot olyckor med ämnen inom denna ADR/RID-klass, varför läckage av ADR/RID-klass 9 inte inkluderas vidare i riskanalysen.

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 B.

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 C.

5 Urspårningsrisker

I samband med en urspårning finns en risk att urspårade vagnar orsakar mekanisk skada på intilliggande byggnader. Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. Vanligen hamnar urspårade vagnar i omedelbar anslutning till spåret, men det är också möjligt att de når avstånd upp till 25-30 m från spåret, se Figur 5-1.



Figur 5-1. Urspårningsolycka (Länsstyrelsen Stockholms län, 2000).

Sannolikheten för att ett urspårat tåg når ett visst avstånd från spåret har beräknats enligt modell från *Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone* (UIC, 2002). Beräkningsmetod presenteras i bilaga E.

I riktlinjerna för Borås Stads (WUZ, 2016) anges att antalet persontåg och godståg på Viskadalsbanan uppgår till 32 respektive 10 stycken för prognosår 2040, se Tabell 5-1.

Tabell 5-1. Prognoserad och dimensionerad tågtrafik (ÅDT) för år 2040 på Viskadalsbanan vid passage genom Borås (WUZ, 2016).

	Resandetåg – 2040	Godståg – 2040	Godståg - dimensionerande
Älvsborgsbanan	32	0	10
Viskadalsbanan	32	2	10
Kust till kustbanan (väster)	54	15	20
Kust till kustbanan (öster)	16	17	20

Enligt Trafikverkets prognos kommer Viskadalsbanan att trafikeras av maximalt 10 godståg och 36 persontåg år 2040 (Trafikverket, 2018). Vid beräkning av

urspårningsrisk har underlaget baserats på uppgifterna från Trafikverket då de är mest konservativa.

Hastigheten på Viskadalsbanan har ansats till 120 km/h genom hela kommunen vilket bedöms vara ett konservativt antagande.

Individrisker med avseende på urspårning antas motsvaras av sannolikheten av att en urspårning ska nå ett visst avstånd från Viskadalsbanan då det antas att en individ som hamnar i mekanisk konflikt med tåget omkommer. Individrisknivån på olika avstånd från spåret presenteras i Tabell 5-2.

För kolumnen där frekvens av mekanisk konflikt anges innebär röda siffror i, enligt de individriskkriterier som DNV föreslagit, att risknivån ligger inom det område där risknivån är oacceptabel. Gula siffror i tabellen 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 utöver de generella skyddsåtgärder som presenteras i avsnitt 6.5.1.

I kolumnen "Zon och känslighetsgrad" anges på vilka avstånd olika typer av bebyggelse initialt har kunnat beaktats med avseende på urspårningsrisk med avseende på de kriterier som presenteras i Tabell 5-2.

Tabell 5-2. Individrisk med avseende på urspårning på olika avstånd från Viskadalsbanan.

Urspårningsrisk Viskadalsbanan		
Avstånd (m)	Frekvens mekanisk konflikt (per år)	Zon och känslighetsgrad
0	1,01E-03	A
1	8,10E-04	A
2	6,36E-04	A
3	4,89E-04	A
4	3,66E-04	A
5	2,66E-04	A
6	1,86E-04	A
7	1,24E-04	A
8	7,78E-05	A
9	4,47E-05	A
10	2,26E-05	A
11	9,32E-06	B
12	2,65E-06	B
13	2,90E-07	C
14	< 1E-10	D
15	< 1E-10	D
16	< 1E-10	D
17	< 1E-10	D
18	< 1E-10	D
19	< 1E-10	D
20	< 1E-10	D

Resultaten visar att individrisken med avseende på urspårning är hög inom 11 meter från Viskadalsbanan varefter den snabbt avtar för att vara tolerabel på avstånd längre än 14 meter från Viskadalsbanan enligt de kriterier som DNV föreslagit.

Liknande resultat erhålls för de acceptanskriterier avseende individrisk som ansatts för olika typer av verksamheter inom Marks kommun. Notera att dessa acceptanskriterier enbart utgjort en utgångspunkt för var det bedömts var rimligt att genomföra vidare kvantitativa beräkningar avseende samhällsrisk. Även om individrisken med avseende på urspårning snabbt når en låg nivå så kan det finnas intressenter som efterfrågar större bebyggelsefria områden av andra anledningar, t.ex. att Trafikverket värnar om möjlighet till service och underhåll av banan, Räddningstjänstens insatsmöjlighet eller att Länsstyrelsen beaktar andra aspekter så som buller, vibrationer etc.

6 Bedömning av risknivå avseende transporter av farligt gods

Utarbetning av rekommenderade skyddsavstånd från farligt godsleder har skett med en iterativ process där både kvantitativa som kvalitativa aspekter beaktats.

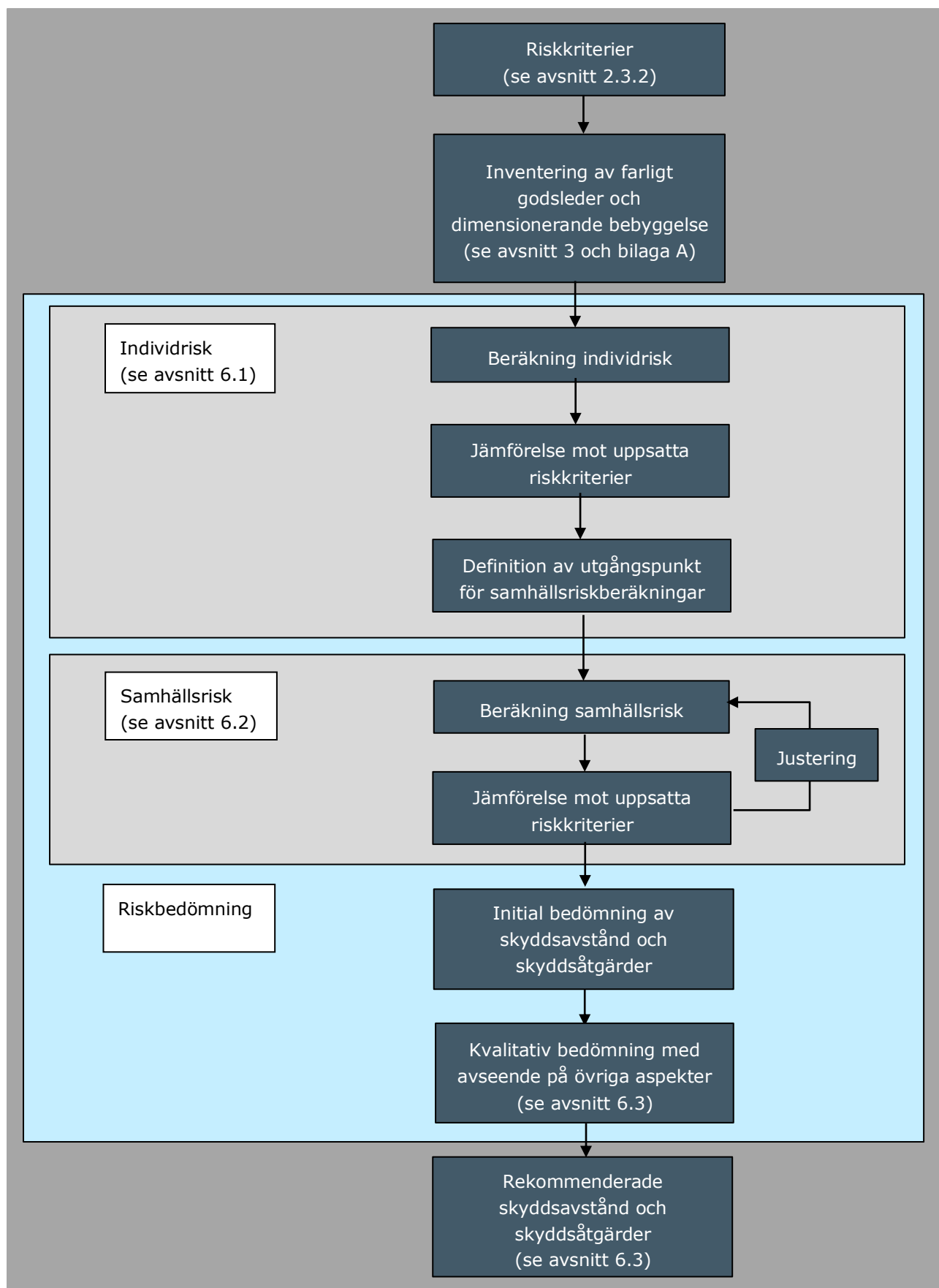
Aktuella förutsättningar avseende mängder och typ av farligt gods på respektive led har legat till grund för beräkning av individrisk. Individrisknivån på olika avstånd har därefter jämförts mot acceptanskriterier för individrisk för att definiera ett kortast möjliga avstånd för olika typer av verksamheter. Detta avstånd har utgjort ett ingångsvärde avseende inledande beräkning av samhällsrisk.

Beräkning av samhällsrisk har utgått från mängder och typ av farligt gods på respektive led samt en typbebyggelse, se avsnitt 3.3. Det avstånd som typbebyggelsen inledningsvis placerats på i samhällsriskberäkningarna har utgått från det kortaste avstånd som beräknats genom individriskberäkningarna.

Den beräknade samhällsrisk jämfördes sedan mot acceptanskriterier för samhällsrisk. Om samhällsrisknivån bedömdes vara för hög vid initiala beräkningar genomfördes en iterativ process där avståndet till leden varierades till det att en acceptabel/tolerabel riksnivå erhöles. Processen upprepades med beaktande av skyddsåtgärder.

När inledande skyddsavstånd definierats gjordes en kvalitativ bedömning där andra aspekter än risknivån beaktades. Denna bedömning låg till grund för rekommenderade skyddsavstånd och skyddsåtgärder

Processen presenteras i Figur 6-1.



Figur 6-1. Den metod som använts för att definiera rekommenderade skyddsavstånd.

6.1 Individrisk

Individrisken beräknas med den metod som presenteras i Bilaga B och C. Då individrisken är oberoende av antalet personer kring leden är mängd och typ av farligt gods avgörande för individrisknivå. Indata avseende mängder och typ på respektive led redovisas i Bilaga A.

De individrisknivåer som presenteras när hänsyn tagits till skyddsåtgärder beaktar, utöver de generella skyddsåtgärder som redovisas i avsnitt 6.5.1, även brandklassad fasad.

Den beräknade individrisknivån värderas utifrån de acceptanskriterier som diskuterats i avsnitt 2.3.2. Kriterierna återges även i Tabell 6-1.

Tabell 6-1. Kriterier för tolerabel individrisk för olika zoner (typer av verksamhet i enlighet med Tabell 2-1 i avsnitt 2.3.2)

	IR	Zon	Känslighetsgrad
>	1,00E-05	A	Ej känslig verksamhet
<	1,00E-05	B	Mindre känslig verksamhet
<	1,00E-06	C	Normalkänslig verksamhet
<	1,00E-07	D	Känslig verksamhet

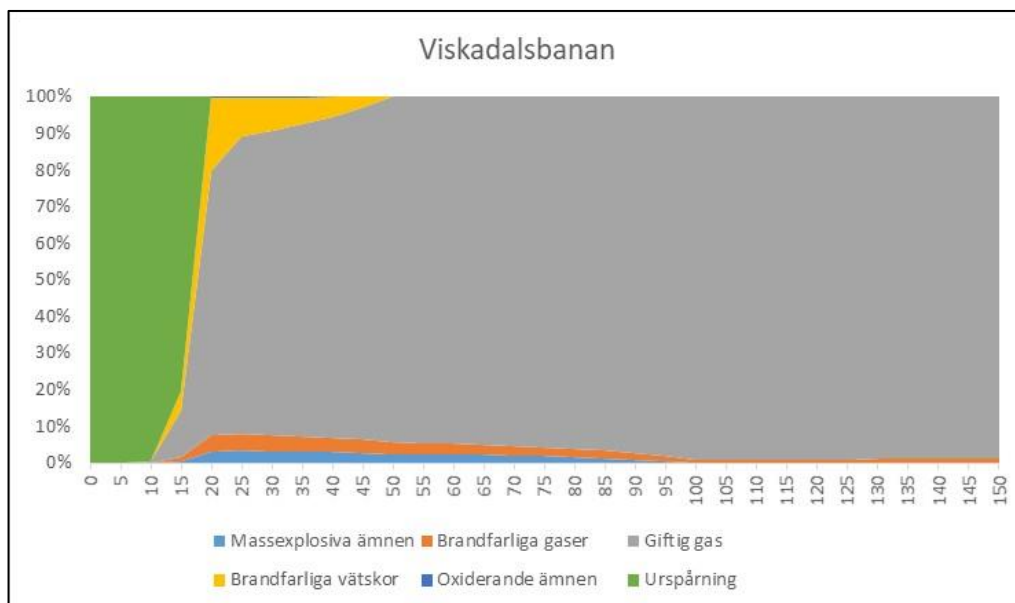
Beräknad individrisk för Viskadalsbanan redovisas i Tabell 6-2. Den redovisade individrisken beaktar även risken för urspårning, se avsnitt 5.

Tabell 6-2. Individrisk på olika avstånd från Viskadalsbanan. Redovisad individrisknivå tar även hänsyn till risk för urspårning.

Avstånd (m)	Viskadalsbanan		
	Utomhus	Inomhus	
		Utan skydd	Med skydd
0	1,01E-03	1,01E-03	1,01E-03
5	2,66E-04	2,66E-04	2,66E-04
10	2,27E-05	2,27E-05	2,26E-05
15	3,30E-07	3,16E-07	2,71E-07
20	5,82E-08	4,45E-08	6,03E-09
25	5,13E-08	3,76E-08	5,30E-09
30	4,79E-08	3,28E-08	4,66E-09
35	4,46E-08	2,81E-08	4,02E-09
40	4,13E-08	2,34E-08	3,38E-09
45	3,80E-08	1,86E-08	2,74E-09
50	3,47E-08	1,39E-08	2,10E-09

Avståndet från Viskadalsbanan till en risknivå motsvarande acceptanskriterierna sammanfaller för *mindre känslig verksamhet* och *normalkänslig verksamhet*.

Riskbidraget från vardera farligt godsklass samt urspårning på olika avstånd från Viskadalsbanan presenteras i Figur 6-2.



Figur 6-2. Riskbidraget från vardera farligt godsklass samt urspårning på olika avstånd från Viskadalsbanan uttryckt i procent av den totala risknivån

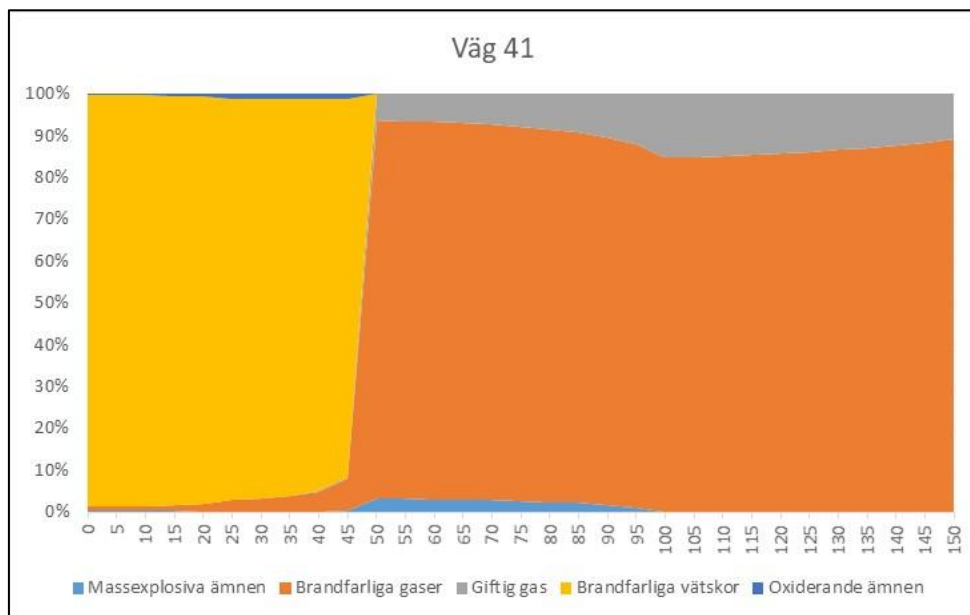
Inom 0-15 meter från Viskadalsbanan utgör urspårningsrisken en övervägande del av den totala risknivån.

Beräknad individrisk för Väg 41 redovisas i Tabell 6-3. Notera att då beräknad individrisk använts som utgångspunkt avseende samhällsriskberäkningarna så har individrisken endast beräknats för hastigheten 70 km/h. Andra hastighetskategorier har beaktats vid beräkningar av samhällsrisk.

Tabell 6-3. Individrisk på olika avstånd från Väg 41 vid hastigheten 70 km/h.

Avstånd (m)	Väg 41		
	Utomhus	Inomhus	
		Utan skydd	Med skydd
0	9,10E-06	7,35E-06	9,14E-08
5	7,63E-06	6,06E-06	8,10E-08
10	6,17E-06	4,77E-06	7,06E-08
15	4,71E-06	3,47E-06	6,01E-08
20	3,24E-06	2,18E-06	4,97E-08
25	1,78E-06	8,94E-07	3,93E-08
30	1,43E-06	7,18E-07	3,43E-08
35	1,08E-06	5,42E-07	2,94E-08
40	7,27E-07	3,67E-07	2,44E-08
45	3,75E-07	1,91E-07	1,95E-08
50	2,37E-08	1,49E-08	1,46E-08

Riskbidraget från vardera farligt godsklass på olika avstånd från Väg 41 presenteras i Figur 6-3.



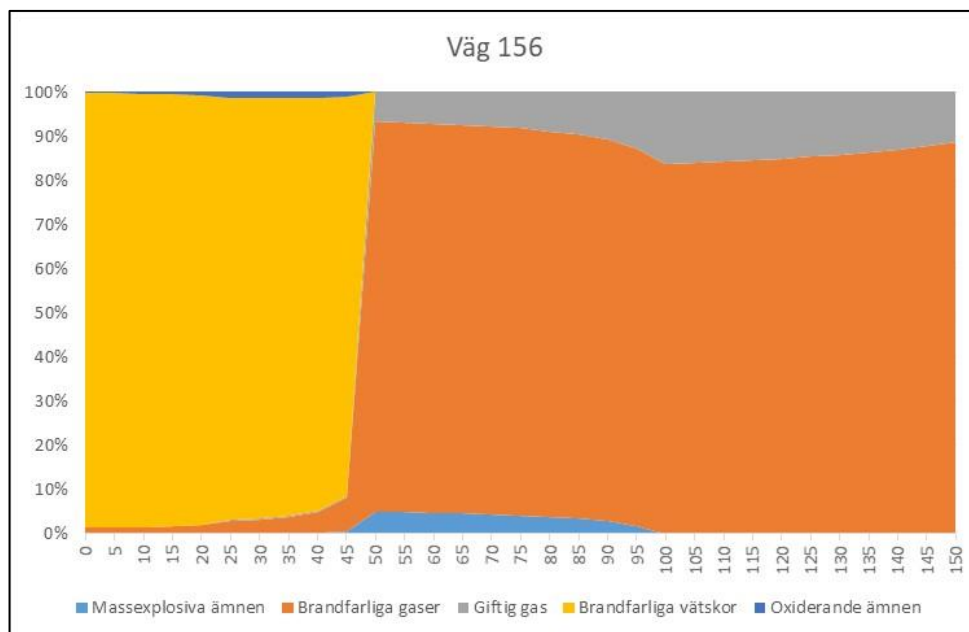
Figur 6-3. Riskbidraget från vardera farligt godsklass samt urspårning på olika avstånd från Väg 41 uttryckt i procent av den totala risknivån

Beräknad individrisk för Väg 156 redovisas i Tabell 6-4. Notera att då beräknad individrisk använts som utgångspunkt avseende samhällsriskberäkningarna så har individrisken endast beräknats för hastigheten 70 km/h. Andra hastighetskategorier har beaktats vid beräkningar av samhällsrisk.

Tabell 6-4. Individrisk på olika avstånd från Väg 156 vid hastigheten 70 km/h.

Avstånd (m)	Väg 156		
	Utomhus	Inomhus	
		Utan skydd	Med skydd
0	3,43E-06	2,77E-06	3,43E-08
5	2,88E-06	2,28E-06	3,04E-08
10	2,33E-06	1,80E-06	2,65E-08
15	1,77E-06	1,31E-06	2,26E-08
20	1,22E-06	8,23E-07	1,86E-08
25	6,71E-07	3,37E-07	1,47E-08
30	5,38E-07	2,70E-07	1,29E-08
35	4,06E-07	2,04E-07	1,10E-08
40	2,73E-07	1,38E-07	9,15E-09
45	1,41E-07	7,17E-08	7,30E-09
50	8,54E-09	5,44E-09	5,44E-09

Riskbidraget från vardera farligt godsklass på olika avstånd från Väg 156 presenteras i Figur 6-5.



Figur 6-4. Riskbidraget från vardera farligt godsklass samt urspårning på olika avstånd från Väg 156 uttryckt i procent av den totala risknivån

Enligt resonemang i avsnitt 4 så har vissa farligt godsklasser, t.ex. ADR/RID-klass 8, exkluderats i denna riskanalys då dess konsekvensområde ej bedömts sträcka sig utanför de bebyggelsefria områden som rekommenderas. Med anledning av detta bör beräknade individrisker i Tabell 6-2, Tabell 6-3 och Tabell 6-4 beaktas med försiktighet för avstånd <15 meter då vissa ADR/RID-klasser som ger påverkan inom detta område medvetet har exkluderats i denna riskanalys.

6.1.1 Minsta avstånd med avseende på individrisk

Beräknat minsta avstånd för olika typer av bebyggelse med avseende på individrisknivån har utgått från individrisknivån utomhus för respektive led samt de valda acceptanskriterierna. Att utgångspunkt tas i individrisken utomhus är för att representera risknivån för den mest exponerade individen.

De avstånd som presenteras i Tabell 6-5 utgör inte rekommenderade skyddsavstånd utan har endast använts som utgångspunkt avseende samhällsriskberäkningarna, se avsnitt 6.2.

Tabell 6-5. Minsta avstånd till olika typer av bebyggelse med avseende på individrisk. De avstånd som presenteras i denna tabell utgör inte rekommenderade skyddsavstånd utan har endast använts som utgångspunkt avseende samhällsriskberäkningarna, se avsnitt 6.2.

	Viskadalsbanan	Väg 41	Väg 156
Ej känslig verksamhet	0 meter	0 meter	0 meter
Mindre känslig verksamhet	15 meter	0 meter	0 meter
Normalkänslig verksamhet	15 meter	40 meter	25 meter
Känslig verksamhet	20 meter	50 meter	50 meter

6.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk beräknas för den personintensitet som antagits för respektive typbebyggelse, se avsnitt 3.3, och mängden farligt gods på respektive led, se Bilaga A. Personintensiteten på olika avstånd från aktuell led har inledningsvis utgått från det kortaste avstånd som definierats med avseende på individrisk i avsnitt 0.

Utifrån resultaten från den initiala beräkningen av samhällsrisk har bebyggelsens avstånd från studerad farligt godsled justerats tills en bedömt tolerabel samhällsrisk uppnåtts.

Exempel på arbetsgång och de bedömningar och hänsyn som tagits presenteras för fem olika exempel i Bilaga I. De beräkningsfall som redovisas i detalj utgörs av;

- > Industri/lager intill Viskadalsbanan
- > Enstaka bostadshus intill Väg 41
- > Kontor intill Väg 156
- > Flerbostadshus intill Väg 41
- > Skola intill Väg 156

Dessa scenarion har valts att presenteras då dessa representerar olika typbebyggelser av olika känslighet längs med de olika lederna.

Notera att samma metodik genomförts för samtliga beräkningsfall även om samtliga beräkningar inte redovisas i denna rapport.

6.3 Rekommenderade skyddsavstånd och skyddsåtgärder

Utöver de beräkningar av individrisk och samhällsrisk som genomförts enligt avsnitt 6.1 och 6.2 med exemplifierad beräkningsgång i Bilaga I, har erhållna skyddsavstånd i vissa fall medvetet förlängts baserat på beaktande av kvalitativa aspekter. Exempel på kvalitativa aspekter som beaktats är:

- > Räddningstjänstens insatsmöjlighet.
- > Bedömd lämplighet med avseende på respektive bebyggelse känslighetsgrad baserad på erfarenhet från tidigare riskutredningar och planarbeten.
- > Befintliga riktlinjer och policys så som Länsstyrelsernas policy (Länsstyrelserna, 2006)
- > Översiktliga riskanalyser för de närliggande kommunerna Borås (WUZ, 2016) och Ulricehamn (Briab, 2019).
- > Principen att ett bebyggelsefritt område om 30 meter vanligtvis bedöms önskvärt inom samhällsplanering.

Generellt rekommenderas ett bebyggelsefritt område om 30 meter från farligt godsled, då detta efterfrågas av Länsstyrelsen och Trafikverket. För verksamheter som antingen bedömts vara icke-personintensiv, alternativt bedömts vara väl skyddade mot de risker som föreligger på den aktuella leden, har dock ett kortare skyddsavstånd i vissa fall bedömts vara möjligt med avseende på beräknad risknivå. Undantag från ett 30 meter bebyggelsefritt område har ex. gjorts för parkeringshus, industri och i vissa fall enstaka bostadshus⁴. Kortaste rekommenderade skyddsavstånd i dessa riktlinjer är 20 meter, vilket bedömts rimligt för parkeringshus. Vid bebyggelse inom 20-30 meter från farligt godsled bör frågan diskuteras med Räddningstjänsten, Länsstyrelsen och Trafikverket i ett tidigt skede.

När tabeller med skyddsavstånd läses ska följande beaktas:

- > Presenterade skyddsavstånd gäller från vägkant/spårmitt eller från släntfot vid ej plan topografi.
- > Vid parallella farligt godsleder, se avsnitt 6.6.1, ska rekommenderade skyddsavstånd för samtliga närliggande farligt godsleder uppfyllas.
- > Vid korsande farligt godsleder, se avsnitt 6.6.1, ska rekommenderade skyddsavstånd för samtliga närliggande farligt godsleder uppfyllas förutsatt att bebyggelsen ligger >50 meter från **minst en** av lederna.

⁴ För enstaka bostadshus uppnås ett kortare avstånd än 30 meter endast vid låga hastigheter och mer omfattande skyddsåtgärder

- > Notera att generella skyddsåtgärder alltid ska uppfyllas (se avsnitt 6.5.1).
- > Om barriär som hindrar vätska från att rinna in på området finns kan skyddsavstånden i tabeller nedan i vissa fall reduceras med 5 meter, se avsnitt 6.5.2.
- > Om kraftig sluttning, se avsnitt 6.5.2.

6.3.1 Viskadalsbanan

I Tabell 6-6 redovisas rekommenderade och reducerade skyddsavstånd för olika typer av bebyggelse intill Viskadalsbanan. Skyddsavstånden är beroende av vilka skyddsåtgärder som beaktas.

Tabell 6-6. Rekommenderade och reducerade skyddsavstånd till Viskadalsbanan. Presenterade skyddsavstånd gäller från spårmitt eller från släntfot vid ej plan topografi.

Viskadalsbanan								
Skyddsavstånd och skyddsåtgärder	Mindre känslig verksamhet		Normalkänslig verksamhet			Känslig verksamhet		
	Parkeringshus	Industri/Lager	Enstaka bostadshus	Handel	Kontor	Flerbostadshus	Skola	Vård
Rekommenderade skyddsavstånd	20 m	25 m	30 m	30 m	45 m	55 m	70 m	80 m
Reducerade skyddsavstånd								
Brandklassad fasad EW30	20 m	25 m	30 m	25 m	30 m	30 m	70 m	80 m
Brandklassad fasad EW30 samt att byggnad dimensioneras för att motstå en gasmolnexplosion	20 m	25 m	30 m	25 m	30 m	30 m	70 m	80 m

6.3.2 Väg 41

I Tabell 6-7 redovisas rekommenderade och reducerade skyddsavstånd för olika typer av mindre känslig bebyggelse och olika hastigheter på väg 41. Skyddsavstånden är beroende av vilka skyddsåtgärder som beaktas.

Tabell 6-7. Rekommenderade och reducerade skyddsavstånd till Väg 41 (mindre känslig verksamhet). Presenterade skyddsavstånd gäller från väkant eller från släntfot vid ej plan topografi.

Väg 41						
Skyddsavstånd och skyddsåtgärder	Mindre känslig verksamhet					
	Parkeringshus			Industri/Lager		
	0 - 50 km/h	51 - 79 km/h	80 -100 km/h	0 - 50 km/h	51 - 79 km/h	80 -100 km/h
Rekommenderade skyddsavstånd	25 m	30 m	30 m	25 m	30 m	30 m
Reducerade skyddsavstånd						
Brandklassad fasad EW30	20 m	20 m	20 m	20 m	25 m	25 m
Brandklassad fasad EW30 samt att byggnad dimensioneras för att motstå en gasmolnexplosion	20 m	20 m	20 m	20 m	25 m	25 m

I Tabell 6-8 redovisas rekommenderade och reducerade skyddsavstånd för olika typer av normalkänslig bebyggelse och olika hastigheter på väg 41. Skyddsavstånden är beroende av vilka skyddsåtgärder som beaktas.

Tabell 6-8. Rekommenderade och reducerade skyddsavstånd till Väg 41 (normalkänslig verksamhet). Presenterade skyddsavstånd gäller från vägkant eller från släntfot vid ej plan topografi.

