



Kund: Karlskoga kommun

Projekt: Riskutredning detaljplan Löjan 5 mfl

Projektnummer: 202224

Riskutredning

Handläggare
Olivia Wernberg
Telefon
010-505 47 39
E-post
olivia.wernberg@afry.com

Datum
13/10/2022
Projekt ID
202224
Beställare
Daniel Räknedal
E-post
daniel.rankedal@karlskoga.se

Kund
Karlskoga kommun

Riskutredning detaljplan Löjan 5 mfl

Uppdragsledare/Handläggare: Olivia Wernberg
Intern kvalitetsgranskning: Niclas Grahn

Riskutredning

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	7
1.1	Bakgrund och syfte	7
1.2	Avgränsningar	7
2	Metod	8
2.1	Styrande lagstiftning och riktlinjer	9
2.2	Kvantitativa riskmått	10
2.2.1	Individrisk	10
2.3	Riskvärdering	10
3	Skyddsvärda objekt	13
4	Beskrivning av planområde	13
5	Riskobjekt	15
5.1	Riskobjekt stickspår från Gytterp - Boforsbanan	15
5.2	Olycksscenarion	15
5.2.1	Urspårning	15
5.2.2	Brand i tåg	16
5.2.3	Spårspring/Korsning av spår	16
6	Riskanalys	17
6.1	Urspårning	17
6.2	Brand i tåg	19
6.3	Spårspring/Korsning av spår	21
7	Kvalitativ osäkerhets- och känslighetsanalys	22
7.1	Känslighetsanalys	22
7.2	Osäkerhetsanalys	23
8	Riskvärdering och säkerhetshöjande åtgärder	24
8.1	Säkerhetshöjande åtgärder	24
9	Slutsatser	25
10	Referenser	26

Bilaga: Beräkningsbilaga till Riskutredning för detaljplan Löjan 5 m.fl.

Riskutredning

Dokumenthistorik

Ver.	Datum
A	2021-06-29
B	2021-07-09
C	2022-10-13

Riskutredning

Sammanfattning

I Karlskoga kommun pågår en detaljplaneprocess som syftar till att utveckla fastigheterna Löjan 5 m.fl. Markanvändningen inom fastigheten utgörs idag av förskola samt grönområde, men den nya detaljplanen kommer medge byggnation av bostäder i form av parhus, kedjehus samt flerbostadshus. Detaljplaneområdet är beläget invid ett järnvägsspår, som är ett mindre stickspår från Gyttrorp – Boforsbanan till Moelvans industriområde. Inga transporter av farligt gods sker på järnvägen, men andra olycksrisker så som urspårning och brand i tåg skulle kunna påverka planområdet och behöver därför närmare analyseras. Länsstyrelsen i Örebro har meddelat att bebyggelse kan uppföras inom 30 meter från järnvägen eftersom det inte transporteras farligt gods på sträckan [1]. För en flexibel placering av bl.a bostadsbebyggelse och gårdsmiljö inom planområdet efterfrågar Karlskoga kommun en utredning som undersöker om bostadsbebyggelse utifrån ett riskperspektiv kan uppföras närmre än 30 meter från järnvägen.

Syftet med riskutredningen är därför att undersöka personrisker kopplat till olyckor på järnvägsspåret inom planområdet. Vid behov föreslås åtgärder och planbestämmelser för att reducera riskerna så att en acceptabel risknivå kan erhållas med hänsyn till olägenheter för människors hälsa.

Genom att beräkna individrisken vid urspårning, bedöma eventuella konsekvenser mot planområdet i händelse av brand samt utvärdera möjligheten för spårspring, har ett antal slutsatser gällande olycksrisker kopplade till bebyggelse nära järnvägen nåtts.

Individriskberäkningarna visar att risknivån vid urspårning hamnar inom ALARP-området upp till ca 5 meter från spårmittpunkt. Ett urspårat tåg beräknas hamna som längst 8 meter från spårmittpunkt. Dessa resultat baseras på den framtida transportfrekvensen på studerad järnvägssträcka. Direkt påverkan från värmestrålning vid brand i tåg bedöms kunna ske upp till ca 8,5 meter från järnvägen (minsta avstånd från transport). Det bedöms även finnas viss risk för spårspring/att obehöriga rör sig i eller korsar spårområdet då sjön Möckeln är belägen på motsatt sida spåret från planområdet.

Beaktat de identifierade olycksriskerna föreslås följande planbestämmelser för att uppfylla en acceptabel risknivå inom planområdet med hänsyn till olägenheter för människors hälsa.

- 10 meters bebyggelsefritt avstånd från närmsta spårräl.
- Inom 10 till 15 meter från närmsta spårräl kan mindre känslig bebyggelse som ej uppmuntrar till stadigvarande vistelse uppföras, till exempel ytparkering, balkong, gång- och cykelbana eller trädgård.
- Bortom 15 meter från närmsta spårräl kan bostäder i form av parhus, kedjehus samt flerbostadshus uppföras.
- För bebyggelse inom 15 till 25 meter från närmsta spårräl ska det finnas möjlighet att säkert utrymma bort från järnvägen. Detta innebär att om en entré förläggs mot järnvägen ska en alternativ utrymningsväg finnas som inte mynnar mot järnvägen.
- Någon form av hinder bör uppföras mellan planområdet och järnvägsspåret.

Ovan föreslagna planbestämmelser utgår från att studerad järnvägssträcka utvecklas på det sätt som beskrivits i föreliggande rapport, dvs. att den enda förändring som förväntas ske

Riskutredning

är en ökad transportfrekvens på sträckan. Om exempelvis hastigheten skulle höjas, andra godstyper börja transporteras och/eller att transportfrekvenserna skulle öka ytterligare, förändras riskbidraget. Detsamma gäller om sträckan avvecklas. En uppdatering av riskutredningen och dess slutsatser bör då genomföras.

Ovan föreslagna planbestämmelser utgår även från att studerat planområde utvecklas enligt nuvarande förutsättningar, i form av parhus, kedjehus samt flerbostadshus som sammanlagt rymmer maximalt 200 personer. Skulle markanvändning ändras eller personantalet öka bör aktuell riskutredning revideras enligt de nya förutsättningarna.

Riskutredning

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

I Karlskoga kommun pågår en detaljplaneprocess som syftar till att utveckla fastigheterna Löjan 5 m.fl. Markanvändningen inom fastigheten utgörs idag av förskola samt grönområde, men den nya detaljplanen kommer medge byggnation av bostäder i form av parhus, kedjehus samt flerbostadshus. Detaljplaneområdet är beläget invid ett järnvägsspår, som är ett mindre stickspår från Gyttop – Boforsbanan. Inga transporter av farligt gods sker på järnvägen, men andra olycksrisker så som urspårning och brand i tåg skulle kunna påverka planområdet och behöver därför närmare analyseras. Länsstyrelsen i Örebro har meddelat att bebyggelse kan uppföras inom 30 meter från järnvägen eftersom det inte transporteras farligt gods på sträckan [1]. För en flexiblere placering av bl.a bostadsbebyggelse och gårdsmiljö inom planområdet efterfrågar Karlskoga kommun en utredning som undersöker om bostadsbebyggelse utifrån ett riskperspektiv kan uppföras närmre än 30 meter från järnvägen.

Syftet med denna riskutredning är därför att undersöka personrisker kopplat till olyckor på järnvägsspåret inom planområdet. Vid behov föreslås åtgärder och planbestämmelser för att reducera riskerna så att en acceptabel risknivå kan erhållas med hänsyn till olägenheter för människors hälsa.

1.2 Avgränsningar

Riskutredningen omfattar planärendet för fastigheterna Löjan 5 m. fl..

Riskutredningen avgränsas till att beakta påverkan på människors hälsa från oavsiktliga olyckor avseende järnvägstransporter på stickspåret från Gyttop – Boforsbanan till Moelvans industriområde, i form av urspårning och tågbrand.

Risker i samband med urspårning av tåg analyseras kvantitativt vilket innebär att beräkningar genomförs. Övriga risker bedöms kvalitativt.

De kvantitativa beräkningarna omfattar olyckor med påverkan på människor så att dessa förväntas omkomma. Skador som inte leder till dödsfall undersöks ej. Endast individrisknivå kommer att beräknas. Med olyckor menas i denna rapport händelser som resulterar i en konsekvens där människors hälsa kan påverkas negativt, men där ingen avsikt har funnits från någon ingående aktör att åsamka skada. Händelseförlopp där istället avsikten är att medvetet skada människor, så kallade antagonistiska händelser, omfattas ej av föreliggande utredning.

Vidare tas ingen hänsyn till exempelvis skador på miljön, skador orsakade av långvarig exponering eller materiella skador inom området.

