

Risikanalyt

Detaljplan för del av Bergkristallen 2, Oxhagen 2:1 och Topasen 1

Slutversion

2019-06-24



Dokumenttyp: Riskanalys

Uppdragsnamn: Detaljplan för del av Bergkristallen 2, Oxhagen 2:1 och Topasen 1
Kalmar kommun

Uppdragsnummer: 100555

Datum: 2019-06-24

Status: Slutversion

Uppdragsledare: Lars Magnusson

Handläggare: Lars Magnusson
Tel: 010 17 77 323
E-post: lars.magnusson@psgroup.se

Uppdragsgivare: Daniela Edvinsson, Kalmar kommun

REVIDERINGAR

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2019-01-10	LMN	PAN	Preliminär handling
2019-01-21	LMN	PAN	Justeringar efter möte med Kalmar kommun och Kalmar brandkår
2019-01-30	LMN	PAN	Justeringar
2019-06-24	LMN	PAN	Slutversion

Sammanfattning

Ny detaljplan är under framtagande för Kv. Bergkristallen 2, Oxhagen 2:1 och Topasen 1 i Oxhagen, Kalmar kommun. Området är beläget i direkt anslutning till väg E22 som är en farligt godsled. Enligt riktlinjer från Kalmar kommun erfordras riskanalys vid ny bebyggelse i närheten av farligt godsled.

Syftet med riskanalysen är att undersöka lämpligheten med aktuellt planförslag genom att utvärdera vilka risker som människor inom det aktuella området kan komma att utsättas för samt i förekommande fall föreslå hur risker ska hanteras så att en acceptabel säkerhet uppnås.

Utifrån den inledande analysen har det bedömts nödvändigt att genomföra en fördjupad analys av vissa olycksrisker. Av de identifierade riskerna i anslutning till området har följande bedömts vara av sådan omfattning att mer detaljerade analyser bedömts nödvändiga:

- Explosion med massexplösiva ämnen (klass 1.1)
- Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
- Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
- Utsläpp och antändning av brännbar vätska (klass 3)
- Olycka där ämne ur klass 5 blandas med brännbart ämne och orsakar explosionsartat självantändning (klass 5)

Enligt genomförda beräkningar i detaljerad analys ligger individrisken, både inomhus och utomhus, under det rekommenderade ALARP-området. Individrisknivån är därmed låg i området.

Beräkningar av samhällsrisken för området visar att risknivån i vissa delar ligger mitt i och i den nedre delen av ALARP-zonen och att det är olyckor kopplat till olycka med explosiva ämnen, brännbara gaser samt oxiderande ämnen och organiska peroxider som medför detta. Med hänsyn till den beräknade samhällsrisken bedöms risknivån vara så hög att säkerhetshöjande åtgärder bör utvärderas vid ny bebyggelse och ändrad markanvändning inom det studerade området.

Utifrån redovisad risknivå och möjliga åtgärder bedöms följande åtgärder erfordras för planerade byggnationer.

- Bostadsbyggnader inom 75 meter från riskkällan utformas med åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från riskkällan. Det rekommenderas att denna utrymningsväg utgörs av "normal" entré för att på så sätt ta hänsyn till personers benägenhet att utrymma samma väg som de kom in. Om huvudentréer skulle planeras mot riskkällan så är det viktigt att utrymningsvägarna bort från riskkällan är mycket lätta att identifiera och nyttja.
- Åtgärd i form av friskluftsintag mot en trygg sida (d.v.s. bort från vägen) rekommenderas för bostadsbyggnader inom 75 meter från väg.

I övrigt innebär utformning enligt planförslaget, d.v.s. med skyddsavstånd 50 meter mellan väg och byggnad samt befintlig bullervall kommer att ge en god säkerhetsnivå för personer inom planområdet. De scenarier huvudsakligen gör att samhällsrisken placeras i ALARP-området är olycka med explosiva ämnen, brännbar gas samt explosion med oxiderande ämnen och organiska peroxider. Åtgärder för att minska konsekvens av explosioner är mycket omfattande och kostsamma i förhållande till deras riskreducerande effekt. Därför bedöms den typen av åtgärder inte motiverade.

Slutsatsen av denna detaljerade riskanalysen är att studerat planförslag bedöms vara möjlig att genomföra. Inga av de studerade olycksriskerna bedöms innebära någon oacceptabelt hög risknivå inom det aktuella planområdet. Avståndet mellan ny bebyggelse och angränsande farligtgodsled innebär ett betryggande skydd mot en stor andel av identifierade olycksrisker, bl.a. olycka med brandfarlig vätska (klass 3) som uppskattas utgöra majoriteten av alla farligt godstransporter.

Det är upp till kommunen att ta beslut om åtgärder. Eventuella åtgärder som beslutas ska sedan formuleras som planbestämmelser på ett sådant sätt att de är förenliga med Plan- och bygglagen (2010:900).

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Syfte.....	6
1.3 Omfattning.....	6
1.4 Underlag.....	6
1.5 Internkontroll.....	6
1.6 Förutsättningar.....	6
2. ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING AV OMRÅDET	8
2.1 Områdesbeskrivning.....	8
2.2 Planerad bebyggelse / förändring inom planområdet.....	9
3. RISKINVENTERING	12
3.1 Allmänt.....	12
3.2 Identifiering av riskkällor.....	13
4. INLEDANDE RISKANALYS	14
4.1 Metodik.....	14
4.2 Identifiering av olycksrisker.....	14
4.3 Kvalitativ uppskattning av risk.....	14
4.4 Slutsats inledande riskanalys.....	18
5. FÖRDJUPAD RISKANALYS	18
5.1 Metodik.....	18
5.2 Resultat riskberäkningar.....	20
5.3 Värdering av risk.....	22
5.4 Hantering av osäkerheter.....	22
6. SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER	24
6.1 Allmänt.....	24
6.2 Diskussion kring möjliga åtgärder.....	24
6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning.....	26
7. SLUTSATSER	27
8. BILAGOR	28
9. REFERENSER	28

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Ny detaljplan är under framtagande för Kv. Bergkristallen 2, Oxhagen 2:1 och Topasen 1 i Oxhagen, Kalmar kommun. Området är beläget i direkt anslutning till väg E22 som är en farligt godsled. Enligt riktlinjer från Kalmar kommun erfordras riskanalys vid ny bebyggelse i närheten av farligt godsled.

PS Group har med anledning av detta fått i uppdrag att ta fram en detaljerad riskanalys för området som underlag för den fortsatta planeringen.

1.2 Syfte

Syftet med riskanalysen är att undersöka lämpligheten med aktuellt planförslag genom att utvärdera vilka risker som människor inom det aktuella området kan komma att utsättas för samt i förekommande fall föreslå hur risker ska hanteras så att en acceptabel säkerhet uppnås.

1.3 Omfattning

Analysen omfattar endast plötsliga och oväntade händelser med akuta konsekvenser för liv och hälsa för människor som vistas inom det studerade området. I analysen har hänsyn inte tagits till långsiktiga effekter av hälsofarliga ämnen, buller eller miljöfarliga utsläpp.

Trafikanter på vägen omfattas inte av analysen.

1.4 Underlag

Underlag för analysen utgörs av

- *Underlag för beställning av riskanalys till detaljplan för del av Bergkristallen 2, Oxhagen 2:1 och Topasen 1 i Oxhagen, Kalmar kommun, ärendebeteckning 2018-0336.*
- Situationsplan, Kv. Bergkristallen, Kalmar, 2019-01-16, Tengbom.
- Situationsplan, Kv. Oxhagen 2:1, Sweco.

1.5 Internkontroll

Riskanalysen omfattas av PS Groups kvalitetsledningssystem som innebär att en annan konsult har genomfört en övergripande granskning av rimligheten i de bedömningar som gjorts och de slutsatser som dragits (internkontroll). Initialer i kolumnen för internkontroll på sidan 2 bekräftar kontrollen.

1.6 Förutsättningar

1.6.1 Riskhänsyn vid ny bebyggelse

Ett flertal olika lagar reglerar när riskanalyser skall utföras. Enligt Plan- och bygglagen (2010:900) skall bebyggelse lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till boendes och övrigas hälsa. Sammanhållen bebyggelse skall utformas med hänsyn till behovet av skydd mot uppkomst av olika olyckor. Översiktsplaner skall redovisa riskfaktorer och till detaljplaner ska vid behov en miljökonsekvensbeskrivning tas fram som redovisar påverkan på bland annat hälsa. Utförande av miljökonsekvensbeskrivning regleras i Miljöbalken (1998:808).

Krav på riskanalys vid detaljplaner i Kalmar kommun regleras i /5/.

1.6.2 Övrig lagstiftning

Förutom ovanstående lagar och riktlinjer förekommer ytterligare ett antal lagar och föreskrifter avseende risk och säkerhet som kan vara relevanta i planärenden. Dessa berör i första hand hantering och rutiner för olika typer av riskkällor som kan vara värda att beakta. Exempelvis så ger Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) ut föreskrifter för hantering av olika brandfarliga och explosiva ämnen.

Vidare hanterar Lag (2003:778) om skydd mot olyckor olika verksamheters ansvar för att upprätthålla ett tillfredsställande skydd mot olyckor. En konsekvens av denna lag som kan vara av särskilt intresse i planärenden är om det i anslutning till planområdet finns anläggningar vilka klassas som "farliga verksamheter" enligt kap 2:4 i denna lag. Sådana verksamheter är ålagda att vidta nödvändiga åtgärder för att hindra eller begränsa olyckor och de är även skyldiga att analysera risker och påverkan på närområdet.

2. Översiktlig beskrivning av området

2.1 Områdesbeskrivning

Det aktuella området omfattar cirka 35 000 m² mark. I väster avgränsas området av vägen E22. I norr ansluter området delvis till befintliga bostäder, delvis till grönområde, se Figur 2.1. I söder angränsar området till befintlig bostadsbebyggelse och en nybyggd brandstation. I öster ansluter området till befintlig bostadsbebyggelse.

Marken i området är huvudsakligen plan, med undantag för bullervall mot väg (se Bild 2.2).



Figur 2.1 aktuellt område som detaljplanen berör.





Bild 2.3 Befintlig bebyggelse på Kv. Bergkristallen 2.



Bild 2.4 Befintlig bebyggelse på Kv. Bergkristallen 1.



Bild 2.5 Befintlig förskola Kv. Topasen 1.



Bild 2.6 Verksamhet på västra sidan av E22 utgörs av kontor och butik.

2.1.1 Omgivande planer

I närområdet kring det aktuella planområdet har det inte identifierats några andra planer som bedöms kunna medföra förändringar avseende riskpåverkan för den planerade nya bebyggelsen.

2.2 Planerad bebyggelse / förändring inom planområdet

Den planerade förändringen av området medför att grönområden omvandlas till bostäder, handel och förskola.

2.2.1 Kv. Bergkristallen 2

På Kv. Bergkristallen 2 planeras byggnation av flerbostadshus. Bilparkering sker på markyta samt under planerad bebyggelse.

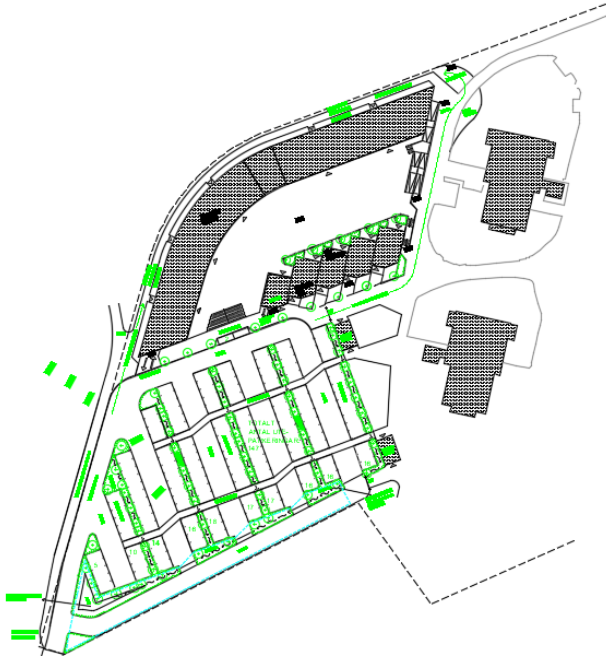
BTA bostäder: 12700 m²

BTA garage: 3400 m²

BTA butik, lokal: 275 m²

Kortaste avstånd mellan bostäder och E22 är 50 meter.

Eventuellt placeras parkeringsplatser (ytparkering) väster om den väg som går väster om Kv. Bergkristallen 2 och Kv. Oxhagen 2:1. Det innebär att avstånd mellan E22 och parkeringen blir cirka 25 meter.



Figur 2.2. Bergkristallen 2. Ny byggnad placeras i övre vänstra delen av figuren.

2.2.2 Kv. Oxhagen 2:1

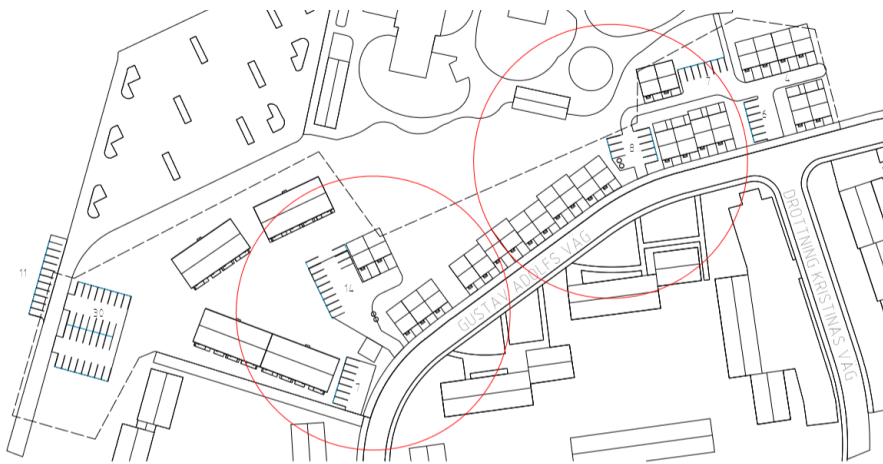
På Kv. Oxhagen 2:1 planeras bostadsbebyggelse i form av stadsradhus. I västra delen planeras för bostäder i form av lamellhus. Höjd för lamellhusen varierar mellan 4 och 6 våningar.

BTA lamellhus 6 våningar: 4080 m²

BTA lamellhus 4 våningar: 2720 m²

BTA Stadsradhus: 3920 m²

Kortaste avstånd mellan bostäder och E22 är 90 meter.



Figur 2.3. Oxhagen 2:1 Situationsplan..

2.2.3 Kv. Topasen 1

På Kv. Topasen 1 planeras en ny förskola med byggnadsarea 1500 m² och vara byggd i två våningar. Befintlig bebyggelse placerad mellan väg E22 och förskolan ger förskolan en skyddad placering.

Avstånd mellan förskola och E22 är 300 meter.



Figur 2.4. Topasen 1.

3. Riskinventering

3.1 Allmänt

Inledningsvis görs en inventering av riskkällor i anslutning till det studerade området. Riskinventeringen omfattar de riskkällor (transportleder för farligt gods, järnvägar, verksamheter som hanterar farligt gods) som kan innebära plötsliga och oväntade olyckshändelser med konsekvens för det aktuella området. Inventeringen avgränsas till riskkällor inom 150 meter från planområdet.

Riskkällorna beskrivs och förekommande hantering/transport av farliga ämnen kartläggs och redovisas. Inventeringen utgör grunden för den fortsatta analysen.

3.1.1 Farligt gods

Ämnen klassade som farligt gods är det som till stor del kan ge upphov till oväntade och plötsliga olyckshändelser och kunskap om dessa är därför viktigt i en riskanalys.

Farligt gods är en vara eller ett ämne med sådana kemiska eller fysikaliska egenskaper att de i sig själv eller kontakt med andra ämnen, t.ex. luft eller vatten, kan orsaka skada på människor, djur och miljö eller påverka transportmedlets säkra framförande. Farligt gods delas in i klasser (riskkategorier) utefter de egenskaper ämnet har. De olika ämnesklasserna delas i sin tur in i underklasser. I *Tabell 3.1* redovisas de olika klasserna samt typ av ämnen.

Tabell 3.1. Farligt gods indelat i olika klasser enligt ADR-S /1/.

Klass	Ämne	Beskrivning
1	Explosiva ämnen	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut, fyrverkerier etc.
2	Gaser	2.1. Brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) 2.2. Icke brandfarliga, icke giftiga gaser (kväve, argon etc.) 2.3. Giftiga gaser (klor, ammoniak, svaveldioxid etc.)
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, etanol, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel och industrikemikalier etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Kiseljärn (metallpulver), karbid, vit fosfor etc.
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider, kaliumklorat etc.
6	Giftiga ämnen	Arsenik, bly- och kvicksilversalter, cyanider, bekämpningsmedel etc.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Transporteras vanligen i mycket små mängder.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium, kaliumhydroxid (lut) etc.
9	Magnetiska material och övriga farliga ämnen	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.

Med hänsyn till riskerna som förknippas med transporter av farligt gods finns det särskilda anvisningar kring vilka vägar som först och främst bör användas för dessa transporter. Det rekommenderade vägnätet för transporter av farligt gods delas upp i primära och sekundära transportleder. De primära vägarna bildar stommen i det rekommenderade vägnätet och ska användas för genomfartstransporter. På dessa vägar går det ofta stora mängder av farligt gods och det kan normalt förekomma transporter av flera olika typer. De sekundära transportlederna är avsedda för lokala transporter från och till mottagare för farligt gods. De sekundära transportlederna ska normalt inte användas för genomfartstrafik.

3.2 Identifiering av riskkällor

De riskobjekt som finns i närheten av planområdet är farligt godsleden E22. Hastighetsgränsen är 110 km/h. Vägen har två körfält i respektive riktning. Årsmedelsdygnstrafiken för vägsträckan är 23 500 fordon per dygn enligt Kalmar kommun. Antal tunga fordon är 2050 per dygn. Andel tunga fordon är därmed 8,7 %.

För framtida förändringar i transportmängd beaktas ett uppräknat värde för år 2050. Det innebär 28950 fordon per dygn, 2500 tunga fordon per dygn. Trafikmängden är uppräknad 0,5 % per år enligt Kalmar kommun. Andel tunga fordon är därmed 8,7 %.

Transporter av farligt gods

E22 är en primär transportled för farligt gods. Det innebär enligt ovan att vägen rekommenderas för transport av farligt gods och alla typer av gods kan därför transporteras på vägen. Det finns ingen kartläggning över hur stora mängder farligt gods som transporteras i Kalmarområdet eller på den aktuella vägsträckan. Det finns dock ett antal nationella kartläggningar som ger information om vad som transporteras.

Trafikanalys, som bl.a. ansvarar för statistik inom området vägtrafik, upprättar årliga statistikrapporter över den totala lastbilstrafiken, inkl. farligt gods, på Sveriges vägar /4. Enligt denna statistik utgör farligt gods i genomsnitt ca 1-2 % av det totala antalet lastbilstransporter under den senaste femårsperioden (2013-2017). Om man istället studerar transporterade godsmängder så utgör farligt gods ca 2,5-4 % av de totala transporterade godsmängderna.

I Tabell 3.2 nedan redovisas antal farligtgodstransporter enligt beräkningarna i Bilaga A.

Tabell 3.2. Antal transporter av farligt gods per år på vägen år 2018 respektive år 2050.

Klass	Andel	Uppskattat antal farligt godstransporter	
		År 2018	År 2050
1. Explosiva ämnen och föremål	0,9%	105	129
2. Gaser	19,6%	2402	2959
3. Brandfarliga vätskor	47,9%	5861	7220
4. Brandfarliga fasta ämnen	2,1%	259	319
5. Oxiderande ämnen, organiska peroxider	3,7%	450	554
6. Giftiga ämnen	7,6%	931	1147
7. Radioaktiva ämnen	0,0%	0	0
8. Frätande ämnen	13,3%	1627	2004
9. Övriga farliga ämnen och föremål	4,9%	594	732
Totalt		12229	15065

4. Inledande riskanalys

4.1 Metodik

Utifrån riskinventeringen görs en uppställning av möjliga olycksrisker som kan påverka människor inom det studerade området.

