

2016-03-30

# RISKBEDÖMNING

## KVARTER SIV, UPPSALA

VERSION 9

## PROJEKTINFORMATION

**Projektnamn:** Fördjupad riskbedömning för kvarter Siv

**Kommun:** Uppsala

**Kontaktperson:** Rikshem Fålhagen AB  
Kristen Carlsson  
070-352 56 65

**Uppdragsansvarig:** Anders Sandberg (AS)  
anders.sandberg@briab.se  
018-430 30 81

**Handläggare:** Erol Ceylan (EC)  
erol.ceylan@briab.se  
08-406 66 33

**Kvalitetskontroll:** Johan Norén (JN), Anders Sandberg (AS)

Datum	Version	Kontroll
2016-03-30	Version 9: Uppdaterat beteckningar för kvartersmark utifrån Boverkets råd om planbestämmelser	Egenkontroll: EC
2015-11-27	Version 8: - nya beräkningar utifrån nya trafikprognoser - förtydligt krav på påkörningsskydd som anläggs i fasad	Egenkontroll: EC
2015-05-19	Version 7: - presenterat konkreta förslag på dimensionerande laster och lägsta höjd för påkörningsskyddet på olika avstånd från järnvägen	Egenkontroll: EC Kvalitetskontroll: AS
2015-03-27	Version 6 - ny beteckning "R" för kvartersmark "Y" - förtydligt möjlig placering av påkörningsskydd - skyddsräll som alternativ till påkörningsskydd	Egenkontroll: EC
2015-02-26	Version 5: förtydligande av markanvändning	Egenkontroll: EC
2015-02-13	Version 4: förtydligande av markanvändning	Egenkontroll: EC
2014-11-13	Version 3: nya skisser	Egenkontroll: EC
2014-11-07	Version 2: detaljplan	Egenkontroll: JN
2014-10-14	Version 1: inledande utredning	Egenkontroll: EC Kvalitetskontroll: JN

## SAMMANFATTNING

Med anledning av Rikshems planer att möjliggöra för nya byggnader och eventuellt ändra i befintliga byggnader inom ett planområde omfattande kvarter Siv, Uppsala, har Briab fått uppdraget att göra en riskbedömning av kvarteret. Kvarteret angränsar till järnvägen (Ostkustbanan) som trafikeras med person- och godståg (även farligt gods).

Riskbedömningen utgör beslutsunderlag för ställningstagandet till den planerade markanvändningen inom kvarteret och bedömer lämpligheten utifrån risksynpunkt. Bedömningen görs i enlighet med krav i plan- och bygglagen på att redogöra för nya detaljplaners lämplighet utifrån ett säkerhetsperspektiv. Bedömningen leder till förslag på eventuella skyddsavstånd och riskreducerande åtgärder som gör att risknivån i kvarteret blir acceptabel.

Utifrån en riskinventering av kvarteret och dess omgivning och genomgång av tidigare genomförda riskutredningar för närliggande områden har riskkällor som kan påverka personer som befinner sig inom området identifierats. Dessa har sedan bedömts med kvalitativa resonemang och kvantitativa metoder.

Utifrån den inledande analysen är resultatet att risknivån inom planområdet är hög (på oacceptabla nivåer enligt nyttjade acceptanskriterier) inom delar av kvarteret. Det som ger upphov till de höga nivåerna är olyckshändelser förknippade med urspårning och olyckor med farligt gods. För att sänka risknivåerna till acceptabla nivåer föreslås följande riskreducerande åtgärder för planområdet:

1. Ny bebyggelse uppförs som närmast 25 meter från järnvägens närmaste spårmitt. Inom detta avstånd bör inte bebyggelsen uppmuntra till stadigvarande vistelse.
2. Nya byggnaders fasader som vetter direkt mot järnvägen och som placeras mellan 25 – 43 meter från närmaste spårmitt utförs med fasader i lägst brandteknisk klass EI 30 och fönster i EW 30. Sådana fönster får vara öppningsbara.
3. Nya byggnader som placeras mellan 25 – 43 meter från närmaste spårmitt utförs med minst en utgång som vetter bort från järnvägen.

Om ombyggnad eller ändring av verksamhet sker i **befintliga byggnader** närmast järnvägen är det nödvändigt att vidta ytterligare en åtgärd för att få en acceptabel risknivå även för vistande i dessa byggnader. Den riskreducerande åtgärd som föreslås är:

4. Ett påkörningsskydd eller skyddsräil<sup>1</sup> uppförs. Påkörningsskydd uppförs mellan (a) spår och byggnad (parallellt med spår) eller (b) i byggnads fasad. Påkörningsskydd kan också uppföras som en kombination av (a) och (b). Enstaka mindre öppningar får finnas i påkörningsskydd (exempelvis dörr) men får inte försämra påkörningsskyddets funktion. Detta kan säkerställas genom att utforma öppningarna med en maximal bredd om 1,2 meter per öppning. Påkörningsskydd bör dimensioneras för att klara påkänningar enligt Tabell 1.

---

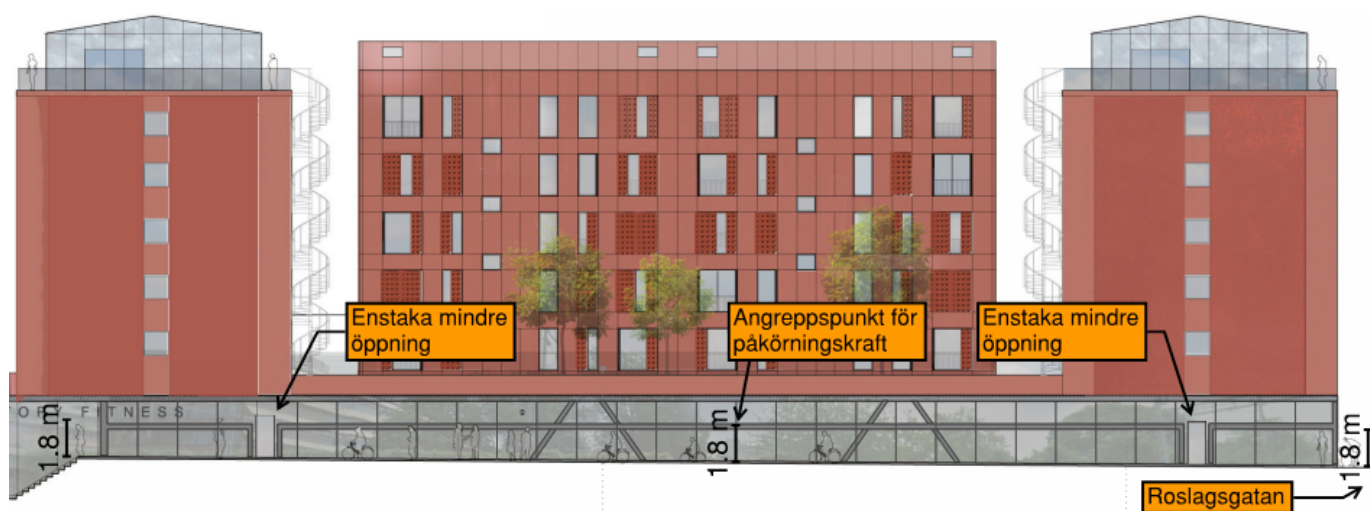
<sup>1</sup> I stället för ett påkörningsskydd kan en skyddsräil installeras längs hela järnvägens sträckning förbi kvarteret. Ett sådant skydd bedöms reducera risknivån till en acceptabel nivå. Ansvar för åtgärdens införande faller dock på spårägaren.

Tabell 1. Dimensionerande laster och lägsta höjd för påkörningsskydd.

Lateralt avstånd från närmaste spårmitt till påkörningsskydd [m]	Dimensionerande lateral last [kN] (vinkelrätt mot spåret)	Dimensionerande longitudinell last [kN] (i spårets riktning)	Lägsta höjd över mark [m]
10	1130	280	1,14
12	1060	260	1,07
14	980	250	0,98
16	900	220	0,87
18	810	200	0,72
20	710	180	0,51

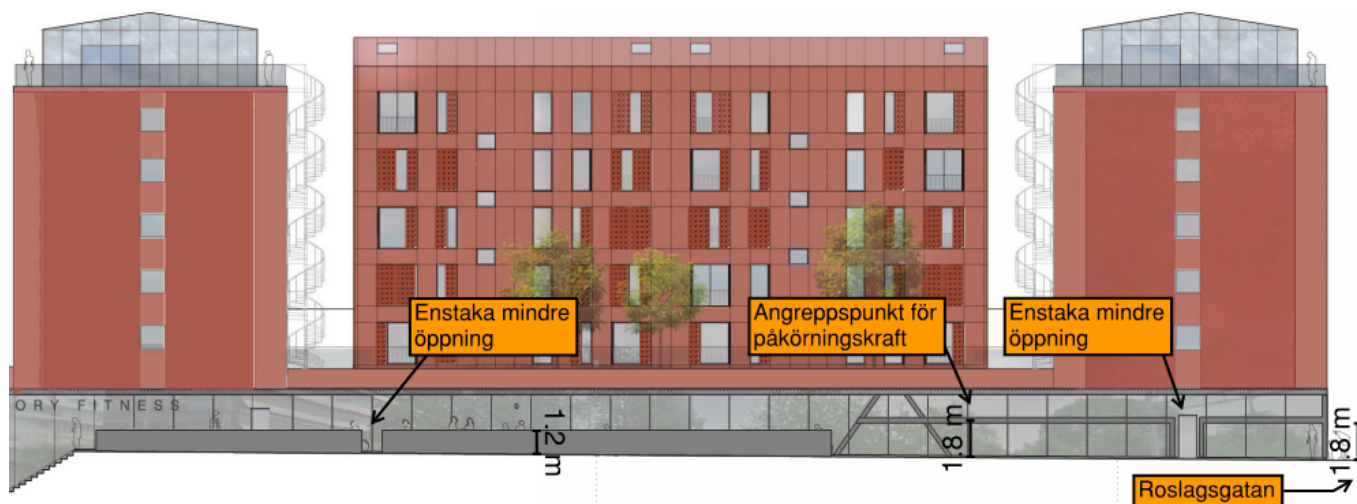
### Påkörningsskydd i fasad

Om påkörningsskyddet i sin helhet (se Figur 1) eller i kombination med fristående påkörningsskydd (se Figur 2) utförs som en del av byggnads fasad får påkörningskrafterna på detta avstånd från järnvägen inte ge mer än lokala skador på byggnad och ej medföra fortskridande ras. Angreppspunkt för påkörningskraft (se Tabell 1) bör vara 1,8 meter över mark<sup>2</sup>. Skyddet kan utgöras av exempelvis en horisontellt orienterad stålbalk i anslutning till fasad. Vid dimensionering av skyddet bör eftersträvas att få en mot järnvägen jämn/slät konstruktion för att undvika att tåggets longitudinella rörelse hindras.



Figur 1. Idéskiss för påkörningsskydd i fasad.

<sup>2</sup> I enlighet med rådet till 4.5.1.4(3) i SS-EN 1991-1-7:2006 Eurokod 1- Laster på bärverk (Swedish Standards Institute (SIS), 2011) kring olyckslaster orsakade av urspårningar i anslutning till bärverk.



Figur 2. Idéskiss för fristående påkörningsskydd i kombination med påkörningsskydd i fasad.

Se Bilaga 4 – påkörningsskydd för beräkning av påkörningsskyddets egenskaper.

### Verksamhet intill järnvägen

Lämplig markanvändning för ny bebyggelse, om inget påkörningsskydd (eller skyddsräll) anläggs, men övriga åtgärder vidtas, presenteras i Tabell 2.

Tabell 2. Ny verksamhet intill järnvägen då endast riskreducerande åtgärder 1-3 vidtas.

Avstånd från närmaste spårmitt, [m]	Verksamhet
0 – 25	P – Parkering (ytparkering) T – Trafik N – Friluftsområde E – Teknisk anläggning
25 – 30	<b>Som ovan samt:</b> J – Industri Z – Lager H – Detaljhandel (mindre butiker) K – Kontor B – Bostad R – Besöksanläggningar (kulturella och religiösa verksamheter, idrotts- och sportanläggningar utan betydande åskådarplatser t.ex. gym men inga större verksamheter <sup>4</sup> )
30 –	<b>Som ovan samt:</b> C – Centrum H – Detaljhandel (större butiker) S – Skola R – Besöksanläggningar D – Vård O – Tillfällig vistelse, t.ex. hotell och konferens

Om ett påkörningsskydd (eller skyddsräll) anläggs samt övriga föreslagna riskreducerande åtgärder vidtas rekommenderas markanvändning enligt Tabell 3.

**Tabell 3. Ny verksamhet intill järnvägen då riskreducerande åtgärder 1-4 vidtas.**

<b>Avstånd från närmaste spårmitt [m]</b>	<b>Verksamhet</b>
0 – 15 m	P – Parkering (ytparkering) T – Trafik N – Friluftsområde E – Teknisk anläggning
15 m – 25 m	<b>Som ovan samt:</b> J – Industri Z – Lager H – Detaljhandel (mindre butiker) K – Kontor B – Bostad R – Besöksanläggningar <sup>3</sup> (kulturella och religiösa verksamheter, idrotts- och sportanläggningar utan betydande åskådarplatser t.ex. gym men inga större verksamheter <sup>4</sup> ) C – Centrum (kombinationer av handel, service, samlingslokaler men inga större verksamheter <sup>4</sup> )
25 m –	<b>Som ovan samt:</b> C – Centrum H – Detaljhandel (större butiker) S – Skola R – Besöksanläggningar D – Vård O – Tillfällig vistelse, t.ex. hotell och konferens

Eftersom att Ostkustbanan är klassificerad som riksintresse ska Länsstyrelsens och Trafikverkets krav om fria avstånd kring järnvägen beaktas före beslut.

### Översvämningsrisk

Med anledning av kvarterets närhet till Fyriskan förväntas vattenytan i kvarterets nordvästra sida mot Vaksalagatan hamna som högst +6,7 meter var 200:e år. För att begränsa översvämnings skador behöver källarplan dimensioneras för vatten som når upp till plushöjden +6,7 meter. Ställverksrum, elrum och liknande vitala funktioner för byggnadens drift bör därför förläggas över plushöjden +6,7 m.

Med föreslagen layout är sannolikheten för att markplan ska påverkas låg med hänsyn till dess plushöjd på +7,3 meter.

<sup>3</sup> Dessa får ha in- och utgångar i riktning mot järnvägen under förutsättning att stadigvarande vistelse inte uppmuntras 0 – 15 meter från järnvägen samt att minst en utgång finns som inte mynnar i riktning mot järnvägen.

<sup>4</sup> Med "större" verksamhet avses en verksamhet med ett personantal överstigande 150 personer under verksamhetens öppettider.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>SAMMANFATTNING .....</b>	<b>2</b>
<b>1 INLEDNING .....</b>	<b>7</b>
1.1 Syfte och mål.....	7
1.2 Omfattning och avgränsningar .....	7
1.3 Underlag.....	7
1.4 Kvalitetssäkring .....	7
<b>2 RISKHÄNSYN VID FYSISK PLANERING .....</b>	<b>8</b>
2.1 Risk .....	8
2.2 Styrande dokument .....	8
2.3 Acceptanskriterier.....	9
2.4 Nyttjad metod.....	10
<b>3 OMRÅDETS FÖRUTSÄTTNINGAR.....</b>	<b>11</b>
3.1 Befolkningstäthet.....	12
<b>4 RISKINVENTERING .....</b>	<b>12</b>
4.1 Farliga och miljöfarliga verksamheter .....	12
4.2 Järnväg.....	12
4.3 Översvämning.....	15
<b>5 FÖRDJUPAD ANALYS .....</b>	<b>16</b>
5.1 Olycka på Ostkustbanan .....	16
5.2 Konsekvensberäkning .....	17
5.3 Antal omkomna .....	17
5.4 Översvämning.....	17
<b>6 RESULTAT .....</b>	<b>20</b>
6.1 Ostkustbanan – individ- och samhällsrisik.....	20
6.2 Översvämningensrisk .....	21
<b>7 RISKVÄRDERING.....</b>	<b>21</b>
7.1 Värdering av riskbidrag från Ostkustbanan.....	21
7.2 Värdering av översvämningensrisiken .....	26
7.3 Markanvändning.....	27
<b>8 KÄNSLIGHETS- OCH OSÄKERHETSANALYS .....</b>	<b>29</b>
8.1 Ökad trafik på Ostkustbanan.....	29
<b>9 DISKUSSION OCH SLUTSATS .....</b>	<b>30</b>
<b>10 REFERENSER .....</b>	<b>31</b>
<b>BILAGA 1 – FREKVENSBERÄKNING.....</b>	<b>33</b>
<b>BILAGA 2 – KONSEKVENSBERÄKNING .....</b>	<b>41</b>
<b>BILAGA 3 – RISKBERÄKNING.....</b>	<b>45</b>
<b>BILAGA 4 – PÅKÖRNINGSSKYDD.....</b>	<b>46</b>

# 1 INLEDNING

Briab Brand & Riskingenjörerna AB har, på uppdrag av Rikshem, uppdraget att bedöma den riskbild som är förknippad med befintlig och planerad bebyggelse inom ett planområde omfattande kvarter Siv, Uppsala kommun. Detta görs i enlighet med krav i plan- och bygglagen att vid planläggning redogöra för bebyggelsens lämplighet. Önskemålet är att uppföra nya bostäder och möjliggöra för centrumverksamhet inom kvarteret.

## 1.1 Syfte och mål

Syftet med denna riskbedömning är att redogöra för riskbilden som är förknippad med planerad bebyggelse och att bedöma om bebyggelsen är acceptabel ur risksynpunkt.

Målet med bedömningen är att ta fram ett underlag för fortsatt planläggning.

Efter önskemål från Rikshem om att undersöka översvämningsrisken för området till följd av högt flöde i Fyrisån är även målet att bedöma vilka effekter en översvämning kan generera och att föreslå eventuella riskreducerande åtgärder.

## 1.2 Omfattning och avgränsningar

Riskbedömningen omfattar endast skadehändelser för personer som kan komma att inträffa till följd av en plötslig olycka i anslutning till området. Undantaget är översvämningsrisken som inte bedöms vara en sådan olycka men som kommer att undersökas i ett separat avsnitt.