Riskutredning

2 Metod

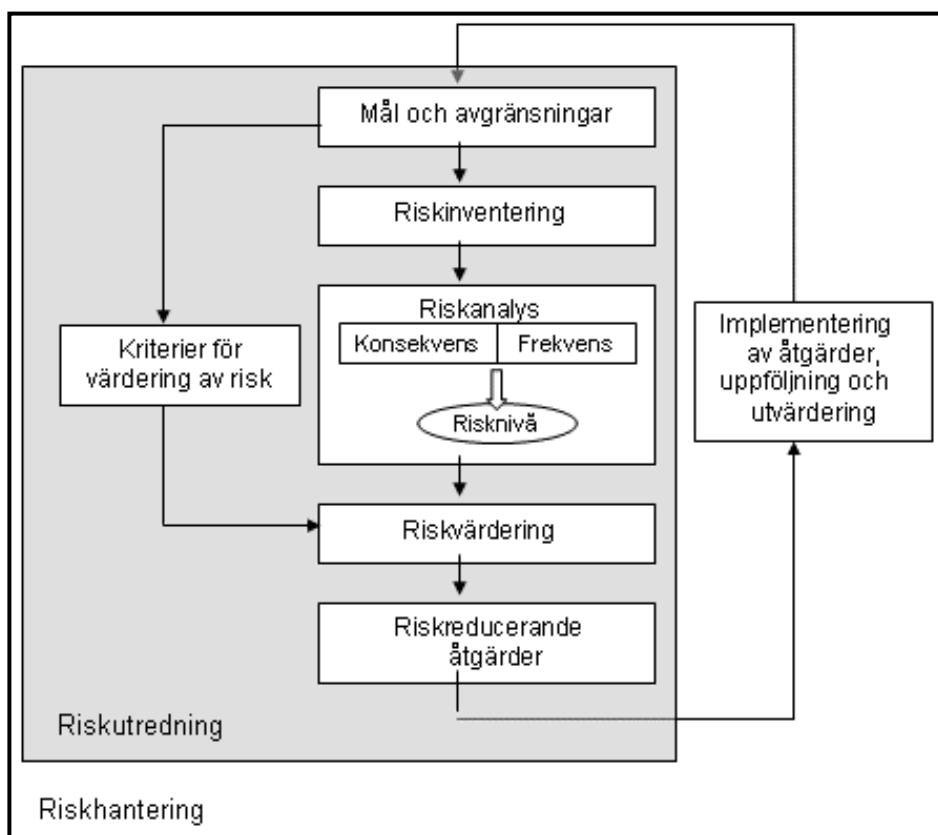
Att genomföra en riskutredning innebär i sig flera olika delmoment. Inledningsvis bestäms de **mål och avgränsningar** som gäller för den aktuella riskutredningen. Även principer för hur risken värderas ska fastställas.

Därefter tar **riskinventeringen** vid, som syftar till att förstå vilka risker som påverkar riskbilden för det aktuella objektet. Aktuella olycksscenarion presenteras i en så kallad olyckskatalog.

I **riskanalysen** analyseras sedan de identifierade olycksscenariorna avseende deras konsekvenser och sannolikhet. Riskanalysen kan göras kvalitativt eller kvantitativt beroende på omfattningen av riskutredningen.

I **riskvärderingen** jämförs resultatet från riskanalysen med principer för värdering av risk för att avgöra om risken är acceptabel eller ej. Utifrån resultatet av riskvärderingen undersöks behovet av **riskreducerande åtgärder**.

Riskutredningen är en regelbundet återkommande del av den totala riskhanteringsprocessen där en kontinuerlig implementering av riskreducerande åtgärder, uppföljning av processen och utvärdering av resultatet är utmärkande. Processen åskådliggörs i Figur 2-1 nedan.



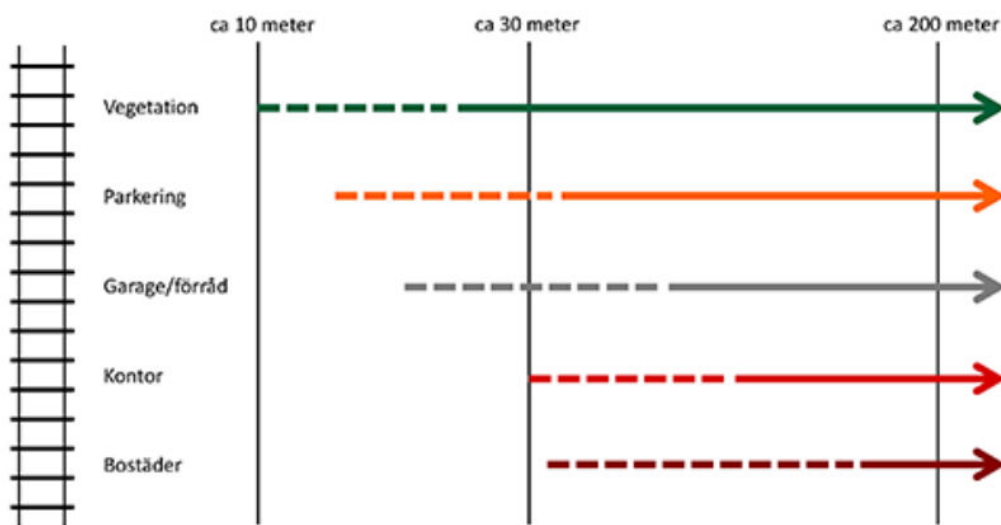
Figur 2-1. Riskhanteringsprocessen.

Riskutredning

2.1 Styrande lagstiftning och riktlinjer

Det finns lagstiftning på nationell nivå som föreskriver att riskanalys ska genomföras, plan- och bygglagen (2010:900) och Miljöbalken (1998:808). I plan- och bygglagen framgår det att bebyggelse och byggnadsverk ska utformas och placeras på den avsedda marken på ett lämpligt sätt med hänsyn till skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser. I miljöbalken anges att när val av plats sker för en verksamhet ska det göras med hänsyn till olägenheter för människors hälsa och miljön.

Det finns inga riktlinjer som beskriver hur risker kopplade till urspårning eller övriga risker som inte rör transport av farligt gods ska hanteras i inom fysisk planering från aktuell kommun eller länsstyrelse. Dock har Trafikverket tagit fram generella råd gällande avstånd mellan bebyggelse och järnväg, se Figur 2-2. Dessa är dock inte fasta regler utan utgör ett underlag och det är en bedömningsfråga kring vilket avstånd som gäller från fall till fall. Det som dock kan utläsas är att mindre känslig verksamhet så som parkering och garage/förråd generellt accepteras på ett kortare avstånd jämfört med till exempel bostäder. Det framgår också att det bör tas hänsyn till möjligheterna att underhålla järnvägen. [2]. Att använda de generella råden för järnvägssträckor motsvarande sådana som omfattas av denna utredning, dvs. där både transportflödena och hastighetsbegränsningarna är betydligt lägre än för de statliga järnvägsanläggningarna, bedöms som mycket konservativt.



Figur 2-2 Generella råd om avstånd till järnvägen för olika typer av verksamheter. Avstånden som anges utgör inte fasta regler utan verksamhetens lokalisering är en bedömningsfråga från fall till fall. [2]

Riskutredning

2.2 Kvantitativa riskmått

Inom samhällsplanering kan kvantitativ riskanalys användas om riktlinjer liknande de som beskrivs ovan inte finns eller om sådana riktlinjer på något sätt frångås. I aktuell riskutredning beräknas riskmålet individrisk vid olyckor med urspårning som sedan jämförs med vedertagna kriterier. Individriskkriterier syftar till att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risker.

2.2.1 Individrisk

Med individrisk avses sannolikheten (frekvensen) att en hypotetisk och oskyddad individ som kontinuerligt befinner sig på en plats ska omkomma på ett visst avstånd från ett riskobjekt, ofta utomhus [3]. Individrisken är rättighetsbaserad och tar ingen hänsyn till hur många individer som kan påverkas av skadehändelsen. Med rättighetsbaserad menas att alla individer har den personliga rättigheten att inte behöva utsättas för orimlig risk att omkomma.

Individrisken beräknas enligt:

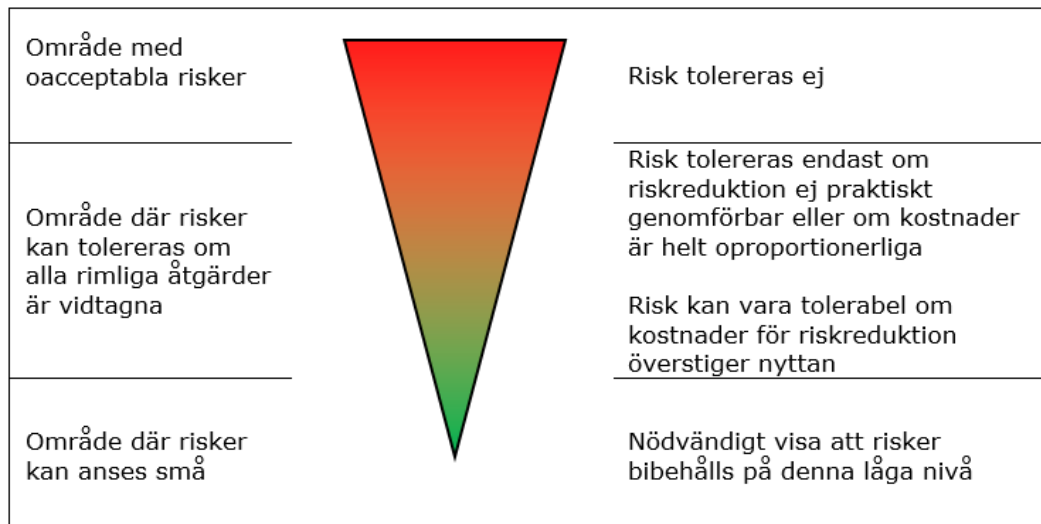
$$IR_{x,y} = \sum_{i=1}^n IR_{x,y,i} \quad \text{formel 1a, 1b}$$
$$IR_{x,y,i} = f_i * p_{f,i}$$

Där f_i är frekvensen för sluthändelsen i . $p_{f,i}$ är sannolikheten för studerad konsekvens. Den antas, enligt ovan, till 1 eller 0 beroende på om individen befinner sig inom eller utanför effektzonen. Genom att summERA individrisken för de olika sluthändelserna på olika avstånd från riskobjektet, kan individrisken för området presenteras.

2.3 Riskvärdering

För att begreppet individrisk ska få någon betydelse måste detta ställas i relation till kriterier för acceptabel risk. I Sverige finns inget nationellt beslut om vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Det Norske Veritas (DNV) tog, på uppdrag av Räddningsverket, fram förslag på riskkriterier [3] gällande individrisk, som kan användas vid riskvärdering. Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som frekvensen med vilken en olycka med given konsekvens ska inträffa. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; tolerabla, tolerabla med åtgärd eller ej tolerabla, se Figur 2-3.

