

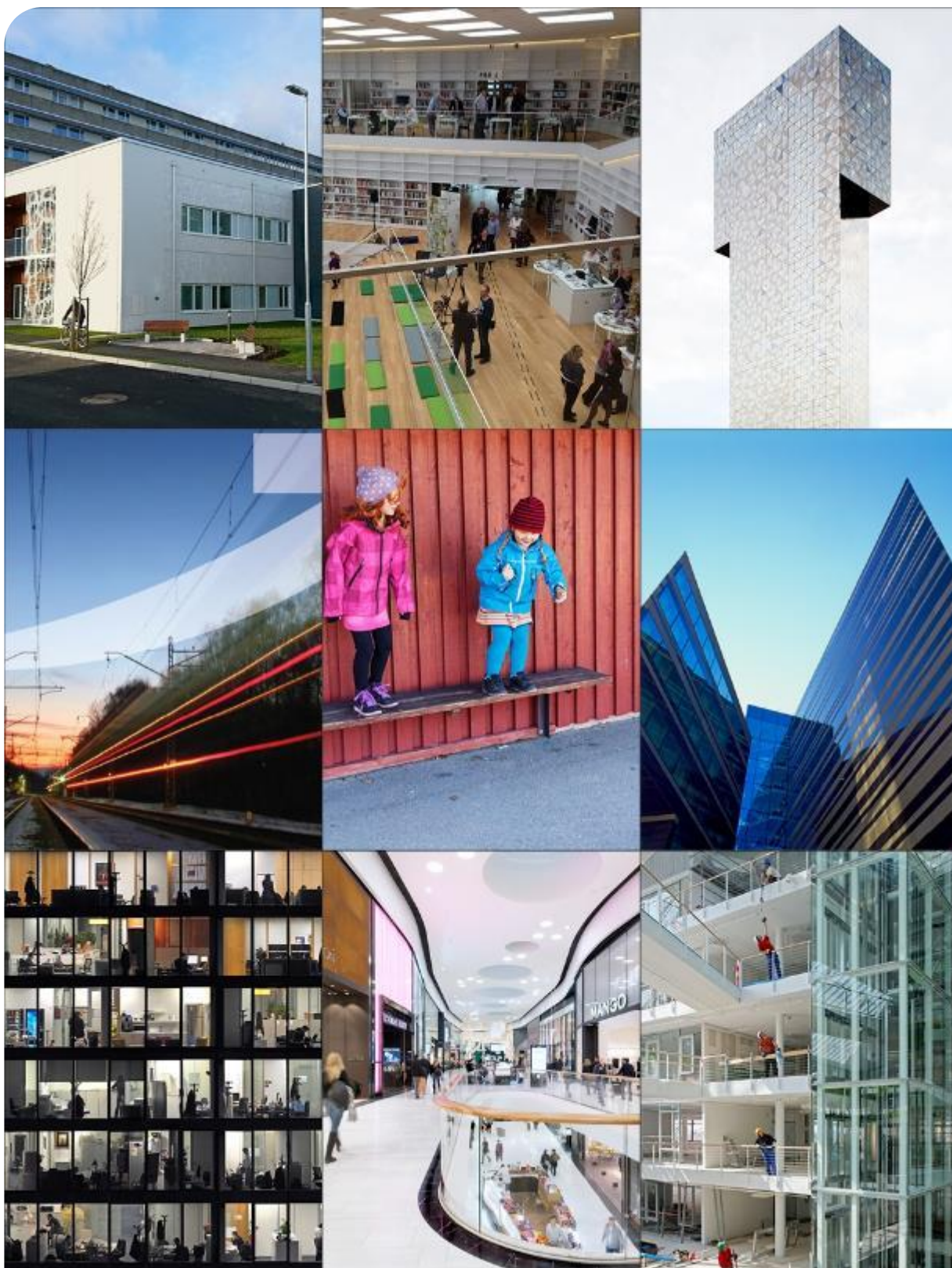
BRANDSKYDDSLAGET

Risakanalys

Västerås resecentrum

Underlag för detaljplanearbete

2021-09-16



Dokumenttyp: Riskanalys
Uppdragsnamn: Västerås resecentrum
Uppdragsnummer: 112576
Datum: 2021-09-16
Status: Underlag för detaljplanearbete
Uppdragsledare: Rosie Kvål
Handläggare: Rosie Kvål
Tel: 08-588 188 84
E-post: rosie.kval@brandskyddslaget.se
Uppdragsgivare: Västerås stad

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2020-02-10	Rosie Kvål Pierre Wahlqvist	Erik Hall Midholm	Arbetskopia
2020-03-18	Rosie Kvål	-	Arbetskopia, ver 2
2021-04-16	Rosie Kvål	Pierre Wahlqvist	Granskningshandling
2021-05-21	Rosie Kvål	-	Färdig handling, ver 1
2021-09-16	Rosie Kvål	-	Färdig handling, ver 2

Sammanfattning

Västerås stad har påbörjat ett stadsutvecklingsprojekt som inkluderar området kring Västerås centralstation. Tanken är att länka samman stadsdelarna på båda sidor om järnvägen samt att utveckla ett nytt resecentrum. Utöver resecentrumet planeras även ny bebyggelse i form av kontor, handel och bostäder på båda sidor om spåret.

Genom planområdet går järnvägen som trafikeras av både person- och godstrafik. Tågtrafiken kan vid en olycka innebära påverkan mot omgivningen genom bland annat urspårning, brand eller olycka med farligt gods. Med anledning av detta görs denna riskanalys. 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.

Analysen omfattar endast plötsliga, oväntade och oplanerade 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.

En inventering av trafikrörelser på järnvägen genom området har gjorts. Utifrån denna har ett antal möjliga olycksscenarier sammanställts. Dessa omfattar olyckor med farligt gods, urspårning och brand i tåg. En kvalitativ bedömning av respektive olycksscenario har genomförts. Scenarier med bedömt hög risk har sedan analyserats vidare i en fördjupad analys som omfattar beräkning av individrisk och samhällsrisk. Resultatet av beräkningarna visar att individrisken i området är acceptabel för områden över 10-15 meter från närmaste spår. Risknivån avseende samhällsrisk är huvudsakligen på en sådan nivå att säkerhetshöjande åtgärder ska undersökas och vidtas om de bedöms rimliga i förhållande till den nytta de medför.

I analysen har en känslighetsanalys gjorts där en ökad trafikering samt en annan fördelning av farligt gods studerats. Känslighetsanalysen visar på en högre risknivå. Skillnaden är dock begränsad och innebär inte att risknivån ändras markant. Känslighetsanalysen visar därför att det finns en robusthet i resultatet även om trafiksituationen skulle förändras till det sämre ur ett riskperspektiv.

För att hantera identifierade risker ges nedanstående förslag på åtgärder för att minska konsekvenserna av en eventuell olycka. Åtgärderna utgår från den planerade bebyggelsen enligt studerat planförslag och omfattar bebyggelse som exponeras mot järnvägen (dvs. har frsikt mot denna).

Observera att åtgärderna endast utgör ett förslag och att det är upp till kommunen att ta beslut om slutgiltiga åtgärder. Då risknivån bedöms vara inom ALARP även efter genomförda åtgärder är det viktigt att kommunen tydligt motiverar varför risknivån kan accepteras i det aktuella fallet och att det är ett aktivt ställningstagande från kommunen. De åtgärder som man beslutar om ska sedan formuleras som planbestämmelser på ett sådant sätt att de är förenliga med **Plan- och bygglagen (2010:900)**.

Vasakvarteret (27-39 meter till närmsta spår)

- Ytor mellan spår och bebyggelse inom 25 meter ska utföras så att stadigvarande vistelse inte uppmuntras. Exempelvis ska lekplatser och bänkar eller liknande inte placeras här, däremot är markparkering samt gång- och cykelväg ett lämpligt nyttjande.

- Från samtliga utrymmen med stadigvarande vistelse inomhus ska det finnas minst en utrymningsväg som mynnar på en säker sida (dvs. bort från järnvägen). Detta gäller bebyggelse inom 100 meter.
- Friskluftsintag på byggnader inom 100 meter från järnvägen placeras mot en trygg sida bort från järnvägen eller på byggnadens tak.
- Fasader inom 50 meter från järnvägen utförs i obrännbart material samt med fönster i lägst härdat och laminerat glas som klarar uppvärmning till 300°C under ca 30 minuter.

Resecentrum

- Friskluft ska tas från trygg sida, bort från järnvägen. Friskluftsintag ska inte placeras på överbyggnaden över spårområdet.
- Fasader på sidan av spårområdet som vetter mot järnvägen, inom 30 meter från närmaste spår, ska utföras i obrännbart material och konstruktionen ska minst motsvara EI30 (även fönster). *Observera att detta enbart gäller fasader på sidorna av järnvägen och inte på perronger eller i anslutning mellan perrong och överbyggnad eftersom dessa ytor inte planeras för stadigvarande vistelse.*
- Stationsbyggnaden ska skyddas mot urspårade tåg. Lämpligen säkerställs detta genom att perrongerna utformas så att sådant skydd erhålls. *Observera att det gäller byggnadsdelar som ligger inom 25 meter från närmaste spår och som inte skyddas av andra konstruktioner.*
- Kommersiella verksamheter på överbyggnaden ska begränsas till resandefunktioner (biljettförsäljning, mindre kiosker, caféer utan egna sittplatser etc.)
- Restauranger och andra lokaler för stadigvarande vistelse ska placeras i stationsbyggnadens ytterkanter, bort från spårområdet.
- Uteserveringar inom ca 20 meter från närmaste spår bör begränsas till skyddade områden (exempelvis ligga högre än järnvägen eller bakom byggnad). Avståndet till dörr in i stationsbyggnaden bör vara begränsat.

Sigurd 3 (25 meter till närmsta spår)

- Ytor mellan spår och bebyggelse (inom ca 25 meter) ska utföras så att stadigvarande vistelse inte uppmuntras. Exempelvis ska lekplatser och bänkar eller liknande inte placeras här, däremot är markparkering samt gång- och cykelväg ett lämpligt nyttjande.
- Från samtliga utrymmen med stadigvarande vistelse inomhus ska det finnas minst en utrymningsväg som mynnar på en säker sida (dvs. bort från järnvägen). Detta gäller bebyggelse inom 100 meter.
- Friskluftsintag på byggnader inom 100 meter från järnvägen placeras mot en trygg sida bort från järnvägen eller på byggnadens tak.
- Fasader inom 50 meter från järnvägen utförs i obrännbart material samt med fönster i lägst härdat och laminerat glas som klarar uppvärmning till 300°C under ca 30 minuter.

Med föreslagna åtgärder bedöms planerad bebyggelse kunna uppföras enligt studerat förslag utan att människor utsätts för onödiga risker.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Syfte.....	6
1.3 Omfattning.....	6
1.4 Internkontroll.....	6
1.5 Förutsättningar.....	7
2. ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING AV OMRÅDET	12
2.1 Områdesbeskrivning.....	12
2.2 Planerad bebyggelse.....	14
3. RISKINVENTERING	19
3.1 Allmänt.....	19
3.2 Inventering av riskkällor.....	19
3.3 Järnvägen.....	20
3.4 Verksamheter med skyddszoner.....	22
4. INLEDANDE RISKANALYS	22
4.1 Metodik.....	22
4.2 Identifiering av olycksrisker.....	23
4.3 Kvalitativ uppskattning av risk.....	23
4.4 Slutsats inledande riskanalys.....	25
5. FÖRDJUPAD RISKANALYS	25
5.1 Allmänt.....	25
5.2 Sammanvägning av risk.....	25
5.3 Resultat av riskberäkningar.....	28
5.4 Värdering av risk.....	30
5.5 Hantering av osäkerheter.....	31
6. SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER	33
6.1 Allmänt.....	33
6.2 Diskussion kring åtgärder.....	34
6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning.....	38
7. SLUTSATSER	40
8. BILAGOR	41
9. REFERENSER	42

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Västerås stad har påbörjat ett stadsutvecklingsprojekt av stationsområdet. Tanken är att länka samman stadsdelarna på båda sidor om järnvägen. I projektet ingår utveckling av ett nytt resecentrum. Även ny bebyggelse i form av kontor och bostäder planeras på båda sidor om järnvägen.

Mälardalens Brand- och Räddningsförbund (MBR) har tagit fram riktlinjer för ny och förändrad markanvändning intill järnvägen inom Västerås /1/. Riktlinjerna innehåller tre vägledningar (med olika grad av säkerhetshöjande åtgärder) för hur området närmast järnvägen kan planeras med olika typer av byggnader och verksamheter med hänsyn till risker som uppstår i samband med transport på järnväg:

- Vägledning 1 innehåller en generell beskrivning av avstånd till olika verksamhetstyper med syfte att användas vid en första lämplighetsbedömning av byggnadsplacering. Enligt vägledning 1 gäller att 0-30 m från spårområdet ska utföras som bebyggelsefri zon.
- Vägledning 2 lämpar sig vid exploatering av särskild attraktiv mark nära järnvägen och utgår från att skyddsåtgärd mot urspärning vidtas. Enligt vägledning 2 gäller att 0-20 m från spårområdet ska utföras som bebyggelsefri zon.
- Vägledning 3 ställer krav på att en särskild riskutredning utförs om riktlinjer i vägledning 1 och vägledning 2 frångås. Vägledning 3 ska endast användas då det råder synnerliga skäl vid enstaka byggnader eller verksamheter. Riskutredningen ska följa direktiv enligt MBR:s riktlinjer för riskutredningar.

Då aktuell placering av resecentrum och övrig bebyggelse kommer ske så nära järnvägen att skyddsavstånd enligt vägledning 1 och vägledning 2 inte kommer uppfyllas utförs en särskild riskutredning enligt direktiv i MBR:s riktlinjer för riskutredningar.

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, oväntade och oplanerade 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 järnvägen och resenärer som väntar på perronger omfattas inte av analysen eftersom dessa personer valt att nyttja riskkällan och genom detta val kan förväntas acceptera en högre risk. Genom att nyttja riskkällan så utsätts de också för risken och är därmed svåra att skydda.

1.4 Internkontroll

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

1.5 Förutsättningar

1.5.1 Riskhänsyn vid ny bebyggelse

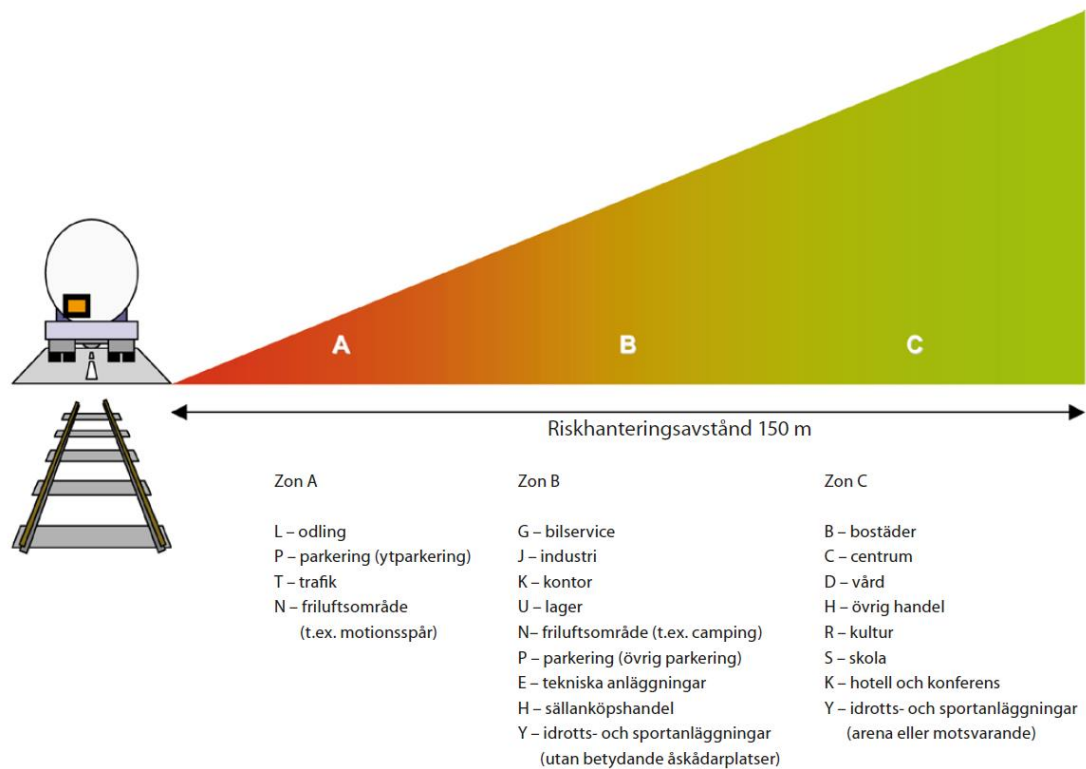
Ett flertal olika lagar reglerar när riskanalyser skall utföras. Enligt Plan- och bygglagen (2010:900) skall bebyggelse lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till boendes och övrigas hälsa. Sammanhållen bebyggelse skall utformas med hänsyn till behovet av skydd mot uppkomst av 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).

Olika länsstyrelser har gett ut olika rekommendationer kring hänsyn till farligt gods i samhällsplaneringen. Gemensamt för de riktlinjer som olika myndigheter tagit fram eller hänvisar till är att de vanligen påvisar skyddsavstånd för olika verksamheter utan att beakta åtgärder/speciella förutsättningar men att de samtidigt ger möjligheten att göra avsteg från avstånden om en riskanalys påvisar att åtgärder eller förutsättningar ger en acceptabel risknivå. Nedan redovisas Länsstyrelsen i Västmanlands tillämpning samt riktlinjerna från Länsstyrelsen i Stockholm. Vidare har Mälardalens Brand- och Räddningsförbund tagit fram specifika riktlinjer för exploatering i Västerås, se avsnitt 1.5.2.

Länsstyrelsen i Västmanlands län

I Västmanlands län tillämpas en riskpolicy som tagits fram gemensamt av länsstyrelserna i Stockholm, Västra Götaland och Skåne län /2/. Riskpolicyn innebär att riskhanteringsprocessen ska beaktas i framtagande av detaljplaner inom 150 meter från vägar och järnvägar med transporter av farligt gods. Det redovisas inga detaljerade rekommendationer avseende skyddsavstånd i policyn men det redovisas en zonindelning för möjlig markanvändning i förhållande till järnväg och transportled för farligt gods, se Figur 1.1.

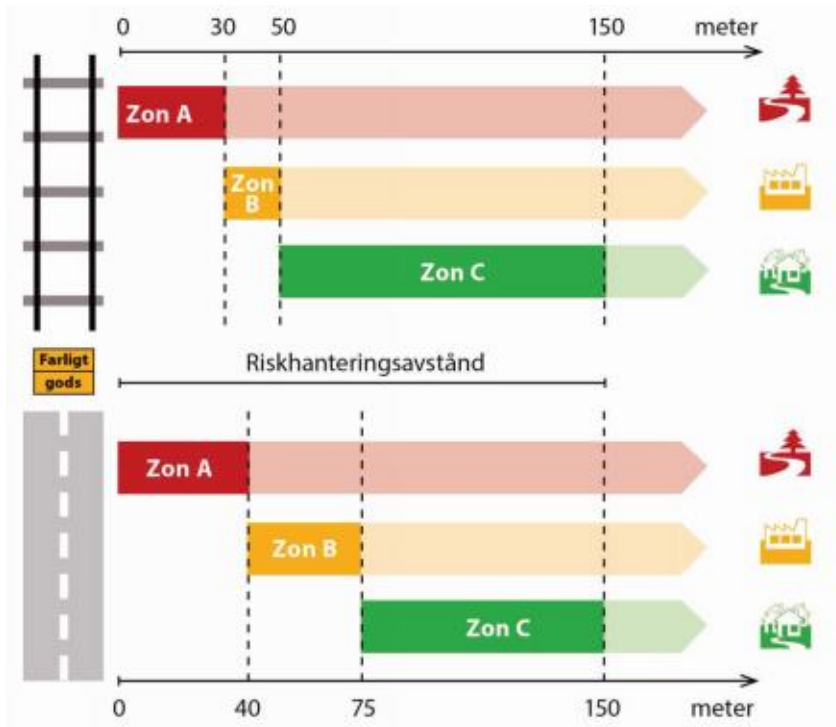
Den lokala riskbilden är sedan avgörande för markanvändningens placering där samma markanvändning kan tillhöra flera zoner.



Figur 1.1. Zonindelning avseende markanvändning i anslutning till väg/järnväg med transport av farligt gods /1/.

Sedan policyn ovan /1/ kom ut har Länsstyrelsen i Stockholms Län har tagit fram nya riktlinjer för hur risker från transporter med farligt gods på väg och järnväg ska hanteras vid exploatering av ny bebyggelse /3/. Syftet med riktlinjerna är att ge vägledning och underlätta hanteringen av riskfrågor. Länsstyrelsen anser att möjliga risker ska studeras vid exploatering närmare än 150 meter från en riskkälla. I vilken utsträckning och på vilket sätt riskerna ska beaktas beror på hur riskbilden ser ut för det aktuella planförslaget.

I riktlinjerna presenteras riktlinjer för skyddsavstånd till olika verksamheter. Dessa rekommendationer redovisas i figur 1.2.



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

Zon A		Zon B		Zon C	
G	Drivmedelsförsörjning (obemannad)	E	Tekniska anläggningar	B	Bostäder
L		G	Drivmedelsförsörjning (bemannad)	C	Centrum
P	Odling och djurhållning	J	Industri	D	Vård
T	Parkering (ytparkering)	K	Kontor	H	Detaljhandel
	Trafik	N	Friluftsliv och camping	O	Tillfällig vistelse
		P	Parkering (övrig parkering)	R	Besöksanläggningar
		Z	Verksamheter	S	Skola

Figur 1.2. Rekommenderade skyddsavstånd till olika typer av markanvändning /2/.

Avstånden i figuren mäts från närmaste väggkant respektive närmaste spårmitt.

Länsstyrelsen anger i sina riktlinjer generellt att skyddsavstånd är att föredra framför andra skyddsåtgärder. Vid korta avstånd lägger Länsstyrelsen större vikt vid konsekvensen av en olycka än frekvensen av olyckan.

Avstånden i figur 1.2 avser lämpliga skyddsavstånd utan beaktande av riskreducerande åtgärder/förutsättningar. För ny bebyggelse inom redovisade skyddsavstånd behöver en riskutredning göras som undersöker om planförslaget är lämpligt och vilka eventuella skyddsåtgärder som behövs. För planläggning nära järnvägen finns följande förtydligande:

Utifrån ovanstående konstateras att det ska finnas ett bebyggelsefritt skyddsavstånd på minst 25 meter intill järnväg, mätt från närmaste spårmitt. Inom minst 30 meter ska följande åtgärder säkerställas, genom planbestämmelser, för markanvändning bostäder (B), centrum (C), vård (D), handel (H), friluftsliv och camping (N), tillfällig vistelse (O), besöksanläggningar (R), skola (S), kontor (K), drivmedelsförsörjning (G), industri (J) och verksamheter (Z):

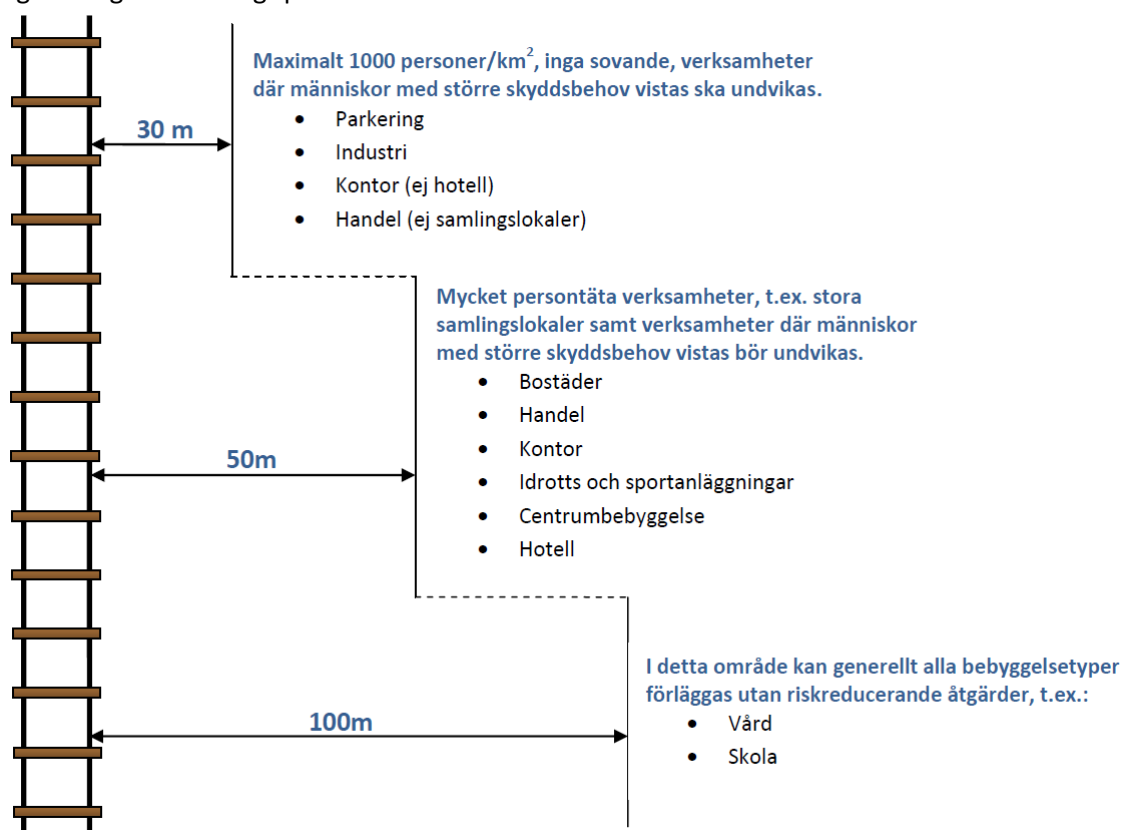
- fasader ska utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30
- friskluftsintag ska riktas bort från järnvägen
- det ska vara möjligt att utrymma bort från järnvägen på ett säkert sätt

1.5.2 MBR:s riktlinjer

Riktlinjer för exploatering kring Mäljarbanan

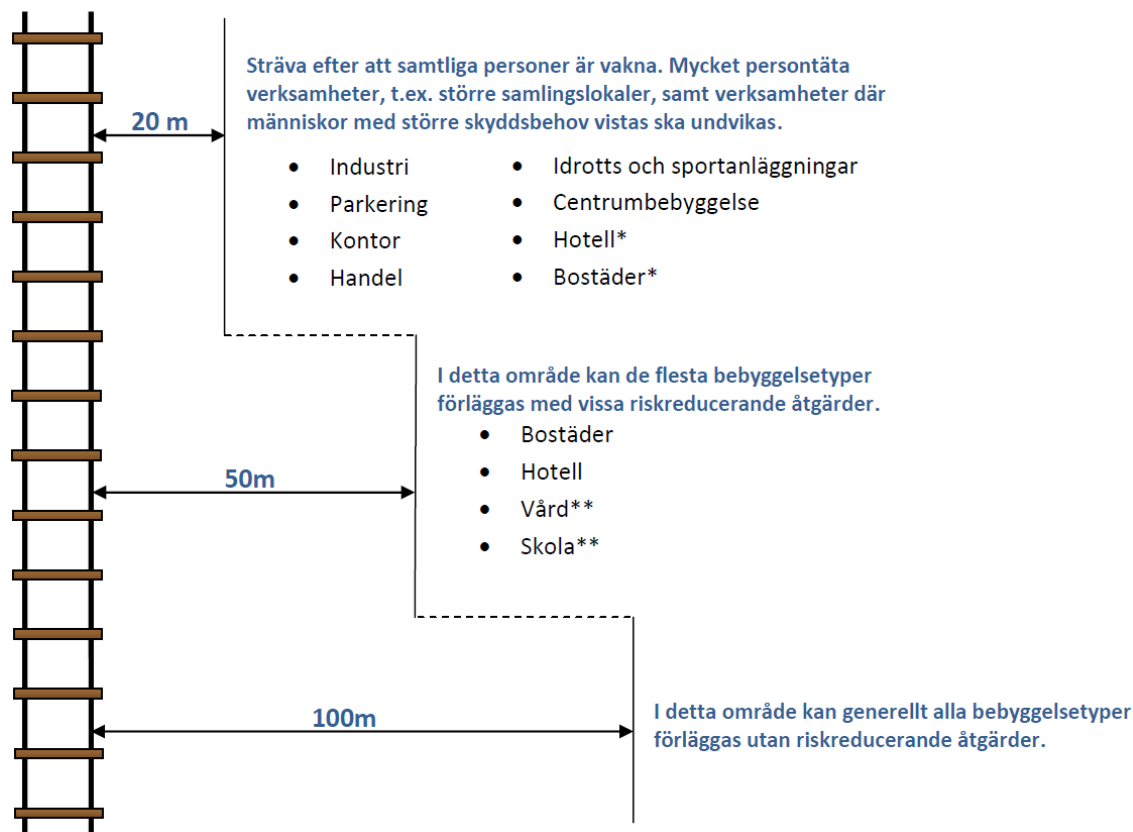
Mälardalens Brand- och Räddningsförbund (MBR, numera Räddningstjänsten Mälardalen) har tagit fram riktlinjer för ny och förändrad markanvändning intill järnvägen inom Västerås /4/. Riktlinjerna innehåller tre vägledningar (med olika grad av säkerhetshöjande åtgärder) för hur området närmast järnvägen kan planeras med olika typer av byggnader och verksamheter med hänsyn till risker som uppstår i samband med transport på järnväg:

Vägledning 1 innehåller en generell beskrivning av avstånd till olika verksamhetstyper med syfte att användas vid en första lämplighetsbedömning av byggnadsplacering. Enligt vägledning 1 gäller Figur 1.3 övergripande:



Figur 1.3. Vägledning 1 /2/

Vägledning 2 lämpar sig vid exploatering nära järnvägen och utgår från att skyddsåtgärd mot urspårning vidtas. Enligt vägledning 2 gäller Figur 1.4 övergripande:



Figur 1.4. Vägledning 2 /2/

*-markering i figuren påvisar att skyddsnivån ska säkerställas då hotell och bostäder har sovande personer och klassas därför som en känslig verksamhet. En betydande faktor i denna bedömning ska vara skyddsavstånd.