Olyckor där långvarig exponering krävs för skadliga konsekvenser, eventuella skador på egendom och miljö eller uppsåtliga risker är exkluderade i utredningen.

Planområdet avgränsas av järnvägen (Ostkustbanan), Vaksalagatan, Storgatan och Roslagsgatan. Referensåret för påverkansområdet är valt till 2035.

## 1.3 Underlag

För riskbedömningen har följande underlag använts:

- Skisser, samrådshandling 2015-11-05, Sandell Sandberg
- Riskbedömning, Stationshuset, Uppsala, 2010-10-01, upprättad av Briab

## 1.4 Kvalitetssäkring

Intern granskning har utförts enligt Briabs kvalitetssystem som följer anvisningarna i FR2000. Granskare i projektet har varit Johan Norén, civilingenjör i riskhantering.



## 2 RISKHÄNSYN VID FYSISK PLANERING

I detta avsnitt förklaras begrepp och styrande dokument kopplat till riskhänsyn vid fysisk planering.

### 2.1 Risk

Begreppet risk kan tolkas på olika sätt. I säkerhetstekniska sammanhang tolkas risk som en händelses sannolikhet multiplicerat med omfattningen av dess konsekvens, vilka kan vara kvalitativt eller kvantitativt bestämda. Ofta kvantifieras risk med två olika riskmått, individ- respektive samhällsrisk.

Med **individrisk**, eller platsspecifik risk, avses risken för en enskild individ att omkomma av en specifik händelse under ett år på en specifik plats. Individrisken är oberoende av hur många människor som vistas inom ett specifikt område och används för att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabelt höga risknivåer (Räddningsverket, 1997).

**Samhällsrisk**en, eller kollektivrisken, visar den ackumulerade sannolikheten för det minsta antal människor som omkommer till följd av konsekvenser av oönskade händelser. Samhällsrisk presenteras ofta i ett s.k. F/N-diagram. Till skillnad från individrisk tar samhällsrisk hänsyn till den befolkningssituation som råder inom undersökt område (Räddningsverket, 1997).

### 2.2 Styrande dokument

Det finns ett flertal styrande dokument som berör riskhantering och som ska beaktas vid planläggning.

#### 2.2.1 Plan- och bygglagen

I plan- och bygglagens (SFS 2010:900) första paragraf definieras att vid planläggning av mark och vatten och byggande, ska hänsyn tas till den enskilda människans frihet. En samhällsutveckling ska främjas med jämlika och goda sociala levnadsförhållanden samt en god och långsiktigt hållbar livsmiljö för människorna i dagens samhälle och för kommande generationer. I lagen förutsetts att frågor om skydd mot olyckor kopplat till föreslagna markändringar ska vara slutligt avgjorda vid planläggning.

#### 2.2.2 Rekommendationer och riktlinjer

Lagstiftningen anger när en riskanalys bör göras men inte i detalj hur en sådan ska utföras eller vad den ska innehålla. För att tydliggöra detta har flera länsstyrelser i Sverige presenterat vägledningar och riktlinjer för riskanalyser vid fysisk planering. Länsstyrelsen i Uppsala län arbetar med att ta fram sådana riktlinjer men hänvisar tills vidare till de stora länens riktlinjer<sup>5</sup>. Även i arbetet med egna riktlinjer har Länsstyrelsen i Uppsala län utgått från de stora länens riktlinjer<sup>5</sup>. Dessa riktlinjer nyttjas därför i aktuell bedömning.

Länsstyrelsen i Stockholms län har gett ut rekommendationerna *"Riktlinjer för riskanalys som beslutsunderlag"* (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2003) och *"Riskanalyser i detaljplaneprocessen"* (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2003b). Dessa är generella rekommendationer beträffande krav på innehåll i riskanalyser i planprocessen.

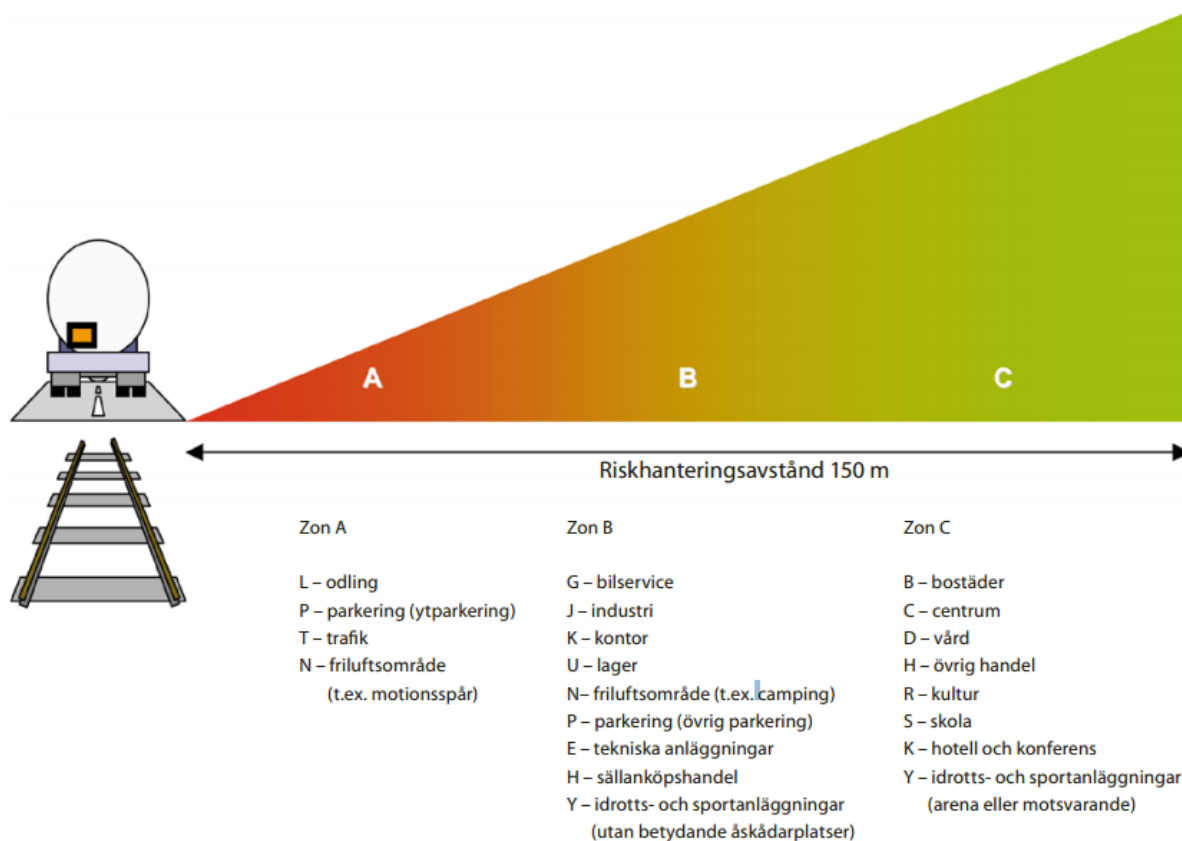
Utöver dessa har Länsstyrelsen i Stockholms län publicerat mer specifika rekommendationer rörande transporter av farligt gods. I rapporten *"Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer"* (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2000) anges att ny bebyggelse inte bör medges så nära att transporter med farligt gods till slut omöjliggörs. De minsta

---

<sup>5</sup> Åsa Blomster, Samhällsutvecklingsenheten, Länsstyrelsen i Uppsala län, mail 2015-09-30

avstånd som rekommenderas av Länsstyrelsen i Stockholms län, som en möjlighet att minimera risken, representerar en sammanvägd bedömning av risk, stadsbild, samhällsekonomi m.m.

I "Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods" (Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län, 2006) anger länsstyrelserna i Sveriges stora län att riskerna alltid ska bedömas vid fysisk planering inom 150 meter från transportled för farligt gods. I riskpolicyen ges även förslag på användningsområden inom kvartersmark, se Figur 3.



Figur 3. Markanvändning i anslutning till transportled för farligt gods. Källa: (Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län, 2006).

## 2.3 Acceptanskriterier

För risker förknippade med säkerhet för liv och hälsa bedöms risknivåerna övergripande utifrån de fyra principer som utarbetats av Räddningsverket, nuvarande MSB (Räddningsverket, 1997):

- **Rimlighetsprincipen** - Risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras ska alltid åtgärdas (oavsett risknivå).
- **Proportionalitetsprincipen** - En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta i form av exempelvis produkter och tjänster som verksamheten medför.
- **Fördelningsprincipen** - Riskerna bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.
- **Principen om undvikande av katastrofer** - Om risker realiserats bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

För individrisk och samhällsrisk har DNV (Det Norske Veritas) på uppdrag av Räddningsverket definierat kvantitativa acceptanskriterier (Räddningsverket, 1997). Länsstyrelsen i Stockholms län har

bedömt att dessa kriterier har fördelarna att de är framtagna med avseende på svenska förhållanden, att de har ett tydligt markerat ALARP<sup>6</sup>-område och att de är konstruerade för användning både intill fasta verksamheter och farligt gods-leder (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2003b).

Följande kriterier för individrisk har föreslagits av DNV:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras är  $1 \times 10^{-5}$  per år.
- Övre gräns för område där risker kan anses små är  $1 \times 10^{-7}$  per år.

Följande kriterier för samhällsrisk har föreslagits av DNV:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras är  $1 \times 10^{-4}$  per år för  $N=1$  och  $1 \times 10^{-6}$  per år för  $N=100$ , där  $N$  är antalet omkomna.
- Övre gräns för område där risker kan anses små är  $1 \times 10^{-6}$  per år för  $N=1$  och  $1 \times 10^{-8}$  per år för  $N=100$ , där  $N$  är antalet omkomna.

Mellan den övre och undre individ- respektive samhällsriskgränsen finns det område som benämns ALARP.

Proportionalitetsprincipen, fördelningsprincipen och principen om undvikande av katastrofer uppfylls i och med jämförelsen med de probabilistiska värderingskriterierna för individ- och samhällsrisk (Räddningsverket, 1997). Rimlighetsprincipen kan uppfyllas genom exempelvis så kallad kostnad-nytta-analys (Räddningsverket, 1997).

## 2.4 Nyttjad metod

Utifrån ovan presenterad metodik för riskhantering redogörs nedan för arbetsgången i aktuell bedömning.

**1. Riskinventering:** För att ta reda på vilka olyckshändelser och riskkällor som kan vara relevanta för kvarteret har omgivningen studerats inom ramen för riskbedömningens avgränsningar. Utifrån den översiktliga riskinventeringen har en första övergripande utvärdering genomförts för att kunna få ett mer strukturerat underlag att arbeta vidare med.

**2. Fördjupad riskanalys:** De olyckshändelser och riskkällor som bedömts öka kvarterets risknivå analyseras mer ingående via separata analyser. Händelsernas olycksfrekvenser och konsekvenser studeras via logiska argument och/eller via kvantitativa metoder för att värdera risknivån. Om risknivån bedöms som oacceptabel, enligt de använda acceptanskriterierna ges förslag på riskreducerande åtgärder som kan vidtas inom kvarteret för att nå en acceptabel risknivå.

**3. Riskbedömning:** För att få en samlad bild över risknivån har resultaten från de fördjupade riskanalyserna sammanställts och en samlad riskvärdering genomförts. Eventuella riskreducerande åtgärder med anknytning till markanvändning och funktion har identifierats och det har verifierats att de uppnår avsedd effekt.

---

<sup>6</sup> As Low As Reasonably Practicable (= risker kan tolereras om alla rimliga riskreducerande åtgärder är vidtagna.)

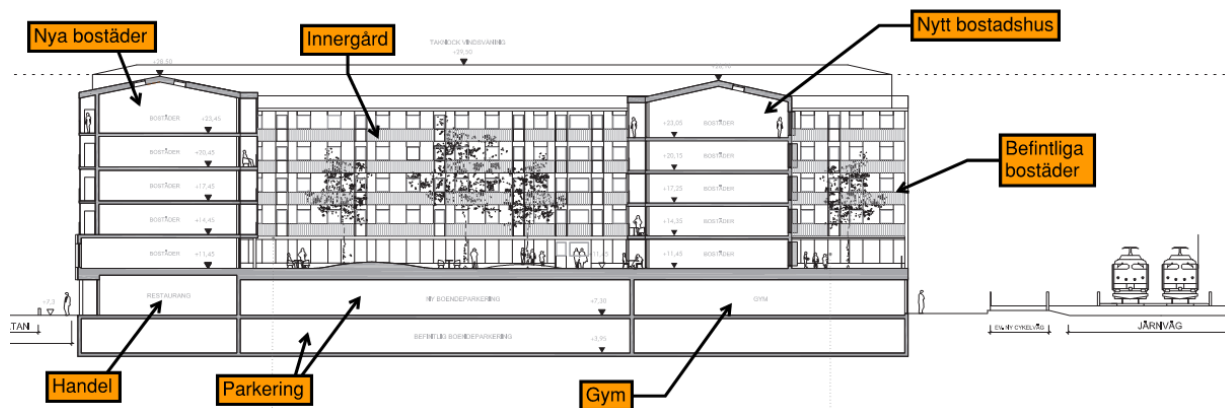
### 3 OMRÅDETS FÖRUTSÄTTNINGAR

Planområdet är beläget omkring 200 meter från centralstationen i Uppsala och angränsar i sydväst till järnvägen (Ostkustbanan), se Figur 4. Nordväst om kvarteret går Vaksalagatan och nordost Storgatan. I sydost går Roslagsgatan. Fyrisån rinner ungefär 500 meter från kvarteret.



Figur 4. Planområdet med omgivning. Bildkälla: (Google, 2014). Redigerad av Briab.

I dagsläget finns det parkering, kontor, butiker och lägenheter inom planområdet. Planen är att i källarplan möjliggöra för bland annat parkering. I markplan planeras för gymverksamhet närmast järnvägen och kontor handel längre bort från järnvägen. Ytterligare ett plan upp (plan 2) planeras ett nytt bostadshus och nya bostäder i en befintlig byggnad, se Figur 5.



Figur 5. Planerade verksamheter. Till höger: Ostkustbanan. Källa: (Sandell Sandberg, 2015).

### 3.1 Befolkningstäthet

För att möjliggöra en välgrundad riskbedömning är befolkningstätheten inom området av stor vikt. Enligt Regionförbundet Uppsala län (Regionförbundet Uppsala län, 2011) har befolkningstätheten för Uppsala centrum beräknats utifrån folkmängd år 2011. Enligt uppmätta värden motsvarar detta en befolkningstäthet på 4 600 personer per km<sup>2</sup>. För att ta hänsyn till framtida befolkningsökningar har befolkningstillväxten under de senaste 25 åren analyserats. Befolkningstillväxten i Uppsala varit 26,3 procent har under en 25-årsperiod, d.v.s. en befolkningsökning på 1,14 procent per år i snitt (Regionförbundet Uppsala län, 2011). Samma befolkningsökning antas gälla även kommande 20 årsperiod vilket ger en dimensionerande befolkningstäthet år 2035 på 6 500 personer per km<sup>2</sup>.

## 4 RISKINVENTERING

I detta avsnitt identifieras och bedöms översiktligt eventuella riskkällor.

### 4.1 Farliga och miljöfarliga verksamheter

Närmsta bensinstation är belägen över 600 meter från planområdet. En olycka på bensinstationen förväntas inte påverka planområdet och analyseras därför inte närmare.

Ungefär 2 km nordväst om kvarteret ligger ett kraftvärmeverk och lika långt sydost om kvarteret ligger ett verk för avfallsförbränning. Avståndet till verken bedöms som tillräckligt stort för att kunna avskriva dem som risker för kvarteret (Lantmäteriet, 2014).

Strax över 1 km öster om kvarteret ligger en Sevesoanläggning (Lantmäteriet, 2014). Med anledning av det omfattande regelverket som sådana anläggningar ska följa och med hänsyn till avståndet mellan anläggning och kvarteret bedöms att denna risk inte behöver analyseras närmare.

### 4.2 Järnväg

Det korta avståndet från kvarteret till järnvägen gör att transporter på järnvägen (bl.a. farligt gods) kan påverka personers hälsa och säkerhet. Om ett tåg spårar ur kan det leda till kollision med byggnader i kvarteret. Om tåget transporterar farligt gods (som omfattas av regelverket RID/RID-S<sup>7</sup>) kan konsekvensen bli mer omfattande.

<sup>7</sup> Ett Europa-gemensamt regelverk för transport av farligt gods på järnväg.

#### 4.2.1 Farligt gods – begrepp och definition

Med farligt gods avses varor eller ämnen sådana att de kan vara skadliga för människor, miljö eller egendom, om de inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av en genomgripande regelsamling som tagits fram i internationell samverkan. Regelsamlingen fastställer vem som får transportera farligt gods, hur transporterna ska ske, var transporter får färdas, hur godset ska vara emballerat samt vilka krav som ställs på fordon för transport av farligt gods (MSB, 2006). Farligt gods delas in i 9 olika klasser för ämnen med liknande risker vid transport på väg och järnväg. En kortfattad beskrivning av farligt gods-klasserna (och eventuella risker) återfinns i Tabell 4 nedan.

**Tabell 4. Kategorisering, beskrivning och konsekvensbeskrivning av farligt gods-klasser.**

Kategori	Beskrivning	Konsekvensbeskrivning
Klass 1, Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier med mera.	Stor mängd <u>massexplosiva</u> ämnen kan ge stora konsekvensområden. Övriga explosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden.
Klass 2, Komprimerade eller kondenserade gaser	Inerta gaser, oxiderande gaser, brännbara gaser (gasol etc.) och icke brännbara, giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Giftigt gasmoln, jetflamma, fördröjd antändning av gasmoln, BLEVE ( <i>Boiling Liquid Expanded Vapour Explosion</i> ). Kan ge stora konsekvensområden.
Klass 3, Brandfarliga vätskor	Bensin, diesel- och eldningsolja etc. Bensin och diesel kan transporteras i tankbil med släp rymmandes ca 40-45 m <sup>3</sup> drivmedel.	Brand, giftig rök. Medelstora konsekvensområden.
Klass 4, Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till olyckans närområde.
Klass 5, Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Ammoniumnitrat, natriumklorat, väteperoxider etc.	Självantändning, explosionsartade brandförlopp.
Klass 6, Giftiga och smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till olyckans närområde.
Klass 7, Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat.	Utsläpp. Transporteras i små mängder. Konsekvenserna begränsas till olyckans närområde.
Klass 8, Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid.	Utsläpp av frätande ämne. Konsekvenser begränsade till olyckans närområde.
Klass 9, Övriga farliga ämnen och fasta föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till olyckans närområde.