Väg 41									
Skyddsavstånd och skyddsåtgärder	Normalkänslig verksamhet								
	Enstaka bostadshus			Handel			Kontor*		
	0 - 50 km/h	51 - 79 km/h	80 -100 km/h	0 - 50 km/h	51 - 79 km/h	80 -100 km/h	0 - 50 km/h	51 - 79 km/h	80 -100 km/h
Rekommenderade skyddsavstånd	30 m	40 m	45 m	40 m	50 m	50 m	45 m	50 m	55 m
Reducerade skyddsavstånd									
Brandklassad fasad EW30	25 m	30 m	30 m	35 m	45 m	45 m	30 m	35 m	35 m
Brandklassad fasad EW30 samt att byggnad dimensioneras för att motstå en gasmolnsexplosion	25 m	30 m	30 m	25 m	30 m	30 m	25 m	30 m	30 m

*Notera att en mindre dimensionerande bebyggelse antagits för kontor längsmed väg 41 än väg 156 i samråd med kommunen och Räddningstjänsten, se Tabell 3-2.

I Tabell 6-9 redovisas rekommenderade och reducerade skyddsavstånd för olika typer av känslig bebyggelse och olika hastigheter på väg 41. Skyddsavstånden är beroende av vilka skyddsåtgärder som beaktas.

Tabell 6-9. Rekommenderade och reducerade skyddsavstånd till Väg 41 (känslig verksamhet). Presenterade skyddsavstånd gäller från vägkant eller från släntfot vid ej plan topografi.

Väg 41									
Skyddsavstånd och skyddsåtgärder	Känslig verksamhet								
	Flerbostadshus*			Skola			Vård		
	0 - 50 km/h	51 - 79 km/h	80 -100 km/h	0 - 50 km/h	51 - 79 km/h	80 -100 km/h	0 - 50 km/h	51 - 79 km/h	80 -100 km/h
Rekommenderade skyddsavstånd	45 m	50 m	55 m	60 m	70 m	80 m	65 m	80 m	90 m
Reducerade skyddsavstånd									
Brandklassad fasad EW30	30 m	35 m	40 m	60 m	70 m	80 m	65 m	80 m	90 m
Brandklassad fasad EW30 samt att byggnad dimensioneras för att motstå en gasmolnsexplosion	30 m	35 m	40 m	60 m	70 m	80 m	65 m	80 m	90 m

*Notera att en mindre dimensionerande bebyggelse antagits för flerbostadshus längsmed väg 41 än väg 156 i samråd med kommunen och Räddningstjänsten, se Tabell 3-2.

6.3.3 Väg 156

I Tabell 6-10 redovisas rekommenderade och reducerade skyddsavstånd för olika typer av mindre känslig bebyggelse och olika hastigheter på väg 156. Skyddsavstånden är beroende av vilka skyddsåtgärder som beaktas.

Tabell 6-10. Rekommenderade och reducerade skyddsavstånd Väg 156 (mindre känslig verksamhet). Presenterade skyddsavstånd gäller från vägkant eller från släntfot vid ej plan topografi.

Väg 156						
Skyddsavstånd och skyddsåtgärder	Mindre känslig verksamhet					
	Parkeringshus			Industri/Lager		
	0 - 50 km/h	51 - 79 km/h	80 -100 km/h	0 - 50 km/h	51 - 79 km/h	80 -100 km/h
Rekommenderade skyddsavstånd	25 m	30 m	30 m	30 m	30 m	30 m
Reducerade skyddsavstånd						
Brandklassad fasad EW30	20 m	20 m	20 m	20 m	20 m	25 m
Brandklassad fasad EW30 samt att byggnad dimensioneras för att motstå en gasmolnsexplosion	20 m	20 m	20 m	20 m	20 m	25 m

I Tabell 6-11 redovisas rekommenderade och reducerade skyddsavstånd för olika typer av normalkänslig bebyggelse och olika hastigheter på väg 156. Skyddsavstånden är beroende av vilka skyddsåtgärder som beaktas.

Tabell 6-11. Rekommenderade och reducerade skyddsavstånd Väg 156 (normalkänslig verksamhet). Presenterade skyddsavstånd gäller från vägkant eller från släntfot vid ej plan topografi.

Väg 156									
Skyddsavstånd och skyddsåtgärder	Normalkänslig verksamhet								
	Enstaka bostadshus			Handel			Kontor		
	0 - 50 km/h	51 - 79 km/h	80 -100 km/h	0 - 50 km/h	51 - 79 km/h	80 -100 km/h	0 - 50 km/h	51 - 79 km/h	80 -100 km/h
Rekommenderade skyddsavstånd	30 m	40 m	40 m	35 m	50 m	50 m	45 m	55 m	55 m
Reducerade skyddsavstånd									
Brandklassad fasad EW30	25 m	25 m	25 m	25 m	25 m	30 m	25 m	30 m	35 m
Brandklassad fasad EW30 samt att byggnad dimensioneras för att motstå en gasmolnsexplosion	25 m	25 m	25 m	25 m	25 m	30 m	25 m	30 m	35 m

I Tabell 6-12 redovisas rekommenderade och reducerade skyddsavstånd för olika typer av känslig bebyggelse och olika hastigheter på väg 156. Skyddsavstånden är beroende av vilka skyddsåtgärder som beaktas.

Tabell 6-12. Rekommenderade och reducerade skyddsavstånd Väg 156 (känslig verksamhet). Presenterade skyddsavstånd gäller från vägkant eller från släntfot vid ej plan topografi.

Väg 156									
Skyddsavstånd och skyddsåtgärder	Känslig verksamhet								
	Flerbostadshus			Skola			Vård		
	0 - 50 km/h	51 - 79 km/h	80 -100 km/h	0 - 50 km/h	51 - 79 km/h	80 -100 km/h	0 - 50 km/h	51 - 79 km/h	80 -100 km/h
Rekommenderade skyddsavstånd	45 m	55 m	55 m	60 m	70 m	70 m	65 m	80 m	80 m
Reducerade skyddsavstånd									
Brandklassad fasad EW30	40 m	45 m	45 m	60 m	70 m	70 m	65 m	80 m	80 m
Brandklassad fasad EW30 samt att byggnad dimensioneras för att motstå en gasmolnsexplosion	35 m	35 m	40 m	60 m	70 m	70 m	65 m	80 m	80 m

6.4 Jämförelse mellan rekommenderade skyddsavstånd och individrisk

I Tabell 6-13 redovisas det kortaste rekommenderade skyddsavståndet för respektive känslighetskategori och avståndet vid vilken en acceptabel individrisknivå utomhus uppnås. De skyddsavstånd som redovisas i tabellen gäller om endast generella skyddsåtgärder vidtagits. Samtliga skyddsavstånd som presenteras i tabellen överstiger det avstånd på vilket individrisknivån är acceptabel utomhus.

Tabell 6-13. Jämförelser mellan kortaste rekommenderade skyddsavstånd för respektive känslighetskategori och beräknad individrisk

	Viskadalsbanan		Väg 41		Väg 156	
	Avstånd där tolerabel individrisk uppnås	Kortaste skyddsavstånd med enbart generella skyddsåtgärder	Avstånd där acceptabel individrisk uppnås	Kortaste skyddsavstånd med enbart generella skyddsåtgärder	Avstånd där acceptabel individrisk uppnås	Kortaste skyddsavstånd med enbart generella skyddsåtgärder
Ej känslig verksamhet	0 meter	0 meter	0 meter	0 meter	0 meter	0 meter
Mindre känslig verksamhet	15 meter	20 meter	0 meter	30 meter	0 meter	30 meter
Normalkänslig verksamhet	15 meter	30 meter	40 meter	40 meter	25 meter	40 meter
Känslig verksamhet	20 meter	55 meter	50 meter	50 meter	50 meter	55 meter

De rekommenderade skyddsavstånd som anges när ytterligare skyddsåtgärder utöver de generella beaktas är i vissa fall kortare än det minsta avstånd som beräknats för individrisknivån utomhus. Detta har dock bedömts rimligt då individrisknivån inomhus är acceptabel på aktuella avstånd och den generella rekommendationen om att det bebyggelsefria området inte skall uppmuntra till stadigvarande vistelse fortfarande råder. På så vis skyddas de som vistas inomhus till en erforderlig nivå, samtidigt som de som vistas utomhus antas uppehålla sig på avstånd där risknivån är tolerabel.

6.5 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* (Räddningsverket, 2006). I detta kapitel presenteras en genomgång av de åtgärder som COWI övervägt i samband med denna riskutredning.

Identifieringen av säkerhetshöjande åtgärder i Räddningsverkets 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 6-14 presenteras den tabell som återfinns i Räddningsverkets skrift över säkerhetshöjande åtgärder (Räddningsverket, 2006).

Tabell 6-14 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 H, *Möjliga säkerhetshöjande åtgärder*. Notera att beskrivningarna till stor del är direkt tagna ur Räddningsverkets skrift, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner – Vägledningsrapport 2006* (Räddningsverket, 2006).

Samtliga ovanstående åtgärder har beaktats i arbetet med denna rapport.

- > Åtgärd 4 och 5 uppfylls som en del av rekommenderade skyddsavstånd, se avsnitt 6.3
- > Åtgärd 6 och 7 ingår i de generella åtgärder som förutsätts, se avsnitt 6.5.1

- > Åtgärd 1, 2 och 3 kan ytterligare minska skyddsavståndet, se avsnitt 6.5.2, men har ej varit en förutsättning/krav vid utarbetning av rekommenderade skyddsavstånd. Åtgärd 1, 2 och 3 kan ses som en option att ytterligare minska det rekommenderade skyddsavståndet genom utformning av den väg/spårnära miljön genom naturlig eller konstruerad barriär.
- > Åtgärd 8 och 11 har beaktats som potentiella ytterligare skyddsåtgärder för att reducera rekommenderade skyddsavstånd, se avsnitt 6.5.2
- > Åtgärd 9 och 10 har ej bedömts rimliga att applicera i en översiktlig riskanalys. Detta då åtgärderna är relativt långtgående i deras påverkan på bebyggelsen samtidigt som dess riskreducerande effekt är beroende av parametrar som är svåra att beakta i en översiktlig riskanalys.

Tabell 6-14. Kategorisering av skadehändelser och riskreducerande åtgärder. (Räddningsverket, 2006)

Kategori (skadehändelse)	Delkategori (skydd mot)	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						
Väderfenomen	Vindpåverkan										X		X		X													
Bränder	Pölbrand (flyter ut/iväg)	X	-	X	X					X	X		X	X	X			X										X
-Strålning	Vegetationsbrand		X							X	X				X													X
-Konvektion	Byggnadsbrand									X	X		X		X			X	X									X
-Ledning	Jettflamma									X			X	X	X			X	X				X					X
Explosioner	Tryckvåg			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	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			
	Avakning, 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)
Regleras eller kan regleras av annan lagstiftning		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

6.5.1 Generella skyddsåtgärder farligt gods

Nedan presenteras de generella skyddsåtgärder med avseende på farligt gods som legat till grund för bedömningar avseende **rekommenderade** skyddsavstånd. För att **rekommenderade** skyddsavstånd i denna riskanalys ska gälla skall samtliga nedanstående villkor uppfyllas. Notera att de generella skyddsåtgärderna även ska uppfyllas vid **reducerade** skyddsavstånd genom införande av ytterligare skyddsåtgärder, se avsnitt 6.5.2.

- > Bebyggelsefritt område skall finnas 0-30 meter från studerade farligt godsleder, om inte kortare avstånd anges i de tabeller som presenteras i avsnitt 6.3. Notera att Trafikverket och Länsstyrelsen vanligtvis efterfrågar ett bebyggelsefritt område 0-30 meter från farligt godsleder. Vid bebyggelse inom 30 meter från farligt godsled bör frågan beaktas utifrån ett bredare perspektiv än enbart risk. Detta bör göras i dialog med Trafikverket och Länsstyrelsen. Syftet med bebyggelsefritt område är att undvika mekanisk konflikt, möjliggöra insats av Räddningstjänsten samt att distansera bebyggelse från farligt godsled.
- > Det bebyggelsefria området närmast studerade farligt godsleder skall ej utformas så att det uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Det bebyggelsefria området kan däremot användas för ytparkering, lokalväg samt gång- och cykelbana.
- > Inom 0-30 meter från studerade farligt godsleder skall utrymning vara möjlig bort från närmsta farligt godsled i skydd av byggnaden. Syftet med denna åtgärd att möjliggöra säker utrymning av byggnaden i händelse av en farligt godsolycka.
- > Inom 30-50 meter från studerade farligt godsleder skall utrymning vara möjlig bort från närmsta farligt godsled, entréer på gavlar anses vara acceptabla. Syftet med denna åtgärd att möjliggöra säker utrymning av byggnaden i händelse av en farligt godsolycka
- > Inom 100 meter från farligt godsled skall friskluftsintag placeras minst 8 meter ovan leden. Om byggnaden är lägre än 8 meter skall friskluftsintaget placeras på byggnadens tak och vänd bort från leden. Detta krav gäller ej för parkeringshus och enstaka bostadshus. För bemannade verksamhetstyper, så som t.ex. kontor, handel, skola m.m., där personal kan antas ha god kännedom om lokalen bör friskluftsintag vara centralt avstängningsbar.

Utöver ovanstående generella skyddsåtgärder bedöms det rimligt att sträva efter en disponering av bebyggelsen där mindre känsliga delar placeras närmast leden. Vid bebyggelse inom 50 meter från farligt godsled bör man därför, om möjligt, placera mindre personintensiva delar av verksamheten/bebyggelsen närmast leden. Notera att detta inte är ett krav för denna riskanalys utan kan ses som en ytterligare säkerhetshöjande åtgärd.

6.5.2 Beskrivning av ytterligare skyddsåtgärder farligt gods

Följande ytterligare skyddsåtgärder möjliggör **reducerade** skyddsavstånd enligt tabeller i avsnitt 6.3. En detaljerad riskanalys för den specifika planen i fråga kan visa på möjligheten att reducera skyddsavståndet ytterligare eller att reduktion är möjlig även utan ytterligare skyddsåtgärder enligt nedan.

- > **Brandklassad fasad EW30:** Syftet med denna åtgärd är att möjliggöra säker utrymning av byggnaden under 30 minuters tid. Åtgärden innebär att:
 - > Fasad och yttervägg utförs av obrännbart material. Puts på cellplast är inte tillåtet. Ytterväggen ska uppfylla lägst brandteknisk klass EI 30
 - > Fönster som vetter mot transportleden ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30
 - > Fönster mot transportleden får endast vara öppningsbara med verktyg, nyckel eller liknande
 - > Takfot mot transportleden ska utföras i lägst brandteknisk klass EI 30.
- > **Byggnad dimensioneras för att motstå en gasmolnexplosion:**
Åtgärden innebär att byggnad, eller del av byggnad, utförs med fasad och stomme som ska kunna motstå tryckökningar motsvarande en dimensionerande gasmolnexplosion motsvarande 10 kg gasol. Syftet med denna åtgärd är att ge skydd mot fortskridande ras.

Notera att detta krav ej gäller för fönster/glaspartier i fasaden. I de fall byggnad ska dimensioneras för att motstå en gasmolnexplosion bedöms det dock rimligt att fönster/glaspartier förstärks så att splitterskador motverkas vid en explosion. Exempel på en åtgärd som bedöms uppfylla detta krav är att förse fönster/glaspartier med plastfilm som gör att detta funktionskrav uppfylls.

Väg eller spårnära barriär

Givet att det finns en spår- eller vägnära barriär som kan förhindra utläckande vätska att spridas in mot området så kan rekommenderade skyddsavstånd i avsnitt 6.3 i vissa fall reduceras med 5 meter förutsatt att följande uppfylls:

- > Förekomst av mur, vall, plank, naturlig höjdskillnad eller dylikt vilken begränsar en vätskepöl (bestående av till exempel brandfarlig vätska) från att breda ut sig mot området. För att uppnå detta syfte bedöms det tillräckligt med några decimeters höjdskillnad (SKL, 2012).
- > Rekommenderade skyddsavstånd överstiger ej 55 meter. För större avstånd ges ingen reduktion då pölbränder ej är dimensionerande för skyddsavståndet.

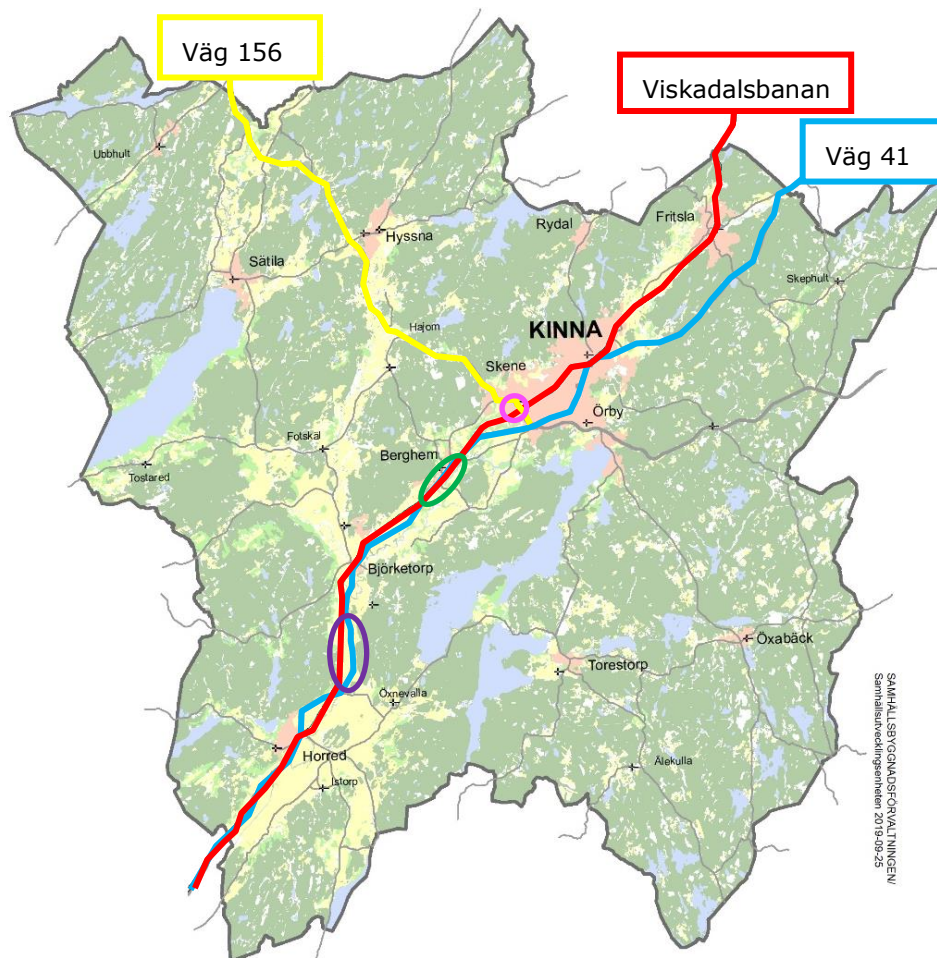
Om farligt godsled ligger högre än aktuell planområde med en kraftig sluttning mellan skall planområdet skyddas mot mekanisk konflikt och utrinnande vätska. För väg bedöms ett vägräcke/barriär motsvarande klass H4 som görs tätt i nedkant uppfylla detta krav. För järnväg krävs sannolikt en vall, urspårnings räl eller motsvarande för att hindra mekanisk konflikt. Vid behov bör man för järnväg utarbeta platsspecifika lösningar i samråd med Trafikverket och Räddningstjänst. Den del av barriären som hindrar vätska från att rinna in på området skall utformas i obrännbart material. Barriären kan med fördel kombineras med åtgärd för att hantera buller.

6.6 Särskilda fall och undantag

Nedan förtydligas vad som gäller vid särskilda fall så som när bebyggelsen planeras vid sidan av, eller emellan, två parallella eller korsande farligt godsleder. Vidare beskrivs även vad som gäller vid etablering inom 30 meter från en farligt godsled samt under vilka omständigheter som resultaten i denna riskanalys ej är tillämpliga och en fördjupad riskanalys måste genomföras för den specifika planen.

6.6.1 Särskilda fall

Bedömningar och rekommendationer avseende studerade farligt godsleder har i rapporten beaktat en enskild led utan riskbidrag från andra närliggande farligt godsleder. Inom Marks kommun finns ett flertal platser som ligger intill eller emellan två parallella farligt godsleder (Viskadalsbanan och Väg 41) eller intill två korsande farligt godsleder (Viskadalsbanan och Väg 156, Väg 41 och Viskadalsbanan eller Väg 41 och Väg 156), se Figur 6-5. Notera att Figur 6-5 inte anger samtliga platser inom Marks kommun där det förekommer parallella eller korsande leder utan endast anger exempel på platser där dessa särskilda fall förekommer.



Figur 6-5. Farligt godsleder som löper genom Marks kommun. Grön markering anger exempel på parallella leder som löper intill varandra. Lila markering anger exempel på parallella leder med utrymme för bebyggelse emellan lederna. Rosa markering anger exempel på korsande leder. Notera att figuren inte anger samtliga platser inom Marks kommun där det förekommer parallella eller korsande leder utan endast anger exempel på platser där dessa särskilda fall förekommer.

Nedan förtydligas hur rekommenderade skyddsavstånd och skyddsåtgärder påverkas av den ackumulerade risknivån vid bebyggelse intill parallella farligt godsleder, mellan parallella farligt godsleder samt intill korsande farligt godsleder.

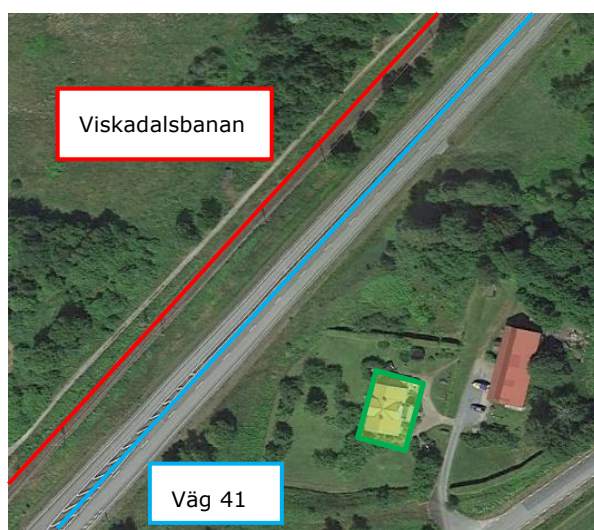
Vanligtvis bedöms ett bebyggelsefritt område om 30 meter vara önskvärt inom samhällsplanering. Nedan förtydligas även kring de fall då de rekommenderade skyddsavstånden understiger 30 meter.

Bebyggelse vid sidan av parallella leder

Parallella farligt godsleder inom Marks kommun utgörs av de platser där Viskadalsbanan och Väg 41 löper intill varandra. Vid dessa platser kan bebyggelse komma att placeras vid sidan av de parallella lederna, se exempel i Figur 6-6.

En känslighetsberäkning har genomförts där dessa två leder teoretiskt placerats i samma punkt för att undersöka hur stort det ackumulerade riskbidraget blir på olika avstånd när bägge lederna beaktas samtidigt. Denna beräkning har visat att riskbidraget från Väg 41 är dimensionerande. Viskadalsbanan utgör endast ett signifikant risktillskott inom 15 meter, där urspårning bidrar till en förhöjd risknivå. För avstånd längre än 15 meter leder parallella leder inte till någon förhöjd ackumulerad risk.

Då inga rekommenderade skyddsavstånd är kortare än eller lika med 15 meter kan därmed den ackumulerade risken anses vara hanterad om rekommenderade skyddsavstånd och skyddsåtgärder uppfylls för respektive led vid bebyggelse vid sidan av parallella leder.



Figur 6-6. Exempel på bebyggelse vid sidan av parallella leder. I detta fall ska grönmarkerad bebyggelse uppfylla rekommenderade skyddsavstånd och skyddsåtgärder för både Viskadalsbanan och Väg 41 med avseende på respektive led.

Bebyggelse mellan parallella leder

Parallella farligt godsleder inom Marks kommun utgörs av de platser där Viskadalsbanan och Väg 41 löper intill varandra, men på ett sådant avstånd att ny bebyggelse ryms mellan de båda lederna, se exempel i Figur 6-7.

Samma slutsatser som dragits avseende bebyggelse vid sidan av parallella leder ovan gäller även vid bebyggelse mellan parallella leder. Den ackumulerade risken anses därmed vara hanterad om rekommenderade skyddsavstånd och skyddsåtgärder uppfylls för respektive led vid bebyggelse mellan parallella leder.



Figur 6-7. Exempel på bebyggelse mellan parallella leder. I detta fall ska grönmärkad bebyggelse uppfylla rekommenderade skyddsavstånd och skyddsåtgärder för både Viskadalsbanan och Väg 41 med avseende på respektive led.

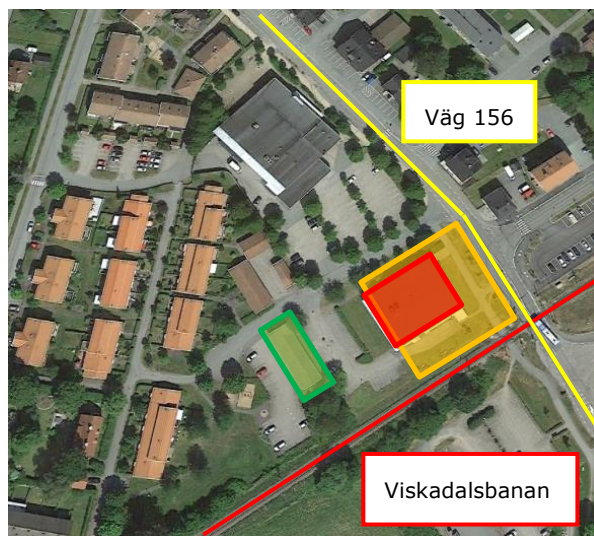
Bebyggelse vid korsande leder

Korsande farligt godsleder inom Marks kommun utgörs av de platser där Viskadalsbanan och Väg 41 korsar varandra, där Viskadalsbanan och Väg 156 korsar varandra eller där Väg 41 och Väg 156 korsar varandra. Vid dessa platser kan bebyggelse komma att placeras intill de korsande lederna, se exempel i Figur 6-8.

En känslighetsberäkning har visat att riskbidraget från Väg 41 eller 156 är dominerande jämfört med riskbidraget från Viskadalsbanan med undantag för inom 15 meter där urspårningsrisken är dominerande.

Den mest betydande ADR/RID-klassen av farligt gods som transporteras på väg och järnväg utgörs av klass 3, brandfarliga vätskor. Denna kategori kan ge upphov till stora konsekvenser inom 50 meter, se Bilaga C.4. Inom zonen 50x50 meter från skärningspunkten mellan lederna har det inte bedömts rimligt att ta fram övergripande skyddsavstånd då man ej vet hur placering förhåller sig till respektive led. Detta kan leda till att den ackumulerade risknivån med avseende på brandfarlig vätska blir högre än vad som avsetts för föreslagna skyddsavstånd och skyddsåtgärder.

Med anledning av detta gäller således inte rekommenderade skyddsavstånd i denna riskanalys inom zonen 50x50 meter från skärningspunkten mellan lederna varför en specifik riskanalys behöver genomföras för att undersöka de platsspecifika förhållandena. Bortom zonen 50x50 meter från skärningspunkten mellan lederna erhålls inte någon signifikant förhöjd ackumulerad risk och risken kan därmed anses vara hanterad om rekommenderade skyddsavstånd och skyddsåtgärder uppfylls för respektive led.



Figur 6-8. Exempel på bebyggelse mellan korsande leder. I detta fall ska grönmärkad bebyggelse uppfylla rekommenderade skyddsavstånd och skyddsåtgärder för både Viskadalsbanan och Väg 156 med avseende på respektive led. Inom den orangea zonen (50x50 meter från skärningspunkten) gäller inte rekommenderade skyddsavstånd i denna riskanalys. För bebyggelse inom denna zon, t.ex. rödmärkad bebyggelse, måste en fördjupad riskanalys genomföras.

Bebyggelse inom 30 meter från led

Generellt rekommenderas ett bebyggelsefritt område om 30 meter från farligt godsled, då detta efterfrågas av Länsstyrelsen och Trafikverket. För verksamheter som antingen bedömts vara icke-personintensiv, alternativt bedömts vara väl skyddade mot de risker som föreligger på den aktuella leden, har dock ett kortare skyddsavstånd i vissa fall bedömts vara möjligt med avseende på beräknad risknivå. Undantag från ett 30 meter bebyggelsefritt område har ex. gjorts för parkeringshus, industri och i vissa fall små bostadshus. Kortaste rekommenderade skyddsavstånd i dessa riktlinjer är 20 meter för parkeringshus, vilket kan reduceras till 15 meter givet att det finns en spår- eller vägnära barriär enligt vad som beskrivs i avsnitt 6.5.2.

Vid bebyggelse inom 15-30 meter från farligt godsled bör frågan diskuteras med Räddningstjänsten, Länsstyrelsen och Trafikverket i ett tidigt skede.

Vid fördjupade riskanalyser inom 30 meter från farligt godsleder bör även särskild hänsyn tas till ADR/RID-klasser som exkluderats i denna riskanalys enligt resonemang i avsnitt 4, t.ex. ADR/RID-klass 8 då de kan leda till stor påverkan i det spår-/vägnära området.

6.6.2 Undantag

Resultaten i denna riskutredning är baserad på ett flertal antaganden som sammantaget har bedömts vara konservativa för Marks kommun. Detta har i sin tur mynnat ut i rekommenderade skyddsavstånd och skyddsåtgärder för att reducera avståndet. Om de ursprungliga antagandena frångås kan detta leda till att erhållna resultat ej längre är tillämpbara för studerad bebyggelse. Nedan

följer en lista över när denna riskanalys ej är gällande och en fördjupad riskanalys måste genomföras för den specifika planen.