**-markeringen betyder att skyddsnivån ska påvisas för vård och skola.

För att tillämpa vägledning 2 ska byggnader i området 20-50 meter från järnvägen utformas med skyddsåtgärder bestående av:

- Brandskyddad fasad eller annat hinder för brandspridning
- Friskluftsintag, entréer, utrymningsvägar placeras så långt bort från järnvägen som möjligt.
- Minst en utrymningsväg ska finnas på motsatt sida av byggnaden som vetter mot järnvägen.
- Friskluftsintag placeras högt ifrån marken.

Vidare ska byggnader i området 50-100 meter från järnvägen utformas med skyddsåtgärder bestående av:

- Friskluftsintag, entréer, utrymningsvägar placeras så långt bort från järnvägen som möjligt.
- Minst en utrymningsväg ska finnas på motsatt sida av byggnaden som vetter mot järnvägen.
- Friskluftsintag placeras högt ifrån marken.

Vägledning 3 ställer krav på att en särskild riskutredning utförs om riktlinjer i vägledning 1 och vägledning 2 frångås. Riskutredningen ska följa direktiv enligt MBR:s riktlinjer för riskutredningar /5/.

Tillämpade riktlinjer för aktuellt planområde

Det finns inga tydliga riktlinjer avseende resecentrum i redovisade riktlinjer. Resecentrum omfattar huvudsakligen resandefunktioner samt resenärer, vilka normalt bedöms få utsättas för en högre risknivå eftersom de själva valt att nyttja riskkällan. Svårigheten när det gäller resecentrum är att de även kan locka personer som inte är resenärer att uppehålla sig där. En annan fråga är när man upphör att vara resenär.

Som utgångspunkt i analysen kommer personer på perronger och i bussterminalen att räknas som resenärer, dessa kommer inte att omfattas av analysen. Personer inuti resecentrumet, i verksamheter samt övriga ytor utomhus kommer att beaktas i analysen.

För planerade verksamheter bedöms vägledning 2 och 3 vara applicerbara vilket betyder att en särskild riskutredning ska genomföras för att visa på att aktuella risknivåer är acceptabla.

Utgångspunkt för verksamheter är då de krav som ställs i vägledning 2 med 20 meters skyddsavstånd (observera dock att inga byggnader förutom själva resecentrumet planeras inom 25 meter från järnvägen):

- Urspårningsskydd utefter hela planområdet (vall/mur, perrong eller skyddsräll)
- Brandskyddad fasad alternativt mur/plank/vall för att skydda mot brandspridning
- Friskluftsintag, entréer och utrymningsvägar placeras långt bort ifrån järnvägen
- Friskluftsintag placeras högt upp från marken
- Minst en utrymningsväg ska finnas på motsatt sida av byggnaden (från järnvägen)

Enligt MBR:s riktlinjer ska en riskutredning följa de direktiv gällande riskutredningar som räddningstjänsten tagit fram /5/. Detta dokument med tillhörande bilagor avser att uppfylla riktlinjerna. Avvikelse finns men denna riskutredning motsvarar de rubricerade styckena på så vis att både innehåll och kvalitet motsvarar riktlinjerna.

2. Översiktlig beskrivning av området

2.1 Områdesbeskrivning

Västerås stad har påbörjat arbetet med en detaljplan för Västerås nya resecentrum (detaljplan 1811). Detaljplanen syftar till att stärka kopplingen mellan city, Mälaren och angränsande stadsdelar samt att främja kollektivt resande. Tyngdpunkten i förslaget är ett nytt resecentrum. Planområdets yta är ca 12 hektar och omfattar fastigheten Sigurd 3, Vasakvarteren och Östermalmsterrassen. Planområdets avgränsning redovisas i figur 2.1.



Figur 2.1. Översikt över det aktuella planområdet (rödmarkerat) inklusive omgivningen /6/.

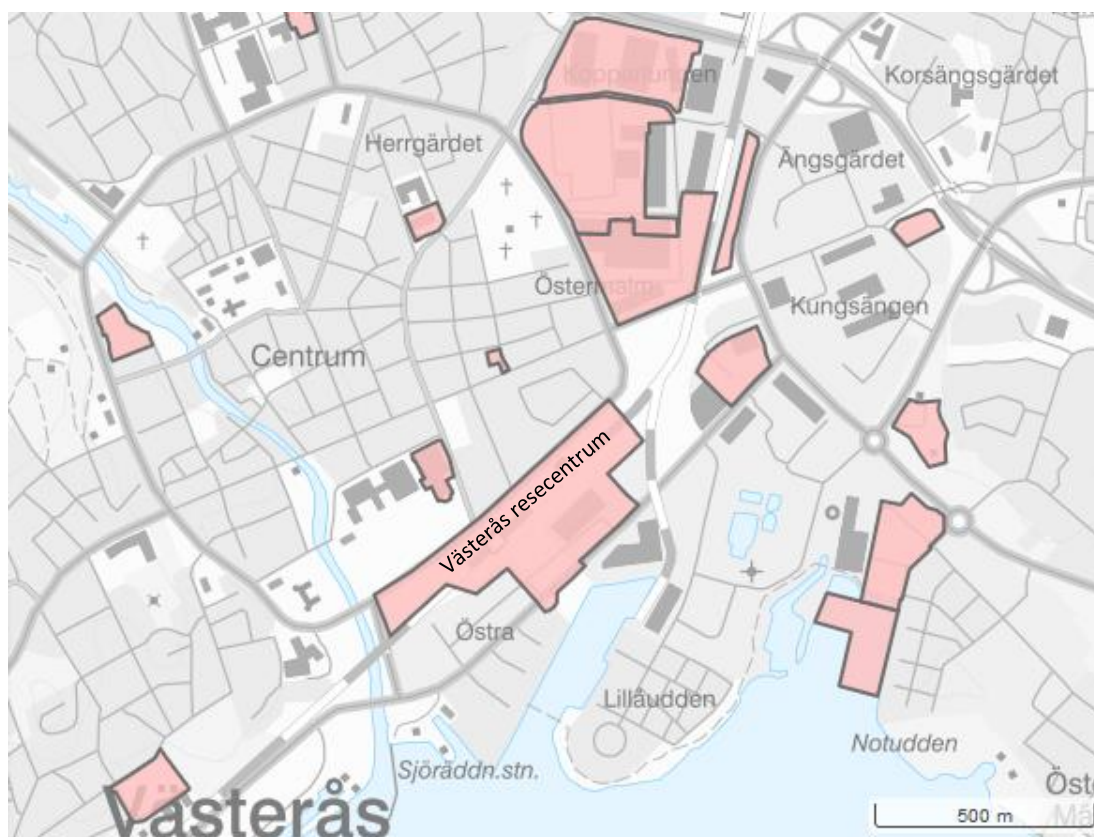
Inom området finns idag Västerås centralstation inklusive spårområde och perronger samt ytor för markparkering. Inom centralstationen finns resandefunktioner som biljettförsäljning, väntehall, pressbyrå samt kafé. I stationsbyggnaden finns även kontorsytor som hyrs ut.

Kringliggande bebyggelse söder om spårområdet utgörs av kontors- och industribyggnader samt bostäder och ett hotell. Norr om spårområdet ligger centrala staden med blandad stadsbebyggelse i form av bostäder, kontor, butiker och publika lokaler, torg och parker.

Större byggnader och personintensiva verksamheter i närheten av planområdet är bland annat Västmanlands domstolar (Sigurdsgatan 22, 24) samt "Skatteskrapan" på Sigurdsgatan 21 (Kv. Sigurd 5).

2.1.1 Omgivande planer

Detaljplanen för Västerås resecentrum är en del av projekt Mälarporten som är ett stadsutvecklingsprojekt och som syftar till att knyta ihop den centrala staden med Mälaren. Projekten omfattar flertalet planområden. Pågående planprojekt i närområdet till resecentrumet redovisas i figur 2.2.



Figur 2.2. Pågående planprojekt i närheten till aktuellt planområde /7/.

Pågående planprojekt i omgivningen omfattar ny bebyggelse i form av bostäder, kontor, handel, centrum, skola, verksamheter samt vårdlokaler. Pågående planarbeten bedöms inte innebära att nya riskkällor tillförs området. Däremot innebär de en förtätning av bebyggelsen vilket medför att ett större antal personer kommer att vistas inom närområdet. En ökad persontäthet kan medföra påverkan på samhällsrisknivån, dock är avståndet till de pågående planerna i figur 2.2 så stora att inverkan är begränsad.

2.2 Planerad bebyggelse

Bebyggelsen inom planområdet är tänkt att utformas som en tät kvartersstad där det är möjligt. Torg och offentliga ytor ska utformas så att de upplevs inbjudande, tillgängliga och trygga.

Planförslaget innebär att den nuvarande stationsbyggnaden kommer att rivas och ersättas med ett nytt resecentrum. På båda sidor om spårområdet planeras ny bebyggelse i form av kontor, bostäder och handel.

I anslutning till spårområdet kommer det finnas ytor för markparkering samt busstrafik som angör resecentrum på båda sidor om spårområdet.

I figur 2.3 redovisas en bild över området.

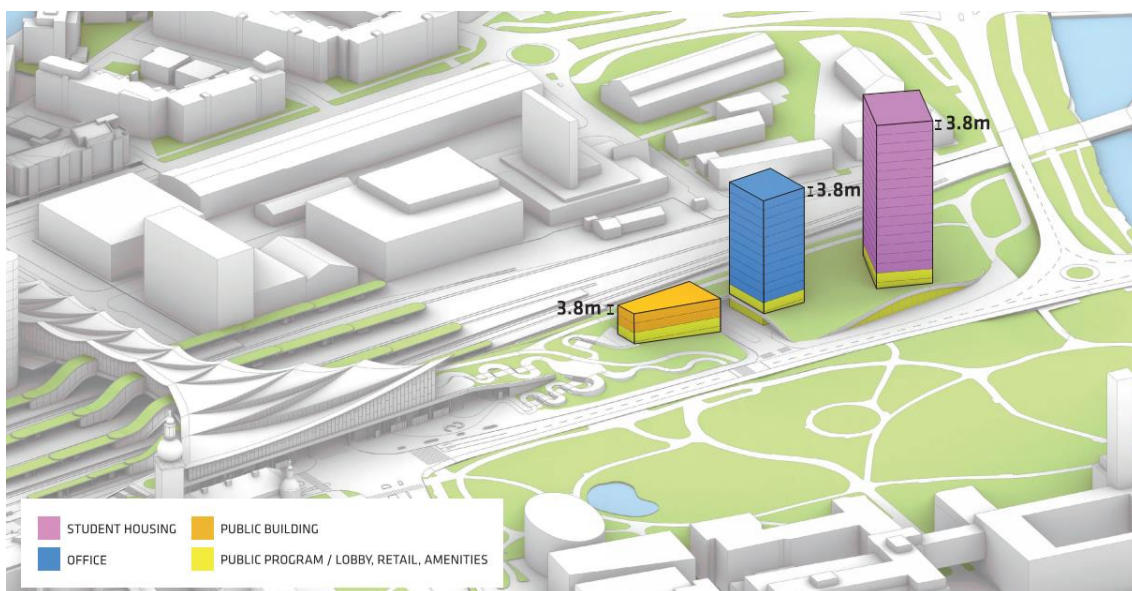


Figur 2.3. Övergripande vy över aktuellt planområde för etapp 1 av utbyggnaden av resecentrum samt tillfälligt resecentrum.

Planområdet kan delas in i tre olika delområden; Vasakvarteret, Resecentrum och kv Sigurd. Planerad exploatering inom dessa områden redovisas i följande avsnitt.

2.2.1 Vasakvarteret

Vasakvarteret omfattar det område som ligger söder om stationen, på den västra sidan av spåren (se figur 2.4). Inom denna del planeras tre byggnader med 3-17 våningar. De två mest sydliga byggnaderna har de två nedersta våningarna gemensamma (till vänster i figur 2.4).



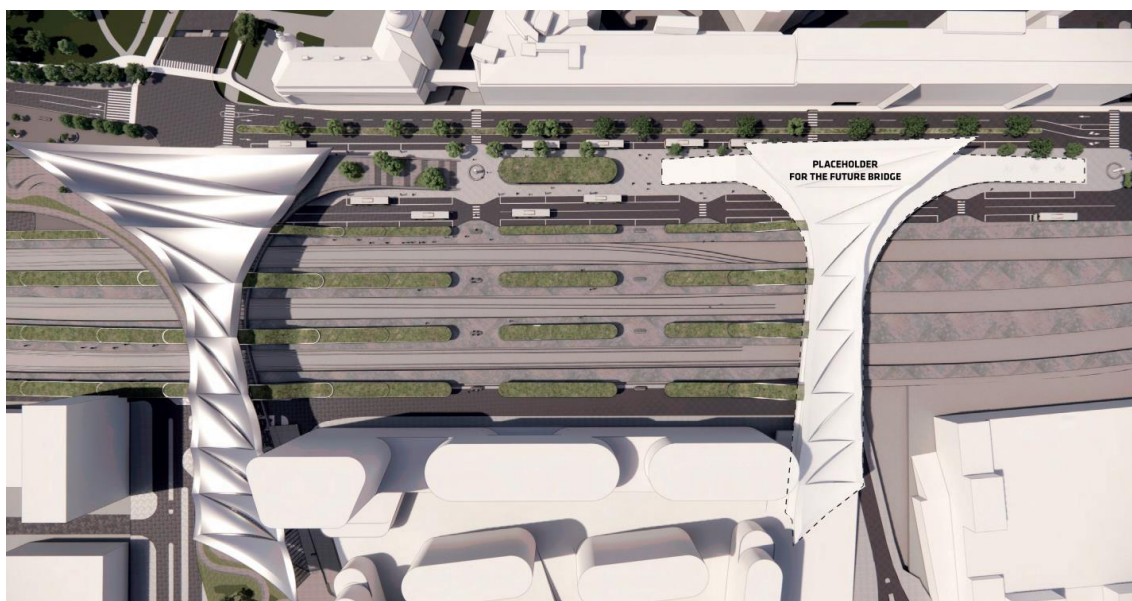
Figur 2.4. Förslag på utformning av Vasakvarteret . /8/

Planförslaget innebär att den lägre byggnaden, närmast resecentrum, omfattar publik verksamhet med resandefunktioner som bland annat cykelparkering och lobby i markplan samt en foodcourt ovanför. Byggnaden i mitten föreslås få en publik bottenvåning med kontor i 11 våningar ovanför. Den södra byggnaden planeras med en publik bottenvåning och studentbostäder ovanför.

Till byggnaden med resandefunktioner är avståndet till närmaste spår 27 meter. Till kontorsbyggnad och bostadsbyggnad är det som minst 39 meter till närmaste spår.

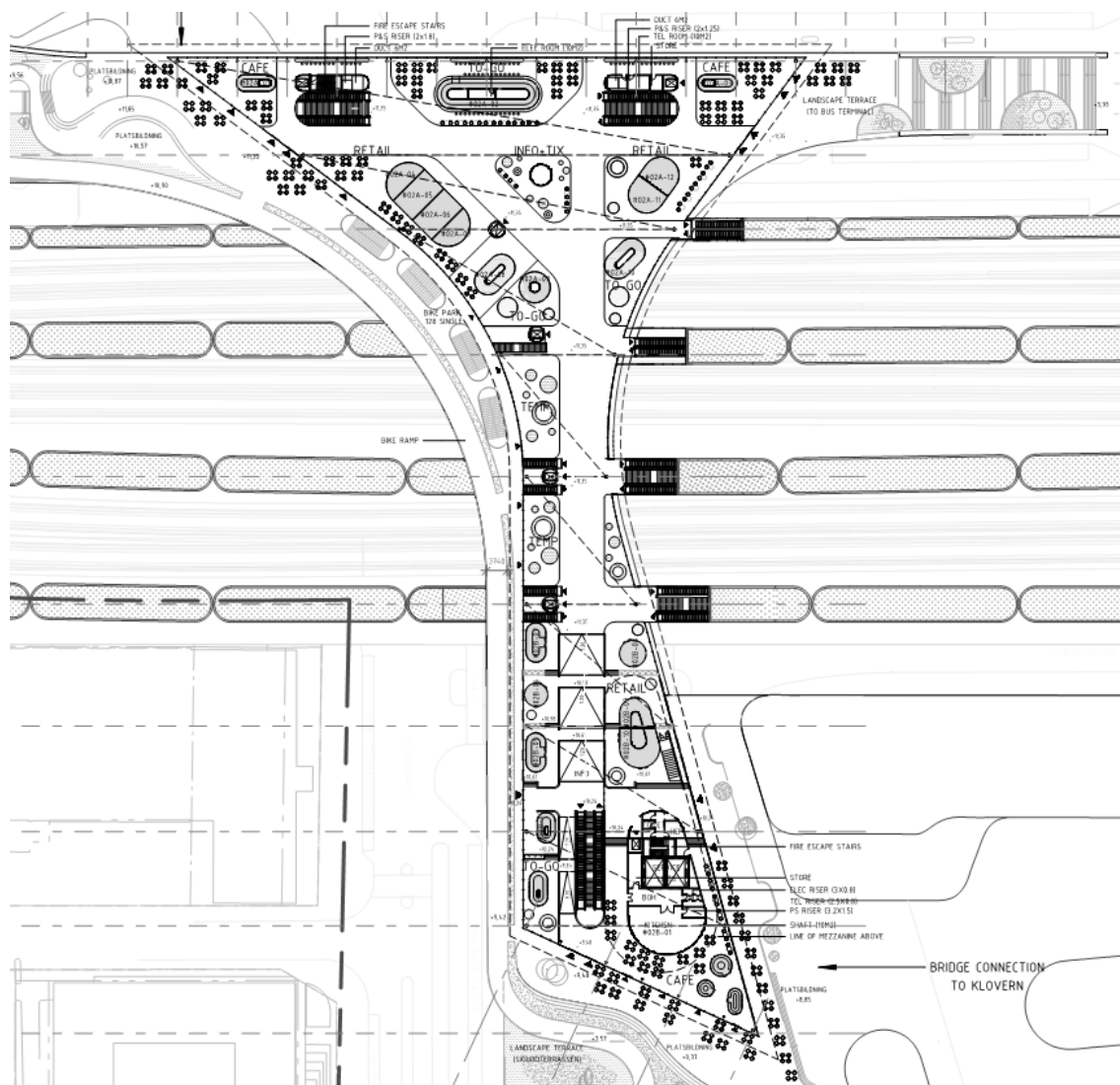
2.2.2 Resecentrum

Det nya resecentrumet omfattar en byggnad med resandefunktioner som sträcker sig över järnvägen i den södra delen (huvudentré), perronger samt en övergång med anslutning till perronger i den norra delen (se figur 2.5).



Figur 2.5. Överblick över Västerås resecentrum, etapp 2.

Resecentrumet planeras med ingång på båda sidor av järnvägen vid båda övergångarna. Den södra övergången utgör huvuddelen av resecentrumet där det i markplan planeras för mindre butiker och entréhallar på centrumsidan och mindre butiker, en livsmedelsbutik samt cykelparkering på andra sidan mot Mälaren. På våningsplanet ovan spårnivå planeras mindre butiker och restauranger vid sidan av spåret och väntytor och ett begränsat utbud av resandefunktioner ovanför spåren (se figur 2.6). Utmed resecentrumets södra överbyggnad planeras en gång- och cykelväg.



Figur 2.6. Våningsplan ovan spår (BIG, 2021-02-26).

Genom resecentrumet passerar idag som mest ca 20 000 personer dagligen enligt underlag från Jernhusen /9/. Passage kan ske både av resenärer och av personer som vill ta sig över spårområdet. Det nya resecentrumet innebär en utökad service för resenärer, men även för omgivningen i form av bland annat restauranger och handel. Antalet passager genom resecentrumet kan förväntas öka i framtiden, framför allt till följd av en förväntad ökning av antalet resande.

Den norra övergången innebär enbart väntytor samt möjlighet till passage över spåren.

Utformningen av resecentrumet kommer innebära att resenärer i en större utsträckning uppehåller sig inomhus och inte på perrongerna jämfört med nuläget.

Utbyggnaden av resecentrum kommer att ske i två etapper, varav den andra etappen beräknas att påbörjas 2040.

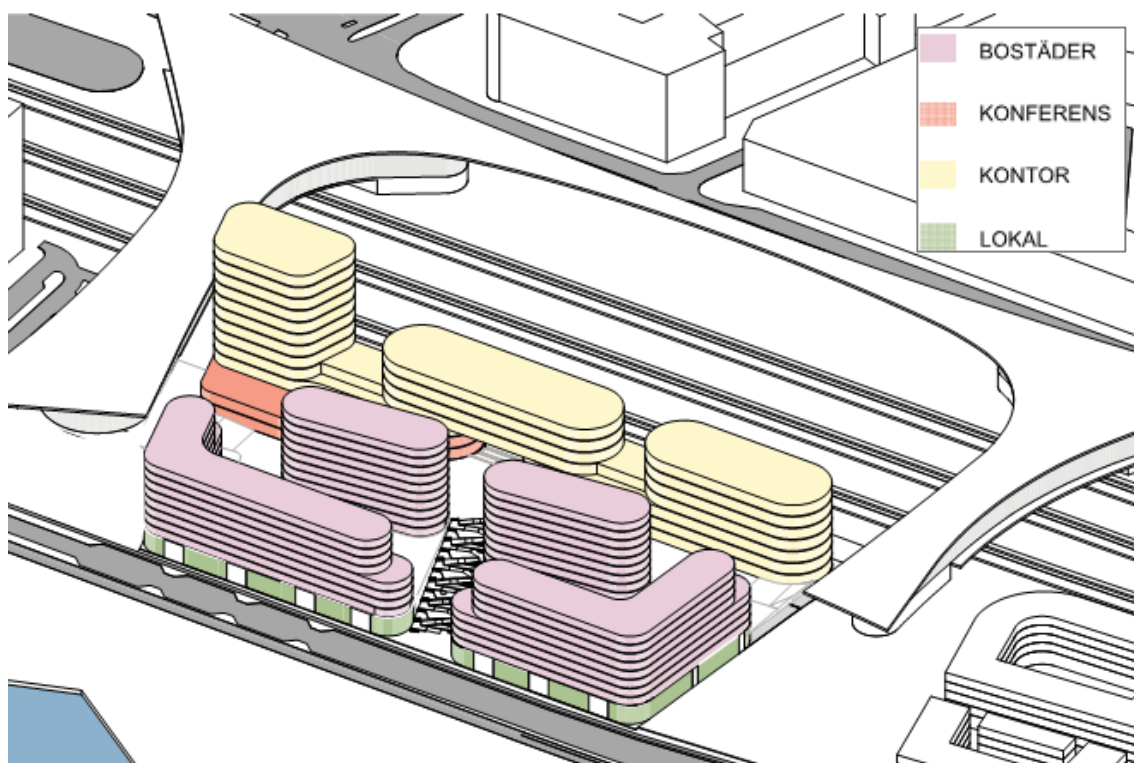
2.2.3 Sigurd 3

Fastigheten Sigurd 3 ligger på den södra sidan om järnvägen mellan resecentrumets båda övergångar. Inom fastigheten innebär planförslaget sju byggnader med 7-12 våningar med en öppen gård mellan byggnaderna. Husen närmast spårområdet planeras 25 meter från närmaste spår och är tänkta att innehålla kontor och hotell (se figur 2.7). Bakomliggande byggnader planeras som bostadsbebyggelse med lokaler i bottenvåningarna. Avståndet mellan bostäder och järnvägen planeras vara minst 50 meter.

Inom området finns eventuellt även planer på en skola. Denna är tänkt att i så fall omfatta utbildning för vuxna. Vilken byggnad som i sådant fall kan komma att omfatta skola är inte bestämt, i nuläget är samtliga byggnader inom Sigurd 3 aktuella.

Respektive byggnadskropp inom området har indexerats enligt figur 2.7 och förutsättningar gällande ytor, nyttjande och uppskattat personantal redovisas i tabell 2.2. Ett utvecklat resonemang redovisas i bilaga B.

Förutsättningen för de byggnader där nyttjandet är både kontor och bostäder är att kontor placeras som närmast 25 meter från närmaste spår och bostäder minst 50 meter från närmsta spårmitt. Eftersom storleken på skola och förskola inte är bestämd görs ingen specifik uppskattning av personantal i dessa. Ytan bedöms motsvara bostadsanvändning. När placering och storlek på skola och förskola är bestämda kommer personantalet för dessa justeras.



Figur 2.7. Planförslagets utformning inom Sigurd 3 /10/.

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 m m) som kan innebära plötsliga och oväntade olyckshändelser med konsekvens för det aktuella området.

Inventeringen fokuserar på de riskkällor som ligger på ett sådant avstånd att Länsstyrelsens riktlinjer anger att de ska beaktas eller om de utgör en farlig verksamhet som bedöms kunna påverka risknivån inom planområdet.

För de aktuella riskkällorna görs en beskrivning av verksamheten samt en inventering av hantering och/eller transport av farliga ämnen. Inventeringen utgör grunden för den fortsatta analysen.

3.2 Inventering av riskkällor

Resultatet av riskinventeringen redovisas i tabell 3.1.

Tabell 3.1. Inventering av riskkällor i planområdets närhet.

Riskkälla	Minsta avstånd till planområde (m)	Kommentar
Järnvägen	-	Ligger inom planområdet
Bensinstation	300	
Transportled för farligt gods	450	Närmaste sekundär transportled är Björnövägen. Närmaste primär transportled är E18. Avståndet till E18 är 1 km.
Verksamheter med skyddszoner	100	Öster om järnvägen finns industriområden och hamn med flertalet verksamheter som hanterar kemikalier eller på annat sätt kan vara farliga för omgivningen. Se vidare avsnitt 3.4 om skyddszoner kring dessa verksamheter.