#### 4.2.2 Transport på Ostkustbanan

Prognoser har visat att det längs ett kraftigt trafikerat avsnitt av Ostkustbanan genom Sollentuna kommer att gå omkring 900 persontåg och 36 godståg per dygn år 2035 (Briab, 2015). Det antas att lika många transporter kommer att gå förbi kvarter Siv i framtiden. År 2010 uppskattades att antalet vagnar med farligt gods som transporterades förbi Uppsala Centralstation var 17 670 vagnar per år. Av dessa vagnar innehöll 6 205 flygbränsle som transporterades från Gävle till Arlanda. Ett typiskt godståg är 28-30 vagnar långt medan tåget med flygbränsle är 17 vagnar långt (Briab, 2010).

Mängden och omfattningen av farligt gods på järnväg är direkt relaterat till efterfrågan av samhället och industrin samt om den politiska inställningen till transportsättet. Enligt nationella trafikprognoser, upprättade av Trafikverket, kommer antalet godstransporter på järnväg att öka 1,5 % per år mellan 2006 och 2030 (Trafikverket, 2014c). Om det antas att denna ökning även gäller antalet farligt gods-transporter fram till år 2035 uppgår antalet vagnar med farligt gods år 2035 till 26 000 vagnar per år.

I närheten av planområdet sker tågväxling vilket höjer sannolikheten för urspårning. Konsekvensen av en kollision med byggnad kan leda till att personer i byggnaden omkommer. Det kan också leda till fortskridande ras. För att bestämma vilken risk som en urspårning och en eventuell olycka med farligt gods-transport utgör för kvarteret erfordras en fördjupande kvantitativ analys.

#### 4.2.3 Farligt gods-olycka på Ostkustbanan

Uppgifter från Trafikverket år 2010 gör gällande att mängden farligt gods som transporteras via Uppsala Centralstation i huvudsak (till ~90 %) utgörs av brandfarlig vätska, bland annat flygbränsle från Gävle till Arlanda<sup>8</sup>. I Tabell 5 presenteras transporterad andel av respektive farligt gods-klass.

**Tabell 5. Antal vagnar (för respektive farligt gods-klass) som transporterades på järnvägen i anslutning till Uppsala Centralstation år 2009-2010. Källa: Trafikverket<sup>8</sup>.**

Farligt gods-klass	Beskrivning	Antal vagnar med farligt gods år 2009-2010	Andel av samtliga vagnar
1	Sprängämnen	4	0,02 %
2	Gaser	94	0,53 %
3	Brandfarliga vätskor	15 645	88,54%
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	187	1,05 %
4.2	Självtändande ämnen	15	0,08 %
4.3	Ämnen som vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	98	0,55 %
5.1	Oxiderande ämnen	741	4,19 %
5.2	Organiska peroxider	26	0,15 %
6.1	Giftiga ämnen	18	0,10 %

<sup>8</sup> Herno, R. (2010-07-06). Statistiker, Trafikverket. (H. Nordenstedt, Intervju)

<b>Farligt gods-klass</b>	<b>Beskrivning</b>	<b>Antal vagnar med farligt gods år 2009-2010</b>	<b>Andel av samtliga vagnar</b>
6.2	Smittsamma ämnen	0	0 %
7	Radioaktiva ämnen	0	0 %
8	Frätande ämnen	316	1,78 %
9	Övriga farliga ämnen	526	2,98 %
<b>Totalt</b>		<b>17 670</b>	<b>100 %</b>

Trafikuppgifter i Tabell 5 gäller för Uppsala Centralstation men eftersom att inga farligt gods-transporter gör uppehåll på centralstationen så antas transportmängder och fördelning vara lika stor förbi aktuell planområde.

Med kännedom om mängden gods och med stöd i tidigare utredningar bedöms i kommande stycken sannolikheten för olycka involverande respektive farligt gods-klass och konsekvensen givet en sådan olycka. Om sannolikheten och konsekvensen (d.v.s. risken) sammantaget bedöms vara icke försumbar så underkastas olycksförloppet en fördjupad analys i avsnitt 5.

#### 4.2.4 Olycka med klass 1

Andelen explosiva ämnen som transporteras i anslutning till planområdet är liten, se Tabell 5. En explosion kan dock ge flertalet döda och riskkällan behöver därför analyseras närmare.

#### 4.2.5 Olycka med klass 2

Det transporteras en liten mängd tryckkondenserad gas förbi området. Underklassen 2.2 utgör icke-giftiga gaser och bedöms inte ha någon påverkan på området. Klass 2.1 och klass 2.3 har dock potential att orsaka dödsfall. Risken bedöms erfordra en fördjupad kvantitativ analys.

#### 4.2.6 Olycka med klass 3

Med hänsyn till den stora mängden brandfarlig vätska som transporteras och med hänsyn till den potentiella brandpåverkan som en olycka med brandfarlig vätska kan ha på kvarteret behöver denna riskkälla undersökas närmare i en fördjupad kvantitativ analys.

#### 4.2.7 Olycka med klass 5

Eftersom att oxiderande ämnen och organiska peroxider kan ge upphov till större bränder vid olyckor och att mängden som transporteras är icke försumbar bedöms att en fördjupad analys behöver göras för olycka med denna klass.

#### 4.2.8 Olycka med klass 4, 6, 7, 8 och 9

På grund av att olyckor med dessa ämnen i huvudsak påverkar den omedelbara omgivningen (Tabell 4) bedöms de ha en marginell påverkan på området och utreds därför inte närmare.

### 4.3 Översvämning

Även om översvämning inte nödvändigtvis utgör en "skadehändelse för personer som kan komma att inträffa till följd av en plötslig olycka i anslutning till området" finns det önskemål från Rikshem att bedöma översvämningens risk till följd av högt flöde i Fyrisån.



## 5 FÖRDJUPAD ANALYS

Riskinventeringen och den översiktliga bedömningen visar att det finns behov av att kartlägga områdets förhöjda risknivå med hänsyn till potentiella olyckor på Ostkustbanan. Fördjupad information rörande beräkningsförfarandet och bakgrundsfakta återfinns i bilagorna.

Konsekvensområden och förslag på lämplig placering av bebyggelse utgår från den spårmit som ligger närmast området. I den fördjupade analysen har det antagits att fördelningen av transporter utefter farligt gods-klass kommer att se likadan ut år 2035 som idag.

### 5.1 Olycka på Ostkustbanan

Utgångspunkten vid olycksfrekvensberäkningarna är för Ostkustbanan de trafikdata som presenterats i avsnitt 4.2. Metoden som används för beräkning av olycksfrekvensen utgår från en modell framtagen av Banverket (Fréden, 2001). Beräkningarna grundar sig på händelseförlopp som beskrivs i Bilaga 1 – frekvensberäkning. I samma bilaga återfinns även de olycksfrekvensberäkningar som har gjorts.

#### 5.1.1 Olycka på Ostkustbanan

Resultatet från frekvensberäkningarna för olycksscenarierna på Ostkustbanan presenteras i Tabell 6. Vid beräkning av risknivån, vars resultat presenteras i senare avsnitt, har en förfinad uppdelning gjorts rörande olyckans omfattning (t.ex. litet, medelstort och stort läckage). För scenariot urspårning är olyckans omfattning indelad efter hur långt från spåret vagnarna hamnar: liten omfattning (0-5 meter från spår), medelstor omfattning (5-25 meter från spår) och stor omfattning (>25 meter från spår).

**Tabell 6 - Olycksfrekvens för identifierade olycksscenarier på Ostkustbanan.**

Scenario	Frekvens [olycka/år] efter olyckans omfattning		
	Liten	Medelstor	Stor
O(Urspårning)	$3,8 \times 10^{-02}$	$1,9 \times 10^{-03}$	$7,3 \times 10^{-05}$
O(1)	$6,9 \times 10^{-10}$	$1,2 \times 10^{-10}$	$4,0 \times 10^{-12}$
O(2.1a) <sup>9</sup>	$3,3 \times 10^{-09}$	$1,4 \times 10^{-09}$	$1,4 \times 10^{-09}$
O(2.1b) <sup>10</sup>	$6,5 \times 10^{-10}$	$3,2 \times 10^{-10}$	$3,5 \times 10^{-10}$
O(2.1c) <sup>11</sup>	$6,5 \times 10^{-12}$	$3,3 \times 10^{-12}$	$3,5 \times 10^{-12}$
O(2.3)	$2,2 \times 10^{-09}$	$7,2 \times 10^{-10}$	$5,8 \times 10^{-10}$
O(3)	$1,6 \times 10^{-06}$	$5,3 \times 10^{-07}$	$1,5 \times 10^{-06}$
O(5)	-	-	$1,2 \times 10^{-07}$
<b>Summa</b>	<b><math>4,0 \times 10^{-02}</math></b>		

Olycksfrekvensen för urspårning längs en 1 km lång sträcka intill kvarteret är således  $4,0 \times 10^{-2}$  eller en

<sup>9</sup> Olycksscenarioet gäller en olycka i klass 2.1 som leder till en fördröjd antändning av utsläppt gas

<sup>10</sup> Olycksscenarioet gäller en olycka i klass 2.1 som leder till en jetflamma.

<sup>11</sup> Olycksscenarioet gäller en olycka i klass 2.1 som leder till en BLEVE.

gång på 25 år. De olyckor som är förknippade med farligt gods förväntas emellertid ske med frekvensen  $3,7 \times 10^{-6}$  eller en gång på 270 000 år.

## 5.2 Konsekvensberäkning

De konsekvensberäkningsmetoder som använts följer vetenskapligt vedertagna praxis och har genomförts i beräkningsprogrammet *ALOHA* (NOAA, 2013). Ingångsdata för beräkning av konsekvensområde för identifierade olycksscenarier återfinns i Bilaga 2 – konsekvensberäkning. I bilagan återfinns även en beskrivning av beräkningsprogrammet *ALOHA*.

### 5.2.1 Konsekvensområde

Beräknade konsekvensavstånd, det vill säga avstånd från närmaste spårmit till dödliga förhållanden, redovisas i Tabell 7 för de olika olycksscenarierna.

**Tabell 7. Beräknade konsekvensavstånd från närmaste spårmit till dödliga förhållanden.**

Scenario	Konsekvensavstånd [m] efter olyckans omfattning		
	Liten	Medelstor	Stor
O(Urspårning)	5	25	>25
O(1)	30	70	170
O(2.1a)	11	15	73
O(2.1b)	10	10	33
O(2.1c)	206	206	206
O(2.3)	71	194	880
O(3)	14	30	43
O(5)	-	-	43

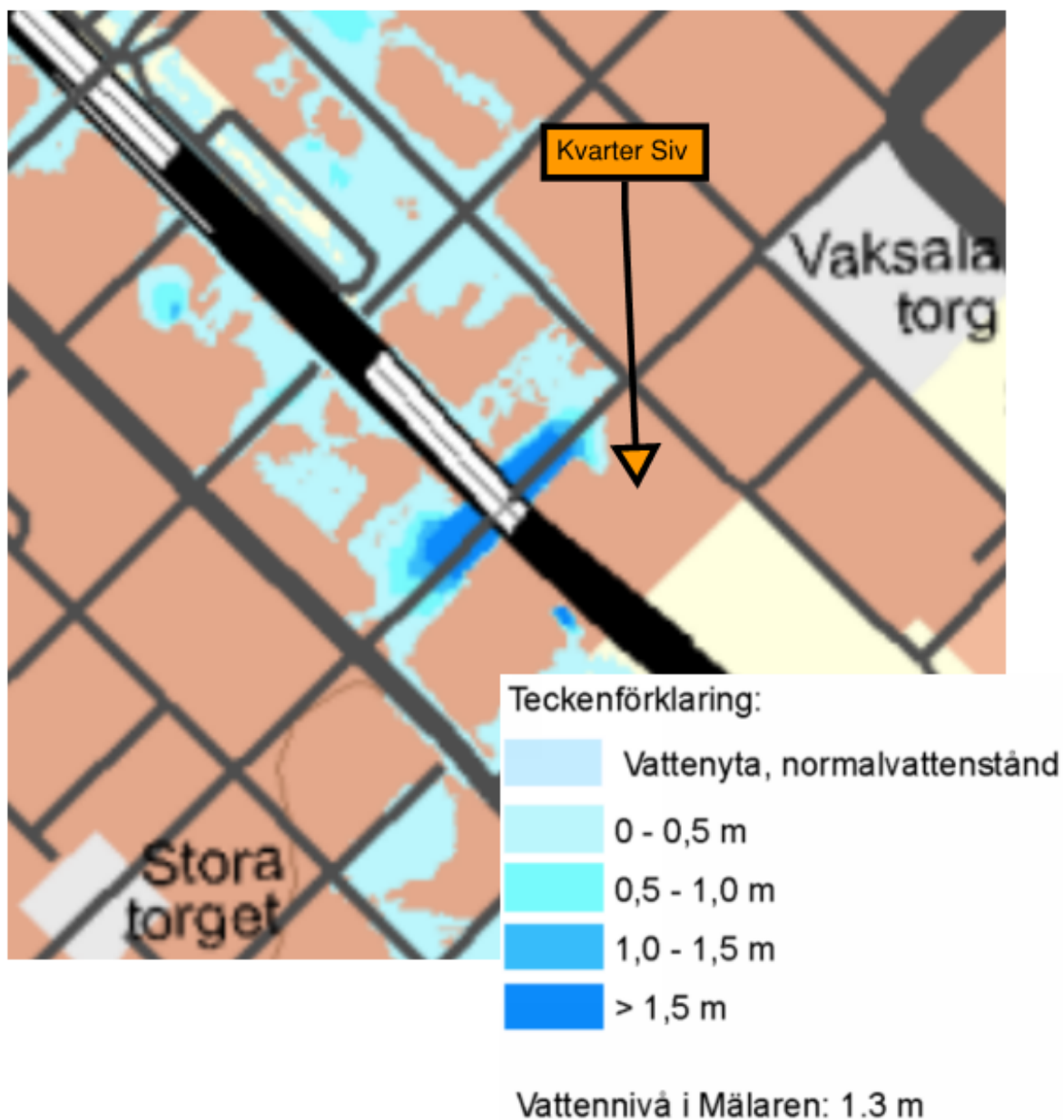
## 5.3 Antal omkomna

För att kunna beräkna samhällsriskerna har antalet omkomna inom området beräknats för varje olycksscenario. Beräkningsförfarandet av antalet omkomna presenteras i bilagorna.

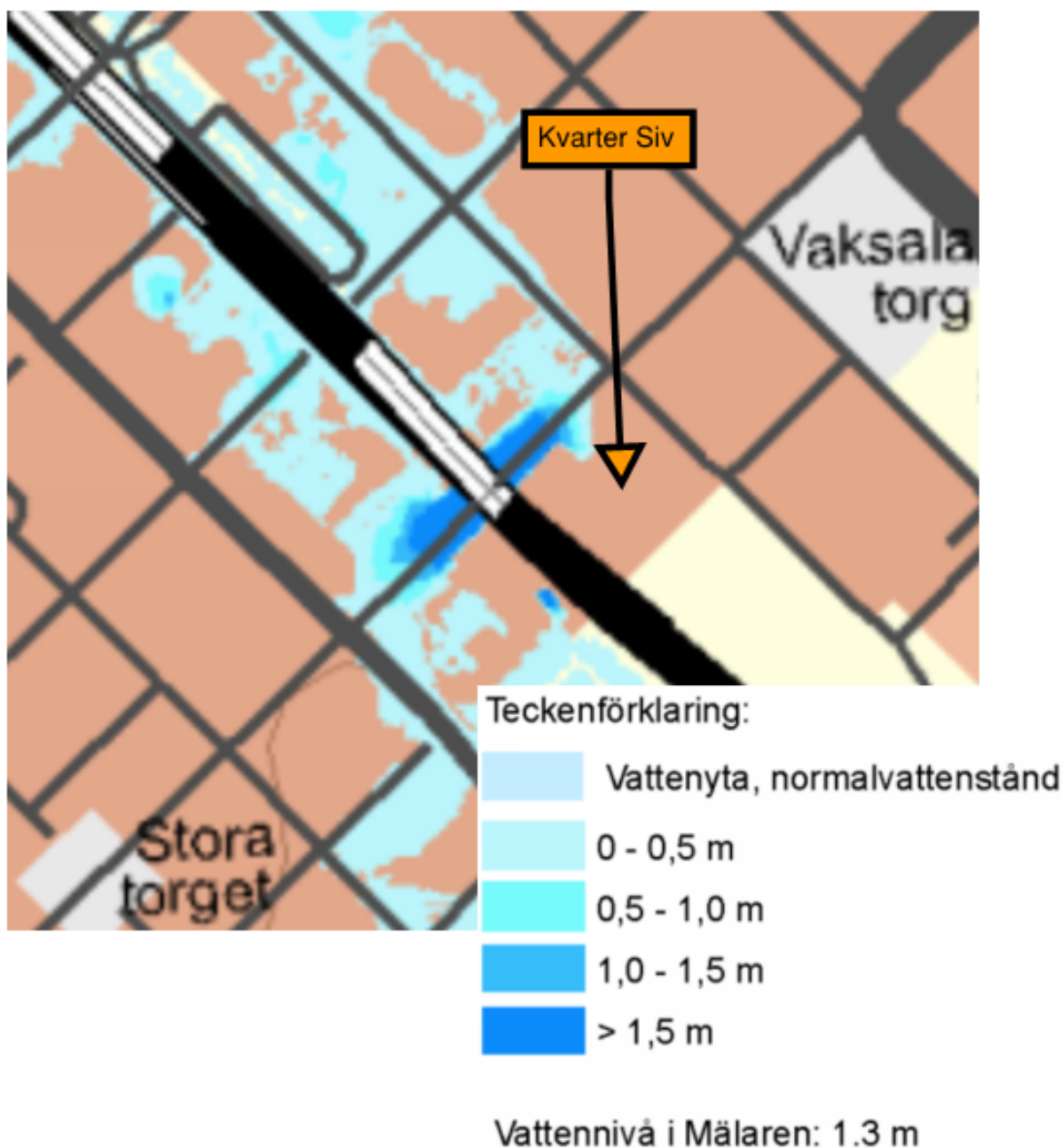
## 5.4 Översvämning

År 2013 publicerades en ny, uppdaterad översvämningsskartering utmed Fyrisån av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB, 2013). Skarteringen omfattar sträckan från Vattholma till Mälaren och visar vattendjupet i staden till följd av stora översvämningar. Skarteringen visar den värsta översvämningen som förväntas inträffa var 50:e, 100:e och 200:e år i områden kring Fyrisån. Vattendjupen (för 100- och 200-årsflödet) har anpassats för att ta hänsyn till de kommande klimatförändringarna.