För identifierade olycksrisker görs en kvalitativ bedömning (inledande analys) av möjlig konsekvens av respektive händelse. En grov bedömning görs även av sannolikheten för att en olycka ska inträffa. Denna bedömning syftar i huvudsak till att avgöra om händelsen kan inträffa över huvudtaget, d.v.s. om riskkällan omfattar just de förutsättningar som krävs för att den identifierade olycksrisken ska finnas.

Utifrån de kvalitativa bedömningarna av sannolikhet och konsekvenser görs sedan en sammanvägd bedömning av huruvida identifierade olycksrisker kan påverka risknivån inom aktuellt planområde. För olycksrisker som anses kunna påverka risknivån inom planområdet genomförs en fördjupad (kvantitativ) riskanalys. Olycksrisker som med hänsyn till små konsekvenser och/eller låg sannolikhet ej anses påverka risknivån inom planområdet bedöms vara acceptabla och bedöms därför ej nödvändiga att studera vidare i en fördjupad analys.

4.2 Identifiering av olycksrisker

Utifrån riskinventeringen i avsnitt 3 är bedömningen att det är transporter av farligt gods på E22 som kan medföra olyckshändelser med möjlig konsekvens för det aktuella planområdet.

4.3 Kvalitativ uppskattning av risk

4.3.1 Olycka vid transport av farligt gods

Allmänt

Som tidigare nämnts delas farligt gods in i nio olika klasser utifrån ADR-S /1/.

I tabellen nedan görs en övergripande beskrivning av vilka ämnen som tillhör respektive klass och vilka konsekvenser en olycka med respektive ämne kan leda till.

Tabell 4.1. Konsekvensbeskrivning för olycka med respektive ADR-klass.

Klass	Konsekvensbeskrivning
1. Explosiva ämnen	Riskgrupp 1.1: Risk för massexplosion. Konsekvensområden kan vid stora mängder (≥ 2 ton) överstiga 50-200 meter. Begränsade områden vid mängder under 1 ton. Riskgrupp 1.2-1.6: Ingen risk för massexplosion. Risk för splitter och kaststycken. Konsekvenserna normalt begränsade till närområdet.
2. Gaser	Klass 2.1: Brännbar gas: jetflamma, gasmolnsexplosion, BLEVE. Konsekvensområden mellan ca 20-200 meter. Klass 2.2: Icke brännbar, icke giftig gas: Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan. Klass 2.3: Giftig gas: Giftigt gasmoln. Konsekvensområden över 100-tals meter.
3. Brandfarliga vätskor	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte över 40 m.
4. Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidlösningar med konc. > 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. Skadeområde ca 70 m radie.
6. Giftiga ämnen	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet.
7. Radioaktiva ämnen	Utsläpp av radioaktivt ämne, kroniska effekter mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8. Frätande ämnen	Utsläpp av frätande ämne. Konsekvenser begränsade till närområdet.
9. Magnetiska material och övriga farliga ämnen	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet.

Utifrån beskrivningen ovan bedöms det vara ämnen ur följande klasser som kan vara relevanta att beakta vid bedömning av risknivån för det aktuella planområdet:

- Klass 1.1. Massexplosiva ämnen
- Klass 2.1. Brännbara gaser
- Klass 2.3. Giftiga gaser
- Klass 3. Brandfarliga vätskor
- Klass 5. Oxiderade ämnen och organiska peroxider

Konsekvenserna av olycka med övriga klasser är begränsade till det absoluta närområdet och bedöms därför inte påverka risknivån inom planområdet.

Nedan redovisas separata bedömningar av de fem farligt godsklasserna som redovisas ovan med avseende på hur de bedöms påverka risknivån inom planområdet:

Klass 1.1 Massexplosiva ämnen

Ämnen ur klass 1 utgör generellt en låg andel av den totala mängden farligt gods. Antalet transporter med massexplosiva ämnen på E22 bedöms vara mycket begränsat.

Vid en olycka med transport av ämnen ur riskgrupp 1.1. kan en massexplosion uppstå antingen till följd av stora påkänningar eller till följd av brand som sprids till lasten. Konsekvenserna av olyckan är beroende av mängden explosivämnen som exploderar.

Maximalt tillåts 16 ton ämne per fordon. Sannolikt omfattar de flesta transporter med explosivämnen betydligt mindre laster. En olycka med explosivämnen kan få stora konsekvenser för omgivningen. Sannolikheten för att en massexplosion ska inträffa i anslutning till det aktuella området bedöms vara extremt låg. Detta beror främst på det begränsade antalet transporter med produkter som kan leda till massexplosion (klass 1.1) och dessutom finns det detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport för att reducera sannolikheten för explosion.

Även om konsekvenserna av en explosion kan bli omfattande med avseende på närheten till den planerade bebyggelsen bedöms den sammanvägda risknivån förknippad med transporter av explosivämnen vara mycket låg då frekvensen för en sådan olycka är extremt låg. Med hänsyn till de stora konsekvenserna bedöms dock risken behöva beaktas vidare i en kvantitativ analys för att verifiera det låga riskbidraget och för att avgöra behovet av säkerhetshöjande åtgärder.

Klass 2.1. Brännbara gaser

En olycka med brännbar gas kan innebära att gas läcker ut och antänds (antingen under tryck eller när den spridits bort från utsläppskällan) eller att en gastank utsätts för utvändig brand vilket hettar upp gasen så att den expanderar snabbt. Beroende på utsläpps- och antändningsscenario kan konsekvenserna variera.

Antalet transporter med brännbar gas på väg E22 uppskattas kunna vara relativt stort i den nationella fördelningen över farligt godsklasser (se avsnitt 3.2). Brännbara gaser transporteras dock normalt trycksatta (och tryckkondenserade) i tankar, vilket medför att behållarna har högre hållfasthet än vanliga tankar för t.ex. väsketransporter. Detta ger en begränsad sannolikhet för läckage även vid kraftig påverkan. Då gasen kan spridas bort från olycksplatsen ökar dock sannolikheten för att utsläppet kommer i kontakt med en tändkälla och antänds.

Påverkan på risknivån till följd av en olycka med brännbar gas bedöms vara begränsad men med hänsyn till att konsekvenserna kan bli omfattande är det en olycksrisk som behöver beaktas i det fortsatta planarbetet för att avgöra eventuellt behov av åtgärder.

Klass 2.3. Giftiga gaser

Giftig gas behöver inte "aktiveras" genom antändning för att bli farlig. Den är farlig så snart den läcker ut. Beroende på vind och topografi kan gasen spridas långa sträckor och fortfarande ha dödliga koncentrationer. Vid större utsläpp kan människor både utomhus och inomhus skadas eller omkomma på upp till flera hundra meters avstånd från utsläppet.

Även om antalet transporter med gaser utgör en betydande del av de totala transporterna av farligt gods utgör transporter med giftig gas en mycket begränsad andel (antaget 0,2 % av de totala gastransporterna som redovisas i avsnitt 3.2). Det begränsade antalet transporter innebär att sannolikheten bedöms vara mycket låg för en olycka där gasen läcker ut. Även om konsekvenserna av ett större gasutsläpp kan bli omfattande med avseende på den planerade bebyggelsen inom området bedöms den sammanvägda risknivån vara mycket begränsad till följd av detta scenario.

Då konsekvenserna av denna typ av olycka kan bli stora är det dock en olycksrisk som behöver beaktas i det fortsatta planarbetet för att avgöra eventuellt behov av åtgärder.

Klass 3. Brandfarliga vätskor

Ett större utsläpp av exempelvis bensin kan, om det antänds, innebära att hög värmestrålning drabbar omgivningen och kan orsaka brännskador på oskyddade människor eller brandspridning in i byggnader. Skadeområdet är dock relativt begränsat. Vid en olycka i det fria bedöms allvarliga konsekvenser kunna uppkomma inom maximalt ca 40 meter från olycksplatsen. Skadeområdet är dock beroende av omgivningens utformning. Fysiska barriärer påverkar vätskeutsläppets spridning. Om riskkällan ligger lägre än kringliggande områden så begränsas t.ex. skadeområdet eftersom utsläppets spridning kommer att begränsas. På motsvarande sätt kan skadeområdet bli större om riskkällan ligger högre än kringliggande områden eftersom utsläppet då kan spridas längre.

Bullervallen hindrar vätskan från att spridas mot området.

Transporter med brandfarliga vätskor i anslutning till området utgör en stor del av de farligt gods transporter som kan förväntas på vägen och den olycksrisk som har störst påverkan på risknivån på korta avstånd från vägen. Eftersom skyddsavståndet till byggnader överstiger 40 meter påverkar det inte tillkommande byggnader. Riskerna med brandfarlig vätska är dock med i den detaljerade analysen för att ge heltäckande individriskkurvor.

Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Vissa ämnen ur klass 5 kan, om de blandas med brännbart material bilda en blandning som kan självantända. Blandningen kan till och med leda till ett explosionsartat brandförlopp som motsvarar explosion med massexplosiva ämnen. Ett scenario som kan inträffa vid utsläpp till följd av en olycka är att ämnet blandas med exempelvis fordonets drivmedel. Ett större utsläpp kan bilda en explosiv blandning som motsvarar flera ton explosivämne.

Sannolikheten för att en olycka med ämnen ur klass 5 ska leda till ett skadescenario som påverkar det aktuella området bedöms dock vara mycket låg. Denna bedömning utgår dels från att antalet transporter med ämnen ur klass 5 bedöms vara mycket begränsat på vägen. Dessutom är det endast en mycket begränsad andel av ämnena ur klass 5 som kan leda till denna typ av kraftiga brand- och explosionsförlopp. Det är i huvudsak ej stabiliserade väteperoxider och vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid samt organiska peroxider. Vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid bedöms däremot inte kunna leda till explosion. För att stabilisera det oxiderande ämnet blandas ofta en stabilisator, flegmatiseringsmedel, in för att minska reaktionsbenägenheten. Enligt ADR-S är det inte tillåtet att transportera ej stabiliserade väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid på väg. Det är inte heller tillåtet att transportera ammoniumnitrat med mer än 0,2 % brännbara ämnen, utom när det utgör beståndsdel i ett ämne eller föremål i klass 1 (explosiva ämnen). Andelen av de oxiderande ämnena på vägen som bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material antas därför vara mycket begränsad.

Även om konsekvenserna av en explosion kan bli omfattande med avseende på närheten till den planerade bebyggelsen bedöms den sammanvägda risknivån förknippad med transporter av ämnen ur klass 5 vara mycket låg. Med hänsyn till de stora konsekvenserna bedöms dock risken behöva beaktas vidare för att verifiera det låga riskbidraget och för att avgöra behovet av säkerhetshöjande åtgärder.

4.4 Slutsats inledande riskanalys

Utifrån den inledande analysen har det bedömts nödvändigt att genomföra en fördjupad analys av vissa olycksrisker. Av de identifierade riskerna i anslutning till området har följande bedömts vara av sådan omfattning att mer detaljerade analyser bedömts nödvändiga:

- Explosion med masseexplosiva ämnen (klass 1.1)
- Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
- Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
- Utsläpp och antändning av brännbar vätska (klass 3)
- Olycka där ämne ur klass 5 blandas med brännbart ämne och orsakar explosionsartat självantändning (klass 5)

5. Fördjupad riskanalys

5.1 Metodik

De identifierade olyckshändelserna som i den inledande analysen bedöms kunna inträffa samt kan medföra konsekvenser för det aktuella området studeras vidare i en fördjupad, kvantitativ, riskanalys.

5.1.1 Beräkning av frekvens och konsekvenser

I den fördjupade analysen kvantifieras frekvensen för, samt konsekvenserna av, respektive olycksrisk. Vilken metod som används är beroende av riskkällans egenskaper.

Beräkningarna redovisas i sin helhet i bilagorna A och B.

5.1.2 Sammanvägning av risk

Risker avseende personsäkerhet presenteras och värderas i form av individrisk och samhällsrisk:

Individrisk är den risk som en enskild person utsätts för genom att vistas i närheten av en riskkälla. Individrisken redovisas som platsspecifik individrisk. Detta görs i form av individriskkonturer som visar frekvensen för att en fiktiv person på ett visst avstånd omkommer till följd av en exponering från den studerade riskkällan.

Individrisken beräknas inledningsvis för obebyggd mark där ingen hänsyn tas till eventuell konsekvensreducerande effekt av exempelvis framföriggande bebyggelse (varken befintlig eller planerad) och andra avskärmande barriärer.

Samhällsrisk är det riskmått som en riskkälla utgör mot hela den omgivning som utsätts för risken. Frekvenser för olika händelser vägs samman med konsekvenserna av dessa. Detta redovisas sedan i ett F/N-diagram (frequency/number of fatality) där den kumulerade frekvenser plottas mot konsekvenser i ett logaritmerat diagram. Frekvenser uttrycks i förväntat antal olyckor per år (år^{-1}) och konsekvenser i antal omkomna, då dessa enheter ger en uppfattning om vilken risk samhället utsätts för till följd av en riskkälla.

Konsekvenserna kommer att beräknas för nollalternativet samt planerat utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det studerade området.

Riskberäkningar redovisas i bilaga C.

5.1.3 Värdering av risk

För att avgöra om de beräknade risknivåerna är acceptabla eller inte så jämförs de mot angivna acceptanskriterier.

Vilken risknivå som kan betraktas som acceptabel är inte entydigt specificerat eller uttryckt i någon idag gällande lagstiftning. I publikationen *Värdering av risk /2/* ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk vilka rekommenderas av Kalmar kommun /5/ och som därför används i denna analys, se *Tabell 5.1*.

Tabell 5.1. Förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk.

Riskkriterier	Individrisk	Samhällsrisk för en väg-/järnvägssträcka på 1 km
Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras	10^{-5}	$F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1
Övre gräns för områden där risker kan anses vara små	10^{-7}	$F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1

Enligt *Tabell 5.1* anges kriterierna i form av en övre och en undre gräns. Risker över den övre gränsen anses som oacceptabla medan risker under den nedre gränsen bedöms som acceptabla.

Området mellan kriterierna benämns ALARP (As Low As Reasonably Practicable). I detta område ska man sträva efter att med rimliga medel sänka riskerna, d.v.s. att kostnaderna för åtgärderna ska vara rimliga i förhållande till den riskreducerande effekt som erhålls. För att bedöma rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder bör man därför även beakta begreppet *tolerabel risk*:

1. Till att börja med är det viktigt att beakta att omfattningen av riskreducerande åtgärder normalt är beroende av den planerade verksamheten, d.v.s. acceptansnivån varierar något mellan olika verksamheter. De undre av kriteriegränserna nyttjas vanligtvis för bebyggelse där påverkan från externa risker (t.ex. förknippade med transport av farligt gods etc.) ska vara låg. Detta gäller exempelvis för bostäder, hotell och svårutrymda lokaler (sjukhus, skolor och personintensiva lokaler etc.). Jämfört med bostäder bedöms ofta påverkan av externa risker vara något mer tolerabla för t.ex. kontors- och vissa typer av restaurang- och butiksverksamheter. Orsaken till detta är främst att dessa typer av verksamheter innebär att personer normalt är vakna, samt att verksamheterna huvudsakligen nyttjas dagtid. För bebyggelse och utrymmen som inte innebär stadigvarande vistelse, t.ex. parkeringsplatser samt gång- och cykelstråk, accepteras normalt en risknivå som överstiger angivna riskkriterier.
2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Risker inom övre delarna av ALARP bör enbart tolereras om det bedöms vara praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. För risker i de lägre delarna av ALARP bör kraven på riskreduktion inte vara lika hårda, men möjliga åtgärder ska dock fortfarande beaktas. I de flesta fall anses risknivån vara acceptabel även om den hamnar inom ALARP-området, förutsatt att de åtgärder som bedöms vara rimliga ur ett kostnads-/nyttoperspektiv vidtas.
3. Slutligen bör riskvärderingen beakta hur stor påverkan som den aktuella förändringen har på den totala risknivån. Detta avser främst samhällsrisk där det studerade planområdet normalt utgör en mycket liten del. Värderingen av samhällsrisk utgår därför inte enbart från de angivna riskkriterierna utan även från en jämförelse mot risknivån om den planerade ändringen inte genomförs.

5.1.4 Hantering av osäkerheter

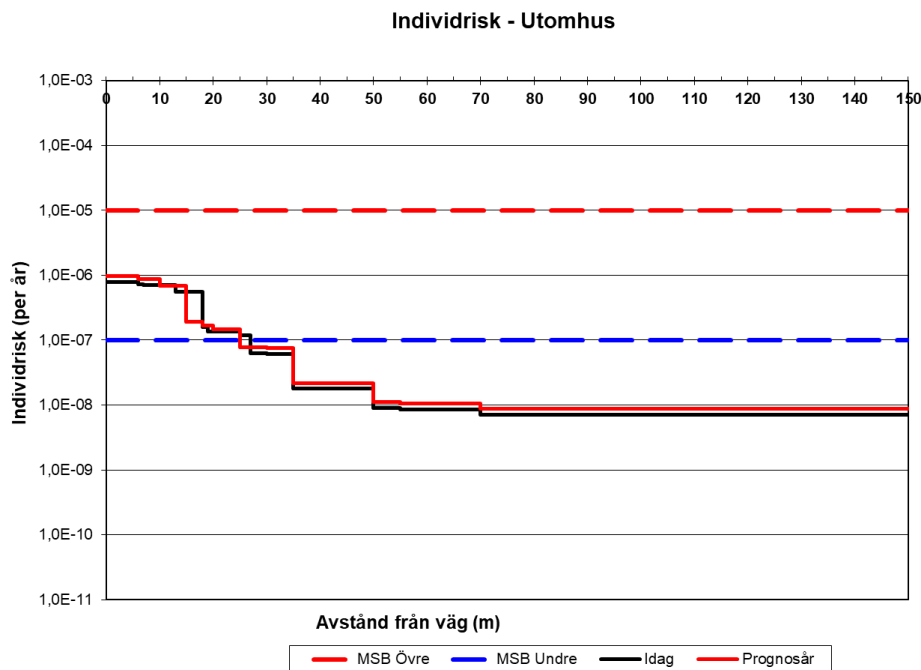
Riskanalysen utgår från underlag som innefattar relativt omfattande osäkerheter, främst med avseende på antalet transporter av farligt gods. I avsnitt 5.4 redovisas en ytterligare diskussion kring hanteringen av ovanstående osäkerheter m.m. samt hur detta inverkar på analysens resultat. För att studera hur olika antaganden påverkar resultatet av den fördjupade riskanalysen utförs en känslighetsanalys.

5.2 Resultat riskberäkningar

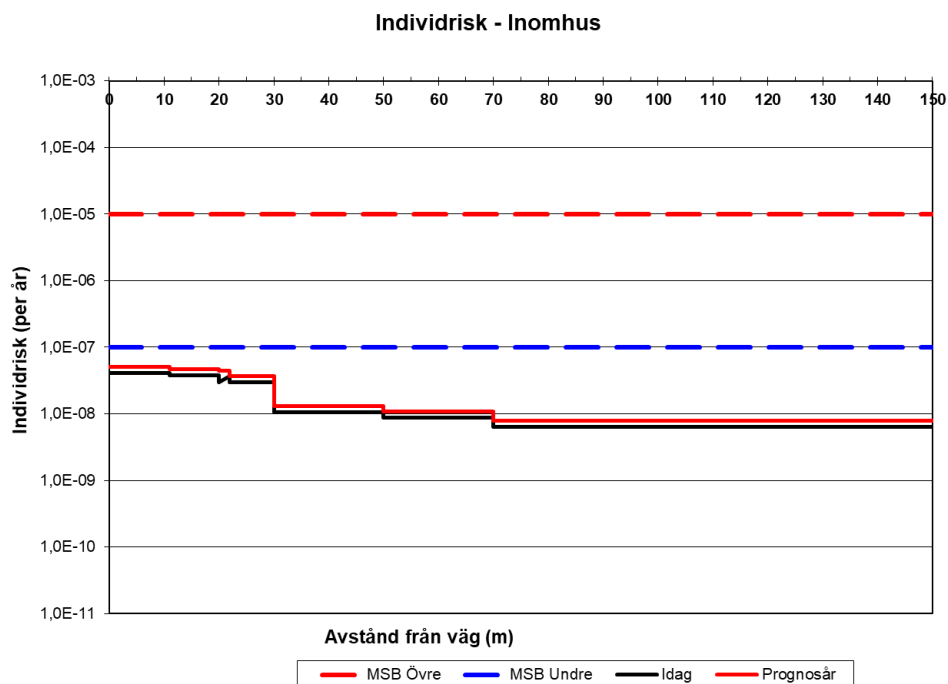
5.2.1 Individrisk

Nedan redovisas den beräknade risknivån inom områden utmed vägen. Avståndet i figurerna utgår från närmaste väkant.