När det gäller farligt gods på oklassade vägar så finns det lokala trafikföreskrifterna som anger att förbud råder mot transport med farligt gods på allmänna vägar och gator i Västerås tätort. Innanför cityringen får farligt gods endast transporteras som styckegods /11/. Det innebär att vägar i anslutning till planområdet sannolikt trafikeras av mycket begränsade mängder transporter med farligt gods. Riskerna från dessa är försumbara och vägarna kommer inte att studeras vidare.

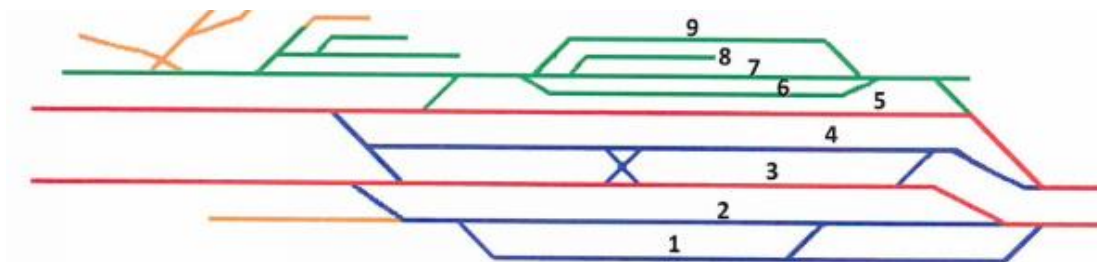
De riskkällor som kommer att studeras vidare är:

- Järnvägen
- Verksamheter med skyddszoner

3.3 Järnvägen

3.3.1 Allmänt

Järnvägen genom Västerås utgör en del av Mäljarbanan samt banan Sala-Eskilstuna. Vid Västerås C består spårområdet av sammanlagt nio spår. Spår 3 och 5 utgör huvudspår. Spår 1, 2 och 4 är avvikande huvudspår och spår 6-9 uppställningsspår. En principskiss över dagens spårområde presenteras i figur 3.1.



Figur 3.1. Principskiss över spårområdet som det ser ut idag/12/.

Hastighetsbegränsningen i stationsområdet är för passerande tåg 80 km/h. Samtliga persontåg som passerar stannar dock vid stationen, vilket innebär att de håller en betydligt lägre hastighet genom området.

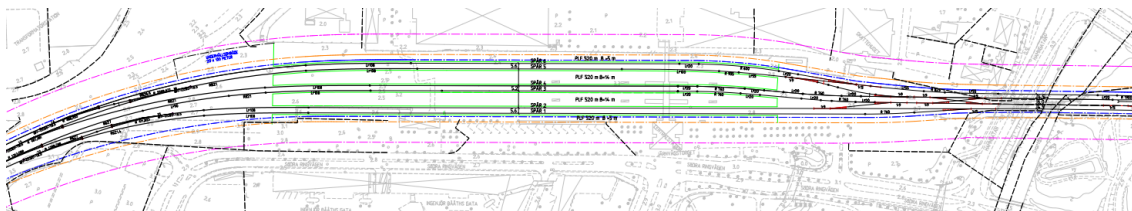
Underlag från Trafikverket /13/ visar att det 2017 passerade 95 persontåg och 11 godståg förbi Västerås centralstation. Godstågen stannar inte vid stationen utan passerar området utan uppehåll. Förbi området körs även vagnar lastade med farligt gods. Idag körs dessa transporter på huvudspåren (3 och 5), detta kommer dock inte utgöra en förutsättning då stationsområdet byggs om, se vidare under *Framtid* nedan.

3.3.2 Framtid

Tågtrafiken och antalet resenärer vid Västerås C förväntas öka. Det finns därför ett behov av att även bygga om spåren vid stationsområdet.

Trafikverkets basprognos för Västerås C innebär ett trafikflöde år 2040 på 150 persontåg och 20 godståg per dygn /13/.

Västerås stad har enligt tidigare antagit en fördjupad översiktsplan för stationsområdet (ÖP 64) /14/. Enligt den fördjupade översiktsplanen finns planer på att flytta befintliga uppställningsspår utanför stationsområdet vilket skulle innebära en 6-spårslösning genom stationsområdet. Figur 3.2 visar hur det nya spårområdet planeras med en 6-spårslösning /15/.



Figur 3.2. Aktuell version av hur spårområdet ser ut i utbyggt skede /15/.

3.3.3 Transporter av farligt gods

Allmänt om 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 3.2 redovisas de olika klasserna samt typ av ämnen.

Tabell 3.2. Farligt gods indelat i olika klasser enligt RID-S /16/.

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 eldningsoljor, lösningsmedel och industrikemikalier etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Kiseljárn (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	Övriga farliga ämnen	Gödningsämnen, asbest etc.

Farligt gods på aktuell järnvägssträcka

Underlag från Trafikverket för åren 2013-2018 /17/ visar att antalet vagnar som var lastade med farligt gods som passerade Västerås Centralstation i snitt uppgick till ca 3 000 vagnar per år, vilket utgör 2-3 % av totala antalet godsvagnar. Utifrån underlaget konstateras att samtliga farligt godsklasser utom 1 (explosiva ämnen) och 7 (radioaktiva ämnen) transporteras på aktuell järnvägssträcka (under perioden har en vagn med 6 kg ämne ur klass 1 förekommit). Vanligast förekommande är ämnen ur klass 9 (övriga farliga ämnen) och 8 (frätande ämnen).

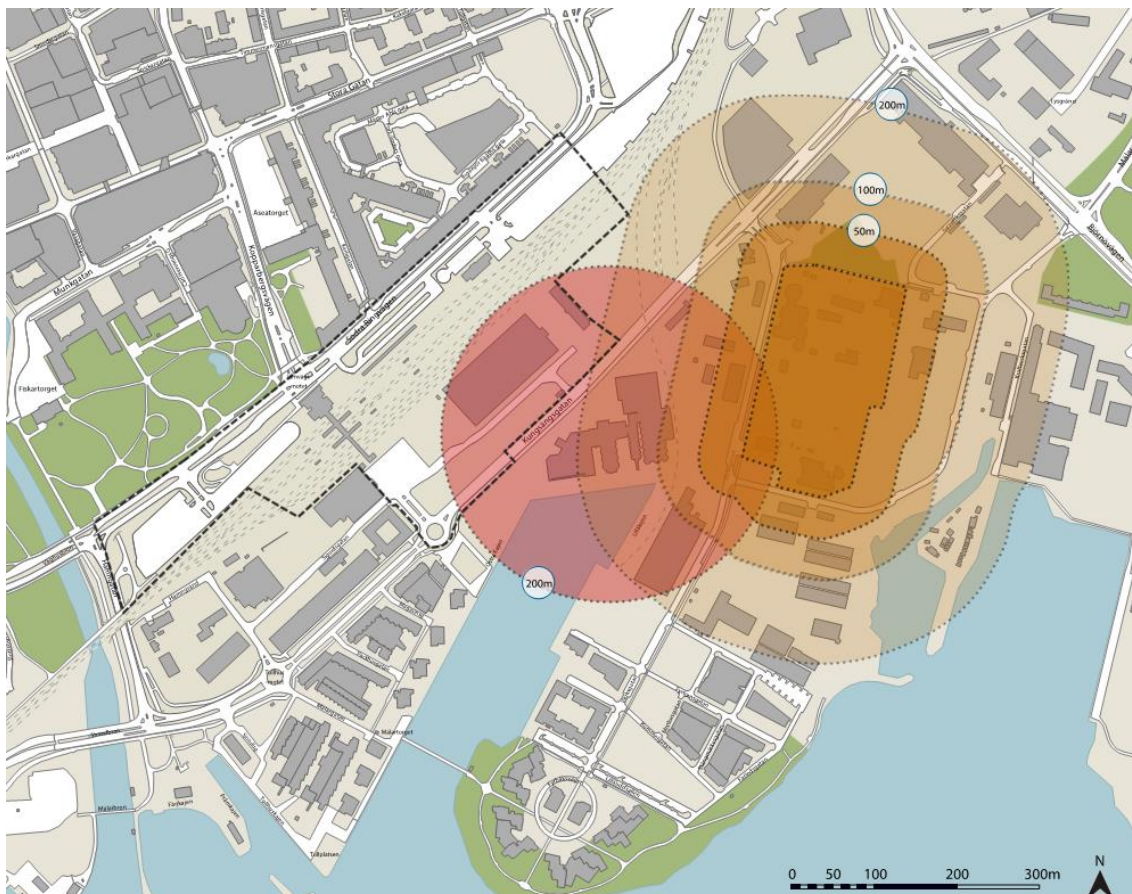
Framtid

Det har inte tagits fram någon prognos för framtida transporter med farligt gods förbi området. För den fortsatta analysen antas att andelen farligt gods som passerar är oförändrad gentemot dagens situation.

Transport av farligt gods förväntas vid en 6-spårslösning kunna ske på samtliga spår (i stället för som idag på spår 3 och 5) /18/. För att inte underskatta riskerna kring järnvägen kompletteras fördelningen av farligt godsklasser från Trafikverkets underlag med att 0,1 % av det farliga godset utgör klass 1 gods, explosiva ämnen.

3.4 Verksamheter med skyddszoner

I anslutning till planområdet finns det två verksamheter med skyddszoner för störning. Dels är det Lantmännens siloanläggning och dels är det Västerås stads avloppsreningsverk, se figur 3.3 nedan.



Figur 3.3. Verksamheter med skyddszoner i anslutning till planområdet /19/.

Siloanläggningens skyddszon har upprättats eftersom anläggningen kan påverka omgivningen genom buller från fläktar, trafik, lastning och lossning samt damning/stoftspridning. Avståndet baseras på hur liknande verksamheter tidigare bedömdes. /19/

Reningsverkets skyddszon finns på grund av lukt från anläggningen. /19/

Båda verksamheterna har skyddszoner omkring sig då de kan medföra olägenheter i omgivningen. Påverkan mot omgivningen är dock av karaktären störning och utgör ingen risk för akut påverkan på liv och hälsa vilket studeras i denna analys. Verksamheterna kommer därför inte att studeras vidare. Arbetet pågår dessutom med att eventuellt omlokalisera verksamheterna /20/.

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 är bedömningen att det är följande riskkällor som kan medföra olyckshändelser med möjlig konsekvens för det aktuella planområdet.

Järnväg

1. Tågbrand
2. Urspårning
3. Olycka med farligt gods

4.3 Kvalitativ uppskattning av risk

4.3.1 Tågbrand

Konsekvenserna av en tågbrand är bl.a. beroende av vilken tågtyp som brinner. Brand i ett godståg kan bli betydligt mer omfattande än brand i persontåg (utformningen av persontåg följer strikta regler för att reducera risken för omfattande bränder med hänsyn till resenärernas säkerhet). Skadeområdet vid brand i godståg bedöms kunna bli mer omfattande. Värmestrålningen bedöms bli hög inom ett relativt stort avstånd.

Med hänsyn till att resecentrumet är placerat direkt intill och ovanpå spårområdet bedöms en brand både i persontåg och i godståg kunna innebära brandspridning till planerad bebyggelse. Olycksrisken bör därför studeras i en mer fördjupad riskanalys med avseende på påverkan på risknivån inom planområdet, se vidare avsnitt 5. Risken för brandspridning till annan bebyggelse, än stationsutrymmen, inom planområdet bedöms inte ske med hänsyn till avståndet mellan närmaste spår och planerad bebyggelse.

4.3.2 Urspårning

Det är relativt vanligt att tåg spårar ur. I de allra flesta fall hoppar dock bara ett hjulpar av rälen och tåget stannar kvar inom spårområdet. Beroende på tågets hastighet och längd, rälsens kvalitet, förekomst av främmande föremål på spåret, omgivningens topografi etc. kan tåget dock spåra ur och hamna längre från spåret. Urspårning utgör den absolut mest sannolika olyckshändelsen med tågtrafik. Konsekvensområdet för en urspårning är kraftigt beroende av tågets hastighet och omgivningens utformning. I de fall där järnvägen ligger i samma nivå som omgivningen står konsekvensområdet i relation till tågets hastighet vid urspårningstillfället. Det maximala vinkelräta avståndet från spåret som vagnen kan hamna kan då beräknas som $V^{0,55}$ där V är hastigheten i km/h /21/.

Utifrån ovanstående beskrivning tillsammans med att resecentrumet är placerat intill och ovanpå spårområdet görs bedömningen att urspårning behöver beaktas vidare i den fördjupade analysen, se vidare avsnitt 5. Påverkan på risknivån kan vara betydande, dock kommer perronger utmed spåren utgör ett skydd. Perrongerna är en förutsättning i riskanalysen men omfattningen av dessa är inte helt beslutad varför de inte beaktas vid beräkning av risk men funktionen av (och krav på) dessa beaktas i avsnitt 6 om säkerhetshöjande åtgärder.

4.3.3 Olycka med farligt gods

Som tidigare nämnts delas farligt gods in i nio olika klasser utifrån RID-S /16/.

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 RID-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, gasmolnexplosion, 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. Övriga farliga ämnen	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet.

Olyckor innehållande varor klass 1 riskerar enligt tabell 4.1. att medföra stora konsekvenser. Enligt avsnitt 3.3.2 förekommer inga transporter av farligt gods i klass 1 på den aktuella sträckan genom Västerås. Men för att inte underskatta risken sådana transporter medför samt för att inte bygga bort möjligheten för dessa transporter i framtiden antas i den fortsatta analysen att 0,1% det farliga godset utgörs av klass 1.

Utifrån beskrivningen ovan samt informationen om aktuella transporter (inga transporter med klass 1 och 7) 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 stationsområdet, alternativt så förekommer inte några transporter av de klasserna.

4.4 Slutsats inledande riskanalys

Med hänsyn till avståndet mellan bebyggelse och kringliggande riskkällor så är det ett begränsat antal olycksrisker som bedöms kunna påverka området.

Det går dock inte att, enbart utifrån resultatet av den inledande riskanalysen, avgöra huruvida den sammanvägda risknivån är så omfattande att säkerhetshöjande åtgärder behöver vidtas eller inte. Därför har det bedömts nödvändigt att genomföra en fördjupad kvantitativ riskanalys av följande olycksrisker:

- Brand i godståg och i persontåg
- Ursparning
- Olycka med farligt gods på järnvägen:
 - Olycka med explosivämnen (klass 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)
 - Olycka där ämne ur klass 5 blandas med brännbart ämne och orsakar explosionsartat självantändning (klass 5)

Genom att närmare kvantifiera frekvens och konsekvens för dessa risker erhålls en tydligare bild över risknivån i det aktuella området. En kvantifiering av risknivån medger att resultaten lättare kan jämföras med riktlinjer för riskacceptans. Se avsnitt 5 för vidare analys av ovanstående scenarier.

5. Fördjupad riskanalys

5.1 Allmänt

I den fördjupade analysen kvantifieras frekvensen för, samt konsekvenserna av, respektive olycksrisk. Vilken metod som används är beroende av riskkällans egenskaper. Underlag till beräkningar, valda metoder samt beräkningarna redovisas i bilaga A och B.

Frekvens- och konsekvensberäkningarna vägs sedan samman och redovisas i form av individrisk och samhällsrisk.

5.2 Sammanvägning av risk

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

5.2.1 Individrisk

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 den kumulerade frekvensen (per år) för att en fiktiv person på ett visst avstånd omkommer till följd av en exponering från den studerade riskkällan. Detta innebär att på en punkt t.ex. 100 meter från riskkällan så är individrisken densamma som den sammanlagda frekvensen för alla skadescenarier med ett skadeområde ≥ 100 meter.

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.

Med hänsyn till ovanstående parametrars inverkan på framför allt konsekvenserna av respektive olycksrisk bedöms dock denna risknivå inte ge en rättvis bild av aktuella förhållanden inom det studerade området. Individrisken beräknas därför även med hänsyn till planerad bebyggelsestruktur, där det beaktas att den planerade bebyggelsen antingen har en reducerande eller eskalerande effekt på skadeavstånd och sannolikhet att omkomma.

5.2.2 Samhällsrisk

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.

Liksom individrisken beräknas samhällsrisken utifrån vissa förutsättningar och antaganden rörande bebyggelsestruktur, byggnadsutformning, topografi etc.

Acceptanskriterierna för samhällsrisk avser 1 km^2 med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km järnväg respektive väg. Samhällsrisken beräknas därmed för det studerade området samt omgivande bebyggelse. Konsekvensberäkningarna avseende antal omkomna kommer därför att omfatta både det studerade planområdet samt omgivande bebyggelse.

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

5.2.3 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.

För riskvärdering av bebyggelse intill farligt gods-leder rekommenderar Länsstyrelsen i Stockholms län att riskkriterierna i publikationen *Värdering av risk /22/* används. I denna ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk, 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
--	-----------	--

Acceptanskriterierna i tabell 5.1 omfattar en lägre och en övre gräns. Risker som hamnar under den lägre gränsen är acceptabla och innebär normalt inga krav på åtgärder. Risker som hamnar över den övre gränsen är oacceptabla och ska reduceras genom åtgärder eller restriktioner.

Området mellan den lägre och den övre gränsen benämns ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Inom detta område anses riskerna vara så stora att de noga måste beaktas och rimliga åtgärder vidtas för att sänka riskerna. För att bedöma rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder behöver därför begreppet *tolerabel risk* beaktas:

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 och markanvändning. Detta gäller framför allt avseende individrisk. Individrisken beräknas normalt under antagandet att en individ är kontinuerligt närvarande på en given plats. Enligt Värdering av risk /22/ bör dock vissa korrigeringar göras av beräknade risknivåer avseende vissa individer i verkligheten inte är kontinuerligt närvarande. För arbetare kan t.ex. individrisken reduceras med en faktor 4. För personer i rekreationsområden kan individrisken reduceras med en faktor 10. För boende görs ingen korrigering.

I stället för att korrigera individrisken för olika individer enligt beskrivningen ovan så utgår riskanalysen från att risknivåer inom den nedre halvan av ALARP kan accepteras för t.ex. kontors- och vissa typer av restaurang- och butiksverksamheter utan behov av säkerhetshöjande åtgärder eftersom den faktiska individrisken för personer inom dessa verksamheter är betydligt lägre än den beräknade. För bebyggelse och utrymmen som inte innebär stadigvarande vistelse, t.ex. parkeringsplatser samt gång- och cykelstråk, kan accepteras en risknivå som hamnar över den övre gränsen i angivna riskkriterier.

2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även på inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Enligt Värdering av risk /22/ så bör en rimlig utgångspunkt vara att risker som ligger inom den övre delen av ALARP-området, d.v.s. nära gränsen för "oacceptabla risker" endast tolereras om nyttan med verksamheten anses mycket stor och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av ALARP-området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Underlåtenhet att genomföra ytterligare åtgärder skall då motiveras.

5.2.4 Hantering av osäkerheter

Det finns stora osäkerheter när det gäller indata och underlag i den här typen av analyser. För att hantera vissa av dessa osäkerheter görs en känslighetsanalys där indata varieras på olika sätt. Genom känslighetsanalysen skapas en så fullständig bild av risknivån som möjligt.

Känslighetsanalysen redovisas i avsnitt 5.5.

5.3 Resultat av riskberäkningar

5.3.1 Individrisk

Beräkning

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 respektive riskkälla. 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:

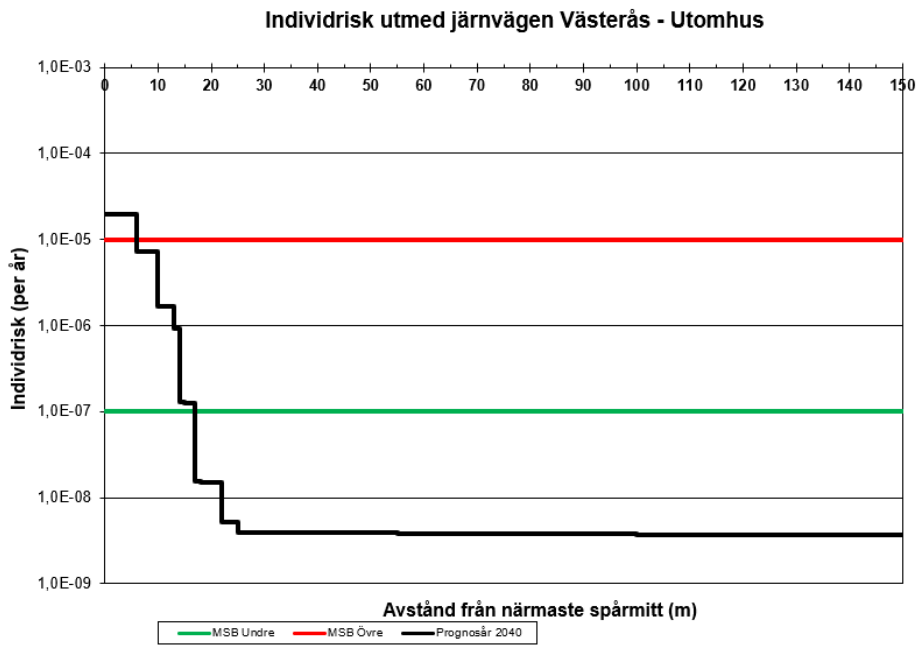
1. De konsekvensberäkningar som redovisas i bilaga B visar att andelen personer inom skadeområdet som bedöms omkomna minskar med avståndet från riskkällan. Detta innebär även att sannolikheten för att den fiktiva personen som studeras vid beräkning av individrisk omkommer också minskar med avståndet 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 järnvägssträcka 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 järnvägssträcka.

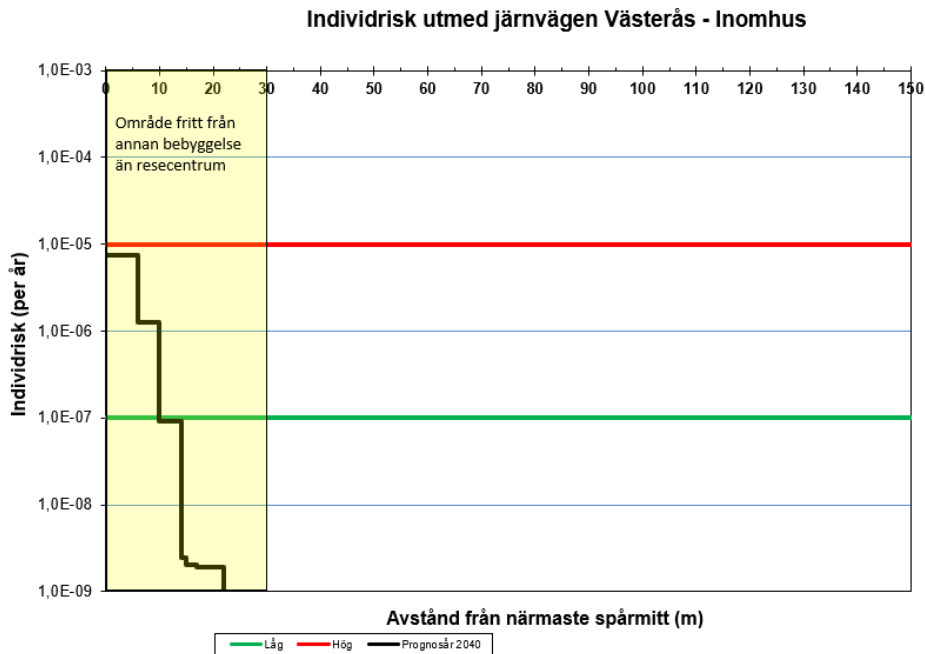
3. För vissa olycksscenarier förknippade med gaser (både brännbara och giftiga) blir skadeområdet inte cirkulärt. Detta innebär i sin tur att det inte är givet att en person som befinner sig inom det kritiska området omkommer. För dessa scenarier reduceras frekvensen ytterligare med avseende på gasplymens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

Resultat

Nedan redovisas den beräknade risknivån inom områden utmed järnvägen genom Västerås. Individrisken presenteras dels för oskyddade personer utomhus (se figur 5.1) och dels för personer inomhus (se figur 5.2).



Figur 5.1. Individrisk utomhus utmed järnvägen genom Västerås.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala)



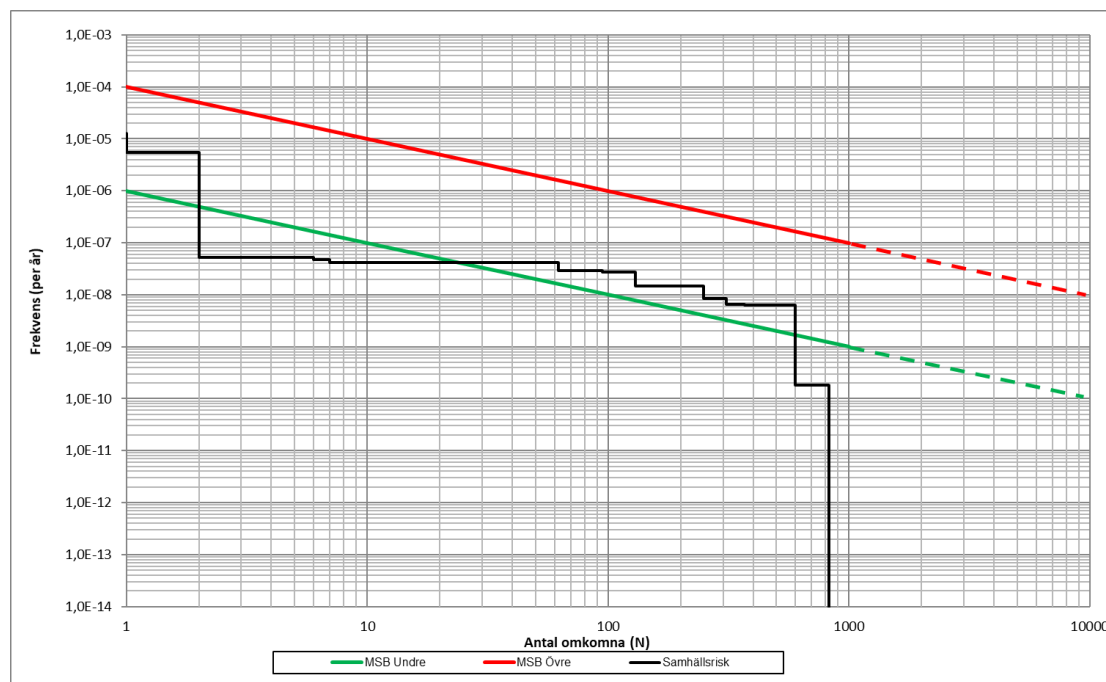
Figur 5.2. Individrisk inomhus utmed järnvägen genom Västerås.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala)

5.3.2 Samhällsrisk

I figur 5.3 redovisas den beräknade samhällsrisken i centrala Västerås där det nya resecentrumet planeras. Planförslaget innebär att bebyggelse (exklusive resecentrumet) planeras med minst 25 meter mellan fasad och närmsta spår. Vid en ombyggnad av bangården planeras perronger utanför de yttre spåren på respektive sida om bangården, vilket eliminerar risken för urspårning. Resecentrumets konstruktion förutsatt utföras så att ett urspårat tåg inte kan påverka den. Övriga förutsättningar för beräkning av samhällsrisk redovisas i Bilaga B.

Samhällsrisken presenteras med ny bebyggelse inom stationsområdet och omgivningarna utifrån redovisning i avsnitt 2.2.

Beräkningarna har gjorts för den uppskattade framtida trafiksituationen år 2040.



Figur 5.3. F/N-kurva som redovisar samhällsriskenivån för området kring centralstationen i Västerås och dess närmaste omgivning med avseende på olycksrisker förknippade med järnvägen. Samhällsrisken är beräknad för trafiksituationen år 2040. (Observera att frekvens och konsekvens redovisas med logaritmisk skala.)