Resultaten i denna riskanalys gäller ej om något av följande kriterier uppfylls:

- > Vid mer omfattande bebyggelse än vad som beskrivs i avsnitt 3.3 då detta leder till en högre personintensitet och därmed även högre risknivå än vad som har beräknats.
- > Detaljplan kan förväntas börja gälla efter år 2040. Detta då trafikunderlaget som legat till grund för beräkningarna ej längre är gällande längre än 2040.
- > Inom zonen 50x50 meter från skärningspunkten mellan två korsande farligt godsleder, se avsnitt 6.6.1. Detta då denna zon kan leda till en förhöjd kumulativ risknivå.
- > Vid etablering av lokaler för samhällskritisk verksamhet så som t.ex. polis eller räddningstjänst. Detta då denna typ av verksamhet kan kräva en lägre risknivå. Notera att detta avsteg inte innefattar vård, vilket har detaljstuderats i denna riskanalys.
- > Vid etablering inom rekommenderade bebyggelsefria områden, dvs. inom 30 meter och med kortare skyddsavstånd än vad som anges i avsnitt 6.3. I händelse av att en fördjupad riskanalys genomförs med avseende på detta behöver särskild hänsyn tas till t.ex. ADR/RID-klass 8 och andra ADR/RID-klass som i denna riskanalys ej studerats.

Notera att avsteg från rekommenderade skyddsavstånd och skyddsåtgärder (inklusive allmänna skyddsåtgärder) alltid kan tillåtas förutsatts att en fördjupad riskanalys för den specifika planen visar på en tolerabel risknivå.

6.7 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.

Resultatet av analysen bygger på ett antal ansatser beträffande trafikunderlag för farligt gods, olycksscenario, olycksfrekvenser, m.m. 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.

För en djupare diskussion angående osäkerheter, se Bilaga F.

7 Faror vid drivmedelsstation

Inom Marks kommun finns ett tiotal bensinstationer som i händelse av olycka kan ge upphov till risker för människor till följd av hantering och transport av brandfarliga produkter (brandfarlig vätska och gas i lösa behållare).

Alternativa bränslen i form av metan blir också vanligare varför risker med tankstationer för metangasdrivna fordon också redovisas.

Avstånden till drivmedelsstationer avgörs delvis av risken för olycka (hanteras i detta avsnitt) men andra aspekter så som buller, lukt och trafikstörningar får ofta en avgörande påverkan.

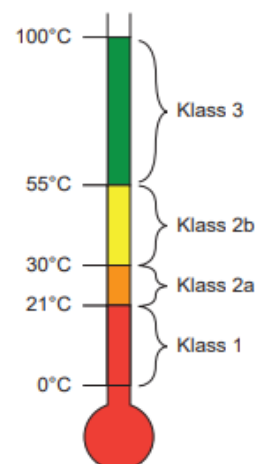
7.1 Bensinstationer

Vid bensinstationer hanteras vanligtvis stora mängder brandfarlig vätska inom ADR-klass 3 (bensin, diesel, etanol m.m.) för drivmedelsförsäljning. Utöver detta förvaras vanligtvis även brandfarlig vätska i lösa behållare, t.ex. spolarvätska, samt brandfarlig gas i lösa behållare, t.ex. gasol, vid bensinstationer.

Brandfarliga vätskor är vätskor som har en flampunkt som inte överstiger 100°C. Flampunkten är den temperatur som en vätska minst måste uppnå innan den kan antändas. Är temperaturen lägre innebär detta att vätskan inte avger tillräckligt med ångor. Brandfarliga vätskor delas in i klasser utifrån sin flampunkt enligt följande, se Figur 7-1 (MSB, 2019):

>	Klass 1	Flampunkt < 21°C	T.ex. bensin, etanol, toluen
>	Klass 2a	21°C ≤ Flampunkt ≤ 30°C	T.ex. xylene, rostskyddsfärger
>	Klass 2b	30°C < Flampunkt ≤ 55°C	T.ex. fotogen, terpentin
>	Klass 3	55°C < Flampunkt ≤ 100°C	T.ex. diesel, tändvätska

KLASS	VÄTSKA	ANVÄNDNING
1	Bensin	Drivmedel för fordon och olika redskap, rengöring
	Aceton	Lösningsmedel, nagellacksborttagning
	Etanol, 2-propanol	Bränslen, till exempel för spritkök, dekorations-spisar, koncentrerad spolarvätska, K-sprit, rödsprit, miljövänlig tändvätska, handsprit
	Metanol	Denatureringsmedel i vissa etanolprodukter, bränsle för hobbymotorer
	Toluen, etylacetat	Lösningsmedel, vanliga huvudbeståndsdelar i thinner
	Dietyleter	Ingår i vissa bränslen för hobbymotorer, fläckborttagning
2a	Xylen	Lösningsmedel i till exempel lim, vissa snabb-torkande färger, rostskyddsfärger
2b	Fotogen	Bränsle till fotogenkök, element, kylskåp
	Terpentin	Lösningsmedel
	Petroleum produkter	Lacknafta, penseltvätt, lösningsmedel i oljefärger och oljelack, avfettningsmedel
3	Diesel	Drivmedel, bränsle för elproduktion
	Eldningsolja	Bränsle för uppvärmning och elproduktion
	Petroleum-produkter	Tändvätska, lampolja



Figur 7-1. Klassificering och flampunkter för några brandfarliga vätskor (MSB, 2019).

7.1.1 Befintliga regler och riktlinjer

Följande regler och riktlinjer bedöms relevanta och tillämpbara för bensinstationer inom Marks kommun:

- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer.* (MSB, 2015)
- MSBFS 2020:1 – *Föreskrifter om hantering av brandfarlig gas och brandfarliga aerosoler*
- SÄIFS 2000:2 – Sprängämnesinspektionens föreskrifter om hantering av brandfarliga vätskor

Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer

I MSBs handbok *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer* (MSB, 2015) sammanfattas föreskrifter och bestämmelser som är tillämpliga på en bensinstation. Här ges råd beträffande en bensinstations utformning samt minimiavstånd till omgivande bebyggelse, se Tabell 7-1.

Rekommenderade avstånd för bensinstationer enligt Tabell 7-1, baseras på de risker som kan uppstå i samband med hantering av brandfarlig vara (effekter från brand och explosion). Avstånden i Tabell 7-1 gäller ifall bensinstationen är utförd enligt de exempel som finns i handboken. Samtliga bensinstationer inom Marks kommun förutsätts uppfylla de krav som ställs för en bensinstation enligt handboken.

Tabell 7-1. 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 (MSB, 2015).

Objekt/Riskkälla	Påfyllnings- anslutning till cistern	Mätarskåp	Pejl- förskruvning	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* meter	18 meter	6 meter	12 meter

*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.

MSBFS 2020:1

Det avstånd från en icke-publik verksamhet som hanterar brandfarlig gas i lösa behållare (ex. gasol) som anges i MSBFS 2020:1 redovisas i Tabell 7-2.

Tabell 7-2. Avstånd från icke-publik 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 - ≤60	0**	0	0	0**	0	0**	0
>60 - ≤250	3***	0	0	12	0	25	0
>250 - ≤1200	3	3	0			25	0
>1200 - ≤4000	6	6	3	12	6	50	25
>4000 - ≤8000	12	12	6	25	12	100	50

* Brandteknisk avskiljning motsvarande

** Behållarna bör samlas på lämplig plats när de inte är inkopplade/används, i syfte att kunna föras i säkerhet vid brand.

*** Inget avstånd behövs vid användning av lösa behållare på kärra eller liknande som står lätt åtkomliga i syfte att kunna föras i säkerhet vid brand.

Erfarenheter från tidigare riskbedömningar av bensinstationer har visat att mängden brandfarlig gas (vanligtvis gasol) som förvaras vid bensinstationer är relativt begränsad (150-200 kg). Baserat på detta bedöms mängden förvarad brandfarlig gas understiga 1200 liter (ca 600 kg) vilket föranleder ett rekommenderat avstånd till andra byggnader är 3 meter enligt MSBFS 2020:1

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 7-3.

Tabell 7-3. 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
Material 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

Erfarenheter från tidigare riskbedömningar av bensinstationer har visat att mängden brandfarlig vätska i lösa behållare (vanligtvis spolarvätska) som förvaras vid bensinstationer är relativt begränsad. Baserat på detta bedöms mängden brandfarlig vätska i lösa behållare understiga 3 m³ (3000 liter) vilket föranleder ett rekommenderat avstånd till andra byggnader är 9 meter enligt SÄIFS 2000:2.

7.1.2 Riskvärdering för bensinstationer

I Bilaga C.4 redovisas strålningsberäkningar för pölbränder (bensin) på 50 m² vilket bedöms vara dimensionerande scenarion om t.ex. ett slangbrott skulle uppstå i samband med lossning av brandfarlig vätska vid påfyllningsanslutningen. Den mest sannolika placeringen av en pölbrand bedöms vara vid lossningsplats för fordon. Dessa strålningsberäkningar visar att man erhåller strålningsnivåer under 10 kW/m² på ett avstånd längre 25 meter från pölbrandens centrum för en 50 m² pölbrand. Detta innebär att man uppfyller kriterier avseende kritiska förhållanden vid utrymning enligt BBR. Strålningsnivåer som innebär att personer omedelbart antas omkomma, dvs > 35 kW/m², uppnås på avstånd mindre än 20 meter.

I Tabell 7-4 har skyddsavstånden från ovanstående regler, riktlinjer och strålningsberäkning sammanställts i en anpassad tabell. Av Tabell 7-4 framgår att det resultaten från strålningsberäkning och riktlinjer enligt 7.1.1 ger likartade dimensionerande skyddsavstånd.

Tabell 7-4 Sammanställning av skyddsavstånd med avseende på bensinstation.

Riktlinje		Byggnad i allmänhet/brännbart material (meter)	Byggnad med stor brandbelastning/svårutrymda lokaler (meter)
Bensinstationer i allmänhet (Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer)	Påfyllnings-anslutning till cistern	25	
	Mätarskåp	18	
	Pejl-förskruvning	6	
	Cistern-avluftningens mynning	12	
Förvaring av brandfarlig gas i lösa behållare (MSBFS 2020:1)		3	25
Förvaring av brandfarlig vätska i lösa behållare (SÄIFS 2000:2)		9	25

Följande skyddsåtgärder med avseende på närhet till bensinstationer inom Marks kommun:

- > Bebyggelsefritt område motsvarande 25 meter mellan ny bebyggelse och bensinstationens fastighetsgräns skall eftersträvas.
- > Om bensinstationen är befintlig eller placering av enskilda funktioner inom bensinstationen enligt Tabell 7-1 är kända kan ett bebyggelsefritt område motsvarande de minsta avstånd som anges i Tabell 7-4 istället uppfyllas för att möjliggöra bebyggelse närmare än 25 meter från fastighetsgräns.
- > Det bebyggelsefria området skall ej utformas på ett sätt som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Området kan dock användas för parkeringsplatser (ytparkering).

Notera att rekommenderade avstånd i detta avsnitt förutsätter att maximalt 3 m³ brandfarlig vätska i lösa behållare och/eller 1200 liter brandfarlig gas i lösa behållare förvaras på aktuell bensinstation. Baserat på erfarenheter från tidigare riskanalyser för bensinstationer bedöms dessa begränsningar vara rimliga och täcka majoriteten av bensinstationer. Om aktuell bensinstation hanterar större mängder än angivet ovan skall avstånd i Tabell 7-2 och Tabell 7-3 följas.

En detaljerad riskanalys kan i ett senare skede visa på mindre omfattande behov av skyddsåtgärder än vad som redovisas i denna översiktliga riskanalys för Marks kommun.

7.2 Tankstationer för metangasdrivna fordon

Vid tankstationer för metangasdrivna fordon hanteras främst själva drivmedlet, antingen kylkondenserad i flytande form, också kallat "Liquified Natural Gas"

(LNG), eller som trycksatt gas (CNG vilket ibland även kallas "Fordonsgas"). Hantering av andra produkter så som gas i lösa behållare bedöms inte eller mycket sällan förekomma på dessa drivmedelsstationer, varför denna aspekt inte beaktas i detta kapitel.

Metan är en mycket brandfarlig gas som vid normalt tryck och temperatur är lättare än luft. Gasen har ett brännbarhetsområde på 4-16 volymprocent i luft.

7.2.1 Befintliga regler och riktlinjer

Följande regler och riktlinjer bedöms relevanta och tillämpbara för tankstationer för metangasdrivna fordon:

- > TSA 2020 - *Tankstationer för metangasdrivna fordon (Energigas Sverige, 2020)*

TSA 2020 redovisar olika rekommenderade avstånd beroende på hur gas lagras på anläggningen, dvs. om den lagras komprimerad i gasfas eller kylkondenserad i vätskefas (LNG). Rekommenderade minsta avstånd för anläggningar som enbart hanterar metan i gasfas presenteras i *Tabell 7-5*.

Tabell 7-5. Avstånd från tankstation för metan där enbart metan i gasfas hanteras
(Energigas Sverige, 2020)

Anläggningsdel	Byggnad i allmänhet ^a , kompressor ^b , annat gaslager ^c brännbart material eller brandfarlig verksamhet	Stor mängd brännbart material	Utgång från svårutrymda lokaler ^d	Större fordon uppställda för tankning eller parkerade	Personbilar uppställda för tankning eller parkerade
	(meter)	(meter)	(meter)	(meter)	(meter)
Gaslager > 4 000 liter ≤ 200 000 liter	12 ^e	25 ^e	100 ^e	8 ^e	6 ^e
Gaslager > 1 000 liter ≤ 4 000 liter	6 ^e	12 ^e	100 ^e	8 ^e	6 ^e
Gaslager > 60 liter ≤ 1 000 liter	3 ^f	12 ^f	100 ^e	8 ^f	6 ^f
Fordonsgasdispenser	6 ^e	12 ^{e,g}	100 ^e	–	–

a) Detta omfattar inte ett hus eller väderskydd för kompressor av obrännbart material.
b) Inget avstånd krävs mellan gaslager och kompressor med brandteknisk avskiljning EI 120.
c) Inget avstånd krävs mellan mobila gaslager. Inget avstånd krävs mellan gaslager och annat gaslager med brandteknisk avskiljning EI 120.
d) Lokaler från vilka en utrymning kan förväntas ta lång tid på grund av verksamheten i lokalen eller typen av byggnad.
e) Med avskiljning i lägst brandteknisk klass EI 60 får avståndet minskas till hälften. Används avskiljning av högre brandteknisk klass än EI 60 kan avstånden reduceras om godtagbar utredning presenteras för tillståndsmyndigheten.
f) Med avskiljning i lägst brandteknisk klass EI 60 behövs inget minsta avstånd.
g) För avstånd mellan fordonsgasdispenser och cistern med brandfarlig vätska med flampunkt högst 30 °C ovan mark respektive mellan fordonsgasdispenser och förråd med brandfarlig vara, se tabell 5.2. För avstånd mellan fordonsgasdispenser och cistern för flytande metan, se tabell 8.1.

Rekommenderade minsta avstånd för anläggningar som hanterar metan i vätskefas presenteras i Tabell 7-6.

Tabell 7-6. Avstånd från tankstation för metan där metanet hanteras i vätskefas (Energigas Sverige, 2020)

Anläggningsdel	Byggnad i allmänhet ^a , brännbart material eller brandfarlig verksamhet	Stor mängd brännbart material eller gaslager större än 4 000 l	Gaslager högst 4000 liter	Utgång från svårutrymda lokaler ^b	Pump ^c
Cisternvolym > 100 m ³ ≤ 450 m ³	25 ^e	50 ^e	25 ^e	100 ^e	3 ^e
Cistern ≤ 100 m ³	12 ^e	25 ^e	12 ^e	100 ^e	3 ^e
Pump ^c	3 ^h	3 ^e	3 ^e	–	–
Dispenser för flytande metan	6 ^e	6 ^e	6 ^e	100 ^e	3 ^{e,g}
Anslutningspunkter för fyllning av cistern ^d	12 ^e	12 ^e	6 ^{e,g}	100 ^e	3 ^h

- a) Detta omfattar inte ett hus eller väderskydd för pump för flytande metan av obrännbart material.
b) Lokaler från vilka en utrymning kan förväntas ta lång tid på grund av verksamheten i lokalen eller typen av byggnad.
c) Vid dränkt (helt innesluten) centrifugalpump behövs inget avstånd.
d) Transportenheten förväntas flyttas vid en händelse.
e) Med EI 60-avskiljning eller högre får avstånden minskas till hälften.
f) Samma avstånd som mellan fordonsgasdispenser och cistern med brandfarlig vätska med flampunkt högst 30 °C ovan mark i tabell 5.2. Enligt MSB:s handbok – Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer ska detta avstånd vara minst 3 meter. Det anser Energigas Sverige dock är för litet och ställer i stället högre krav.
g) Avstånd baserat på SP Report 2013:61. Avstånden förutsätter att slangar i rostfritt stål med flätad strumpa i rostfritt stål används.
h) Med EI 60-avskiljning eller högre behövs inget avstånd.
i) Om tankning av fordon och lossning av tankfordon till cistern inte kan ske samtidigt behövs inget avstånd.

7.2.2 Riskvärdering för tankstationer för metangasdrivna fordon

Följande skyddsåtgärder med avseende på närhet till tankstationer för metangasdrivna fordon inom Marks kommun:

- > Bebyggelsefritt område motsvarande de rekommenderade avstånd som anges i Tabell 7-5 och/eller Tabell 7-6 mellan ny bebyggelse och tankstation för metangasdrivna fordon skall uppfyllas.
- > Det bebyggelsefria området skall ej utformas på ett sätt som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Området kan dock användas för parkeringsplatser (ytparkering).

Notera att rekommenderade avstånd i detta avsnitt förutsätter att tankstationen för metangasdrivna fordon uppfyller TSA 2020 och i förekommande fall LNGA 2020.

8 Referenser

API. (2007). *API 525, Pressure-relieving and Depressuring Systems*. American Petroleum Institute.

Banverket (2005), *BVH 706 Beräkningshandledning – Hjälpmedel för samhällsekonomiska bedömningar inom järnvägssektorn*, Diarienummer: S 05-2287/SA10

Boverket (2021), <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/planbestammelser/anvandning-av-kvartersmark/verksamheter/>, Hämtad 2021-05-17

Briab (2019), *Översiktlig riskanalys som underlag till riktlinjer för bebyggelseplanering intill transportleder för farligt gods*, 2019-01-31

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*

Energigas Sverige (2020), *TSA 2020, Anvisningar – tankstationer för metangasdrivna fordon*, 2020-11-10

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 Tågurspårningen i Kungsbacka* FOI-R-2286-SE.

Fredén, S. (2001), *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Banverket, Miljösektionen, rapport 2001:5.

GÖP (1999), *Översiktsplan för Göteborg Fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS*.

GÖP (2009), *Översiktsplan för Göteborg. Riksintressen, Miljö- och riskfaktorer*. Antagen 2009-02-26, Stadsbyggnadskontoret

IPS (2012), *Handledning om riskkriterier*, Intressentföreningen för Processsäkerhet

Hansson, I. (2000). *Brandskydd i oljedepå, rekommendation*. Räddningsverket

Larsson, A. (2006). *BFS 2006:12; Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (1993:57) – föreskrifter och allmänna råd*. Boverket

Lee's (2004), Lee's loss prevention in the process industry 3rd edition, ISBN: 9780750675550

Länsstyrelsen Hallands län (2011), *Risikanalys av farligt gods i Hallands län*

Länsstyrelserna (2006), Riskhantering i detaljplaneprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods. Länsstyrelserna: Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län, 2006

Länsstyrelsen Stockholms län (2000), *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer.*

MSB (2015), *Handbok: Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer.* Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. ISBN: 978-91-7383-545-9. Utgiven: Mars 2015

MSB (2019), *Brandfarliga vätskor i hem- och fritidsmiljö.* Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Hämtad 2019-06-17 från <https://rib.msb.se/Filer/pdf/25569.pdf>

RIB (2012), *Bfk beräkningsmodell för kemikalieexponering* RIB (Integrerat beslutsstöd för skydd mot olyckor)

Räddningsverket (2006), *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner – Vägledningsrapport 2006*

SIKA (2008), *Inrikes och utrikes trafik med svenska lastbilar, år 2007*, SIKA 2008:13

SKL (2012), *Transporter av farligt gods. Handbok för kommunernas planering.*

SRV (1997), *Värdering av risk, s.21-182/97*, MSB (tidigare Räddningsverket)

SRV (1996), *Riskbedömning vid transport av farligt gods. B20-194/96*, Räddningsverket 1996

SRV (2006), *Kartläggning av farligt godstransporter*, September 2006

Svensson, Y. (2011). *BFS 2011:27; Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandsskydd.* Boverket.

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

Trafikanalys (2017), *Trafikanalys Lastbilstrafik 2016 - Statistik 2017:14*, 2017-05-16

Trafikverket (2018), *Prognos för godstransporter 2040 – Trafikverkets basprognoser 2018*, 2018-11-15

Trafikanalys (2019), *Trafikanalys Lastbilstrafik 2019*, 2020-05-15

Trafikverket (2020), *Trafikverkets vägtrafikflödeskartor*,
<https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>

UIC (2002), *Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone 2nd Edition*, UIC, utgiven september 2002

VTI (1994), *Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafikolyckor, rapport nr 387:3*, 1994

WSP (2014), *Detaljerad riskbedömning för fördjupad översiktsplan – Transport av farligt gods på väg och järnväg Mölndalsåns dalgång inom Göteborg och Mölndal – KONCEPTHANDLING*, 2014-12-18

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

WUZ (2016), *Skyddsavstånd till transportleder för farligt gods - Översiktlig riskanalys av transporter med farligt gods på väg och järnväg i Borås Stad*, 2016-12-19

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 – 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-klasser eller ADR-klasser 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.

A.1 Farligt gods på järnväg

Uppskattade mängder transporterat farligt gods har räknats upp för att representera ett framtidsscenario år 2040. Uppräkningen baseras på prognosvärden för år 2040 för godstrafik på järnväg från Trafikverket (2018) och innebär en ökning med 1,4 % per år.

A.2.1 Viskadalsbanan

Den tillgängliga informationen kring transporter med farligt gods på Viskadalsbanan är begränsad. Viskadalsbanan är t.ex. exkluderad i den utförliga utredning som utfördes av Räddningsverket 2006 (SRV, 2006) – numera kallat MSB. Däremot har det på uppdrag av Borås Stad utförts en riskanalys som kartlägger transporter med farligt gods på Viskadalsbanan (WUZ, 2016). På önskemål från Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund (SÄRF) har de värden som anges i översiktlig riskanalys för Borås i denna rapport använts för beräkningar avseende Viskadalsbanan. Dessa värden skiljer sig dock från andra källor som studerats; både gällande antalet transporter med farligt gods, men också med avseende på fördelning av de olika typerna farligt gods (ADR-klasserna), där värdena från WUZ (2016) utredning i vissa fall är mer konservativa, t.ex. med avseende på andel giftig gas (klass 2.3).

Antalet transporter med farligt gods på Viskadalsbanan beräknas efter förväntat antal godsvagnar med farligt gods i enlighet med översiktlig riskanalys för Borås kommun och basprognos från Trafikverket (2018). Inbördes fördelning mellan godstyper hos järnvägstransporter med farligt gods framgår av Tabell A-1.

Tabell A-1. Andel transporter med farligt gods på Viskadalsbanan för respektive RID-klass (WUZ, 2016). Observera att siffrorna visar inbördes fördelning endast av transporter med farligt gods och skiljer sig således från totala andelen godstransporter. Sista kolumnen visar den slutgiltiga andelen för respektive RID-undeklass. Klass 4, 7 och 9 redovisas inte i tabellen då det inte finns någon uppdelning i underklasser inom dessa huvudklasser.

RID-klass	Andel	RID-undeklass	Andel inom RID-klass	Andel totalt (andel × andel inom RID-klass)
1 - Explosiva ämnen	0,03 %	Explosivt	25 %	0,0075 %
		Övrig ⁵	75 %	-
2 - Gaser	25,5 %	Brandfarligt	10 %	2,55 %
		Giftigt	60 %	15,3 %
		Övrig ⁴	30 %	-
3 - Brandfarliga vätskor	38,6 %	Brandfarliga ämnen, inkl. giftiga	100 %	38,6 %
5 - Oxiderande ämnen	14,9 %	Explosivt	5 %	0,745 %
		Övrig ⁴	95 %	-
6 - Giftiga och smittfarliga ämnen	2,1 %	Flytande	72 %	1,50%
		Övrigt	28 %	-
8 - Frätande ämnen	14,3 %	-	-	-

För att estimera förväntat antal godsvagnar för respektive RID-klass utgår beräkningarna från prognoserat antal vagnar för 2040 med totalt 86 500 godsvagnar/år. Av dessa antas 5,5 % medföra farligt gods, med förväntat antal om totalt 4 758 transporterade farligt godsvagnar/år. Se Tabell A-2. för det totala antalet beräknade godsvagnar med farligt gods per år för respektive RID-klass.

Tabell A-2. Transporter av farligt gods per RID-klass på Viskadalsbanan (godsvagnar/år)

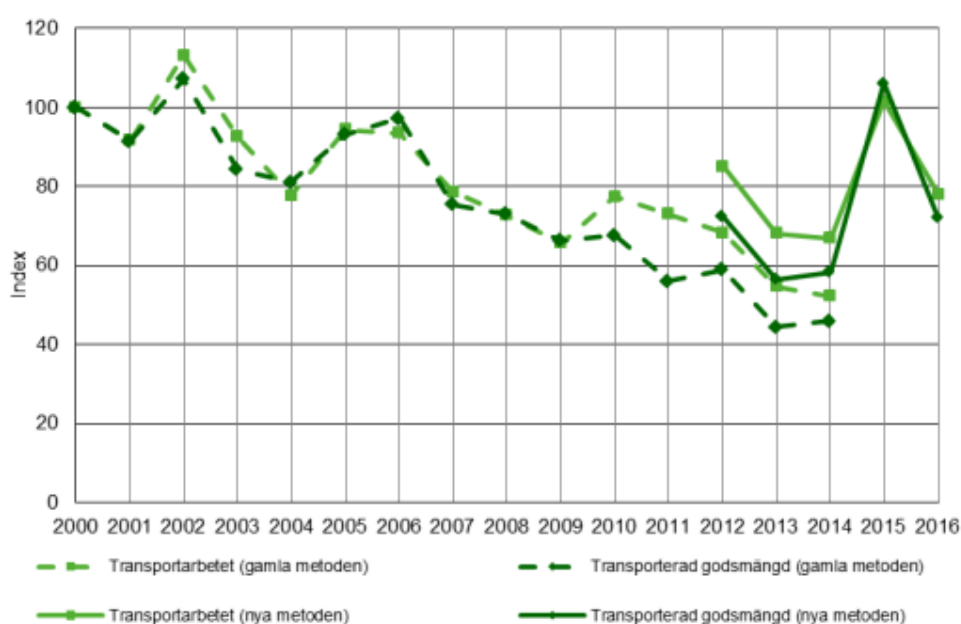
	Uppskattat antal godsvagnar/år på Viskadalsbanan intill planområdet
RID-klass	Uppräknade värden 2040
1.1 Masseexplosiva ämnen	0
2.1. Brandfarliga Gaser	121
2.3 Giftiga gaser	728
3. Brandfarlig vätska	1 836
5. Oxiderande ämnen	35
6. Giftiga och smittförande ämnen	71
8. Frätande ämnen	681

⁵ Underklassen "Övrigt" betecknar farligt gods som inte kan utgöra en fara för omgivningen (WUZ, 2016).

A.2 Farligt gods på väg

Enligt Trafikanalys (2019) utgör 2% av antalet lastbilstransporter på nationell basis transporter av farligt gods. I denna utredning antas konservativt att 3% av lastbilstransporterna utgörs av farligt gods.

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 A-1 (Trafikanalys, 2017). Den aktuella figuren har inte uppdaterats i Trafikanalys underlag sedan 2017. År 2019 transporterades dock 9 miljoner ton farligt gods på landets vägar. Detta motsvarar en indexnivå av 58 på y-axeln i Figur A-1 vilket pekar på att den minskande trenden håller i sig.



Figur A-1. 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 uppräkningsen antas antalet transporter med farligt gods öka i samma takt som antalet transporter med tung trafik på väg. Uppräkningsen baseras på prognosvärden för år 2040 för tung trafik på väg från Trafikverket (2018) och innebär en ökning med 1,85 % per år.

Fördelningen mellan olika farligt godsklasser baseras på inventering av farligt gods från SRV (2006). För sträckan antas det nationella genomsnittet avseende fördelning mellan olika ADR-klasser vara representativt. De värden som använts

för att beräkna risknivån med avseende på transporter av farligt gods presenteras för respektive led nedan.

A.1.2 Farligt gods väg 41

Uppskattat antal och fördelning av farligt godstransporter för väg 41 år 2040 presenteras i Tabell A-3. Fördelningen mellan olika ADR-klasser baseras på inventering utförd av SRV (2006).

Tabell A-3. Transporter av farligt gods per ADR-klass på väg 41 (fordon/år).