Riskutredning



Figur 2-3. Princip för värdering av risk. Fritt från Räddningsverket [3].

Följande förslag till tolkning föreslås:

- Risker som klassificeras som oacceptabla värderas som oacceptabelt stora och tolereras ej. För dessa risker behöver mer detaljerade analyser genomföras och/eller riskreducerande åtgärder vidtas där den riskreducerande effekten verifieras.
- De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som tolerabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, tolereras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-/nyttoanalys (CBA).
- De risker som kategoriseras som små kan värderas som acceptabla. Det är dock viktigt att visa att riskerna kommer fortsätta att vara acceptabla, att riskhanteringen framöver fortlöper och att åtgärder som kan införas utan kostnad också införs.

Dessa förslag till kriterier för värdering av risk för industrier och transportleder har med tiden blivit vedertagna vid riskutredningar i Sverige. De liknar de kriterier som finns i flera andra länder i Europa. Kriterierna utformas som ett intervall med en övre gräns över vilken risker ej accepteras och en undre gräns under vilken risker är acceptabla. Mellan dessa gränser finns ett intervall som benämns ALARP enligt ovan. Gränserna ska dock inte uppfattas som ett svar på vad samhället faktiskt accepterar utan endast ett exempel på en metod att kvantifiera kriterierna.

Riskutredning

För individrisk föreslås följande kriterier [3]:

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

Kriterierna för individrisk avser en hypotetisk oskyddad person utomhus.

Även följande fyra vägledande principer är allmänna utgångspunkter för värdering av risk:

Rimlighetsprincipen: Om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk ska detta göras.

Proportionalitetsprincipen: En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta, i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.

Fördelningsprincipen: Risker bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.

Principen om undvikande av katastrofer: Om risker realiserar bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

Riskutredning

3 Skyddsvärda objekt

Denna riskutredning fokuserar på oavsiktliga olycksrisker för människors hälsa och säkerhet. Skyddsvärda objekt är personer som förväntas befinna sig inom planområdets planerad markanvändning, både i och utanför byggnader.

4 Beskrivning av planområde

Sandtorpets förskola på fastigheten Löjan 5 är föremål för avveckling vilket innebär att en ny attraktiv yta i nära anslutning till sjön Möckeln frigörs för nyetablering. Syftet med detaljplanen är att möjliggöra för flerbostadshus, parhus samt kedjehus.

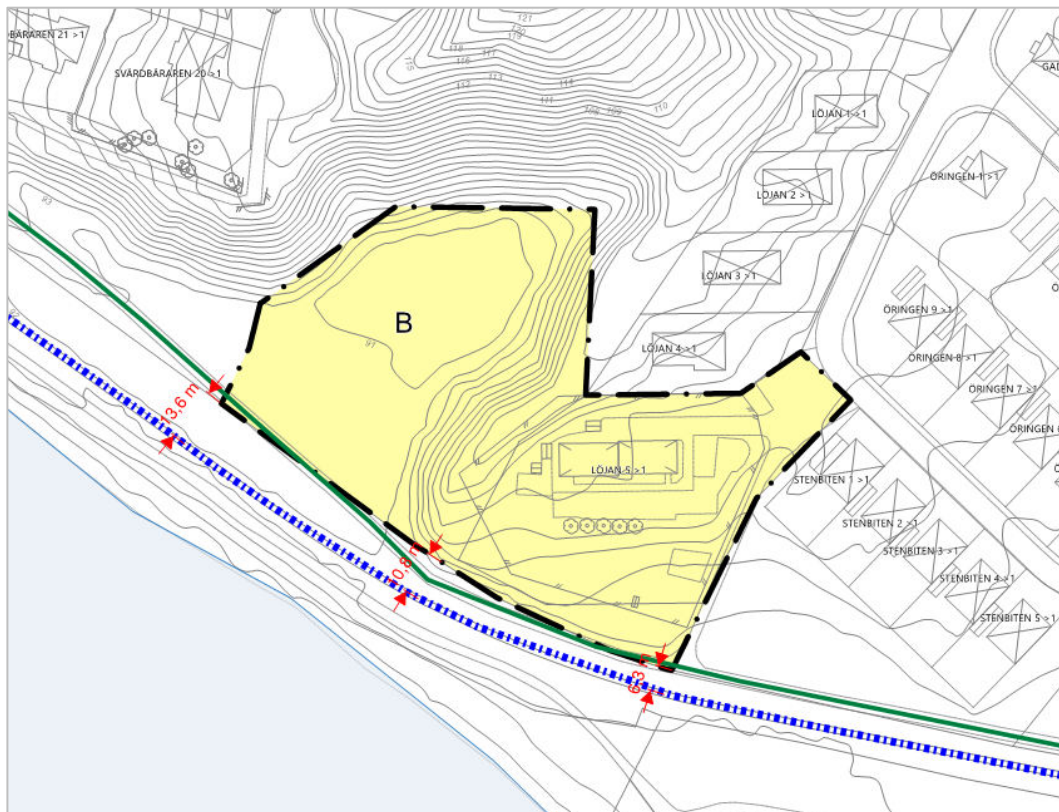
Planområdet i aktuell utredning syns i Figur 4-1. Markanvändningen inom fastigheten utgörs idag av förskola i den östra delen samt grönområde i norra delen. Planområdet gränsar till bostadsbebyggelse i samtliga väderstreck förutom längs planområdets södra del, där området gränsar till järnvägsspåret. På den södra sidan av järnvägsspåret ligger sjön Möckeln. Genom planområdet, längs med plangränsen mot järnvägen, finns en befintlig gång- och cykelbana.

Vid fastställelse kommer detaljplanen medge etablering av bostäder i form av flerbostadshus, parhus samt kedjehus. I dagsläget är inte antal hus/bostäder fastställt. En uppskattning från kommunen är att det maximalt kommer byggas bostäder som rymmer maximalt 200 personer sammanlagt.

Längs med planområdets södra del finns en järnväg med slutstation på Moelvans industriområde (även kallad Valåsens industriområde). Järnvägen är ett mindre stickspår från Gytterp – Boforsbanan.

Mellan planområdet och järnvägen finns en mindre höjdskillnad (ca 1-2 meter), där planområdet ligger något högre jämfört med järnvägen.

Riskutredning



Figur 4-1 Planskiss där planområdet är markerat i gult. Blå streckad linje visar ungefärlig järnvägssträckning. Grön linje visar befintlig gång- och cykelbana. Uppmätta avstånd visar minsta avstånd mellan järnväg och planområdet.

Riskutredning

5 Riskobjekt

Det identifierade riskobjektet som kommer analyseras vidare är järnvägen som går förbi planområdet, stickspår från Gyttop - Boforsbanan till Moelvans industriområde.

5.1 Riskobjekt stickspår från Gyttop - Boforsbanan

Längs med planområdets södra del finns en järnväg med slutstation på Moelvans industriområde, (även kallad Valåsens industriområde). Järnvägen är ett mindre enkelspårigt stickspår från Gyttop - Boforsbanan. Endast godstrafik går längs sträckan som inte är elektrifierad. Eventuellt risker med påkörda kontaktledningar eller liknande kan därmed försummas.

Enligt uppgift från Tågab, som är den enda operatör som har tillstånd att köra på spåret och därmed ansvarar för transportererna fram till Moelvans industriområde, är den maximala hastigheten som tågen körs med förbi planområdet 30 km/h. Vid övergångar sänks hastigheten till 10 km/h [4].

Enligt uppgifter från Moelven AB transporteras enbart sågade trävaror på sträckan [5]. Det sker ingen transport av farligt gods på järnvägen. Under år 2020 kördes ett tågset i månaden in och ut ifrån industriområdet, det vill säga två tågrörelser per månad. Totalt transporterades 73 tågagnar på sträckan (enkel väg) år 2020, vilket innebär att varje tågset består av ca 6 vagnar. Enligt prognos från Moelven kan tågtrafiken i framtiden komma att öka med över 1000 tågagnar per år (enkel väg), alltså ca 2000 tågagnar förbi planområdet per år då varje vagn utgörs av två tågrörelser (till och från Moelven). Detta motsvarar ca 329 tågset förbi planområdet (med 6 vagnar var). Loken som drar vagnarna är dieseldrivna.

5.2 Olycksscenario

Följande olycksscenario har identifierats som möjliga att kunna påverka planområdet.

5.2.1 Urspårning

Vid urspårning av tåg längs den aktuella järnvägssträckan kan tågagnar lämna järnvägsbanan och medföra mekanisk skada på omgivningen. En sådan olycka kan orsaka direkt skada på oskyddade människor som befinner sig i närheten och det kan även orsaka skada på intilliggande byggnader och därmed skada människor som befinner sig i dessa. Med vilken hastighet tåget spårar ur påverkar hur långt från spåret tåget hamnar, allt annat lika. Även topografin och markförhållandena har betydelse för hur långt ett urspårat tågset kan påverka omgivningen.

Urspårning kan orsakas av om tåget kör i höga hastigheter och med laster som inte står i relation till anläggningens dimensionering och eventuella kurvor. Om anläggningen i sig har brister i form av exempelvis växelfel eller rälsbrott kan detta innebära en annan orsak till urspårning. Längs aktuell järnvägssträcka förekommer dock inga växlar. Om själva tåget får ett axelbrott vid hjulaxlarna, skadade hjul och/eller om bromsfel/fel i styrsystemet gör så att tåget kör i en för hög hastighet kan även detta orsaka en urspårning. Om banan inte är hinderfri, på grund av exempelvis nedfallna träd, rasmassor eller fordon i spår, innebär detta också en förutsättning för att urspårning kan ske. Även vädret kan spela in då solkurvor, lövhalka samt is- och snöbeläggning kan orsaka urspårning.