Eftersom skarteringen av 100-årsflödet visar på i stort sett samma vattendjup som 200-årsflödet för planområdet, jämför Figur 6 och Figur 7, analyseras endast översvämningsskarteringen för 200-årsflödet.



Figur 6. Vattendjup för 100-årsflödet (MSB, 2013). Redigerad av Briab.



**Figur 7. Vattendjup för 200-årsflödet (MSB, 2013). Redigerad av Briab.**

Enligt karteringen förväntas 200-årsflödet ge upphov till vattendjup överstigande 1,5 meter i nordvästra delen av planområdet längs Vaksalagatan i närheten av järnvägen. Detta beror på att Vaksalagatan är delvis planskild från järnvägen och passerar under den (en viadukt). Översvämningen förväntas ge upphov till vattennivåer ända upp till Storgatan.

I höjd med Storgatan förväntas dock ett mindre vattendjup (0 till 0,5 meter). Ungefär 60 meter från viadukten i riktning mot Storgatan är Vaksalagatan belägen på plushöjden +5,7 meter. Enligt karteringen (Figur 7) förväntas i denna punkt ett vattendjup på som mest 1,0 meter. Detta gör att vattenytan kan nå plushöjden +6,7 meter.

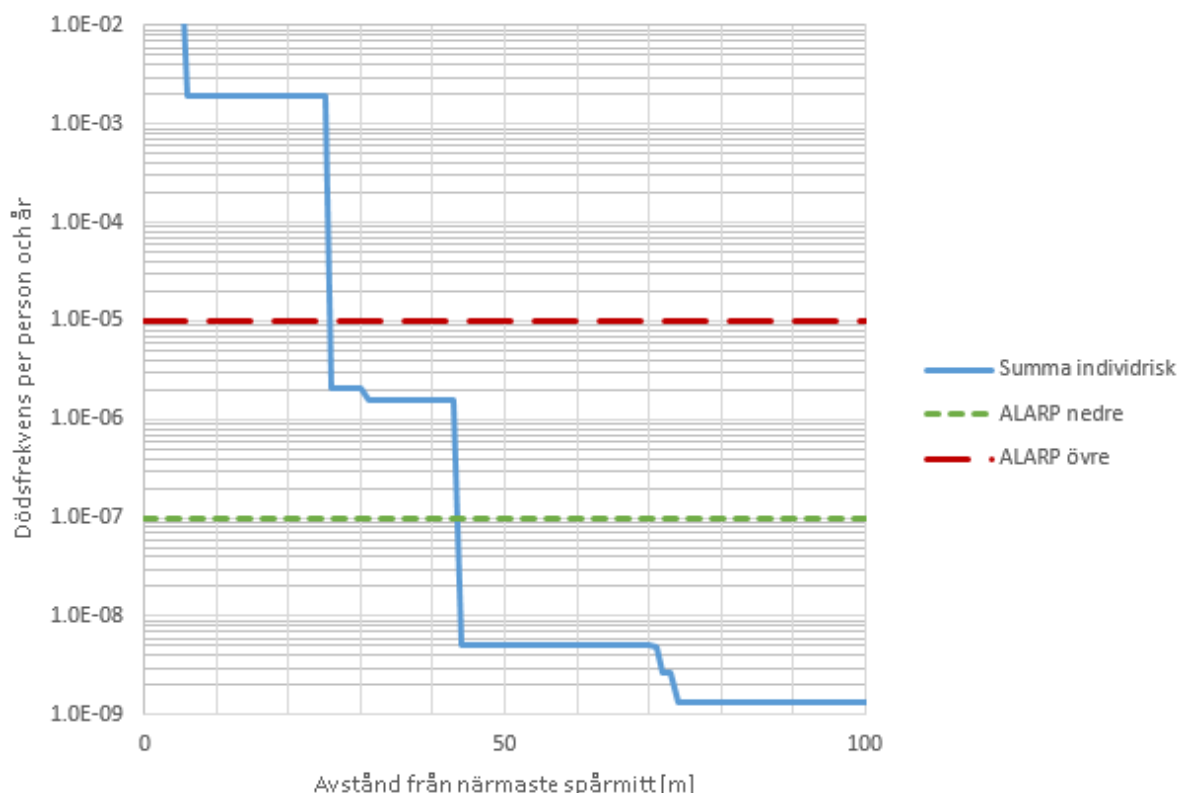
## 6 RESULTAT

I detta avsnitt presenteras vilken individ- och samhällsrisk som närheten till Ostkustbanan ger upphov till för planområdet. Individrisken har beräknats genom att addera olycksfrekvensen för de scenarier vars konsekvenser påverkar en person som vistas på området (på en specifik plats och vid ett visst avstånd från närmaste spårmit) och som orsakar att personen omkommer. Som komplement till individrisk har risknivån för området även beräknats i form av samhällsrisk. Resultatet presenteras enligt gängse normer i ett F/N-diagram där även valda acceptanskriterier framgår.

Resultatet från analysen av översvämningensrisken presenteras separat i slutet av avsnittet.

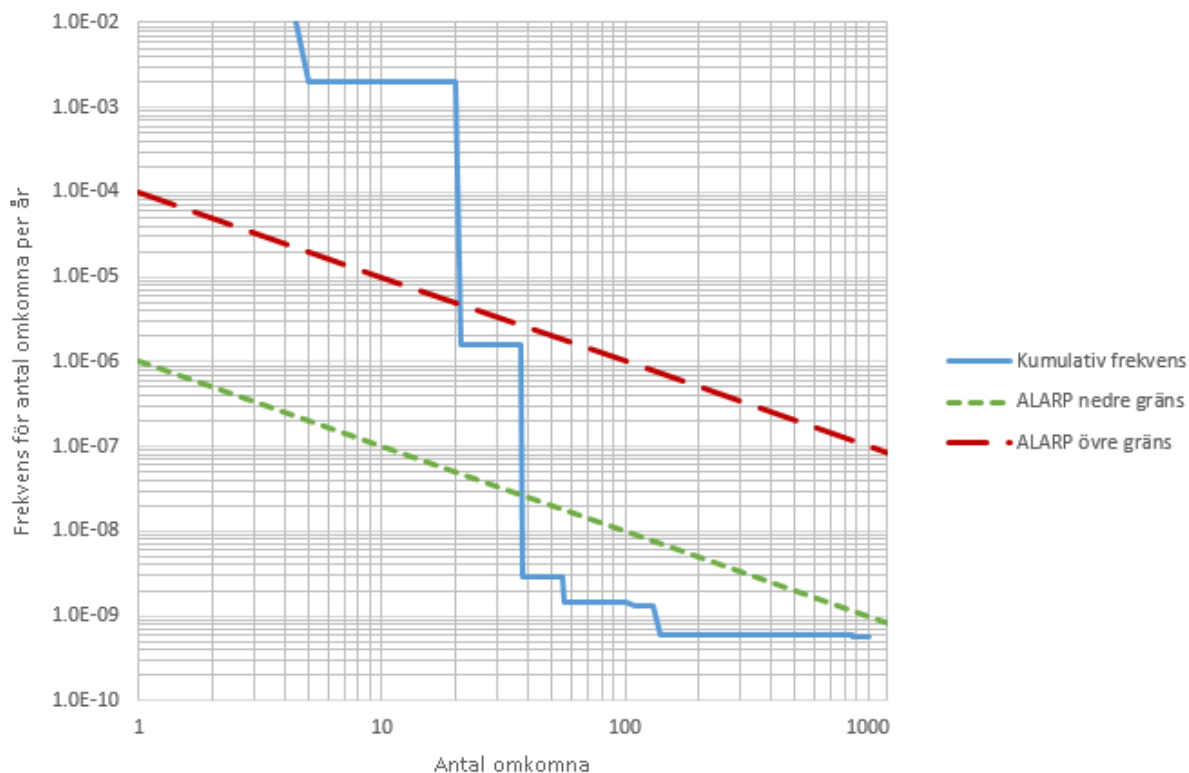
### 6.1 Ostkustbanan – individ- och samhällsrisk

Individrisken intill Ostkustbanan presenteras i Figur 8.



Figur 8. Individrisk intill Ostkustbanan.

F/N-diagrammet i Figur 9 illustrerar samhällsrisk som Ostkustbanan ger upphov till.



**Figur 9. Beräknad samhällsrisk för samtliga personer inom planområdet (med omgivning) som kan förväntas omkomma till följd av en olycka som inträffar på Ostkustbanan.**

## 6.2 Översvämningsrisk

Vattenytan förväntas i och med 100- och 200-årsflödet nå plushöjden +6,7 meter och medföra att källarplanet svämmas över. Markplan förväntas inte översvämmas i och med att dess plushöjd är +7,3 meter.

# 7 RISKVÄRDERING

I detta avsnitt värderas den beräknade risknivån utifrån acceptanskriterier definierade i avsnitt 2.3.

## 7.1 Värdering av riskbidrag från Ostkustbanan

### 7.1.1 Individrisk

Enligt genomförda beräkningar ligger individrisken ovanför ALARP-området mellan 0 – 25 meter från Ostkustbanan, se Figur 8. Mellan 25 – 43 meter är individrisken inom ALARP-området och för att ha stadigvarande vistelse inom detta område ska rimliga riskreducerande åtgärder ha vidtagits. Den skarpa ändringen i individrisken 25 meter från spåret beror på att de flesta vagnarna hamnar inom 25 meter från järnvägen i händelse av urspårning.

### 7.1.2 Samhällsrisk

Utifrån genomförda beräkningar framgår det att samhällsrisken är högt över ALARP-området (se Figur 9) och därmed oacceptabel. Riskreducerande åtgärder erfordras därför.

### 7.1.3 Åtgärdsförslag

För att sänka risknivåerna till acceptabla nivåer föreslås följande riskreducerande åtgärder för planområdet:

1. Ny bebyggelse uppförs som närmast 25 meter från järnvägens närmaste spårmitt. Inom detta avstånd bör inte bebyggelsen uppmuntra till stadigvarande vistelse.
2. Nya byggnaders fasader som vetter direkt mot järnvägen och som placeras mellan 25 – 43 meter från närmaste spårmitt utförs med fasader i lägst brandteknisk klass EI 30 och fönster i EW 30. Sådana fönster får vara öppningsbara.
3. Nya byggnader som placeras mellan 25 – 43 meter från närmaste spårmitt utförs med minst en utgång som vetter bort från järnvägen.

Om ombyggnad eller ändring av verksamhet sker i **befintliga byggnader** närmast järnvägen är det nödvändigt att vidta ytterligare en åtgärd för att få en acceptabel risknivå även för vistande i dessa byggnader. Den riskreducerande åtgärd som föreslås är:

4. Ett påkörningsskydd eller skyddsräll<sup>12</sup> uppförs. Påkörningsskydd uppförs mellan (a) spår och byggnad (parallellt med spår) eller (b) i byggnads fasad. Påkörningsskydd kan också uppföras som en kombination av (a) och (b). Enstaka mindre öppningar får finnas i påkörningsskydd (exempelvis dörr) men får inte försämra påkörningsskyddets funktion. Detta kan säkerställas genom att utforma öppningarna med en maximal bredd om 1,2 meter per öppning. Påkörningsskydd bör dimensioneras för att klara påkänningar enligt Tabell 8.

**Tabell 8. Dimensionerande laster och lägsta höjd för påkörningsskydd.**

Lateralt avstånd från närmaste spårmitt till påkörningsskydd [m]	Dimensionerande lateral last [kN] (vinkelrätt mot spåret)	Dimensionerande longitudinell last [kN] (i spårets riktning)	Lägsta höjd över mark [m]
10	1130	280	1,14
12	1060	260	1,07
14	980	250	0,98
16	900	220	0,87
18	810	200	0,72
20	710	180	0,51

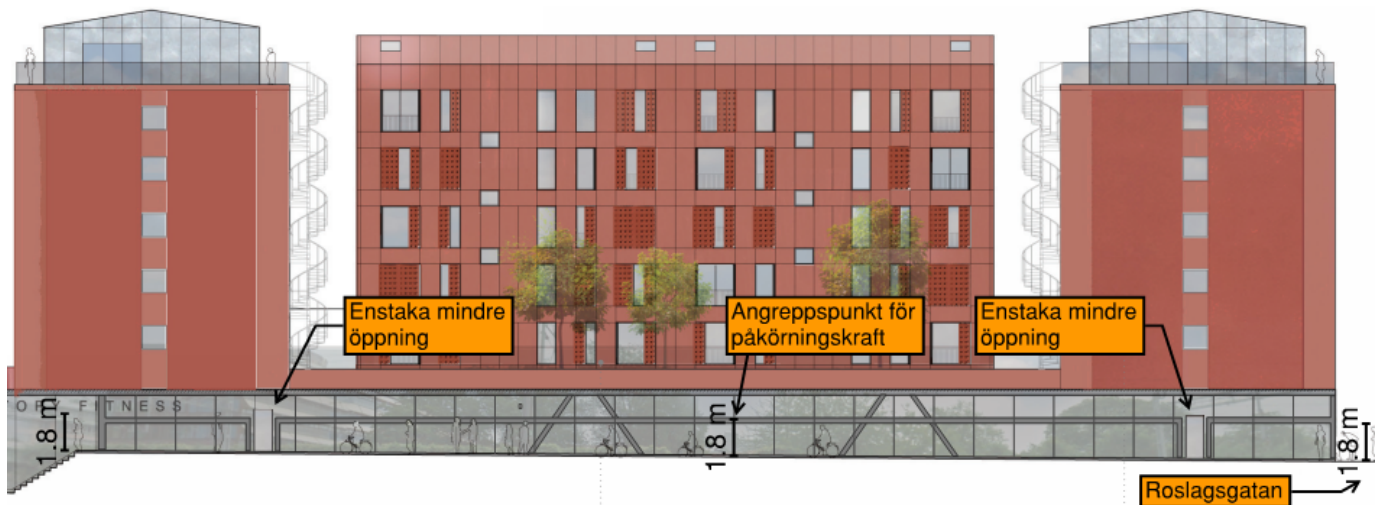
#### **Påkörningsskydd i fasad**

Om påkörningsskyddet i sin helhet (se Figur 10) eller i kombination med fristående påkörningsskydd (se Figur 11) utförs som en del av byggnads fasad får påkörningskrafterna på detta avstånd från järnvägen inte ge mer än lokala skador på byggnad och ej medföra fortskridande ras. Angreppspunkt för påkörningskraft (se Tabell 8) bör vara 1,8 meter över mark<sup>13</sup>. Skyddet kan utgöras av exempelvis en

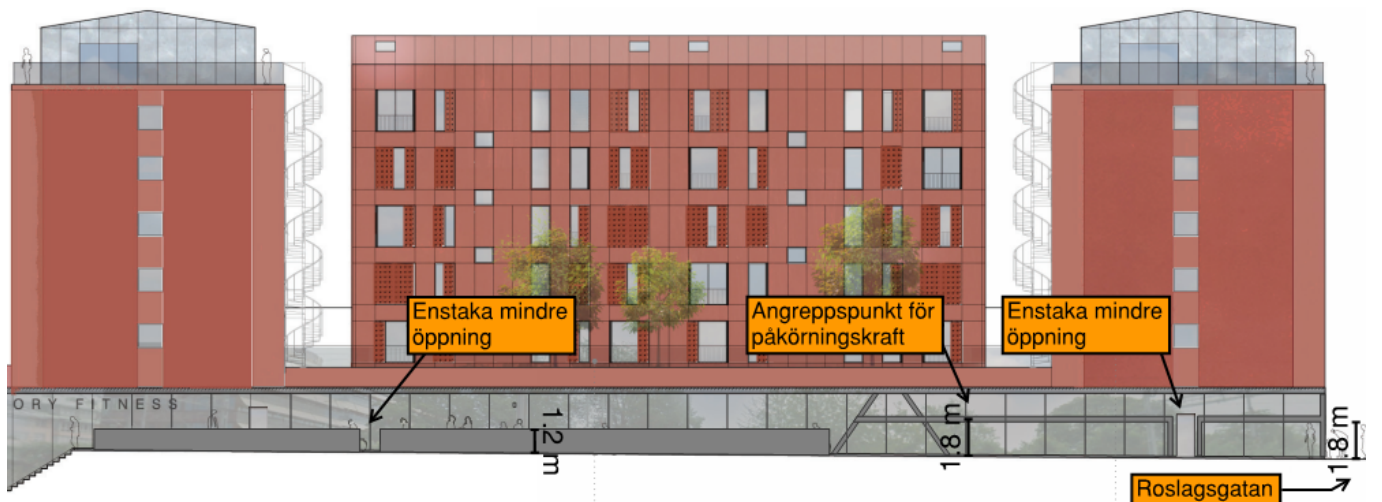
<sup>12</sup> I stället för ett påkörningsskydd kan en skyddsräll installeras längs hela järnvägens sträckning förbi kvarteret. Ett sådant skydd bedöms reducera risknivån till en acceptabel nivå. Ansvar för åtgärdens införande faller dock på spårägaren.

<sup>13</sup> I enlighet med rådet till 4.5.1.4(3) i SS-EN 1991-1-7:2006 Eurokod 1- Laster på bärverk (Swedish Standards Institute (SIS), 2011) kring olyckslaster orsakade av urspårningar i anslutning till bärverk.

horisontellt orienterad stålbalk i anslutning till fasad. Vid dimensionering av skyddet bör eftersträvas att få en mot järnvägen jämn/slät konstruktion för att undvika att tågets longitudinella rörelse hindras.