	Uppskattat antal fordonstransporter/år på väg 41 genom Marks kommun
ADR-klass	Uppräknade värden 2040
1.1 Massexplosiva ämnen - små	14
1.1 Massexplosiva ämnen - stora	1
2.1. Brandfarliga Gaser	332
2.3 Giftiga gaser	3*
3. Brandfarlig vätska	12699
5. Oxiderande ämnen	117
6. Giftiga och smittförande ämnen	37
8. Frätande ämnen	2280

*Enligt kartläggning utförd av SRV år 2006 transporteras på nationell nivå inga eller mycket få transporter av giftig gas på väg. Antalet transporter av giftig gas på väg har antagits utgöra 1% av antalet transporter brandfarliga gaser, vilket bedöms konservativt.

A.1.1 Farligt gods väg 156

Uppskattat antal och fördelning av farligt godstransporter för väg 156 år 2040 presenteras i Tabell A-4. Fördelningen mellan olika ADR-klasser baseras på inventering utförd av SRV (2006).

Tabell A-4. Transporter av farligt gods per ADR-klass på väg 156 (fordon/år).

	Uppskattat antal fordonstransporter/år på väg 156 genom Marks kommun
ADR-klass	Uppräknade värden 2040
1.1 Massexplosiva ämnen – små	11
1.1 Massexplosiva ämnen – stora	1
2.1. Brandfarliga Gaser	208
2.3 Giftiga gaser	2*
3. Brandfarlig vätska	8041
5. Oxiderande ämnen	69
6. Giftiga och smittförande ämnen	23
8. Frätande ämnen	1444

*Enligt kartläggning utförd av SRV år 2006 transporteras på nationell nivå inga eller mycket få transporter av giftig gas på väg. Antalet transporter av giftig gas på väg har antagits utgöra 1% av antalet transporter brandfarliga gaser, vilket bedöms konservativt.

Bilaga B - Beräkning av sannolikhet för olycka

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

B.1 Olycksfrekvens

De olycksfrekvenser som presenteras nedan baseras på nationell statistik och tar således hänsyn till väg- och järnvägsnätet i helhet. I bilaga K presenteras en känslighetsberäkning där förhöjd olycksrisk vid plankorsningar beaktas.

B.1.1 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 godsskyltade 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, 2011). Ansatt värde används även i *Risikanalys av farligt gods i Hallands län* (2014) som är granskad av såväl Räddningstjänsten och Länsstyrelsen i Hallands län samt publicerad av Länsstyrelsen i Hallands län.

För att beräkna olycksfrekvens utifrån nationell statistik används följande värden:

- > Antal olyckor med farligt gods per år: 40. Notera att detta bygger på nationell statistik och därmed inkluderar plankorsningar
- > 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 transporterna 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 $40 / (1 \cdot 10^8) = 4 \cdot 10^{-7}$ olyckor/farligt gods lastbils-km.

I denna rapport antas den nationella statistiken motsvara en genomsnittlig hastighet av 70 km/h.

B.1.2 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, fordsonsfel, 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. Denna studie behandlar inte växlings- och rangeringsverksamhet.

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).

Skalning av olycksfrekvenser

För riskberäkning används resonemang och värden enligt det som beskrivs i detta kapitel. Frekvensen justeras genom att multiplicera med 0,2. Detta görs för att ett skadeutfall bedöms påverka en begränsad sträcka, för de flesta olyckscenarion en sträcka av 200 m ($200/1000 = 0,2$). Undantag är för punktering av tank för giftig gas som multipliceras med 0,4 då området som kan påverkas av den händelsen är större och uppskattas till maximalt 400 m ($400/1000 = 0,4$).

Frekvens för olycksscenarier

Nedan redovisas möjliga händelseförlopp efter att en vägolycka/järnvägsolycka 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.

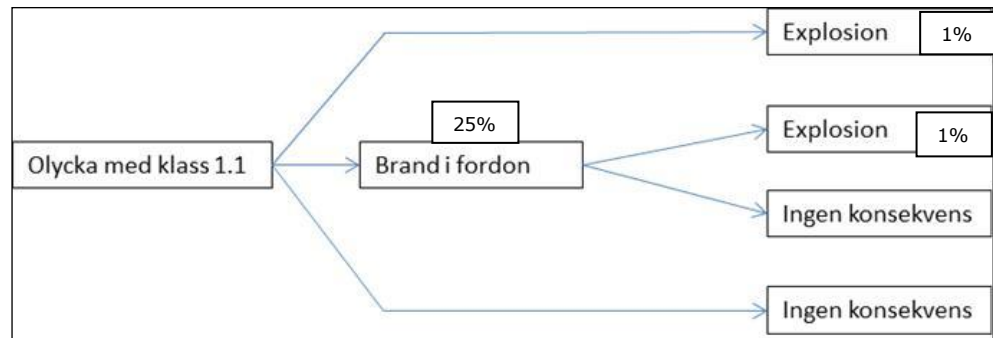
Vid beräkning av samhällsrisk reduceras konsekvensområdet i motsvarande omfattning.

B.2 Olycka med massexplodivt 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 massexplosiva ämnen finns risk för explosion som kan orsakas av spontan reaktion, yttre brand eller rörelseenergin som utvecklas vid stötar. På det sätt som massexplosiva ämnen och material förpackas minimeras emellertid risken för att explosion eller brand ska inträffa.

Figur B-1 illustrerar händelseförloppet vid olycka med massexplosiva ämnen.



Figur B-1. Händelseförlopp vid olycka med massexplosiva ämnen.

Vägoilycka

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 Göteborgs Översiktsplan fördjupad för farligt gods från 1999 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:

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

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

Järnvägsolycka

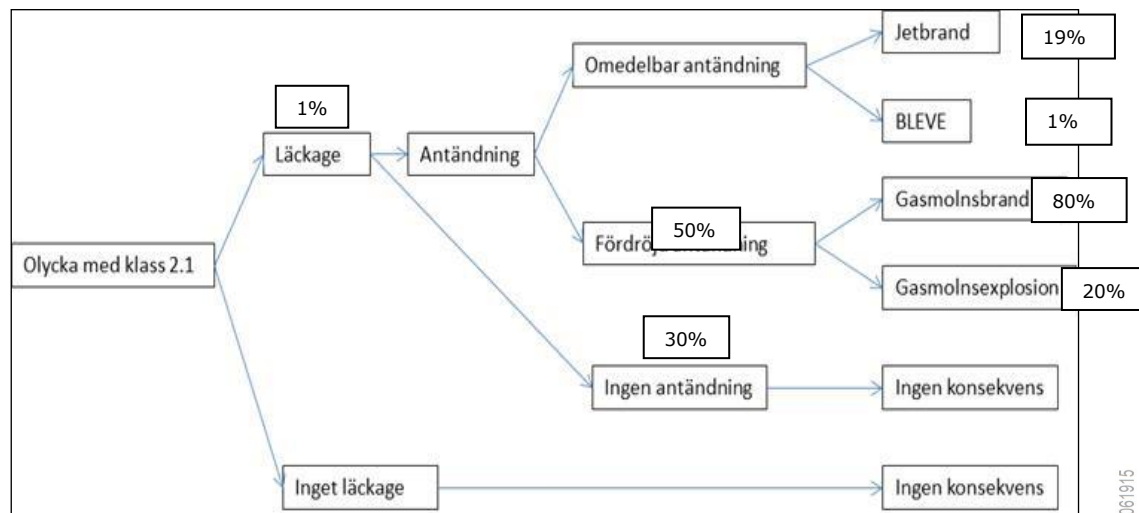
Vid en olycka bedöms att 1 % av fallen leder till explosion av lasten.

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

$$4.8 \cdot 10^{-8} / 2 \cdot N_{\text{klass1.1}}$$

B.3 Olycka med brandfarlig gas (propan)

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



Figur B-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 B-2. 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. COWI bedömer att valt scenario är ett representativt scenario. Risk för fullständigt haveri hanteras genom att en andel av scenarierna antas kunna utvecklas till BLEVE. Metoden har använts i ett flertal tidigare analyser i Göteborg och andra kommuner utan att ha ifrågasatts.

Vägoilycka

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. Enligt SRV (1996) gäller följande:

"För transporter skyltade med farligt gods och där det farliga ämnet transporters under tryck i tank har sannolikheten för farligt godsolycka antagits vara 30 ggr lägre, på grund av de krav som gäller för dessa tankar när det gäller tjocklek m.m., jämfört med vanliga bensintankar. Detta antagande bygger på erfarenhet från utländska studier."

För trycksatta tankar reduceras därför 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 med assistans från Räddningstjänsten 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.

Järnvägsolycka

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 vagn med brandfarlig gas utsätts för olycka är $((1,3 \cdot 10^{-9}/2)/0,01)/0,7 = 0,93 \cdot 10^{-7}$ per vagn och år för en km.

Följande frekvenser erhålls för möjliga scenarier:

Jetbrand

$$0,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,19$$

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

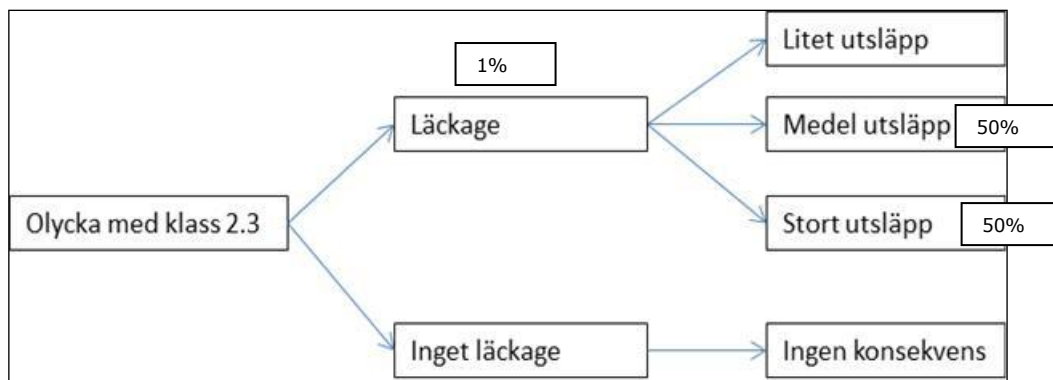
Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas med assistans från Räddningstjänsten innan en BLEVE inträffar.

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

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

B.4 Olycka med giftig gas

Figur B-3 illustrerar möjliga händelseförlopp vid olycka med giftig gas



Figur B-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.

Vägolycka

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)

Järnvägsolycka

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).

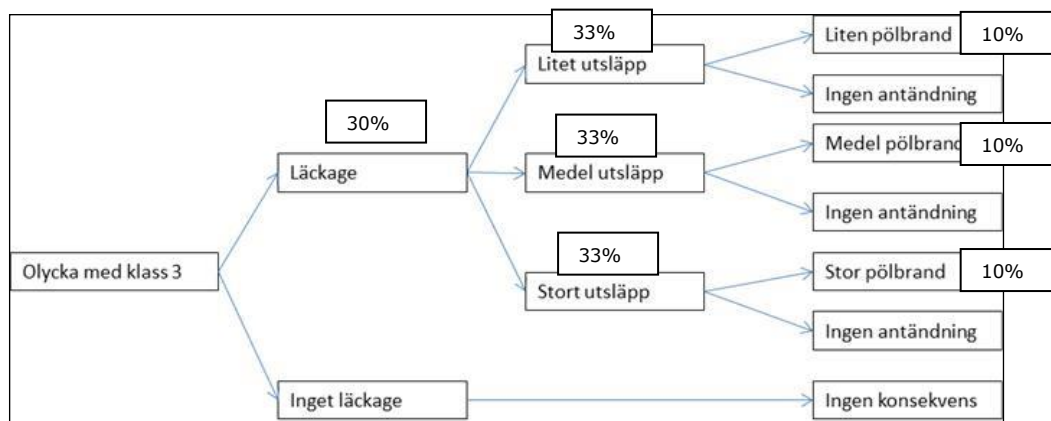
Antalet vagnar med giftig gas fås från Tabell A-2 och sannolikheten kan beskrivas enligt följande:

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

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

B.5 Olycka med brandfarlig vätska

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



Figur B-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.

Det bedöms huvudsakligen vara brandfarlig vara klass 1 t.ex. bensin som kan medföra personskada och utgöra risk för området. Enligt petroleuminstitutet är andelen bensin ca 40 % av totala petroleumprodukterna. Dock har samtliga transporter med klass 3 beaktats vid beräkningar vilket bedöms vara konservativt.

Vägoolycka

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)

Järnvägsolycka

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*

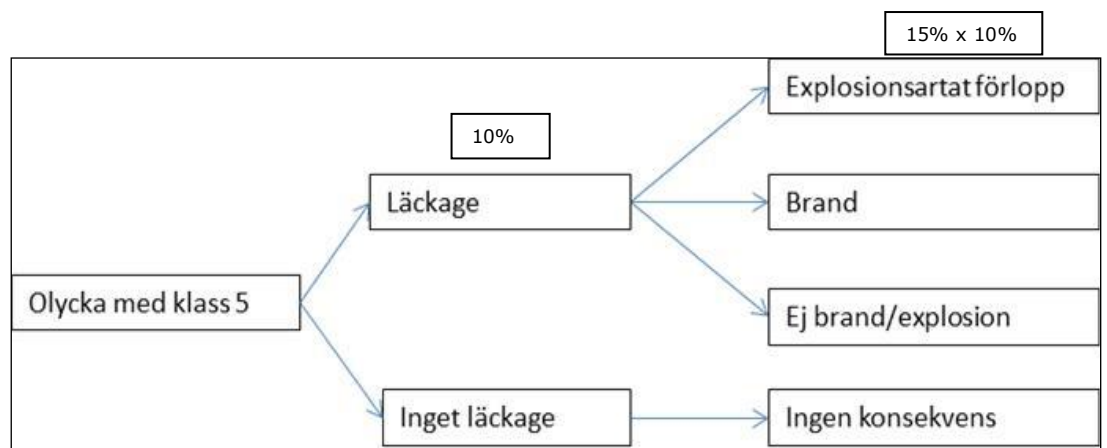
Sannolikhet för mellan och stort läckage är satt till 0,2 och 0,1 och antändning till 0,05 (Fredén, 2001). Värdet för antändning är hälften av värdet som används för väg.

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

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

B.6 Olycka med oxiderande ämne

Oxiderande ämne kan tillsammans med organiska ämnen bli explosivt. Figur B-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 B-5. Händelseförlopp vid olycka med oxiderande ämnen.

Vägoilycka

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:

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass5.1}} \cdot 0,1 \cdot 0.15 \cdot 0.1$$

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

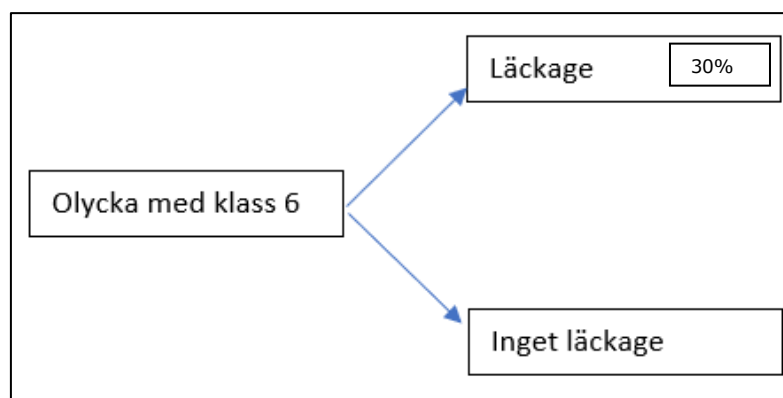
Järnvägsolycka

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:

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

B.7 Olycka med giftiga ämnen

Händelseförloppet för en olycka med giftiga ämnen illustreras av Figur B-6.



Figur B-6. Händelseförlopp vid olycka med giftiga ämnen.

Risker med avseende på giftiga ämnen utgörs av direkt kontakt med det giftiga ämnet.

Vägoilycka

Sannolikheten för att ett läckage inträffar antas vara 0,3 för den aktuella vägsträckan (SRV, 1996).

Sannolikheten för en olycka på väg med efterföljande utsläpp kan beskrivas enligt följande:

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0.3 \cdot N_{\text{klass 6}}$$

$$\text{Olycka} \cdot \text{Läckage} \cdot \text{antal transporter}$$

Järnvägsolycka

Sannolikheten för olycka med giftiga ämnen antas efterlikna olycka med brandfarlig vara bortsett från antändning och baseras på Fredén (2001). Sannolikheten beskrivs enligt följande:

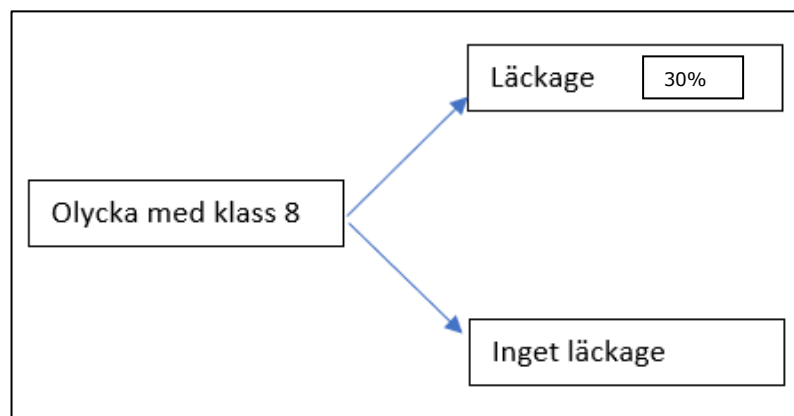
*(sannolikheten för urspårning * sannolikhet för att urspårad vagn är lastad med giftiga ämnen + sannolikhet för kollision * sannolikhet för att vagn i kollision är lastad med giftiga ämnen) * sannolikhet för läckage * antal vagnar*

Sannolikhet för läckage antas vara samma som för väg, 0.3.

$$(6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0.3 \cdot N_{\text{klass 6}}$$

B.8 Olycka med frätande ämnen

Händelseförloppet för en olycka med frätande ämnen illustreras av Figur B-7.



Figur B-7. Händelseförlopp vid olycka med frätande ämnen.

Risker med avseende på frätande ämnen utgörs av direkt kontakt med det frätande ämnet.

Vägoilycka

Sannolikheten för att ett läckage inträffar antas vara 0,3 för den aktuella vägsträckan (SRV, 1996).

Sannolikheten för en olycka på väg med efterföljande utsläpp kan beskrivas enligt följande:

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0.3 \cdot N_{\text{klass 8}}$$

Olycka * Läckage * antal transporter

Järnvägsolycka

Sannolikheten för olycka med frätande ämnen antas efterlikna olycka med brandfarlig vara bortsett från antändning och baseras på Fredén (2001). Sannolikheten beskrivs enligt följande:

*(sannolikheten för urspårning * sannolikhet för att urspårad vagn är lastad med frätande ämnen + sannolikhet för kollision * sannolikhet för att vagn i kollision är lastad med frätande ämnen) * sannolikhet för läckage * antal vagnar*

Sannolikhet för läckage antas vara samma som för väg, 0.3.

$$(6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0.3 \cdot N_{\text{klass8}}$$

B.9 Riskreducerande faktorer

Nedan redovisas de riskreducerande faktorer som använts vid beräkning av samhällsrisk med studerade skyddsåtgärder. Här redovisas de händelser för vilka skyddsåtgärderna har en konsekvensreducerad effekt. Se även Tabell C-2 i Bilaga C.

- > Skyddsåtgärd: **Inom 100 meter från farligt godsled skall friskluftsintag placeras minst 8 meter ovan leden. Om byggnaden är lägre än 8 meter skall friskluftsintaget placeras på byggnadens tak och vänd bort från leden.** Med ventilationsåtgärder bedöms andelen omkomna inomhus kunna korrigeras från grundberäkningens 50% till 5% för olyckor med giftig gas.
- > Skyddsåtgärd: **Alla fasader inklusive tak (fram till 50 meter ifrån farligt godsled) utförs som brandklassad fasad EW30.** Skyddsåtgärder beräknas medföra att personer inomhus inte omkommer vid brand förutsatt att de utrymmer byggnaden.
- > Skyddsåtgärd: **Byggnad dimensioneras så att den kan motstå en gasmolnsexplosion (10 kg gasol)** med sitt centrum på farligt godsled. Skyddsåtgärden har ansatts i flertalet utbyggnadsprojekt i Göteborg under senare år och har i samband med dessa projekt stämts av med Räddningstjänsten i Göteborg och Länsstyrelsen i Västra Götaland. Notera att skyddsåtgärden enbart tillgodoräknas för gasmolnsexplosioner 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.

Noter även att givet att det finns en spår- eller vägnära barriär som kan förhindra utläckande vätska att spridas in mot området så kan rekommenderade skyddsavstånd i avsnitt 6.3 i vissa fall reduceras med 5 meter förutsatt att följande uppfylls:

- > Förekomst av mur, vall, plank, naturlig höjdskillnad eller dylikt vilken begränsar en vätskepöl (bestående av till exempel brandfarlig vätska) från att breda ut sig mot området. För att uppnå detta syfte bedöms det tillräckligt med några decimeters höjdskillnad (SKL, 2012).
- > Rekommenderade skyddsavstånd överstiger ej 55 meter. För större avstånd ges ingen reduktion då pölbränder ej är dimensionerande för skyddsavståndet.

Om farligt godsled ligger högre än aktuell planområde med en kraftig sluttning mellan skall planområdet skyddas mot mekanisk konflikt och uttrinnande vätska. För väg bedöms ett vägräcke/barriär motsvarande klass H4 som görs tätt i nedkant uppfylla detta krav. För järnväg krävs sannolikt en vall, urspårnings räl eller motsvarande för att hindra mekanisk konflikt. Vid behov bör man för järnväg utarbeta platsspecifika lösningar i samråd med Trafikverket och Räddningstjänst. Den del av barriären som hindrar vätska från att rinna in på området skall utformas i obrännbart material. Barriären kan med fördel kombineras med åtgärd för att hantera buller.

B.10 Olycksfrekvens per scenario

I Tabell B-1 presenteras olycksfrekvensen för varje scenario och respektive led. Olycksfrekvensen gäller för en hastighet av 70 km/h på väg.

Tabell B-1. Olycksfrekvens fördelat på scenario

ADR/RID-klass	Olycksscenario	Viskadalsbanan (per år)	Väg 41 (per år)	Väg 156 (per år)
1 – explosiva ämnen	Massexlosion (liten)	0,00E+00	1,42E-08	1,10E-08
	Massexlosion (stor)	1,44E-08	1,42E-09	1,00E-09
2.1 – brandfarlig gas	Jetbrand	4,29E-09	5,04E-08	3,16E-08
	Gasbrand	9,03E-09	1,06E-07	6,66E-08
	Gasmolnsexlosion	2,26E-09	2,65E-08	1,66E-08
	BLEVE	1,13E-10	1,33E-09	8,32E-10
2.3 – giftig gas	Utsläpp av giftig gas (rörbrott)	6,55E-08	1,14E-09	8,00E-10
	Utsläpp av giftig gas (punktering)	6,55E-08	1,14E-09	8,00E-10
5 – oxiderande ämnen	Explosion (oxiderande ämne)	7,09E-11	1,40E-08	8,28E-09
3 – brandfarliga vätskor	Brandfarlig vätska (medel utsläpp)	1,11E-07	1,02E-05	6,43E-06
	Brandfarlig vätska (stort utsläpp)	5,55E-08	1,02E-05	6,43E-06

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.

Tabell C-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.
2.1 Brännbar gas	Jetflamma – värmestrålning Brännbart gasmoln – gasmolnsbrand Gasmolnsexplosion BLEVE	Direkta effekter oftast begränsade till närområdet¹. 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.

Ankom: 2021-07-02 Arende: PLAN.2014.741 Handling: 2061915

ADR-/RID- Klass	Möjliga konsekvenser i händelse av olycka	Kommentarer
2.3 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. Allvarigare konsekvenser kan uppstå beroende på lutning, risk för brandspridning, mm
4 Brandfarliga fasta ämnen, m.m.	Brand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet. Denna klass riskbedöms inte vidare
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, m.m.	Toxiska effekter	Maximalt konsekvensavstånd bedöms vara kortare än det bebyggelsefria området/kortast angivna skyddsavstånd. Denna klass riskbedöms inte vidare.
7 Radioaktiva ämnen	Strålskada	Ger normalt ej upphov till akuta effekter, däremot kan kroniska effekter uppstå. Denna klass riskbedöms inte vidare då transporter av klass 7 är sällan förekommande.
8 Frätande ämnen	Frätskada	Maximalt konsekvensavstånd bedöms vara kortare än det bebyggelsefria området/kortast angivna skyddsavstånd. Denna klass riskbedöms inte vidare.
9 Övrigt	-	Risker begränsade till närområdet. Denna klass riskbedöms inte vidare.

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 C-2 och visar hur stor andel av de personer som befinner sig utomhus respektive inomhus som bedöms omkomma till följd av en viss händelse. Respektive scenario har valts att studeras med utgångspunkt i att det ska vara ett rimligt, representativt scenario som tillsammans med övriga scenarion ger en robust analys. COWI är medveten om att de olycksscenarion som studerats inte är "worst case"-scenarion vilket enligt COWIs bedömning vore extremt konservativt att utgå från.

Notera även att värden i Tabell C-2 bygger på värden som presenteras i övriga tabeller och figurer i Bilaga C men att de inte alltid är direkt överensstämmande. Anledningen till detta är främst att det gjorts en kvalitativ bedömning av det totala antalet omkomna inom respektive avståndsintervall från olyckspunkten i förhållande till respektive dimensionerande scenario. Värdena i Tabell C-2 bedöms vara i linje med övriga uppgifter i Bilaga C.

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 C-2. Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus inom olika avståndsintervall från en eventuell olycka på väg. Värden i denna tabell är grundvärden från beräkningar vilket är de som används om inget annat anges.

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	1/0,05	0/0,01	0/0	0/0
	Stor explosion (6 ton)	1/0,3	1/0,3	1/0,15	0/0,15	0/0,01
Klass 2.1 Kondenserad Brandfarlig gas	Jetbrand	1/1	0,2/0,1	0/0	0/0	0/0
	Gasbrand	1/1	0,75/0,4	0,5/0,3	0/0	0/0
	Gasmolns- explosion	1/1	0,5/0,5	0,1/0,1	0/0	0/0
	BLEVE	1/1	1/1	1/0,25	0,5/0	0/0
Klass 2.3 Kondenserad giftig gas	Rörbrott	1/0,95	0,9/0,5	0,5/0,1	0,01/0	0/0
	Punktering	1/1	1/1	1/0,5	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.

C.1 Konsekvenser för massexplсивt ämne (klass 1.1)

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 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 C-3 sammanställs rimliga tryck för vad byggnader klarar av. Tabell C-4 redogör för olika trycks påverkan på människokroppen.

Tabell C-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 C-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 C-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 C-6 och C.7.

Tabell C-6. Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus på olika avståndsintervaller 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 C-7. Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus på olika avståndsintervaller från en eventuell olycka med små mängder transporterad vara.

Små Transporter	25 kg		200 kg		1000 kg	
Andelen omkomna	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 C-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 C-8. Andel omkomna vid olycka med massexplodivt ämne på väg (15 ton).

Personers vistelseplats vid olycka	Andel omkomna 0-49 meter från väg	Andel omkomna 50-100 meter från väg
Utomhus	100 %	100 %
Första radens hus	15 %	5 %
Andra radens hus	5 %	-

C.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:

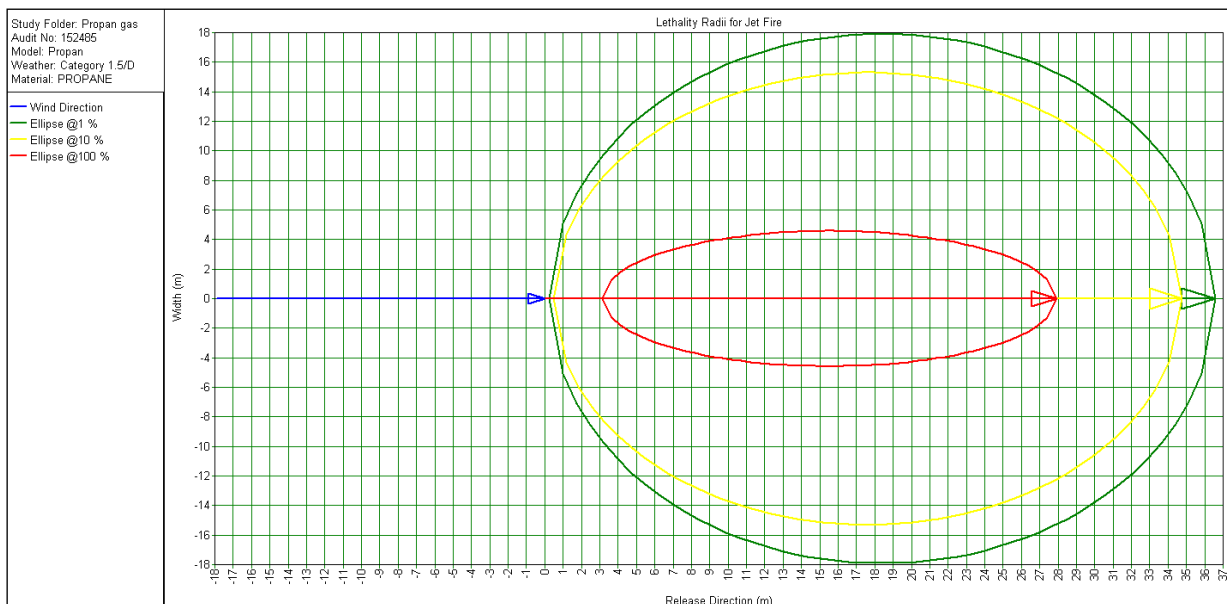
- > Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.
- > Uppvärmning av tank eller tankhaveri som leder till BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion).
- > Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand.
- > Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsexplosion.