Riskutredning

5.2.2 Brand i tåg

Tåg kan börja brinna där konsekvensen blir både värmestrålning och att hälsovådliga brandgaser kan bildas och påverka den närliggande omgivningen. Orsaker till att en brand utvecklas i ett tåg kan vara anliggande bromsar, elfel, sabotage eller i samband med urspårning. Observera dock att det vid anliggande bromsar bedöms som mest sannolikt att vegetationsbrand uppkommer snarare än brand i tåg.

5.2.3 Spårspång/Korsning av spår

På grund av planområdets nära placering intill spåret (som minst ca 5 meter) finns risk för spårspång då personer av olika anledningar uppehåller sig i anslutning till och inom spårområdet. I befintlig situation är området vid förskolan endast avgränsat mot järnvägen med stängsel. Söder om järnvägsspåret ligger sjön Möckeln, vilken är en populär sjö för stadens invånare. Eftersom antalet transporter på järnvägen generellt är låg samtidigt som det finns en attraktiv målpunkt på ena sidan av spåret finns det en risk för att oskyddade personer korsar spåret vid andra positioner än vid plankorsningar.

Riskutredning

6 Riskanalys

I detta avsnitt presenteras de resultat som erhållits vid riskanalysen, och jämförs med aktuella riskkriterier.

I resultatavsnittet utreds följande scenarier:

- Ursparning av godståg
- Brand i godståg
- Spårspring

6.1 Ursparning

I termer av konsekvenser på omgivningen görs bedömningen att ett ursparat tåg på järnvägen invid studerat planområde är den allvarligaste olyckstypen.

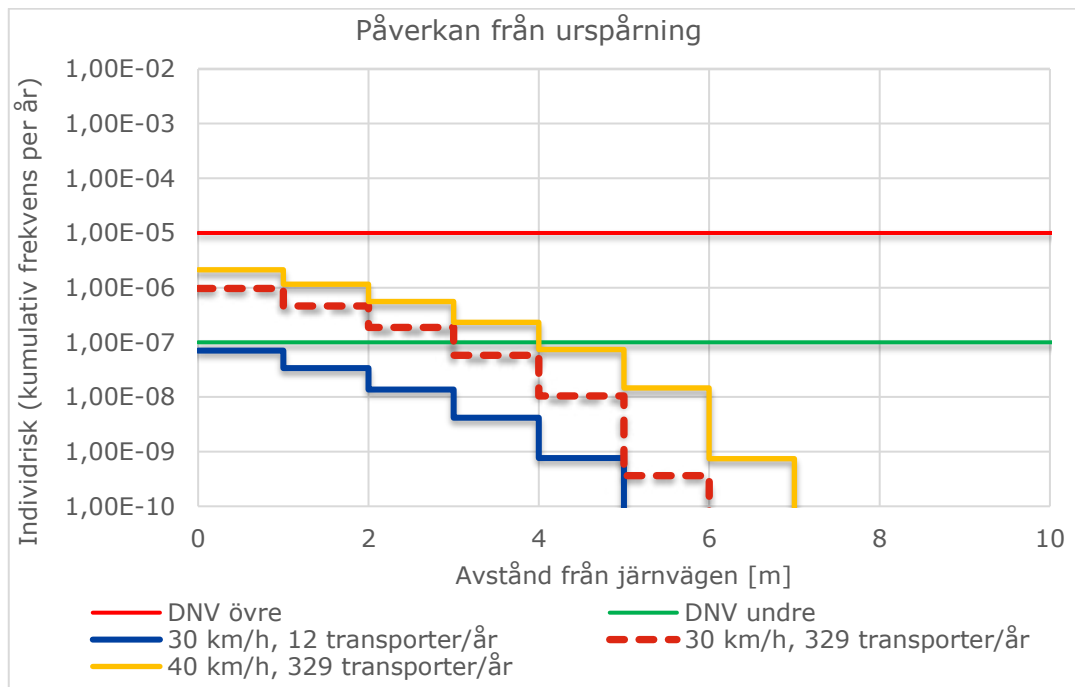
De flesta ursparningar inträffar i växelpassager men kan också bero på spårlägesfel, vagnsaxlar, sabotage eller problem med hjulen.

Konsekvensen vid en ursparning, det vill säga med vilken kraft och hur långt ett ursparat tåg når, beror främst på tågets rörelseenergi (hastighet och tyngd), banans profil, den höjd från vilket tåget spårar ur och tågsättets längd.

Vid ursparning av tåg sker detta oftast med ett eller ett par hjulpar vilket leder till att tågsättet inte lämnar spårområdet. Det är ovanligt att tåg spårar ur med flera hjulpar, och mycket ovanligt att tåg lämnar spårområdet och påverkar omgivningen närmast denna.

Den beräknade individrisken som gjorts i Bilaga A visas som funktion av avståndet från järnvägens spårmitt i Figur 6-1. Redovisningen visar individrisken utomhus för hastigheten 30 km/h vid 329 transporter förbi planområdet per år samt individrisken utomhus för hastigheten 30 km/h vid dagens antal transporter, 12 per år. En jämförelse görs även med en högre hastighet (40 km/h), vilket motsvarar att något tåg kör för fort, i det scenariot används bedömt antal transporter i framtiden (329 transporter/år).

Riskutredning



Figur 6-1. Individrisk som funktion av avståndet från spårmittpunkt från stickspåret. Röd streckad linje indikerar individrisk utomhus avseende urspårning vid hastigheten 30 km/h vid 329 transporter/år. Blå linje visar individrisk vid hastighet 30 km/h vid 12 transporter/år och gul linje visar individrisk vid 40 km/h vid 329 transporter/år.

Som ses i Figur 6-1 avtar individrisken med avståndet från spårmittpunkt. Individrisken för 30 km/h befinner sig inom ALARP-området upp till 3 meter från spårmittpunkt (ALARP beskrivs i avsnitt 2.3). Det går även att utläsa att det maximala avståndet som ett tåg beräknats kunna hamna vid hastigheten 30 km/h är ca 6 meter. Då beräkningen görs med dagens antal transporter (blå linje i Figur 6-1) är frekvensen för olycka så pass låg att individrisken aldrig når upp i ALARP-området och att ett tåg hamnar bortom 5 meter från spårmittpunkt är mycket osannolikt. Vid en ökad hastighet (40 km/h) kan tåget som längst hamna 7 meter från planområdet, och individrisken befinner sig inom ALARP-området upp till 4 meter från spårmittpunkt.

Växlar och korsningar kan enligt den beräkningsmetod och riktlinje som använts [6] innebära att sannolikheten för urspårning ökar med en faktor 10. Den urspårningsfrekvens som använts i beräkningen baseras dock på verklig svensk statistik om urspårningar som inkluderar samtliga orsaker till urspårning, inklusive urspårning i växlar. Detta bedöms vara konservativt då det är ett enkelspår som saknar växlar förbi området.

Den höjdskillnad som finns mellan järnväg och planområdet (ca 1-2 meter) bedöms kunna utgöra en mindre konsekvensreducerande faktor vid urspårning. Höjdskillnaden bör fungera som en liten vall som i viss mån kan bromsa den kraft tåget spårar ur med.

Riskutredning

6.2 Brand i tåg

Tåg berörs av särskilda brandkrav som både handlar om att minska sannolikheten för att en brand ska kunna inträffa likväl som att reducera konsekvenserna av en tågbrand. Tågen som går längs sträckan är endast dieseldrivna godståg som transporterar sågade trävaror.

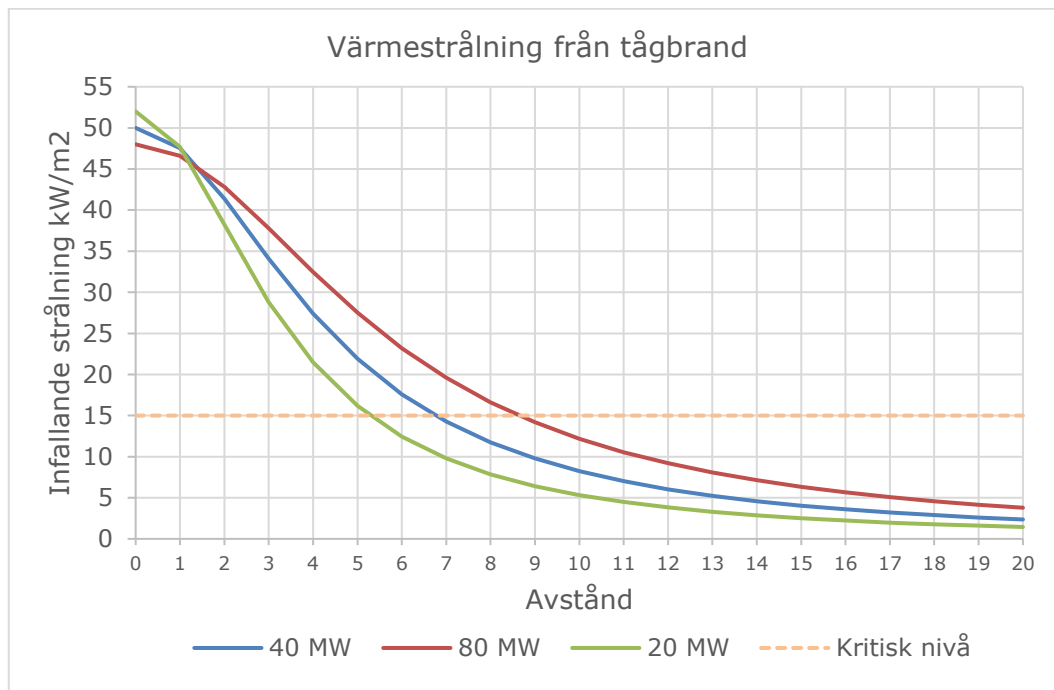
Enligt statistik från Trafikverket rapporterades 107 brandhändelser i godståg under perioden januari 2002 till juli 2012 [7]. En utredning av Trafikverket sammanställer statistik av bränder i godståg i Sverige. Ca 15 % av alla bränder i godståg uppges vara större än 1 MW (Mega Watt), det vill säga att de blir svåra att släcka med handbrandsläckare. Ca 4 % av bränderna klassas som mycket stora, det vill säga att branden är så stor att en hel vagn blivit utbränd eller att den varit svår att släcka på grund av brandens intensitet eller omfattning. Ca 50 % av bränderna uppges starta i loket och resterande 50% i övriga vagnar. Av lokbränderna ledde ca 20% till att även diesel/olja i loken antände. För bränder som startade i vagnarna var underredet den dominerande startplatsen. [7]

Sammantaget kan konstateras att av de 15 % av bränderna som leder till större brand, det vill säga brand som är svår att släcka med handbrandsläckare, leder endast en liten andel till väldigt stora bränder (20-50 MW).