Figur 10. Idéskiss för påkörningsskydd i fasad.



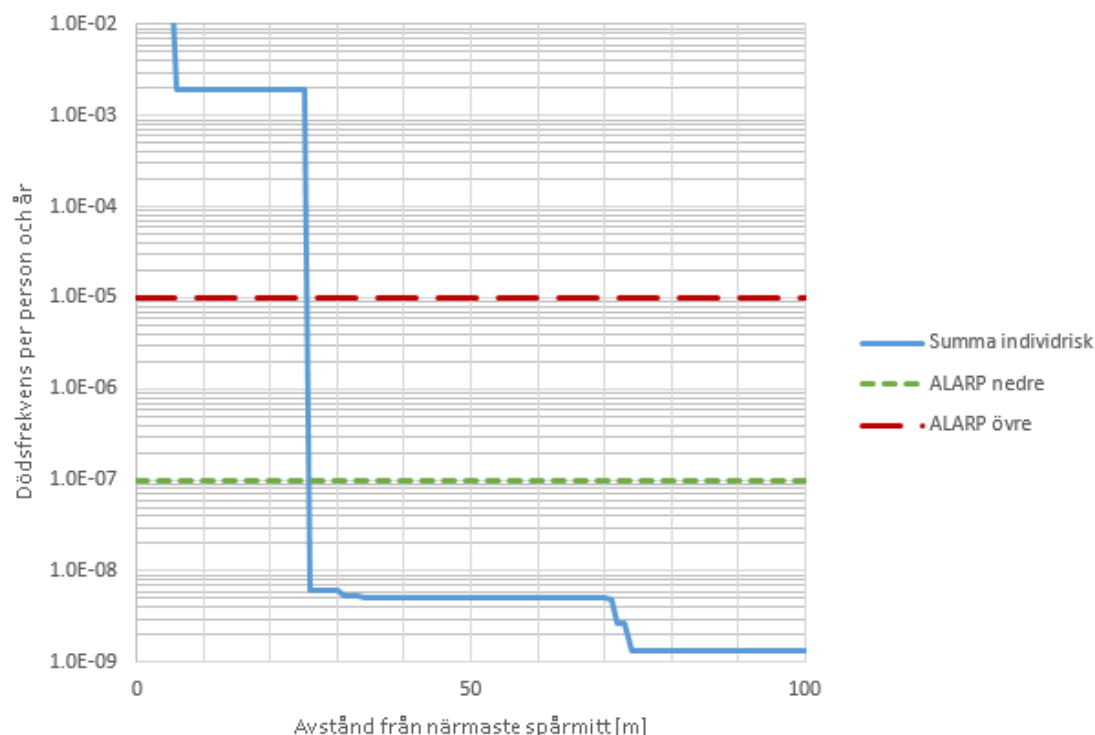
Figur 11. Idéskiss för fristående påkörningsskydd i kombination med påkörningsskydd i fasad.

Se Bilaga 4 – påkörningsskydd för beräkning av påkörningsskyddets egenskaper.

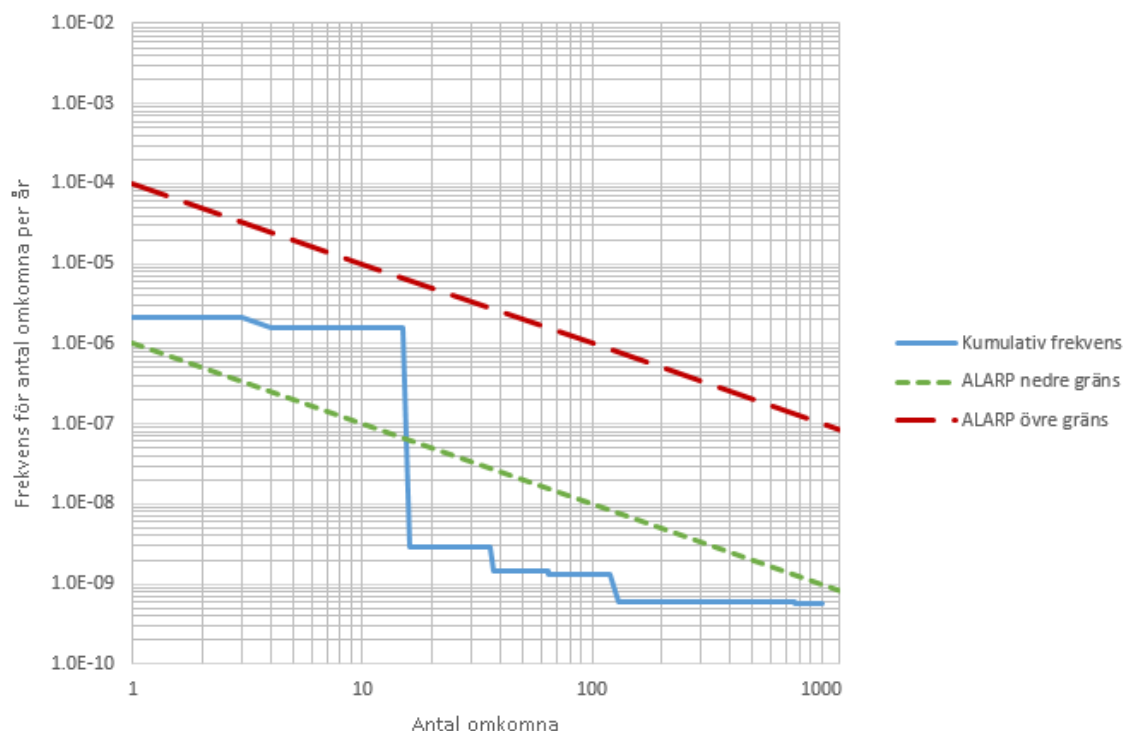
#### 7.1.4 Verifiering av åtgärdsförslag 1 och 3

En verifiering av åtgärdsförslagets (1 – 3) effekt genomförs och presenteras i Figur 12 och Figur 13.





**Figur 12. Individrisk intill närmaste spårmittpunkt efter att riskreducerande åtgärder (1 – 3) har vidtagits. Bortom 25 meter är individrisken acceptabelt låg (under nedre ALARP-gränsen).**



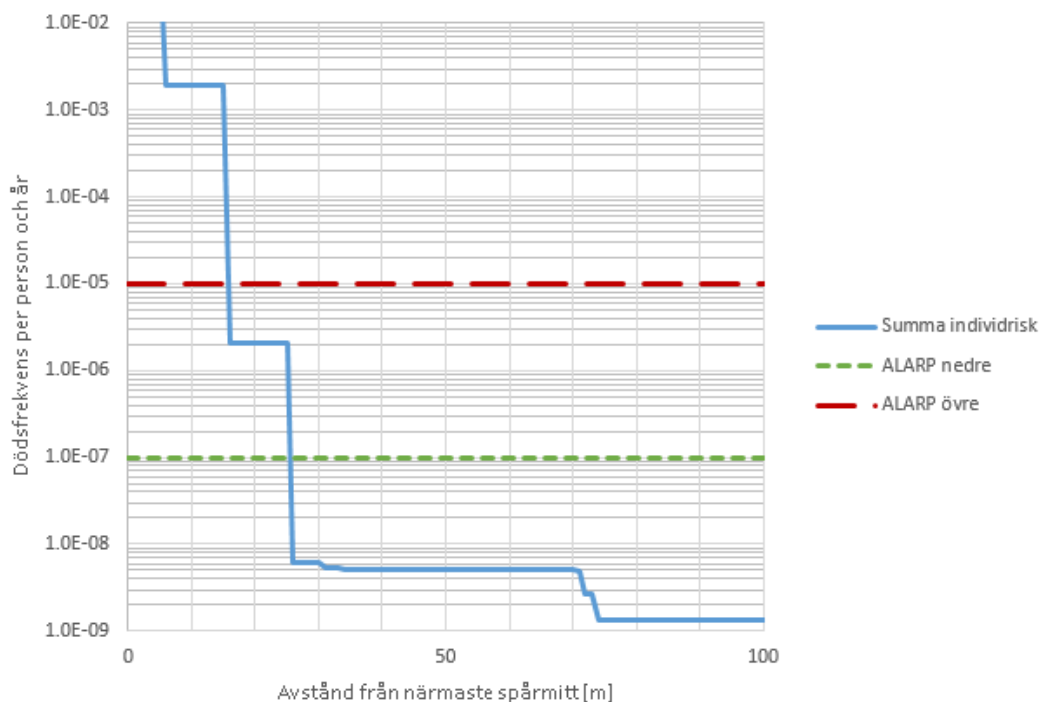
**Figur 13. Samhällsrisken för planområdet med omgivning efter att riskreducerande åtgärder (1-3) har vidtagits. Samhällsrisken är acceptabelt låg enligt gällande acceptanskriterier.**

Verifieringen visar att om åtgärderna 1 – 3 vidtas fås en acceptabelt låg individ- och samhällsrisken för planområdet. Ett skyddsavstånd på 25 meter minskar påtagligt risken för påkörning av byggnad inom planområdet. Riskbidraget bortom 25 meter är från farligt gods-olyckor med större konsekvenser. Om nya byggnader utförs med de föreslagna åtgärderna i fasader och fönster i riktning mot järnvägen

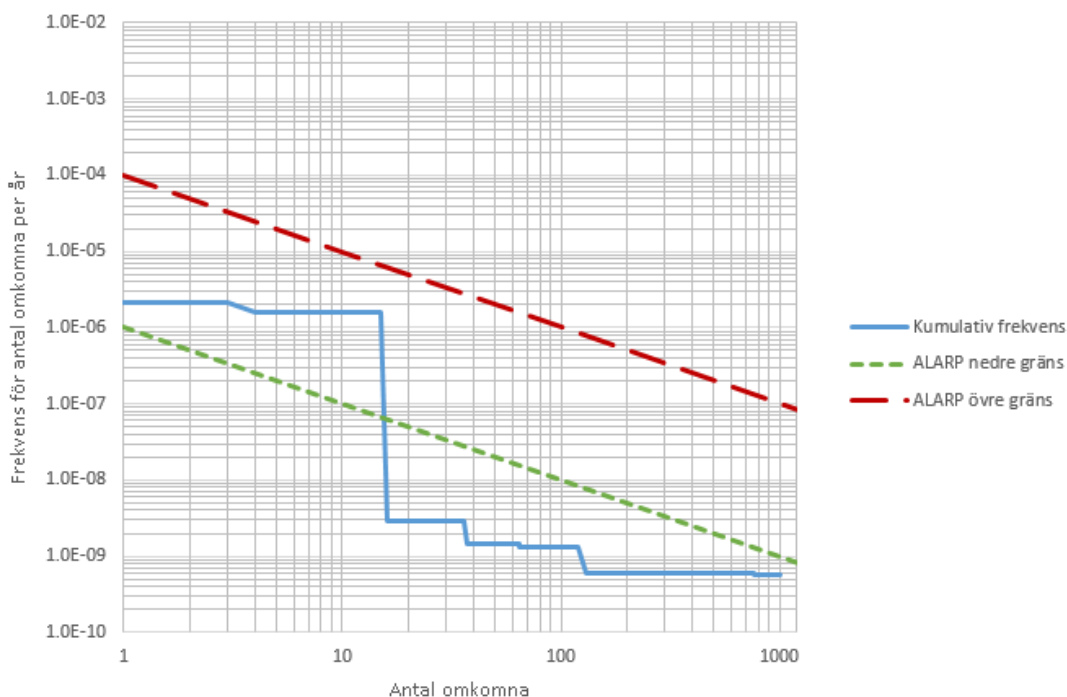
förväntas de klara värmestrålningen från bränder som uppstår av olycksscenario O(3) och O(5) under tillräckligt lång tid att utrymning hinner ske från byggnaderna.

### 7.1.5 Verifiering av åtgärdsförslag 1 – 4

Vid verifiering antas att påkörningsskydd uppförs 15 meter från närmaste spårmit (d.v.s. i befintlig fasad).



**Figur 14. Individrisk intill närmaste spårmit efter att riskreducerande åtgärd (1 – 4) har vidtagits. Efter 15 meter är individrisken inom ALARP-området.**



**Figur 15. Samhällsrisk för planområdet med omgivning efter att riskreducerande åtgärder (1-4) har vidtagits. Samhällsrisken är acceptabelt låg enligt gällande acceptanskriterier.**

Verifieringen visar att om åtgärderna 1 – 4 vidtas hamnar individrisken inom ALARP-området bortom 15 meter från närmaste spårmitt. De som utsätts denna individrisk är personer som vistas i de befintliga byggnaderna som ligger ca 15 meter från närmaste spårmitt. Nuvarande utformning av befintliga byggnaders fasader bedöms vara svårantändliga. Vidare är fönstren i dessa fasader små och få till antalet, se Figur 14. Detta försvårar brandspridning till de befintliga byggnaderna. Det största riskbidraget, påkörning med tåg, reduceras väsentligt med hjälp av påkörningsskyddet (alternativt skyddsrel). Påkörningsskyddet förutsätts dimensioneras så att det förhindrar ett urspårat tåg från att nå längre än 15 meter från spåret. Om påkörningsskyddet konstrueras som en del av byggnadens fasad förutsätts att endast lokala skador på byggnad uppstår och att inget fortskridande ras sker.

Planområdets samhällsrisk hamnar inom och under ALARP-området och är acceptabelt låg då rimliga riskreducerande åtgärder har vidtagits.



**Figur 16. Fasad i befintlig byggnad som vetter mot järnvägen.**

Riskenivån bedöms sammantaget vara acceptabel för planområdet givet att riskreducerande åtgärd 1 – 4 beaktas.

## 7.2 Värdering av översvämningsrisken

Eftersom att källarplanet kommer att svämmas över p.g.a. både 100- och 200-årsflödet är det lämpligt att inte placera kritiska funktioner i källarplan som behöver fungera i händelse av översvämning. Alternativt kan åtgärder vidtas för att minska vattnets möjligheter att tränga in.

## 7.3 Markanvändning

Förutsatt att riskreducerande åtgärder 1 – 3 eller 1 – 4 beaktas är det möjligt att ha stadigvarande verksamhet i närheten av Ostkustbanan. Lämplig markanvändning för ny bebyggelse, om inget påkörningsskydd (eller skyddsräll) anläggs, men övriga åtgärder vidtas (1-3), presenteras i Tabell 9.

**Tabell 9. Ny verksamhet intill järnvägen då endast riskreducerande åtgärder 1-3 vidtas.**

Avstånd från närmaste spårmit, [m]	Verksamhet
0 – 25	P – Parkering (ytparkering) T – Trafik N – Friluftsområde E – Teknisk anläggning
25 – 30	<b>Som ovan samt:</b> J – Industri Z – Lager H – Detaljhandel (mindre butiker) K – Kontor B – Bostad R – Besöksanläggningar (kulturella och religiösa verksamheter, idrotts- och sportanläggningar utan betydande åskådarplatser t.ex. gym men inga större verksamheter <sup>15</sup> )
30 –	<b>Som ovan samt:</b> C – Centrum H – Detaljhandel (större butiker) S – Skola R – Besöksanläggningar D – Vård O – Tillfällig vistelse, t.ex. hotell och konferens

Om ett påkörningsskydd (eller skyddsräll) anläggs samt övriga föreslagna riskreducerande åtgärder vidtas rekommenderas markanvändning enligt Tabell 3.

**Tabell 10. Ny verksamhet intill järnvägen då riskreducerande åtgärder 1-4 vidtas.**

<b>Avstånd från närmaste spårmitt [m]</b>	<b>Verksamhet</b>
0 – 15 m	P – Parkering (ytparkering) T – Trafik N – Friluftsområde E – Teknisk anläggning
15 m – 25 m	<b>Som ovan samt:</b> J – Industri Z – Lager H – Detaljhandel (mindre butiker) K – Kontor B – Bostad R – Besöksanläggningar <sup>14</sup> (kulturella och religiösa verksamheter, idrotts- och sportanläggningar utan betydande åskådarplatser t.ex. gym men inga större verksamheter <sup>15</sup> ) C – Centrum (kombinationer av handel, service, samlingslokaler men inga större verksamheter <sup>15</sup> )
25 m –	<b>Som ovan samt:</b> C – Centrum H – Detaljhandel (större butiker) S – Skola R – Besöksanläggningar D – Vård O – Tillfällig vistelse, t.ex. hotell och konferens

<sup>14</sup> Dessa får ha in- och utgångar i riktning mot järnvägen under förutsättning att stadigvarande vistelse inte uppmuntras 0 – 15 meter från järnvägen samt att minst en utgång finns som inte mynnar i riktning mot järnvägen.