Individrisken har beräknats för dagens trafikmängder samt prognostiserade trafikmängder år 2050. Individrisken presenteras dels för oskyddade personer utomhus och dels för personer inomhus (se figur 5.1 och 5.2).



Figur 5.1. Individrisk utomhus utmed vägen.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

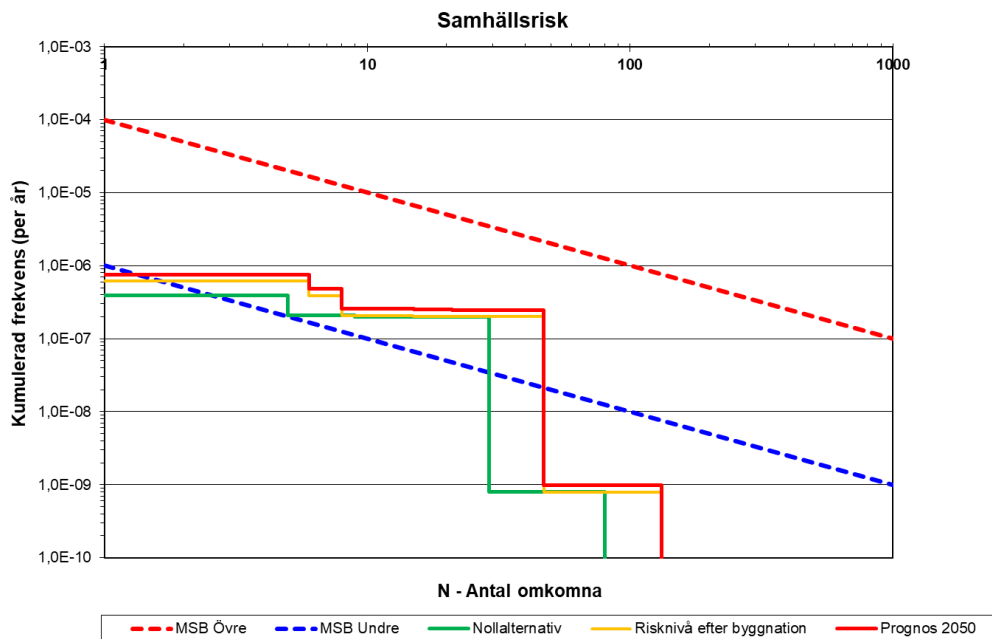


Figur 5.2. Individrisk inomhus utmed vägen.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

5.2.2 Samhällsrisk

I figur 5.3 redovisas den beräknade samhällsrisk inom det studerade området, d.v.s. aktuellt planområde samt kringliggande bebyggelse med hänsyn tagen till olycksrisker förknippade med vägen. Samhällsrisk presenteras för befintliga förutsättningar (nollalternativ) respektive för planerad ny bebyggelse (utförandealternativ) inom det aktuella planområdet. För planerad bebyggelse redovisas även samhällsrisk för prognosår 2050.

De ponerade olyckorna är placerade där skadeutfallet är som högst på vägen, se vidare i bilaga B.



Figur 5.3. F/N-kurva som redovisar samhällsrisiknivån för planområdet och dess närmaste omgivning med avseende på olycksrisker förknippade med E22.
(Observera att frekvens och konsekvens redovisas med logaritmisk skala.)

5.3 Värdering av risk

Enligt genomförda beräkningar ligger individrisken, både inomhus och utomhus, under det rekommenderade ALARP-området inom detaljplaneområdet. Individrisknivån är därmed låg i området. Gränsen för låg risk går 27 meter från vägen.

Beräkningar av samhällsrisiken för området visar att risknivån i vissa delar ligger mitt i och i den nedre delen av ALARP-zonen och att det är olyckor kopplat till olycka med explosiva ämnen, brännbara gaser samt oxiderande ämnen och organiska peroxider som medför detta. Med hänsyn till den beräknade samhällsrisiken bedöms risknivån vara så hög att säkerhetsförhöjande åtgärder bör utvärderas vid ny bebyggelse och ändrad markanvändning inom det studerade området. Se vidare avsnitt 6.

5.4 Hantering av osäkerheter

Som indata i bedömningar och beräkningar erfordras värden på eller information om bl.a. utformning, olycksstatistik, väder, vind och hur olika ämnen beter sig med mera. Underlaget har i vissa fall varit bristfälligt och antaganden har varit nödvändiga för att kunna genomföra analysen. I denna analys är bedömningen att det främst är följande beräkningar, antaganden och förutsättningar som är belagda med osäkerheter:

- **Frekvensberäkningarna har utförts med schablonmetoder**
Frekvensberäkningarna utgår från modeller som baseras på olyckskvoter och statistik. Den beräkningsmetodik som används för frekvensberäkningarna utgår från olyckskvoter som uppskattas utifrån aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning enligt riktlinjer i /3/. De olyckskvoter som redovisas utgör genomsnittliga värden för en längre vägsträcka.

Eftersom frekvensberäkningarna görs för relativt långa vägvagnsintervall (1 km) så innebär aktuella antaganden höga olycksfrekvenser. Detta innebär konservativa beräkningar eftersom planområdet endast gränsar med ca 200 meter längsmed vägen.

- **Uppskattad mängd och antal transporter med farligt gods förbi planområdet**
Det statistiska underlaget som används i analysen är behäftat med osäkerheter främst vad gäller antalet transporter av respektive farligt godsklass.

Den totala mängden farligt gods samt fördelningen mellan respektive klass har uppskattats utifrån nationell statistik över en femårsperiod. Orsaken till detta tillvägagångssätt är framförallt att undvika att risknivån värderas utifrån kortsiktiga förutsättningar. Att utgå från en nationellt genomsnittlig andel farligt gods på den aktuella sträckan ger relativt stora transportmängder farligt gods med hänsyn till gällande trafiksiffror.

För att säkerställa att risknivån för området inte underskattas görs en känslighetsanalys avseende förändrat transportantal, se vidare avsnitt 5.4.1.

- **Val av olycksscenarioer, konsekvensberäkningar**
Även konsekvensberäkningarna omfattar relativt stora osäkerheter, vilket bl.a. är beroende av bedömningar av skadeområdet samt förväntat antal omkomna för de studerade skadescenarierna.

Generellt så bedöms de skadescenarioer och förutsättningar som studeras inte vara de mest troliga, men anses vara de som rimligtvis kan ge upphov till mest omfattande konsekvenser. Beräkningarna av förväntat antal omkomna utförs med grova antaganden om bl.a. en jämn fördelning av persontätheten inom det aktuella området med utgångspunkt från närmaste bebyggelse. Att avståndet mellan riskkälla och bebyggelse kan variera utmed den studerade sträckan beaktas endast i begränsad utsträckning.

Konsekvenserna av respektive skadescenario har beräknats utifrån förutsättningen att det bedöms inträffa där det gör som mest skada inom det aktuella planområdet.

Konsekvensberäkningarna utgår dessutom från ett flertal antaganden avseende persontätheter och personantal inom det studerade området. Dessa antaganden är behäftade med stora osäkerheter där personantalet inom det studerade området har uppskattats mycket grovt utifrån planerad och befintlig bebyggelse. Dessa antaganden har stor effekt på resultatet av riskanalysen.

5.4.1 Känslighetsanalys

Resultatet av känslighetsanalysen har studerats med avseende på påverkan på samhällsrisk och individrisk. Slutresultatet av känslighetsanalysen redovisas i Bilaga C.

Känslighetsanalysen beaktar följande parametrar:

Förändrat transportantal

En av de största osäkerheterna i riskanalysen bedöms ligga i den antagna mängden farligt gods på angränsande riskkällor. Känslighetsanalysen beaktar antalet transporter av respektive farligt godsklass enligt följande:

- Det uppskattade antalet farligt godstransporter på vägen antas öka med en faktor 2 i förhållande till de dimensionerande transportmängderna vid dagens trafiksiffror.

Förändrat antal omkomna

De antaganden som görs avseende förväntat personantal m.m. som används i analysen är behäftat med osäkerheter. Känslighetsanalysen beaktar konsekvenserna av respektive skadescenario enligt följande:

- Beräknade antal omkomna för respektive skadescenario antas öka med en faktor 2 i förhållande till genomförda konsekvensberäkningar i bilaga B.

Känslighetsanalysen visar att även vid en mycket kraftig ökning av antalet farligt godstransporter så hamnar samhällsriskerna fortfarande i ALARP-området. Samhällsriskerna hamnar aldrig på en oacceptabel nivå. Vidare bedöms en kraftig ökning av konsekvenserna för respektive skadescenario också ha en begränsad påverkan på resultatet. Samhällsriskerna hamnar fortfarande på en acceptabel nivå eller inom ALARP. Samhällsriskerna hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.

Utifrån ovanstående beskrivning bedöms det dock inte vara rimligt att ställa ytterligare krav på säkerhetshöjande åtgärder (utöver värderingen av risk som redovisas i avsnitt 5.3).

6. Säkerhetshöjande åtgärder

6.1 Allmänt

Enligt den detaljerade analysen bedöms risknivån för det aktuella planområdet vara så hög att riskreducerande åtgärder bör övervägas vid exploatering. Åtgärdernas omfattning behöver dock diskuteras, då risknivån innebär att åtgärder som syftar till att reducera risker förknippade med transporter av farligt gods enbart ska vidtas i den mån som de bedöms vara rimliga ur ett kostnads-/nyttoperspektiv. Åtgärdernas kostnader ska med andra ord ställas i jämförelse med deras riskreducerande effekt.

6.2 Diskussion kring möjliga åtgärder

Med utgångspunkt från ovanstående resonemang så redovisas i nedanstående avsnitt separata bedömningar av rimligheten i att vidta åtgärder med avseende på de olycksriskerna som studeras i den fördjupade riskanalysen.

6.2.1 Placering av verksamheter

Vid lokalisering i ett utsatt område bör man alltid sträva efter att lokalisera bebyggelsen på ett tillräckligt stort avstånd från eventuella störningskällor.

Placering enligt detaljplanens förslag innebär ett skyddsavstånd på minst 50 meter mellan väg och byggnad. Detta ger ett visst skydd vid farligt godsolycka eftersom flera av scenarierna som berör olycka med farligt gods endast påverkar ett område som är närmare än 50 meter.

6.2.2 Utformning av obebyggda ytor

Utformningen av obebyggda områden i anslutning till riskkällor bör göras med hänsyn tagen till den förhöjda risknivån. Detta gäller främst för områden mellan ny bebyggelse och riskkällan. Detta område bör inte utformas så att de uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

Befintlig bullervall bidrar på ett naturligt sätt till att personer inte kommer att vistas mellan bullervall och väg samt ger den ett bra skydd för personer placerade mellan bullervallen och planområdet.

Förskola med tillhörande gård placeras 300 meter från väg, vilket innebär ett bra skydd för personer på förskolegården.

Parkeringsplatser på avstånd cirka 25 meter från E22 bedöms möjligt utan ytterligare åtgärder med hänsyn till att individrisken är låg på detta avstånd, att bullervall utgör skyddsbarriär och att personer endast vistas på en parkeringsplats tillfälligt.

6.2.3 Utformning av byggnader

Utrymning: Utrymningsstrategin för ny bebyggelse i anslutning till riskkällan kan behöva beakta möjliga externa olyckor. Detta innebär att utrymningsvägar ska dimensioneras och utformas så att utrymning kan ske tillfredställande även vid en olycka på vägen.

Ovanstående innebär att ny bebyggelse inom 75 meter från riskkällan rekommenderas utformas med åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från riskkällan. Det rekommenderas att denna utrymningsväg utgörs av "normal" entré för att på så sätt ta hänsyn till personers benägenhet att utrymma samma väg som de kom in. Om huvudentréer skulle planeras mot riskkällan så är det viktigt att utrymningsvägarna bort från riskkällan är mycket lätta att identifiera och nyttja.

Det föreslås att åtgärden anges som krav i detaljplan alternativt planbeskrivning.

Byggnadstekniska åtgärder: Nedan redovisas diskussioner kring behovet av åtgärder utifrån respektive olycksrisk:

- **Skydd mot explosion:** För explosioner där konsekvenserna kan bli stora på stora avstånd kan effekten mildras genom att byggnaderna konstrueras med hänsyn till höga tryck. Exempelvis kan man dimensionera stommen för en ökad horisontallast samt bygga en rasdämpande stomme. Detta ställer krav på seghet/deformationsförmåga i stommen samt att stommen klarar bortfall av delar av bärningen.

Ytterligare säkerhetshöjande åtgärder är att fönster förses med härdat och laminerat glas alternativt trycktåligt glas. Detta förhindrar att människor innanför fönster skadas till följd av att glas trycks in i byggnaden till följd av tryckvågen.

Ovanstående åtgärdsförslag innebär stor begränsning i byggmetod och materialval samt innebär stora kostnader.

Utifrån den detaljerade riskanalysen konstateras att de transporter som kan innebära explosion (klass 1 och klass 5) utgör en mycket liten andel av farligt godstransporterna på vägen (< 5 %) och de är dessutom förknippade med mycket hårda transportregler. Att vidta åtgärder på ny bebyggelse i syfte att reducera konsekvenserna av en explosion skulle därför ha en begränsad riskreducerande effekt. Risknivån i området skulle påverkas marginellt, även om åtgärder vidtas som helt förhindrar konsekvenser vid explosion. Detta, tillsammans med de mycket omfattande och kostsamma åtgärder som skulle krävas för att uppnå någon större konsekvensreducerande effekt, innebär att det inte bedöms vara rimligt att vidta några åtgärder mot explosion vid ny bebyggelse inom planområdet.

- **Skydd mot gaser:** För att reducera sannolikheten för att brandgaser samt brännbara och giftiga gaser tar sig in i byggnader kan ventilationssystemet utformas så att:
 - o friskluftsintag för lokaler där personer vistas stadigvarande placeras mot en trygg sida, det vill säga bort från riskkällan.

Åtgärden innebär normalt en låg kostnad. Denna åtgärd i form av friskluftsintag mot en trygg sida (d.v.s. bort från vägen) rekommenderas för bostadsbyggnader inom 75 meter från väg.

- **Skydd mot brand:** För att reducera konsekvens av brandspridning till byggnader kan fasader utföras i material som förhindrar brandspridning in i byggnaden under den tid det tar att utrymma (uppskattningsvis minst 30 minuter). Exempelvis kan väggar utföras i obrännbart material eller med konstruktioner som uppfyller brandteknisk avskiljning avseende täthet och isolering. Krav på att förhindra brandspridning gäller även fönster. Exempelvis kan fönster utföras så att de är intakta och sitter kvar under hela brandförloppet genom att använda brandklassade, härdade eller laminerade glas.

Avståndet på 50 meter mellan väg och byggnader innebär dock att brandspridningsrisk till byggnad är mycket låg. Befintlig bullervall kommer att vid en brand på vägen att fungera som strålningskydd och därmed minimera strålningspåverkan på byggnader på andra sidan vällen.

Om olycka innebär att fordonet kör av vägen och in mot planområdet kan branden bli placerad närmare de hotade byggnaderna. För att beakta detta scenario undersöks hur det på verkar riskerna inom planområdet.

Individrisken inomhus är låg även om olycksplatsen flyttas 10 meter närmare hotade personer.

Individrisk utomhus är låg på avstånd över 27 meter från vägkanten. Även om olyckan förflyttas 10 meter i riktning mot planområdet kommer risken 50 meter från vägkant, d.v.s. 40 meter från olycksplatsen i detta fall att vara låg.

Beräkningar av konsekvenser visar att avstånd till strålningsnivå 15 kW/m², vilket används för att avgöra risk att omkomma för personer inomhus, når 35 meter från brandens centrum. Om brandens centrum förflyttas 10 meter i riktning mot planområdet kommer motsvarande strålningsnivå att istället nå 45 meter från vägkanten. Detta innebär att brandspridningsrisken fortfarande är låg och därmed även samhällsrisken.

I dessa beräkningar är inte den strålningsavskärmande effekten som vällen bidrar med beaktad. Därmed är jämförelsen mycket konservativ.

Den slutsats som kan dras är att risknivån för personer inom planområdet är låg även vid ett scenario som innebär att olycksplatsen förflyttas utanför vägen i riktning mot planområdet.

6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning

Utifrån redovisad risknivå och möjliga åtgärder bedöms följande åtgärder erfordras för planerade byggnationer.

- Bostadsbyggnader inom 75 meter från riskkällan rekommenderas utformas med åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från riskkällan. Det rekommenderas att denna utrymningsväg utgörs av "normal" entré för att på så sätt ta hänsyn till personers benägenhet att utrymma samma väg som de kom in. Om huvudentréer skulle planeras mot riskkällan så är det viktigt att utrymningsvägarna bort från riskkällan är mycket lätta att identifiera och nyttja.
- Friskluftsintag mot en trygg sida (d.v.s. bort från vägen) rekommenderas för bostadsbyggnader inom 75 meter från väg.

I övrigt innebär utformning enligt planförslaget, d.v.s. med skyddsavstånd 50 meter mellan väg och byggnad och befintlig bullervall kommer att ge en god säkerhetsnivå för personer inom planområdet. De scenarier huvudsakligen gör att samhällsrisken placeras i ALARP-området är olycka med explosiva ämnen, brännbar gas samt explosion med oxiderande ämnen och organiska peroxider. Åtgärder för att minska konsekvens av explosioner är mycket omfattande och kostsamma i förhållande till deras riskreducerande effekt. Därför bedöms den typen av åtgärder inte motiverade.

7. Slutsatser

Det aktuella planområdet är förknippat med en förhöjd risknivå p.g.a. närheten till väg E22 (primär transportled för farligt gods).

Med anledning av den förhöjda samhällsriskenivån föreslås säkerhetshöjande åtgärder vidtas i syfte att reducera riskerna vid byggnation.

I avsnitt 6.3 redovisas de åtgärder som rekommenderas vid föreslagen bebyggelse och markanvändning inom planområdet. För att säkerställa att åtgärderna vidtas krävs att dessa utformas som planbestämmelser i kommande detaljplan.

Slutsatsen av denna detaljerade riskanalysen är att studerat planförslag bedöms vara möjlig att genomföra. Inga av de studerade olycksriskerna bedöms innebära någon oacceptabelt hög risknivå inom det aktuella planområdet. Avståndet mellan ny bebyggelse och angränsande farligtgodsled innebär ett betryggande skydd mot en stor andel av identifierade olycksrisker, bl.a. olycka med brandfarlig vätska (klass 3) som uppskattas utgöra majoriteten av alla farligt godstransporter.

Det är upp till kommunen att ta beslut om åtgärder. Eventuella åtgärder som beslutas ska sedan formuleras som planbestämmelser på ett sådant sätt att de är förenliga med Plan- och bygglagen (2010:900).