Samma utredning presenterar ett antal brandeffektkurvor för olika typer av tåg och laster. En trolig maximal effektutveckling från en godsvagn med trävaror är ca 40 MW, där branden utvecklas långsamt [7]. Ett diesellok som brinner, där även olja/diesel börjat brinna, har en effektutveckling på ca 20 MW.

I Bilaga B till denna rapport beräknas strålningsnivåer från bränder med angivna tre effektutvecklingar (20, 40 och 80 MW). Detta för att på så sätt få fram ett konsekvensavstånd avseende påverkan från brandens värmestrålning. Även scenariot där branden sprider sig från en godsvagn till en annan beräknas, för att ta höjd även för en sådan typ av extremhändelse (maximal effekt 80 MW). I Figur 6-2 visas infallande strålning på olika avstånd och vid olika effektutvecklingar. Avståndet till acceptabel strålningsnivå (15 kW/m²), är maximalt ca 5 meter, 6,5 meter eller 8,5 meter beroende på brandscenario.

Riskutredning



Figur 6-2. Värmestrålning från tågbrand som funktion av avståndet vid olika maximala brandeffekter.

Av de bränder som kan bli större än 1 MW bedöms förloppet vara långsamt. Startar branden i en av vagnarna med trävaror kommer brandspridningen att ske långsamt, och det är troligt att föraren hinner upptäcka branden innan den har spridit sig. Kan föraren inte släcka branden kan föraren varna andra/larma SOS. Innan branden kunnat växa till sig bör de som vistas i närheten av spåret hunnit utrymma/inrymma beroende på vad som är lämpligt vid händelse av brand. Startar branden i loket bedöms det som sannolikt att lokföraren hinner upptäcka den i tid. Att en brand då skulle sprida sig från loket till lasten bedöms därmed inte som troligt.

Konsekvenserna till följd av omfattande spridning av brandgaser bedöms som potentiellt mer omfattande än de direkta konsekvenserna till följd av tågets värmestrålning. Påverkan av brandgaser är emellertid mycket svårt att beräkna kvantitativt.

Med hänsyn till de få transporter som går förbi planområdet, även i det framtida scenariot med ca 1 tågtransport per dag (329 per år), samtidigt som det är mycket få olyckshändelser som leder till större tågbränder, bedöms detta scenario som mycket osannolikt. Konsekvensberäkningar visar att kritiska värmestrålningsnivåer kan uppkomma upp till ca 8 meter från spåret.

En annan teoretisk följd effekt av en kraftig tågbrand kan även vara att flammor och/eller värmestrålningen från tågbranden antänder brännbart material i närheten av spårområdet, exempelvis gräs och annan växlighet med brandspridning i mark som följd. I ett värsta scenario kan markbranden sprida sig mot bebyggelse inom planområdet. Detta förlopp bedöms emellertid vara mycket osannolikt och ej kunna ske momentant, utan vara ett

Riskutredning

fördröjt förlopp där tid och handlingsutrymme finns för människor i närheten att fly till säkerhet.

Eftersom konsekvenserna av en tågbrand kan bli allvarliga, även om sannolikheten är mycket låg, kommer riskreducerande åtgärder avseende tågbrand att föreslås.

6.3 Spårspring/Korsning av spår

Det går idag att tyda minst två informella övergångar över järnvägen där gång/cykeltrafikanter passerar, se Figur 6-3. I figuren syns även sjön Möckeln som ses som en målpunkt på andra sidan järnvägen.



Figur 6-3 visar informella övergångar som finns vid järnvägen idag. © Lantmäteriet MS2006/1416

Men hänsyn till att det idag finns ett flertal informella övergångar samtidigt som det finns en målpunkt på andra sidan spåret från järnvägen bedöms åtgärder som hindrar spårspring vara motiverade.

Riskutredning

7 Kvalitativ osäkerhets- och känslighetsanalys

I känslighetsanalysen beskrivs hur känsligt analysresultatet är för antaganden/indata på vissa särskilt viktiga parametrar. I osäkerhetsanalysen beskrivs osäkerheterna i indataparametrar och hur detta har hanterats i analysen.

7.1 Känslighetsanalys

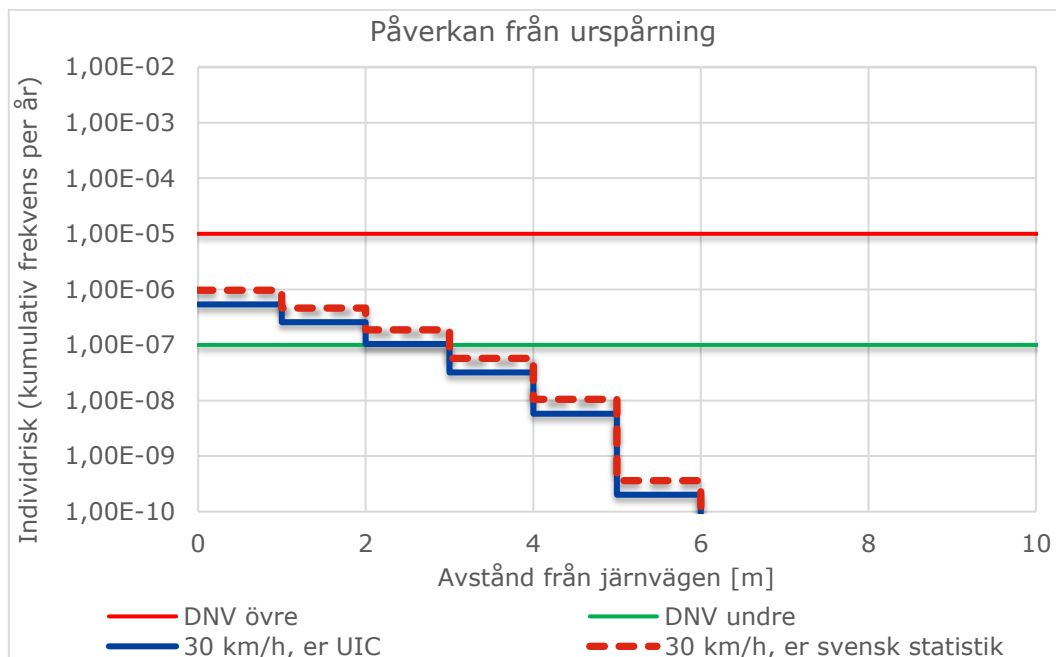
Syftet med känslighetsanalysen är att visa hur känsligt resultatet är för variationer i indata. Variationer studeras här avseende följande parametrar:

- Antal transporter
- Sannolikhet för olyckor
- Hastighet
- Konsekvenser vid studerade scenarion

Utifrån använda modeller kan det konstateras ett linjärt samband mellan resultatet och förändringar i såväl antalet transporter som sannolikhet för olyckor. Detta innebär att en procentuell förändring av dessa parametrar ger motsvarande variation av resultatet.

Den använda urspårningsfrekvensen jämförs med frekvensen som anges i UIC-metoden. I UIC:s guideline anges urspårningsfrekvensen e_r för persontåg till $0,25 \times 10^{-8}/\text{tågkm}$ och för godståg till $2,5 \times 10^{-8}/\text{tågkm}$. Använd frekvens har justerats mot svenska förhållanden genom att kombinera statistik från Trafikanalys, där $e_r = 4,497 \times 10^{-8}/\text{tågkm}$.

I Figur 7-1 visas individrisken som funktion av vinkelrätt avstånd från spårmitte då de olika urspårningsfrekvenserna används.



Figur 7-1 påverkan från urspårning vid olika värden på e_r .

Riskutredning

Beräkningarna i Bilaga A är genomförda enligt en brittisk metod och riktlinje som avser tyngre tåg än de som trafikerar/kommer att trafikera järnvägsspåret. [6] Vidare har en urspårningsfrekvens använts som utgår från verklig svensk statistik avseende både person- och godståg, vilket bedöms överskatta urspårningsfrekvensen för den tågtyp som används på järnvägsspåret. Därav bedöms beräkningsmodellen genomgående vara konservativ.

Resultatets känslighet för variationer avseende konsekvenser vid studerade scenarier bedöms som relativt stor. Avstånd för urspårning är starkt beroende av hastigheten på tåget, därför har även hänsyn tagits till om något tåg kör för snabbt. Konsekvenserna är studerade för en person som befinner sig utomhus, inomhus minskar troligen konsekvenserna då byggnader har ett visst motstånd mot urspårning. Konsekvenser påverkas även om urspårade tåg hamnar i riktning mot planområdet eller om de hamnar i riktning bort från detta. I beräkningarna har det konservativt antagits att samtliga tåg hamnar mot planområdet. Vid antagandet att det är lika sannolikt att ett tåg hamnar mot respektive bort från planområdet innebär detta att den beräknade individrisken som används i denna rapport halveras.