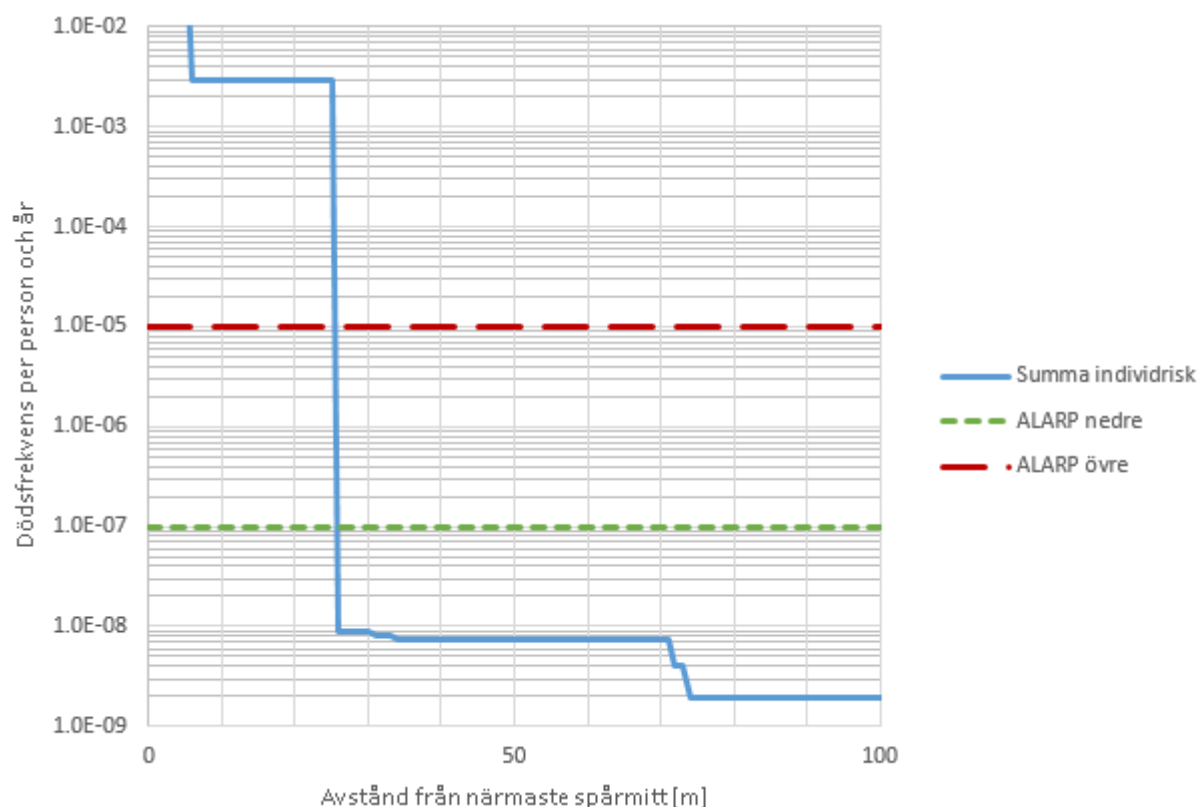
<sup>15</sup> Med "större" verksamhet avses en verksamhet med ett personantal överstigande 150 personer under verksamhetens öppettider.

## 8 KÄNSLIGHETS- OCH OSÄKERHETSANALYS

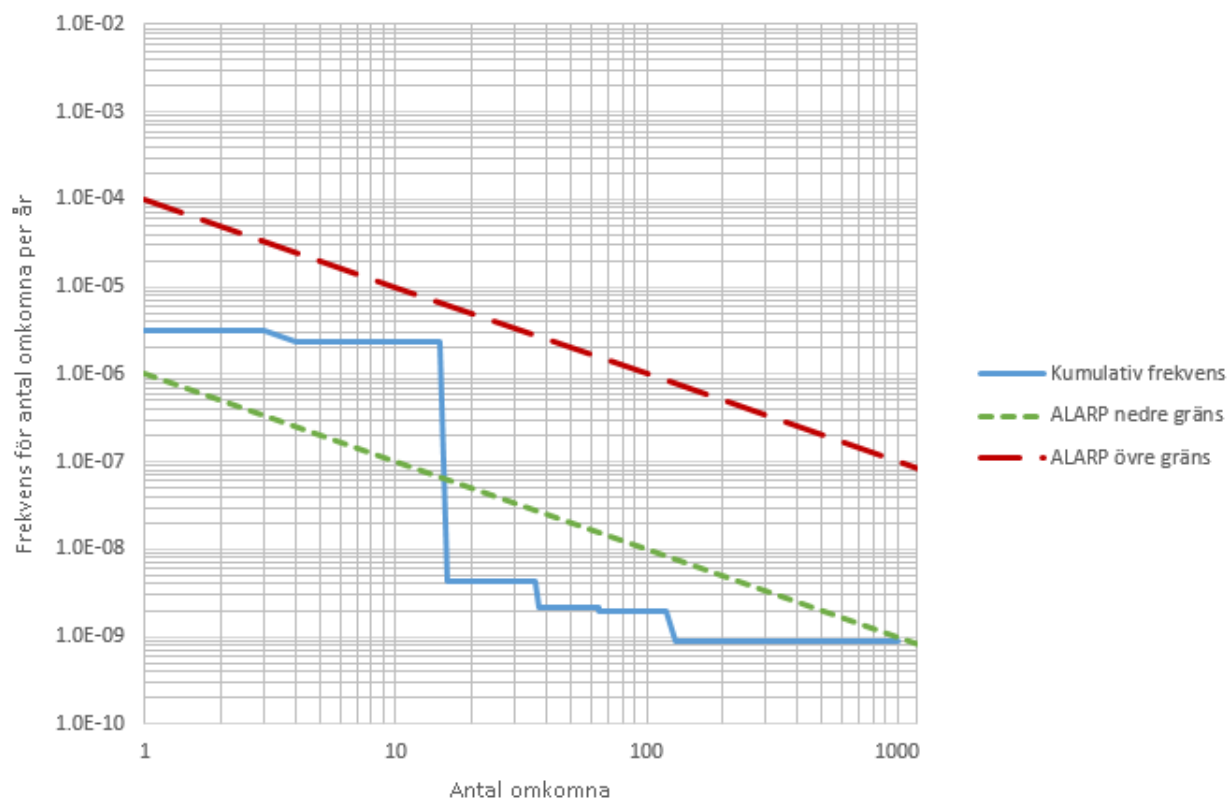
I riskbedömningar finns normalt ett stort antal osäkra parametrar, exempelvis hur frekvent farligt godsolyckor förväntas inträffa. Detta beror till stor del på att det inte har inträffat några omfattande olyckor. Olycksstatistik från andra länder kan vara olämpligt att använda eftersom deras infrastruktur kan skilja sig markant från den i Sverige.

### 8.1 Ökad trafik på Ostkustbanan

För att undersöka hur en påtagligt ökad trafik på Ostkustbanan inverkar på planområdets risknivå beräknas individ- och samhällsrisk då för en trafikmängd som är 50 % högre än den som användes i grundberäkningen. Trafiken uppgår då till 1350 persontåg och 54 godståg per dygn. De riskreducerande åtgärderna 1 – 3 antas vara vidtagna. Resultatet framgår i Figur 17 och Figur 18.



Figur 17. Individrisk intill närmaste spårmitt med 50 % högre trafikmängd. Inom 25 meter ökar individrisken men efter 25 meter är den fortsatt under den nedre ALARP-gränsen och därmed acceptabel.



**Figur 18. Samhällsrisk för planområdet med omgivning med 50 % högre trafikmängd. Samhällsrisken är fortsatt inom och under ALARP-området och därmed acceptabelt låg.**

En väsentligt ökad trafikmängd på Ostkustbanan medför inte oacceptabelt höga risknivåer vilket påvisar en robusthet i resultatet från grundberäkningarna och de riskreducerande åtgärdernas effekt.

## 9 DISKUSSION OCH SLUTSATS

Syftet med denna riskbedömning har varit redogöra för riskbilden som är förknippad med planerad bebyggelse och att bedöma om bebyggelsen är acceptabel ur risksynpunkt.

Resultatet visar att risknivån i delar av planområdet är oacceptabelt hög. Olyckor som leder till påkörning (med tåg) av byggnader inom planområdet och farligt gods-olyckor med brandfarlig vätska och brandfarlig gas är de händelser som ger störst bidrag till risknivån. För nå en acceptabel risknivå inom planområdet ska de riskreducerande åtgärder som presenteras i avsnitt 7.1.3 beaktas. Det är då acceptabelt att möjliggöra för markanvändning enligt Tabell 9 respektive Tabell 10.

Eftersom att Ostkustbanan är klassificerad som riksintresse ska Länsstyrelsens och Trafikverkets krav om fria avstånd kring järnvägen beaktas före beslut.

Med anledning av kvarterets närhet till Fyrisån förväntas vattenytan i kvarterets nordvästra sida mot Vaksalagatan hamna som högst +6,7 meter var 200: a år. För att begränsa översvämningens skador behöver källarplan dimensioneras för vatten som når upp till plushöjden +6,7 meter. Ställverksrum, elrum och liknande vitala funktioner för byggnadens drift bör därför förläggas över plushöjden +6,7 m.

## 10 REFERENSER

- Alexandersson, H. (2006). *Vindstatistik för 1961-2004*. SMHI.
- Alonso, F. (2006). Characteristic overpressure–impulse–distance curves for the detonation. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 19 (2006), ss. 724–728.
- Baker, W. E. (1983). *Explosion hazards and evaluation*. Amsterdam; New York: Elsevier Scientific Pub. .
- Björnsson. (2010). *Robust design of bridges - Robustness analysis of Sjölundaviadukten Bridge in Malmö*. Hämtat från Robustness analysis of Sjölundaviadukten Bridge in Malmö.
- Briab. (2010). *Stationshuset Uppsala*. Briab.
- Briab. (2015). *Kv Hoppet, Sollentuna, Riskbedömning*.
- Center for Chemical Process Safety. (2000). *Guidelines for Chemical Process Quantative Risk Analysis*. New York: American Institute of Chemical Engineers.
- FOA. (1998). *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gas och vätskor*. Stockholm: Försvarets Forskningsanstalt.
- Fréden, S. (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Rapport 2001:15*. Stockholm: Banverket.
- Google. (den 01 09 2014). *Google Maps*. Hämtat från <http://maps.google.com>
- HMSO. (1991). *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances*. Londo: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission.
- Lantmäteriet. (2014). *Geodataportalen*. Hämtat från Lantmäteriet: <http://www.geodata.se/GeodataExplorer/index.jsp?loc=sv&site=AdvancedUser>
- Länsstyrelsen i Stockholms län. (2000). *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer. Samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods*. Stockholm.
- Länsstyrelsen i Stockholms län. (2003). *Riktlinjer för riskanalyser som beslutsunderlag*. Stockholm: Länsstyrelsen i Stockholms län.
- Länsstyrelsen i Stockholms län. (2003b). *Riskanalyser i detaljplaneprocessen – vem, vad, när & hur?* Stockholm: Länsstyrelsen i Stockholms län.
- Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län. (2006). *Riskhantering i detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligtgods*.
- Moyer, P. D., James, R. W., & Bechara, C. H. (1994). *Safety of High Speed Guided Ground Transportation Systems Intrusion Barrier Design Study*. Washington DC: U.S. Department of Transportation.
- MSB. (09 2006). *Myndigheten för samhällsskydd och beredskap - MSB*. Hämtat från Transport av farligt gods på väg och järnväg: <http://www.msb.se/farligtgods> den 20 november 2012
- MSB. (2013). *Översvämningskartering utmed Fyrisån*. Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- Nilsson, G. (1994). *Vägtransporter med farligt gods - Farligt gods i vägtrafikolyckor*. VTI rapport.



- NOAA. (2013). *ALOHA Areal Locations of Hazardous Technical Documentation*: [http://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/ALOHA\\_Tech\\_Doc.pdf](http://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/ALOHA_Tech_Doc.pdf). Seattle, WA: DEPARTMENT OF COMMERCE • National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) .
- OGP. (2010). *International Association of Oil & Gas Producers*. Hämtat från Vulnerability of humans: <http://www.ogp.org.uk/pubs/434-14.pdf>
- Purdue University. (2009). *Department of Chemistry*. Hämtat från Poison gases: <http://www.chem.purdue.edu/chemsafety/chem/poison gases.htm>
- Purdy, G. (1993). *Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail*. Journal of Hazardous Materials, vol 3, p. 229-259.
- Regionförbundet Uppsala län. (den 12 09 2011). *Regionförbundet Uppsala län*. Hämtat från Uppsala Kommun - fakta och perspektiv: <http://www.regionfakta.com/Uppsala-lan/Uppsala-lan/Uppsala/Geografi/Areal-och-befolkningstathet/> den 08 03 2012
- Räddningsverket. (1996). *Farligt gods - riskbedömning vid transport- Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg och järnväg*. Karlstad: Räddningsverket.
- Räddningsverket. (1997). *Värdering av risk*. Karlstad: Statens Räddningsverk.
- Räddningsverket. (1997). *Värdering av risk*. Karlstad: Statens Räddningsverk.
- Sandell Sandberg. (2015). *Skisser, samrådshandling 2015-11-05*.
- SFS 2010:900. (2010). *Plan- och bygglag (SFS 2010:900)*.
- SMHI. (2014). *Normal årsmedeltemperatur*. Hämtat från <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/1.3973>
- Swedish Standards Institute (SIS). (2011). *SS-EN 1991-1-7:2006 Eurokod 1 - Laster på bärverk - Del 1-7: Allmänna laster - Olyckslast*. Stockholm: SIS.
- Trafikverket. (2014c). *Prognos för godstransporter 2030. Trafikverkets basprognos 2014*. Hämtat från [http://publikationswebbutik.vv.se/upload/7325/2014\\_066\\_Prognos\\_for\\_godstransporter\\_2030\\_trafikverkets\\_basprognos\\_2014.pdf](http://publikationswebbutik.vv.se/upload/7325/2014_066_Prognos_for_godstransporter_2030_trafikverkets_basprognos_2014.pdf)
- VROM. (2005). *Guidelines for storage of organic peroxides. Publication series on Dangerous Substances*. Holland: Ministerier van VROM.
- Östlund, L., Svensson, S., & Thelandersson, S. (1995). *Dubbelspårutbyggnad Kävlinge-Lund : Konsekvenser och skyddsåtgärder vid urspårning eller kollision*. Lund: Lunds universitet.

## BILAGA 1 – FREKVENSBERÄKNING

De beräkningsmetoder och indata som används för att beräkna olycksfrekvenser på Ostkustbanan presenteras i denna bilaga.

En olycka med en farligt gods-transport kan leda till olika följdhändelser såsom punktering, läckage, antändning etc. Sannolikheten för dessa följdhändelser behöver uppskattas för att kunna uttala sig om hur olyckan bidrar till områdets risknivå.

### Olycksfrekvens

Det som avses med farligt gods-olycka i detta fall är att en olycka inträffar och att ett tåg som transporterar farligt gods är inblandat.

För att beräkna sannolikheten för en järnvägsolycka har en modell som utarbetats för Banverket nyttjats (Fréden, 2001). Vid framtagandet av modellen har en analys gjorts av vilka faktorer som påverkar sannolikheten för järnvägsolycka längs en specifik sträckning.

Skattning av förväntat antal olyckor sker genom att järnvägens möjliga olyckor delas upp i ett antal typer som kan betraktas som av varandra oberoende funktioner. Dessutom antas att förväntat antal olyckor är en linjär funktion av ett uttryck för verksamhetens omfattning. Ett uttryck för förväntat antal olyckor ( $\varphi$ ) ges av:

$$\varphi = W \times I$$

Exponeringsvariabeln ( $W$ ) representerar järnvägsdriftens omfattning i ett för olyckstypen signifikant avseende, till exempel tågkilometer, vagnaxelkilometer, antal växelpassager. Intensitetsfaktorn ( $I$ ) utgör ett mått på förväntat antal olyckor som en funktion av verksamhetens omfattning. Formeln används för samtliga olyckstyper och adderas sedan för att få det totala antalet förväntade olyckor.

I modellen presenteras ett antal scenarier för hur olyckor på järnväg normalt kan uppstå. Bland dessa nämns:

1. Urspårning
2. Påkörning i samband med urspårning
3. Sammanstötning mellan tåg
4. Olyckor vid rangering och växling
5. Bränder till följd av gnistor från tåg
6. Plankorsningsolyckor
7. Växlingsolyckor

Av dessa scenarier bedöms sammanstötning av tåg som osannolikt på grund av utbyggnaden av ATC system (Fréden, 2001). Plankorsningar finns en liten bit norr om planområdet. I närheten av planområdet sker också växlingsrörelser på järnvägen. Rälsavsnittet som beaktas med avseende på urspårningsfrekvensen är 1 km långt.

### **Antaganden om trafikrörelser**

Nedan listas några viktiga antaganden och motiveringar för den fortsatta analysen.

- I analysen behandlas kategorin persontåg och godståg (inklusive farligt gods).
- Transporter av farligt gods antas vara jämnt fördelat över årets 365 dagar.
- Avstånd till planområdet räknas från den (tillkommande) spårmit som ligger närmast planområdet.
- Ett godståg antas hålla 29 vagnar med i genomsnitt 3 axlar per vagn. Persontåg antas bestå av 6,5 vagnar i genomsnitt (X60 har 6 vagnar och SJ2000 7 vagnar) och 3 axlar per vagn.
- Antalet tåg per dygn har uppskattats till 900 persontåg och 36 godståg år 2035. Av samtliga godsvagnar transporterar ungefär 10 % farligt gods.

### Olycksfrekvens för urspårning

För att beräkna olycksfrekvensen för en urspårning nyttjas exponeringsvariabler och intensitetsfaktorer för givna olyckstyper som presenteras i Tabell 11 (Fréden, 2001).

**Tabell 11. Exponeringsvariabler och intensitetsfaktorer för olika olyckstyper.**

Olyckstyp	Exponeringsvariabel	Intensitetsfaktor
Rälsbrott	Antal vagnaxelkm	$5,0 \times 10^{-11}$
Solkurva	Antal spårkm	$1,0 \times 10^{-5}$
Spårlägesfel	Antal vagnaxelkm	$4,0 \times 10^{-10}$
Växel, sliten, trasig	Antal tågpassager genom växel	$5,0 \times 10^{-9}$
Växel ur kontroll § 70	Antal tågpassager genom växel	$70 \times 10^{-9}$
Vagnfel	Antal vagnaxelkm	$31,0 \times 10^{-10}$ (godståg) $1 \times 10^{-10}$ (persontåg)
Sabotage	Enligt särskilt utredning	-
Annan orsak	Tågkm	$5,70 \times 10^{-8}$
Okänd orsak	Tågkm	$1,4 \times 10^{-07}$

där:

**Vagnaxelkm** = aktuellt rälsavsnitt i km × antal vagnar som passerar per år × antal axlar per vagn

**Spårkm** = aktuellt rälsavsnitt i km × spår

**Tågkm** = aktuellt rälsavsnitt i km × antal tåg per år

**Antal tågpassager genom växel** = antal tågpassager genom växel per år.

Angående sabotage som leder till urspårning är sannolikheten i hög grad beroende av vilken sträcka som undersöks. Sabotage förekommer, men väldigt sällan. Enligt Banverket (Fréden, 2001) uppskattas en urspårning var tredje år i Sverige bero på sabotage. Med anledning av de i sammanhanget mycket korta sträckningar som undersöks anses sannolikheten för urspårning till följd av sabotage vara försumbar.