8. Bilagor

BILAGA A – Frekvensberäkningar

BILAGA B – Konsekvensberäkningar

BILAGA C – Riskberäkningar

9. Referenser

- /1/ ADR-S 2017 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2016:8, 2017
- /2/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997
- /3/ Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg, Räddningsverket 1996
- /4/ Statistikrapport Trafikanalys
- /5/ *Riskhanteringsmodell för nybyggnationer och etableringar i Kalmar kommun*, Samhällsbyggnadskontoret, 2006.

Bilaga A - Frekvensberäkningar**Uppdragsnamn**

Detaljplan för del av Bergkristallen 2, Oxhagen 2:1 och Topasen 1, Kalmar kommun

Uppdragsgivare

100555

Uppdragsnummer

100555

Datum

2019-01-10

Handläggare

Lars Magnusson

Egenkontroll

LMN 2019-01-10

Internkontroll

PAN 2019-01-10

1. Inledning

I denna bilaga beräknas frekvensen för de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom planområdet. Beräkningarna beaktar följande olycksrisker, vilka alla förknippas med den angränsande vägen:

- Olycka med farligt gods
 - Explosion vid transport av massexplösivt ämne (klass 1.1.)
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
 - Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska (klass 3)
 - Explosionsartat brandförlopp vid utsläpp av oxiderande ämne (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2)

2. Indata

2.1 Allmänt

Planområdet angränsar mot E22 längs ca 200 meter. På den aktuella sträckan utgörs vägen av raksträcka.

Tillåten maxhastighet är 110 km/h.

2.1.1 Trafik

Årsmedelsdygnstrafiken för vägsträckan är 23 500 fordon per dygn. Antal tunga fordon är 2050 per dygn. Enligt Kalmar kommun. Andel tunga fordon är därmed 8,7 %.

För framtida förändringar i transportmängd beaktas ett uppräknat värde för år 2050. Det innebär 28950 fordon per dygn. 2500 tunga fordon per dygn. Trafikmängden är uppräknad 0,5 % per år enligt Kalmar kommun. Andel tunga fordon är därmed 8,7 %.

2.1.2 Transport av farligt gods

E22 utgör en rekommenderad primär transportled för farligt gods.

De primära vägarna bildar stommen i det rekommenderade vägnätet och ska användas för genomfartstransporter. Normalt finns inga restriktioner kring vilka farligt godsklasser som är tillåtna att transporteras på vägen. Frekvensberäkningarna kommer att utgå från nationell statistik där antalet transporter samt fördelningen mellan olika klasser på den aktuella vägen uppskattas utifrån den genomsnittliga andelen av tung trafik i Sverige som transporterar farligt gods.

Information har hämtats från Trafikanalys (tidigare SIKA) som bland annat ansvarar för statistik inom området vägtrafik. Utifrån statistik över antal transporter per farligt godsklass under perioden 2013-2017 /1/ uppskattas det totala antalet farlig godstransporter respektive antalet transporter av respektive farligt godsklass på den aktuella sträckan.

Enligt statistiken för den studerade perioden utgör farligt godstransporter i genomsnitt ca 2 % av det totala antalet lastbilstransporter. För den aktuella vägen motsvarar detta ca 12000 transporter år 2018. För prognosåret år 2050 uppskattas antalet farligt godstransporter till ca 15000. I Tabell A.1 redovisas fördelningen på respektive farligt godsklass.

Tabell A. 1. Antal transporter av farligt gods per år på vägen år 2018 respektive år 2050.

Klass	Andel	Uppskattat antal farligt godstransporter	
		År 2018	År 2050
1. Explosiva ämnen och föremål	0,9%	105	129
2. Gaser	19,6%	2402	2959
3. Brandfarliga vätskor	47,9%	5861	7220
4. Brandfarliga fasta ämnen	2,1%	259	319
5. Oxiderande ämnen, organiska peroxider	3,7%	450	554
6. Giftiga ämnen	7,6%	931	1147
7. Radioaktiva ämnen	0,0%	0	0
8. Frätande ämnen	13,3%	1627	2004
9. Övriga farliga ämnen och föremål	4,9%	594	732
Totalt		12229	15065

3. Beräkningar Trafikolycka

I detta avsnitt beräknas frekvensen för trafikolycka på den aktuella vägsträckan där denna passerar planområdet. Avsnittet behandlar först skadescenariot trafikolycka, där resultatet sedan nyttjas för frekvensberäkningar för scenarier förknippade med transporter av farligt gods. Frekvensberäkningarna utförs utifrån den metodik som presenteras i MSB:s rapport "Farligt gods – riskbedömning vid transport" /2/.

Beräkningarna utgår från den indata som redovisas ovan avseende faktorerna:

- Antal fordonkm – aktuell sträcka x antal fordon

/1/ Statistikrapporter från Trafikanalys:
Lastbilstrafik 2008 (Rapportnr 2009:12),
Lastbilstrafik 2009 (Rapportnr 2010:3),
Lastbilstrafik 2010 (Rapportnr 2011:7),
Lastbilstrafik 2011 (Rapportnr 2012:6)
Lastbilstrafik 2012 (Rapportnr 2013:12)

/2/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

- Vägstandard
- Hastighetsbegränsning

3.1 Trafikolycka allmänt

Vid beräkning av frekvensen för en trafikolycka på den aktuella vägsträckan används schablonolyckskvot för aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning vilket ger en olyckskvot på 0,28 trafikolyckor per 10⁶ fordonskilometer /2/.

Vid beräkning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

$$\text{Antal förväntade fordonsolyckor} = O = \text{Olyckskvot} \times \text{Totalt trafikarbete} \times 10^{-6}$$

Där det totala trafikarbetet per år beräknas enligt följande:

$$\text{Totalt trafikarbete} = 365 \text{ dygn} \times \text{Årsmedeldygnstrafik} \times \text{Aktuell vägsträcka}$$

Frekvensen beräknas för total trafik respektive godstrafik på en 1 km vägsträcka i anslutning till det aktuella planområdet.

Tabell A. 2. Beräknad frekvens för trafikolycka.

Scenario	Olycksfrekvens (per år)	
	År 2018	År 2050
Trafikolycka totalt	2,4	3,0

3.1.1 Fordonsbrand

En fordonsbrand kan antingen uppstå till följd av en trafikolycka eller till följd av fordonsfel. Det statistiska underlag som ska användas för beräkning av frekvensen för fordonsbrand går dock inte att dela upp avseende dessa två scenarier. Detta beror på underlaget utgör antalet fordonsbränder i Sverige vid polisrapporterade vägtrafikolyckor och huruvida trafikolyckan startade som en fordonsbrand eller om branden uppkom till följd av trafikolyckan går ej att urskilja.

Under åren 1994-1999 rapporterades årligen i genomsnitt 64,7 fordonsbränder i Sverige vid polisrapporterade vägtrafikolyckor till Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS) /3/. Under motsvarande år rapporterades ca 15 700 trafikolyckor med personskada per år /4/. Utifrån detta så uppskattas sannolikheten för brand i fordon vid olycka till ca 0,4 % (64,7 / 15 700). Detta bedöms vara ett konservativt antagande då de polisrapporterade olyckorna med personskador inte utgör samtliga olyckor som kan leda till fordonsbrand.

3.2 Trafikolycka med farligt gods

Den förväntade frekvensen för en trafikolycka där farligt godstransport är inblandad beräknas utifrån följande ekvation /2/:

$$\text{Antal fordonsolyckor med farligt gods i trafikolyckor} = O_{FaGo} = O \cdot ((X \cdot Y) + (1 - Y) \cdot (2X - X^2))$$

där

/3/ Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS), uppgifter erhållna av Arne Land, Statens Väg- och Transportforskningsinstitut 2003-05-27

/4/ Vägtrafikskador 2004, Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), Rapport 2005:14, 2005

X = Andelen transporter skyltade med farligt gods (antal farligt godstransporter delat med totalt antal fordon)

Y = Andelen singelolyckor på vägdelen (antaget 50 % för aktuell vägsträcka /2/)

Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för trafikolycka är oberoende av vilken last som ryms i lastbilen, d.v.s. sannolikheten för att en farligt godstransport är inblandad är direkt kopplad till hur stor andel av det totala antalet transporter som rymmer farligt gods. Fördelningen av olyckor mellan de olika klasserna antas vara densamma som andelen av respektive klass.

I Tabell A.3 redovisas den förväntade frekvensen för trafikolycka med farligt gods år 2018 respektive år 2050.

Tabell A. 3. Beräknad olycksfrekvens per farligt godsklass på studerad vägsträcka.

Scenario	Olycka med fago-vagn [per år]		
	Andel	År 2018	År 2050
klass 1	0,9%	4,4E-05	5,4E-05
Klass 2	19,6%	1,0E-03	1,2E-03
klass 3	47,9%	2,5E-03	3,0E-03
klass 4	2,1%	1,1E-04	1,3E-04
klass 5	3,7%	1,9E-04	2,3E-04
klass 6	7,6%	3,9E-04	4,8E-04
klass 7	0,0%	0,0E+00	0,0E+00
klass 8	13,3%	6,8E-04	8,4E-04
klass 9	4,9%	2,5E-04	3,1E-04
Totalt		5,1E-03	6,3E-03

3.2.1 Klass 1. Explosiva ämnen

Explosiva ämnen och föremål är uppdelad i flera olika undergrupper (riskgrupper) utifrån risk för bl.a. brand, massexplosion, splitter och kaststycken. Enligt ADR-S är det enbart ämnen ur klass 1.1 som innebär risk för massexplosion som påverkar så gott som hela lasten praktiskt taget samtidigt /5/. Med avseende på olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom det aktuella planområdet bedöms det enbart vara en explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 som är aktuella att studera.

Konsekvenserna av en massexplosion är kraftigt beroende av mängden som exploderar, vilket i sin tur beror av hur mycket explosivämne som transporteras. Enligt ADR-S är det tillåtet att transportera massexplosiva ämnen i så stora mängder som 16 ton vid transporter i EX/III-fordon. Hur stor andel av transporterarna som rymmer maxmängd är dock oklart.

/5/ ADR-S – Statens räddningsverks föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2012:6, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2012

Transportmängden och antalet transporter av massexplosiva ämnen har uppskattats utifrån en separat utredning som upprättades inom projektet med överdäckningen av Norra Stationsområdet /6/. Denna kartläggning beaktar uppgifter från bl.a. Räddningsverket (numera MSB), Polisen samt transportörer i Stockholms län. Observera att dessa antaganden är baserade på information från Stockholmsområdet med de bedöms vara användbara även i Kalmar då de kan antas ge en generell inbördes fördelning inom riskgruppen.

- Enligt uppgifter från MSB utgörs ca 80-90 % av transporter med explosivämnen av ämnen ur klass 1.1. Klass 1.3 och 1.4 står för ca 5-10 % och övriga klasser transporteras i stort sett inte alls. I de fortsatta beräkningarna antas det konservativt att samtliga transporter rymmer klass 1.1.
- Enligt uppgifter från MSB utgör enbart 0,5 % av transportererna med klass 1.1 i Stockholmsregionen s.k. transittransporter (genomfart) medan resterande transporter till avnämare inom länet. Transittransporterna rymmer troligtvis maximala transportmängder, d.v.s. 16 ton massexplosivämnen per transport. Resterande transporter transporteras till avnämare inom länet och rymmer troligtvis mindre mängder explosivämnen.
- Utifrån de uppgifter som erhållits i kartläggningen som utförts i projektet Norra Stationsområdet har följande fördelning antagits mellan olika transportmängder på E18:
 - < 500 kg/transport: ca 85 % (ca 1 200 transporter per år)
 - 500 – 2 000 kg /transport: ca 10 % (ca 150 transporter per år)
 - > 2 000 kg / transport: ca 5 % (ca 4 transporter per år)
 - 16 000 kg / transport: ca 0,3 % (ca 4 transporter per år)

Vid en olycka med transport av ämnen ur riskgrupp 1.1. kan en massexplosion uppstå antingen till följd av stora påkänningar eller till följd av brand som sprids till lasten. Ämnen ur riskgrupp 1.1 får enbart transporteras i fordon som uppfyller krav för s.k. EX/II- eller EX/III-fordon, vilket innebär krav på utförandet av elektronik, bromsar och förebyggande åtgärder mot brandrisker /7/. Det finns även regler för förpackning etc. Detta bedöms medföra en mycket låg sannolikhet för detonation:

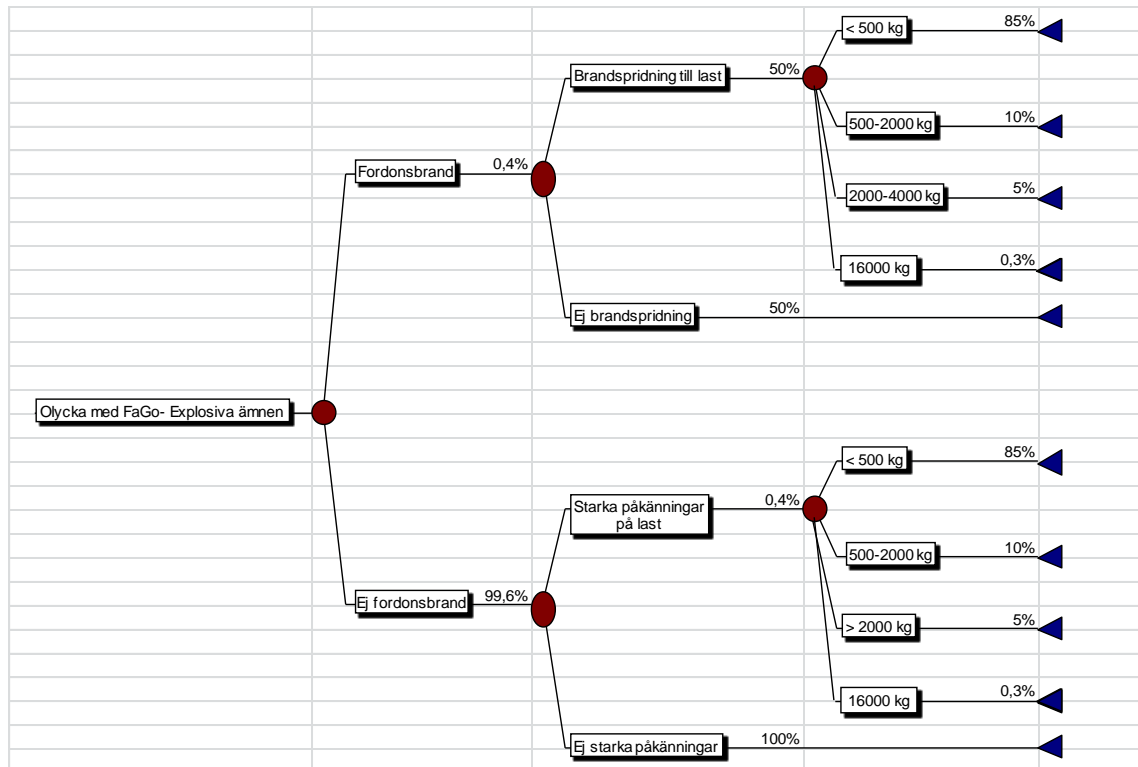
- Sannolikheten för att fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna uppskattas enligt tidigare till ca 0,4 % (se avsnitt 3.1.1). Krav på utförandet av EX/II- och EX/III-fordon innebär att sannolikheten för brandspridning till det explosiva ämnet bedöms vara låg. Sannolikheten för detonation (och mycket grovt massexplosion) till följd av fordonsbrand som sprider sig till lasten uppskattas grovt till 50 %.
- Sannolikheten för detonation till följd av stora påkänningar vid trafikolycka uppskattas vara mycket låg. Det finns idag ingen känd forskning kring hur stor kraft som behövs

/6/ Samrådsunderlag avseende omledningsvägnät för explosiva ADR-S transporter – Intunnling av Norra Station, WSP, 2008-11-14

/7/ ADR-S – Statens räddningsverks föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2012:6, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2012

för att initiera detonation av det fraktade godset vid en trafikolycka. Med hänsyn till kraven på transportfordon för massexplosivämnen som bl.a. avser utformning som innebär att energin vid en kollision ska tas upp av olika energiabsorberande zoner så bedöms sannolikheten för att en trafikolycka innebär så omfattande krafter på lasten att det leder till detonation inte vara större än sannolikheten för att ett fordon börjar brinna vid en trafikolycka, d.v.s. 0,4 %.

Figur A. 1 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av explosiva ämnen som redovisar de förutsättningar som krävs för att en massexplosion ska antas inträffa. Beräkningsresultaten redovisas i Tabell A.4.



Figur A. 1. Händelsetråd olycka med transport av explosiva ämnen (klass 1).

Tabell A. 4. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Scenario	Frekvens [per år]	
	År 2018	År 2050
Trafikolycka med explosivämne (klass 1)	4,4E-05	5,4E-05
Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)		
< 500 kg		
- P.g.a. fordonsbrand	7,5E-08	9,2E-08
- P.g.a. starka påkänningar	1,5E-07	1,8E-07
- Totalt	2,2E-07	2,8E-07
500-2000 kg		
- P.g.a. fordonsbrand	8,8E-09	1,1E-08
- P.g.a. starka påkänningar	1,8E-08	2,2E-08
- Totalt	2,6E-08	3,2E-08
2000-4000 kg		
- P.g.a. fordonsbrand	4,4E-09	5,4E-09
- P.g.a. starka påkänningar	8,8E-09	1,1E-08
- Totalt	1,3E-08	1,6E-08
16000 kg		
- P.g.a. fordonsbrand	2,6E-10	3,3E-10
- P.g.a. starka påkänningar	5,3E-10	6,5E-10
- Totalt	7,9E-10	9,7E-10

3.2.2 Klass 2. Gaser

Gaser (klass 2) delas in i följande undergrupper:

- brännbara gaser (klass 2.1)
- icke giftiga och icke brännbara gaser (klass 2.2)
- giftiga icke brännbara gaser (klass 2.3).

Den antagna fördelningen mellan undergrupperna ovan är baserad på den kartläggning som MSB lät genomföra under en månad 2006. Kartläggningen påvisade att en förhållandevis stor del av transportererna utgjordes av brännbara gaser men att inga giftiga gaser transporterades. För att ta höjd för att sådana transporter i den studerade framtidsscenarioet skrivs de giftiga gaserna upp till 0,2 %. Gaser ur klass 2.2 utgör sådana gaser som normalt inte orsakar personskador vid utsläpp mer än i det direkta närområdet. Därför beaktas inte transporter av dessa gaser i riskanalysen.

Det antas grovt att samtliga gastransporter på den aktuella vägsträckan utgörs av tankbilar. Aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning innebär att sannolikheten för läckage till följd av en trafikolycka med farligt godstransport antas vara 34 % (Index för farligt godsolyckor) /2/. Gaser transporteras dock i regel under tryck i tankar med större tjocklek, vilket innebär högre tålighet. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset då sänks till 1/30 /2/. Sannolikheten för läckage av gas blir då $34 \% \cdot 1/30 = 1,1 \%$.

Givet läckage antas fördelningen mellan olika läckagestorlekar till följande i enlighet med /2/:

- Litet läckage: 62,5 %
- Medelstort läckage: 20,8 %
- Stort läckage: 16,7 %

För **brännbara gaser** kan tre scenarier antas uppstå beroende på typen av antändning:

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- *Gasmolnsexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck
- *BLEVE*: Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion kan uppkomma om tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en utbredd brand under en längre tid.