7.2 Osäkerhetsanalys

Man brukar skilja på två typer av osäkerhet, epistemisk osäkerhet (kunskapsosäkerhet) och stokastisk osäkerhet (variabilitet). Kunskapsosäkerheten handlar om att inte tillräcklig information finns tillgänglig. Denna kan i teorin elimineras med ytterligare mätningar/information. Exempel på detta är flödesdata. Stokastisk variation går dock inte att eliminera utan handlar om naturlig variabilitet, exempel på detta är vindhastigheter och riktningar. En riskutredning som denna innehåller betydande osäkerheter av båda sorter, men framförallt kunskapsosäkerhet.

Syftet med osäkerhetsanalysen är att visa hur osäkert det underlag är som slutsatser är grundade på. Osäkerheten analyseras avseende följande parametrar:

- Antal transporter
- Sannolikhet för olyckor
- Konsekvenser vid studerade scenarion

Avseende antalet transporter är underlaget i denna utredning baserat på kvalitativa uppgifter från kommunen. Metoden för att hantera denna osäkerhet är att genomgående anta konservativa bedömningar. Använt antal transporter bedöms som mycket konservativt då det är en stor ökning från dagens antal transporter.

Osäkerheten avseende konsekvenser vid studerade scenarier bedöms vara beroende på scenariobeskrivningarna. Här bedöms å ena sidan osäkerheten avseende representativa scenarier vara liten samtidigt som det otvetydigt finns en betydande osäkerhet inför så kallade extremhändelser såsom extrema bränder eller uppsåtliga risker. Det kan emellertid konstateras att övergripande metodik för en riskutredning av detta slag inte rymmer en analys av sådana konsekvenser.

Det verktyg som genomgående används för att möta effekten av osäkerheten i indata är tillämpande av bedömningar som ger resultat med säkerhetsmarginal. Därmed konstateras att det presenterade resultatet troligen visar en högre risk än vad som faktiskt gäller.

Riskutredning

8 Riskvärdering och säkerhetshöjande åtgärder

Individriskberäkningarna visar att risknivån vid urspårning hamnar inom ALARP-området upp till ca 5 meter från spårmit. Ett urspårat tåg beräknas hamna som längst 8 meter från spårmit. Dessa resultat baseras på den framtida transportfrekvensen på studerad järnvägssträcka. Vid beräkning baserad på dagens antal transporter hamnar risknivåerna inte inom ALARP-nivå. Avståndet som ett tåg bedöms kunna hamna är starkt beroende av hastigheten som tågen kör med, vid en ökning av tågets hastighet kommer också riskavståndet att öka.

Direkt påverkan från värmestrålning vid brand i tåg bedöms kunna påverka upp till ca 8,5 meter från järnvägen (mätt från brandens ytterkant, det vill säga kant på järnvägsvagn). Eventuell brandspridning via mark till planområdet har också beaktats, med bedömts som osannolikt samtidigt som förloppet är något fördröjt. Det bedöms även finnas en viss risk för spårspång/att obehöriga rör sig i spårområdet då sjön Möckeln ligger på motsatt sida av järnvägen i förhållande till planområdet.

8.1 Säkerhetshöjande åtgärder

Baserat på den beräknade risknivån för planområdet föreslås följande säkerhetshöjande åtgärder. Samtliga avstånd gäller från närmsta spårårl:

Säkerhetsavstånd

Från järnvägen föreslås bebyggelsefritt avstånd om 10 meter. Inom detta avstånd finns risk för direkt påverkan vid urspårning samt brand i tåg. Detta lämnar även utrymme för att det ska gå att genomföra underhållsarbete på järnvägen. Mellan 10-15 meter kan markanvändning som ej uppmuntrar till stadigvarande vistelse uppföras, så som ytparkering, balkong, gång- och cykelbana eller trädgård. Bortom 15 meter kan bostäder i form av parhus, kedjehus samt flerbostadshus uppföras.

Möjlighet till utrymning

För att människor inomhus säkert ska kunna utrymma i händelse av brandspridning mot planområdet, som kan ha initierats av en tågbrand, ska det för bebyggelse inom 15 till 25 meter från närmsta spårårl finnas möjlighet att utrymma bort från denna. Detta innebär att om en entré förläggs mot järnvägen ska en alternativ utrymningsväg finnas som inte mynnar mot järnvägen.

Hinder mot järnväg

Något form av hinder bör uppföras mellan planområdet och järnvägen för att försvåra spårspång och att personer rör sig i spårområdet.

Riskutredning

9 Slutsatser

Följande slutsatser har erhållits i utredningen:

- Individriskberäkningarna visar att risknivån vid urspårning hamnar inom ALARP-området upp till ca 5 meter från spårmit. Ett urspårat tåg beräknas hamna som längst 8 meter från spårmit. Dessa resultat baseras på den framtida transportfrekvensen på studerad järnvägssträcka.
- Direkt påverkan från värmestrålning vid brand i tåg bedöms kunna ske upp till ca 8,5 meter från järnvägen (minsta avstånd från av transport).
- Eventuell brandspridning via mark till planområdet från tågbränder behöver beaktas.
- Det bedöms även finnas viss risk för spårspång/att obehöriga rör sig i eller korsar spårområdet.

Beaktat de identifierade olycksriskerna föreslås följande planbestämmelser för att uppfylla en acceptabel risknivå inom planområdet med hänsyn till olägenheter för människors hälsa:

- 10 meters bebyggelsefritt avstånd från närmsta spårårl.
- Inom 10 till 15 meter från närmsta spårårl kan mindre känslig bebyggelse som ej uppmuntrar till stadigvarande vistelse uppföras, till exempel ytparkering, balkong, gång- och cykelbana eller trädgård.
- Bortom 15 meter från närmsta spårårl kan bostäder i form av parhus, kedjehus samt flerbostadshus uppföras.
- För bebyggelse inom 15 till 25 meter från närmsta spårårl ska det finnas möjlighet att säkert utrymma bort från järnvägen. Detta innebär att om en entré förläggs mot järnvägen ska en alternativ utrymningsväg finnas som inte mynnar mot järnvägen.
- Någon form av hinder bör uppföras mellan planområdet och järnvägsspåret.

Ovan föreslagna planbestämmelser utgår från att studerad järnvägssträcka utvecklas på det sätt som beskrivits i föreliggande rapport, dvs. att den enda förändring som förväntas ske är en ökad transportfrekvens på sträckan. Om exempelvis hastigheten skulle höjas, andra godstyper börja transporteras och/eller att transportfrekvenserna skulle öka ytterligare, förändras riskbidraget. Detsamma gäller om sträckan avvecklas. En uppdatering av riskutredningen och dess slutsatser bör då genomföras.

Ovan föreslagna planbestämmelser utgår även från att studerat planområde utvecklas enligt vad som beskrivits i rapporten, det vill säga i form av parhus, kedjehus samt flerbostadshus som sammanlagt rymmer maximalt 200 personer. Skulle markanvändning ändras eller personantalet öka bör aktuell riskutredning revideras enligt de nya förutsättningarna.

Riskutredning

10 Referenser

- [1] C. Lund, Interviewee, *Mejl; Riktlinjer för urspårning från järnväg*. [Intervju]. 04 05 2021.
- [2] Trafikverket, "Säkerhetsavstånd vid byggandet intill järnväg - parkeringsplatser vid järnväg," 13 02 2019. [Online]. Available: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/samhallsplanering/Sakerhet-och-konflikter/Sakerhetsavstand-mellan-infrastruktur-ny-bebyggelse-samt-ovriga-anordningar/sakerhetsavstand-vid-byggande-intill-jarnvag/>.
- [3] Räddningsverket, "Värdering av risk," Karlstad, 1997.
- [4] TÅGAB, Interviewee, *Telefonkontakt med Tågab*. [Intervju]. 01 06 2021.
- [5] T. Haglund, Interviewee, *Mejl, FW: järnväg som brukas av Moelven i Karlskoga*. [Intervju]. 26 01 2021.
- [6] UIC, "Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone," UIC (International Union of Railways) Leaflet 777-2R, 2nd Edition, September 2002, 2-7461-0482-2, 2002.
- [7] Trafikverket;, "Dimensionerande brandeffektkurvor i godståg - Beslutsunderlag och modell för att skapa dimensionerande brandeffektkurvor i tunnelprojekt med spårbunden trafik," Trafikverket, 2016.

Beräkningsbilaga

Handläggare

Olivia Wernberg

Telefon

010-505 47 39

Mobil

0722016928

E-post

Olivia.wernberg@afry.com

Datum

13/10/2022

Projekt ID

202224

Kund

Karlskoga kommun

Beräkningsbilaga till Riskutredning för detaljplan Löjan 5 m.fl.

Uppdragsledare, handläggare: Olivia Wernberg

Intern kvalitetsgranskning: Niclas Grahn

Beräkningsbilaga

Innehållsförteckning

1	Bilaga A – Ursprungsrisker	4
2	Bilaga B – Strålning	10
	Referenser	13

Beräkningsbilaga

Dokumenthistorik

Ver.	Datum
A	2021-06-29
B	2021-07-09
C	2022-10-13

Beräkningsbilaga

1 Bilaga A – Urspårningsrisker

Vid beräkning av mekanisk påverkan vid tågurspårning används en modell för att beräkna urspårningsfrekvens. Metodiken är framtagen av International union of railways (UIC) i boken *Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone* [1].

Frekvensen för att ett tåg kolliderar med bebyggelse inom studerat område beräknas med ekvationen:

$$F_K = F_U \cdot P_K$$

Där

F_K = frekvensen för kollision mellan tåg och byggnad

F_U = frekvensen för urspårning i anslutning till studerat område

P_K = sannolikheten att ett urspårat tåg kolliderar med bebyggelse

Frekvens för urspårning

Frekvensen för urspårning i anslutning till studerat område (F_U) beräknas enligt:

$$F_U = e_r \cdot d \cdot Z_d \cdot 365 \cdot 10^{-2}$$

Där

e_r = urspårningsfrekvens per tågakilometer

d = den längsta urspårningssträckan längs med spåret (m). Beräknas genom $V^2/80$, där V är hastigheten (km/h) vid tidpunkten för urspårningen.