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 C-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. COWI bedömer att använd ansats ger en rimlig bedömning eftersom beräkningarna dels baseras på att samtliga personer inom angivet avstånd exponeras samt att det skydd som kommer att utgöras av byggnader inte tas hänsyn till.



Figur C-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 omkomna 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.

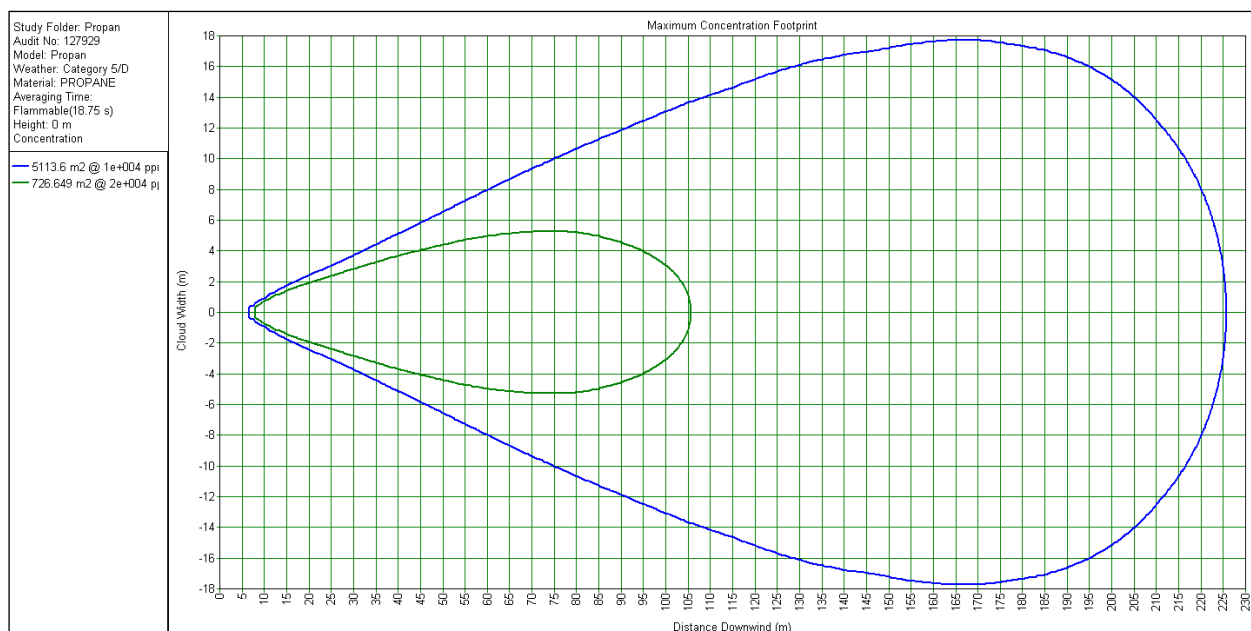
Storleken på eldklotet beror framförallt på tankens innehåll. En tank på 20 ton ger upphov till ett eldklot på 60-75 meters radie (TNO, 2005).

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. I Tabell C-2 framgår andel omkomna inomhus och utomhus på olika avstånd i händelse av BLEVE.

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 C-2. redovisas ett utsläpp av propan, 50 mm hål, utsläpp i vätskefas vid 5 m/s. I Tabell C-2 framgår andel omkomna inomhus och utomhus på olika avstånd i händelse av gasmolnsbrand. Vindstyrka och atmosfärisk stabilitet framgår av Figur C-2 (5 m/s och stabilitetsklass: D). Avseende topografi och hinder bör det noteras att genomförda beräkningar inte baseras på detaljerad analys, t ex CFD modellering av aktuell topografi och aktuella byggnader. Detta är inte praxis i denna typ av analyser.



Figur C-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 är avstånd till LEL ca 100 meter. Vid ett utsläpp i gasfas är motsvarande avstånd ca 20 meter. Då ett gasmoln inte har en "rektangulär" utbredning där alla personer på ett visst avstånd exponeras på samma sätt har värdena i Tabell C-2 justerats för att vara mer representativt för studerat scenario.

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.

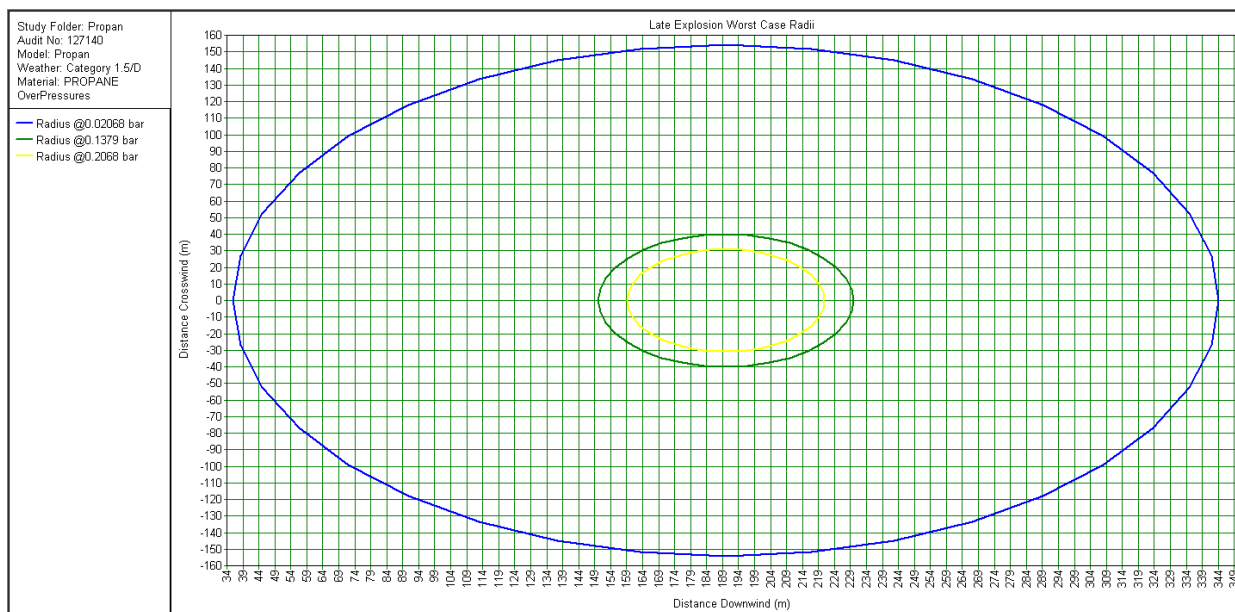
Personer som vistas inom brandmolnet antas omkomma, detta gäller även om personer som befinner sig i byggnader som helt omsluts av molnet. Personer som vistas utanför molnet kan antas överleva. Konsekvensen för personer

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 C-3 visar explosionsövertryck på olika avstånd från ett maximalt stort gasmoln, vid ett 50 mm hål och utsläpp i vätskefas. I Tabell B-2 framgår andel omkomna inomhus och utomhus på olika avstånd i händelse av gasmolnexplosion.



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

Från figur ovan erhålls följande avstånd till trycknivåer från explosionscentrum (för jämförelse redovisas även utsläpp i gasfas).

Tabell C-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.

C.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. Ammoniak bedöms vara en rimlig gas att studera då den bedöms utgöra den vanligaste gasen av de som ger allvarliga konsekvenser. Användandet av klor fasas ut i industrin och bedöms därför inte rimligt att beakta. Aktuell ansats har använts i ett flertal tidigare analyser.

Tabell C-10 till C-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. Notera att riskanalysen enbart baseras på antal omkomna även om antalet skadade presenteras i detta avsnitt. Praxis i farligt gods analyser är att studera antalet omkomna och aktuella kriterier baseras också enbart på antal omkomna.

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

Tabell C-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

C.4 Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara

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.

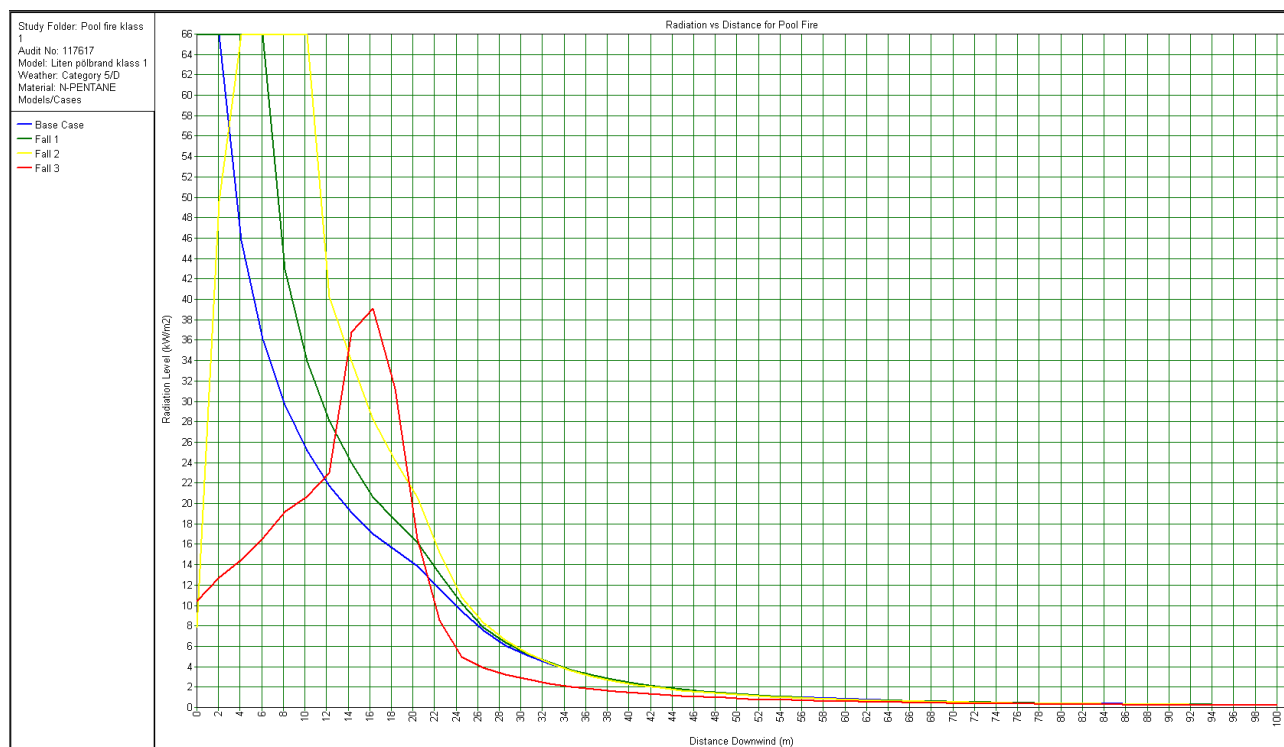
Det finns olika typer av brandfarlig vätska, vanligt förekommande är bensin och diesel. Bensin har en flampunkt under 21°C och kan antändas vid normala utomhusförhållanden medan brandfarlig vätska, av typen dieselolja, har högre

flampunkt och förväntas normalt inte antändas vid lägre temperatur än 55°C. Det är dock möjligt att antändning kan ske vid exempelvis fordonsbrand eller liknande. Omkring 40 % av transporterade klass 3 produkter utgör väskor med låg flampunkt. COWI har dock ändå valt att betrakta samtliga transporter av klass 3 som lättantändliga vätskor (liknande bensin) i beräkningarna.

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 C-4 och C-5. I Tabell C-2 framgår andel omkomna inomhus och utomhus på olika avstånd i händelse av pölbrand.



Figur C-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 C-5. Strålningsnivå i kW/m² på olika höjd över mark som funktion av avstånd. Brandscenario; pölbrand 200 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.

Strålningsnivåer för aktuella avstånd från transportled redovisas i Tabell C-13.

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

Brandarea (m²)	Strålning 0-20 m (kW/m²)	Strålning 20-50 m (kW/m²)	Strålning >50 m (kW/m²)
50	14 till >35	1 till 14	<1
	10 till >35	1 till 18	<1
200	>14	4 till 14	<4
	5 till >35	4 till >35	<4

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, 2004) och referenser däri samt (API, 2007). Dessa har sammanställts Tabell C-14 och C-15.

Tabell C-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 C-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
25-30 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.

C.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 trotyl (GÖP, 1999) erhållas vid en olycka och konsekvenserna är lika de som uppstår vid olycka med massexplosiva 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 trotyl som dimensionerande scenario för olycka med oxiderande ämnen.

Utifrån beräkningar och antaganden som genomförts för massexplosiva 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 C-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 raseras inom 70 meter ifrån explosionen med oxiderande ämnen.

C.6 Riskbidrag från respektive ADR/RID-klass samt konsekvenstyp

I detta avsnitt presenteras hur stor andel av den totala risknivån på olika avstånd som varje ADR/RID-klass samt konsekvenstyp bidrar med. Beräkningsgången följer den metod som redovisas i Bilaga B och C. Vidare utgår beräknad risk på de mängder och typer av gods som transporteras på respektive led i enlighet med Bilaga A.

Avstånd	Massexplosiva ämnen	Brandfarliga gaser				Giftig gas	Brandfarliga vätskor	Oxiderande ämnen	Urspårning
Meter	Explosion	Jetbrand	Gasmolnsbrand	Gasmolnsexplosion	BLEVE	Förgiftning	Pölbrand	Explosion	Mekanisk konflikt
0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
10	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%	0,0%	99,7%
15	0,5%	0,1%	0,4%	0,5%	0,0%	12,9%	5,4%	0,0%	80,3%
20	2,9%	0,2%	2,1%	2,3%	0,2%	72,1%	20,0%	0,1%	0,0%
25	3,3%	0,1%	2,2%	2,2%	0,2%	81,0%	10,8%	0,1%	0,0%
30	3,2%	0,1%	2,2%	2,0%	0,2%	82,9%	9,3%	0,1%	0,0%
35	3,1%	0,1%	2,2%	1,7%	0,3%	85,1%	7,5%	0,1%	0,0%
40	2,9%	0,1%	2,2%	1,4%	0,3%	87,7%	5,4%	0,1%	0,0%
45	2,7%	0,0%	2,2%	1,1%	0,3%	90,8%	2,9%	0,0%	0,0%
50	2,5%	0,0%	2,2%	0,7%	0,3%	94,4%	0,0%	0,0%	0,0%
55	2,4%	0,0%	2,1%	0,6%	0,3%	94,6%	0,0%	0,0%	0,0%
60	2,2%	0,0%	2,0%	0,6%	0,4%	94,8%	0,0%	0,0%	0,0%
65	2,1%	0,0%	1,9%	0,6%	0,4%	95,1%	0,0%	0,0%	0,0%
70	2,0%	0,0%	1,7%	0,5%	0,4%	95,4%	0,0%	0,0%	0,0%
75	1,8%	0,0%	1,6%	0,5%	0,5%	95,7%	0,0%	0,0%	0,0%
80	1,6%	0,0%	1,4%	0,4%	0,5%	96,1%	0,0%	0,0%	0,0%
85	1,3%	0,0%	1,1%	0,3%	0,6%	96,7%	0,0%	0,0%	0,0%
90	1,0%	0,0%	0,8%	0,3%	0,6%	97,3%	0,0%	0,0%	0,0%
95	0,6%	0,0%	0,5%	0,1%	0,7%	98,1%	0,0%	0,0%	0,0%
100	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	99,2%	0,0%	0,0%	0,0%
105	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	99,1%	0,0%	0,0%	0,0%
110	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	99,1%	0,0%	0,0%	0,0%
115	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	99,1%	0,0%	0,0%	0,0%
120	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	99,1%	0,0%	0,0%	0,0%
125	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	99,1%	0,0%	0,0%	0,0%
130	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	99,0%	0,0%	0,0%	0,0%
135	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	99,0%	0,0%	0,0%	0,0%
140	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	98,9%	0,0%	0,0%	0,0%
145	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	98,8%	0,0%	0,0%	0,0%
150	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	98,7%	0,0%	0,0%	0,0%

Figur C-6. Den andel av den totala risknivån på olika avstånd som varje RID-klass samt konsekvenstyp inkl. urspårning bidrar med för Viskadalsbanan

Avstånd	Massexplosiva ämnen	Brandfarlig gas				Giftig gas	Brandfarliga vätskor	Oxiderande ämnen
Meter	Explosion	Jetbrand	Gasmolnsbrand	Gasmolnsexplosion	BLEVE	Förgiftning	Pölbrand	Explosion
0	0,3%	0%	0%	0%	0%	0,0%	98,5%	0,3%
5	0,3%	0%	0%	1%	0%	0,0%	98,4%	0,3%
10	0,3%	0%	0%	1%	0%	0,0%	98,2%	0,4%
15	0,2%	0%	1%	1%	0%	0,0%	97,8%	0,5%
20	0,2%	0%	1%	1%	0%	0,1%	97,2%	0,7%
25	0,1%	0%	1%	1%	0%	0,1%	95,6%	1,3%
30	0,1%	0%	1%	1%	0%	0,1%	95,3%	1,3%
35	0,1%	0%	2%	1%	0%	0,2%	94,7%	1,3%
40	0,2%	0%	2%	2%	1%	0,2%	93,6%	1,3%
45	0,3%	0%	4%	2%	1%	0,5%	90,3%	1,2%
50	3,2%	0%	56%	17%	17%	6,4%	0,0%	0,0%
55	3,1%	0%	55%	17%	18%	6,6%	0,0%	0,0%
60	3,0%	0%	54%	16%	20%	6,8%	0,0%	0,0%
65	2,9%	0%	52%	16%	22%	7,1%	0,0%	0,0%
70	2,8%	0%	50%	15%	25%	7,4%	0,0%	0,0%
75	2,7%	0%	47%	14%	28%	7,9%	0,0%	0,0%
80	2,5%	0%	43%	13%	33%	8,5%	0,0%	0,0%
85	2,2%	0%	39%	12%	39%	9,3%	0,0%	0,0%
90	1,8%	0%	31%	9%	47%	10,4%	0,0%	0,0%
95	1,1%	0%	20%	6%	61%	12,2%	0,0%	0,0%
100	0,0%	0%	0%	0%	85%	15,4%	0,0%	0,0%
105	0,0%	0%	0%	0%	85%	15,2%	0,0%	0,0%
110	0,0%	0%	0%	0%	85%	14,9%	0,0%	0,0%
115	0,0%	0%	0%	0%	85%	14,6%	0,0%	0,0%
120	0,0%	0%	0%	0%	86%	14,3%	0,0%	0,0%
125	0,0%	0%	0%	0%	86%	13,9%	0,0%	0,0%
130	0,0%	0%	0%	0%	87%	13,5%	0,0%	0,0%
135	0,0%	0%	0%	0%	87%	13,0%	0,0%	0,0%
140	0,0%	0%	0%	0%	87%	12,4%	0,0%	0,0%
145	0,0%	0%	0%	0%	88%	11,6%	0,0%	0,0%
150	0,0%	0%	0%	0%	89%	10,8%	0,0%	0,0%

Figur C-7. Den andel av den totala risknivån på olika avstånd som varje ADR-klass samt konsekvenstyp bidrar med för Väg 41

Avstånd	Massexplosiva ämnen	Brandfarlig gas				Giftig gas	Brandfarliga vätskor	Oxiderande ämnen
Meter	Explosion	Jetbrand	Gasmolnsbrand	Gasmolnsexplosion	BLEVE	Förgiftning	Pölbrand	Explosion
0	0,3%	0%	0%	0%	0%	0,0%	98,5%	0,2%
5	0,3%	0%	0%	1%	0%	0,0%	98,3%	0,3%
10	0,3%	0%	0%	1%	0%	0,0%	98,1%	0,4%
15	0,3%	0%	1%	1%	0%	0,0%	97,8%	0,5%
20	0,3%	0%	1%	1%	0%	0,1%	97,2%	0,7%
25	0,1%	0%	1%	1%	0%	0,1%	95,7%	1,2%
30	0,2%	0%	1%	1%	0%	0,1%	95,3%	1,2%
35	0,2%	0%	2%	1%	0%	0,2%	94,8%	1,2%
40	0,3%	0%	2%	2%	1%	0,3%	93,6%	1,2%
45	0,4%	0%	4%	2%	1%	0,5%	90,3%	1,2%
50	5,0%	0%	55%	17%	17%	6,6%	0,0%	0,0%
55	4,9%	0%	54%	16%	18%	6,8%	0,0%	0,0%
60	4,7%	0%	53%	16%	20%	7,1%	0,0%	0,0%
65	4,6%	0%	51%	15%	22%	7,4%	0,0%	0,0%
70	4,4%	0%	49%	15%	24%	7,8%	0,0%	0,0%
75	4,2%	0%	46%	14%	28%	8,2%	0,0%	0,0%
80	3,8%	0%	43%	13%	32%	8,8%	0,0%	0,0%
85	3,4%	0%	38%	11%	38%	9,7%	0,0%	0,0%
90	2,8%	0%	31%	9%	46%	10,9%	0,0%	0,0%
95	1,8%	0%	20%	6%	60%	12,8%	0,0%	0,0%
100	0,0%	0%	0%	0%	84%	16,2%	0,0%	0,0%
105	0,0%	0%	0%	0%	84%	16,0%	0,0%	0,0%
110	0,0%	0%	0%	0%	84%	15,7%	0,0%	0,0%
115	0,0%	0%	0%	0%	85%	15,4%	0,0%	0,0%
120	0,0%	0%	0%	0%	85%	15,1%	0,0%	0,0%
125	0,0%	0%	0%	0%	85%	14,7%	0,0%	0,0%
130	0,0%	0%	0%	0%	86%	14,2%	0,0%	0,0%
135	0,0%	0%	0%	0%	86%	13,7%	0,0%	0,0%
140	0,0%	0%	0%	0%	87%	13,1%	0,0%	0,0%
145	0,0%	0%	0%	0%	88%	12,3%	0,0%	0,0%
150	0,0%	0%	0%	0%	89%	11,4%	0,0%	0,0%

Figur C-8. Den andel av den totala risknivån på olika avstånd som varje ADR-klass samt konsekvenstyp bidrar med för Väg 156

Bilaga D - Hastighetens påverkan på vägolyckor

Vilken hastighetsbegränsning som råder på en vägsträcka påverkar risken med avseende på farligt gods. Hastigheten påverkar både;

- > olycksfrekvensen, dvs. sannolikheten att en olycka med en farligt godstransport sker, och
- > index för farligt godsolycka, vilket innebär sannolikheten att ett utsläpp sker (t.ex. att risk för skada på tank uppkommer ökar vid högre olyckshastigheter) givet en farligt gods olycka.

För att ta hänsyn till dessa faktorer har hastighetens påverkan på risknivån för tre olika hastighetskategorier kvantifierats:

- > 50 km/h – Innefattar hastigheter mellan 0-50 km/h
- > 70 km/h – Innefattar hastigheter mellan 51-79 km/h
- > 90 km/h – Innefattar hastigheter mellan 80-100 km/h
- > Hastigheter över 100 km/h har ej bedömts relevant att studera då hastighetsbegränsningar över 100 km/h ej finns inom Marks kommun

Kvantifieringen utgår från VTI (1994) där påverkan av hastigheten för frekvensen av en farligt godsolycka beräknas enligt:

$$\begin{aligned} \text{Olycksfrekvens}_{\text{Hastighet}} \\ &= \text{Olycksfrekvens}_{\text{Generell}} \times \text{Korrigeringsfaktor} \\ &\times \text{Index för farligt godsolycka} \end{aligned}$$

Beräkning av Olycksfrekvens_{Generell} har i denna rapport beräknats enligt den metod som redovisas i avsnitt B.1.1.

Korrigeringsfaktorn används för att kompensera för att fler än en bil kan vara inblandad i en trafikolycka. Korrigeringsfaktorn kan beräknas för en specifik

sträcka baserat på andelen singelolyckor vilket beror på hastigheten på sträckan. Värden avseende korrigeringsfaktor för olika hastigheter är hämtade från riktlinjer för Ulricehamn (Briab, 2019) och redovisas i Tabell D-1. Även index för farligt godsolyckor baseras på hastighetssamband hämtade från riktlinjer för Ulricehamn och redovisas i Tabell D-1.

Tabell D-1. Korrigeringsfaktor och index för farligt godsolycka baserat på hastighet (Wuz, 2016).

Hastighetsbegränsning (km/h)	Korrigeringsfaktor	Index för farligt godsolycka
50	1.9	0.02
70	1.8	0.12
80	1.7	0.18
90	1.7	0.25
100	1.65	0.32

Då $Olycksfrekvens_{Generell}$ är baserad på statistik för 70 km/h medför detta att $Olycksfrekvens_{Generell} = Olycksfrekvens_{70\text{ km/h}}$ därför har korrigeringsfaktor och index för denna hastighet ej beaktats. För övriga hastighetsintervall, 50 km/h respektive 90 km/h, har hastighetens samlade påverkan med avseende på sannolikhet för olycka och sannolikhet för utsläpp beräknats enligt följande:

$$\text{Korrigeringsfaktor} \times \text{Index för farligt godsolyckor}$$

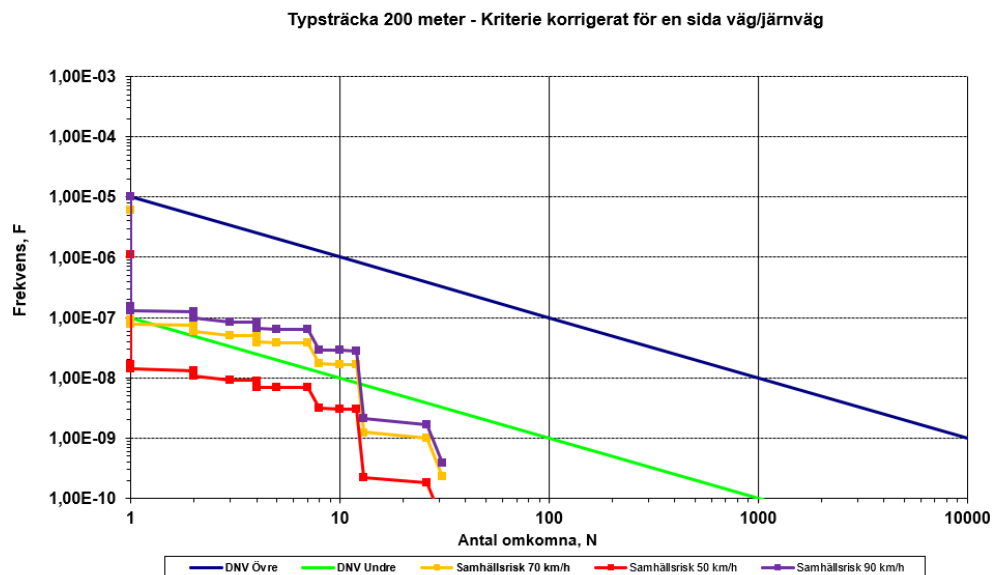
Vid beräkningar inom respektive hastighetsintervall har värdena för korrigeringsfaktorn respektive index för farligt godsolycka ansatts utifrån de mest konservativa värdena för varje hastighetsintervall i Tabell D-1. Resultatet redovisas i Tabell D-2.

Tabell D-2. Faktorer för hastighetens påverkan vid olika hastigheter.

Hastighetens påverkan	
0-50 km/h	0.18
51-79 km/h	1
80-100 km/h	1.68

Beräknade hastighetsfaktorer påverkar endast frekvensen för en farligt godsolycka, dvs. att det endast ger utslag på y-axeln i FN-kurvan. Ovanstående

värden innebär att frekvensen för en farligt godsolycka med efterföljande läckage minskar med ca 80% vid en hastighet av 50 km/h jämfört med 70 km/h. Vid en hastighet av 90 km/h ökar frekvensen för en farligt godsolycka med efterföljande läckage med ca 70%. Nedan har COWI genomfört en känslighetsberäkning av samhällsrisk för enstaka bostadshus på ett avstånd av 35 meter från Väg 41 med enbart generella skyddsåtgärder.



Figur D-1. Känslighetsberäkning av hastighetens påverkan på samhällsrisk.

Dessa skillnader i olycksfrekvens, och därmed även i samhällsrisknivå, baserat på hastigheten bedöms vara osäkra och orimligt stora. Vid bedömning av hastighetens påverkan i avsnitt I.5 har därför försiktighet vidtagits vid skalning av skyddsavstånd som funktion av hastighet.

Bilaga E – Beräkning av urspårningsrisk

Sannolikheten för att ett urspårat tåg når ett visst avstånd från spåret har beräknas enligt modell från *Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone* (UIC, 2002).

I riktlinjerna för Borås Stads (WUZ, 2016) anges att antalet persontåg och godståg på Viskadalsbanan uppgår till 32 respektive 10 stycken för prognosår 2040, se Tabell E-1.

Tabell E-1. Prognoserad och dimensionerad tågtrafik (ÅDT) för år 2040 på Viskadalsbanan vid passage genom Borås (WUZ, 2016).

	Resandetåg – 2040	Godståg – 2040	Godståg - dimensionerande
Älvsborgsbanan	32	0	10
Viskadalsbanan	32	2	10
Kust till kustbanan (väster)	54	15	20
Kust till kustbanan (öster)	16	17	20

Enligt Trafikverkets prognos kommer Viskadalsbanan att trafikeras av maximalt 10 godståg och 36 persontåg år 2040 (Trafikverket, 2018). Vid beräkning av urspårningsrisk har underlaget baserats på uppgifterna från Trafikverket då de är mest konservativa.

Hastigheten på Viskadalsbanan har ansats till 120 km/h genom hela kommunen vilket bedöms vara ett konservativt antagande.