Beroende på utsläppsstorleken varierar sannolikheten för direkt respektive fördröjd antändning. För utsläpp vid trafikolycka finns fördelningsstatistik /8/:

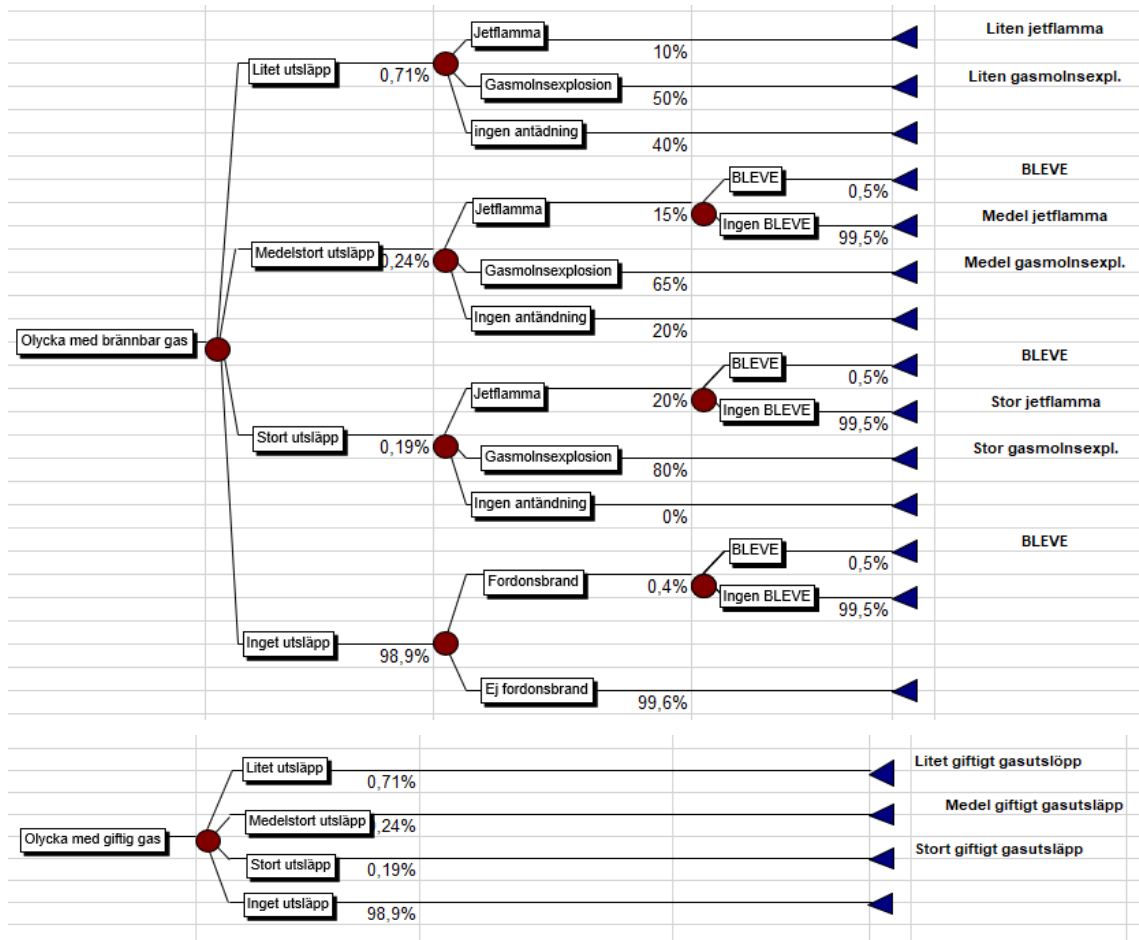
	Litet utsläpp	Medelstort utsläpp	Stort utsläpp
• omedelbar antändning (jetflamma):	10 %	15 %	20 %
• fördröjd antändning (gasmolnsexplosion):	50 %	65 %	80 %
• ingen antändning:	40 %	20 %	0 %

En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank utan fungerande säkerhetsventil antingen om en medelstor eller stor jetflamma från intilliggande skadad tank är riktad direkt mot tanken eller om trafikolyckan leder till fordonsbrand som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att förhållandena kring något av ovanstående scenarier är sådana att en BLEVE uppstår bedöms dock vara mycket låg, uppskattningsvis mindre än 0,5 % för respektive scenario.

För **giftiga gaser** studeras följande scenarier beroende av läckagestorlek: litet, medelstort och stort.

/8/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993

Figur A2 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av gaser. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.5.



Figur A. 2. Händelsetråd olycka med transport av gas (klass 2).

Överst: Klass 2.1. Brännbar gas

Underst: Klass 2.3. Giftig gas

Tabell A. 5. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av gaser.

Scenario	Frekvens [per år]	
	År 2018	År 2050
Trafikolycka med gas	1,0E-03	1,2E-03
Tankbilar		
Utsläpp och antändning av brännbar gas	1,2E-04	1,5E-04
Liten jetflamma	8,6E-08	1,1E-07
Liten gasmolnexplosion	4,3E-07	5,3E-07
Medelstor jetflamma	4,3E-08	5,2E-08
Medelstor gasmolnexplosion	1,9E-07	2,3E-07
Stor jetflamma	4,6E-08	5,6E-08
Stor gasmolnexplosion	1,8E-07	2,3E-07
BLEVE		
- P.g.a. jetflamma riktad mot oskadad tank	4,4E-10	5,5E-10
- P.g.a. fordonsbrand under oskadad tank	2,4E-09	2,9E-09
- Totalt	2,8E-09	3,5E-09
Utsläpp av giftig gas	2,0E-06	2,5E-06
Litet utsläpp giftig gas	1,4E-08	1,8E-08
Medelstort utsläpp giftig gas	4,8E-09	5,9E-09
Stort utsläpp giftig gas	3,8E-09	4,7E-09

3.2.3 Klass 3. Brandfarliga vätskor

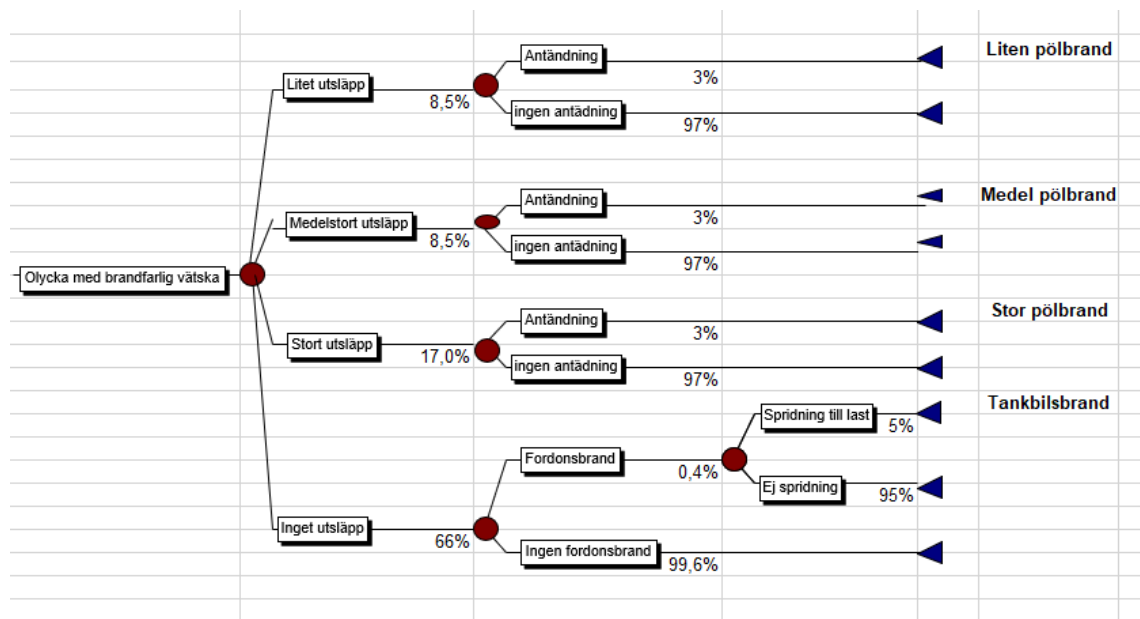
En mycket hög andel av de brandfarliga vätskor som transporteras uppskattas vara petroleumprodukter, d.v.s. transporter av bensin och diesel till bl.a. bensinstationer. I de fortsatta beräkningarna så antas det konservativt att samtliga väsketransporter rymmer klass 1-vätskor, d.v.s. vätskorna har en låg flampunkt som innebär en hög sannolikhet för antändning.

Sannolikheten för att en trafikolycka med farligt godstransport inblandad där ämnet transporteras i tunnväggig tank leder till läckage uppskattas vara 34 % /2/. Det uppskattas att en stor andel av transportererna utgörs av tankbil med släp, vilket för tunnväggiga tankar innebär att sannolikhetsfördelningen mellan litet, medelstort och stort utsläpp är 25 %, 25 % respektive 50 % /2/.

Sannolikheten klass 1-vätskor antänds vid utsläpp till följd av en trafikolycka antas vara ca 3 % /2, 8/ oberoende av utsläppsstorleken.

Omfattande brand kan även uppstå om t.ex. en motorbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Enligt tidigare uppskattas sannolikheten för att en trafikolycka leder till fordonsbrand till ca 0,4 %. I ADR-S anges det krav på fordon som ska användas för transport av brandfarliga vätskor, vilket bl.a. innebär en begränsad sannolikhet för spridning av t.ex. motorbränder till lasten. Sannolikheten för antändning av lasten till följd av fordonsbrand vid trafikolycka uppskattas grovt vara ca 5 %.

Figur A.3 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarlig vätska. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.6.



Figur A. 3. Händelsetråd olycka med transport av brandfarlig vätska (klass 3).

Tabell A. 6. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska.

Scenario	Frekvens [per år]	
	År 2018	År 2050
Trafikolycka med brandfarlig vätska (klass 3)	2,5E-03	3,0E-03
Liten pölbrand	6,3E-06	7,7E-06
Medelstor pölbrand	6,3E-06	7,7E-06
Stor pölbrand	1,3E-05	1,5E-05
Tankbilsbrand	3,2E-07	4,0E-07

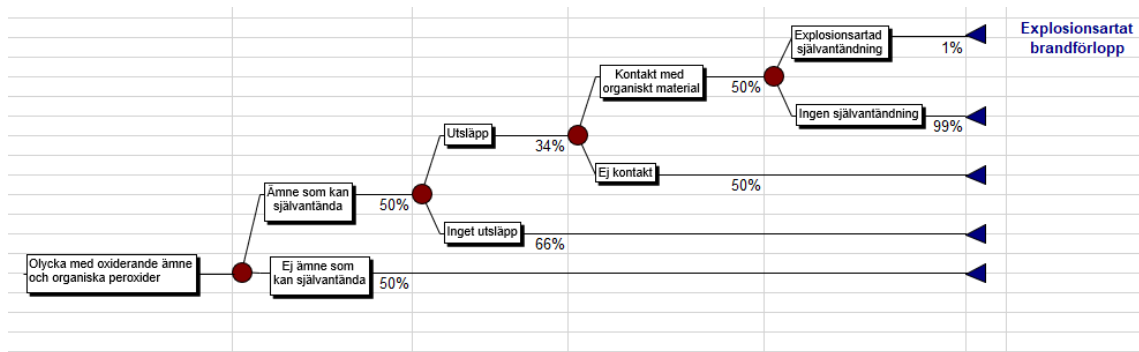
3.2.4 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) brukar vanligtvis inte leda till personskador. Vissa ämnen kan dock, om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t ex bensin, motorolja etc.), leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. De ämnen inom klassen som bedöms kunna leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp är i huvudsak ej stabiliserade väteperoxider och vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid samt organiska peroxider. Vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid bedöms däremot inte kunna leda till explosion. För att stabilisera det oxiderande ämnet blandas ofta en stabilisator, flegmatiseringsmedel, in för att minska reaktionsbenägenheten.

Enligt ADR-S är det inte tillåtet att transportera ej stabiliserade (d.v.s. utan flegmatiseringsmedel) väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid på väg. Det är inte heller tillåtet att transportera ammoniumnitrat med mer än 0,2 % brännbara ämnen (inklusive alla organiska ämnen som kolekivalent), utom när det utgör beståndsdel i ett ämne eller föremål i klass 1 (explosiva ämnen).

Det antas grovt att 50 % av den totala mängden klass 5 som transporteras på vägen utgör ämnen som kan självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 34 % /2/. Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med brännbart material bedöms vara relativt hög (antaget 50 %). Ovanstående resonemang kring förbud och stabilisering innebär dock att sannolikheten för ett explosionsartat brandförlopp bedöms vara lägre än 1 %. Detta antagande gäller både för oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Figur A.4 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider. Frekvensen för olika utsläppsscenarioer har beräknats för respektive indata och redovisas i Tabell A.7.



Figur A. 4. Händelsetråd olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5).

Tabell A. 7. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Frekvens [per år]	
	År 2018	År 2050
Trafikolycka med oxiderande ämne (klass 5)	1,9E-04	2,3E-04
Explosionsartad brandförlopp vid självantändning	1,6E-07	2,0E-07

4. Känslighetsanalys

4.1 Förändrat transportantal

Med hänsyn till osäkerheter i det statistiska underlaget upprättas en känslighetsanalys som beaktar förändringar i antalet transporter av farligt gods. Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods utförs enligt motsvarande metodik som i avsnitten ovan, men där antalet transporter har antagits öka med en faktor 2 i förhållande till de uppskattade transportmängderna år 2018.

Bilaga B - Konsekvensberäkningar**Uppdragsnamn**

Detaljplan för del av Bergkristallen 2, Oxhagen 2:1 och Topasen 1, Kalmar kommun

Uppdragsgivare

Kalmar kommun

Uppdragsnummer

100555

Datum

2019-01-10

Handläggare

Lars Magnusson

Egenkontroll

LMN 2019-01-10

Internkontroll

PAN 2019-01-10

1. Inledning

I denna bilaga beräknas konsekvenserna av de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom planområdet. Beräkningarna beaktar följande olycksrisker, vilka alla förknippas med den angränsande vägen:

- Olycka med farligt gods
 - Explosion vid transport av massexplösivt ämne (klass 1.1.)
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
 - Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska (klass 3)
 - Explosionsartat brandförlopp vid utsläpp av oxiderande ämne (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2)

Konsekvenserna för skadescenarierna beräknas alternativt bedöms med simuleringsprogram, handberäkningar samt litteraturstudier.

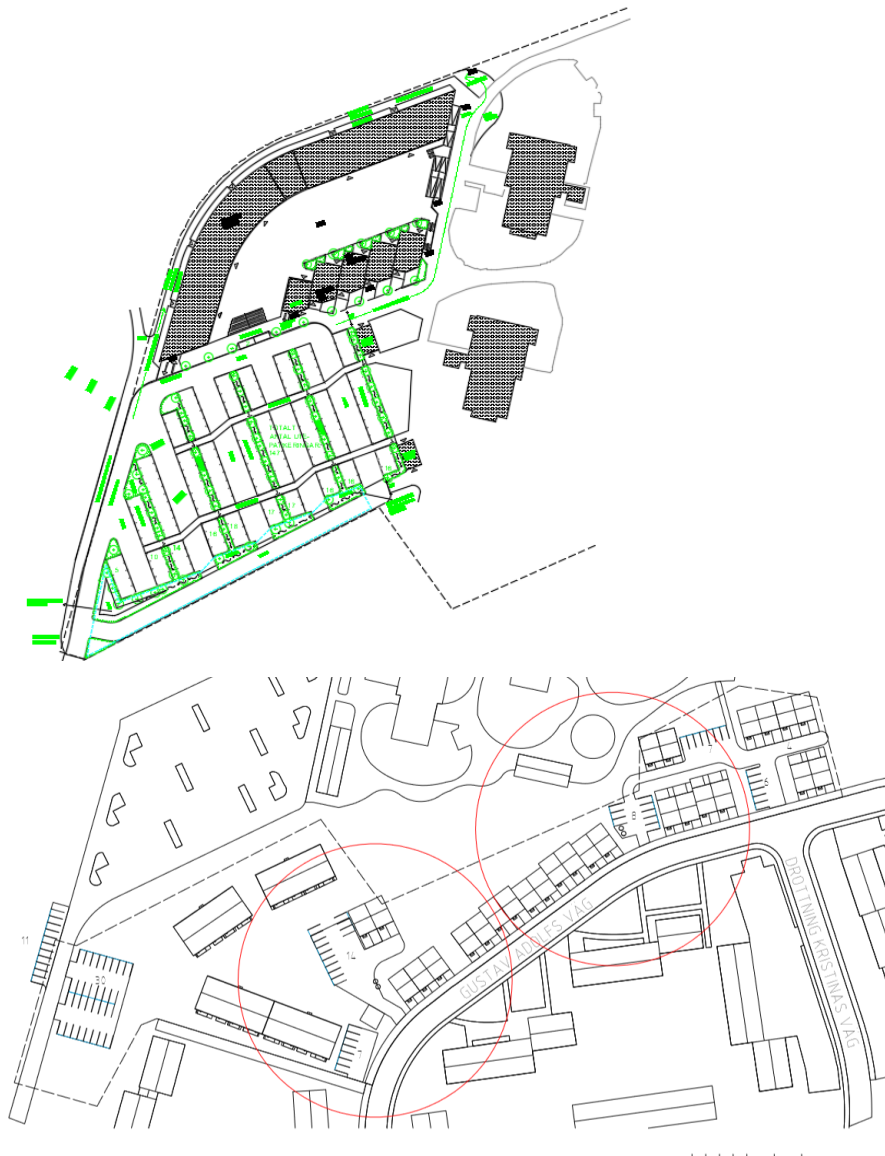
I riskanalysen används riskmåten *individrisk* och *samhällsrisk*. Med hänsyn till detta består konsekvensberäkningarna av beräkning av skadeavstånd/-område respektive beräkning/bedömning av antal omkomna till följd av respektive olycksrisk.

1.1 Förutsättningar

För att kunna få en uppfattning om hur stora konsekvenserna blir för respektive skadescenario kommer följande förutsättningar och antaganden att gälla i beräkningarna:

Det område som kommer att studeras omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Konsekvenserna kommer att beräknas för det planerade utförandealternativet (med planerad ny bebyggelse) respektive för nollalternativet (d.v.s. utan planerad ny bebyggelse). Frekvensberäkningarna i bilaga A omfattar en 1 km lång sträcka, men konsekvensberäkningarna kommer avgränsas till att studera respektive olycksscenario där det innebär så stora konsekvenser som möjligt för det studerade planområdet, vilket innebär mitt för planområdet.

Figur B.1 utgör en översiktsbild som visar det studerade området efter planerad exploatering av planområdet.



Figur B. 1. Situationsplaner.

Konsekvensberäkningarna utgår från planerad exploatering i enlighet med beskrivning i huvudrapporten. Som underlag till de fortsatta beräkningarna har antagande om antal personer inom området samt en uppskattning av byggnadsytor samt ytor utomhus varit nödvändiga.

Befintliga förhållanden planområde: På ytan med area ca 0,4 x 1 km² öster om E22 bor 1053 personer enligt Kalmar kommun. Detta motsvarar en persontäthet på 2600 personer/km².

En stor del av området utgörs av fritidsområdet Skälby 4H-gård. Där förekommer kurser, föreläsningar, logdanser, loppis och lekparcsbesökare. Årligen besöks området av cirka 250 000 besökare. Om dessa antas fördelas ut över årets alla dagar innebär det 685 besökare per dag. Antag att området har besökare under 9 timmar varje dag, och att varje besökare är där 3 timmar. Det innebär 228 personer kontinuerligt vistas där dagtid.

Söder om planområdet finns bilaffärer, kontor och Kalmar Brandstation. För dessa delar antas antal personer vara 150 stycken.

Dessa förutsättningar innebär total persontäthet $(1053 + 228 + 150) / 0,4 = 3578$ personer/km².

Planerad bebyggelse planområde:

Kv. Bergkristallen.

Area området: 10 000 m²

Area bostäder: BTA 12700 m²

Area garage: BTA 3499 m²

Butik/lokal BTA: 275 m²

Personer: Antag en person per 30 m² BTA bostad. Det innebär: $12700/30=423$ personer. Samma persontäthet antas för bostad under hela dygnet.

Samma personer antas nyttja garaget, varför det inte ger något bidrag till personantalet.

För butik antas en person per 2 m² BTA. Det innebär 137 personer.