5.4 Värdering av risk

Med avseende på **individrisk** bedöms risker förknippade med urspårning och tågbrand medföra hög risknivå närmast spåret. Risknivån är oacceptabel inom ca 5-10 meter från spår avseende individrisk utomhus. Risken ligger inom ALARP inom ca 10-20 meter utomhus och inom 0-10 meter inomhus. För områden utomhus inom ca 20 meter och inomhus inom ca 10 meter är således åtgärder nödvändiga med avseende på individrisken. För avstånd över ca 10 respektive 20 meter är risknivån acceptabel, vilket innebär att risker ses som acceptabla utan vidare åtgärder, enbart beaktat individrisken. Inom 20 meter från närmaste spår finns endast verksamheter kopplade till resecentrumet. Bebyggelse som ej utgör resecentrum och därtill hörande funktioner planeras minst 25 meter från närmaste spår.

Med avseende på **samhällsrisk** ligger risknivån i stora delar på acceptabla nivåer men för mellan ca 30 och 600 omkomna ligger risknivån i den nedre delen av ALARP-zonen. Det innebär att åtgärder ska vidtas för att sänka risknivån. Samhällsrisknivån är inte i någon del oacceptabel. Ur figuren ovan utläses att det är lågfrekventa olyckor med stort antal omkomna som medför att det är relevant att ställa krav på riskreducerande åtgärder. Detta grundar sig till stor del på att planerad bebyggelse planeras med ett skyddsavstånd på cirka 25 meter från närmaste spår. De olyckor som främst bedöms bidra till att samhällsriskerna hamnar inom ALARP är utsläpp av giftig och brännbar gas.

5.5 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.

Den största osäkerheten bedöms bestå i antalet och vilka transporter med farligt gods förbi området och därför utförs en känslighetsanalys avseende detta (se nedan).

Känslighetsanalysen består i att studera individrisknivån utifrån nationell statistik gällande fördelningar av transporter av farligt gods på järnväg samt att antalet transporter med farligt gods fördubblas. För samhällsriskerna utgörs känslighetsanalysen av att antalet transporter fördubblas.

Utöver transportmängd bedöms även följande beräkningar, antaganden och förutsättningar vara belagda med osäkerheter:

- Frekvensberäkningarna för olyckor har utförts med schablonmetoder.
- Uppskattat personantal inom planområdet och angränsande framtida exploateringar

Genom att hela tiden göra konservativa antagen bedöms dock dessa osäkerheter hanteras.

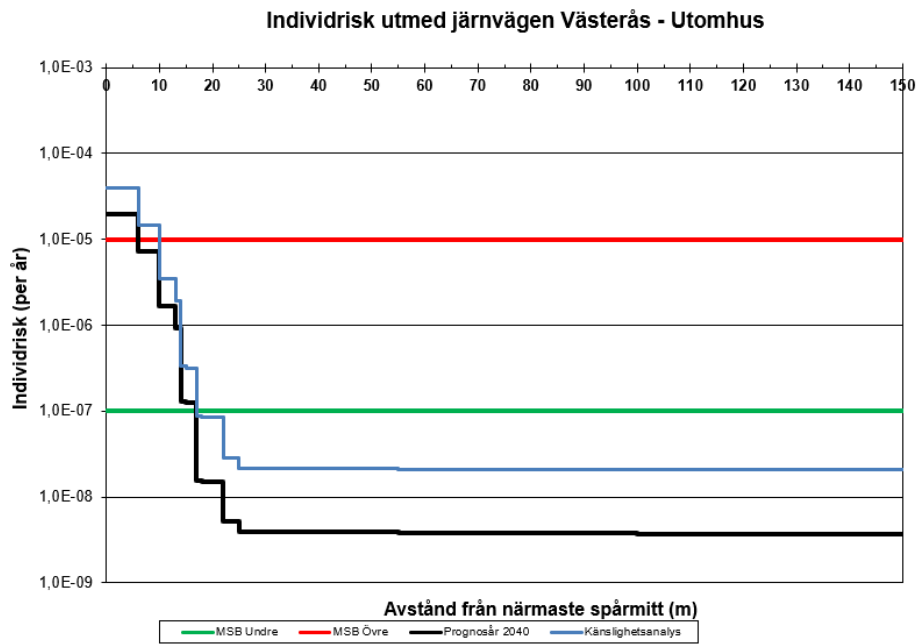
Känslighetsanalysen avseende transportmängd redovisas översiktligt i nedanstående kapitel och mer utförligt i bilaga A och B.

5.5.1 Känslighetsanalys

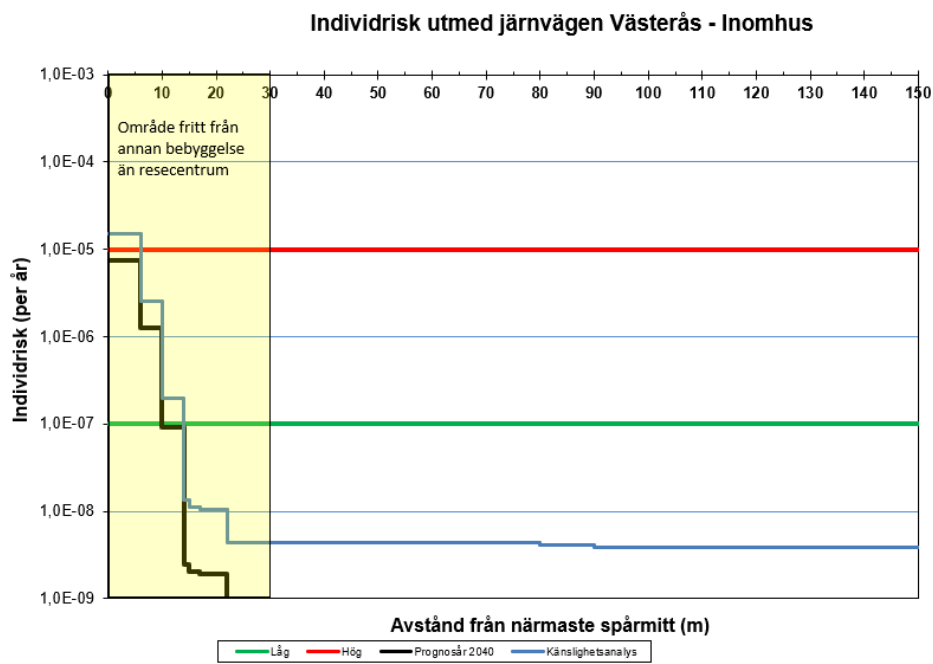
En av de största osäkerheterna i riskanalysen bedöms ligga i den antagna mängden farligt gods på järnvägen för prognosåret 2040. Denna osäkerhet har föranlett en känslighetsanalys som beaktar följande scenariot att den prognosticerade trafiken av farligt gods fördubblas jämfört med vad som studerats i analysen. Den faktiska trafiken av farligt gods i Västerås som redovisas i avsnitt 3.3.3. och 4.3.3 har kompletterats med den värsta typen a olyckor (klass 1) även om sådana transporter inte sker. Resultatet är genom den kompletteringen robust mot förändringar i typer av transporter som går genom staden. Ytterligare analys av förändrade typer av transporter ses därför inte som nödvändig. :

Känslighetsanalysen omfattar frekvensberäkningar (bilaga A) samt beräkning av individrisken och samhällsrisk på motsvarande sätt som den fördjupade riskanalysen.

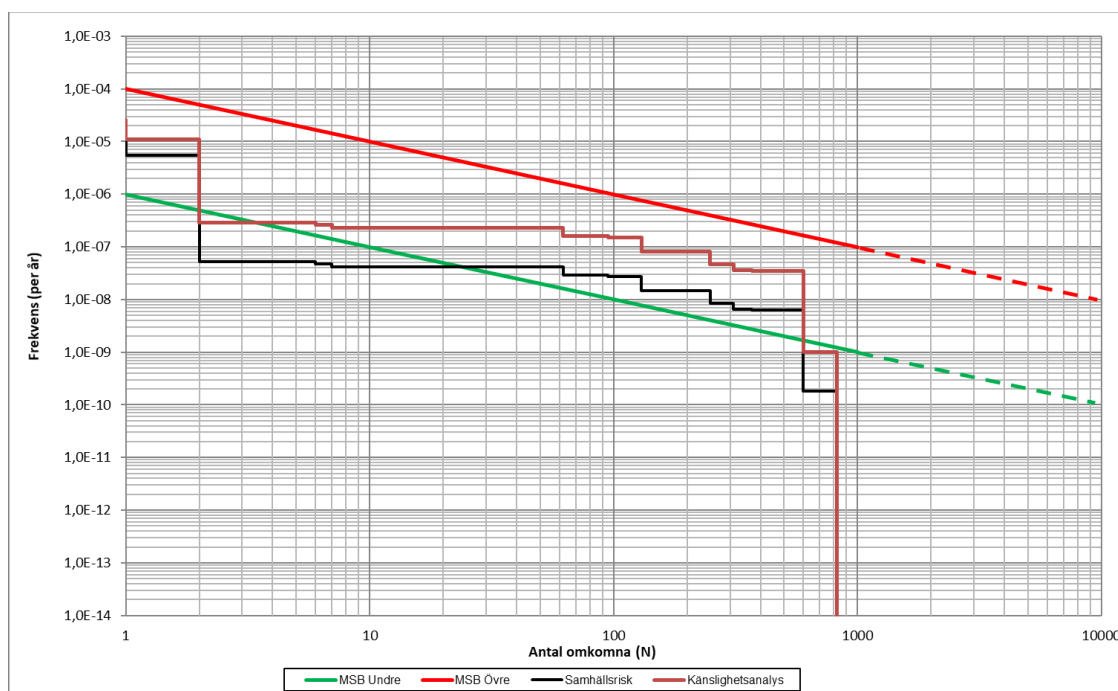
I figur 5.4-5.6 redovisas resultatet av känslighetsanalysen.



Figur 5.4. Känslighetsanalys individrisk utomhus



Figur 5.5. Känslighetsanalys individrisk inomhus.



Figur 5.6. Känslighetsanalyse samhällsrisk.

Resultatet av känslighetsanalysen visar att risknivån blir högre med utgångspunkt i fördubblad trafik. Skillnaderna är dock begränsade och innebär inte att risknivån blir oacceptabel i någon del där den inte redan var det. Känslighetsanalysen visar att det finns en robusthet i resultatet även om trafiksituationen skulle förändras till det sämre ur ett riskperspektiv.

Utifrån genomförd känslighetsanalys samt med hänsyn till att övriga antaganden har genomförts konservativa innebär det att hänsyn tas till ingående osäkerheter i analysen. Känslighetsanalysen medför inget ytterligare behov av säkerhetshöjande åtgärder.

6. Säkerhetshöjande åtgärder

6.1 Allmänt

Enligt den detaljerade analysen bedöms samhällsriskerna för det aktuella planområdet vara på sådan nivå att riskreducerande åtgärder ska beaktas vid exploatering. När det gäller individrisk så ligger enbart resandefunktioner och ytor utomhus inom sådant avstånd att risknivån föranleder behov av åtgärder. Övrig bebyggelse planeras minst 25 meter från järnvägen där risknivån, både inomhus och utomhus, är acceptabel. 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.

Studerat planförslag omfattar tre olika delar; Resecentrum, Sigurd 3 och Vasakvarteret vilka innehåller olika typer av verksamheter, har olika dispositioner och olika skyddsavstånd till järnvägen. Säkerhetshöjande åtgärder kommer därför redovisas separat för dessa tre delar.

De nya bebyggelserna bör i erforderlig utsträckning följa de vägledningar som finns framtagna av Mälardalens brand- och räddningsförbund (MBR) /3/.

Ytterligare en aspekt att väga in är att stationsbyggnaden är en del av järnvägsfunktionen vilket medför att personer som tar sig dit för att nyttja den är beredda att acceptera en högre risk eftersom dom har direkt nytta av järnvägen. Personer med koppling till själva riskkällan (exempelvis trafikanter och resenärer) inkluderas sällan i beräkning av risknivån.

6.2 Diskussion kring åtgärder

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

För att begränsa antalet personer som riskerar att exponeras vid en olycka är det viktigt att de mest exponerade delarna av stationsområdet (överbyggnaden samt utomhusmiljöer utmed spåren) utförs så långt det är möjligt så att inte andra än resenärer lockas att uppehålla sig inom området. Att det accepteras att resenärer utsätts för dessa risker baseras på att de är vid stationsområdet för att nyttja funktionen som stationen medför (resan).

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. MBR redovisar rekommendationer avseende skyddsavstånd i *Riktlinjer för ny och förändrad markanvändning intill järnvägen inom Västerås stad /3/*. Några andra riktlinjer för riskhänsyn finns inte specifikt för Västerås. Länsstyrelsen hänvisar till andra läns riktlinjer, däribland Stockholms (se avsnitt 1.5.1). I centrala områden där det är ont om mark kan det vara svårt att hålla stora skyddsavstånd. Genom att vidta säkerhetshöjande åtgärder för att kompensera för ett minskat skyddsavstånd kan en acceptabel risknivå ändå uppnås.

Resecentrumet och därtill hörande funktioner ligger nära järnvägen och det finns heller inga rekommendationer kring riskavstånd för denna typ av verksamhet då den måste ligga nära riskkällan. Övrig bebyggelse ligger minst 25 meter från närmaste spår vilket innebär att avståndet till kontor uppfyller MBR:s riktlinjer. Avståndet till bostäder innebär att avsteg görs vilket enligt dessa båda riktlinjer innebär att en riskutredning måste genomföras som visar risknivån kan accepteras. Enligt MBR:s riktlinjer måste också ett urspårningsskydd uppföras utmed hela den sträcka där avsteget är aktuellt.

*Den nya bebyggelsen inom **Vasakvarteret** håller ett skyddsavstånd på minst 27 meter till närmaste spår. På detta avstånd ligger den lägre byggnaden med resecentrumfunktioner. Kontorsbyggnaden och bostadsbyggnaden ligger som minst 39 meter från närmaste spår. Placeringen av verksamheter innebär att rekommenderade skyddsavstånd enligt figur 1.2 (Länsstyrelsen i Stockholms län) inte uppfylls helt. Dock innebär placeringen inte att riktlinjerna från Mälardalens Brand- och räddningsförbund enligt figur 1.4 frångås.*

*Det nya **resecentrumet** är i vissa delar placerat i direkt anslutning till spåren samt med övergångar över spårområdet. På övergångarna placeras endast väntutrymmen och resandefunktioner som inte lockar dit andra människor än just resenärer. Dessa funktioner behöver också vara spårnära för att underlätta resandet.*

*Planerade kontorsbyggnader inom **Sigurd 3** placeras så att ett skyddsavstånd på minst 25 meter till närmsta spår hålls. Planerade bostäder placeras minst 50 meter från närmsta spår. Detta innebär att verksamheterna uppfyller de schablonmässiga avståndskrav som redovisas i figur 1.2. Behov av åtgärder är dock nödvändiga för att säkerställa utformningen av obebyggda områden nära järnvägen.*

För att acceptera föreslagen bebyggelsestruktur rekommenderas att kompletterande åtgärder vidtas (se nedan).

6.2.2 Utformning av obebyggda ytor

Utformningen av obebyggda områden i anslutning till riskkällor bör göras med hänsyn tagen till den förhöjda risknivån närmast järnvägen (inom ca 20 meter). Detta område bör inte utformas så att det uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Perronger och bussterminal ses i detta fall inte som stadigvarande vistelse och enligt tidigare avsnitt behandlas inte resenärer på perrongerna i denna analys.

*Det föreslås att utformning för områden inom 25 meter mellan byggnader inom **Vasakvarteret** samt **Sigurd 3** och spårområdet utförs så att de inte lockar till stadigvarande vistelse eller höga personantal. Byggnaderna ska planeras så att personer inte uppmuntras att ta sig till området mellan byggnaderna och spåret.*

*Föreslagen utformning inom **Sigurd 3** visar att en ny gata (Resenärsgatan) är planerad mellan kontorsbebyggelsen och spårområdet. Gatan med tillhörande parkering bedöms inte medföra stadigvarande vistelse.*

*Föreslagen utformning för **resecentrumet** medför att inga ytor mellan byggnader och spårområde skapas som utformas för resenärer eller omfattar infrastruktur. Ytor utomhus utgörs enbart av gång- cykelvägar, busshållplats, körytor samt perronger vilket inte ses som stadigvarande vistelse. Möjligen kan uteserveringar bli aktuella nära järnvägen. Dessa bör i sådant fall placeras så att ett avstånd på minst 20 meter hålls alternativt placeras så att de skyddas av nivåskillnad och/eller byggnadsdelar.*

Det föreslås att förutsättningar avseende område mellan byggnad och järnväg anges som krav i detaljplan, se vidare 6.3.

6.2.3 Utformning av byggnader

Utrymning: Utrymningsstrategin för ny bebyggelse i anslutning till riskkällan behöver utformas med beaktande av möjliga olyckor. Detta innebär att utrymningsvägar ska dimensioneras och utformas så att utrymning kan ske tillfredställande även vid en olycka på järnvägen.

Ovanstående innebär att ny oskyddad bebyggelse som är exponerad mot riskkällan ska utformas med åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från riskkällan. Hur långt skyddsåtgärden sträcker sig från närmsta spår är beroende av vilken verksamhet som byggnaden innehåller. 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. Åtgärderna bör åtminstone vidtas för byggnader inom 100 meter från järnvägen som exponeras mot järnvägen. Bebyggelse som inte exponeras mot järnvägen kan utföras med utrymningsvägar mot järnvägen eftersom de utrymmande kommer att vara skyddade av framförhållande bebyggelse.

*Föreslagen utformning för **Vasakvarteret** och **Sigurd 3** medför att byggnaderna som exponeras mot järnvägen behöver förses med möjliga utrymningsvägar bort från spårområdet. Detta gäller även mindre lokaler i bottenvåningarna där stadigvarande vistelse kan förväntas (t.ex. butiker och restauranger)*

*Föreslagen utformning för **resecentrumet** medför att möjlighet till utrymning bort från spåret är möjlig via utrymningsvägar/entréer. Utrymningsvägar som mynnar mot spåret och som inte utförs med glasdörrar bör förses med möjlighet till återinrymning.*

Det föreslås att förutsättningar avseende utrymningsvägar anges som krav i detaljplan, se vidare 6.3.

Det ska observeras att utrymning via fönster eller balkong med räddningstjänstens stegutrustning inte uppfyller syftet med åtgärdsförslaget. Vidare ska det beaktas att om utrymningsstrategin från byggnader utformas med tillgång till enbart en utrymningsväg, som utgörs av trapphus som vetter mot riskkällan ska trapphuset utformas så att strålningsnivån på utrymmande inte överstiger 3 kW/m² vid en olycka på järnvägen. Detta rör sig dock om detaljprojektering som inte bör anges som krav i detaljplanen utan kan i stället härledas till övriga lagkrav enligt Plan- och bygglagen avseende säker utrymning.

Byggnadstekniska åtgärder: Enligt ovan innebär föreslagen bebyggelsestruktur inom planområdet att rekommenderade skyddsavstånd mellan järnväg och bostadsbebyggelse underskrids. För att acceptera detta behöver kompletterande byggnadstekniska åtgärder vidtas. 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.

På järnvägen genom Västerås transporteras idag inget farligt gods som kan leda till en massexplosion (klass 1.1) eller liknande (klass 5). Effekten på risknivån av åtgärder mot explosion blir mycket liten. Åtgärder är därför svåra att motivera.

Enligt tidigare innebär dock olyckor som leder till gasmolnsexplosion (klass 2.1) relativt stor påverkan på risknivån. Denna typ av olycka medför ett mycket kortvarigt och lägre tryck jämfört med explosion med ämnen ur klass 1 och 5. Olyckan innebär även brandpåverkan. Åtgärder för att hantera scenariot redovisas under avsnittet "Skydd mot brand" nedan.

*Utifrån ovanstående föreslås att varken **Vasakvarteret**, **resecentrumet** eller byggnader inom **Sigurd 3** utförs med skydd mot explosioner orsakade av olycka med klass 1 och 5.*

- **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 friskluftsintag för lokaler där personer vistas stadigvarande placeras mot en trygg sida, det vill säga bort från riskkällan.

Åtgärden innebär normalt en låg kostnad men kan vara svår att följa upp och kan inte helt regleras som en planbestämmelse.

*Krav gällande placering av ventilationen bör ställas på samtliga byggnader som placeras inom 100 meter från närmsta spår. Det betyder att **Vasakvarteret**, **resecentrumet** och **byggnader inom Sigurd 3** bör förses med friskluftsintag som är riktade bort från spårområdet alternativt på respektive byggnads tak.*

Byggnadsdelar inom 50 meter från Mälarbanan som vetter mot järnvägen ska inte förses med terrasser. Terrasser inom 50 meter från järnvägen ska endast placeras bort från Mälarbanan eller på tak i skyddat läge för att förhindra att personer vistas utomhus och exponeras vid exempelvis ett utsläpp av giftig gas.

- **Skydd mot brand:** För att minska sannolikheten att en brand på intilliggande järnväg (olycka med brännbar gas och brandfarlig vätska eller tågbrand) sprider sig in i kringliggande byggnader innan människor i byggnaden har hunnit utrymma kan fasader som vetter mot riskkällan utföras i material som begränsar risken för brandspridning in i byggnaden under den tid det tar att utrymma. Som ett riktvärde bör brandspridning begränsas i åtminstone 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 och glaspartier. Exempelvis kan fönster utföras så att de är intakta och sitter kvar under hela brandförloppet genom att använda brandklassade, härdade eller laminerade glas.

*En olycka med brandfarlig vätska samt tågbrand bedöms, med hänsyn till planerad bebyggelse inom **Vasakvarteret** och **Sigurd 3**, ha mycket begränsad påverkan på risknivån eftersom avståndet är minst 25 meter.*

*Utifrån genomförda riskberäkningar bedöms en olycka med brännbar gas innebära en relativt stor påverkan på risknivån inom det aktuella planområdet. För att begränsa risken för brandspridning in i byggnaderna vid en gasmolnexplosion rekommenderas därför att oskyddade byggnader¹ vid **Sigurd 3** och **Vasakvarteret** inom 50 meter från Mälarbanan utförs med krav på obrännbara fasader. Även fönster och glaspartier i fasader som vetter mot järnvägen rekommenderas att utföras med hänsyn till risken för gasmolnexplosion. Med hänsyn till avståndet mellan järnväg och byggnader samt att en gasmolnexplosion innebär kortvarig påverkan bör det vara tillräckligt att fönster utförs i lägst härdat och laminerat glas som klarar uppvärmning till 300°C under ca 30 minuter². Ett härdat och laminerat glas innebär även att fönstren klarar viss tryckpåverkan samt att splitter från fönstren begränsas, vilket är aktuellt vid en gasmolnexplosion. Att ställa krav på glas med viss brandteknisk klass bedöms inte medföra en bättre säkerhet med hänsyn till gasmolnexplosion. Tvärtom innebär föreslaget glas ett bättre skydd mot tryckpåverkan och splitterskador än ett brandglas.*

Aktuella fönster får vara öppningsbara om inte annat krav ställs enligt Boverkets byggregler.

Det föreslås att förutsättningar avseende skydd mot brandspridning anges som krav i detaljplan, se vidare 6.3.

¹ Det vill säga byggnadsdelar som exponeras mot Mälarbanan utan skyddade bebyggelse framför.

² Fönster i härdat och/eller laminerat glas som klarar uppvärmning till 300°C under ca 30 minuter reducerar den infallande värmestrålningen med ca 30-50 %. Med avseende på aktuella olycksrisker med brännbar gas bedöms den infallande värmestrålningen mot aktuella fönster att vara på en sådan nivå att glaset ej riskerar att spricka p.g.a. långvarig strålning och temperaturhöjning. Utformningen reducerar den infallande värmestrålningen in i byggnaden till en nivå som ej är kritisk för antändning av bl.a. lättantändligt material.

När det gäller **resecentrumet** är avståndet till närmaste spår i delar obefintligt då övergångar finns över spåret. Fasader på sidan om spårområdet, inom 30 meter från närmste spårmitt, rekommenderas därför att utföras i obrännbart material och att konstruktionen ska motsvara minst EI 30 (även fönster och glasytor) som skydd mot pöl- och tågbränder. Detta gäller dock inte för övergångarna, perrongerna eller passager mellan övergångar och perronger eftersom dessa ytor inte omfattar stadigvarande vistelse.

- **Skydd mot urspårning/påkörning:** Ett urspårat tåg kan hindras att lämna spårområdet genom att vidta någon av följande åtgärder:
 - o uppföra en mur/vägg eller dylikt, minst 1,5 meter hög, som placeras mellan byggnader och spår.
 - o uppföra byggnader utmed befintlig eller ny plattform
 - o skyddsräler

Utformning av **resecentrumet** behöver medföra att alla oskyddade vitala delar i konstruktioner till byggnaden inom 25 meter från spår ska vara skyddade mot påkörning. Lämpligen säkerställs detta genom att perrongerna utformas så att sådant skydd erhålls.

Avståndet till byggnader inom **Vasakvarteret** och **Sigurd 3** medför att minst 25-27 meters skyddsavstånd hålls mellan järnvägen och ny bebyggelse. Detta avstånd medför att skydd mot urspårning erhålls. I och med en framtida ombyggnad av bangården kommer perronger placeras utmed ytterspår på båda sidor. I nuläget finns enbart perrong utmed ytterspår på den nordvästra delen av bangården. Inga åtgärder avseende denna olycksrisk är utifrån ovanstående nödvändiga.

Disposition av byggnader: För att minimera antalet personer som riskerar att påverkas av en olycka är dispositionen av byggnaden i vissa fall viktig att beakta. Detta görs exempelvis genom att förlägga utrymmen i byggnaden för stadigvarande vistelse bort från riskkällan eller i skyddade lägen där byggnaden i sig själv fungerar som en barriär.

Det studerade förslaget för **resecentrumet** innebär att verksamheter som kan locka andra än resenärer placeras i stationsbyggnaden. Detta kommer att medföra att fler människor exponeras för riskkällan. Exempel på sådana verksamheter är restauranger, butiker och caféer. Planförslaget innebär att ingen stadigvarande vistelse planeras för andra än resenärer (huvudsakligen väntytur) inom överbyggnaden. Restauranger bör placeras i stationsbyggnadens ytterkanter där utrymning kan ske direkt till det fria.

6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning

Studerade förslag på utformningar behöver säkerställas. Ändringar i de studerade förslagen kan medföra att nedanstående säkerhetshöjande åtgärder behöver ses över.

För utformning av stationsområdet rekommenderas att perronger mot Sigurd 3 och Vasatornet säkerställs, detta för att skydda människor som befinner sig på ytor mellan spårområde och bebyggelse. Perrongerna medför då ett skydd mot att urspårande tåg hamnar utanför spårområdet.

Vid ny bebyggelse inom planområdet rekommenderas att följande åtgärder vidtas:

Vasakvarteret (27-39 meter till närmsta spår)

- Ytor mellan spår och bebyggelse inom 25 meter ska utföras så att stadigvarande vistelse inte uppmuntras. Exempelvis ska lekplatser och bänkar eller liknande inte placeras här, däremot är markparkering samt gång- och cykelväg ett lämpligt nyttjande.
- Från samtliga utrymmen med stadigvarande vistelse inomhus ska det finnas minst en utrymningsväg som mynnar på en säker sida (dvs. bort från järnvägen). Detta gäller bebyggelse inom 100 meter.
- Friskluftsintag på byggnader inom 100 meter från järnvägen placeras mot en trygg sida bort från järnvägen eller på byggnadens tak.
- Fasader inom 50 meter från järnvägen utförs i obrännbart material samt med fönster i lägst härdat och laminerat glas som klarar uppvärmning till 300°C under ca 30 minuter.