Frekvensen för kollision mellan urspårad tågagn och byggnad beräknas enligt:

$$F_1 = F_2 * P_1$$

där

F_1 = frekvens för kollision mellan urspårad tågagn och byggnad

F_2 = frekvens för urspårning i anslutning till bebyggelse

P_1 = sannolikhet att tågagn kolliderar med byggnad

Frekvens för urspårning i anslutning till bebyggelse

$$F_2 = e_r * d * Z_d * 365 * 10^{-3}$$

där;

e_r = urspårningsfrekvens per tåg km (6,7E-07 per tåg km, se Bilaga B)

d = den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret, vilket beräknas som $V^2/80$, där V är tågets hastighet (km/h) vid urspårningstillfället ($V = 120$ km/h)

Z_d = antal tåg per dygn (46 st enligt basprognos för år 2040 i Borås Stads riktlinjer)

Beräknad frekvens:

$$F_2 = 8,22E-04 \text{ per år}$$

Sannolikheten att urspårat tåg når ett visst avstånd

$$P_1 = \left(\frac{b-a}{b} \right)^2 * 0,5 * \frac{c}{d}$$

där;

d = se ovan

b = det maximala vinkelräta avståndet (m) från spåret som vagnen kan hamna, vilket beräknas som $V^{0,55}$ (V = 120 km/h)

a = vinkelrätt avstånd (m) från spårmit till byggnad

c = det, längs spåret, parallella avståndet inom vilket byggnad löper risk att träffas av urspårad vagn på ett avstånd a, vilket beräknas med ekvationen:

$$c = \frac{d}{b} * (b - a) \text{ om } b > a, \text{ annars blir } c = 0$$

Utifrån ovanstående beräkningar erhålls följande resultat avseende urspårningsrisk för olika avstånd från närmsta spår på Viskadalsbanan, se Tabell E-2.

Tabell E-2. Individrisk med avseende på urspårning på olika avstånd från Viskadalsbanan.

Urspårningsrisk Viskadalsbanan		
Avstånd (m)	Frekvens mekanisk konflikt (per år)	Zon och känslighetsgrad
0	1,01E-03	A
1	8,10E-04	A
2	6,36E-04	A
3	4,89E-04	A
4	3,66E-04	A
5	2,66E-04	A
6	1,86E-04	A
7	1,24E-04	A
8	7,78E-05	A
9	4,47E-05	A
10	2,26E-05	A
11	9,32E-06	B
12	2,65E-06	B
13	2,90E-07	C
14	< 1E-10	D
15	< 1E-10	D
16	< 1E-10	D
17	< 1E-10	D
18	< 1E-10	D
19	< 1E-10	D
20	< 1E-10	D

Bilaga F - Känslighetsanalys

Risikanalys 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.

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 vägområdet. Bedömningen är att uppskattningar om personintensiteten är robust och speglar föreslaget användningsområde.

Olycksfrekvens:

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

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 beräkningar som genomförts i olika simuleringsprogram och ingenjörsmässiga bedömningar (se Bilaga C). 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 C.

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 mitt framför det studerade området om inget annat anges. Syftet med detta är att inte underskatta risken och antalet omkomna vilket skulle kunna vara fallet om olyckscentrum placeras i utkanten av studerat område.

Scenarieutveckling

Förutom inledande olycksfrekvenser påverkas resultatet av de scenarieutvecklingar som antagits. Möjliga händelseutvecklingar och sannolikheter för dessa redovisas i Bilaga B och Bilaga C samt har diskuterats under "Konsekvenser" ovan.

F.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 G – Antaganden som gjorts vid uppskattning av personintensitet

G.1 Generella antaganden

Följande generella antaganden har gjorts med avseende på personintensitet för befintlig och tillkommande bebyggelse:

- > Dag ansätts till 10 h.
Kommentar: Antagandet bedöms bidra till en konservativ riskbedömning då detta innebär att kontor och handel antas vara befolkade under 10 h vilket är en överskattning då en arbetsdag normalt är 9 h.
- > Natt ansätts till 14 h.
Kommentar: Antagandet bedöms som ett rimlig antagande för denna riskbedömning.

G.2 Tillkommande typbebyggelse

Vid beräkning av personintensitet för tillkommande typbebyggelse har följande antaganden använts:

Parkering

- > Generellt antagande: All parkering antas vara utomhus (även det som utgör parkeringshus). Detta för att möjliggöra öppna parkeringshus.
- > Yta per parkeringsplats: 25 m²
- > Antal personer per bil: 2
- > Antal bilar per p-plats under dag: 3
- > Antal bilar per p-plats under natt: 1
- > Tid som spenderas på parkeringen: 10 minuter/person
- > Storlek för dimensionerande parkeringshus med avseende på respektive led presenteras i Tabell 3-2 i avsnitt 3.

Industri/lager

- > Antal personer per BTA (bruttoarea): 0,01 personer/m²
- > Andel personer dag (beläggning): 1,0
- > Andel personer ute dag: 0,05

- > Andel personer inne dagtid: 0,95
- > Andel personer natt: 0
- > Storlek för dimensionerande industri-/lagerbebyggelse med avseende på respektive led presenteras i Tabell 3-2 i avsnitt 3.

Enstaka bostadshus

- > Antal personer: 4 personer per hus
- > Andel personer hemma dag: 0,3
- > Andel personer ute dag (av de som är hemma): 0,2
- > Andel personer inne dag (av de som är hemma): 0,8
- > Andel personer hemma natt: 1,0
- > Andel personer ute natt (av de som är hemma): 0,05
- > Andel personer inne natt (av de som är hemma): 0,95
- > Dimensionerande antal enstaka bostadshus med avseende på respektive led presenteras i Tabell 3-2 i avsnitt 3.

Kontor

- > Antal personer per BTA: 0.04 personer/m²
- > Andel personer dag (beläggning): 1,0
- > Andel personer ute dag (av de som är på kontoret/centrum): 0,05
- > Andel personer inne dagtid (av de som är på kontoret/centrum): 0,95
- > Andel personer natt: 0
- > Storlek för dimensionerande kontorsbebyggelse med avseende på respektive led presenteras i Tabell 3-2 i avsnitt 3.

Handel

- > Antal personer per BTA: 0,04 personer/m²
- > Andel personer dag (beläggning): 1,0
- > Andel personer ute dag (av de som är på kontoret/centrum): 0,05
- > Andel personer inne dagtid (av de som är på kontoret/centrum): 0,95

- > Andel personer natt: 0
- > Storlek för dimensionerande handelsbebyggelse med avseende på respektive led presenteras i Tabell 3-2 i avsnitt 3.

Flerbostadshus

- > Antal personer per BTA: 0,04 personer/m²
- > Andel personer hemma dag: 0,3
- > Andel personer ute dag (av de som är hemma): 0,2
- > Andel personer inne dag (av de som är hemma): 0,8
- > Andel personer hemma natt: 1,0
- > Andel personer ute natt (av de som är hemma): 0,05
- > Andel personer inne natt (av de som är hemma): 0,95
- > Storlek för dimensionerande flerbostadsbebyggelse med avseende på respektive led presenteras i Tabell 3-2 i avsnitt 3.

Skola/Sjukvård

- > Antal personer per BTA: 0,13 personer/m²
- > Andel personer dag (beläggning): 1,0
- > Andel personer ute dag: 0,1
- > Andel personer inne dag: 0,9
- > Andel personer natt (beläggning): 1,0
- > Andel personer ute natt (av de som är hemma): 0,05
- > Andel personer inne natt (av de som är hemma): 0,95
- > Storlek för dimensionerande skol-/sjukvårdsbebyggelse med avseende på respektive led presenteras i Tabell 3-2 i avsnitt 3.

Bilaga H – 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 avsnitt 6.5. Notera att de åtgärder som kvantifierats vid beräkning av individ- och samhällsrisk presenteras i Bilaga B, avsnitt B.9.

H.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.

H.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 avåkningar blir relativt enkla att ta hand om, brandspredning 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 vilket kan vara problematiskt.
- > Åtgärden innebär i praktiken alltid ett skyddsavstånd.

H.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 allvarliga konsekvenser vid fordonsolyckor. Den kan lindra konsekvenserna vid översvämning (försvårar 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.

H.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 H.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.

H.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.

H.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 skadeutfallet 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.
- > Skadeutfallet 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.

H.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.
- > 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.

H.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.

H.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.

H.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.

H.11 Brandskyddad fasad

Åtgärden innebär att fasad, inklusive fönster, utförs i brandteknisk klass exempelvis EW30 samt att krav ställs på byggnadens svårantändlighet. EW30 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. EW30 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 EW30 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.

Bilaga I – Beräkningsexempel farligt gods

Framtagande av rekommenderade skyddsavstånd och skyddsåtgärder i denna rapport har genomförts med en kvantitativ metod där beräknade risknivåer legat till grund för ett kvalitativt resonemang avseende skyddsavstånd och rekommenderade skyddsåtgärder. Utredningen har genomförts i följande steg:

- 1 Inventering av farligt gods leder med avseende på mängd, hastigheter etc.
- 2 Definition av dimensionerande personintensitet för olika typbebyggelser
- 3 Beräkning av individrisk för varje specifik farligt godsled
- 4 Beräkning av samhällsrisk för varje typbebyggelse för respektive farligt godsled
- 5 Riskvärdering och definition av rekommenderade skyddsavstånd med och utan beaktande av skyddsåtgärder

För mer utförlig beskrivning av metodiken se, avsnitt 6.

I denna bilaga redovisas i detalj hur dessa steg har genomförts både med avseende på beräkningar och bedömningar för ett antal beräkningsfall. För övriga beräkningsfall har samma metodik använts avseende kvantitativa beräkningar och kvalitativa bedömningar för att ta fram rekommenderade skyddsavstånd och föreslagna skyddsåtgärder.

De beräkningsfall som detaljstuderas i denna bilaga är:

- > Industri/lager intill Viskadalsbanan
- > Enstaka bostadshus intill Väg 41
- > Kontor intill Väg 156
- > Flerbostadshus intill Väg 41
- > Vård intill Väg 156

Ovanstående beräkningsfall har valts ut då de representerar ett flertal olika parametrar, beräknade risknivåer och bedömda skyddsavstånd/skyddsåtgärder varför de anses ge en god inblick i tillvägagångssättet för framtagande av rekommenderade och reducerade skyddsavstånd och skyddsåtgärder.

I.1 Inventering

Inledningsvis har de tre studerade farligt godslederna inventerats med avseende på transporterad mängd farligt gods samt fördelning mellan studerade ADR/RID-klasser. Samtliga värden har baserats på ett prognosår 2040. Dessa inventeringar

har varit generella för respektive farligt godsled och detaljstuderas ej i denna bilaga. Fullständig beräkningsmetodik för inventering av studerade farligt godsleder finns redovisad i Bilaga A.

Erhållna värden av inventeringen har använts som ingångsvärden för fortsatta beräkningar av individ- och samhällsrisk.

I.2 Personintensitet vid tillkommande typbebyggelse

Personintensiteten vid tillkommande typbebyggelse har för samtliga studerade farligt godsleder. Samtliga antaganden gällande personintensitet finns redovisade i Bilaga G.

Erhållen personintensitet har använts som ingångsvärden för fortsatta beräkningar av individ- och samhällsrisk.

I.3 Beräkning av individrisk

Individrisk har beräknats för samtliga studerade farligt godsleder utifrån inventerade mängder farligt gods. Samtliga antaganden som legat till grund för sannolikhets- och konsekvensberäkningar presenteras i Bilaga B och Bilaga C.

I Tabell I-1 presenteras förslag för Marks kommun på individriskkriterier för markanvändning av olika känslighetsgrad.

Tabell I-1. Acceptanskriterier för individrisk.

	IR	Zon	Känslighetsgrad
>	1,00E-05	A	Ej känslig verksamhet
<	1,00E-05	B	Mindre känslig verksamhet
<	1,00E-06	C	Normalkänslig verksamhet
<	1,00E-07	D	Känslig verksamhet

I tabeller i avsnitt 6.1 presenteras erhållna individrisker för Viskadalsbanan, Väg 41 respektive Väg 156.

Individriskerna har beräknats utomhus, inomhus med enbart generella skyddsåtgärder samt inomhus med schablonmässiga ytterligare skyddsåtgärder (brandklassad fasad samt krav avseende friskluftsintag). Notera att de skyddsåtgärder som använts för beräkning av individrisk ej nödvändigtvis har applicerats vid beräkning av samhällsrisk utan endast använts som en initial schablon för att ge en uppskattning om hur stor riskreducerande effekt skyddsåtgärder kan väntas ge på olika avstånd.

Nedan presenteras de beräkningsfall som detaljstuderas i denna bilaga samt det resonemang som förts kring erhållna individrisker och hur detta sedan legat till grund för vidare beräkningar och bedömningar.

I.3.1 Industri/lager intill Viskadalsbanan

Industri/lager faller inom kategorin mindre känsliga verksamheter, varför individrisken anses vara acceptabel om den understiger $1,00 \cdot 10^{-5}$ enligt de acceptanskriterier som presenterats i avsnitt 2.3.2.

Acceptabel individrisk uppnås för industri/lager och annan mindre känslig verksamhet 15 meter från Viskadalsbanan. Vid det iterativa arbetet med att finna en acceptabel samhällsrisk (se I.4.1) har den initiala beräkningen därför utgått från att industri/lager placeras 15 meter från Viskadalsbanan.

I.3.2 Enstaka bostadshus intill Väg 41

Enstaka bostadshus faller inom kategorin normalkänsliga verksamheter, varför individrisken anses vara acceptabel om den understiger $1,00 \cdot 10^{-6}$ enligt de acceptanskriterier som presenterats i avsnitt 2.3.2.

Acceptabel individrisk uppnås för enstaka bostadshus och annan normalkänslig verksamhet 40 meter från Väg 41. Vid det iterativa arbetet med att finna en acceptabel samhällsrisk (se I.4.2) har den initiala beräkningen därför utgått från att enstaka bostadshus placeras 40 meter från Väg 41.

I.3.3 Kontor intill Väg 156

Kontor faller inom kategorin normalkänsliga verksamheter, varför individrisken anses vara acceptabel om den understiger $1,00 \cdot 10^{-6}$ enligt de acceptanskriterier som presenterats i avsnitt 2.3.2.

Acceptabel individrisk uppnås för kontor och annan normalkänslig verksamhet 25 meter från Väg 156. Vid det iterativa arbetet med att finna en acceptabel samhällsrisk (se I.4.3) har den initiala beräkningen därför utgått från att kontor placeras 25 meter från Väg 156.

I.3.4 Flerbostadshus intill Väg 41

Flerbostadshus faller inom kategorin känsliga verksamheter, varför individrisken anses vara acceptabel om den understiger $1,00 \cdot 10^{-7}$ enligt de acceptanskriterier som presenterats i avsnitt 2.3.2.

Acceptabel individrisk uppnås för flerbostadshus och annan känslig verksamhet 50 meter från Väg 41. Vid det iterativa arbetet med att finna en acceptabel samhällsrisk (se I.4.4) har den initiala beräkningen därför utgått från att flerbostadshus placeras 50 meter från Väg 41.

I.3.5 Vård intill Väg 156

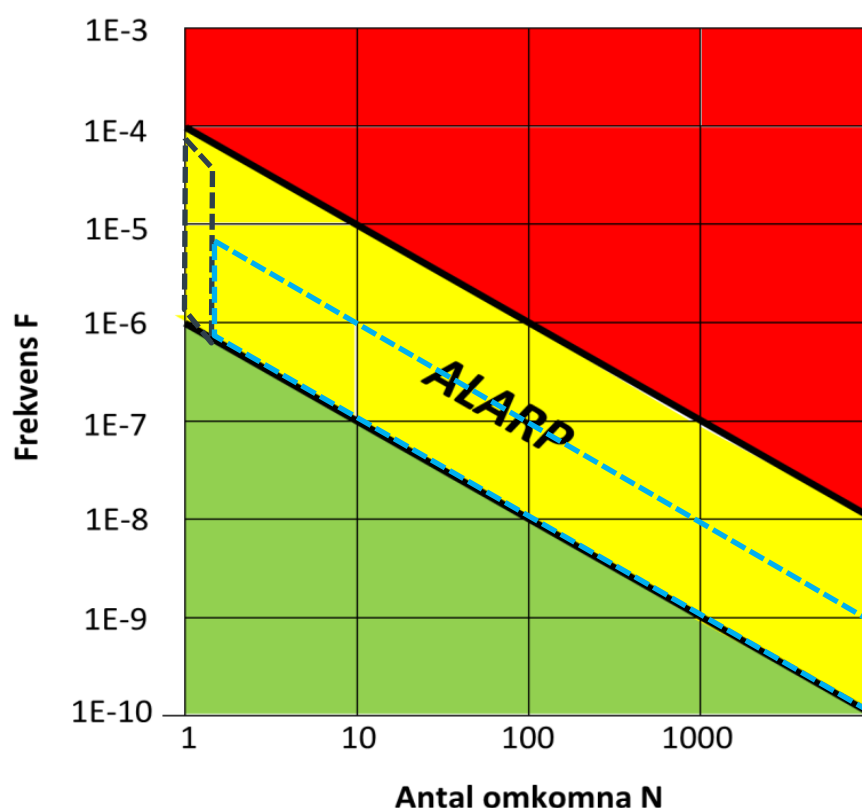
Vård faller inom kategorin känsliga verksamheter, varför individrisken anses vara acceptabel om den understiger $1,00 \cdot 10^{-7}$ enligt de acceptanskriterier som presenterats i avsnitt 2.3.2.

Acceptabel individrisk uppnås för vård och liknande känslig verksamhet 50 meter från Väg 156. Vid det iterativa arbetet med att finna en acceptabel samhällsrisk (se I.4.1) har den initiala beräkningen därför utgått från att vård placeras 50 meter från Väg 156.

I.4 Beräkningar av samhällsrisk

Samhällsrisk har beräknats för samtliga beräkningsfall genom ett iterativt arbete där den initiala beräkningen baserats på det minsta avstånd som tillåts enligt erhållna individrisker. Utifrån resultaten från den initiala beräkningen av samhällsrisk har bebyggelsens avstånd från studerad farligt godsled justerats tills en acceptabel samhällsrisk uppnåtts. Detta har genomförts för samtliga beräkningscase.

Vid värdering av vad som utgör en tolerabel samhällsrisk har bedömningen varit att samhällsrisk som högst skall hamna inom den nedre delen av "ALARP-området", se blå markering i Figur I-1, förutsatt att man vidtagit kostnads-/nyttomässigt rimliga åtgärder. För olyckor som resulterar i enstaka dödsfall (1 omkommen) har dock en högre risknivå ansetts vara tolerabel, se svart markering i Figur I-1, förutsatt att individrisken för den mest exponerade personen uppfyller individriskkriteriet.



Figur I-1. Princip gällande bedömning av samhällsrisk.

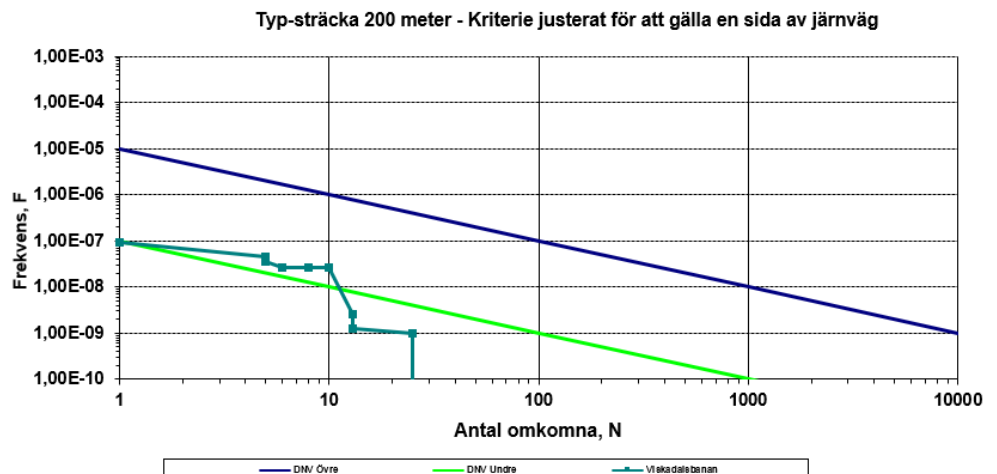
Nedan presenteras beräknade samhällsrisker för de beräkningsfall som detaljstuderas i denna bilaga samt det iterativa arbete som lett fram vad som bedömts vara en acceptabel samhällsrisk. Notera att motsvarande arbete genomförts för samtliga beräkningsfall.

Samtliga beräkningsfall i avsnitt I.4.1 till I.4.5 beaktar en hastighet av 70 km/h.

I.4.1 Industri/lager intill Viskadalsbanan

Enligt erhållen individrisk kan industri/lager och annan mindre känslig verksamhet placeras 15 meter från Viskadalsbanan varför samhällsriskens initialt beräknats utifrån att antagen industri-/lagerbebyggelse är placerad 15 meter från Viskadalsbanan utan hänsyn till några ytterligare skyddsåtgärder.

Resultat av den initiala beräkningen av samhällsrisk för industri-/lagerbebyggelse placerad 15 meter från Viskadalsbanan redovisas i Figur I-2.



Figur I-2. Samhällsrisk för industri-/lagerbebyggelse placerad 15 meter från Viskadalsbanan med enbart generella skyddsåtgärder.

Erhållen samhällsrisk bedöms uppfylla de kriterier som COWI ansatt för acceptabel samhällsrisk och avståndet har ej bedömts kunna reduceras ytterligare utan hänsyn till skyddsåtgärder varför inga ytterligare beräkningar av samhällsrisk med avseende på industri-/lagerbebyggelse intill Viskadalsbanan genomförts.

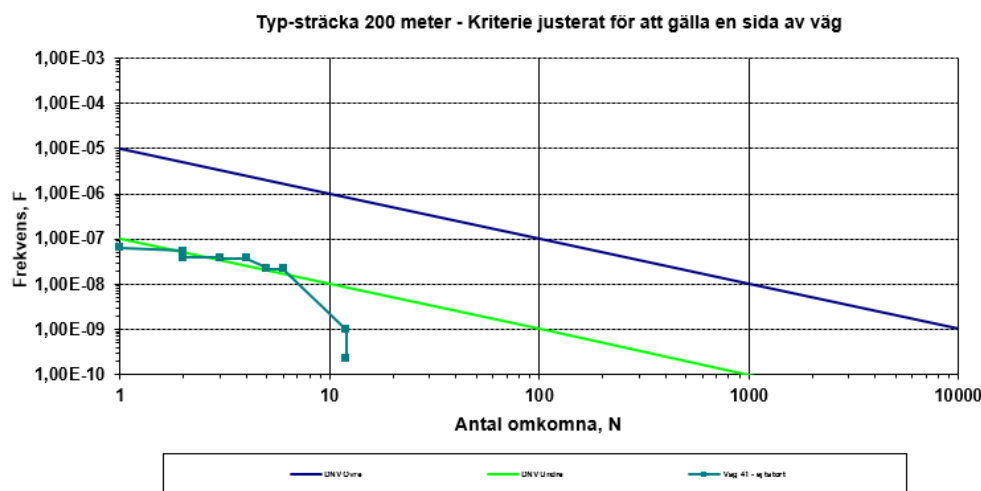
Även om ytterligare skyddsåtgärder kan förväntas sänka samhällsriskens bedöms det inte rimligt att placera industri-/lagerbebyggelse närmare Viskadalsbanan än de 15 meter då bl.a. risken för mekaniska konflikt i händelse av urspårning bedöms bli för stor. Baserat på detta har inga fler beräkningar med hänsyn till ytterligare skyddsåtgärder genomförts.

Notera att ovanstående resonemang inte per automatik inneburit att COWI rekommenderat ett skyddsavstånd på 15 meter utan det har utgjort en utgångspunkt för vidare riskvärdering, se avsnitt I.5.1.

I.4.2 Enstaka bostadshus intill Väg 41

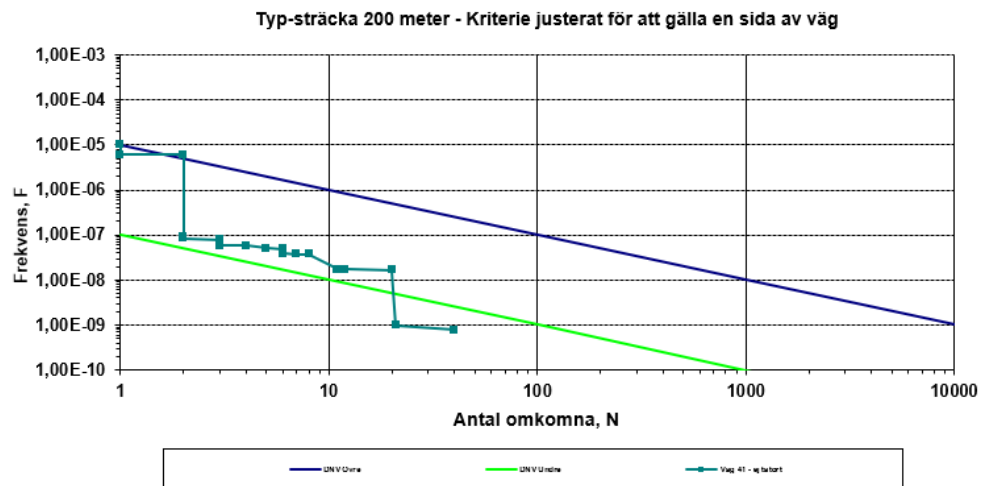
Enligt erhållen individrisk kan enstaka bostadshus och annan normalkänslig verksamhet placeras 40 meter från Väg 41 varför samhällsriskens initialt beräknats utifrån att antagen bebyggelse av enstaka bostadshus är placerad 40 meter från Väg 41 utan hänsyn till några skyddsåtgärder.

Resultat av den initiala beräkningen av samhällsrisk för bebyggelse av enstaka bostadshus placerad 40 meter från Väg 41 redovisas i Figur I-3.



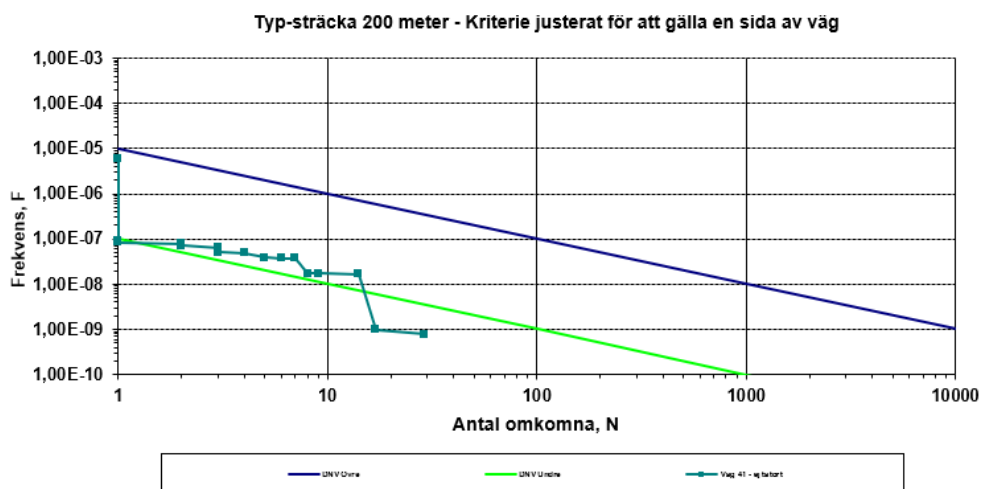
Figur I-3. Samhällsrisk för bebyggelse av enstaka bostadshus placerad 40 meter från Väg 41 med enbart generella skyddsåtgärder.

Erhållen samhällsrisk bedöms uppfylla de kriterier som COWI ansatt för acceptabel samhällsrisk. Den bedöms dock vara så pass låg att avståndet mellan bebyggelsen av enstaka bostadshus och Väg 41 borde kunna minskas varför en ny beräkning av samhällsrisk med avseende på bebyggelse av enstaka bostadshus intill Väg 41 genomförts denna gång placerad 25 meter från Väg 41, se Figur I-4.



Figur I-4. Samhällsrisk för bebyggelse av enstaka bostadshus placerad 25 meter från Väg 41 med enbart generella skyddsåtgärder.

Erhållen samhällsrisk bedöms ej uppfylla de kriterier som COWI ansatt för acceptabel samhällsrisk varför en ny beräkning av samhällsrisk med avseende på bebyggelse av enstaka bostadshus intill Väg 41 genomförts denna gång placerad 35 meter från Väg 41, se Figur I-5.

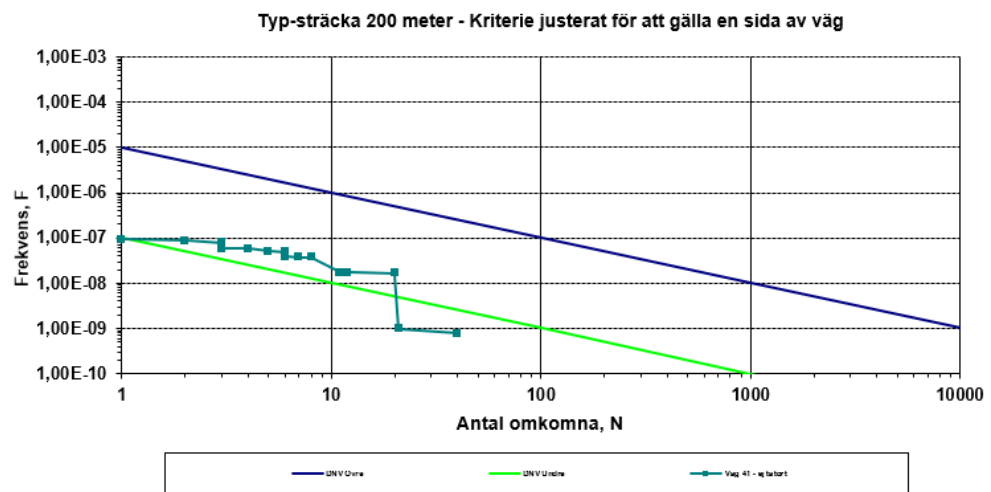


Figur I-5. Samhällsrisk för bebyggelse av enstaka bostadshus placerad 35 meter från Väg 41 med enbart generella skyddsåtgärder.