Oxhagen 2:1

Area: 14000 m²

Bostäder BTA: $4080 + 2720 + 3920 = 10720$ m²

Antag en person per 30 m² BTA bostad. Det innebär: $10720/30=357$ personer

Topasen

Förskolan är placerad 300 meter från vägen, vilket innebär att scenarierna inte ger påverkan på dessa personer eftersom inga scenarier ger så långa konsekvensavstånd. Huvuddelen av personerna på förskolan antas även bo i närområdet, så de ingår därmed i beräkningarna för kvarteren för boende ovan.

Hela området

När detta adderas till befintlig bebyggelse blir persontätheten: $(423 + 357 + 137 + 1431)/0,4 = 5870$ personer per km².

Persontätheten bedöms variera under dygnet med hänsyn till olika verksamheter. Konsekvensberäkningarna utförs dock konservativt för ett scenario där maximalt personantal förväntas inom området, d.v.s. "beläggningen" ansätts till 100 %. Andel personer utomhus antas till 10 %.

Närmast väg finns ingen bebyggelse. Därför antas persontätheten inom 50 meter från väg vara 0.

2. Trafikolycka med farligt gods

2.1 Klass 1. Explosiva ämnen

2.1.1 Metodik

Enligt bilaga A begränsas den detaljerade riskanalysen till att studera explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 då det endast bedöms vara dessa olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom utredningsområdet. Konsekvensberäkningarna omfattar fyra skadescenarier utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A:

500 kg (transporter med < 500 kg)

2000 kg (transporter med 500-2000 kg)

4000 kg (transporter med > 2000 kg)

16000 kg (transporter med 16000 kg)

Konsekvensberäkningarna följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium

Konsekvenser vid explosioner /1/. Risken för att byggnadsdelar eller hela byggnader rasar till följd av en explosion beror på huruvida explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) överstiger en byggnadsdels karaktäristiska tryck (P_C) och impuls (I_C). För att byggnadsdelen ej ska rasa så ska följande ekvation uppfyllas:

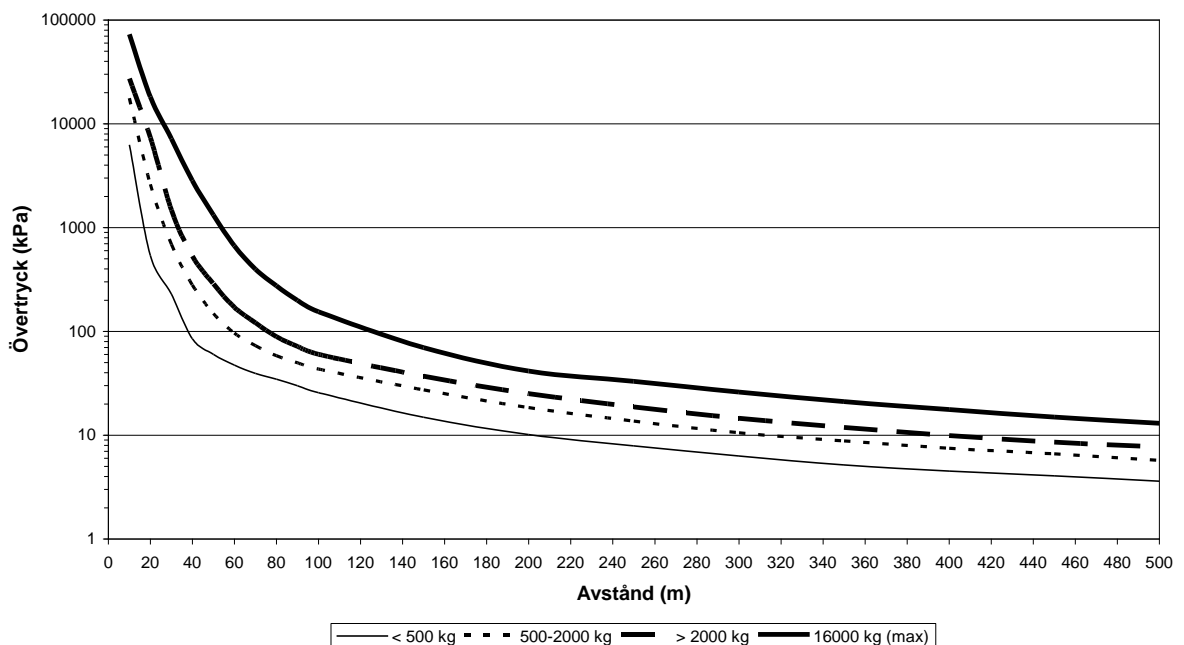
$$I_C / I_+ + P_C / P_+ \geq 1$$

Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck (P_+), impulstäthet (I_+) samt varaktighet (t_+) för de studerade explosionsscenarierna. I *Figur B. 2* och *Figur B. 3* redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av 1,8·X kg i fri luft. För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

Då människor är relativt små bedöms inget reflekterande tryck uppstå vilket innebär att man vid bedömning av skadeområdet för konsekvenser utomhus studerar strykande tryck (180°).

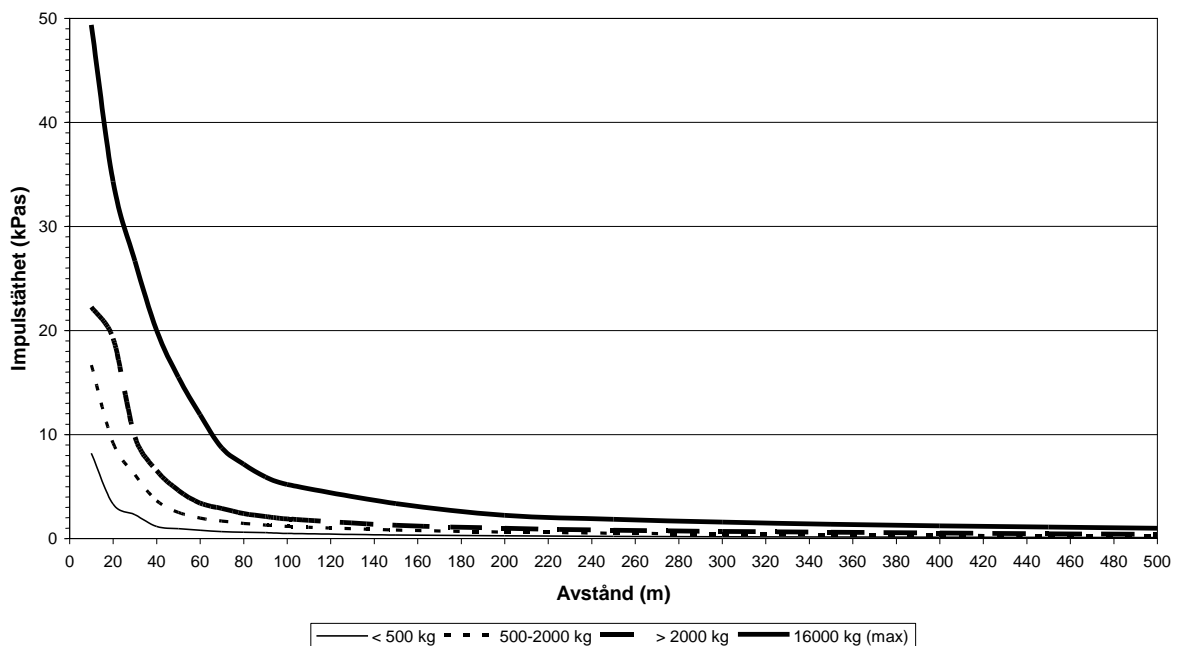
Explosionens varaktighet t_+ beräknas grovt enligt följande ekvation och blir samma oavsett infallande vinkel /1/:

$$t_+ = \frac{2 \times I_+}{P_+}$$



/1/ Konsekvenser vid explosioner – kompendium framtaget i samband med FOAs kurs explosivämneskunskap, FOA, Rickard Forsén 1999-09-03 (Bearbetat av Stefan Olsson 2001-09-16)

Figur B. 2. Max övertryck som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.



Figur B. 3. Impulstäthet som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

2.1.2 Bedömningskriterier

Inomhus: Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) i förhållande till byggnadsdelarnas karakteristiska tryck (P_c) och impuls (I_c), se ekvationen i avsnitt 2.8. I Tabell B.1 anges karakteristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärighet /1/

Tabell B. 1. Karakteristiska tryck (P_c) respektive impuls (I_c) för olika byggnadsdelar.

Byggnadsdel	P_c (kPa)	I_c (kPas)
Bärande konstruktioner		
<i>Stomme i platsgjuten betong</i>		
- Bärande ytterväggar av 20 cm betong (och invändiga pelare)	200	2,5
- Bärande tvärväggar och utfackade långsgående ytterväggar	200	2,5
<i>Stomme i monterad betong</i>		
- Pelar/balk-stomme	200	3,1
- Bärande vägg i elementhus	200	3,1
Icke bärande konstruktioner		
- Lätta utfackningsväggar (plåtkassetter) i pelarhus	5	0,5
- Medeltunga utfackningsväggar (regelstomme & fasadtegelskal)	5	1,0

De infallande tryck som redovisas i *Figur B. 2* gäller för en punkt (byggnad eller människa) som är helt oskyddad mot riskkällan. Den första byggnaden reducerar med stor sannolikhet det infallande trycket mot bakomliggande byggnader relativt mycket. Det uppskattas grovt att den första byggnaden medför att trycket och impulstätheten mot nästföljande byggnad reduceras med ca 75 % i förhållande till vad som anges i *Figur B. 2* respektive *Figur B. 3*. Detta beaktas i de fortsatta konsekvensberäkningarna avseende skadeområden och uppskattat antal omkomna.

Sannolikheten för att omkomma inomhus är beroende av antalet våningsplan i byggnaden och ökar med ökande våningsantal. I konsekvensberäkningarna kommer det uppskattas grovt att ca 80 % av personer som vistas inom totalkollapsade byggnadsdelar omkommer. Inom byggnadsdelar som endast rasar lokalt antas ca 15 % omkomma.

Utomhus: En människa tål tryck relativt bra och riskerar i huvudsak att förolyckas p.g.a. kringflygande föremål eller att de trillar omkull av tryckvågen. Med avseende på tryck så går gränsen för dödliga skador vid $1/2$:

- | | | | |
|----------------|---------|----------------|---------|
| • 1 % omkomna | 180 kPa | • 90 % omkomna | 300 kPa |
| • 10 % omkomna | 210 kPa | • 99 % omkomna | 350 kPa |
| • 50 % omkomna | 260 kPa | | |

Sannolikheten för att omkomma utomhus bedöms vara beroende av explosionslastens storlek. För de beräknade skadeavstånden som redovisas i avsnitt 2.1.3 uppskattas innebära följande sannolikhet för att omkomma:

- | | | | |
|-----------------|------|---------------|-------|
| • < 500 kg: | 10 % | • > 2 000 kg: | 50 % |
| • 500-2 000 kg: | 25 % | • 16 000 kg: | 100 % |

2.1.3 Resultat

Utifrån beräkningarna av övertryck, impulstäthet och varaktighet bedöms huruvida olika byggnadsdelar rasar eller ej, som funktion av avståndet. Denna bedömning har resulterat i skadeavstånd för respektive skadescenario. I Tabell B.2. redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

/2/ Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, september 1997

Tabell B. 2. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
< 700 kg massexplosion	80 % <u>inomhus</u>	20	10
	15 % <u>inomhus</u>	70	30
	10 % <u>utomhus</u>	20	10
700–2 000 kg massexplosion	80 % <u>inomhus</u>	40	20
	15 % <u>inomhus</u>	200	60
	25 % <u>utomhus</u>	30	20
2 000-4 000 kg massexplosion	80 % <u>inomhus</u>	50	30
	15 % <u>inomhus</u>	200	80
	50 % <u>utomhus</u>	50	40
> 4 000 kg massexplosion	80 % <u>inomhus</u>	80	50
	15 % <u>inomhus</u>	300	150
	100 % <u>utomhus</u>	70	50

I Tabell B3 redovisas uppskattat antal omkomna inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet respektive för nollalternativet (befintliga förutsättningar inom planområdet).

Byggnad belägen bakom annan byggnad bedöms inte påverkas av explosionen eftersom den framförvarande byggnaden utgör skydd för byggnaden bakom.

Tabell B. 3. Beräknade konsekvenser – antal omkomna, för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Antal omkomna	
		Efter byggnation	Nollalternativ
< 700 kg massexplosion	80 % <i>inomhus</i>	0	0
	15 % <i>inomhus</i>	6	4
	10 % <i>utomhus</i>	0	0
700–2 000 kg massexplosion	80 % <i>inomhus</i>	0	0
	15 % <i>inomhus</i>	47	29
	25 % <i>utomhus</i>	0	0
2 000-4 000 kg massexplosion	80 % <i>inomhus</i>	0	0
	15 % <i>inomhus</i>	47	29
	50 % <i>utomhus</i>	0	0
> 4 000 kg massexplosion	80 % <i>inomhus</i>	26	16
	15 % <i>inomhus</i>	104	63
	100 % <i>utomhus</i>	4	3

2.2 Klass 2.1 Brännbara Gaser

2.2.1 Metodik

För **brännbara gaser** kan tre scenarier antas uppstå beroende på typen av antändning:

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- *Gasmolnsexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck
- *BLEVE*: Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion kan uppkomma om tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en utbredd brand under en längre tid.

För ovanstående skadescenarier har utsläppssimuleringar gjorts med simuleringsprogrammet Gasol för att avgöra storleken på de områden inom vilka personer kan förväntas omkomma. Utsläppssimuleringarna har utförts för tankbil med ca 25 ton tryckkondenserad gas. Det antas grovt att samtliga transporter innehåller tryckkondenserad gasol. I tabell B4 redovisas den indata som anges i Gasol med avseende på tankutformning, väder etc.

Tabell B. 4. Indata till Gasol för simulering av skadeområden vid jetflamma och gasmoln.

Faktor	Tankbil
Lagringstemperatur	15°C
Lagringstryck	7 bar övertryck vid 15°C
Tankdiameter	2,0 m
Tanklängd	18 m
Tankfyllnadsgrad	80 %
Tankens tomma vikt	50 000 kg
Designtryck	15 bar övertryck
Bristningstryck	4 x designtrycket
Luftryck	760 mmHg
Väder	15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart
Omgivning	Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

Skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnsexplosion har simulerats för följande utsläppsstorlekar /3/:

	Tankbil
• Litet utsläpp:	0,09 kg/s
• Medelstort utsläpp:	0,9 kg/s
• Stort utsläpp:	17,8 kg/s

Skadeområdena för jetflamma och gasmolnsexplosion beror utöver utsläppsstorleken, även på om läckaget utgörs av gasfas, vätskefas eller i gasfas nära vätskeytan. I beräkningarna antas det konservativt att utsläppet sker nära vätskeytan då detta leder till de största skadeområdena.

Skadeområdena för gasmolnsexplosion är dessutom beroende av vindstyrkan, där skadeområdet blir större ju lägre vindstyrka. Även här antas det konservativt en relativt låg vindstyrka, ca 3 m/s.

2.2.2 Bedömningskriterier

Sannolikheten för att omkomma är bl.a. beroende av den infallande värmestrålningen. Hur hög värmestrålning en person klarar utan att erhålla skador beror bl.a. på dess varaktighet. Detsamma gäller med avseende på hur hög strålning som krävs för att antända olika byggnadsmaterial. Ju längre strålningspåverkan, ju högre sannolikhet för skada.

Utomhus: I tabell B.5 redovisas skadeområden där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Enligt /3/ är sannolikheten att omkomma vid 2:a gradens brännskador ca 15 %. Det uppskattas grovt att motsvarande för de som får 2a-3:e gradens brännskada är ca 50 %.

/3/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

Inomhus: Sannolikheten för att personer som befinner sig inomhus omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Det uppskattas grovt att skadeområdet för brandspridning till byggnad för de studerade scenarierna motsvarar skadeområdet där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a gradens brännskada. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändig brand sprids in i byggnaden. Mycket grovt uppskattas det att 5 % av de personer som befinner sig inomhus inom det område där värmestrålningen kan leda till 2:a gradens brännskada omkommer.

2.2.3 Resultat

I B.6 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras.

Tabell B. 5. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (m)	
		bredd	längd
Liten jetflamma	5 % <i>inomhus</i>	6	5
	50 % <i>utomhus</i>	6	5
Liten gasmolnexplosion	% <i>inomhus</i>	2	5
	50 % <i>utomhus</i>	2	5
Medelstor jetflamma	5 % <i>inomhus</i>	15	15
	50 % <i>utomhus</i>	15	15
Medelstor gasmolnexplosion	5 % <i>inomhus</i>	50	70
	50 % <i>utomhus</i>	50	70
Stor jetflamma	5 % <i>inomhus</i>	60	55
	50 % <i>utomhus</i>	60	55
Stor gasmolnexplosion	5 % <i>inomhus</i>	215	185
	50 % <i>utomhus</i>	215	185
BLEVE	5 % <i>inomhus</i>	440	220
	50 % <i>utomhus</i>	440	220

I Tabell B.6 redovisas uppskattat antal omkomna inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet respektive för nollalternativet (befintliga förutsättningar inom planområdet).

Tabell B. 6. Beräknade konsekvenser – antal omkomna, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Antal omkomna	
		Efter byggnation	Nollalternativ
Liten jetflamma	5 % <i>inomhus</i>	0	0
	50 % <i>utomhus</i>	0	0
Liten gasmolnexplosion	5 % <i>inomhus</i>	0	0
	50 % <i>utomhus</i>	0	0
Medelstor jetflamma	5 % <i>inomhus</i>	0	0
	50 % <i>utomhus</i>	0	0
Medelstor gasmolnexplosion	5 % <i>inomhus</i>	0	0
	50 % <i>utomhus</i>	0	0
Stor jetflamma	5 % <i>inomhus</i>	0	0
	50 % <i>utomhus</i>	0	0
Stor gasmolnexplosion	5 % <i>inomhus</i>	4	3
	50 % <i>utomhus</i>	5	3
BLEVE	5 % <i>inomhus</i>	10	6
	50 % <i>utomhus</i>	11	7

2.3 Klass 2.3 Giftiga Gaser

2.3.1 Metodik

Den icke brännbara men giftiga gasen antas bestå av tryckkondenserad ammoniak, som är en av de giftigaste gaserna som transporteras i större tankar på vägarna i Sverige. Giftigare gaser, som t.ex. klor transporteras normalt i begränsade mängder på väg, medan de större transporterarna går på järnväg. Beräkningar har även utförts för svaveldioxid som förväntas bli allt vanligare vid farligt godstransporter på väg.

Med simuleringsprogrammet *Spridning i Luft 1.2* beräknas storleken på det område där koncentrationen ammoniak respektive svaveldioxid antas vara dödlig (*inomhus* och *utomhus*). Utsläppssimuleringarna har utförts för tankbil rymmandes ca 24 ton ammoniak respektive 24 ton svaveldioxid. I Tabell B.7 redovisas den indata som anges i *Spridning i Luft 1.2* med avseende på tankutformning, omgivningsstruktur och väder etc.

Tabell B. 6. Indata till **Spridning i Luft 1.2** för simulering av skadeområden vid utsläpp av giftig gas.

Faktor	Tankbil	
Kemikalie	Ammoniak	Svaveldioxid
Emballage	Tankbil (24 ton)	Tankbil (24 ton)
Bebyggelse	Tät skog/ stad ($\rho = 1,0$)	Tät skog/ stad ($\rho = 1,0$)
Lagringstemperatur	15°C	15°C
Väder	15°C, vår, dag och klart	15°C, vår, dag och klart

Följande, i **Spridning i Luft 1.2** fördefinierade, utsläppsscenarioer har simulerats för utsläpp av giftig gas:

	Ammoniak	Svaveldioxid
• Litet utsläpp (packningsläckage):	0,34 kg/s	0,27 kg/s
• Medelstort utsläpp (brott på rör):	10 kg/s	4,6 kg/s
• Stort utsläpp (stor punktering):	85 kg/s	67 kg/s

Gasernas spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. **Spridning i Luft 1.2** genererar spridningskurvor och uppskattningar av hur stor andel av befolkningen inom området som förväntas omkomma. Denna andel avtar med avståndet både i längd med och vinkelrätt mot gasmolnets riktning. Skadeområdena för ett utsläpp av giftig gas blir större ju lägre vindstyrkan är. I simuleringarna antas därför vindstyrkan vara relativt låg, ca 3 m/s.