Resecentrum

- Friskluft ska tas från trygg sida, bort från järnvägen. Friskluftsintag ska inte placeras på överbyggnaden över spårområdet.
- Fasader på sidan av spårområdet som vetter mot järnvägen, inom 30 meter från närmaste spår, ska utföras i obrännbart material och konstruktionen ska minst motsvara EI30 (även fönster). *Observera att detta enbart gäller fasader på sidorna av järnvägen och inte på perronger eller i anslutning mellan perrong och överbyggnad eftersom dessa ytor inte planeras för stadigvarande vistelse.*
- Stationsbyggnaden ska skyddas mot urspårade tåg. Lämpligen säkerställs detta genom att perrongerna utformas så att sådant skydd erhålls. *Observera att det gäller byggnadsdelar som ligger inom 25 meter från närmaste spår och som inte skyddas av andra konstruktioner.*
- Kommersiella verksamheter på överbyggnaden ska begränsas till resandefunktioner (biljettförsäljning, mindre kiosker, caféer utan egna sittplatser etc.)
- Restauranger och andra lokaler för stadigvarande vistelse ska placeras i stationsbyggnadens ytterkanter, bort från spårområdet.
- Uteserveringar inom ca 20 meter från närmaste spår bör begränsas till skyddade områden (exempelvis ligga högre än järnvägen eller bakom byggnad). Avståndet till dörr in i stationsbyggnaden bör vara begränsat.

Sigurd 3 (25 meter till närmsta spår)

- Ytor mellan spår och bebyggelse (inom ca 25 meter) ska utföras så att stadigvarande vistelse inte uppmuntras. Exempelvis ska lekplatser och bänkar eller liknande inte placeras här, däremot är markparkering samt gång- och cykelväg ett lämpligt nyttjande.
- Från samtliga utrymmen med stadigvarande vistelse inomhus ska det finnas minst en utrymningsväg som mynnar på en säker sida (dvs. bort från järnvägen). Detta gäller bebyggelse inom 100 meter.
- Friskluftsintag på byggnader inom 100 meter från järnvägen placeras mot en trygg sida bort från järnvägen eller på byggnadens tak.
- Bostäder placeras minst 50 meter från närmsta spårmitt.

- Fasader inom 50 meter från järnvägen utförs i obrännbart material samt med fönster i lägst härdat och laminerat glas som klarar uppvärmning till 300°C under ca 30 minuter.

Observera att ovanstående åtgärder endast utgör förslag och det är upp till kommunen att ta beslut om åtgärder. De åtgärder som man beslutar om ska formuleras som planbestämmelser på ett sådant sätt att de är förenliga med **Plan- och bygglagen (2010:900)**. Vid formulering av planbestämmelser är det viktigt att funktionen i åtgärden bevakas och får ett juridiskt skydd. Det är lika viktigt att inte låsa fast sig vid en viss teknik eller ett specifikt material eftersom det kan dröja flera år innan planen realiserar.

6.3.1 Åtgärdernas riskreducerande effekt

De åtgärder som redovisas ovan bedöms ha följande effekt inom planområdet:

- Begränsning av sannolikheten för att personer utsätts för en förhöjd risknivå under längre tidsperioder genom att tillgodose skyddsavstånd till ny bebyggelse samt områden med stadigvarande vistelse utomhus.
- Begränsning av möjligheten för att oskyddade personer skadas utomhus inom områden med förhöjd risknivå genom att tillgodose skyddsavstånd till områden med stadigvarande vistelse.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av eventuella gasutsläpp genom skyddsavstånd i kombination med ventilationstekniska åtgärder.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av en större utvändig brand genom skyddsavstånd och brandskyddstekniska åtgärder.
- Ökad möjlighet för personer att utrymma byggnader innan kritiska förhållanden uppstår inomhus till följd av en olycka på järnvägen genom att tillgodose utrymningsmöjligheter bort från denna.

Med hänsyn till den beräknade risknivån inom planområdet samt planerad verksamhet och bebyggelse bedöms de föreslagna åtgärderna ha en tillräcklig riskreducerande effekt. I figur 6.1 redovisas samhällsrisknivån med föreslagna åtgärder.

7. Slutsatser

Den aktuella detaljplanen ligger av förklarliga skäl i ett exponerat läge med avseende på risker kopplade till olyckor och urspårningar på järnvägen. Genomförd riskanalys visar att identifierade risker förknippade med järnvägen har stor inverkan på områdets totala riskbild vilket också leder till att samhällsrisknivån är hög. Individrisken utmed järnvägen är dock endast hög i järnvägens direkta närhet.

I avsnitt 6 ges förslag på åtgärder som behöver genomföras för de tre olika planerna för att risknivåer bedöms som acceptabla. För att säkerställa att åtgärderna genomförs krävs att de utformas som planbestämmelser i kommande detaljplaner.

Föreslagna åtgärder bedöms medföra en stor reduktion av främst samhällsrisknivån och att omvandlingen av stationsområdet kan genomföras utan att människor utsätts för oacceptabla risker.

8. Bilagor

BILAGA A – Frekvensberäkningar

BILAGA B – Konsekvensberäkningar

9. Referenser

- /1/ Mattsson, E. (2013). *Riktlinjer för ny och för ändrad markanvändning intill järnvägen inom Västerås – avseende risk för urspårning samt transporter av farligt gods*. Västerås: Mälardalens Brand och Räddningsförbund.
- /2/ Riskhantering i Detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods, Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län & Västra Götalands län, september 2006
- /3/ Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11
- /4/ Mattsson, E. (2013). *Riktlinjer för ny och för ändrad markanvändning intill järnvägen inom Västerås – avseende risk för urspårning samt transporter av farligt gods*. Västerås: Mälardalens Brand och Räddningsförbund.
- /5/ Riktlinjer för riskutredningar avseende olycksrisker, Mälardalens Brand- och räddningsförbund, Dnr: 2004/144-MBR-S, 2004-08-02
- /6/ Underlag från Västerås stad, erhållet maj 2021
- /7/ Detaljplaner, www.vasteras.se, besökt: 2021-04-12
- /8/ Underlag från kommunen. *2021-05-17_ VTCIII_ VASAKVARTERET_utdrag*
- /9/ Sammanställning över antalet inpassager i Västerås C för 2015. Mailkonversation med Maria Högerdal, Jernhusen. 2016-09-19
- /10/ Kv Sigurd 3 Skisser, Klöver, Wester + Elsner, 2021-03-11
- /11/ Farligt gods på väg. Risker och skyddsåtgärder för ADR-transporter i Västerås tätort. Mälardalens brand och räddningsförbund. Dnr 2008/33-MBR-010
- /12/ Från kommunen: *Västerås_VAS-004_i_VAS-003-2019-09-25_Grundkarta*
- /13/ Statistik & prognos tåg och buss, underlag erhållet från Västerås stad, daterat 2019-05-14
- /14/ Fördjupad översiktsplan för Stationsområdet, Västerås stad, Utställningshandling 2013-03-27
- /15/ *Västerås_VAS-004_i_VAS-003-2019-09-25_Grundkarta*
- /16/ RID-S 2019 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2018:6, 2018
- /17/ Underlag erhållet från Trafikverket, 2019-07-16
- /18/ Information från Trafikverket. Mailkonversation med Stig Hansson, 2016-03-23
- /19/ Planbeskrivning, detaljplan för Västerås resecentrum. Underlag från Västerås stad, maj 2021.
- /20/ Västerås översiktsplan 2026 med utblick mot 2050. Revidering antagen av kommunfullmäktige 2017-12-07.
- /21/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002

/22/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997

Bilaga A - Frekvensberäkningar

Uppdragsnamn	Västerås resecentrum		
Uppdragsgivare	Uppdragsnummer	Datum	
Västerås stad	112576	2021-09-16	
Handläggare	Egenkontroll	Internkontroll	
Rosie Kvål	RKL	2021-09-16	PWT 2021-04-16

1. Inledning

I denna bilaga beräknas frekvensen för de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom det studerade området. Beräkningarna beaktar följande olycksrisker:

Olycka på järnvägen

1. Urspårning
2. Tågbrand
3. Olycka vid transport av farligt gods
 - Explosion med massexplosiva 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)

Frekvensberäkningarna utförs för en 1 km lång järnvägssträcka.

Beräkningarna utförs utifrån förutsättningar avseende bl.a. spårutformning och trafiksiffror m.m. för prognosår 2040 enligt avsnitt 3.3 i huvudrapporten.

2. Frekvensberäkningar

I detta avsnitt beräknas frekvensen för järnvägsolycka på den aktuella järnvägssträckan där denna passerar planområdet. Avsnittet behandlar först skadescenariot urspårning, där resultatet sedan nyttjas för frekvensberäkningar för scenarier förknippade med transporter av farligt gods.

2.1 Urspårning

En urspårning kan medföra att de urspårade järnvägsvagnarna hamnar en bit från spåret. Urspårningen kan då leda till skador inom planområdet även om tåget inte rymmer farligt gods. Huruvida personer i planområdet skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning.

Frekvensen för urspårning beräknas utifrån följande olyckskvoter för urspårning förknippade med tågtyp samt spårutformning enligt uppgifter som redovisas i *Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone /1/*:

/1/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002

	<u>Spår utan växlar</u>	<u>Spår med växlar</u>
Persontåg:	$0,25 \cdot 10^{-8}$ per tågkm	$2,5 \cdot 10^{-8}$ per tågkm
Godståg	$2,5 \cdot 10^{-8}$ per tågkm	$25 \cdot 10^{-8}$ per tågkm

Ytterligare järnvägsolyckor som kan medföra efterföljande olycksscenarier är kollisioner, antingen mellan spårfordon eller i plankorsningsolyckor. Enligt /2/ bedöms sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje vara så låg att den försvinner i den allmänna osäkerheten. Därför beaktas skadescenariot inte vidare i de fortsatta beräkningarna.

Frekvensen för urspårning beräknas för persontåg respektive godståg på en **1 km järnvägssträcka**. Beräkningarna utgår från olyckskvot för **spår med växlar**. Frekvensen utförs för trafikciffror för prognosår 2040 (150 persontåg respektive 20 godståg per dygn):

- Urspårning persontåg: $1,37 \cdot 10^{-3}$ urspårningar per år
- Urspårning godståg: $1,83 \cdot 10^{-3}$ urspårningar per år
- **Urspårning totalt: $3,19 \cdot 10^{-3}$ urspårningar per år**

Utslaget på den totala tågtrafiken så innebär ovanstående urspårningsfrekvenser en genomsnittlig olyckskvot på ca $5,1 \cdot 10^{-8}$ per tågkm.

2.1.1 Urspårning i anslutning till bebyggelse

Vid en urspårning så är det troligaste följdscenariot att ett hjulpar hoppar av rälen och tåget förblir upprätt inom några enstaka meter från spåret. Sannolikheten att de urspårade vagnarna lämnar spårområdet är begränsad. Beroende på tågets hastighet och längd, rälsens kvalitet, förekomst av främmande föremål på spåret, omgivningens topografi etc. kan dock tåget spåra ur och hamna utanför spårområdet. Då kan människor utomhus skadas om de står i vägen för tåget. Om tåget kör in i byggnader nära spårområdet kan delar av byggnaden skadas.

Skadeområdet understiger i princip alltid 25-30 meter vinkelrätt ut från spåret (om järnvägen ligger mycket högre än omgivningen kan skadeområdet bli större). Detta skadescenario motsvarar en helt snedställd tågagn. Sannolikheten för detta värsta tänkbara scenario är mycket låg.

De fortsatta frekvensberäkningarna för urspårning och dess påverkan på kringliggande bebyggelse utförs utifrån den metodik som redovisas i UIC Code 777-2 R /1/.

I avsnitt 2.1 ovan redovisas urspårningsfrekvensen för urspårning på en 1 km lång järnvägssträcka i höjd med det aktuella planområdet. Vid beräkning av hur mycket urspårningen påverkar risknivån inom områdena utmed järnvägen och sannolikheten för att ett urspårat tåg kolliderar med intilliggande bebyggelse används först en reducerande faktor som motsvarar den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret. Denna faktor beräknas som $V^2/80$, där V är tågets hastighet (km/h) vid urspårningstillfället.

/2/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

Frekvensen för urspårning i anslutning till bebyggelse per år (F_1) beräknas med följande ekvation:

$$F_1 = F_r \times d \times 10^{-3} \quad \text{där}$$

F_r = urspårningsfrekvens per km (se avsnitt 2.1)

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

$$d_{\text{persontåg, 80 km/h}} = 80^2/80 = 80 \text{ m}$$

$$d_{\text{godståg, 80 km/h}} = 80^2/80 = 80 \text{ m}$$

Sannolikheten att urspårat tåg kolliderar med byggnad (P_2) är beroende av tågets hastighet vid urspårningstillfället samt avståndet mellan järnvägsspår och byggnad. Sannolikheten beräknas med följande ekvation:

$$P_2 = \left(\frac{b-a}{b}\right)^2 \times 0,5 \times \frac{c}{d} \quad \text{där:}$$

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

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

$$b_{\text{persontåg, 80 km/h}} = 80^{0,55} = 11,1 \text{ m}$$

$$b_{\text{godståg, 80 km/h}} = 80^{0,55} = 11,1 \text{ m}$$

a = vinkelrätt avstånd (m) mellan spårmitte och byggnad

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

$$c = \frac{d}{b} \times (b - a) \text{ om } b > a. \text{ Är } b < a \text{ blir } c = 0.$$

Sannolikheten för byggnadskollaps till följd av kollision beräknas vidare med följande ekvation:

$$P_3 = \left(1 - \frac{2}{3} \times \frac{t \times (2b - 2a - t)}{(b - a)^2}\right) \times \alpha \quad \text{för } b - t - a > 0 \quad \text{där}$$

t = det vinkelräta avståndet (m) från spåret där den urspårade vagnens hastighet sjunkit under 60 km/h, vilket beräknas med ekvationen:

$$t = \frac{a \times d'}{d - d'}$$

a = se ovan

d' = det, längs spåret, längsta avståndet som den urspårade vagnen kan gå, där hastigheten fortfarande överstiger eller är lika med 60 km/h. Antaget 45 m /1/.

α = sannolikheten för ras beroende av konstruktionens robusthet. $\alpha = 1$ innebär att alla kollisioner där hastigheten överstiger 60 km/h leder till ras.

Frekvensberäkningarna utgår från planerad utbyggnad av resecentrumet enligt beskrivningen i huvudrapporten. Utformningen av spårområdet innebär att sannolikheten för skador inom det studerade området till följd av en urspårning begränsas. Bredden på spårområdet, hastighetsgränsen på sträckan, samt utformningen av ytan mellan järnvägen och omgivningen innebär att det endast är urspårning de yttersta spåren som kan påverka omgivningen. Konservativt beaktas inte detta i beräkningarna.

I beräkningarna förutsätts en jämn fördelning av tågtrafiken i respektive riktning, d.v.s. 50 % av tågen antas trafikera de västra spåren, respektive de östra spåren. Resultaten från genomförd fördjupad analys av urspårningsfrekvens redovisas i tabell A.1 nedan. Beräkningarna har utgått från antagandet att ca 150 persontåg per dygn respektive 20 godståg per dygn trafikerar spåren.

$$F_{1, \text{ persontåg}} = 1,37 \cdot 10^{-3} \times 80 \times 10^{-3} = 1,1 \cdot 10^{-4}$$

$$F_{1, \text{ godståg}} = 1,8 \cdot 10^{-3} \times 80 \times 10^{-3} = 1,5 \cdot 10^{-4}$$

I tabell A.1-A.3 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på urspårning på den aktuella järnvägssträckan.

*Tabell A.1. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka. **Persontåg.***

Avståndet utgår från närmaste spår.

a (meter)	P ₂	P ₃	Frekvens kollision (F1 x P2)	Frekvens byggnadskollaps (F1 x P2 x P3)
0	50,00%	100,00%	5,5E-05	5,5E-05
1	37,70%	84,16%	4,1E-05	3,5E-05
2	27,61%	67,75%	3,0E-05	2,0E-05
3	19,50%	51,77%	2,1E-05	1,1E-05
4	13,16%	38,53%	1,4E-05	5,6E-06
5	8,36%	33,49%	9,2E-06	3,1E-06
6	4,90%	0,00%	5,4E-06	0,0E+00
7	2,56%	0,00%	2,8E-06	0,0E+00
8	1,12%	0,00%	1,2E-06	0,0E+00
9	0,35%	0,00%	3,9E-07	0,0E+00
10	0,05%	0,00%	5,8E-08	0,0E+00
11	0,00001%	0,00%	9,8E-11	0,0E+00
12	0,00%	0,00%	0,0E+00	0,0E+00

Tabell A.2. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka. **Godståg.**

Avståndet utgår från närmaste spår.

a (meter)	P ₂	P ₃	Frekvens kollision (F1 x P2)	Frekvens byggnadskollaps (F1 x P2 x P3)
0	50,00%	100,0%	7,3E-05	7,3E-05
1	37,70%	84,2%	5,5E-05	4,6E-05
2	27,61%	67,8%	4,0E-05	2,7E-05
3	19,50%	51,8%	2,8E-05	1,5E-05
4	13,16%	38,5%	1,9E-05	7,4E-06
5	8,36%	33,5%	1,2E-05	4,1E-06
6	4,90%	0,0%	7,2E-06	0,0E+00
7	2,56%	0,0%	3,7E-06	0,0E+00
8	1,12%	0,0%	1,6E-06	0,0E+00
9	0,35%	0,0%	5,1E-07	0,0E+00
10	0,05%	0,0%	7,7E-08	0,0E+00
11	0,0001%	0,0%	1,3E-10	0,0E+00
12	0,00%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00

2.2 Brand i tåg

I underredet till en järnvägsvagn sitter ett flertal olika komponenter och system som kan orsaka rökutveckling eller brand. Orsakerna till bränder i tåg är bland annat tekniska fel som t.ex. el-, motor- eller bromsfel. Tågbränder kan också starta inne i järnvägsvagnen, till följd av t.ex. elfel. Inne i vagnen kan även anlagda bränder vara en möjlig brandorsak.

Enligt statistik från Trafikverket så rapporterades 107 brandhändelser i godståg under perioden januari 2002 till juli 2012 /3, 4/. Under motsvarande tidsperiod producerades ca 0,44 miljarder godstågskm på järnvägen /5,6/. Detta ger en total olyckskvot på $2,4 \cdot 10^{-7}$ bränder per godstågskm.

Utifrån den redovisade statistiken i /4/ kategoriseras tågbränderna utifrån brandstorlek där statistiken visar på följande fördelning, se tabell A.3.

/3/ Tunnelsäkerhet Dimensionerande brandeffektkurvor i godståg (Trafikverket publ.nr. 2016:117), Brandskyddslaget AB på uppdrag av Trafikverket, 2016

/4/ PM Statistik godståg (Trafikverket rapport 101107-22-025-121), Brandskyddslaget på uppdrag av Trafikverket, 2015

/5/ Bantrafik 2006, Statens institut för kommunikationsanalys Rapport 2008:2

/6/ Bantrafik 2012, Trafikanalys, Statistik Rapport 2013:28

Tabell A.3. Fördelning av brandstorlek vid brand i godståg.

Kategori	Beskrivning	Andel
Mycket stor brand	Branden är så stor att motsvarande en hel vagn blivit utbränd eller att beskrivningen i insatsrapporten visar på en brand som varit svårt att släcka p.g.a. intensitet eller omfattning.	3,7%
Stor brand	Branden är så stor att det krävs mer än en handbrandsläckare för att släcka den. Detta bedöms likvärdigt med att branden är större än 1 MW.	32,7%
Liten brand	Branden har självslocknat eller släckts med maximalt en handbrandsläckare.	46,7%
Väldigt liten brand	I händelsebeskrivningen beskrivs endast rökutveckling och ingen faktisk brand.	16,8%

Sannolikheten för en omfattande brand i persontåg bedöms vara mycket låg. Det har inte identifierats någon officiell statistik över tågbränder i Sverige. Frekvensen för brand kommer därför att uppskattas grovt utifrån statistik för brand i järnvägsfordon. Enligt statistik från Trafikverket under åren 1997-2006 /7/ avseende olyckskvoten för tågbrand respektive urspårning så bedöms olyckskvoten för tågbrand vara i genomsnitt ca 90 % av olyckskvoten för urspårning, vilket då betyder ca $2,3 \cdot 10^{-8}$ per tågkm.

Det är dock en mycket begränsad andel av bränderna som blir så omfattande att de påverkar kringliggande områden. Statistiken för persontåg i /7/ bygger på alla anmälda tågbränder, vilket även inkluderar rökutveckling. Givet "brand" enligt dessa förutsättningar bedöms sannolikheten för en utvecklad brand som sprids inom vagnen vara låg. Sannolikheten för att förhållandena är sådana att branden leder till en fullt utvecklad brand som motsvarar det dimensionerande brandscenariot enligt ovan bedöms vara mycket låg, uppskattningsvis < 5 % av alla bränder i persontåg.

I tabell A.4 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på brand i gods- och persontåg.

Tabell A.4. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för brand i tåg på aktuell järnvägssträcka för prognosår 2040.

Scenario	Frekvens [per år]
Brand i godståg	1,8E-03
Mycket stor brand (3,7 %)	6,5E-05
Stor brand (32,7 %)	5,7E-04
Liten brand (46,7 %)	8,2E-04
Väldigt liten brand / rökutveckling (16,8 %)	2,9E-04
Brand i persontåg	1,2E-03

/7/ Statistik över olyckor på statens spåranläggningar år 2006, Banverket 2006

2.3 Järnvägsolycka med farligt gods

2.3.1 Allmänt

Olycksfrekvensen för järnvägsolycka med farligt gods beräknas utifrån motsvarande metodik som redovisas i avsnitt 2.1-2.2.

Med hänsyn till potentiella följdscenarier så kommer beräkningarna att omfatta **järnvägsolycka utan brand** ($F_{\text{urspårning}}$) + **järnvägsolycka med brand** ($F_{\text{tågbrand}}$).

Frekvensberäkningarna för järnvägsolycka med godståg innefattar även farligt godsvagnar.

Sannolikheten för att en farligt godsvagn ingår i det olycksdrabbade tåget och påverkas av olyckan beräknas utifrån andelen farligt godsvagnar i förhållande till det totala antalet godsvagnar (X).

Järnvägsolycka utan brand: Följdscenarier med farligt gods vid järnvägsolycka utan brand förknippas med starka påkänningar till följd av t.ex. att vagnar spårar ur eller påverkas av motsvarande kraftiga påkänningar. Vid en urspårning spårar i genomsnitt 3,5 vagnar ur /8/. Sannolikheten för att en farligt godsvagn spårar ur beräknas då utifrån följande ekvation:

$$P = 1 - (1-X)^{3,5}$$

Enligt riskinventeringen som redovisas i avsnitt 3 i huvudrapporten utgör farligt godstransporter i genomsnitt ca 1,8 % av den totala godstrafiken. Sannolikheten för att en farligt godsvagn spårar ur beräknas utifrån ovanstående ekvation till:

$$P = 1 - (1-0,05)^{3,5} = 6,1 \%$$

I tabell A.5 redovisas den förväntade frekvensen för järnvägsolycka utan brand i farligt godsvagn. Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för järnvägsolycka med farligt godsvagn är oberoende av vilken last som ryms i vagnarna, d.v.s. fördelningen av olyckor mellan de olika farligt godsklasserna är direkt kopplad till andelen av respektive klass.

Tabell A.5. Beräknad olycksfrekvens för järnvägsolycka med farligt gods utan brand (totalt samt per farligt godsklass) på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
Klass 1	0,1%	1,1E-07
Klass 2	15,3%	1,7E-05
Klass 3	13,0%	1,5E-05
Klass 4	11,7%	1,3E-05
Klass 5	10,5%	1,2E-05
Klass 6	0,8%	8,8E-07
Klass 7	0,0%	0,0E+00
Klass 8	25,5%	2,9E-05
Klass 9	23,2%	2,6E-05
Totalt		1,1E-04

/8/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

Järnvägsolycka med brand: Sannolikheten för att en farligt godsvagn utsätts för brandpåverkan beräknas utifrån ekvationen: $P = X$. Enligt ovan utgör farligt godstransporter i genomsnitt ca 1,8 % av den totala godstrafiken, d.v.s. $P = 1,8 \%$.

I tabell A.6 redovisas den förväntade frekvensen för järnvägsolycka med brand i farligt godsvagn. Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för järnvägsolycka är oberoende av vilken last som ryms i vagnarna, d.v.s. fördelningen av olyckor mellan de olika farligt godsklasserna är direkt kopplad till andelen av respektive klass.

Tabell A.6. Beräknad olycksfrekvens för järnvägsolycka med farligt gods med brand (totalt samt per farligt godsklass) på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
Klass 1	0,1%	3,1E-08
Klass 2	15,3%	4,8E-06
Klass 3	13,0%	4,1E-06
Klass 4	11,7%	3,7E-06
Klass 5	10,5%	3,3E-06
Klass 6	0,8%	2,5E-07
Klass 7	0,0%	0,0E+00
Klass 8	25,5%	8,0E-06
Klass 9	23,2%	7,3E-06
Totalt		3,1E-05

Utifrån resultatet av tabell A.6 och tabell A.7 beräknas frekvensen för järnvägsolycka med farligt gods med brand utgöra ca 20 % av den totala olycksfrekvensen för järnvägsolycka med farligt gods, d.v.s. $3,1E-05 / (1,1E-04 + 3,1E-05)$.

2.3.2 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 RID-S är det enbart ämnen ur klass 1.1 som innebär risk för massexplosion som påverkar så gott som hela lasten praktiskt taget samtidigt /9/. Med avseende på olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom det aktuella området bedöms det enbart vara en explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 som är aktuella att studera.

I de fortsatta beräkningarna förutsätts det konservativt att alla transporter av explosiva ämnen utgörs av ämnen ur riskgrupp 1.1.

Konsekvenserna av en massexplosion är kraftigt beroende av mängden som exploderar, vilket i sin tur beror av hur mycket explosivämne som transporteras. I RID-S anges ingen gräns för hur stora transportmängder massexplosiva ämnen som tillåts på järnväg. Som maxgräns brukar dock ansättas 25 ton massexplosivt ämne per godsvagn. Hur stor andel av transportererna som rymmer så stora mängder är högst oklart, men med stor sannolikhet rör det sig om mindre mängder som transporteras som styckegods.

/9/ RID-S 2019 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2018:6, 2019

Enligt nationell statistik /10/ så transporteras mycket begränsade mängder explosiva ämnen på svenska järnvägar (totalt ca 2-28 ton per år under perioden 2013-2017). I Räddningsverkets (nuvarande MSB) /11/ kartläggning från september månad 2006 uppgick den totala mängden av transporterade klass 1 varor till 100 kg. I erhållet underlag av transporter genom Västerås är transporterade mängder av klass 1 mycket begränsade. Det bör dock noteras att transporter av explosiva ämnen normalt inte skyltas, vilket innebär att det är svårt att få tillförlitliga uppgifter om dessa transporter.

För att inte underskatta riskbidraget från olycksscenarier förknippade med explosivämnen så antas det konservativt att det kan förekomma enstaka stora transporter av explosivämnen:

- 500 kg: 85 %
- 2 000 kg: 14,5 %
- 25 000 kg: 0,5 %

Ovanstående utgör en mycket konservativ uppskattning av fördelning av laster. Erhållet underlag avseende transporterade mängder genom Västerås visar att transporterade mängder omfattar maximalt tioalet kg.

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:

Explosion p.g.a. tågbrand: Frekvensen för en tågbrand i en godsvagn utgår från tabell A.6 (se avsnitt 2.2). Enligt avsnitt 2.3.1 utgör farligt gods ca 1,8 % av alla godsvagnar förbi Västerås och explosiva ämnen uppskattas utgöra max 0,1 % av alla farligt godstransporter (se tabell A.6). Sannolikheten för att en farligt godsvagn med explosivämnen är inblandad i en tågbrand beräknas utifrån detta till $1,8 \% \times 0,01 \% = 0,00018 \%$.

Det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport /9/. Detta innebär en begränsad sannolikhet för att en tågbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det leder till explosion.