Z_d = antal tåg per dygn längs den studerade sträckan

UIC [1] anger urspårningsfrekvensen e_r till $2,5 \cdot 10^{-9}$ /tågakilometer för persontåg och $2,5 \cdot 10^{-8}$ /tågakilometer för godståg. Denna frekvens justeras dock mot svenska förhållanden genom att kombinera officiell statistik från Trafikanalys mellan åren 2012 och 2019, se tabell nedan.

Beräkningsbilaga

Tabell 1-1: Data för tågkilometer och urspårningar vid järnvägsdrift på det svenska järnvägsnätet för år 2012-2017. Data är hämtad från Trafikanalys (2016), Trafikanalys (2017), Trafikanalys (2018a) och Trafikanalys (2018b).

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Tåg-kilometer (1000-tal)								
Person- trafik*	106 011	113 036	115 886	117 422	121 972	123 914	128 895	132 454
Gods- trafik*	39 719	38 149	37 097	35 458	35 752	36 469	36 201	35 601
Total trafik*	145 730	151 185	152 983	152 880	157 724	160 383	165 096	168 055
Urspårningar vid tågrörelse	10	9	10	3	4	5	8	7

*Både el- och dieseldrivna fordon.

Med tågrörelse menas att ett tåg färdas mellan två bevakade stationer och med urspårning menas att minst ett hjul lämnar rälsen. Godståg är generellt mer drabbade av urspårningar i jämförelse med persontåg. Detta kan även ses i faktorn e_r från UICs vägledning för de båda tågtyperna. En eventuellt bidragande faktor till detta kan för svenska förhållanden vara att vissa industrispår som används för godstrafik inte är designade för den tåg- och vagnvikt som trafikerar anläggningen och/eller att anläggningen är undermåligt underhållen.

I den rapporterade statistiken går det inte att särskilja urspårningar som drabbat persontåg respektive godståg. För att kunna beräkna urspårningsfrekvenserna har därför tågkilometertalen för person- och godståg sammanslagits. Från statistiken i Tabell 1-1 beräknas faktorn för urspårningsfrekvens per tågkilometer (e_r) för respektive år, se tabell nedan.

Tabell 1-2: Resultat av beräkning av urspårningsfrekvens per tågkilometer (e_r) för respektive år mellan 2012-2019.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ur-spårnings-frekvens per tåg-kilometer	6,86 $\cdot 10^{-8}$	5,95 $\cdot 10^{-8}$	6,54 $\cdot 10^{-8}$	1,96 $\cdot 10^{-8}$	2,54 $\cdot 10^{-8}$	3,12 $\cdot 10^{-8}$	4,85 $\cdot 10^{-8}$	4,17 $\cdot 10^{-8}$

Beräkningsbilaga

För att minska osäkerheten i urspårningsfrekvensen för enskilda år används det genomsnittliga värdet mellan år 2012-2017 i fortsatta beräkningar. Från data i Tabell 1-2 beräknas den genomsnittliga urspårningsfrekvensen per tågkilometer, e_r , till $4,10 \times 10^{-8}$.

Sannolikhet för kollision med bebyggelse

Sannolikheten för att ett urspårat tåg kolliderar med bebyggelse inom området beräknas enligt:

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

Där

a = vinkelrätt avstånd (m) mellan spårmitt och bebyggelse

b = det maximala vinkelräta avståndet (m) från spåret som tågagn kan hamna efter urspårning. Beräknas genom $V^{0,55}$ där V är hastigheten (km/h) vid tidpunkten för urspårningen.

c = det parallella avstånd (m) längs med spåret inom vilket det finns risk för fysisk åverkan av urspårat tåg på bebyggelse vid avståndet a . Beräknas som:

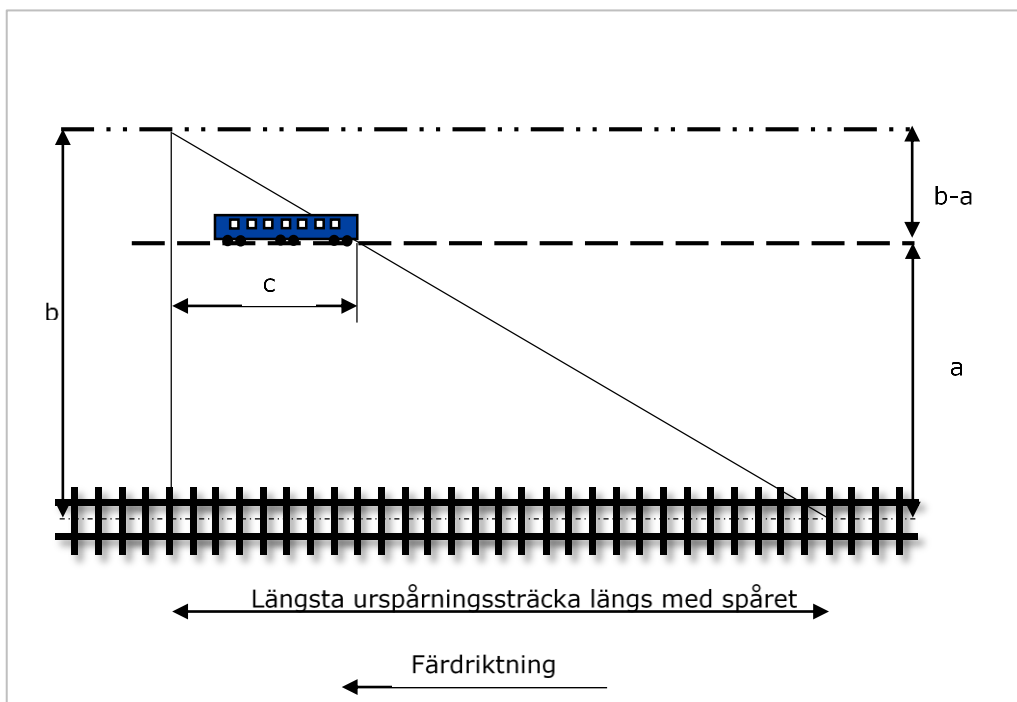
$$\text{om } b > a \rightarrow c = \frac{d}{b} \cdot (b - a)$$

$$\text{om } b < a \rightarrow c = 0 \rightarrow P_1 = 0$$

d = den längsta urspårningssträckan längs med spåret (m). Beräknas genom $V^2/80$ där V är hastigheten (km/h) vid tidpunkten för urspårningen (se ovan).

En beskrivning av de olika avståndsfaktorerna som används i beräkningarna illustreras i Figur 1-1.

Beräkningsbilaga



Figur 1-1. Illustration av de olika avståndsfaktorerna som används i ekvationerna för urspårning.

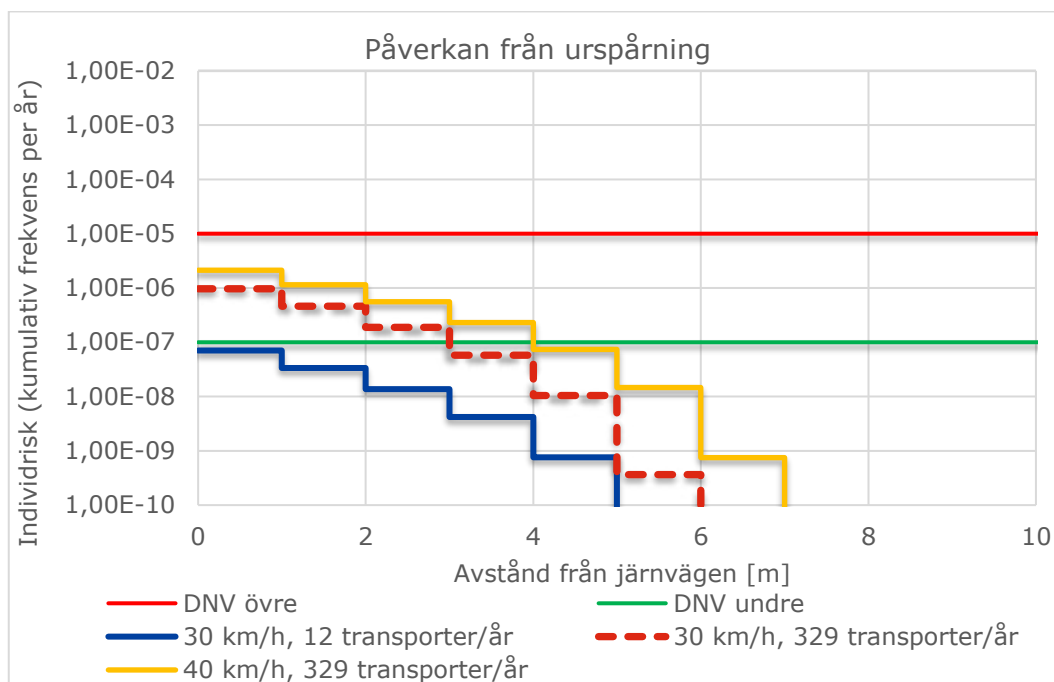
I Figur 1-2 redovisas frekvensberäkningarna för att ett urspårat tåg kolliderar med bebyggelse som funktion av avståndet från järnvägens spårmitte.

Hur långt tåget hamnar från spårmitte vid en urspårning beror på vilken hastighet tåget har vid tillfället för urspårningen. Den maximala hastigheten längs sträckan uppges vara 30 km/h enligt uppgift från Tågab som har tillstånd att köra tåg längs järnvägssträckan. Förbi övergångar sänks hastigheten till 10 km/h.

I beräkningarna används en genomsnittlig hastighet av 30 km/h. I Figur 1-2 visas på x-axeln det vinkelräta avstånd från järnvägen som tåget förväntas hamna vid en urspårning. Som framkommer av figuren ökar det maximala avståndet som tåget kan hamna från spårmitte med tågets hastighet. Av detta följer också att ett tåg i högre hastighet har större sannolikhet att hamna vid samma avstånd som ett tåg i en lägre hastighet. Skillnaden avseende detta ökar med hastigheten vid urspårningstillfället, vilket kan ses i figuren.