Skadeområdet inomhus är dessutom beroende av på vilken nivå som ventilationsintag är placerade. Det antas att ventilationsintagen är placerade ca 3 meter över vägen.

2.3.2 Bedömningskriterier

Vid simulering av gasutsläpp med **Spridning i Luft 1.2** erhålls spridningskurvor samt uppskattningar på hur stor andel av befolkningen i området som förväntas omkomma beroende på avståndet till utsläppskällan. Andelen avtar med avståndet både i längd samt vinkelrätt mot utsläppets riktning.

2.3.3 Resultat

I Tabell B.8 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. Skadeavstånden utgör en sammanvägning av respektive skadescenario med ammoniak respektive svaveldioxid, där avstånden som redovisas utgör de största enligt simuleringarna.

Tabell B. 7. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarioer vid transport av giftiga gaser.

Skadesscenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse			
		Inomhus		Utomhus	
		bredd	längd	bredd	längd
Litet utsläpp (packningsläckage)	100%	0	0	2	5
	50%	0	0	6	10
	5%	0	0	10	20
Medelstort utsläpp (brott på rör)	100%	0	0	20	30
	50%	10	20	30	60
	5%	20	35	50	90
Stort utsläpp (stor punktering)	100%	10	10	100	160
	50%	25	55	130	225
	5%	40	100	150	275

I Tabell B.9 redovisas uppskattat antal omkomna inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet respektive för nollalternativet (befintliga förutsättningar inom planområdet).

Tabell B. 8. Beräknade konsekvenser - antal omkomna, för skadescenarier vid transport av giftiga gaser.

Skadesscenario	Sannolikhet att omkomma	Antal omkomna	
		Efter byggnation	Nollalternativ
Litet utsläpp (packningsläckage)	100%	0	0
	50%	0	0
	5%	0	0
Medelstort utsläpp (brott på rör)	100%	0	0
	50%	0	0
	5%	0	0
Stort utsläpp (stor punktering)	100%	6	4
	50%	7	4
	5%	2	1

2.4 Klass 3. Brandfarliga vätskor

2.4.1 Metodik

För denna farligt godsklass utgörs skadescenarierna av att tanken skadas så allvarligt att vätska läcker ut och sedan antänds. Vid beräkning av konsekvensen av en farligt godsolycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensen. Beroende på utsläppstorleken antas olika stora pooler med brandfarlig vätska bildas vilket leder till olika mängder värmestrålning. Konsekvensberäkningar utförs för följande poolbrandscenarier:

- Liten poolbrand: 50 m²
- Medelstor poolbrand: 200 m²
- Stor poolbrand: 400 m²

- Tankbilsbrand ca 300 MW /4/ (antas grovt motsvara stor pölbrand, exkl. pölradi)

Beräkningarna av den infallande värmestrålning som analyserade området utsätts för i händelse av olycka med påföljande brand genomförs med handberäkningar:

Brandeffekt (Q) – Brandeffekten beräknas utifrån pölarean och ansätts till att 1 MW genereras per kvadratmeter pölarea /5/.

Flamhöjd (H_f) – Flamhöjden (m) kan beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiametern (D) enligt följande ekvation /6/: $H_f = 0.23 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02D$

Ovanstående förhållande mellan brandeffekt och pölarea innebär att flamhöjden grovt kan uppskattas till $H_f = D / 5$ /.

Utfallande strålning (I₀) – Den utfallande strålningen (kW/m²) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flammen, men efter en viss nivå minskar effektiviteten i förbränningen med påföljd att rökutvecklingen tilltar och temperaturen i flamzonen sjunker. En del av värmestrålningen absorberas därmed i omgivande rök, vilket innebär att den utfallande strålningen sjunker med ökande värde på pölbrandens storlek. Den utfallande strålningen kan beräknas med följande ekvation /7/:

$$I_0 = 58 \cdot 10^{-0,00823D}$$

Synfaktor (F) – Synfaktorn (–) anger hur stor andel av den utfallande strålningen som når en mottagande punkt eller yta (se figur B.4). Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då branden i själva verket normalt smalnar av väsentligt upptill.

Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammen och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt /8/: $F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$

där $F_{A1,2}$, $F_{B1,2}$, $F_{C1,2}$ och $F_{D1,2}$ beräknas enligt följande:

$$F_{A1,2} = \int_0^{A_1} \frac{\cos \Theta_1 \cos \Theta_2}{\pi d^2} \cdot dA_1 \quad \text{där}$$

$\theta_1 = \theta_2 =$ infallande vinkel (d.v.s. 0) och $A_1 = L_1 \times L_2$ enligt /8/

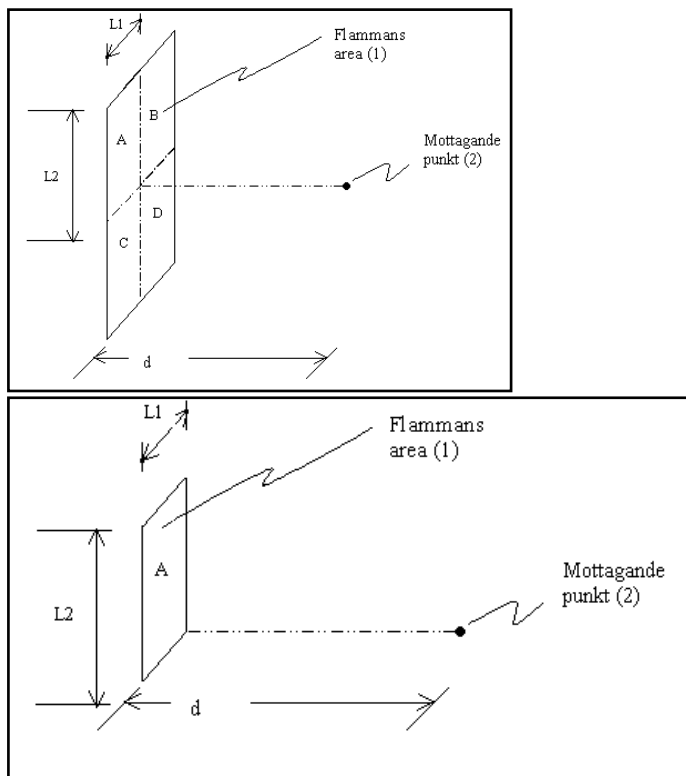
/4/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999

/5/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

/6/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

/7/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989

/8/ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999



Figur B. 4. Synfaktor.

Ovanstående ekvation kan omvandlas till följande ekvation för beräkning av respektive ytas (A, B, C och D) synfaktor /9/:

$$F_{A12} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right) \quad \text{där}$$

$$X = \frac{L_1}{d} \quad \text{och} \quad Y = \frac{L_2}{d} \quad \text{enligt /9/}$$

Infallande strålning (I) – Den från branden infallande värmestrålningen (kW/m²) som når omgivningen minskar med avståndet från branden och beräknas genom: $I = F \times I_0$

Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flamhöjden beräknats för de olika pölbrandscenarierna.

Tabell B. 9. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flamhöjd samt utfallande värmestrålning.

Scenario	Brinnande yta A _F (m ²)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D _r (m)	Flamhöjd H _r (m)	Utfallande strålning I ₀ (kW/m ²)
Liten pölbrand	50	50 000	8,0	8,0	49,8
Medelstor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Stor pölbrand / Tankbilsbrand	400	400 000	22,6	22,6	37,7

/9/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992

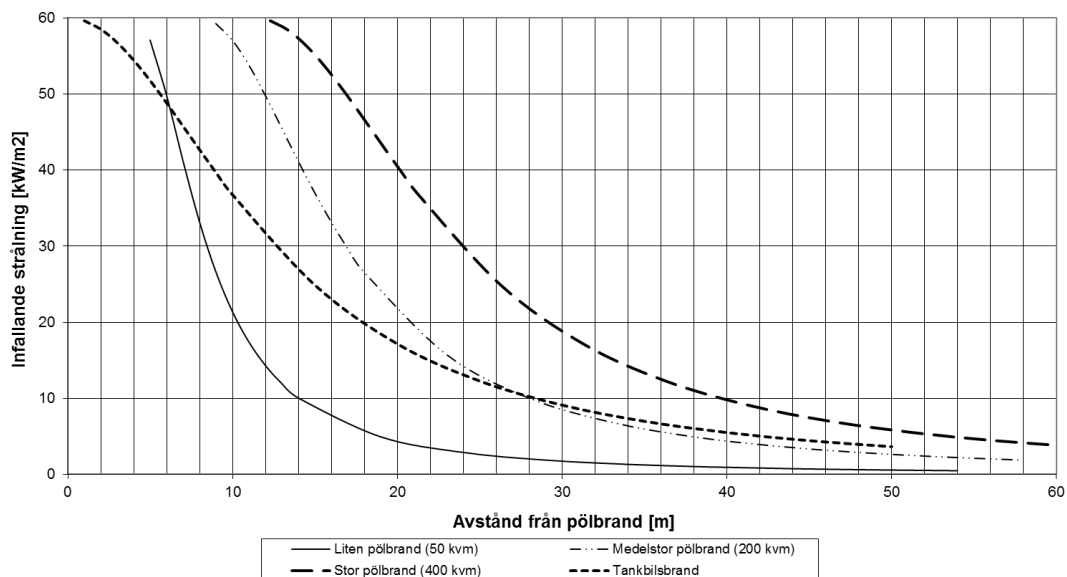
Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i Tabell B.10 Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. I strålningsberäkningarna används konservativt ett värde på den utfallande strålningen på 60 kW/m^2 för samtliga brandscenarier.

Tabell B. 10. Beräkning av strålning och synfaktor på halva flammans höjd för olika avstånd från pölbranden.

Avstånd (m)	Liten pölbrand		Medelstor pölbrand		Stor pölbrand / Tankbilsbrand	
	$F_{1,2}$	q_r''	$F_{1,2}$	q_r''	$F_{1,2}$	q_r''
5	0,44	26,6	0,76	45,5	0,86	51,7
10	0,17	10,0	0,44	26,6	0,61	36,7
15	0,08	4,9	0,26	15,8	0,41	24,9
20	0,05	2,9	0,17	10,0	0,29	17,1
25	0,03	1,9	0,11	6,9	0,20	12,3
30	0,02	1,3	0,08	4,9	0,15	9,1
35	0,02	1,0	0,06	3,7	0,12	7,0
40	0,01	0,7	0,05	2,9	0,09	5,5
45	0,01	0,6	0,04	2,3	0,07	4,4
50	0,01	0,5	0,03	1,9	0,06	3,6

I Figur B. 5 redovisas den infallande strålningen som funktion av avståndet från branden. I figuren beaktas även pölens radie, vilket ej beaktas i de avstånd som anges i Tabell B.10 som utgår från flammans kant.

Infallande värmestrålning mot bebyggelse



Figur B. 5. Infallande strålning som funktion av avståndet från pölbrand inkl. pölradie

2.4.2 Bedömningskriterier

Hur hög värmestrålning en person klarar utan att erhålla skador beror bl.a. på dess varaktighet. Detsamma gäller med avseende på hur hög strålning som krävs för att antända olika byggnadsmaterial. Ju längre strålningspåverkan, ju högre sannolikhet för skada.

I Tabell B.12 redovisas exempel på strålningsnivåer och vilka skador dessa kan medföra avseende personskada respektive brandspridning. Enligt ovan uppskattas att ca 15 % av de som får 2:a gradens brännskador kan omkomma.

Tabell B. 11. Effekter av olika strålningsnivåer /5/.

Konsekvens	Strålningsintensitet [kW m ²]
Ingen smärta vid långvarig bestrålning av bar hud	≤ 1
2:a gradens brännskada vid bestrålning under 1 minut	
- 100 % sannolikhet	19
- 50 % sannolikhet	7,5
Ingen smärta vid bestrålning av bar hud under 1 minut	< 2,5
2:a gradens brännskada vid bestrålning under 20 sekunder	
- 100 % sannolikhet	43
- 50 % sannolikhet	17
Outhärdlig smärta vid bestrålning av bar hud under 2 sekunder	20
Antändning av lättantändliga material, t.ex. gardiner	
med sticklåga	10
vid långvarig bestrålning	20
Antändning av obehandlat trä	
med sticklåga eller vid bestrålning under 5 minuter	15
vid långvarig bestrålning	30

En person som befinner sig utomhus och upptäcker en större brand försöker med stor sannolikhet sätta sig i säkerhet. Tiden för varseblivning samt beslut och reaktion innebär dock att personen kan utsättas för värmestrålning under en kortare stund innan den reagerar. De strålningsnivåer och effekter som anges i Tabell B.12 har Tabell B.13 omvandlats till en uppskattad andel omkomna beroende på strålningsnivå för personer som befinner sig utomhus.

Tabell B. 12. Uppskattad sannolikhet för oskyddad person utomhus att omkomma som funktion av strålningsnivån vid pölbrand.

Strålningsnivå	Andel omkomna
10 kW/m ²	1 %
60 kW/m ²	50 %
80 kW/m ²	100 %

Sannolikheten för att personer som befinner sig **inomhus** omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Utifrån Tabell B.12 så uppskattas den kritiska värmestrålningen vara 15 kW/m² om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändigt brand sprids in i byggnaden. Mycket grovt uppskattas det att 5 % av de personer som befinner sig inomhus inom det område kring pölbranden där strålningsnivån överstiger 15 kW/m² omkommer.

2.4.3 Resultat

I Tabell B.14 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario utifrån Figur B. 5 ovan.

Tabell B. 13. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
		Oskyddad bebyggelse
Liten pölbrand	5 % <i>inomhus</i>	11
	100 % <i>utomhus</i>	6
	15 % <i>utomhus</i>	9
	5 % <i>utomhus</i>	13
Medelstor pölbrand	5 % <i>inomhus</i>	22
	100 % <i>utomhus</i>	13
	15 % <i>utomhus</i>	19
	5 % <i>utomhus</i>	25
Stor pölbrand	5 % <i>inomhus</i>	30
	100 % <i>utomhus</i>	18
	15 % <i>utomhus</i>	27
	5 % <i>utomhus</i>	35
Tankbilsbrand	5 % <i>inomhus</i>	20
	100 % <i>utomhus</i>	7
	15 % <i>utomhus</i>	10
	5 % <i>utomhus</i>	25

I Tabell B.15 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 2.4.2) inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet respektive för nollalternativet (befintliga förutsättningar inom planområdet).

Tabell B. 14. Beräknade konsekvenser - antal omkomna, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Antal omkomna	
		Efter byggnation	Nollalternativ
Liten pölbrand	5 % <i>inomhus</i>	0	0
	100 % <i>utomhus</i>	0	0
	15 % <i>utomhus</i>	0	0
	5 % <i>utomhus</i>	0	0

Medelstor pölbrand	5 % <i>inomhus</i>	0	0
	100 % <i>utomhus</i>	0	0
	15 % <i>utomhus</i>	0	0
	5 % <i>utomhus</i>	0	0
Stor pölbrand	5 % <i>inomhus</i>	0	0
	100 % <i>utomhus</i>	0	0
	15 % <i>utomhus</i>	0	0
	5 % <i>utomhus</i>	0	0
Tankbilsbrand	5 % <i>inomhus</i>	0	0
	100 % <i>utomhus</i>	0	0
	15 % <i>utomhus</i>	0	0
	5 % <i>utomhus</i>	0	0

2.5 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

2.5.1 Metodik

En olycka med utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider ska normalt inte leda till något följdscenario som innebär allvarliga personskador. Det finns dock ämnen inom denna farligt godsklass som, om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t ex bensin, motorolja etc.), kan leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Explosionen kan då liknas vid en explosion av massexplosiva ämnen.

Vid transport på väg kan ett utsläpp innebära att det oxiderande ämnet blandas med fordonets smörj- och drivmedel (organiskt material). Denna blandning kan motsvara ca 3 ton trotyl /10/. Konsekvensberäkningarna för detta skadescenario motsvarar alltså det scenario som redovisas i avsnitt 2.1.

Det genomförs inga detaljerade konsekvensberäkningar för detta skadescenario. De fortsatta riskberäkningarna kommer istället att utgå från resultatet som redovisas i avsnitt 2.1 med avseende på explosion med 4 000 kg massexplosivämne. Detta är ett konservativt antagande.

2.5.2 Bedömningskriterier

Se avsnitt 2.1.

2.5.3 Resultat

I avsnitt 2.1 redovisas skadeavstånden för skadescenario med ämne ur klass 5.

^{/10/} Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Stadsbyggandskontoret i Göteborg, 1996

Tabell B. 15. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
		Oskyddad bebyggelse
Dimensionerande scenario (motsvarar 2 000-4 000 kg massexplosion)	80 % <i>inomhus</i>	50
	15 % <i>inomhus</i>	200
	50 % <i>utomhus</i>	50

I Tabell B.17 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 2.1) inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet respektive för nollalternativet (befintliga förutsättningar inom planområdet).

Tabell B. 16. Beräknade konsekvenser – antal omkomna, för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Antal omkomna	
		Efter byggnation	Nollalternativ
Dimensionerande scenario (motsvarar 2 000-4 000 kg massexplosion)	80 % <i>inomhus</i>	0	0
	15 % <i>inomhus</i>	47	29
	50 % <i>utomhus</i>	0	0

3. Känslighetsanalys

3.1 Förändrat transportantal

Denna del av känslighetsanalysen påverkar inte konsekvensberäkningarna.

3.2 Förändrat antal omkomna personer

I denna känslighetsanalys dubblas antal omkomna personer. Resultat redovisas i Bilaga C.

Bilaga C - Riskberäkningar**Uppdragsnamn**

Detaljplan för del av Bergkristallen 2, Oxhagen 2:1 och Topasen 1, Kalmar kommun

Uppdragsgivare

Kalmar Kommun

Uppdragsnummer

100555

Datum

2019-01-10

Handläggare

Lars Magnusson

Egenkontroll

LMN 2019-01-10

Internkontroll

PAN 2019-01-10

1. Inledning

I denna bilaga beräknas den sammanvägda risken (frekvens x konsekvens) för de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom planområdet. Den sammanvägda risken kommer att redovisas med riskmåten individrisk respektive samhällsrisk.

2. Beräkning av individrisk

2.1 Metodik

Den platsspecifika individrisken redovisas i form av individriskprofiler som anger den avståndsberoende frekvensen för att en fiktiv person ska omkomma till följd av en negativ exponering från de studerade riskkällorna.

Individrisken beräknas som den kumulativa frekvensen för att omkomma på ett specifikt avstånd från riskkällan. Detta innebär att på en punkt t.ex. 100 meter från riskkällan så är individrisken densamma som frekvensen för alla skadescenarier med ett skadeområde ≥ 100 meter.

Vid redovisning av individrisken är det ett par faktorer som behöver beaktas, dels var en olycka antas inträffa och dels skadeområdets utbredning:

1. De konsekvensberäkningar som redovisas i bilaga B visar att andelen personer inom skadeområdet som bedöms omkomna minskar med avståndet från riskkällan. Detta innebär även att sannolikheten för att den fiktiva personen som studeras vid beräkning av individrisk omkommer också minskar med avståndet för respektive skadescenario. Med avseende på respektive skadescenario reduceras därför individrisken för olika avståndsnivåer enligt konsekvensberäkningarna.
2. De beräknade skadeområden för olycksscenarierna skiljer sig i förhållande till den vägsträcka som studeras (1 000 m). Detta innebär att det inte är givet att en person som befinner sig inom kritiskt område i planområdet omkommer om en olycka inträffar på den aktuella sträckan. För skadescenarier med mycket stort skadeområde kan fallet vara det motsatta, d.v.s. personer inom planområdet kan omkomma även om olyckan inträffar utanför den studerade sträckan.