Urspårningsfrekvenserna presenteras i Tabell 12.

**Tabell 12. Beräknad olycksfrekvens för urspårning för samtliga tågtyper intill planområdet.**

Olyckstyp [exponeringsvariabel]	Urspårningsfrekvens [/år]		
	Farligt gods-tåg	Godståg	Persontåg
Rälsbrott [Vagnaxelkm]	$5,7 \times 10^{-06}$	$5,1 \times 10^{-05}$	$3,2 \times 10^{-04}$
Solkurva [Antal spårkm]	$10^{-05}$	$10^{-05}$	$10^{-05}$
Spårlägesfel [Vagnaxelkm]	$4,6 \times 10^{-05}$	$4,1 \times 10^{-04}$	$2,6 \times 10^{-03}$
Växel, sliten, trasig [Antal tågpassager genom växel]	-	-	-
Växel ur kontroll [Antal tågpassager genom växel]	-	-	-
Vagnfel [Vagnaxelkm]	$3,5 \times 10^{-04}$	$3,2 \times 10^{-03}$	$5,8 \times 10^{-03}$
Annan orsak [Tågkm]	$7,5 \times 10^{-05}$	$6,7 \times 10^{-04}$	$1,9 \times 10^{-02}$
Okänd orsak [Tågkm]	$1,8 \times 10^{-04}$	$1,6 \times 10^{-03}$	$4,6 \times 10^{-02}$
Summa urspårningsfrekvens [/år]	$6,8 \times 10^{-04}$	$5,9 \times 10^{-03}$	$7,3 \times 10^{-02}$
<b>Totalt antal urspårningar [/år] för alla tågtyper</b>	<b><math>8,0 \times 10^{-02}</math></b>		

#### **Avstånd från spårkant vid urspårning**

Avståndet mellan tåg och spår efter en urspårning har inget påvisbart samband med vilken hastighet tåget färdades i när urspårningen skedde (om tåghastigheten är över 40 km/h). Spridningen är däremot väsentligen beroende av spårets läge i förhållande till omgivningen och omgivningens beskaffenhet (Fréden, 2001).

Statistik kring avstånd från spår efter en urspårning presenteras i Tabell 13. Informationen är hämtad från Banverket (2001) och nyttjas för att bedöma konsekvensområde.

**Tabell 13. Avstånd från spår efter urspårning.**

Avstånd från spår [m]	0-1	1-5	5-15	15-25	>25	Okänt
Persontåg	69 %	16 %	2 %	2 %	0 %	12 %
Godståg	64 %	18 %	5 %	5 %	2 %	9 %

#### **Mängden farligt gods**

Olycksfrekvensen antas vara oberoende av vilken typ av farligt gods som transporteras och därför direkt proportionell mot antalet transporter i den farligt gods-klassen. Fördelningen av antalet transporter och hur de tagits fram framgår i avsnitt 4.2.3.

## Frekvenser för utsläpp och antändning

I detta avsnitt presenteras med vilka frekvenser farligt gods-olyckorna leder till konsekvenser som utsläpp och/eller spridning/antändning.

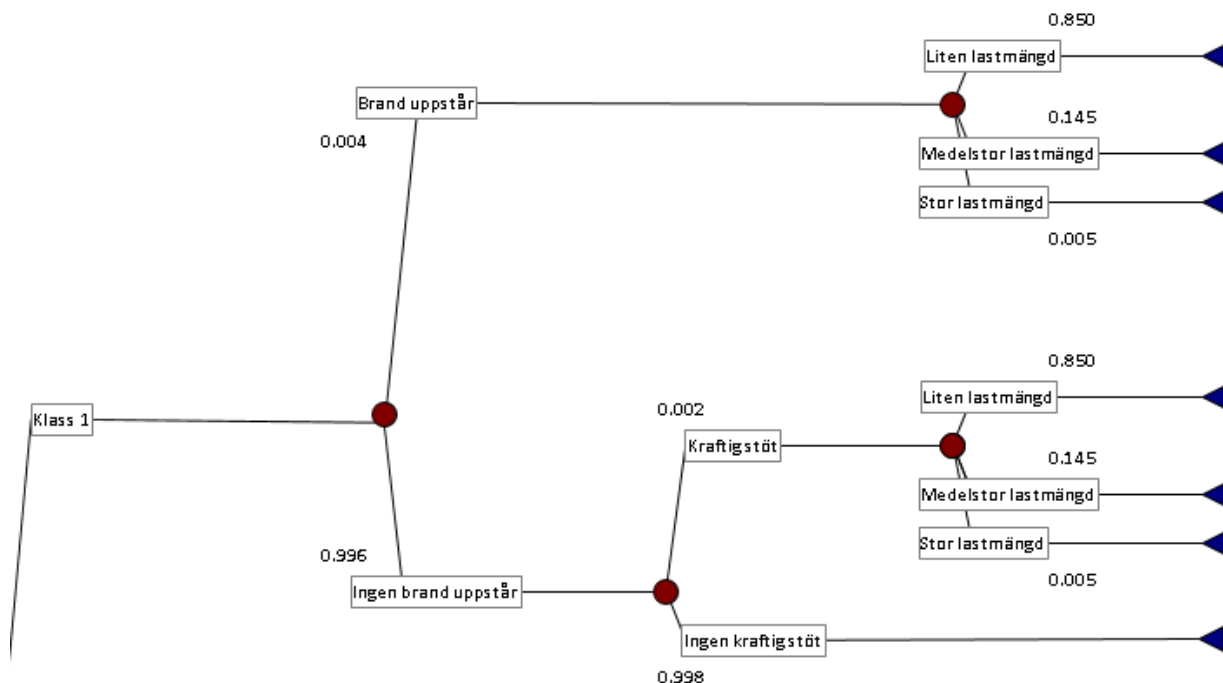
### Explosiva ämnen och föremål (klass 1)

Explosiva ämnen kan antändas via yttre krafter eller via en tändkälla. Sannolikheten för brand givet farligt gods-olycka har uppskattats till 0,4 % (Nilsson, 1994). Det antas konservativt att en sådan brand alltid leder till en explosion av lasten. Sannolikheten att ämnet detonerar till följd av krafterna från en kollision har uppskattats till mindre än 0,2 % (HMSO, 1991). Olika laststorlekar ger upphov till olika konsekvenser. Fördelningen över hur vanligt förekommande olika lastmängder är framgår i Tabell 14.

**Tabell 14. Lastmängder för farligt gods-transporter (klass 1).**

Lastmängd [kg]	Andel av transporter i denna klass	Kommentar
25000 på järnväg (maximalt tillåtet)	0,5 %	Baserat på statistik över genomfartstransporter (MSB, 2006).
500-5000 kg	14,5 %	-
<500 kg	85 %	Huvuddelen av transporter bedöms utgöras av mindre mängder än 500 kg.

I Figur 19 beskrivs olycksförloppet i ett händelsetråd.



**Figur 19. Händelsetråd för olycka med farligt gods-klass 1.**

## Tryckkondenserade gaser (klass 2)

Ämnen inom klass 2 transporteras främst som tryckkondenserade gaser i kraftiga behållare som har en högre motståndskraft vid en eventuell olycka. Det har påvisats att sannolikhet för att punktera en behållare avsedd för tryckkondenserade gaser är 1/30 av sannolikheten för "normala" behållare avsedda för transporter av farligt gods (Fréden, 2001). Omfattningen av ett läckage beror på hålstorleken. Hålstorlekarna som bedöms kunna uppstå presenteras i Tabell 15.

**Tabell 15. Hålstorlekar och sannolikhet att de uppkommer (Räddningsverket, 1996).**

Hålstorlek [cm <sup>2</sup> ]	Sannolikhet
0,1	62,5 %
0,8	20,8 %
16,4	16,7 %

## Olycka med brännbara gaser

För brännbara gaser bedöms ett utsläpp kunna resultera i fyra scenarier:

- Ingen antändning
- Jetflamma
- Fördröjd antändning (gasmolnsexplosion)
- BLEVE (Boiling Liquid Expanded Vapour Explosion)

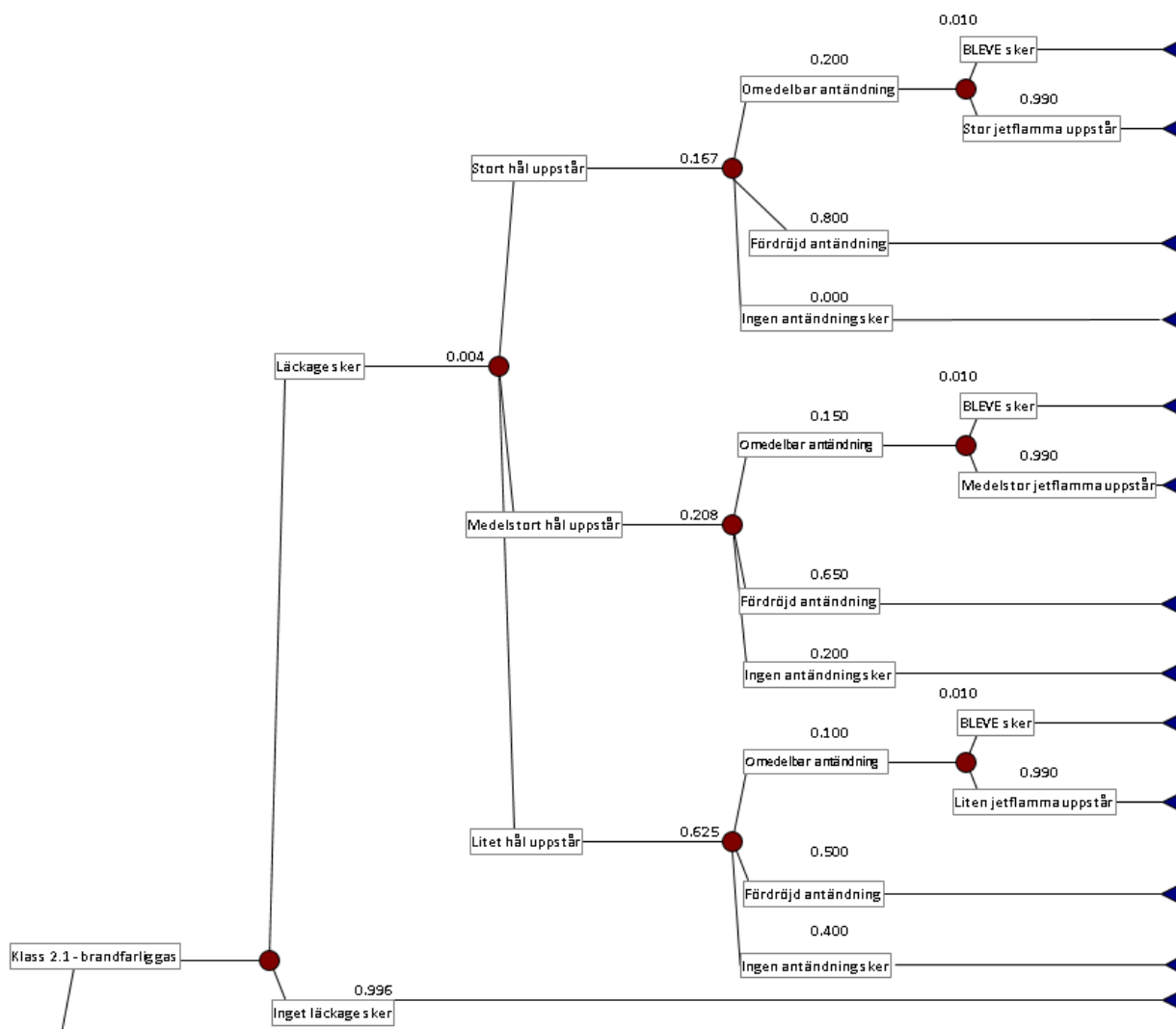
Om den trycksatta gasen antänds omedelbart efter läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med hjälp av vinden och sedan leder till antändning. BLEVE är mycket ovanligt och kan endast inträffa om gasbehållarnas säkerhetsventil saknas eller inte är tillräcklig och gasbehållaren utsätts för kraftig brandpåverkan under en längre tid. Eftersom sannolikheten för BLEVE är väldigt liten och svårkalkylerad men konsekvensen kan bli mycket stor så antas sannolikheten vara 1 %.

Sannolikheten för antändning givet läckage uppskattas utifrån data i (Purdy, 1993) och presenteras i Tabell 16.

**Tabell 16. Sannolikhet för antändning givet en viss utsläppsmängd.**

Scenario	Sannolikhet för antändning	Kommentar
Jetflamma	10 % vid utsläpp <1500 kg 20 % vid utsläpp >1500 kg	-
Gasmolnsexplosion	50 % vid utsläpp <1500 kg 80 % vid utsläpp >1500 kg	-

I Figur 20 beskrivs olycksförloppet i ett händelsetråd.

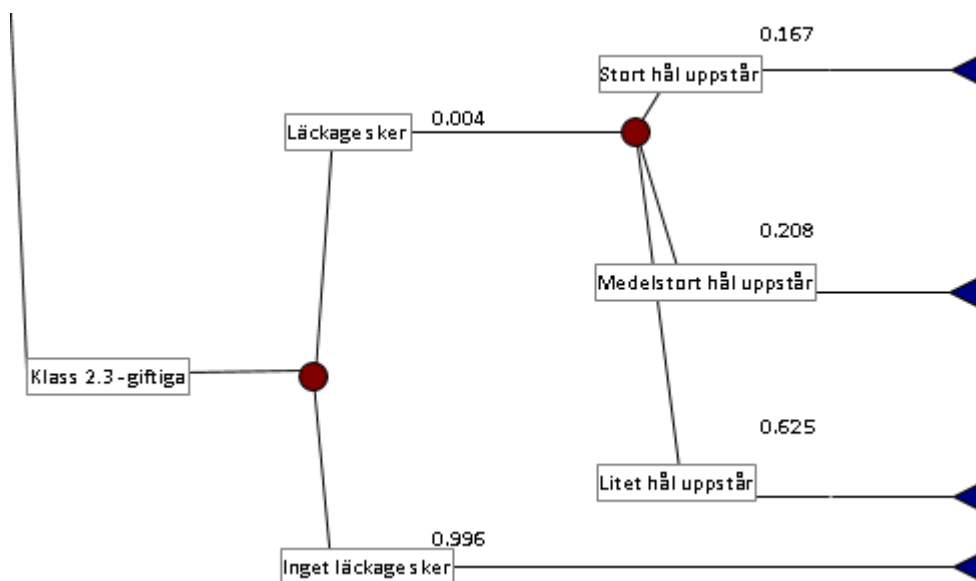


Figur 20. Händelsetråd för olycka med farligt gods-klass 2.1.

### Olycka med giftiga gaser

Giftiga gaser-utsläpp ger störst konsekvens åt det håll som vinden blåser. Spridningen gynnas av ökad vindstyrka. Statistik från SMHI ger en genomsnittlig styrka på 3,6 m/s för Uppsala (Alexandersson, 2006). Vindriktningen antas ligga mot området. Det farliga gods som anses representativt för klassen vid transport på järnväg är den giftiga gasen klorgas.

I Figur 21 beskrivs olycksförloppet i ett händelsetråd.



Figur 21. Händelsetråd för olycka med farligt gods-klass 2.3.

### Brandfarliga vätskor (klass 3)

För att en olycka ska leda till större konsekvenser måste både läckage och antändning av den brandfarliga vätskan ske. I huvudsak transporteras bensin och diesel i denna klass. Eftersom diesel, till följd av dess låga flampunkt, sannolikt inte antänds så anses bensin som representativt i klassen. Sannolikheten för att en olycka med farligt gods-transport inblandad leder till läckage har bedömts vara 13 % (Räddningsverket, 1996). Vidare har sannolikheten för antändning givet läckage uppskattats till 3,3 % (HMSO, 1991).

Sannolikheten för att brand ska uppstå vid en farligt gods-olycka har som tidigare nämnts uppskattats till 0,4 % (Nilsson, 1994). Det antas att hälften av dessa bränder sprider sig till lasten. I händelse av att en brand sprider sig till lasten antas att branden blir stor, motsvarande en stor pöl (400 m<sup>2</sup>).

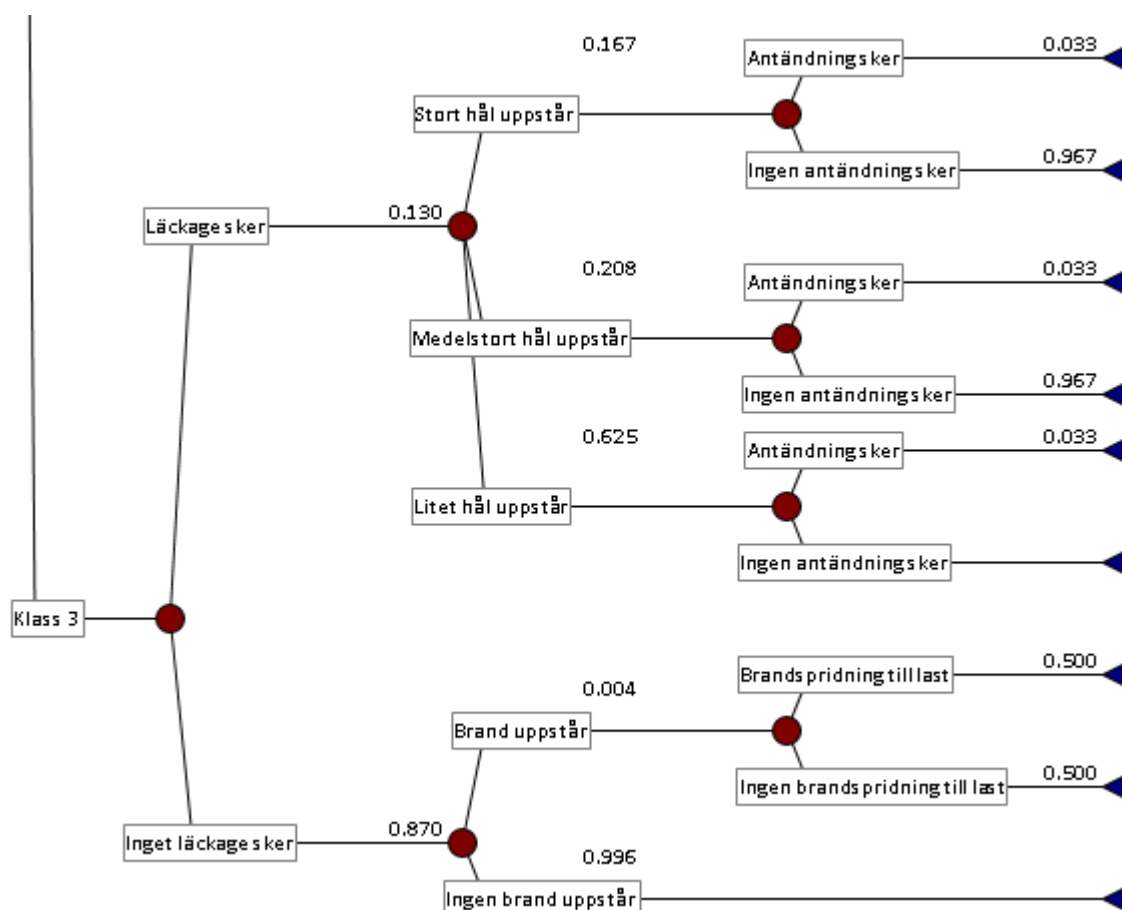
Storleksfördelningen för en pöl givet läckage presenteras i Tabell 17.