Skada på en godsvagn med explosiva ämnen bedöms motsvara den sammanlagda sannolikheten för utsläpp för tunnväggiga vagnar, d.v.s. 30 % /2, 8/. Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 3,7 % enligt avsnitt 2.2 (se tabell A.3). Förutsatt denna situation med skada på godsvagn och mycket stor brand antas sannolikheten för brandspridning till lasten och massexplosion vara 100 %. Sannolikheten för att brand uppstår i samband med en urspårningsolycka som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten och orsakar massexplosion bedöms då till ca 1,1 % ($30 \% \times 3,7 \%$).

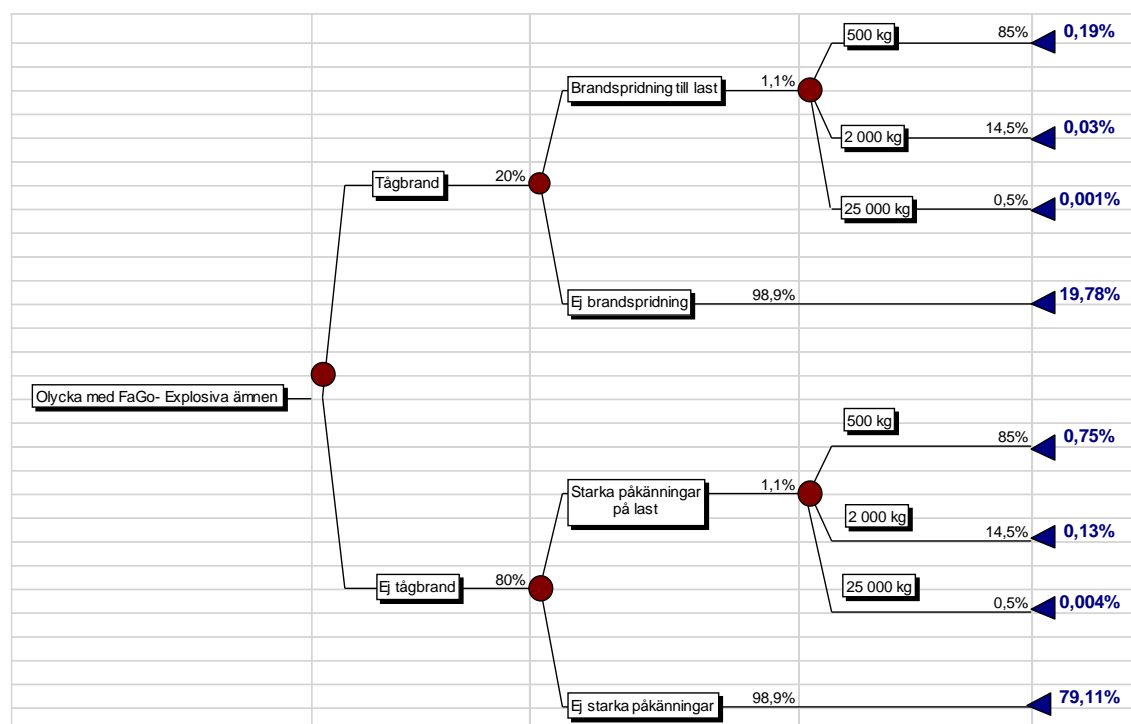
Explosion p.g.a. starka påkänningar: Med avseende på de detaljerade regler som finns för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport i enlighet med RID-direktivet bedöms det vara låg sannolikhet för detonation givet en urspårningsolycka. Exempelvis finns regler som säger att vagn med explosiva ämnen ska skiljas med en skyddsvagn från vagn som enligt RID-S är försedd med varningsetikett 3, 4.1, 4.2, 4.3, 5.1 eller 5.2.

/10/ Bantrafik 2018 (Rapportnr 2019:17), Statistikrapport från Trafikanalys

/11/ Kartläggning av farligt gods på järnväg under september månad 2006, Räddningsverket 2007

Det finns idag ingen känd forskning kring hur stor kraft som behövs för att initiera detonation av det fraktade godset vid en trafikolycka. Sannolikheten för uppkomst av våldsamt kollision som kan föranleda lasten att detonera till följd av starka påkänningar i samband med en urspårning bedöms som mycket låg. Mot bakgrund av den ringa information som finns tillgänglig utgår beräkningarna konservativt från att sannolikheten för detonation givet starka påkänningar är lika stor som för att en brand sprider sig till lasten i samband med urspårningsolycka, d.v.s. ca 1,1 %.

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.7.



Figur A.1. Händelsetråd olycka med transport av explosiva ämnen.

Tabell A.7. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med explosivämne (klass 1)	1,4E-07
Järnvägsolycka utan brand	1,1E-07
Järnvägsolycka med brand	3,1E-08
Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)	
500 kg	1,1E-09
- P.g.a. starka påkänningar	1,1E-09
- P.g.a. tågbrand	5,9E-11
2 000 kg	2,0E-10
- P.g.a. starka påkänningar	1,9E-10
- P.g.a. tågbrand	1,0E-11

25 000 kg	6,7E-12
- P.g.a. starka påkänningar	6,4E-12
- P.g.a. tågbrand	3,5E-13

2.3.3 Klass 2 – Gaser

Allmänt

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)

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.

Studerad statistik från Trafikverket /12/ redovisar ej fördelningen mellan undergrupperna. I Räddningsverkets (numera MSB) kartläggning från september månad 2006 /11/ kan en generell fördelning urskiljas utifrån samtliga järnvägar ca 73 % brännbara gaser, 25 % icke giftiga och icke brännbara gaser respektive 2 % giftiga gaser. Konservativt används då följande fördelning i analysen:

Klass 2.1 – 75 %

Klass 2.2 – 20 %

Klass 2.3 – 5 %

Sannolikheten för läckage av farligt gods till följd av järnvägsolycka varierar beroende på om godset transporteras i en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för utsläpp är mycket låg. Generellt gäller att tjockväggiga tankar har en sannolikhet för läckage som är 1/30 av den för tunnväggiga tankar /8/. För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 %.

Observera att det i /8/ redovisas en *not* att de sannolikheter som är angivna för tjockväggiga tankar främst har angetts för att markera att sannolikheten för utsläpp är mycket nära 0. Med hänsyn till detta kommer utsläppsfördelningen att utgå från ovanstående uppgifter om en generell reducering av sannolikheten för utsläpp från tjockväggiga tankar i förhållande till tunnväggiga tankar. För tjockväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp då 1 %.

I /8/ anges en fördelning mellan olika utsläppsstorlekar för järnvägstankar givet utsläpp: litet (62,5 %); medelstort (20,8 %); stort utsläpp (16,7 %). Värdena avser både tunnväggiga och tjockväggiga vagnar.

/12/ Underlag erhållet från Trafikverket, 2019-07-16

I konsekvensberäkningarna studeras endast litet respektive stort läckage. I de fortsatta beräkningarna antas det grovt att samtliga medelstora utsläpp motsvarar stora utsläpp. Sannolikheten för litet (punktering) respektive stort utsläpp givet olycka är då ca 0,625 % respektive ca 0,375 %.

Klass 2.1. Brännbara gaser

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

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck.
- *Gasmolnexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck.
- *Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE)*: gasexplosion där hela en tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en brand under en längre tid vilket hettar upp den kondenserade gasen så att den kokar upp och expanderar tills tanken exploderar.

Beroende på utsläppsstorleken varierar sannolikheten för direkt respektive fördröjd antändning. För utsläpp på järnväg finns fördelningsstatistik /13/:

	Litet	Stort
• omedelbar antändning: (jetflamma)	10 %	20 %
• fördröjd antändning: (gasmolnexplosion/gasmolnsbrand)	0 %	50 %
• ingen antändning:	90 %	30 %

Enligt VROM – *Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book"* /14/ kan vidare fördelningen mellan gasmolnsbrand och gasmolnexplosion givet en fördröjd antändning ansättas till 60 respektive 40 %.

En **BLEVE** antas kunna uppstå i en oskadad tankvagn utan fungerande säkerhetsventil antingen om en stor jetflamma från intilliggande skadad tank är riktad direkt mot tanken eller om järnvägsolyckan omfattar en tågbrand 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 i väg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning.

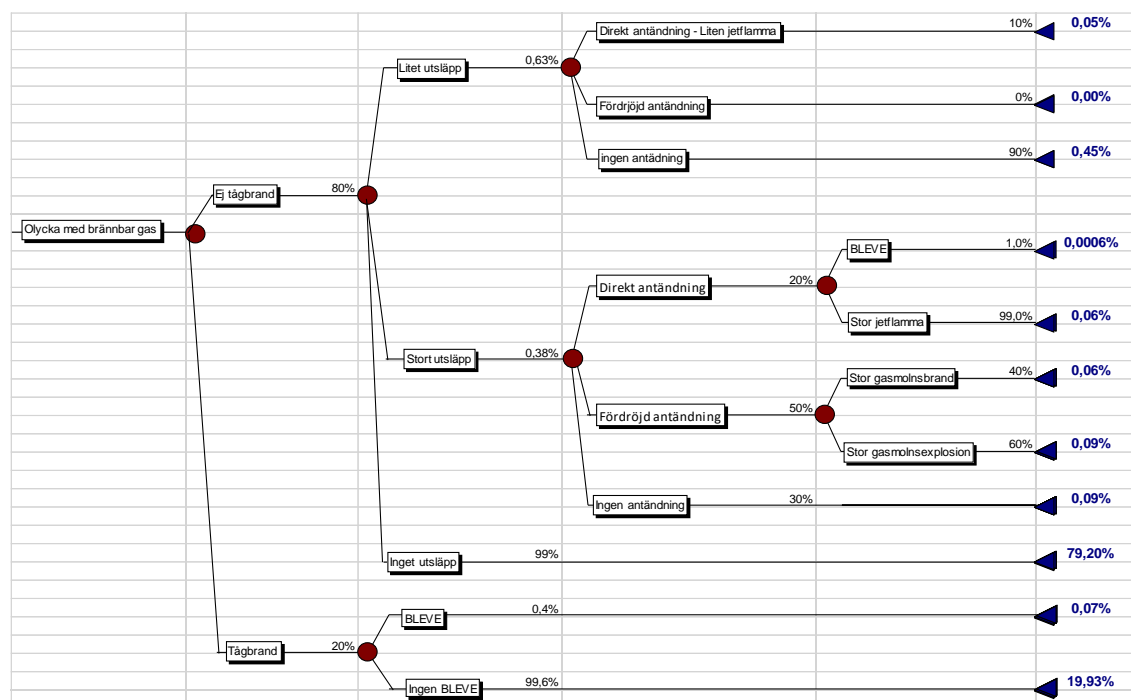
Sannolikheten för att förhållandena kring något av dessa scenarier är sådana att en BLEVE uppstår bedöms vara mycket låg, uppskattningsvis mindre än 1 % för respektive scenario.

Sannolikheten för BLEVE till följd av tågbrand antas (p.g.a. att det förutsätter en icke fungerande säkerhetsventil m.m.) endast vara 10 % givet en mycket stor brand i godsvagn. Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 3,7 % enligt avsnitt 2.2 (se tabell A.3).

/13/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993

/14/ Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book". Ministerie van Verkeer en Waterstaat (VROM), Nederländerna, 2005

Figur A.2 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbara gaser som redovisar de förutsättningar som krävs för att olika skadescenarier ska antas inträffa. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.8.



Figur A.2. Händelsetråd olycka med transport av brännbara gaser.

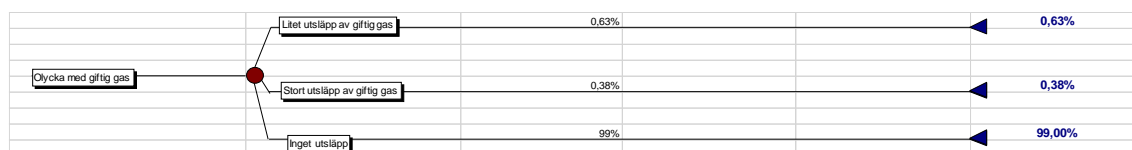
Tabell A.8. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbara gaser på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 2.1	1,6E-05
Urspårning	1,3E-05
Tågbrand	3,6E-06
Direkt antändning av litet utsläpp - jetflamma	8,2E-09
Fördröjd antändning av litet utsläpp	0,0E+00
Direkt antändning av stort utsläpp - jetflamma	9,8E-09
Fördröjd antändning av stort utsläpp	2,5E-08
-Stor gasmolnsbrand	9,9E-09
-stor gasmolnsexplosion	1,5E-08
BLEVE	1,2E-08
-pga jetflamma	9,9E-11
-pga brand i godsvagn	1,2E-08

Klass 2.3. Giftiga gaser

För giftiga gaser studeras följande scenarier beroende av läckagestorlek: litet respektive stort utsläpp enligt fördelningen ovan.

Figur A.3 redovisar händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av giftiga gaser. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.9.



Figur A.3. Händelseträd olycka med transport av giftig gas.

Tabell A.9. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av giftiga gaser på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 2.3	1,1E-06
Litet utsläpp giftig gas	6,9E-09
Stort utsläpp giftig gas	4,1E-09

2.3.4 Klass 3 – Brandfarliga vätskor

Brandfarliga vätskor (klass 3) transporteras normalt i tunnväggiga tankar. Detta medför en högre sannolikhet för läckage till följd av en järnvägsolycka jämfört med vid en olycka med gastransporter som transporteras i tjockväggiga vagnar, se avsnitt *Klass 2. Gaser* ovan. För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 % /8/.

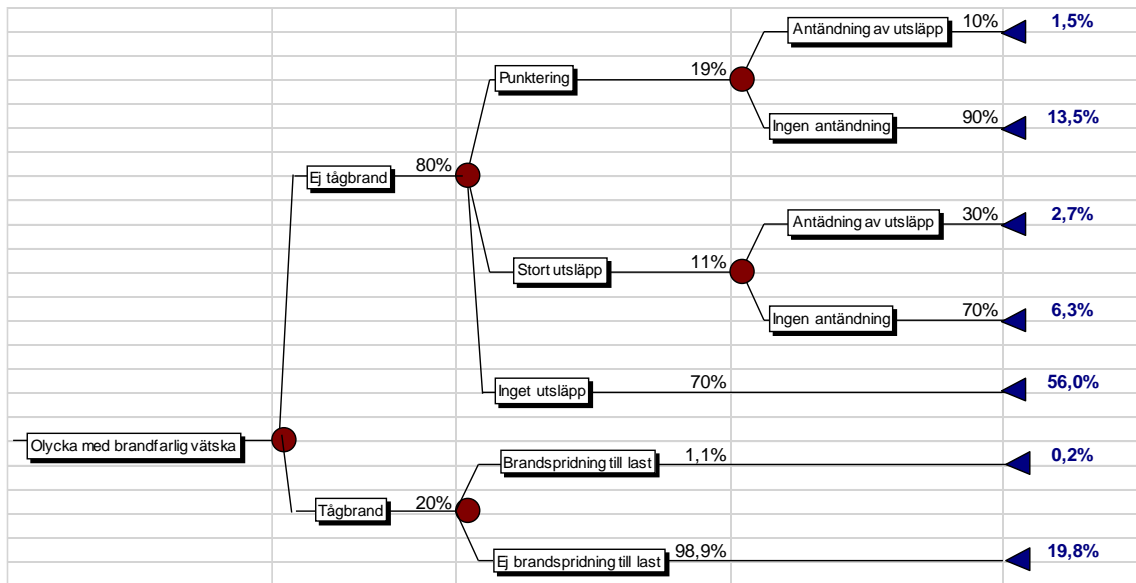
I /8/ anges enligt tidigare en fördelning mellan olika utsläppsstorlekar för järnvägstankar givet utsläpp: litet (62,5 %); medelstort (20,8 %); stort utsläpp (16,7 %).

I konsekvensberäkningarna studeras endast litet respektive stort läckage. I de fortsatta beräkningarna antas det grovt att samtliga medelstora utsläpp motsvarar stora utsläpp. Sannolikheten för litet (punktering) respektive stort utsläpp givet olycka är då ca 19 % respektive ca 11 %.

Sannolikheten för att ett litet respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg skall antännas är 10 % och 30 % /8/.

Omfattande brand kan även uppstå om en tågbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Med hänsyn till gällande regler enligt RID-S förutsätts att tågbranden är så omfattande att större delar av tanken påverkas under en längre tid samtidigt som tanken skadas så mycket att det sker ett utsläpp för att branden ska antas antända den brandfarliga vätskan. Skada på tank bedöms enligt ovan uppstå i 30 % av fallen medan sannolikheten för en mycket stor brand är ca 3,7 % enligt avsnitt 2.2 (se tabell A.3). Sannolikheten för att brand uppstår i samband med en urspårningsolycka som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten bedöms då till ca 1,1 % (30 % x 3,7 %).

Figur A.3 redovisar ett händelseträd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarlig vätska. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.10.



Figur A.4. Händelseträd olycka med transport av brandfarlig vätska (klass 3).

Tabell A.10. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 3	1,9E-05
Urspårning	1,5E-05
Tågbrand	4,1E-06
Liten pölbrand	2,8E-07
Stor pölbrand	5,1E-07
Godsvagnsbrand	4,2E-08

2.3.5 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Olyckor med oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) brukar vanligtvis inte leda till personskador. Om det blir involverat i en brand kommer dock brandens intensitet att öka. Vissa oxiderande ämnen kan även ge explosionsartade brandförlopp eller våldsamma reaktioner tillsammans med något bränsle, eller själva sönderfalla våldsamt om de hettas upp.

Ämnen ur klass 5 som i ren form kan sönderfalla explosivt utan blandning med något bränsle utgörs enligt /15/ av ammoniumdikromat, ammoniumnitrat, ammoniumperklorat samt väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid. Dessa ämnen och föreningar är termiskt stabila upp till relativt höga temperaturer, vilket innebär att ett explosivt sönderfall vid en transportolycka med dessa ämnen främst kan inträffa som följd av en brand. Ett explosionsscenario med dessa ämnen utan blandning av bränsle har en explosionslast som är ca 20-30 % av massexplosion med motsvarande mängd trotyl.

/15/ FOI Memo 2774 – Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI, 2009-04-20

Vidare finns det ett flertal ämnen ur klass 5 (bl.a. ammoniumnitrat, väteperoxider och vattenlösningar med över 60 % väteperoxid) som om de blandas med bränsle räknas som massexplosiva ämnen. Ett explosionsscenario med dessa ämnen med blandning av bränsle har en explosionslast som är 70-100 % av massexplosion med motsvarande mängd trotyl.

Enligt regelverket RID-S /9/ är det inte tillåtet att transportera ej stabiliserade (d.v.s. utan flegmatiseringsmedel) väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid på järnväg. Andelen av de organiska peroxiderna på järnvägen som bedöms kunna självantända explosionsartat vid brand eller vid kontakt med organiskt material antas därför vara mycket begränsad. Utifrån den nationella statistiken från Trafikanalys utgör dock organiska peroxider en liten andel (< 5 %) av de totala transportmängderna av klass 5.

En stor del av den transporterade mängden klass 5-varor som är förknippade med explosionspotential efter förorening är ammoniumnitrat, som utgör ett fast oxiderande ämne (nyttjas vid framställning av sprängämne/emulsionsmatris samt konstgödsel). I utredningen ansätts samtliga klass 5-varor utgöras av ammoniumnitrat.

Enligt regelverket RID-S /9/ är det dock inte tillåtet att transportera ammoniumnitrat med mer än 0,2 % av brännbara ämnen (inklusive alla organiska ämnen som kolekvivalent) utom när det utgör beståndsdel i ett ämne eller föremål i klass 1 (explosiva ämnen).

I de allmänna råden till Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 1995:6) om hantering av ammoniumnitrat tydliggörs följande:

Ammoniumnitrat kan under vissa omständigheter detonera men ett brandförlopp tillsammans med brännbara material ligger närmare till hands. Där man med någorlunda säkerhet kunnat fastställa detonationsorsak har förorening, temperaturökning och inneslutning samverkat. Nämda faktorer har inte var för sig, vid försök, kunnat åstadkomma detonation.

I de fortsatta beräkningarna antas det konservativt att 100 % av den totala mängden klass 5 som transporteras på järnvägen utgör ämnen som kan självantända explosionsartat vid brand eller vid förorening med brännbart material.

Detonation p.g.a. tågbrand: Frekvensen för en tågbrand i en godsvagn med klass 5 utgår från tabell A.6. Det finns detaljerade regler för hur oxiderande ämnen och organiska peroxider skall förpackas och hanteras vid transport /9/, vilket innebär en begränsad sannolikhet för att en tågbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det detonerar.

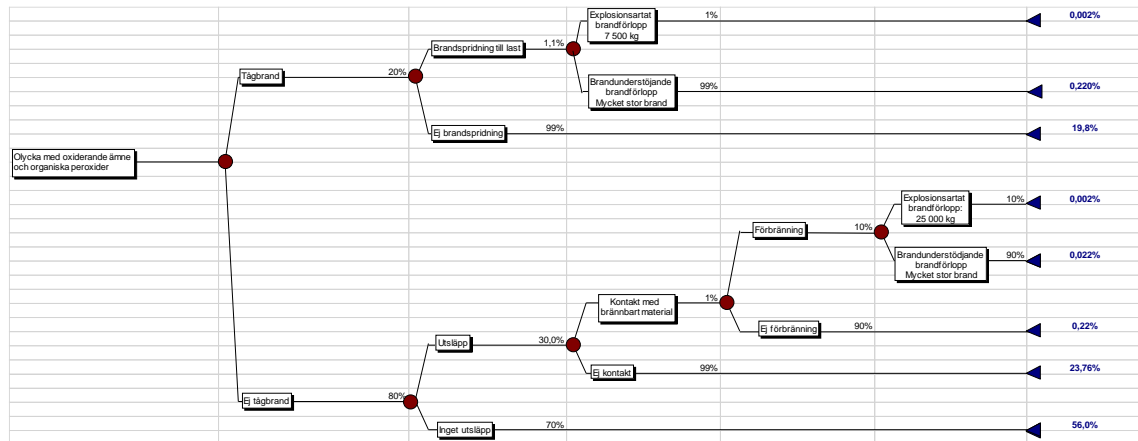
Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras i tunnväggiga vagnar. Skada på en godsvagn med klass 5 bedöms motsvara den sammanlagda sannolikheten för utsläpp för tunnväggiga vagnar, d.v.s. 30 % /8/. Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 3,7 % enligt avsnitt 2.2 (se tabell A.3). Förutsatt denna situation med skada på godsvagn och mycket stor brand antas sannolikheten för brandspridning till lasten vara 100 %. Sannolikheten för att brand som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten bedöms då till ca 1,1 % (30 % x 3,7 %).

Med hänsyn till gällande regler så bedöms dock sannolikheten för att tågbranden leder till ett explosionsartat brandförlopp vara begränsad, uppskattningsvis högst 1 %. I övriga fall där branden sprider sig till lasten antas det utläckta godset fungera brandunderstödjande så att brandförloppet motsvarar en mycket stor brand.

Detonation p.g.a. förorening av brännbart material: Enligt ovan är sannolikheten för utsläpp 30 % (25 + 5 %). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska förorenas med brännbart material bedöms som låg, 1 % (i princip krävs att en tank med brännbar vätska skadas i närheten för att risk för omfattande förorening och blandning föreligger). Vidare bedöms att sannolikheten för förbränning av blandningen givet förorening och blandning vara högst 10 %. Förbränningen antas kunna leda till explosionsartade brandförlopp alternativt till en kraftig brand där det utläckta godset fungerar brandunderstödjande. Sannolikheten för att förbränningen leder till explosionsartat brandförlopp uppskattas till högst 10 % och i övriga fall antas det utläckta godset fungera brandunderstödjande så att brandförloppet motsvarar en mycket stor brand. Det råder stora osäkerheter kring den explosiva blandning som kan bildas till följd av ett utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider som förorenas med brännbart material. Hur stor den explosiva blandningen blir är beroende på utsläppsmängden oxiderande ämne samt tillgången till brännbart material. I den riskanalys som togs fram för Fördjupad översiktsplan för Göteborg 1996 /16/ angavs att den explosiva blandning som kan bildas vid ett utsläpp av klass 5 på järnväg motsvarar en explosiv blandning med 25 ton trotyl. Detta scenario utgår från antagandet att vagnen med oxiderande ämnen kolliderar med en vagn med brandfarlig vätska (klass 3) som blandas med utsläppet. Mängden massexplisiv vara motsvarar den mängd ideal blandning som då kan uppkomma. Blandningen antas motsvara 100 % mängd ekvivalent TNT (trotyl).

Enligt ovan kan explosion även inträffa till följd av tågbrand utan blandning av bränsle. Explosionslasten antas då motsvara 30 % ekvivalent mängd trotyl, d.v.s. givet en transportmängd på 25 ton så motsvarar explosionslasten ca 7,5 ton ekvivalent TNT (trotyl).

Figur A.5 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.11.



Figur A.5. Händelsetråd olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Tabell A.11. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med oxiderande ämne (klass 5)	1,5E-05
Järnvägsolycka utan brand	1,2E-05
Järnvägsolycka med brand	3,3E-06
Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarande 7 500 kg ekvivalent trotyl)	3,4E-10
Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarande 25 000 kg ekvivalent trotyl)	3,6E-10
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med klass 3)	3,7E-08
- P.g.a. tågbrand	3,3E-08
- P.g.a. förorening av brännbart material	3,3E-09

3. Känslighetsanalys

Frekvensberäkningar i känslighetsanalysen görs enligt beräkningsgång i denna bilaga men med utgångspunkten i en fördubblad tågtrafik samt att fördelningen mellan farligt godsklasser utgår ifrån nationell statistik med tillägg för klass 1 enligt tidigare resonemang som redovisas i tabell A.12 nedan.

Scenario	Andel
Klass 1	0,1%
Klass 2	27,37%
Klass 3	36,57%
Klass 4	2,75%
Klass 5	13,94%
Klass 6	1,8%
Klass 7	0,01%
Klass 8	17,27%
Klass 9	0,29%
Totalt	100 %

Bilaga B - Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn Västerås resecentrum				
Uppdragsgivare Västerås stad	Uppdragsgivare Västerås stad	Datum 2021-09-16		
Handläggare Pierre Wahlqvist & Rosie Kvål	Egenkontroll RKL	Internkontroll PWT	2021-09-16	2021-04-16

1. Inledning

I denna bilaga beräknas konsekvenserna av de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom det studerade området. Beräkningarna beaktar följande olycksrisker:

Olycka på järnvägen

1. Urspårning
2. Tågbrand
3. Olycka vid transport av farligt gods
 - Explosion med massexplosiva 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)

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

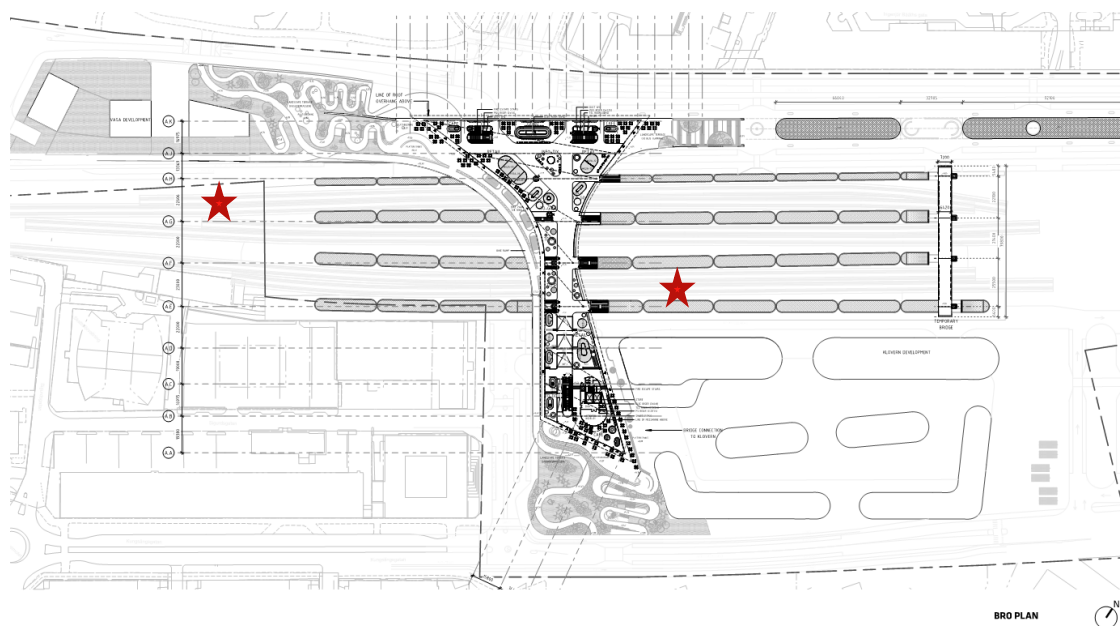
I riskanalysen används riskmåten **individrisk** och **samhällsrisk**. Med hänsyn till detta består konsekvensberäkningarna av beräkning av skadeavstånd/-område (avsnitt 2) respektive beräkning/bedömning av antal omkomna till följd av respektive olycksrisk (avsnitt 3).