För att ta hänsyn till detta reduceras frekvensen beroende på skadeområdets utbredning. Grovt antas att ett scenario kan påverka en så stor andel av den studerade sträckan som scenariots skadeområde i båda riktningar utgör. Exempelvis innebär detta för ett olycksscenario med beräknat skadeområde ca 100 meter att frekvensen multipliceras med 0,2 för en 1 km lång vägsträcka.

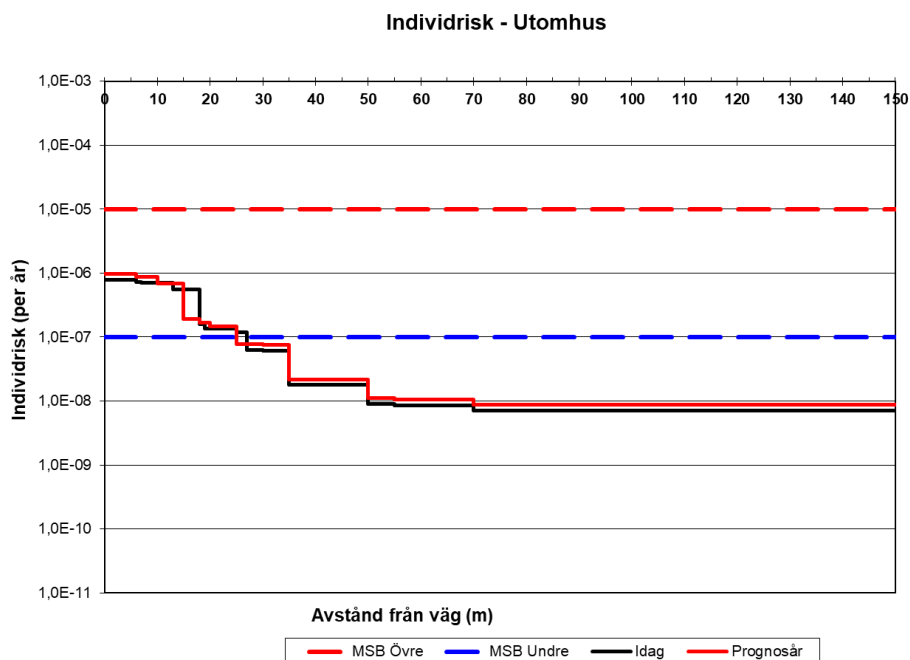
3. För vissa olycksscenarier förknippade med gaser (både brännbara och giftiga) blir skadeområdet inte cirkulärt. Detta innebär i sin tur att det inte är givet att en person som befinner sig inom det kritiska området omkommer. För dessa scenarier reduceras frekvensen ytterligare med avseende på gasplymens spridningsvinkel.

2.2 Bedömningskriterier

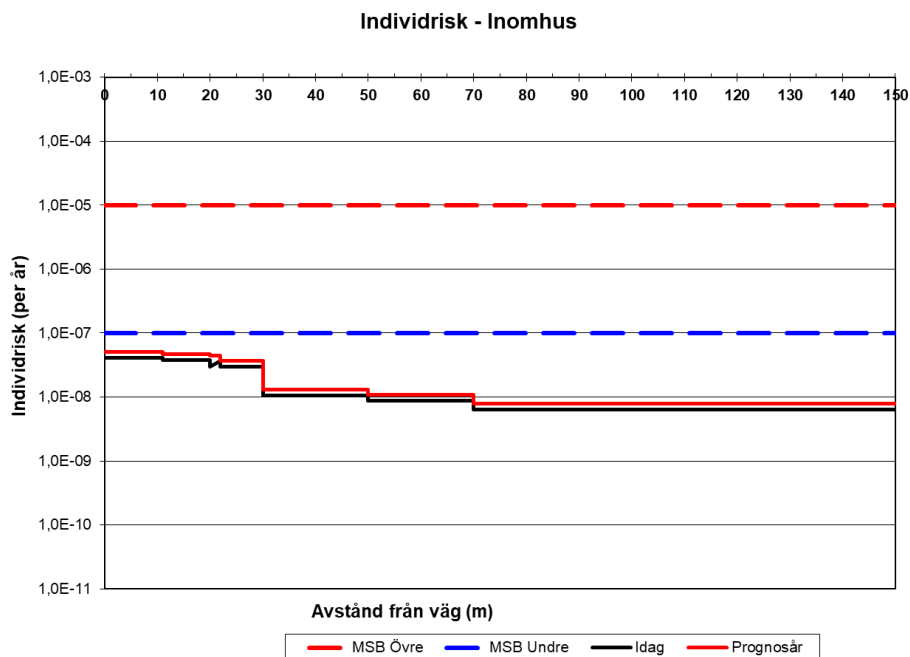
Den beräknade individrisken kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /1/*, se avsnitt 5.3 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i *Figur C. 1*.

2.3 Resultat

I *Figur C. 1* redovisas individrisken utomhus respektive inomhus för planområdet som funktion av avståndet till vägen. Avståndet utgår från närmaste väggkant. Individrisken redovisas för år 2018 respektive för prognosåret år 2050.



^{/1/} Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997



Figur C. 1. Individriskprofiler för person utomhus (överst) respektive inomhus (nederst) inom Planområde som funktion av avståndet till Vägen.

3. Beräkning av Samhällsrisk

3.1 Metodik

Samhällsrisiknivån presenteras som en F/N-kurva, vilket anger den kumulativa frekvensen för N, eller fler än N, antal omkomna inom det studerade området till följd av olycka. I bilaga B redovisas omfattningen av det studerade området, vilket omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Samhällsrisiken har beräknats både med och utan planerad ny bebyggelse inom aktuellt planområde.

Det finns ett flertal olika parametrar som påverkar samhällsrisiken, framförallt med avseende på konsekvensernas storlek vid händelse av en olycka. Enligt bilaga B har konsekvensberäkningarna genomförts konservativt med avseende på den nya bebyggelsen:

- Respektive skadescenario antas bl.a. inträffa där det medför så stora konsekvenser som möjligt för det aktuella planområdet, vilket innebär mitt för planområdet. Vid sammanställningen av samhällsrisiken för den studerade vägsträckan antas att dessa konsekvenser kan inträffa oavsett var på sträckan som olyckan inträffar. Detta är ett mycket konservativt antagande som säkerställer att risknivån för det aktuella planområdet inte underskattas med hänsyn till kringliggande bebyggelse.
- Vidare antas respektive skadescenario inträffa då personantalet inom det studerade området är som störst, vilket innebär största möjliga konsekvenser. Vid sammanställningen av samhällsrisiken antas att dessa konsekvenser uppstår oavsett vilken tid på dygnet eller året som olyckan inträffar. Även detta innebär en konservativ skattning av samhällsrisiken.

- Enligt avsnitt 2.1 så blir skadeområdet för vissa skadescenarier förknippade med gaser inte cirkulära. Konsekvensberäkningarna för dessa scenarier har genomförts för förutsättningar som medför så stora konsekvenser som möjligt för det aktuella planområdet, d.v.s. skadeområdet är riktat mot planområdet. Vid sammanställningen av samhällsrisk antas dessa konsekvenser uppstå oavsett riktningen på utsläppet, vilket innebär en konservativ skattning av samhällsrisk med avseende på bidraget från planområdet.

Acceptanskriterierna för samhällsrisk anges för 1 km² med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km väg. Samhällsrisk beräknas därmed för det studerade området samt omgivande bebyggelse. Konsekvensberäkningarna avseende antal omkomna kommer därför att omfatta både det studerade planområdet samt omgivande bebyggelse.

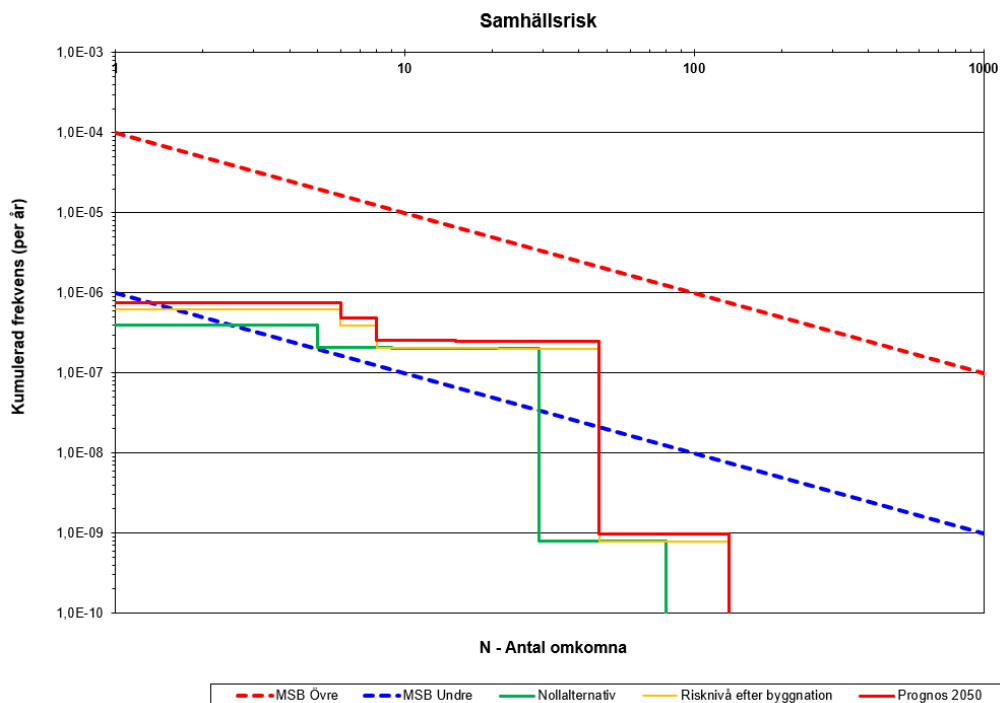
3.2 Bedömningskriterier

Den beräknade samhällsrisk kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /1/* se avsnitt 5.3 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i Figur C.2.

3.3 Resultat

I Figur C.2 redovisas den beräknade samhällsrisk inom det studerade området, vilket omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse.

I figuren redovisas samhällsrisk dels för det planerade utformningsalternativet (med planerad ny bebyggelse) och dels för nollalternativet (d.v.s. utan planerad ny bebyggelse). Samhällsrisk beräknas även för prognosåret år 2050.



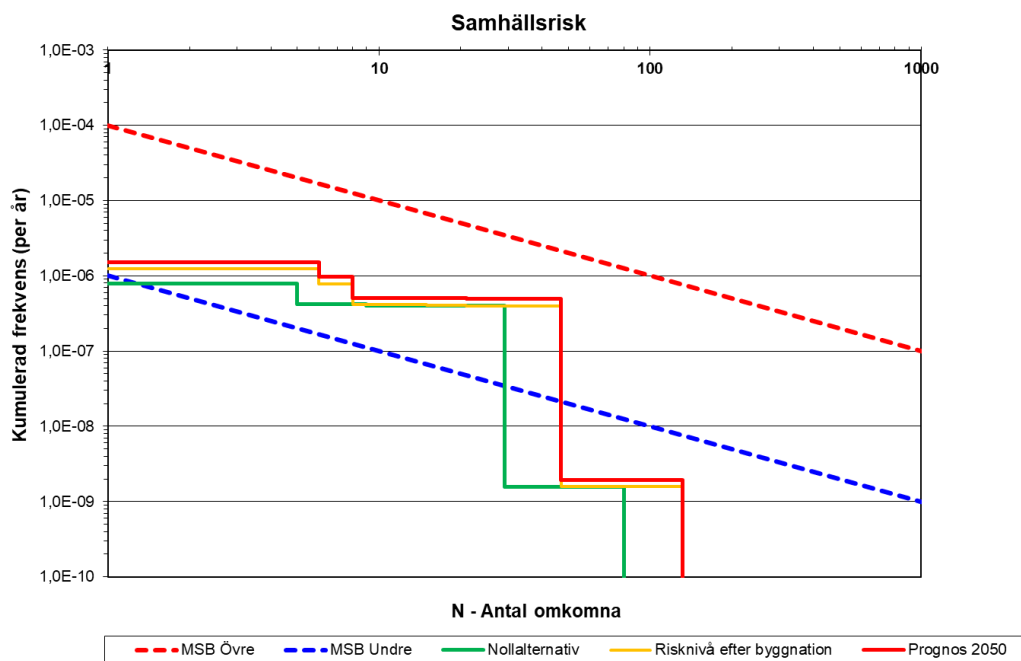
Figur C. 2. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för planområdet samt dess omgivning med avseende på olycksrisker förknippade med vägen.

4. Känslighetsanalys

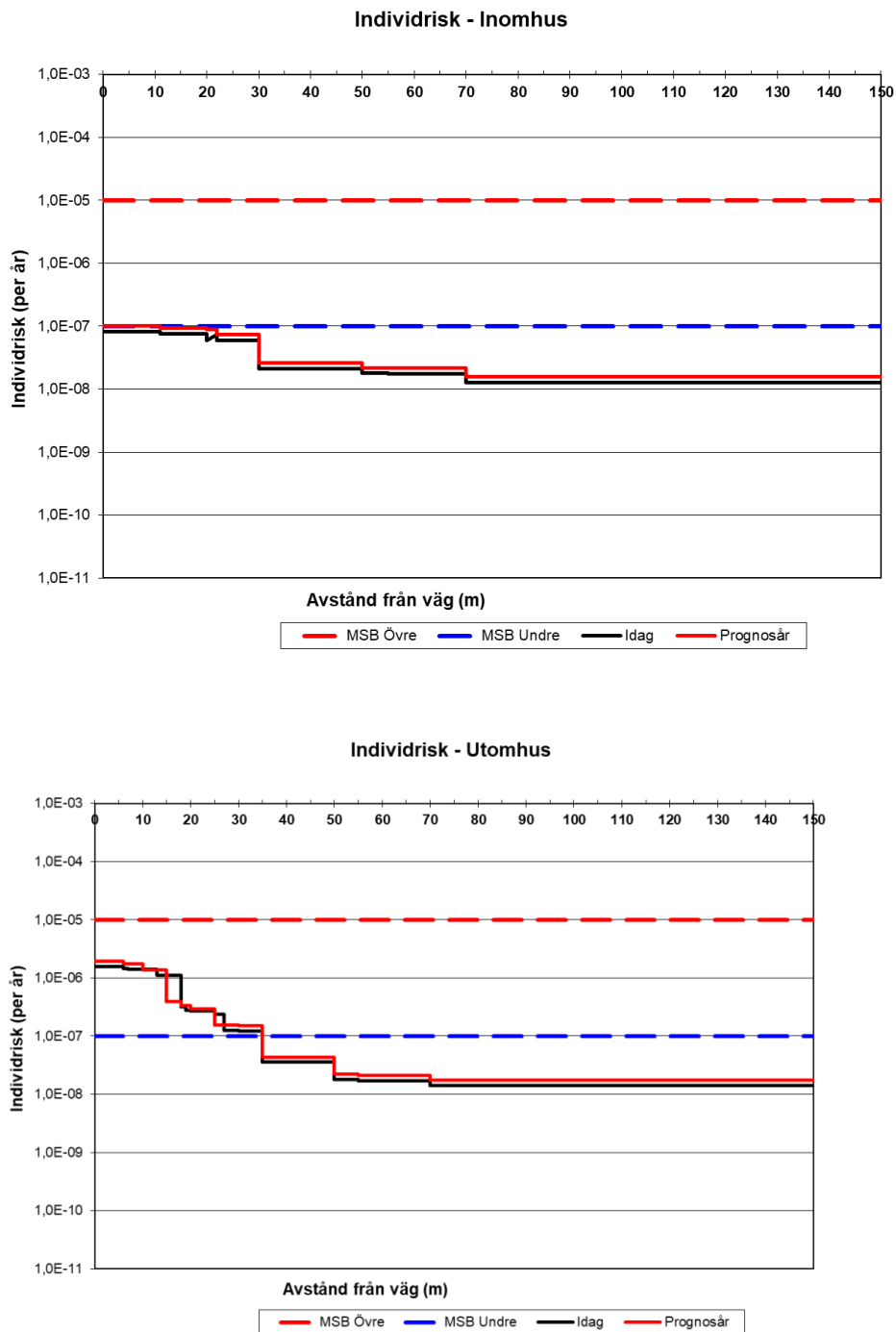
Med hänsyn till osäkerheter i det statistiska underlaget upprättas en känslighetsanalys som dels beaktar förändringar i antalet transporter av farligt gods och som dels beaktar olycksrisker förknippade med ytterligare farligt godsklasser som vid en eventuell olycka bedöms kunna påverka det aktuella planområdet.

4.1 Känslighetsanalys – Större antal transporter

I Figur C3 och C4 redovisas risknivån för den känslighetsanalys som har utförts avseende förändringar i antalet farligt godstransporter. Antalet transporter har dubblats för att undersöka hur det påverkar risknivån.



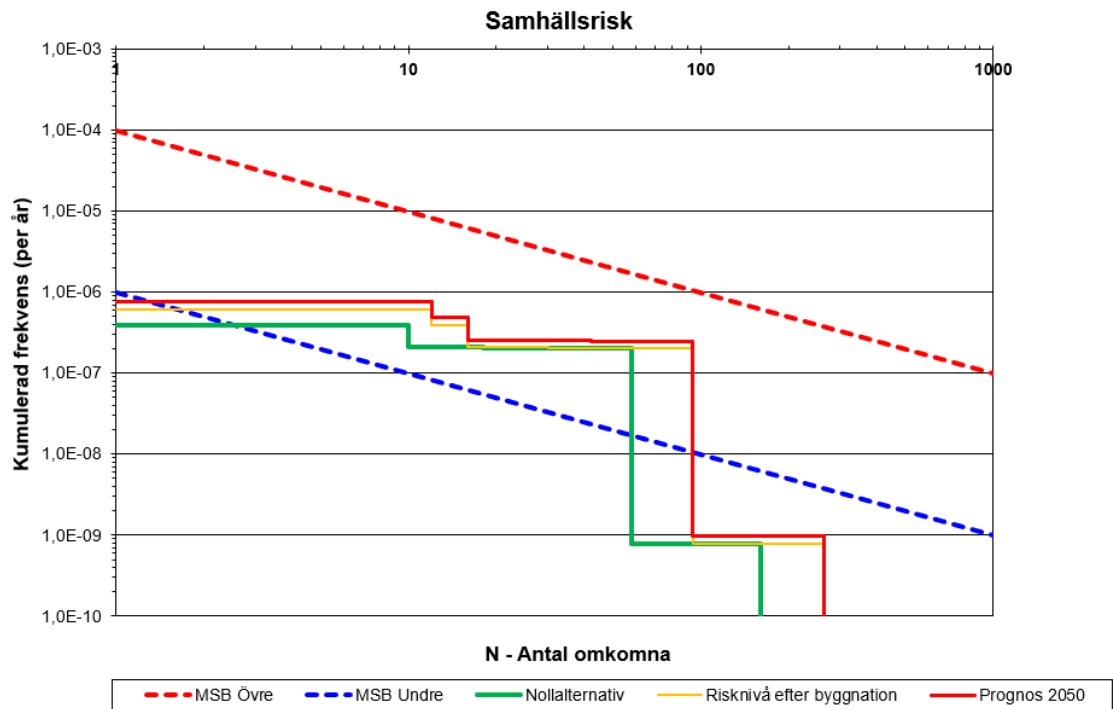
Figur C. 3. Känslighetsanalys – Samhällsrisik.



Figur C. 4. Resultat av känslighetsanalys för individrisk inomhus och utomhus.

4.2 Känslighetsanalys – Större antal omkomna

I Figur C5 redovisas risknivån för den känslighetsanalys som har utförts avseende antagande om hur många som omkommer. I denna känslighetsanalys har det antagits att dubbelt så många omkommer som i den analys som bygger på dimensionerande fall.



Figur C.5. Resultat av känslighetsanalys för samhällsrisk vid antagande om dubbelt så många omkomna som i dimensionerande fall.