En jämförelse görs även med den angivna urspårningsfrekvensen enligt UIC-modellen.

Beräkningsbilaga



Figur 1-2. Frekvens för att urspårat tåg vagn kolliderar med bebyggelse inom området (per år), för tåg med olika hastigheter vid urspårningen samt olika antal transporter förbi planområdet.

Beräkningsresultatet som grafen i Figur 1-2 bygger på är sammanställt i Tabell 1-3. Där kan utläsas att ett urspårat tåg vid 30 km/h förväntas nå maximalt ca 6,5 meter från spårmitte och att tåget maximalt spårar ur längs en sträcka av 11,25 meter. Sannolikheten för att tåget når 6,5 meter är dock mycket låg. Ur tabellerna kan också utläsas att det parallella avståndet längs med spåret inom vilket det finns risk för fysisk åverkan (c) av urspårat tåg minskar desto längre bort från spåret man hamnar.

Antal tåg per dygn förbi aktuellt område, Z_d , sätts till 0,90 stycken tåg, där samtliga utgörs av godståg.

Beräkningsbilaga

Tabell 1-3: Värden på avståndsfaktorerna a , b , c , d samt beräknade värden för frekvens för urspårning (F_U), sannolikheten för kollision mellan urspårat tåg och bebyggelse (P_K) och frekvensen för kollision mellan urspårat tåg och bebyggelse (F_K). Värdena är beräknade för olika hastigheten 30 km/h.

V=30 km/h			
b (m)	6,5		
d (m)	11,25		
a (m)	c (m)	P_K	F_K
1	9,5	0,3027	2,532E-07
2	7,8	0,1657	1,38542E-07
3	6,1	0,0778	6,50926E-08
4	4,3	0,0283	2,36613E-08
5	2,6	0,0061	5,08043E-09
6	0,9	0,0002	1,826E-10
7	-	-	-

Sannolikhet att omkomma

En person som befinner sig utomhus (oskyddad) inom det vinkelräta avstånd (b) från spårmitte när tåget spårar ur antas omkomma. För att en person som befinner sig inomhus ska påverkas av ett urspårat tåg som kolliderar med en byggnad krävs att den fysiska åverkan på byggnaden är så pass kraftig att byggnaden rasar eller på annat sätt påverkas så att personer skadas. Det antas konservativt att det är lika sannolikt att omkomma inomhus som utomhus.

Beräkningsbilaga

2 Bilaga B – Strålningsberäkning

Beräkning av infallande strålning från brand i tåg genomförs med handberäkningar enligt ekvationer nedan (metoden motsvarar den som används för strålningsberäkningar för pölbränder):

Infallande strålning (I) – Infallande värmestrålning (kW/m^2) från branden som når omgivningen minskar med avståndet från branden och beräknas genom:

$$I = F * I_0$$

Där F – synfaktorn och I_0 utfallande värmestrålning. För att kunna beräkna detta måste brandens storlek först bestämmas, vilket görs enligt:

Flamhöjd (H_f) – Flamhöjd (m) kan beräknas som funktion av brandeffekt och pöldiameter (D) enligt följande ekvation [2]:

$$H_f = 0,23 * \dot{Q}^{\frac{2}{5}} - 1,02D$$

Där brandeffekt (Q) beräknas utefter angivna värden i Tabell 2-1.

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

Utfallande strålning (I_0) – Utfallande strålning (kW/m^2) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flammen, men efter en viss nivå minskar effektiviteten i förbränningen med påföljd att rökutvecklingen tilltar och temperaturen i flamzonen sjunker. En del av värmestrålningen absorberas i omgivande rök, vilket innebär att den utfallande strålningen sjunker med ökande värde på pölbrandens storlek. Utfallande strålning beräknas med följande ekvation [3]:

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

Synfaktor (F) – Synfaktorn (–) anger hur stor andel av utfallande strålning som når en mottagande punkt eller yta. Vid beräkning av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika överallt. Detta är ett konservativt antagande då branden i själva verket normalt smalnar av upptill. Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammen och den mottagande punkten beräknas enligt [4]:

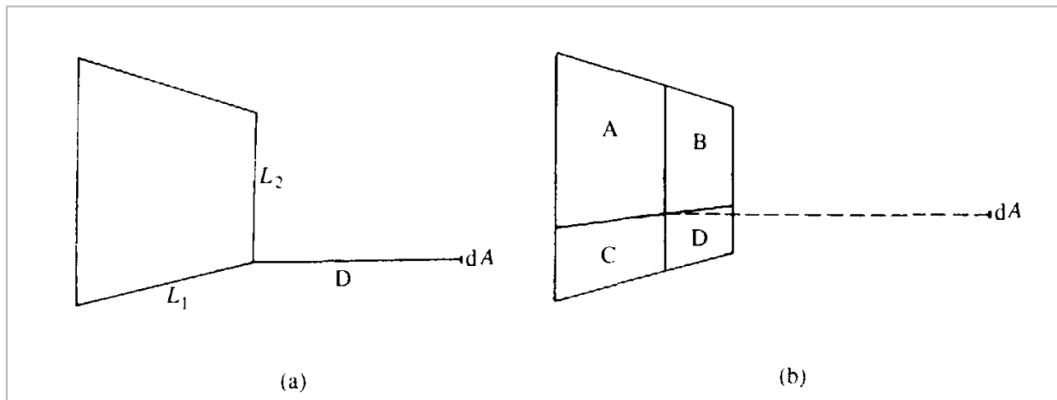
$$F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$$

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

$$F_{A1,2} = \int_0^{A_1} \frac{\cos \theta_1 \cos \theta_2}{\pi d^2} * dA_1$$

där $\theta_1 = \theta_2 =$ infallande vinkel (d.v.s. 0) och $A_1 = L_1 \times L_2$ enligt Figur 2-1.

Beräkningsbilaga



Figur 2-1 Synfaktor mellan punkt eller yta [4].

Ovan ekvation för synfaktor kan skrivas om till nedan:

$$F_{A1,2} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right)$$

Där $X = \frac{L_1}{d}$ och $Y = \frac{L_2}{d}$

Med hjälp av ovanstående ekvationer och antaganden samt antagna brandeffekter har strålningsnivåer kunnat beräknas som funktion av avståndet från branden.

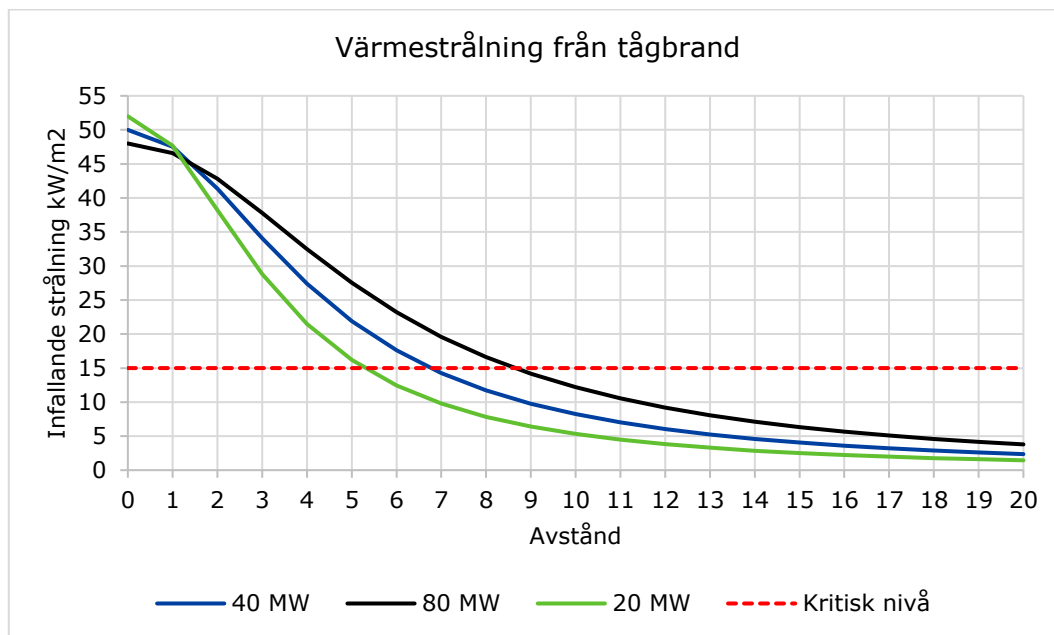
Kritisk infallande strålning mot en person utomhus sätts till 15 kW/m² vilket motsvarar det skadekriterie som anges enligt BBRA 3 avseende brandspridning mellan byggnader.

Resultatet visas i Tabell 2-1 och Figur 2-2.

Tabell 2-1 Utfallande strålning som funktion av brandeffekt och flamhöjd.

Brandeffekt (kW)	Diameter (m)	Flamhöjd H _f (m)	Utfallande strålning I ₀ (kW/m ²)	Avstånd (m) till kritisk strålningsnivå 15 kW/m ²
20 000 kW	6,0	6,0	51,8	5
40 000 kW	7,9	7,9	50,0	6,5
80 000 kW	10,4	10,4	47,6	8,5

Beräkningsbilaga



Figur 2-2. Värmestrålning från tågbrand som funktion av avståndet vid olika maximala brandeffekter.

Beräkningsbilaga

Referenser

- [1] UCI, "Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone," UIC, 2002.
- [2] B. Karlsson and J. G. Quintiere, Enclosure fire dynamics, CRC press, 1999.
- [3] M. Shorki and C. Beyler, "Radiation from large pool fires," *Journal of Fire Protection Engineering*, vol. 1, no. 4, pp. 151-150, 1989.
- [4] D. Drysdale , An introduction to fire dynamics, 1999.