2. Förutsättningar

2.1 Allmänt om det studerade området

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). Frekvensberäkningarna i bilaga A omfattar en 1 km lång sträcka, men konsekvensberäkningarna kommer avgränsas till att studera respektive olycksscenario vilket innebär så stora konsekvenser som möjligt för det studerade planområdet, en tänkt olycka placeras därför mitt för planområdet och konsekvenser beräknas för största skadeområdet.
- Figur B.1 utgör en översiktsbild som visar det studerade området efter planerad exploatering av stationsområdet. Eftersom området är stort och bebyggelsen varierar utmed studerad järnvägssträcka har två separata olycksplatser valts som underlag till beräkningen av samhällsrisk. Valda olycksplatser redovisas med röd stjärna i figur B.1.



Figur B. 1. Ritning över stationsområdet där röd stjärna markerar placeringen av olyckor varifrån konsekvenser för samhällsriskerna beräknas.

Som underlag till de fortsatta beräkningarna har antagande om antal personer inom området samt en uppskattning av byggnadsytor samt ytor utomhus varit nödvändiga.

Personantalet för planområdet är hämtat från det pågående planarbetet, och utgår från följande förutsättningar:

- Den genomsnittliga persontätheten för bostäder och hotell uppskattas grovt till ca 0,033 personer/m² BTA (vilket motsvarar ca 1 person per 30 kvadratmeter med avdrag en tredjedel för gemensamma ytor).
- Den genomsnittliga persontätheten för kontor uppskattas grovt till ca 0,05 personer/m² BTA (vilket motsvarar ca 1 person per 20 kvadratmeter med avdrag en tredjedel för gemensamma ytor).
- Den genomsnittliga ytan för konferens och mindre handelslokaler uppskattas grovt till 0,1 personer/m² BTA (vilket motsvarar 1 person per 10 kvadratmeter).
- Genom resecentrumet passerar dagligen cirka 20 000 personer enligt huvudrapporten. Dessa antas vara spridda över dygnet med högre personantal i rusningstrafik och endast enstaka personer nattetid. Utslaget antas ett jämt personantal under 18 timmar av dygnet och inga personer nattetid (6 timmar).
- Obebyggda ytor inom planområdet, mellan riskkälla och bebyggelse, förväntas inte utföras så att de uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Avståndet till ytor utomhus där personer vistas stadigvarande bedöms därför motsvara avstånden till bebyggelse.
- Den genomsnittliga persontätheten utomhus uppskattas grovt till ca 0,005 personer per m² och cirka 0,07 personer per m² för ytor med högre persontäthet (exempelvis lekplatser).
- Persontätheten inom aktuell bebyggelse (kontor och bostäder) kan variera under dygnet med hänsyn till olika verksamheter inom området. Konsekvensberäkningarna utförs dock konservativt för ett scenario där maximalt personantal förväntas inom området, d.v.s.

”beläggningen” ansätts till 100 %. Detta är ett konservativt antagande som medför att risknivån kommer bli liknande oberoende av fördelning mellan exempelvis bostäder och kontor.

Sammanställning:

För att kunna bedöma hur stort antal personer som befinner sig inom respektive skadeområde så görs grova uppskattningar inom aktuella områden, både inom stationsområdet men även i kringliggande områden. I Tabell B.1 redovisas de uppskattade personantalen inom det studerade området (inkl. kringliggande bebyggelse). Det studerade området för skadeutfall begränsas till områden som kan påverkas av de studerade olyckorna med beaktande att en byggnad som vetter mot järnvägen medför en barriär och skyddat område bakom. Benämningarna för olika områden återges i huvudrapporten.

Tabell B.1. Uppskattade personantal för delar kring resecentrumet som funktion av avståndet.

	Yta (m ²)	Uppskattat personantal		
		Totalt	Inomhus	Utomhus
Resecentrum		1100	1000	100*
Vasakvarteret, låg byggnad	1 500	420	410	10
Vasakvarteren, de högre byggnaderna	6 800	235	230	5
Sigurd 7		650	600	50
Sigurd 6		450	455	5
Kontorsbyggnader, sydväst (tvillingbyggnader)		1000	950	50
Sigurd 3, kontor	27 300	1 385	1 365	20
Sigurd 3, hotell (eventuellt)	7 500	253	248	5
Sigurd 3, konferens	5 300	540	530	10
Sigurd 3, bostadshus	38 700	1 297	1 277	20
Sigurd 3, lokaler	3 200	325	320	5
Bostadshus mot centrum		150	100	50
Kontorshus söder om Sigurd 7		1000	950	50
Rådhusparken		50	-	50

* Inkluderar inte resenärer på perronger

3. Beräkning av skadeavstånd/-områden

3.1 Urspåring

I bilaga A redovisas beräkningar av urspårningsfrekvens samt sannolikheten för att en järnvägsvagn kolliderar med kringliggande bebyggelse med sådan kraft att byggnaden rasar. Skadefrekvensen reduceras som funktion av avståndet från järnvägen och är beroende av tågets hastighet vid urspåringstillfället.

Skadeområdet vid en urspåring understiger i princip alltid 25-30 meter vinkelrätt ut från spåret. Detta skadescenario motsvarar en helt snedställd tågagn. Sannolikheten för detta värsta tänkbara scenario är extremt låg, se bilaga A.

Med hänsyn till gällande hastighetsbegränsningar på den aktuella järnvägssträckan (80 km/h) beräknas det maximala vinkelräta avståndet från spåret som vagnen kan hamna till ca 11 meter.

De ekvationer som används för beräkning av sannolikhet och frekvens som funktion av avståndet från järnvägen i bilaga A gäller för en obebyggd omgivning som ligger ungefär i samma nivå som järnvägen. Utmed den aktuella sträckan ligger järnvägen i nivå med omgivningen och vid en ombyggnad av spårområdet kommer plattformar placeras utanför yttersta spår på båda sidor om bangården. I nuläget finns en perrong utmed spårområdets nordvästra gräns. Perronger placerade utanför spår innebär att ett urspårat tåg hindras att lämna spårområdet och utgör därför ett bra skydd mot urspårning.

Ny bebyggelse (exkluderat byggnader med resecentrumfunktioner) planeras minst 39 meter från närmaste spårmittem inom Vasakvarteret och 25 meter inom Sigurd 3. En urspårning kommer därför endast att påverka obebyggda ytor eller byggnader avsedda för resandefunktioner inom planområdet där perrong utanför spåren saknas.

Konsekvensberäkningarna kommer att omfatta nedanstående skadescenarier. Beräkningarna kommer att omfatta två dimensionerande scenarier med skadeavstånd som motsvarar de beräkningar som redovisas i bilaga A. För att inte underskatta konsekvenserna av det aktuella skadescenariot studeras dessutom ett worst case scenario med skadeavstånd som motsvarar de maximala skadeavstånd som uppmätts vid urspårning. Det antas mycket konservativt att skadeavståndet för worst case scenario är oberoende av hastighetsbegränsningen. Sannolikheten för worst case scenario antas utgöra en mycket låg andel av den sammanlagda frekvensen för dimensionerande scenario.

- Urspårning Västerås resecentrum (hastighetsbegränsning 80 km/h)
 - Dimensionerande scenario, medel: skadeavstånd 6 meter
 - Dimensionerande scenario, max: skadeavstånd 11 meter
 - Worst case scenario: skadeavstånd 30 meter (1 % av frekvens för dim. scenario, max)

Skadezonen utbredning i längsled utmed järnvägen antas konservativt motsvara den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret, vilket beräknas i bilaga A. För samtliga scenarier ovan antas skadezonen i längsled utmed järnvägen vara 80 meter.

Bedömningskriterier

Det antas mycket grovt att personer utomhus omkommer om de vistas inom det avstånd från järnvägsspåret som den urspårade vagnen hamnar.

Sannolikheten för att omkomma till följd av byggnadskollaps eller att av byggnadsdelar rasar bedöms däremot vara beroende av byggnadens våningsantal. Ju lägre våningsantal ju lägre sannolikhet att omkomma. För personer som vistas inomhus antas det grovt att 50 % omkommer av de som vistas i byggnader med fasad inom det avstånd från järnvägen som den urspårade vagnen hamnar.

Resultat

I tabell B.2 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. I tabellen redovisas även uppskattat antal omkomna inom- och utomhus beaktat det nya stationsområdet.

Tabell B. 2. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid urspärning.

Skadesscenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeområde (meter)	
		bredd (utmed riskkälla)	längd (vinkelrätt riskkälla)
Urspärning, 80km/h			
inomhus	50%	80	11
utomhus	100%	80	11
Worst case	100% ute 50% inne	80	30

Planerade byggnader (ej resandefunktioner) är planerade med minst 25 meter (Sigurd 3) respektive 39 meter (Vasakvarteret) mellan fasad och närmsta spår varför konsekvenser på byggnader inte kommer uppstå. Inom Vasakvarteret planeras även en byggnad med resandefunktioner kopplade till själva resecentrumet. Denna byggnad planeras som minst 27 meter från närmaste spår. Själva resecentrumet planeras i direkt anslutning till spår och dess konstruktion förutsatt utföras så att ett urspärat tåg inte kan påverka den.

3.2 Brand i tåg

Metodik

Konsekvenserna av en tågbrand med avseende på påverkan på kringliggande bebyggelse m.m. är beroende av tågtyp och brandens omfattning. I bilaga A redovisas beräkningar för tre olika skadescenarier med godståg och persontåg.

En brand i godståg kan innebära brandeffekter som uppnår över 100 MW. Stor godsbrand uppskattas motsvara ca 100 MW och en mycket stor godsbrand uppskattas kunna motsvara ca 200 MW. Brand i persontåg uppskattas motsvara 15 MW.

Bedömningskriterier och resultat för brand i godståg och persontåg redovisas gemensamt i avslutningen på avsnitt 3.2.

Beräkningar stålning vid brand i godståg

Beräkningarna av den infallande värmestrålning som det analyserade området utsätts för i händelse av olycka med påföljande brand genomförs med handberäkningar där motsvarande pölbrand med samma effekt utgör grunden enligt beskrivningen nedan:

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

Flamhöjd (H_f) – Flamhöjden (m) kan beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiametern (D) enligt följande ekvation /2/:

$$H_f = 0,23 \times Q^{2/5} - 1,02 \times D$$

Ovanstående förhållande mellan brandeffekt och pölarea innebär att flamhöjden grovt kan uppskattas till $H_f = D / 1$.

/1/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

/2/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

Utfallande strålning (I_0) – Den utfallande strålningen (kW/m^2) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flammans, 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 /3/:

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

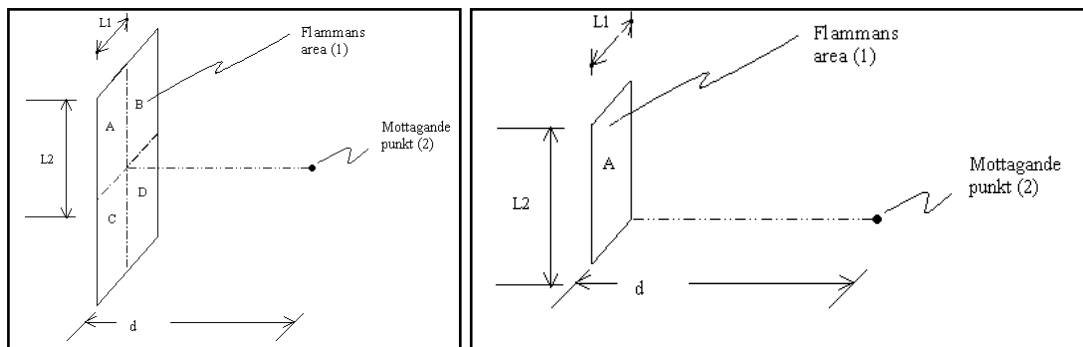
Synfaktor (F) – Synfaktorn (–) anger hur stor andel av den utfallande strålningen som når en mottagande punkt eller yta (se figur B.1). Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då branden i själva verket normalt smalnar av väsentligt upptill.

Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammans och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt /4/: $F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$

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 figur B.2.



Figur B.1. Synfaktor.

Ovanstående ekvation kan omvandlas till följande ekvation för beräkning av respektive ytas (A, B, C och D) synfaktor /5/:

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

$$X = \frac{L_1}{d} \quad \text{och} \quad Y = \frac{L_2}{d} \quad \text{enligt figur B.1.}$$

Infallande strålning (I) – Den från branden infallande värmestrålningen (kW/m^2) som når omgivningen minskar med avståndet från branden och beräknas genom: $I = F \times I_0$

/3/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989

/4/ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999

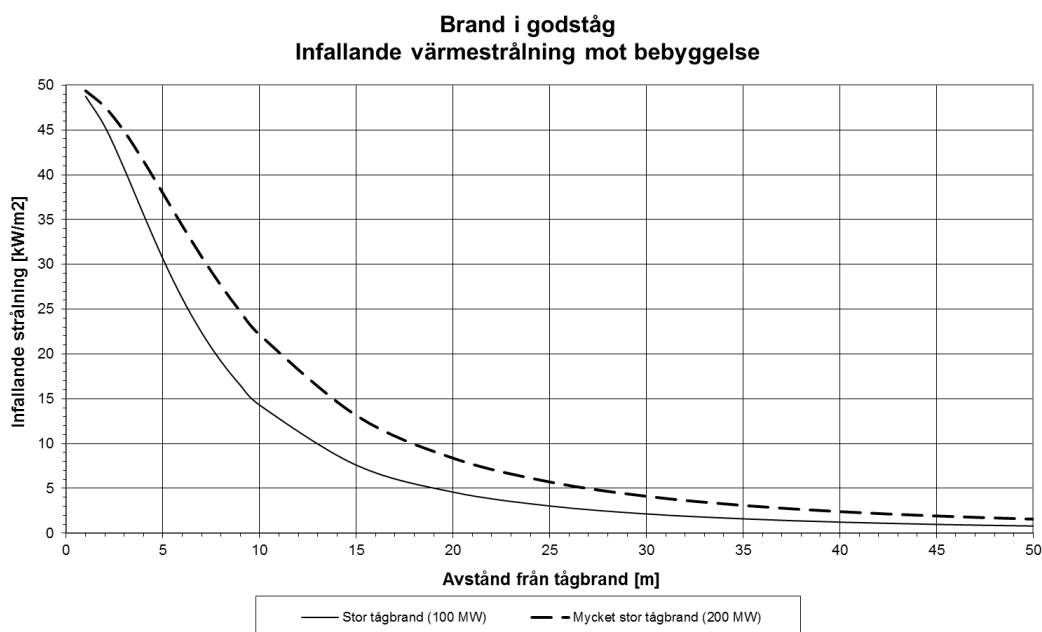
/5/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992

Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden för de olika scenarierna (se tabell B.3).

Tabell B.3. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd samt utfallande värmestrålning.

Scenario	Brinnande yta A_F (m ²)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D_f (m)	Flammhöjd H_f (m)	Utfallande strålning I_o (kW/m ²)
Stor tågbrand (godståg)	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Mycket stor tågbrand (godståg)	200	200 000	16,0	16,0	42,8

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.2. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. Enligt tabell B.3 sjunker den utfallande strålningen med brandens storlek. Detta beror på att ekvationen beaktar att sotproduktionen ökar vid större bränder. Soten och röken döljer själva flammen och absorberar en avsevärd del av strålningen, vilket i sin tur minskar den utfallande värmestrålningen. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m² för samtliga brandscenarier.



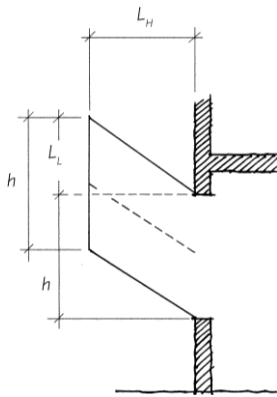
Figur B.2. Infallande strålning som funktion av avståndet från brand i godståg.

Beräkningar strålning vid brand i persontåg

Konsekvenserna för brand i persontåg beräknas utifrån nedanstående metodik. Beräkningarna omfattar beräkning av den infallande värmestrålningen mot kringliggande områden och en bedömning av hur detta påverkar bebyggelse och personer.

Flamstorlek

Samtliga fönster i tåget antas gå sönder till följd av branden varför flammor ut genom fönstret har beräknats med formel för fönsterflamma (drag) enligt figur B.4 nedan.



Figur B.4. Flamma ut genom fönster vid drag.

Nedanstående formler har använts i beräkningarna /1/:

Flamhöjd (m):
$$L_L = 1,366 \times \left(\frac{1}{u}\right)^{0,43} \times \left(\frac{\dot{Q}}{\sqrt{A_v}}\right) - h$$

Flammans horisontella projektion (m):
$$L_H = 0,605 \times \left(\frac{u^2}{h}\right)^{0,22} \times (L_L + h)$$

Flammans bredd (m):
$$w_f = w + 0,4 \times L_H$$

där

\dot{Q} = utvecklade effekt (MW), max 15 MW enligt ovan.

u = vindhastighet (m/s), antas till 1 m/s, vilket ger en konservativ flamhöjd

A_v = Tågets totala fönsteröppningsarea (m²), sammanlagt 15 m² för spårvagn (en sida).

h = fönstrets höjd (m), ca 1 m

w = fönstrets bredd (m), ca 1 m per fönster, sammanlagt ca 15 m per spårvagnssida

Med ovanstående förutsättningar så erhålls följande värden:

$L_L = 4,3 \text{ m}$ mätt från undersida fönster blir höjden på den totala strålande ytan ca 5 m.

$L_H = 3,2 \text{ m}$

$w_f = 2,3 \text{ m}$ per fönster, totalt per spårvagnssida blir $w_f = 16,3 \text{ m}$

Flamtemperatur

Medelflamtemperaturen T_f antas vara 800°C (1073 K). Detta utgår från uppmätta temperaturer vid fullskaleförsök. Bakgrundsstrålning från tåget har också beaktats.

Värmestrålning

Den utfallande värmestrålningen, E , (kW/m²) är beroende av flamtemperatur och den brinnande massans emissionstal. Emissionstalet, det vill säga materialets förmåga att avge värmeenergi, är beroende av materialets temperatur och egenskaper, särskilt vid ytan.

Värmestrålningen beräknas enligt följande ekvation:

$$E = \varepsilon \times \sigma \times T_f^4 \quad \text{där:}$$

ε = Emissionstal [-], ansätts konservativt till 1,0

σ = Stefan-Boltzmanns konstant = $5,67 \times 10^{-11} \text{ kW/m}^2\text{K}^4$

T_f = Flammans temperatur [K], 1073 K enligt ovan.

Med ovanstående förutsättningar så erhålls följande värde:

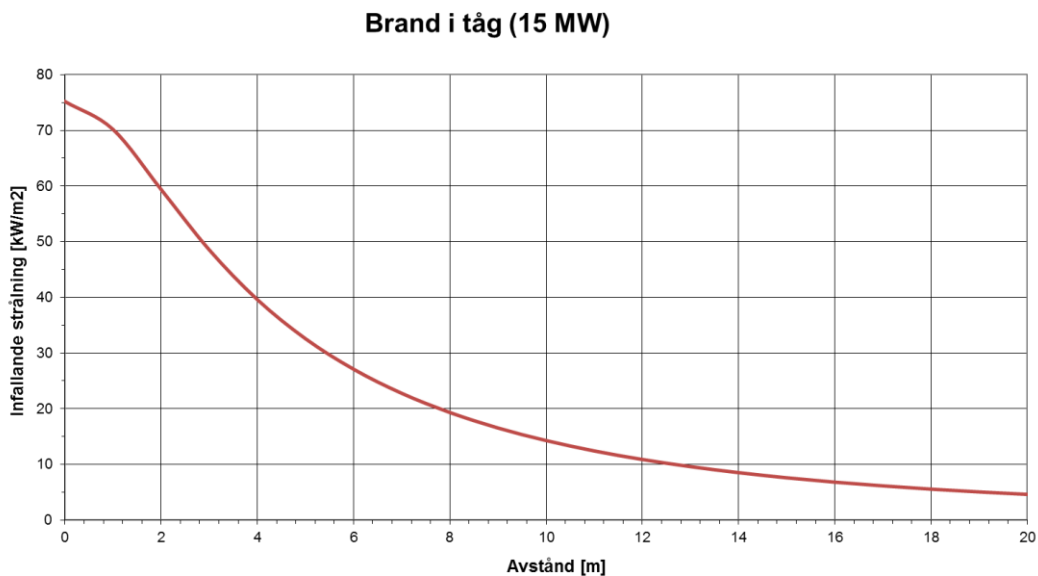
$$E = 75 \text{ kW/m}^2$$

Den infallande strålningen, E_p utgår från flammans emitterade strålning samt synfaktorn och beräknas genom:

$$E_p = F \times E \quad \text{där}$$

F = Synfaktorn (-), beräknas enligt avsnitt 3.2.1

Beräkningarna av den infallande strålningen som funktion av avståndet redovisas i figur B.5.



Figur B.5. Infallande strålning som funktion av avståndet från brand i persontåg.

Bedömningskriterier strålningspåverkan

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.4 redovisas exempel på strålningsnivåer och vilka skador dessa kan medföra avseende personskada respektive brandspridning.

Tabell B.4. Effekter av olika strålningsnivåer /1, 6/.

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	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

Sannolikheten för att personer som befinner sig **inomhus** omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Den kritiska värmestrålningen ansätts till 15 kW/m² om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas, vilket motsvarar det kriterium som anges i BBRAD 3 /7/ avseende brandspridning mellan byggnader. 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 kring tågbranden där strålningsnivån överstiger 15 kW/m² omkommer.

En oskyddad person **utomhus** som 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 hen reagerar. Sannolikheten för att oskyddade personer utomhus omkommer bedöms utifrån tabell B.4. Nedan redovisas uppskattad andel omkomna beroende på strålningsnivå för personer som befinner sig utomhus:

- 10 kW/m²: < 5 % sannolikhet att omkomma
- 15-20 kW/m²: 50 % sannolikhet att omkomma
- > 40 kW/m²: 100 % sannolikhet att omkomma

För brand i persontåg generaliseras ovanstående till att 50 % utomhus omkommer inom skadeområdet med strålningsnivåer över 15 kW/m².

Resultat brand i godståg och persontåg

I tabell B.5 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

/6/ Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, september 1997

/7/ BBRAD 3 – Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BFS 2013:12; Boverket 2013

Tabell B.5. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid tågbrand.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
Stor tågbrand (100 MW)	5% inomhus	10
	100% utomhus	4
	50% utomhus	10
	5% utomhus	13
Mycket stor tågbrand (200 MW)	5% inomhus	14
	100% utomhus	5
	50% utomhus	14
	5% utomhus	17
Brand i persontåg	5 % inomhus	10
	50 % utomhus	10

3.3 Olycka med farligt gods Mäljarbanan

3.3.1 Klass 1. Explosiva ämnen

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 kringliggande områden utmed järnvägen.

Utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A kommer konsekvensberäkningarna att omfatta följande skadescenarier avseende olycka på järnväg:

- 500 kg
- 2000 kg
- 25 000 kg

Konsekvensberäkningarna följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner* /8/. 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.6 och figur B.7 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 $1,8 \cdot X$ kg i fri luft.

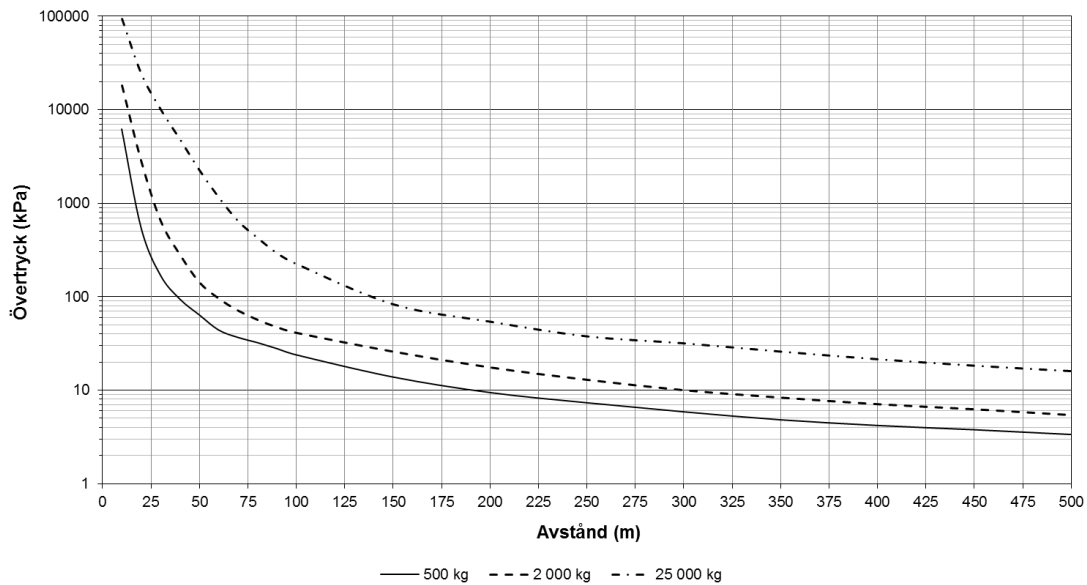
/8/ Konsekvenser vid explosioner – kompendium framtaget i samband med FOAs kurs explosivämneskunskap, FOA, Rickard Forsén 1999-09-03 (Bearbetat av Stefan Olsson 2001-09-16)

För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

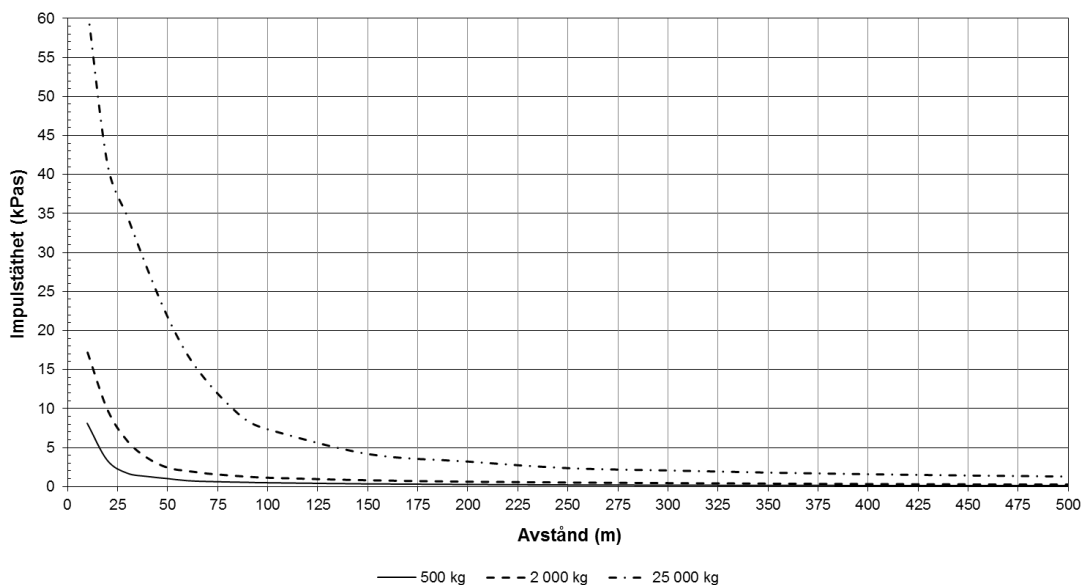
Då människor är relativt små bedöms inget reflekterande tryck uppstå vilket innebär att man vid bedömning av skadeområdet för konsekvenser utomhus studerar strykande tryck (180°).