Erhållen samhällsrisk bedöms uppfylla de kriterier som COWI ansatt för acceptabel samhällsrisk och bedöms ej kunna reduceras ytterligare utan hänsyn till ytterligare skyddsåtgärder varför inga fler beräkningar av samhällsrisk med avseende på bebyggelse av enstaka bostadshus intill Väg 41 genomförts utan hänsyn till ytterligare skyddsåtgärder.

COWI har bedömt att detta avstånd kan reduceras ytterligare när skyddsåtgärder beaktas varför en ny beräkning av samhällsrisk med avseende på bebyggelse av

enstaka bostadshus intill Väg 41 genomförts placerad 25 meter från Väg 41 med hänsyn till skyddsåtgärder (brandklassad fasad), se Figur I-6.



Figur I-6. Samhällsrisk för bebyggelse av enstaka bostadshus placerad 25 meter från Väg 41 med hänsyn till ytterligare skyddsåtgärder (brandklassad fasad).

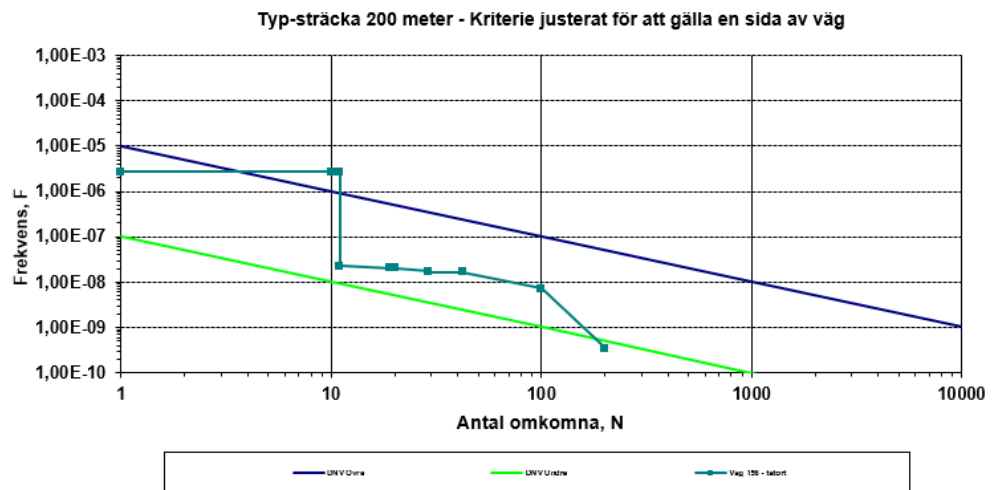
Erhållen samhällsrisk bedöms uppfylla de kriterier som COWI ansatt för acceptabel samhällsrisk och avståndet bedöms ej kunna reduceras ytterligare varför inga fler beräkningar av samhällsrisk med avseende på bebyggelse av enstaka bostadshus intill Väg 41 genomförts med hänsyn till ytterligare skyddsåtgärder.

Notera att ovanstående resonemang inte per automatik inneburit att COWI rekommenderat ett skyddsavstånd på 35 meter med enbart generella skyddsåtgärder respektive 25 meter med ytterligare skyddsåtgärder utan det har utgjort en utgångspunkt för vidare riskvärdering, se avsnitt I.5.2.

I.4.3 Kontor intill Väg 156

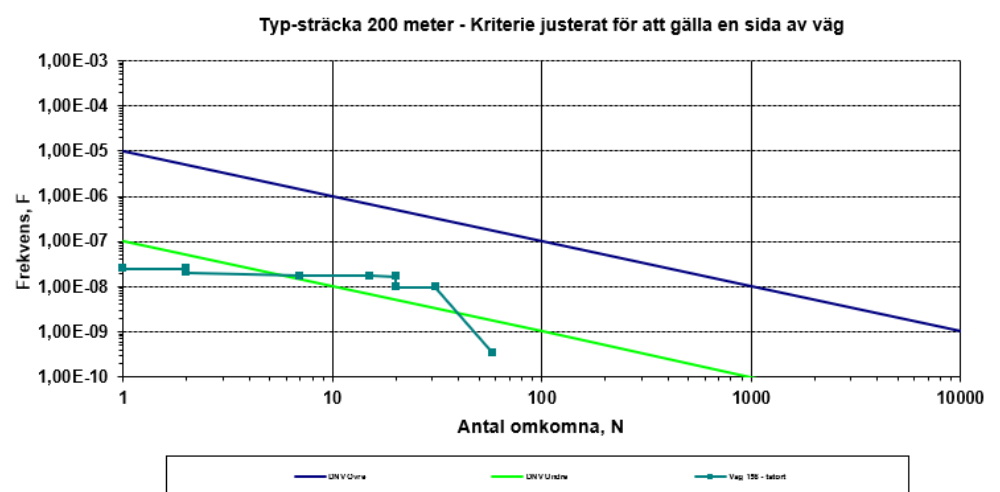
Enligt erhållen individrisk kan kontor och annan normalkänslig verksamhet placeras 25 meter från Väg 156 varför samhällsriskens initialt beräknats utifrån att antagen kontorsbebyggelse är placerad 25 meter från Väg 156 med enbart generella skyddsåtgärder.

Resultat av den initiala beräkningen av samhällsrisk för kontor placerad 25 meter från Väg 156 redovisas i Figur I-7.



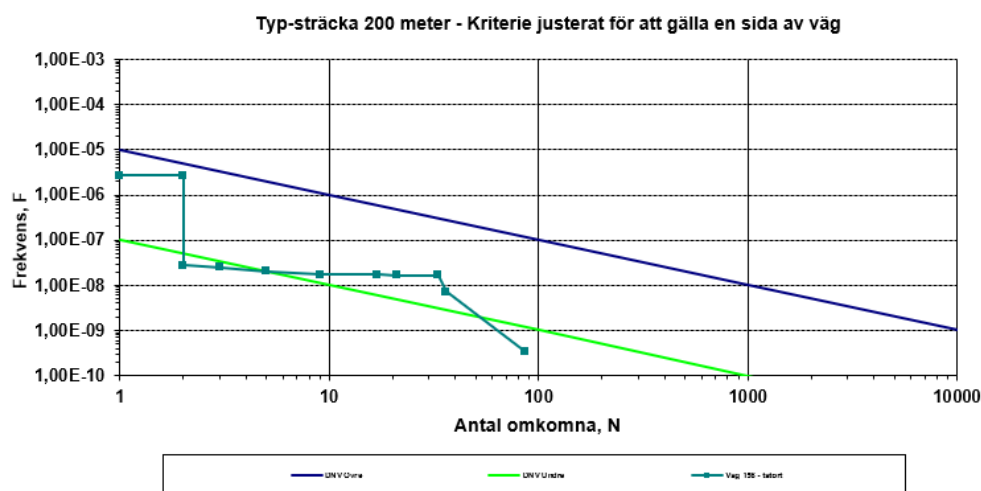
Figur I-7. Samhällsrisk för kontorsbebyggelse placerad 25 meter från Väg 156 med enbart generella skyddsåtgärder.

Erhållen samhällsrisk bedöms ej uppfylla de kriterier som COWI ansatt för acceptabel samhällsrisk varför en ny beräkning av samhällsrisk med avseende på kontorsbebyggelse intill Väg 156 genomförts denna gång placerad 50 meter från Väg 156, se Figur I-8.



Figur I-8. Samhällsrisk för kontorsbebyggelse placerad 50 meter från Väg 156 med enbart generella skyddsåtgärder.

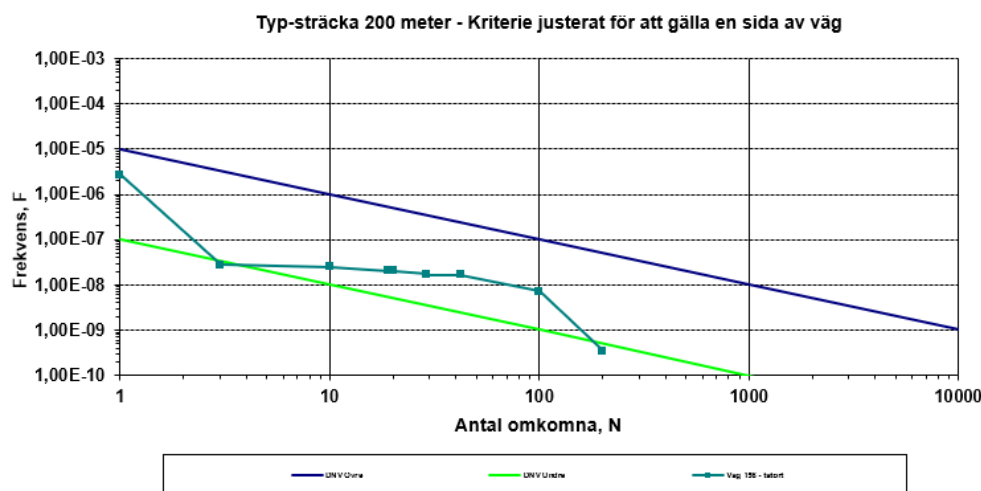
Erhållen samhällsrisk bedöms uppfylla de kriterier som COWI ansatt för acceptabel samhällsrisk. Den bedöms dock vara så pass låg att avståndet mellan kontorsbebyggelsen och Väg 156 borde kunna minskas varför en ny beräkning av samhällsrisk med avseende på kontorsbebyggelse intill Väg 156 genomförts denna gång placerad 45 meter från Väg 156, se Figur I-9.



Figur I-9. Samhällsrisk för kontorsbebyggelse placerad 45 meter från Väg 156 med enbart generella skyddsåtgärder.

Erhållen samhällsrisk bedöms ej uppfylla de kriterier som COWI ansatt för acceptabel samhällsrisk och avståndet har därför ej bedömts kunna reduceras från 50 meter och inga fler beräkningar av samhällsrisk med avseende på kontorsbebyggelse intill Väg 156 genomförts med enbart generella skyddsåtgärder.

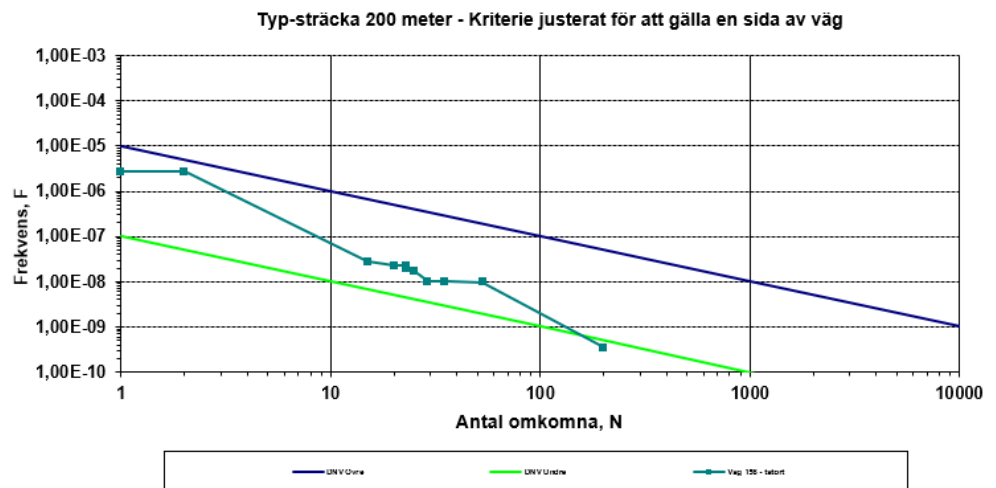
COWI har bedömt att detta avstånd kan reduceras när ytterligare skyddsåtgärder beaktas varför en ny beräkning av samhällsrisk med avseende på kontorsbebyggelse intill Väg 156 genomförts placerad 25 meter från Väg 156 med hänsyn till skyddsåtgärder (brandklassad fasad), se Figur I-10.



Figur I-10. Samhällsrisk för kontorsbebyggelse placerad 25 meter från Väg 156 med hänsyn till ytterligare skyddsåtgärder (brandklassad fasad).

Erhållen samhällsrisk bedöms uppfylla de kriterier som COWI ansatt för acceptabel samhällsrisk. Den bedöms dock vara så pass låg att avståndet mellan kontorsbebyggelsen och Väg 156 eventuellt kan minskas med ytterligare

skyddsåtgärder (brandklassad fasad samt byggnad dimensionerad för att motstå en explosionslast) varför en ny beräkning av samhällsrisk med avseende på kontorsbebyggelse intill Väg 156 genomförts denna gång placerad 20 meter från Väg 156, se Figur I-11.



Figur I-11. Samhällsrisk för kontorsbebyggelse placerad 20 meter från Väg 156 med hänsyn till ytterligare skyddsåtgärder (brandklassad fasad samt byggnad dimensionerad för att motstå en gasmolnexplosion).

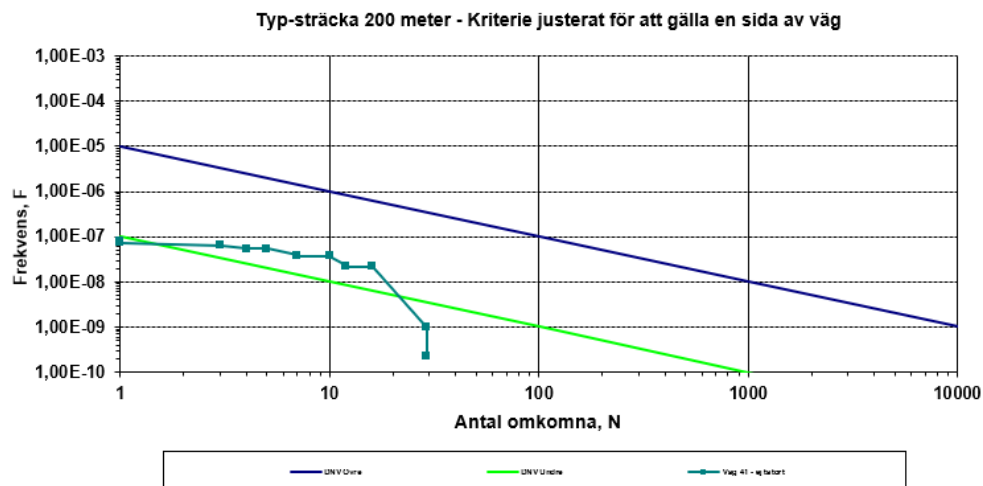
Erhållen samhällsrisk bedöms ej uppfylla de kriterier som COWI ansatt för acceptabel samhällsrisk och avståndet har därför ej bedömts kunna reduceras från 25 meter och inga fler beräkningar av samhällsrisk med avseende på kontorsbebyggelse intill Väg 156 genomförts med hänsyn till ytterligare skyddsåtgärder.

Notera att ovanstående resonemang inte per automatik inneburit att COWI rekommenderat ett skyddsavstånd på 50 meter med enbart generella skyddsåtgärder respektive 25 meter med ytterligare skyddsåtgärder utan det har utgjort en utgångspunkt för vidare riskvärdering, se avsnitt I.5.3.

I.4.4 Flerbostadshus intill Väg 41

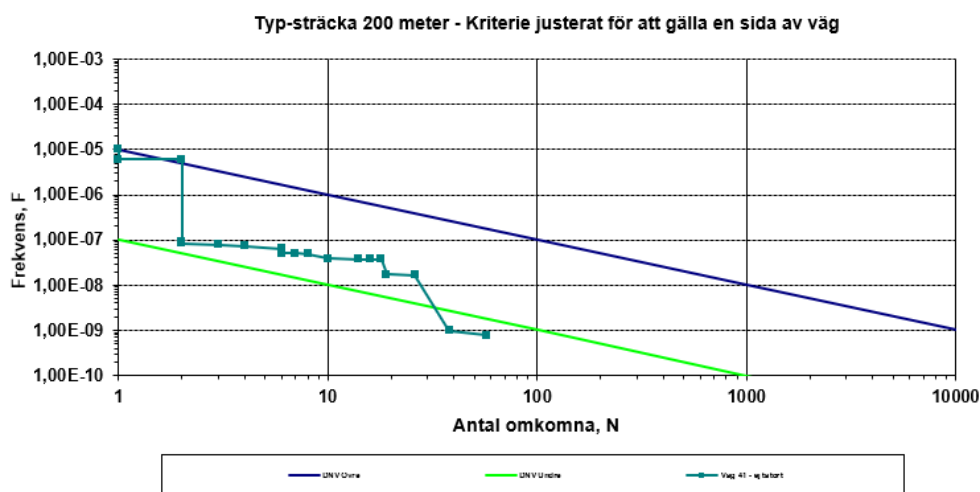
Enligt erhållen individrisk kan flerbostadshus och annan känslig verksamhet placeras 50 meter från Väg 41 varför samhällsriskens initialt beräknats utifrån att antagen flerbostadshusbebyggelse är placerad 50 meter från Väg 41 med enbart generella skyddsåtgärder.

Resultat av den initiala beräkningen av samhällsrisk för flerbostadshus placerad 50 meter från Väg 41 redovisas i Figur I-12.



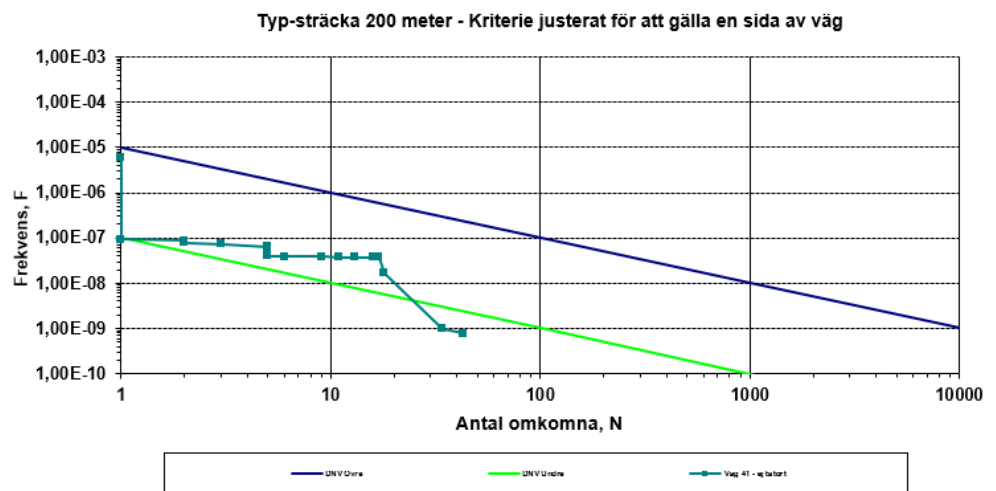
Figur I-12. Samhällsrisk för flerbostadshusbebyggelse placerad 50 meter från Väg 41 med enbart generella skyddsåtgärder.

Erhållen samhällsrisk bedöms uppfylla de kriterier som COWI ansatt för acceptabel samhällsrisk. Den bedöms dock vara så pass låg att avståndet mellan flerbostadsbebyggelse och Väg 41 borde kunna minskas varför en ny beräkning av samhällsrisk med avseende på flerbostadsbebyggelse intill Väg 41 genomförts denna gång placerad 40 meter från Väg 41, se Figur I-13.



Figur I-13. Samhällsrisk för flerbostadshusbebyggelse placerad 40 meter från Väg 41 med enbart generella skyddsåtgärder.

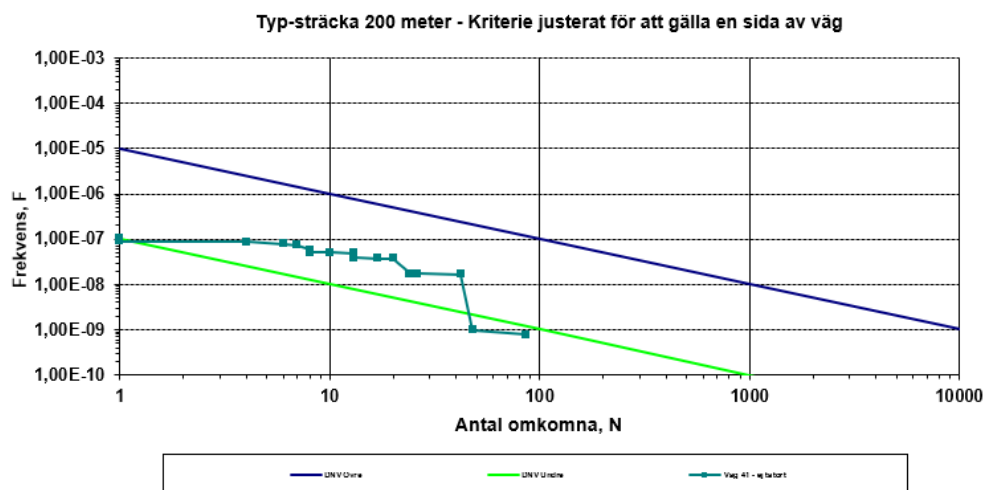
Erhållen samhällsrisk bedöms ej uppfylla de kriterier som COWI ansatt för acceptabel samhällsrisk varför en ny beräkning av samhällsrisk med avseende på flerbostadsbebyggelse intill Väg 41 genomförts denna gång placerad 45 meter från Väg 41, se Figur I-14.



Figur I-14. Samhällsrisk för flerbostadshusbebyggelse placerad 45 meter från Väg 41 med enbart generella skyddsåtgärder.

Erhållen samhällsrisk bedöms uppfylla de kriterier som COWI ansatt för acceptabel samhällsrisk och bedöms ej kunna reduceras ytterligare utan hänsyn till ytterligare skyddsåtgärder varför inga fler beräkningar av samhällsrisk med avseende på flerbostadsbebyggelse intill Väg 41 genomförts med enbart generella skyddsåtgärder.

COWI har bedömt att detta avstånd kan reduceras när ytterligare skyddsåtgärder beaktas varför en ny beräkning av samhällsrisk med avseende på flerbostadsbebyggelse intill Väg 41 genomförts placerad 30 meter från 41 med hänsyn till ytterligare skyddsåtgärder (brandklassad fasad), se Figur I-15.



Figur I-15. Samhällsrisk för flerbostadsbebyggelse placerad 30 meter från Väg 41 med hänsyn till ytterligare skyddsåtgärder (brandklassad fasad).

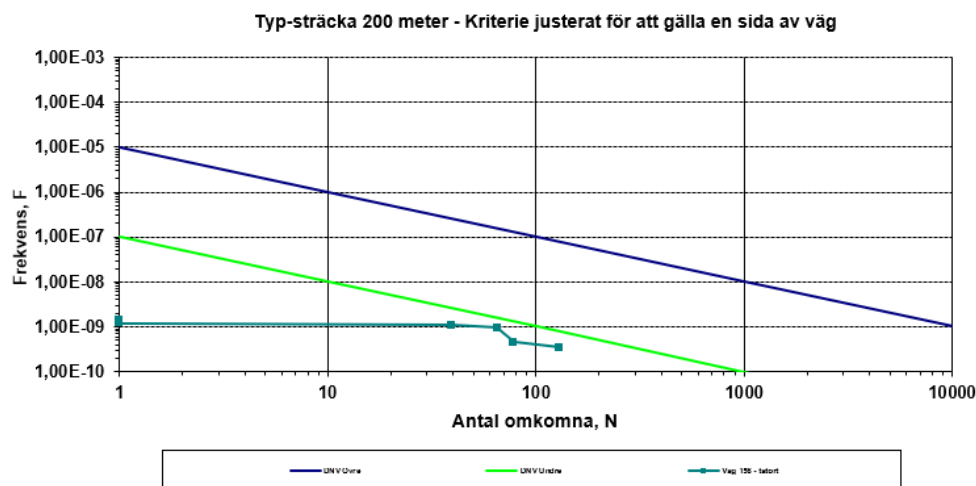
Erhållen samhällsrisk bedöms uppfylla de kriterier som COWI ansatt för acceptabel samhällsrisk och har ej bedömts kunna reduceras ytterligare varför inga fler beräkningar av samhällsrisk med avseende på flerbostadsbebyggelse intill Väg 41 genomförts med hänsyn till ytterligare skyddsåtgärder.

Notera att ovanstående resonemang inte per automatik inneburit att COWI rekommenderat ett skyddsavstånd på 45 meter med enbart generella skyddsåtgärder respektive 30 meter med ytterligare skyddsåtgärder utan det har utgjort en utgångspunkt för vidare riskvärdering, se avsnitt I.5.4.

I.4.5 Vård intill Väg 156

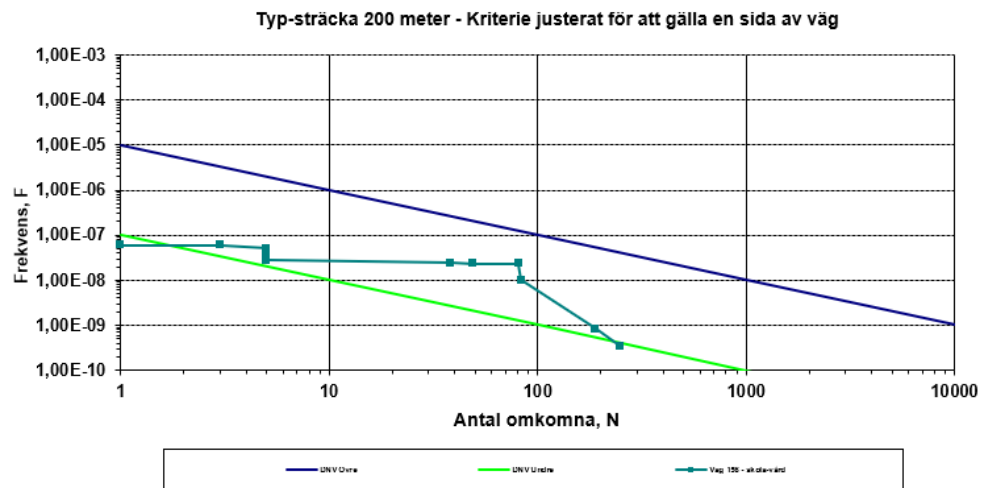
Enligt erhållen individrisk kan skola och annan känslig verksamhet placeras 50 meter från Väg 156. Givet känsligheten samt omfattningen av denna typ av bebyggelse har COWI dock inte bedömt det vara rimligt att pröva vård vid det närmsta avstånd som individrisken medger. Istället har samhällsriskens initialt beräknats utifrån att antagen vårdbebyggelse är placerad 100 meter från Väg 156 med enbart generella skyddsåtgärder för att begränsa antalet beräkningar.

Resultat av den initiala beräkningen av samhällsrisk för vård placerad 100 meter från Väg 156 redovisas i Figur I-16.



Figur I-16. Samhällsrisk för vårdbebyggelse placerad 100 meter från Väg 156 med enbart generella skyddsåtgärder.

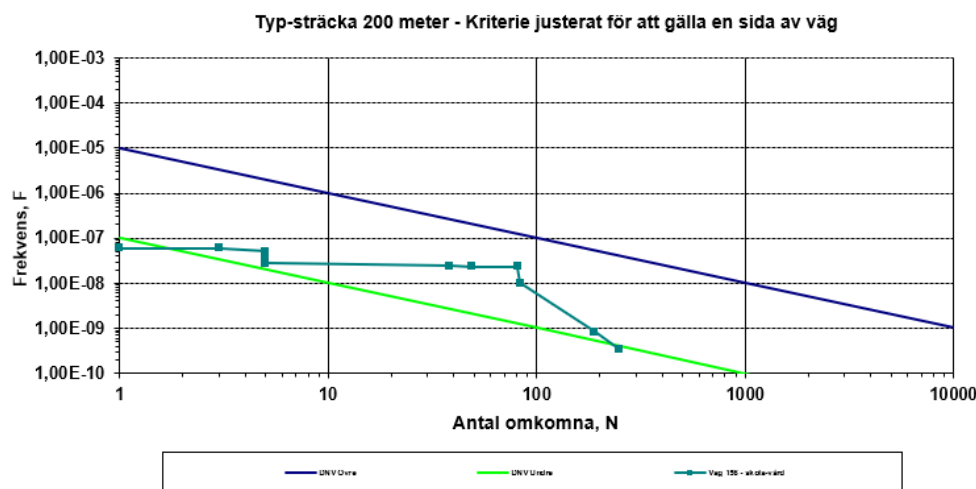
Erhållen samhällsrisk bedöms uppfylla de kriterier som COWI ansatt för acceptabel samhällsrisk. Den bedöms dock vara så pass låg att avståndet mellan vårdbebyggelsen och Väg 156 borde kunna minskas varför en ny beräkning av samhällsrisk med avseende på vårdbebyggelse intill Väg 156 genomförts denna gång placerad 80 meter från Väg 156, se Figur I-17.



Figur I-17. Samhällsrisk för vårdbebyggelse placerad 80 meter från Väg 156 med enbart generella skyddsåtgärder.