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

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



Figur B.6. Max övertryck som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.



Figur B.7. Impulstäthet som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

Bedömningskriterier

Inomhus: Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) i förhållande till byggnadsdelarnas karaktäristiska tryck (P_c) och impuls (I_c), se ekvationen i avsnitt Metodik. I tabell B.6 anges karaktäristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärighet /6/.

Tabell B.6. Karaktäristiska 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 längsgående ytterväggar	200	2,5
<i>Stomme i monterad betong</i>		
- Pelar/balk-stomme	200	3,1
- Bärande väggar i elementhus	200	3,1
Icke bärande konstruktioner		
- Lätta utfackningsväggar (plåtkassetter) i pelarhus	5	0,5
- Medeltunga utfackningsväggar (regelstomme & fasadtegelskal)	5	1,0

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 /6/:

- | | | | |
|----------------|---------|----------------|---------|
| • 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 avsnittet nedan uppskattas innebära följande sannolikhet för att omkomma:

- 500 kg: 10 %
- 2 000 kg 50 %
- 25 000 kg 100 %

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.7 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

Byggnadsdelarna har delats upp på bärande byggnadsdelar och icke bärande lätta respektive medeltunga byggnadsdelar. De infallande tryck som redovisas i figur B.6 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.6 respektive figur B.7. I tabell B.6 redovisas skadeavstånden för dels icke skyddad bebyggelse och dels skyddad bebyggelse.

Tabell B.6. Beräknade konsekvenser – skadeområden för byggnadsras (helt eller delvis) samt för oskyddade personer utomhus, vid massexplosion.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
500 kg massexplosion	100 % <u>inomhus</u>	20	< 20
	15 % <u>inomhus</u>	80	< 50
	10 % <u>utomhus</u>	30	< 30
2 000 kg massexplosion	100 % <u>inomhus</u>	35	30
	15 % <u>inomhus</u>	175	100
	50 % <u>utomhus</u>	50	30
25 000 kg massexplosion	100 % <u>inomhus</u>	90	60
	15 % <u>inomhus</u>	600	200
	100 % <u>utomhus</u>	100	70

3.3.2 Klass 2.1 Brännbara Gaser

Metodik

För brännbara gaser kan följande 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 järnvägsvagn (ca 40-55 ton gas) respektive tankbil (ca 25 ton). Det antas grovt att samtliga transporter innehåller tryckkondenserad gasol.

I tabell B.7 redovisas den indata som anges i **Gasol** med avseende på tankutformning, väder etc.

Tabell B.7. Indata till Gasol för simulering av skadeområden vid jetflamma och gasmoln.

Faktor	Järnvägsvagn	Tankbil
Lagringstemperatur	15°C	15°C
Lagringstryck	7 bar övertryck vid 15°C	7 bar övertryck vid 15°C
Tankdiameter	2,5 m	2,0 m
Tanklängd	19 m	18 m
Tankfyllnadsgrad	80 %	80 %
Tankens tomma vikt	50 000 kg	50 000 kg
Designtryck	15 bar övertryck	15 bar övertryck
Bristningstryck	4 x designtrycket	4 x designtrycket
Lufttryck	760 mmHg	760 mmHg
Väder	15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart	15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart
Omgivning	Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)	Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

Skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnsexplosion har simulerats för följande utsläppsstorlekar i enlighet med riktlinjer i /9/:

Järnväg

- Litet utsläpp: 0,09 kg/s
- Stort utsläpp: 11,7 kg/s

Väg

- 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.

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.8 redovisas skadeområden där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Enligt /6/ är sannolikheten att omkomma vid 2:a gradens brännskador ca 15 %. I riskberäkningarna uppskattas det grovt att ca 50-100 % av de människor som vistas inom belyst skadeområde enligt tabell B.6 riskerar att omkomma.

/9/ 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. För jetflamma uppskattas det 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-3:e gradens brännskada. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändigt spridd brand sprids in i byggnaden omkommer.

För gasmolnsexplosion och BLEVE bedöms sannolikheten för brandspridning vara låg med hänsyn till kortvariga brandförlopp. Konsekvenser inomhus kan dock uppstå p.g.a. tryckpåverkan. Utifrån detta uppskattas grovt att 5 % av personer som befinner sig inomhus inom belyst skadezon enligt tabell B.8 förväntas omkomma.

Resultat

I tabell B.8 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras.

Beräkningarna i **Gasol** utgår från fri spridning av gas och tar ingen hänsyn till framförliggande objekt och avskärmningar som kan reducera jetflammans längd, spridningen av gasmoln respektive BLEVE m.m. vilket i sin tur reducerar skadeavstånden.

Vid tät bebyggelsestruktur så reducerar byggnaderna skadeavståndet och påverkan på bakomliggande byggnader relativt mycket. Planerad bebyggelse bedöms reducera skadeavståndet (längden) för respektive scenario med åtminstone 50 % i förhållande till vad som redovisas i **Gasol**. I tabellen redovisas därför även skadeavstånden vid framförliggande skyddande bebyggelse. För skadescenarier med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs ingen reducering.

Tabell B.8. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse	
		bredd	längd	bredd	längd
Liten jetflamma	5 % inomhus 50 % utomhus	6	5	6	5
Liten gasmolnsexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	2	5	2	5
Stor jetflamma	5 % inomhus 50 % utomhus	60	55	60	55
Stor gasmolnsexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	215	185	215	185
BLEVE	5 % inomhus 50 % utomhus	440	220	440	220

3.3.3 Klass 2.3 Giftiga Gaser

Metodik

Den icke brännbara men giftiga gasen antas bestå av **tryckkondenserad klor**, som är en av de giftigaste gaserna som transporteras i större tankar på järnväg i Sverige.

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 järnvägsvagn rymmandes ca **65 ton klor**.

Nedan redovisas den indata som anges i **Spridning i Luft 1.2** med avseende på tankutformning, omgivningsstruktur och väder etc.

- Kemikalie: Klor
- Emballage: Järnvägsvagn (65 ton)
- Bebyggelse: Tät skog/ stad ($\rho = 1,0$)
- Lagringstemperatur: 15°C
- Väder: 15°C, vår, dag och klart

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

- Litet utsläpp (packningsläckage): 0,45 kg/s
- Stort utsläpp (stor punktering): 112 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 konservativt att ventilationsintagen för samtlig bebyggelse är placerade högst 3 meter över marken.

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.

Resultat

I tabell B.9 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. Enligt avsnitt 3.3.2 utgår beräkningarna i **Spridning i Luft 1.2** från bebyggelse med avseende på ytråheten (d.v.s. möjligheten för gasmolnet att spridas). Beräkningarna avser relativt fri spridning av gas som inte tar någon hänsyn till framföriggande objekt och avskärmningar som kan reducera spridningen av gasmoln vilket i sin tur reducerar skadeavstånden. Föreslagen bebyggelsestruktur med en kraftig förtätning av bebyggelsen i direkt anslutning till riskkällan bedöms ha en avskärmande effekt som reducerar skadeavståndet (längden) för respektive scenario, åtminstone 50 % i förhållande till vad som redovisas i **Spridning i Luft 1.2**. I tabellen redovisas därför även skadeavstånden vid framföriggande skyddande bebyggelse. För skadescenarioer med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs ingen reducering.

Tabell B.9. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av giftiga gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)							
		Oskyddad bebyggelse				Skyddad bebyggelse			
		Inomhus		Utomhus		Inomhus		Utomhus	
		bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd
Litet utsläpp (packningsläckage)	100%	0	0	4	10	0	0	4	10
	50%	0	0	20	30	0	0	20	30
	5%	4	15	30	50	4	15	30	50
Stort utsläpp (stor punktering)	100%	20	50	140	250	20	50	140	125
	50%	80	260	240	370	80	130	240	185
	5%	190	345	360	430	190	172,5	360	215

3.3.4 Klass 3. Brandfarliga vätskor

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 pölar med brandfarlig vätska bildas vilket leder till olika mängder värmestrålning.

Utformningen av spårområdet med makadam och dränering innebär att spridningen av ett vätskeutsläpp på järnväg bedöms bli relativt begränsat, även vid ett stort utsläpp, eftersom underlagets genomsläpplighet är god. I försök har det även påvisats att pölens utbredning är kraftigt beroende av underlagets utformning och lutningar /10/. Det krävs relativt små lutningar för att vätskan ska forma rännilar eller ansamlingar i lågpunkter m.m.

Med avseende på pölbrand antas det grovt att pölen har cirkulär utbredning, vilket ger en högre strålningsnivå. Scenariot godsvagnsbrand kommer att studeras utifrån motsvarande metodik, men i detta fall tas ingen hänsyn till pölens utbredning.

Konsekvensberäkningar utförs för följande skadescenarier:

Järnväg

- Liten pölbrand: 100 m²
- Stor pölbrand: 200 m²
- Tankvagnsbrand: Max brandeffekt ca 300 MW
(effekten motsvarar det värde som anges i /11/ för tankbilsbrand, vilket härstammar från en bedömning som baseras på den högsta brandeffekt som uppmätts vid eldning av gods i tunnel)

Beräkningsmetodiken följer den som redovisas i avsnitt 3.2.

Med hjälp av gällande samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden beräknats för de två skadescenarierna (se tabell B.10).

/10/ Konsekvenser vid tankbilsolycka med bensen i Stockholms innerstad, Stockholms brandförsvär, 1998

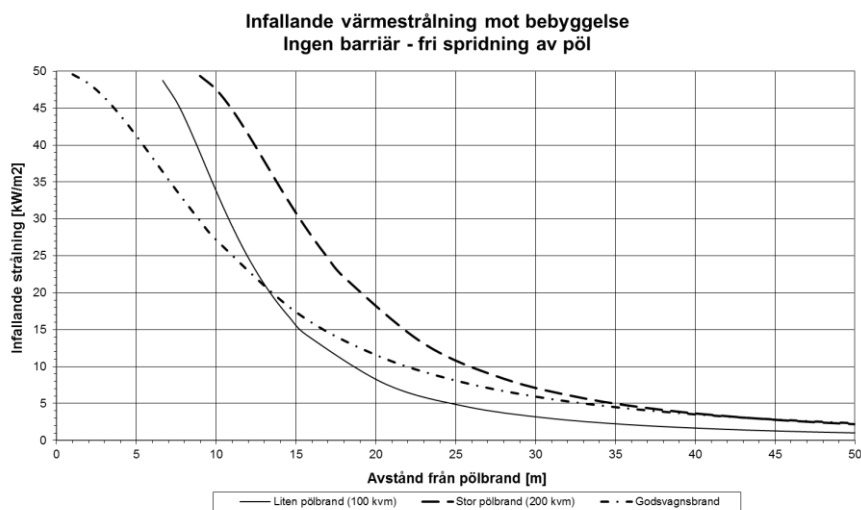
/11/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999

Tabell B.10. 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_f (m)	Flamhöjd H_f (m)	Utfallande strålning I_0 (kW/m ²)
Olycka på järnväg					
Liten pölbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Stor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Godsvagnsbrand	300	300 000	19,5	19,5	40,0

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.8. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. I diagrammen beaktas även pölarnas radie (ej för godsvagnsbrand), vilket beror på att pölen kan spridas mot det studerade området.

Enligt tabell B.11 sjunker den utfallande strålningen med pölbrandens storlek. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m² för samtliga brandscenarier.



Figur B.8. Infallande strålning som funktion av avståndet från pölbrand respektive godsvagnsbrand vid olycka på järnvägen.

Bedömningskriterier
Se avsnitt 3.2.

Resultat

I tabell B.11 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

Tabell B.11. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

Skadesscenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
Liten pölbrand (100 MW)	5% inomhus	15
	100% utomhus	9
	50% utomhus	15
	5% utomhus	18
Stor pölbrand (200 MW)	5% inomhus	22
	100% utomhus	13
	50% utomhus	22
	5% utomhus	25
Godsvagnsbrand (300 MW)	5% inomhus	17
	100% utomhus	7
	50% utomhus	17
	5% utomhus	22

3.3.5 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Metodik

Olyckor med oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) brukar vanligtvis inte leda till personskador. Om det blir involverat i en brand kommer dock brandens intensitet att öka. Vissa oxiderande ämnen kan även ge explosionsartade brandförlopp eller våldsamma reaktioner tillsammans med något bränsle, eller själva sönderfalla våldsamt om de hettas upp.

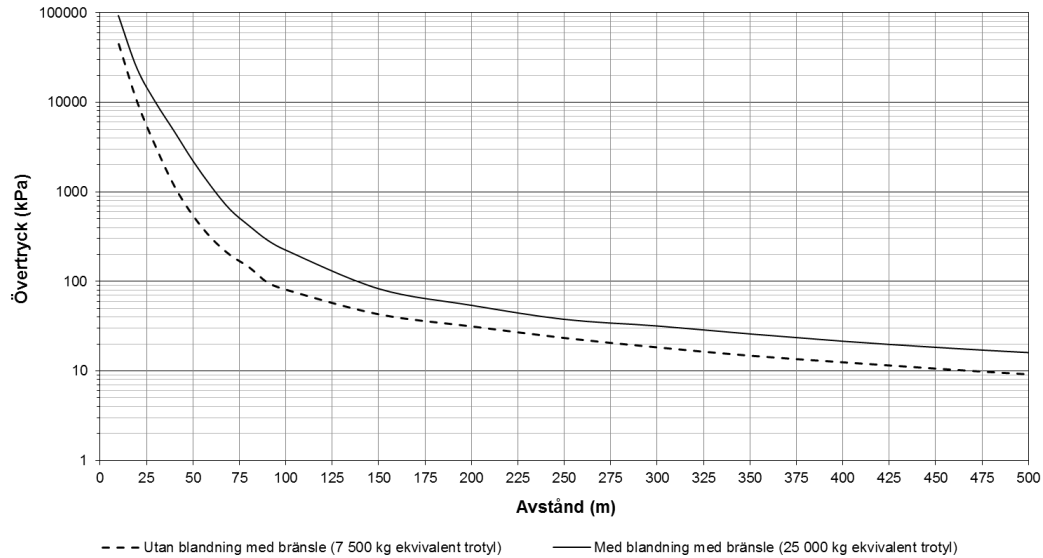
Utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A kommer konsekvensberäkningarna att omfatta följande skadescenarier avseende olycka på järnväg:

- Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarar 30 % av 25 000 kg ekvivalent trotyl)
- Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarar 100 % av 25 000 kg ekvivalent trotyl)
- Brandunderstöjdande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med brandfarlig vätska, se avsnitt 3.3.4)

Konsekvensberäkningarna avseende explosionsartade brandförlopp följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner /8/* och som beskrivs i avsnitt 2.3.1.

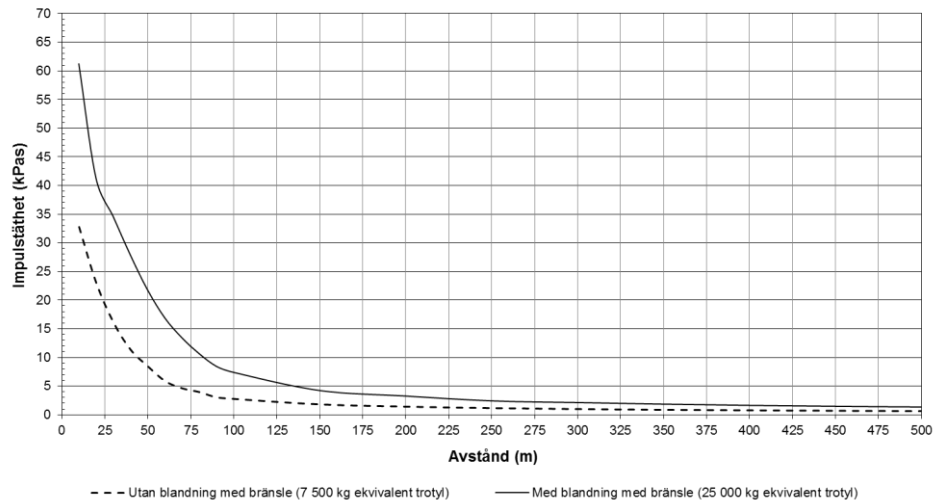
I figur B.9 och figur B.10 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av 1,8·X kg i fri luft. För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

Max övertryck vid explosionsartat brandförlopp klass 5



Figur B.9. Max övertryck som funktion av avståndet från explosionsartat brandförlopp med klass 5 på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

Impulstäthet vid explosionsartat brandförlopp klass 5



Figur B.10. Impulstäthet som funktion av avståndet från explosionsartat brandförlopp med klass 5 på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

Konsekvensberäkningarna för brandunderstödjande brandförlopp följer den metodik som redovisas i avsnitt 3.2 samt avsnitt 3.3.4. Aktuellt scenario med brandunderstödjande brandförlopp antas motsvara en godsvagnsbrand med brandfarlig vätska (se figur B.8).

Bedömningskriterier

Se avsnitt 3.2 respektive avsnitt 3.3.1.

Resultat

I tabell B.12 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario med ämne ur klass 5.

Tabell B.12. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarande 7 500 kg ekvivalent trotyl)	100 % <u>inomhus</u>	60	35
	15 % <u>inomhus</u>	400	100
	50 % <u>utomhus</u>	75	50
Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarande 25 000 kg ekvivalent trotyl)	100 % <u>inomhus</u>	90	60
	15 % <u>inomhus</u>	600	200
	50 % <u>utomhus</u>	100	70
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med klass 3)	5% <u>inomhus</u>	17	17
	100% <u>utomhus</u>	7	7
	50% <u>utomhus</u>	17	17
	5% <u>utomhus</u>	22	22

BRANDSKYDDSLAGET

4. Beräkning av antal omkomna

4.1 Resultat

I tabell B.13-B.16 redovisas beräknat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 2) inom det studerade området (aktuella planområden samt kringliggande bebyggelse). Enligt beskrivningen i avsnitt 2 så utförs beräkningarna avseende olycka vid Västerås för två potentiella olycksplatser: olycka utanför Vasakvarteret och utanför Sigurd 3.

Tabell B.13. Beräknade konsekvenser – **antal omkomna** vid olycka vid Sigurd 3.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna utomhus, Scenario A – olycka i höjd med Sigurd 3						Kommentar
	Vasakvarteret	Rådhusparken	Sigurd 6, 7 m.fl.	Sigurd 3	Stadskärna	Resecentrum	
1. Ursparning							
Ursparning persontåg	0	0	0	2	0	0	Ytor utomhus inom konsekvensområdet utformas så att det inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse, enstaka skadeutfall utomhus för scenariot. Avstånd till byggnader från skadeplatsen är tillräckligt för att skadeutfall uteblir.
Ursparning godståg	0	0	0	1	0	0	
2. Brand i godståg							
Stor tågbrand	0	0	0	0	0	0	Ytor utomhus inom konsekvensområdet utformas så att det inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse, inget skadeutfall utomhus för scenariot. Avstånd till byggnader från skadeplatsen är tillräckligt för att skadeutfall uteblir.
Mycket stor tågbrand	0	0	0	0	0	0	
Klass 1 Explosiva ämnen							
500 kg massexplosion	0	0	0	25	0	0	Ytor närmst järnvägen utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Enstaka personer kan omkomma utomhus på respektive sida om järnvägen av större scenarier. Byggnaderna närmst järnvägen fungerar som barriär för människor som är utomhus bakom dessa. Ytan mellan bebyggelse och spår används som reservbussupställningsplats, detta bedöms dock ske så sällan att det inte ger utslag på risknivån. Mindre explosioner kommer påverka kontorsbyggnader mot järnvägen. Större explosioner påverkar samma
2000 kg massexplosion	0	0	0	45	10	10	
25000 kg massexplosion	0	0	0	610	55	160	

BRANDSKYDDSLAGET

Skadesscenario	Uppskattat antal omkomna utomhus, Scenario A – olycka i höjd med Sigurd 3						Kommentar
	Vasakvarteret	Rådhusparken	Sigurd 6, 7 m.fl.	Sigurd 3	Stadskärna	Resecentrum	
							byggnader men i större omfattning, dessa byggnader fungerar som barriär mot bakomliggande. Även byggnader på andra sidan järnvägen och resecentrumet påverkas men i mindre utsträckning då avståndet är större.
Klass 2.1 Brännbar gas							
Liten jetflamma	0	0	0	0	0	0	Mindre utsläpp medför inte konsekvenser utomhus då ytor närmst järnvägen utformas så att de inte uppmuntrar stadigvarande vistelse. Enstaka personer kan omkomma utomhus på respektive sida av järnvägen vid större scenarier. Byggnaderna närmst järnvägen fungerar som barriär för människor som är utomhus bakom dessa. Mindre utsläpp medför inte konsekvenser då avstånd är tillräckliga. Större scenarion påverkar Sigurd 3 och byggnader på andra sidan järnvägen och resecentrumet. Påverkade byggnader fungerar som barriär för byggnaderna bakom.
Liten gasmolnsexplosion	0	0	0	0	0	0	
Stor jetflamma	0	0	0	6	0	0	
Stor gasmolnsexplosion	0	0	0	85	15	30	
BLEVE	0	0	0	520	35	45	
Klass 2.3 Giftig gas							
Litet utsläpp	0	0	0	1	0	0	Utsläppen är riktade åt ett håll varför de bara medför skadeutfall mot Sigurd 3 och förlängning bakom. Byggnader närmst järnvägen kommer fungera som en barriär och medföra utspädning/stigning av utsläppet. Utsläppen är riktade åt ett håll varför de bara medför skadeutfall mot Sigurd 3.
Stort utsläpp	0	0	0	300	0	10	
Klass 3 Brandfarlig vätska							
Liten pölbrand	0	0	0	0	0	0	Människor utomhus inom skadeområdet kan förväntas ta sig från platsen innan strålningen blir för hög. Avstånd till byggnader från skadeplatsen är tillräckligt för att skadeutfall uteblir inomhus.
Stor pölbrand	0	0	0	0	0	0	
Godsvagnsbrand	0	0	0	0	0	0	
Klass 5 Oxiderande ämnen och organiska peroxider							

BRANDSKYDDSLAGET

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna utomhus, Scenario A – olycka i höjd med Sigurd 3						Kommentar
	Vasakvarteret	Rådhusparken	Sigurd 6, 7 m.fl.	Sigurd 3	Stadskärna	Resecentrum	
Explosionsartat förlopp utan blandning (motsv. 7500 kg massexplosion)	0	0	0	65	15	15	Ytor närmst järnvägen utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Enstaka personer utomhus kan omkomma på respektive sida om järnvägen av större scenarier. Byggnaderna närmst järnvägen fungerar som barriär för människor som är utomhus bakom dessa. Mindre explosioner kommer påverka kontorsbyggnader mot järnvägen. Större explosioner påverkar samma byggnader men i större omfattning, dessa byggnader fungerar som barriär mot bakomliggande. Även byggnader på andra sidan järnvägen och resecentrumet påverkas men i mindre utsträckning då avståndet är större.
Explosionsartat förlopp med blandning (motsv. 25000 kg massexplosion)	0	0	0	610	55	160	
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg)	0	0	0	0	0	0	

Tabell B.15. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka vid Vasakvarteret.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna utomhus, Scenario B - olycka i höjd med Vasakvarteret						Kommentar
	Vasakvarteret	Rådhusparken	Sigurd 6, 7 m.fl.	Sigurd 3	Stadskärna	Resecentrum	
1. Urspårning							
Urspårning persontåg	2	0	0	0	0	0	Ytor inom konsekvensområdet utformas så att det inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse, enstaka skadefall i för scenariot. Avstånd till byggnader från skadeplatsen är tillräckligt för att skadefall uteblir.
Urspårning godståg	1	0	0	0	0	0	
2. Brand i godståg							
Stor tågbrand	0	0	0	0	0	0	Ytor inom konsekvensområdet utformas så att det inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse, inget skadefall i för scenariot. Avstånd till byggnader från skadeplatsen är tillräckligt för att skadefall uteblir.
Mycket stor tågbrand	0	0	0	0	0	0	
Klass 1 Explosiva ämnen	0	0	0	0	0	0	
500 kg massexplosion	7	0	0	0	0	0	Ytor närmst järnvägen utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Enstaka personer kan omkomma på respektive sida om järnvägen av större scenarier. Byggnaderna närmst järnvägen fungerar som barriär för människor som är utomhus bakom dessa.
2000 kg massexplosion	16	0	10	0	0	0	
25000 kg massexplosion	165	0	105	0	0	100	

BRANDSKYDDSLAGET

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna utomhus, Scenario B - olycka i höjd med Vasakvarteret						Kommentar
	Vasakvarteret	Rådhusparken	Sigurd 6, 7 m.fl.	Sigurd 3	Stadskärna	Resecentrum	
							Mindre explosioner kommer påverka Tower A och till viss del byggnader på andra sidan järnvägen. Större explosioner påverkar hela Vasakvarteret men även byggnader på andra sidan och resecentrumet.
Klass 2.1 Brännbar gas							
Liten jetflamma	0	0	0	0	0	0	Mindre utsläpp medför inte konsekvenser då ytor närmst järnvägen utformas så att de inte uppmuntrar stadigvarande vistelse. Enstaka personer kan omkomma på respektive sida om järnvägen av större scenarier då få människor förväntas utomhus i detta läge. Byggnaderna närmst järnvägen fungerar som barriär för människor som är utomhus bakom dessa. Mindre utsläpp medför inte konsekvenser då avstånd är tillräckliga. Större scenarion påverkar Vasakvarteret och, byggnader på andra sidan järnvägen och resecentrumet. Påverkade byggnader fungerar som barriär för byggnaderna bakom.
Liten gasmolnsexplosion	0	0	0	0	0	0	
Stor jetflamma	7	0	0	0	0	0	
Stor gasmolnsexplosion	24	0	27	0	0	11	
BLEVE	86	0	123	0	0	40	
Klass 2.3 Giftig gas							
Litet utsläpp	0	0	0	0	0	0	Utsläppen är riktade åt ett håll varför de bara medför skadeutfall mot Vasakvarteret och in mot staden/Rådhusparken. Byggnader inom Vasakvarteret kommer fungera som en barriär och medföra utspädning. Utsläppen är riktade åt ett håll varför de bara medför skadeutfall mot Vasakvarteret och in mot staden.
Stort utsläpp	30	25	0	0	30	10	
Klass 3 Brandfarlig vätska							
Liten pölbrand	0	0	0	0	0	0	Människor utomhus inom skadeområdet kan förväntas ta sig från platsen innan strålningen blir för hög. Avstånd till byggnader från skadeplatsen är tillräckligt för att skadeutfall uteblir.
Stor pölbrand	0	0	0	0	0	0	
Godsvagnsbrand	0	0	0	0	0	0	
Klass 5 Oxiderande ämnen och organiska peroxider							
Explosionsartat förlopp utan blandning (motsv. 7500 kg massexplosion)	18	0	20	0	0	0	Ytor närmst järnvägen utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Enstaka personer kan omkomma på respektive sida om järnvägen av större

BRANDSKYDDSLAGET

Skadesscenario	Uppskattat antal omkomna utomhus, Scenario B - olycka i höjd med Vasakvarteret						Kommentar
	Vasakvarteret	Rådhusparken	Sigurd 6, 7 m.fl.	Sigurd 3	Stadskärna	Resecentrum	
Explosionsartat förlopp med blandning (motsv. 25000 kg massexplosion)	165	0	105	0	0	100	scenarier. Byggnaderna närmst järnvägen fungerar som barriär för människor som är utomhus bakom dessa. Mindre explosioner kommer påverka Tower A och till viss del byggnader på andra sidan järnvägen. Större explosioner påverkar hela Vasakvarteret men även byggnader på andra sidan och resecentrumet.
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg)	0	0	0	0	0	0	