Erhållen samhällsrisk bedöms uppfylla de kriterier som COWI ansatt för acceptabel samhällsrisk, med undantag för en punkt i FN-diagrammet med ca 80 omkomna. Samhällsrisknivån bedöms dock sammantaget ändå vara tolerabel då den dimensionerande bebyggelse som använts i sammanhanget är mycket omfattande (10 000 m² / 1300 personer). Då det bedöms att endast en mycket liten andel av vad som kan tänkas byggas i Marks kommun med denna riskanalys som underlag är i linje med det mycket konservativa antagande som gjort avseende omfattning, har det bedömts rimligt att i detta fall acceptera att samhällsriskerna ligger något högre inom ALARP för att erhålla en effektiv samhällsplanering. Avståndet har ej bedömts rimligt att reduceras ytterligare utan hänsyn till ytterligare skyddsåtgärder varför inga fler beräkningar av samhällsrisk med avseende på vårdbebyggelse intill Väg 156 genomförts med enbart generella skyddsåtgärder.

COWI har undersökt möjligheterna att reducera avståndet om ytterligare skyddsåtgärd (byggnad dimensionerad för att motstå en explosionslast) varför en ny beräkning av samhällsrisk med avseende på vårdbebyggelse intill Väg 156 genomförts placerad 80 meter från Väg 156 med hänsyn nämnd skyddsåtgärd, se Figur I-18.



Figur I-18. Samhällsrisk för vårdbebyggelse placerad 80 meter från Väg 156 med hänsyn till ytterligare skyddsåtgärder (byggnad dimensionerad för att motstå en gasmolnsexplosion).

Beräkningen visar att ingen signifikant riskreducering erhålls från undersökt skyddsåtgärd på dessa avstånd. Därmed har det inte bedömts rimligt att reducera skyddsavstånd genom beaktande av ytterligare skyddsåtgärder.

Notera att ovanstående resonemang inte per automatik inneburit att COWI rekommenderat ett skyddsavstånd på 80 meter med enbart generella skyddsåtgärder utan det har utgjort en utgångspunkt för vidare riskvärdering, se avsnitt I.5.5.

I.5 Riskvärdering

Efter att ovanstående beräkningar av samhällsrisk genomförts har en avslutande kvalitativ riskvärdering genomförts. I denna riskvärdering har erhållna resultat från beräkningar av samhällsrisk utvärderats gentemot bl.a.:

- > Räddningstjänstens insatsmöjlighet.
- > Bedömd lämplighet med avseende på respektive bebyggelse känslighetsgrad baserad på erfarenhet från tidigare riskutredningar och planarbeten.
- > Befintliga riktlinjer och policys så som Länsstyrelsernas policy (Länsstyrelserna, 2006)
- > Översiktliga riskanalyser för de närliggande kommunerna Borås (WUZ, 2016) och Ulricehamn (Briab, 2019).
- > Principen att ett bebyggelsefritt område om 30 meter vanligtvis bedöms önskvärt inom samhällsplanering.

Syftet med denna avslutande riskvärdering har varit att säkerställa att rekommenderade och reducerade skyddsavstånd och skyddsåtgärder inte väsentligt skiljer sig från andra policys, riktlinjer och detaljplaner för liknande bebyggelse. Vidare syftar riskvärderingen även till att säkerställa att skyddsavstånden inte enbart säkerställer en acceptabel risknivå utan även uppfyller krav på god markanvändning intill farligt godsleder.

Nedan presenteras den avslutande riskvärderingen för de beräkningsfall som detaljstuderas i denna bilaga. Notera att motsvarande arbete genomförts för samtliga beräkningsfall.

I.5.1 Industri/lager intill Viskadalsbanan

Enligt ovanstående beräkningar av samhällsrisk bedömdes studerad industri-/lagerbebyggelse vara möjlig 15 meter från Viskadalsbanan med enbart generella skyddsåtgärder.

I Länsstyrelsens policy finns inga exakta avstånd för tillåten markanvändning utan zonerna är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden. Industri/lager föreslås inom zon B i den glidande skalan där zon A är zonen närmast godsleden.

I översiktlig riskanalys avseende transporter med farligt gods i Borås (WUZ, 2016) anges att mindre känslig verksamhet kan placeras 30 meter från Viskadalsbanan när endast skyddsavstånd beaktas och 20 meter alternativt 10 meter när olika typer av skyddsåtgärder beaktas.

Sammantaget bedömer COWI att det rekommenderade skyddsavståndet på 15 meter till Viskadalsbanan som erhöles vid beräkningarna av samhällsrisk bör ökas till 20 meter för minskat intrång i det bebyggelsefria området. COWI bedömer att inga ytterligare skyddsåtgärder är nödvändiga vid bebyggelse på detta avståndet från Viskadalsbanan.

Då brandfarlig vätska kan rinna mot planerade bebyggelse i händelse av en farligt godsolycka har skyddsavstånd inom 50 meter från farligt godsled ökat med 5 meter. Detta har gjort för att ta höjd för möjlig utbredning av pölbrand om barriär saknas. Denna ökning av skyddsavstånd är ej beaktad i ovanstående skyddsavstånd men är medräknade i presenterade skyddsavstånd i avsnitt 6.3.

Det ska noteras att Trafikverket vanligtvis förespråkar ett bebyggelsefritt område inom 30 meter från en transportled för farligt gods.

I.5.2 Enstaka bostadshus intill Väg 41

Enligt ovanstående beräkningar av samhällsrisk bedömdes studerad bebyggelse av enstaka bostadshus vara möjlig 35 meter från Väg 41 med enbart generella skyddsåtgärder respektive 25 meter från Väg 41 med ytterligare skyddsåtgärder (brandfast fasad) vid hastighetskategorin 70 km/h.

I Länsstyrelsens policy finns inga exakta avstånd för tillåten markanvändning utan zonerna är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden. Bostäder föreslås inom zon C i den glidande skalan där zon A är zonen närmast godsleden.

I översiktlig riskanalys avseende transporter med farligt gods i Borås (WUZ, 2016) anges att normalkänslig verksamhet kan placeras 30 meter från Väg 41 när endast skyddsavstånd beaktas och 20 meter när skyddsåtgärder beaktas. I översiktlig riskanalys avseende transporter med farligt gods i Ulricehamn (Briab, 2019) anges att normalkänslig verksamhet kan placeras 35-40 meter från Väg 40, som bedöms jämförbar, när endast skyddsavstånd beaktas och 10-20 meter när olika typer av skyddsåtgärder beaktas.

Sammantaget bedömer COWI att det rekommenderade skyddsavståndet på 35 meter till Väg 41 med enbart generella skyddsåtgärder och det reducerade skyddsavståndet på 25 meter till Väg 41 med ytterligare skyddsåtgärder vid hastighetskategori 70 km/h är rimligt. För hastighetskategorin 50 km/h bedöms ett rekommenderat skyddsavstånd på 25 meter till Väg 41 med enbart generella skyddsåtgärder och ett reducerat skyddsavstånd på 20 meter till Väg 41 med ytterligare skyddsåtgärder vara rimligt. För hastighetskategorin 90 km/h bedöms ett rekommenderat skyddsavstånd på 40 meter till Väg 41 med enbart generella skyddsåtgärder och ett reducerat skyddsavstånd på 25 meter till Väg 41 med ytterligare skyddsåtgärder vara rimligt.

Då brandfarlig vätska kan rinna mot planerade bebyggelse i händelse av en farligt godsolycka har skyddsavstånd inom 50 meter från farligt godsled ökat med 5 meter. Detta har gjorts för att ta höjd för möjlig utbredning av pölbrand om barriär saknas. Denna ökning av skyddsavstånd är ej beaktad i ovanstående skyddsavstånd men är medräknade i presenterade skyddsavstånd i avsnitt 6.3.

Det ska noteras att Trafikverket vanligtvis förespråkar ett bebyggelsefritt område inom 30 meter från en transportled för farligt gods.

I.5.3 Kontor intill Väg 156

Enligt ovanstående beräkningar av samhällsrisk bedömdes studerad kontorsbebyggelse vara möjlig 50 meter från Väg 156 med enbart generella skyddsåtgärder respektive 25 meter från Väg 156 med ytterligare skyddsåtgärder (brandklassad fasad) vid hastighetskategorin 70 km/h.

I Länsstyrelsens policy finns inga exakta avstånd för tillåten markanvändning utan zonerna är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden. Kontor föreslås inom zon B i den glidande skalan där zon A är zonen närmast godsleden.

I riktlinjerna för Borås (WUZ, 2016) eller Ulricehamn (Briab, 2019) studeras inte någon sekundär farligt godsled varför jämförelser endast kunnat göras mot primära farligt godsleder och godsleder där endast enstaka transporter med farligt gods förväntas förekomma.

I översiktlig riskanalys avseende transporter med farligt gods i Borås (WUZ, 2016) anges att normalkänslig verksamhet kan placeras 40 meter från Väg 40, som är en primär farligt godsled, när endast skyddsavstånd beaktas och 10-20 meter när olika typer av skyddsåtgärder beaktas. I översiktlig riskanalys avseende transporter med farligt gods i Ulricehamn (Briab, 2019) anges att normalkänslig verksamhet kan placeras 10-20 meter från Väg 46, som är en primär farligt godsled, när endast skyddsavstånd beaktas och 5-10 meter när olika typer av skyddsåtgärder beaktas. För Väg 157, där endast enstaka transporter med farligt gods förväntas förekomma, anges att normalkänslig verksamhet kan placeras 0-10 meter från Väg 157 när endast skyddsavstånd beaktas.

Sammantaget bedömer COWI att det rekommenderade skyddsavståndet på 50 meter till Väg 156 med enbart generella skyddsåtgärder och ett reducerat skyddsavstånd på 25 meter till Väg 156 med ytterligare skyddsåtgärder vid hastighetskategori 70 km/h är rimligt. För hastighetskategorin 50 km/h bedöms ett rekommenderat skyddsavstånd på 40 meter till Väg 156 med enbart generella skyddsåtgärder och ett reducerat skyddsavstånd på 20 meter till Väg 156 med ytterligare skyddsåtgärder vara rimligt. För hastighetskategorin 90 km/h bedöms ett rekommenderat skyddsavstånd på 50 meter till Väg 156 med enbart generella skyddsåtgärder och ett reducerat skyddsavstånd på 30 meter till Väg 156 med ytterligare skyddsåtgärder vara rimligt.

Då brandfarlig vätska kan rinna mot planerade bebyggelse i händelse av en farligt godsolycka har skyddsavstånd inom 50 meter från farligt godsled ökats med 5 meter. Detta har gjorts för att ta höjd för möjlig utbredning av pölbrand om barriär saknas. Denna ökning av skyddsavstånd är ej beaktad i ovanstående skyddsavstånd men är medräknade i presenterade skyddsavstånd i avsnitt 6.3.

Det ska noteras att Trafikverket vanligtvis förespråkar ett bebyggelsefritt område inom 30 meter från en transportled för farligt gods.

I.5.4 Flerbostadshus intill Väg 41

Enligt ovanstående beräkningar av samhällsrisk bedömdes studerad flerbostadsbebyggelse vara möjlig 45 meter från Väg 41 med enbart generella skyddsåtgärder respektive 30 meter från Väg 41 med ytterligare skyddsåtgärder (brandfast fasad) vid hastighetskategorin 70 km/h.

I Länsstyrelsens policy finns inga exakta avstånd för tillåten markanvändning utan zonerna är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden. Bostäder föreslås inom zon C i den glidande skalan där zon A är zonen närmast godsleden.

I översiktlig riskanalys avseende transporter med farligt gods i Borås (WUZ, 2016) anges att känslig verksamhet kan placeras 50 meter från Väg 41 när endast skyddsavstånd beaktas och 10 meter när skyddsåtgärder beaktas. I översiktlig riskanalys avseende transporter med farligt gods i Ulricehamn (Briab, 2019) anges att känslig verksamhet kan placeras 40-65 meter från Väg 40, som

bedöms jämförbar, när endast skyddsavstånd beaktas och 10-45 meter när olika typer av skyddsåtgärder beaktas.

Sammantaget bedömer COWI att det rekommenderade skyddsavståndet på 45 meter till Väg 41 med enbart generella skyddsåtgärder och ett reducerat skyddsavstånd på 30 meter till Väg 41 med ytterligare skyddsåtgärder vid hastighetskategori 70 km/h är rimligt. För hastighetskategorin 50 km/h bedöms ett rekommenderat skyddsavstånd på 40 meter till Väg 41 med enbart generella skyddsåtgärder och ett reducerat skyddsavstånd på 25 meter till Väg 41 med ytterligare skyddsåtgärder vara rimligt. För hastighetskategorin 90 km/h bedöms ett rekommenderat skyddsavstånd på 50 meter till Väg 41 med enbart generella skyddsåtgärder och ett reducerat skyddsavstånd på 35 meter till Väg 41 med ytterligare skyddsåtgärder vara rimligt.

Då brandfarlig vätska kan rinna mot planerade bebyggelse i händelse av en farligt godsolycka har skyddsavstånd inom 50 meter från farligt godsled ökat med 5 meter. Detta har gjorts för att ta höjd för möjlig utbredning av pölbrand om barriär saknas. Denna ökning av skyddsavstånd är ej beaktad i ovanstående skyddsavstånd men är medräknade i presenterade skyddsavstånd i avsnitt 6.3.

Det ska noteras att Trafikverket vanligtvis förespråkar ett bebyggelsefritt område inom 30 meter från en transportled för farligt gods.

I.5.5 Vård intill Väg 156

Enligt ovanstående beräkningar av samhällsrisk bedömdes studerad Vårdbebyggelse vara möjlig 80 meter från Väg 156 med enbart generella skyddsåtgärder vid hastighetskategorin 70 km/h.

I Länsstyrelsens policy finns inga exakta avstånd för tillåten markanvändning utan zonerna är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden. Vård föreslås inom zon C i den glidande skalan där zon A är zonen närmast godsleden.

I riktlinjerna för Borås (WUZ, 2016) eller Ulricehamn (Briab, 2019) studeras inte någon sekundär farligt godsled varför jämförelser endast kunnat göras mot primära farligt godsleder och godsleder där endast enstaka transporter med farligt gods förväntas förekomma.

I översiktlig riskanalys avseende transporter med farligt gods i Borås (WUZ, 2016) anges att känslig verksamhet kan placeras 60-80 meter från Väg 40, som är en primär farligt godsled, när endast skyddsavstånd beaktas beroende på studerad hastighet. När olika typer av skyddsåtgärder beaktas anges att känslig verksamhet kan placeras 40-80 meter från Väg 40 beroende på studerad hastighet och skyddsåtgärd. I översiktlig riskanalys avseende transporter med farligt gods i Ulricehamn (Briab, 2019) anges att känslig verksamhet kan placeras 40 meter från Väg 46, som är en primär farligt godsled, när endast skyddsavstånd beaktas och 10-15 meter från Väg 46 när olika typer av skyddsåtgärder beaktas. För Väg 157, där endast enstaka transporter med farligt gods förväntas

förekomma, anges att känslig verksamhet kan placeras 25-35 meter från Väg 157 när endast skyddsavstånd beaktas och 5-15 meter när olika typer av skyddsåtgärder beaktas.

Sammantaget bedömer COWI att det rekommenderade skyddsavståndet på 80 meter till Väg 156 med enbart generella skyddsåtgärder vid hastighetskategori 70 km/h är rimligt. För hastighetskategorin 50 km/h bedöms ett rekommenderat skyddsavstånd på 65 meter till Väg 156 med enbart generella skyddsåtgärder vara rimligt. För hastighetskategorin 90 km/h bedöms ett rekommenderat skyddsavstånd på 80 meter till Väg 156 med enbart generella skyddsåtgärder vara rimligt.

Det ska noteras att COWI varit mycket konservativa i sin bedömning av vårdbebyggelse, framförallt gällande storleken av dimensionerande vårdbebyggelse (10 000 m²), vilken i princip innebär ett mindre sjukhus med 1300 personer. En mindre vårdbebyggelse kan med stor sannolikhet etableras närmare än de avstånd som anges ovan. På grund av bebyggelsens mycket höga känslighet bedömer COWI dock att detta i så fall bör utredas med en specifik riskanalys för det enskilda fallet och att den översiktliga riskanalysen bör ta sin utgångspunkt i ett konservativt "worst-case" avseende vårdbebyggelsens storlek.

Bilaga J – Riskbedömning bensinstation

Vid bensinstationer hanteras stora mängder brandfarlig vätska. Det finns olika typer av brandfarlig vätska, till exempel bensin, som har en flampunkt under 21°C och kan antändas vid normala utomhusförhållanden. Denna klassas som brandfarligt vätska klass 1. Brandfarlig vätska, av typen dieselolja, har högre flampunkt och förväntas inte antändas vid lägre temperatur än 55°C. Denna klassas som brandfarlig vätska klass 3.

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 av exempelvis ett dike. En pölbrand på 50 m² bedöms relevant att studera med avseende på bensinstationer.

Nedan redovisas 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 J-1. 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.

Tabell J-1. Sammanställning av effekter/symptom vid olika strålningsnivåer.

Strålning (kW/m ²)	Påverkan
1,6	Inga obehag även vid lång exponering
2,5-3	Designgräns till utrymmande 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, smärta uppstår efter ca 3 sekunder
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 övertändning i ett rum
25-30	Trä självantänder
37,5	Process-utrustning och lagringscisterner skadas

I Bilaga C.4 redovisas strålningsnivåer som funktion av avstånd för en pölbrand (bensin) på 50 m². I Figur C-4 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 J-1.

Bilaga K – Riskbedömning plankorsning

Plankorsningar är i sin natur en mer osäker trafiklösning än planskilda korsningar. Platser med plankorsningar är ofta mer olycksdrabbade än väg eller järnväg i allmänhet. Den olycksfrekvens som använts för beräkningar av farligt godsolyckor bygger på nationell statistik där plankorsningar ingår. För att undersöka den eventuellt förhöjda risken med avseende på farligt gods vid plankorsningar inom Marks kommun har en känslighetsanalys med avseende på individ- och samhällsrisk intill plankorsningar genomförts.

Vid känslighetsanalysen har olycksfrekvensen vid plankorsningar antagits vara 50% högre än för övriga delar av de farligt godsleder som studerats. Detta bedöms vara ett rimligt antagande då den ursprungliga olycksfrekvensen utgår från nationell statistik för hela väg- och järnvägsnätet, dvs. plankorsningar ingår redan till viss del men utgör en begränsad del av det totala vägnätet. Resultaten från dessa känslighetsberäkningar avseende individ- och samhällsrisk presenteras nedan.

I Tabell K-1 nedan redovisas beräknad individrisk med avseende på Viskadalsbanan för grundscenariot samt med förhöjd olycksfrekvens vid plankorsningar. Notera att den redovisade individrisken även beaktar risken för urspårning, se avsnitt 5.

Tabell K-1. Individrisk på olika avstånd från Viskadalsbanan för grundscenariot samt vid plankorsningar. Redovisad individrisknivå tar även hänsyn till risk för urspårning.

Avstånd (m)	Viskadalsbanan					
	Grundscenario			Plankorsning		
	Utomhus	Inomhus		Utomhus	Inomhus	
		Utan skydd	Med skydd		Utan skydd	Med skydd
0	1,01E-03	1,01E-03	1,01E-03	1,39E-03	1,39E-03	1,39E-03
5	2,66E-04	2,66E-04	2,66E-04	3,65E-04	3,65E-04	3,65E-04
10	2,27E-05	2,27E-05	2,26E-05	3,10E-05	3,10E-05	3,09E-05
15	3,30E-07	3,16E-07	2,71E-07	4,94E-07	4,74E-07	4,07E-07
20	5,82E-08	4,45E-08	6,03E-09	8,72E-08	6,68E-08	9,04E-09
25	5,13E-08	3,76E-08	5,30E-09	7,69E-08	5,64E-08	7,95E-09
30	4,79E-08	3,28E-08	4,66E-09	7,19E-08	4,93E-08	6,99E-09
35	4,46E-08	2,81E-08	4,02E-09	6,70E-08	4,22E-08	6,03E-09
40	4,13E-08	2,34E-08	3,38E-09	6,20E-08	3,51E-08	5,07E-09
45	3,80E-08	1,86E-08	2,74E-09	5,70E-08	2,79E-08	4,11E-09
50	3,47E-08	1,39E-08	2,10E-09	5,21E-08	2,08E-08	3,15E-09

I Tabell K-2 nedan redovisas beräknad individrisk med avseende på Väg 41 för grundscenariot samt med förhöjd olycksfrekvens vid plankorsningar vid hastigheten 70 km/h.

Tabell K-2. Individrisk på olika avstånd från Väg 41 för grundscenariot samt vid plankorsningar vid hastigheten 70 km/h.

Avstånd (m)	Väg 41					
	Grundscenario			Plankorsning		
	Utomhus	Inomhus		Utomhus	Inomhus	
		Utan skydd	Med skydd		Utan skydd	Med skydd
0	9,10E-06	7,35E-06	9,14E-08	1,36E-05	1,10E-05	1,37E-07
5	7,63E-06	6,06E-06	8,10E-08	1,14E-05	9,08E-06	1,21E-07
10	6,17E-06	4,77E-06	7,06E-08	9,25E-06	7,15E-06	1,06E-07
15	4,71E-06	3,47E-06	6,01E-08	7,06E-06	5,21E-06	9,02E-08
20	3,24E-06	2,18E-06	4,97E-08	4,87E-06	3,28E-06	7,46E-08
25	1,78E-06	8,94E-07	3,93E-08	2,67E-06	1,34E-06	5,89E-08
30	1,43E-06	7,18E-07	3,43E-08	2,15E-06	1,08E-06	5,15E-08
35	1,08E-06	5,42E-07	2,94E-08	1,62E-06	8,14E-07	4,41E-08
40	7,27E-07	3,67E-07	2,44E-08	1,09E-06	5,50E-07	3,67E-08
45	3,75E-07	1,91E-07	1,95E-08	5,63E-07	2,86E-07	2,93E-08
50	2,37E-08	1,49E-08	1,46E-08	3,55E-08	2,24E-08	2,18E-08

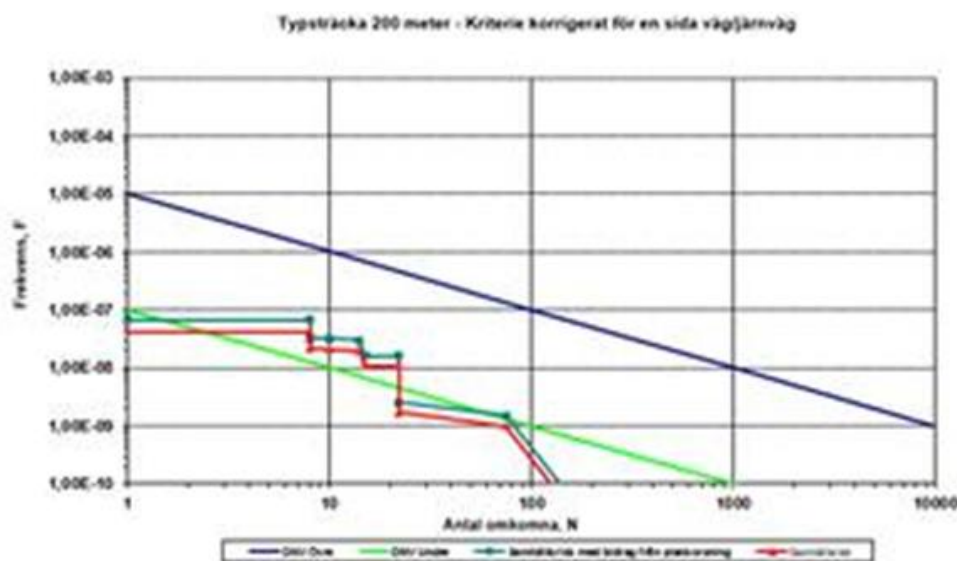
I Tabell K-3 nedan redovisas beräknad individrisk med avseende på Väg 156 för grundscenariot samt med förhöjd olycksfrekvens vid plankorsningar vid hastigheten 70 km/h.

Tabell K-3. Individrisk på olika avstånd från Väg 156 för grundscenariot samt vid plankorsningar vid hastigheten 70 km/h.

Avstånd (m)	Väg 156					
	Grundscenario			Plankorsning		
	Utomhus	Inomhus		Utomhus	Inomhus	
		Utan skydd	Med skydd		Utan skydd	Med skydd
0	3,43E-06	2,77E-06	3,43E-08	5,14E-06	4,15E-06	5,15E-08
5	2,88E-06	2,28E-06	3,04E-08	4,32E-06	3,42E-06	4,56E-08
10	2,33E-06	1,80E-06	2,65E-08	3,49E-06	2,69E-06	3,97E-08
15	1,77E-06	1,31E-06	2,26E-08	2,66E-06	1,96E-06	3,39E-08
20	1,22E-06	8,23E-07	1,86E-08	1,83E-06	1,23E-06	2,80E-08
25	6,71E-07	3,37E-07	1,47E-08	1,01E-06	5,05E-07	2,21E-08
30	5,38E-07	2,70E-07	1,29E-08	8,07E-07	4,06E-07	1,93E-08
35	4,06E-07	2,04E-07	1,10E-08	6,09E-07	3,06E-07	1,65E-08
40	2,73E-07	1,38E-07	9,15E-09	4,10E-07	2,07E-07	1,37E-08
45	1,41E-07	7,17E-08	7,30E-09	2,11E-07	1,07E-07	1,09E-08
50	8,54E-09	5,44E-09	5,44E-09	1,28E-08	8,16E-09	8,16E-09

Vid känslighetsberäkning avseende samhällsrisk har beräkningarna utgått från studerat scenario med bebyggelsekategori handel. Notera att den förhöjda olycksfrekvensen som antagits vid plankorsningar endast påverkar frekvensen för en farligt godsolycka, dvs. att det endast ger utslag på y-axeln i FN-kurvan. Den förhöjda olycksfrekvensen kommer att lika stort utslag på samtliga beräkningar varför generella slutsatser kan dras från de beräkningar avseende handel som presenteras nedan.

I Figur K-1 nedan redovisas samhällsrisk med avseende på handel intill Viskadalsbanan med respektive utan förhöjd olycksfrekvens vid plankorsningar.



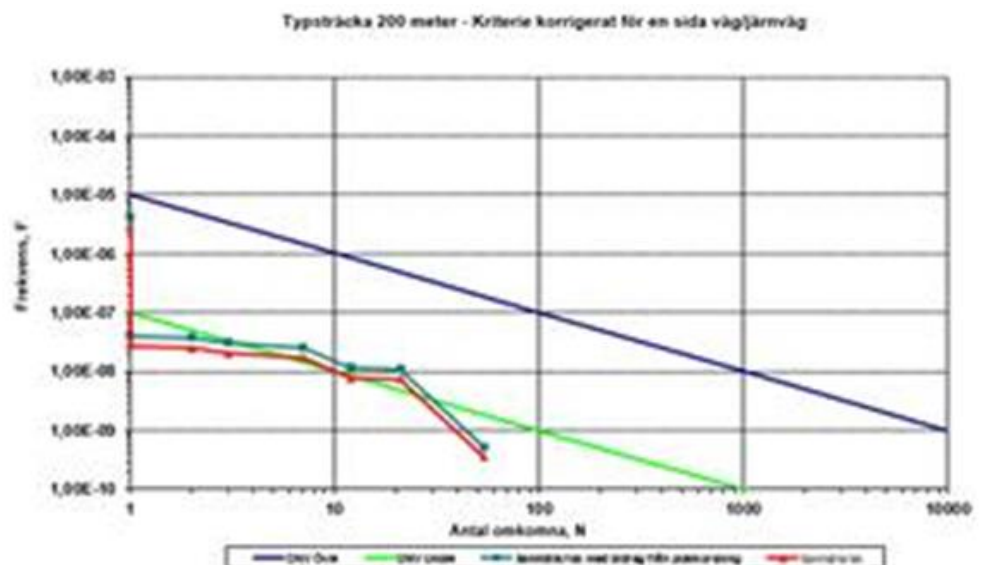
Figur K-1. Samhällsrisk för bebyggelsekategori handel intill Viskadalsbanan för grundscenariot (röd kurva) samt vid förhöjd olycksfrekvens vid plankorsningar (mörkgrön kurva).

I Figur K-2 nedan redovisas samhällsrisk med avseende på handel intill Väg 41 med respektive utan förhöjd olycksfrekvens vid plankorsningar.



Figur K-2. Samhällsrisk för bebyggelsekategori handel intill Väg 41 för grundscenariot (röd kurva) samt vid förhöjd olycksfrekvens vid plankorsningar (mörkgrön kurva).

I Figur K-3 nedan redovisas samhällsrisk med avseende på handel intill Väg 156 med respektive utan förhöjd olycksfrekvens vid plankorsningar.



Figur K-3. Samhällsrisk för bebyggelsekategori handel intill Väg 156 för grundscenariot (röd kurva) samt vid förhöjd olycksfrekvens vid plankorsningar (mörkgrön kurva).

Baserat på genomförda känslighetsberäkningar avseende individ- och samhällsrisk bedöms risknivån i närheten av plankorsningar vara något förhöjd. I tabeller avseende individrisken framgår att risknivån vid plankorsning ökar något vilket leder till förändrade risknivåer i enlighet med ansatta acceptanskriterier, se avsnitt 2.3.2. Detta får dock ingen påverkan på rekommenderade skyddsavstånd då dessa generellt är längre än de avstånd där tolerabel individrisknivå uppnås. Det enda undantaget är enstaka bostadshus utmed Väg 41 där individriskkriteriet

överskrids med $9E-8$. Då avsteget är mycket litet och sker i en känslighetsanalys bedöms det inte rimligt att korrigera det rekommenderade avstånd som ges utifrån grundberäkning.