Tabell 17. Sannolikhet för olika pölstorlekar givet läckage (Räddningsverket, 1996).

Pölstorlek [m <sup>2</sup> ]	Sannolikhet (på järnväg)
50	62,5 %
200	20,8 %
400	16,7 %

I Figur 22 beskrivs olycksförloppet i ett händelsetråd.

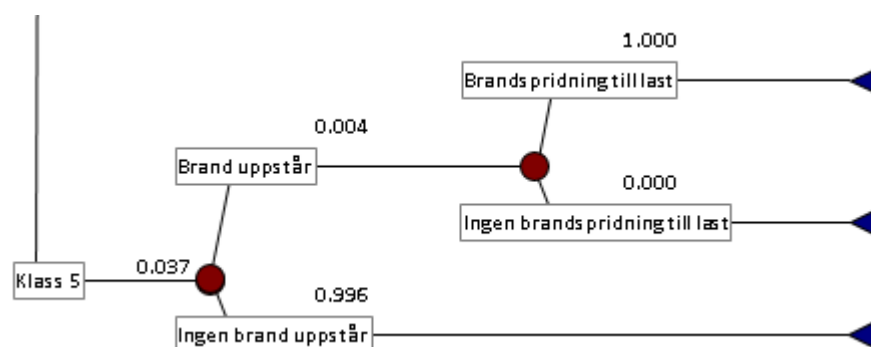




Figur 22. Händelsetråd för olycka med farligt gods-klass 3.

### Oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5)

Denna klass utgörs av ämnen som är brandfrämjande och/eller instabila samt har en förmåga att i vissa fall explodera. Ammoniumnitrat är ett vanligt ämne i klass 5 som används som gödningsämne. Det kan anses vara representativt för klass 5 (VROM, 2005). För att en brand ska uppstå givet en olycka i denna klass krävs farligt gods-olyckan leder till antändning. Sannolikheten för antändning har uppskattats till 0,4 % (Nilsson, 1994). Antändning antas alltid leda till brandspridning till lasten. Detta bör överskatta sannolikheten eftersom det bör finnas viss tid att släcka branden. Sannolikhet för att en explosion ska ske anses vara försumbar därför att mycket speciella förutsättningar ska råda (blandning med diesel från tank som sprungit läck) och att branden ska pågå under en lång tid. Explosion med en sådan blandning analyseras därför inte vidare. I Figur 23 beskrivs olycksförloppet i ett händelsetråd.



Figur 23. Händelsetråd för olycka med farligt gods-klass 5.

## BILAGA 2 – KONSEKVENSBERÄKNING

För att tydliggöra hur olyckshändelser påverkar människor och omgivning inom aktuellt område presenteras inledningsvis i denna bilaga vad det är som är orsaken till skada.

För att beräkna konsekvensen (antal omkomna) behöver ett konsekvensområde tas fram och befolkningstätheten inom området uppskattas. Följande antaganden om befolkningen har gjorts i beräkningarna:

- Befolkningstätheten för planområdet med omgivning har uppskattats till 6 500 personer/km<sup>2</sup>.
- Ingen hänsyn har tagits till att de flesta transporter sker dagtid då befolkningstätheten förväntas vara lägre och konsekvenserna därmed inte blir lika allvarliga.

Konsekvensområdet för varje scenario representeras i de kommande beräkningarna av ellipsformade ytor. För att uppskatta konsekvensområdet beräknas först konsekvensavståndet längs med järnvägen (parallellt) samt från järnvägen (vinkelrätt). I verkligheten ger olyckshändelser inte upphov till perfekta cirkulära eller ellipsformade konsekvensområden men de anses representeras tillräckligt väl med dessa geometrier.

### Gränsvärden för värmestrålning

Vid brand avges energi från flammorna till omgivningen delvis i form av strålning. I Tabell 18 presenteras kritiska strålningsnivåer och vilka effekter de ger på omgivningen.

**Tabell 18. Effekter vid olika strålningsnivåer (Brandteknik, Lunds tekniska högskola, 2005).**

Strålningsnivå [kW/m <sup>2</sup> ]	Effekt
2,5	Övre tillåten strålningsnivå vid utrymning ur byggnad enligt Boverkets byggregler
10	Normalt glas spricker
15	Maximal strålningsnivå för oklassat fönster och för kortvarig exponering vid utrymning
20	Kriterium för övertändning
25	Spontan antändning av trä vid långvarig strålning

Med stöd i dessa strålningsnivåer ansätts den strålningsnivå där 100 % antas omkomma till 15 kW/m<sup>2</sup>. Detta antas gälla vid långvarig exponering, mer än enbart några sekunder. Lägre strålningsnivå än så ger inga omkomna. Från en annan publikation har det ansetts sannolikt att omedelbart omkomma av kortvarig exponering av en strålningseffekt på 35 kW/m<sup>2</sup> (OGP, 2010). I samma publikation anges att en strålningseffekt på 25 kW/m<sup>2</sup> troligen ger dödsfall efter en något längre exponering. I aktuell analys antas att 25 kW/m<sup>2</sup> ger 100 % dödsfall vid kortvarig exponering (mindre än 10 s). Sådan exponering är aktuell vid BLEVE och fördröjd antändning av utsläppt gas eftersom dessa är kortvariga värmestrålningsfenomen.

Vid fördröjd antändning av utsläppt gas är exponeringen ännu kortare, någon tiondels sekund (Center for Chemical Process Safety, 2000). Effekten av värmestrålningen på omgivningen är således väsentligt lägre i jämförelse med exempelvis effekten från en pölbrand (Center for Chemical Process

Safety, 2000). I framtagandet av skadekriterier har forskning istället fokuserat på fenomenet gasmolnsexplosion och det övertryck som det ger upphov till då det har ansetts vara av större betydelse (Center for Chemical Process Safety, 2000). Det antas att 100 % omkommer i områden där blandningen av den brännbara gasen och luften ligger inom gasens brännbarhetsområde.

## Gränsvärden för giftig gas

Den giftiga gas som representativ för transport på järnväg är klorgas. Den koncentration av klorgas som leder till dödsfall i 50 % av fallen är 293 ppm (Purdue University, 2009). Det antas att samtliga som utsätts för denna koncentration dör medan en lägre koncentration inte ger några dödsfall.

## Gränsvärden för explosion

Vid en explosion kan människor i området påverkas på flera olika sätt. Människor kan omkomma till följd av det infallande övertrycket, träffas av projektiler utomhus, träffas av glassplitter inomhus och hamna under rasmassorna av en byggnad som kollapsar.

Människor tål tryck relativt bra och gränsen för direkta dödliga skador på grund av övertryck går vid omkring 180 kPa (FOA, 1998). Det är emellertid känt att byggnader kan raseras och projektiler utgöra ett allvarligt hot redan vid omkring 55 kPa (8 psi) (Baker, 1983). Tryckvågens varaktighet och utseende avgör också med vilken impulstäthet en människa eller en byggnad belastas. En modern byggnad utförd i betong med sammanhållen stomme klarar endast av ett tryck på ca 40 kPa men klarar dock av en förhållandevis hög impulstäthet 1,5 kPas (FOA, 1998). Det övertryck som därför bedöms vara 100 % dödligt antas i beräkningarna vara 55 kPa. Lägre tryck än så ger inga dödsfall.

## Konsekvensberäkningar

För att bedöma hur stora konsekvenser farligt gods-olyckor på Ostkustbanan kan ge på planområdet genomförs spridningsberäkningar i datorprogrammet *ALOHA*. Programmet lämpar sig särskilt för beräkning av konsekvenser av läckage från trycksatta tankar och tankar med brandfarliga vätskor (NOAA, 2013). Beräkningar av övertryck till följd av antändning av explosiva ämnen (klass 1) görs med hjälp av handberäkningar framtagna av Alonso et al. (2006).

### Allmän ingångsdata

I Tabell 19 redovisas allmän indata som ligger till grund för genomförda beräkningar.

**Tabell 19. Allmän indata för konsekvensberäkningar i *ALOHA*.**

Variabel	Ingångsvärde
Atmosfärstryck [Pa]	101325
Densitet på luft [kg/m <sup>3</sup> ]	1,29
Tyngdacceleration, [m/s <sup>2</sup> ]	9,81
Temperatur [° C]	5 (SMHI, 2014)
Vind [m/s]	3,6 (Alexandersson, 2006)
Stabilitetsklass	D
Molnighet	Delvis molnigt

Variabel	Ingångsvärde
Luftomsättning i bostäder	0,5 omsättningar per timme
Tankvolym för tryckkondenserad gas	65 m <sup>3</sup>
Tankvolym för vätska under atmosfärstryck	72 m <sup>3</sup>

### Explosiva ämnen (klass 1)

Konsekvensområdet vid explosion beräknas för varje lastmängd explosiva ämnen som anges i Tabell 14. Beräkningarna bygger på ett samband mellan mängden explosivt ämne och det övertryck som uppstår vid ett visst avstånd från detonationen (Alonso, 2006). Resultatet presenteras i Tabell 20.

**Tabell 20. Avstånd till dödligt övertryck (55 kPa) från detonationens centrum.**

Mängd explosivt ämne [kg]	Konsekvensavstånd (längs med spåret) [m]	Konsekvensavstånd (vinkelrätt mot spåret) [m]
150 kg	60	30
1500 kg	140	70
25000 kg	340	170

### Brandfarlig gas (klass 2.1)

Konsekvensområdet vid läckage med brandfarlig gas simuleras i ALOHA med ämnet propan för samtliga hålstorlekar som angivits i Tabell 15. Vid konsekvensberäkningarna ligger vinden i riktning mot området. Resultaten presenteras i Tabell 21 till Tabell 23.

**Tabell 21. Konsekvensområdet för olika hålstorlekar givet fördröjd antändning.**

Hålstorlek [cm]	Konsekvensavstånd (längs med spåret) [m]	Konsekvensavstånd (vinkelrätt mot spåret) [m]
0,36	11	11
1	15	15
4,6	74	73

**Tabell 22. Konsekvensområdet för olika hålstorlekar givet jetflamma.**

Hålstorlek [cm]	Konsekvensavstånd (längs med spåret) [m]	Konsekvensavstånd (vinkelrätt mot spåret) [m]
0,36	10	10
1	20	10
4,6	56	33

**Tabell 23. Konsekvensområdet för BLEVE.**

Mängd	Konsekvensavstånd (längs med spåret) [m]	Konsekvensavstånd (vinkelrätt mot spåret) [m]
Halvfull tank med propan	412	206

### Giftig gas (klass 2.3)

Konsekvensområdet vid läckage med giftig gas simuleras i *ALOHA* med ämnet klorgas för samtliga hålstorlekar som angivits i Tabell 15. Resultaten presenteras i Tabell 14.

**Tabell 24. Konsekvensområdet för olika hålstorlekar givet läckage av klorgas.**

Hålstorlek [cm]	Konsekvensavstånd (längs med spåret) [m]	Konsekvensavstånd (vinkelrätt mot spåret) [m]
0,36	24	71
1	70	194
4,6	400	880

### Brandfarlig vätska (klass 3)

Konsekvensområdet vid läckage med brandfarlig vätska simuleras i *ALOHA* med ämnet bensin för samtliga pölstorlekar som angivits i Tabell 17. Resultaten presenteras i Tabell 25.

**Tabell 25. Konsekvensområdet för olika pölstorlekar givet pölbrand.**

Pölstorlek [m <sup>2</sup> ]	Konsekvensavstånd (längs med spåret) [m]	Konsekvensavstånd (vinkelrätt mot spåret) [m]
50	29	14
200	60	30
400	86	43

### Oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5)

Konsekvensområdet vid brand i en farligt gods-transport med klass 5 antas representeras av konsekvensområdet för brandfarlig vätska med största pölstorlek enligt Tabell 17. Därför beräknas inget separat konsekvensområde utan detta framgår i sista raden i Tabell 25.

## BILAGA 3 – RISKBERÄKNING

De två risknivåer som kvantifieras i denna riskbedömning är individ- och samhällsrisk. Dessa kan beräknas först efter att olycksfrekvenser och konsekvensavstånd har beräknats (se Bilaga 1 och 2).

Individrisk är en platsspecifik risk som anger med vilken frekvens en enskild individ förväntas omkomma under ett år på en specifik plats. Individrisken för planområdet betraktas endast i en dimension för planområdet: vinkelrätt mot transportledens sträckning. För att förstå hur individrisken beräknas beskrivs här ett exempel på individriskbidraget till ett visst avstånd från transportleden från transport med brandfarlig vätska. Det scenario som betraktas är en olyckshändelse som leder till en stor pölbrand. Längs planområdets 1 km långa sträcka förväntas en sådan olycka inträffa med en viss frekvens. En olycka med brandfarlig vätska som leder till en stor brand gör att samtliga som befinner sig inom 43 meter från brandens centrum omkommer (se Tabell 25). Beräkningsgången upprepas sedan för olycka involverande respektive farligt gods-klass och omfattningen av olyckan (t.ex. litet, medelstort, stort läckage). Slutligen summeras individriskbidragen vid avstånden 1, 2, 3, ..., meter o.s.v. från transportleden och förs in i ett individriskdiagram.

Samhällsrisk anger med vilken frekvens ett visst antal dödsfall förväntas inom planområdet per år. Samhällsrisk ökar med bland annat ökad längd på planområdet, större konsekvensområden (ytor) och högre befolkningstätheten. När en olycka väl sker ger den i värsta fall upphov till ett antal omkomna. Den samhällsrisk som olyckan i föregående stycke (pölbrand) ger upphov till utgörs av ett område som sträcker sig 43 meter in mot planområdet och 43 meter in på motsatt sida transportleden. Ytan har arean  $43^2 \times \pi = 5808 \text{ m}^2$ . Om befolkningstätheten är 6500 personer/km<sup>2</sup> och personerna förväntas vara homogent utspridda kommer antalet personer som omkommer till följd av olyckan att bli:  $5808 \times 6500 \times 10^{-6} \approx 38$  personer. Flera av olyckshändelserna relaterade till farligt gods ger upphov till ett visst antal omkomna. För varje mängd omkomna (1, 2, 3, ..., omkomna) summeras med vilken frekvens den mängden omkommer. Slutligen förs detta in i ett så kallat F/N-diagram.

## BILAGA 4 – PÅKÖRNINGSSKYDD

För att reducera risken för påkörning av byggnad (till följd av urspårning) kan ett påkörningsskydd uppföras mellan byggnad och järnvägen (s.k. fristående skydd) eller i byggnadens fasad (som vetter mot järnvägen) eller som en kombination av fristående skydd och skydd i byggnadens fasad. Skyddets egenskaper beror bland annat på hur långt från järnvägen som skyddet placeras, markens egenskaper, urspårningsvinkel, vilken hastighet det urspårande tåget färdas med, tågsättets längd, tågets deformationsegenskaper, vagnarnas vikt, höjd och bredd med mera.

### Teori

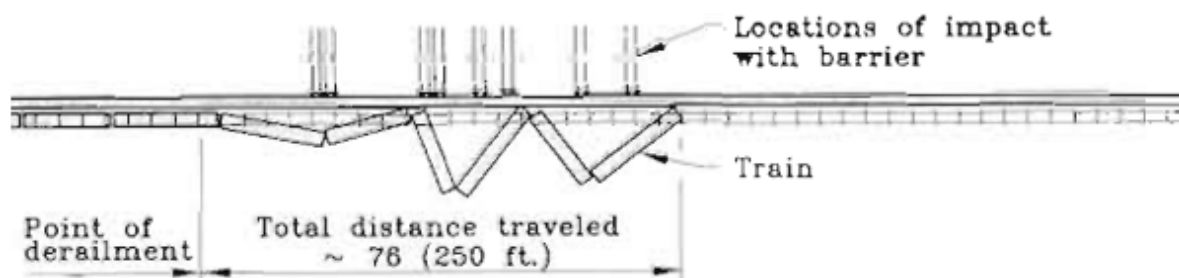
#### Östlund, Svensson och Thelandersson (1995)

Vilka krafter ett påkörningsskydd intill en järnväg behöver dimensioneras för har modellerats av bland annat Östlund, Svensson och Thelandersson (1995) vid Lunds tekniska högskola, i samband med dubbelspårutbyggnaden mellan Kävlinge och Lund och på uppdrag av Banverket. Modellen framtagen av Östlund et al. (1995) har beskrivits närmare i en utredning av Björnsson (2010) där det undersöktes hur bärande konstruktioner för en befintlig bro (Sjölundaviadukten) i Malmö skulle dimensioneras för att klara av påkörning från ett urspårat person- eller godståg.

I modellen framtagen av Östlund, Svensson och Thelandersson (1995) modelleras urspårningsförloppet med en initial urspårningsvinkel som urspårade vagnar färdas i tills markfriktionen stoppar dem eller de kolliderar med något. Den kollisionskraft som uppstår uppskattas med två angreppssätt: impulsjämvikt och energijämvikt. Impulstid (för impulsjämvikt) och deformationssträcka (för energijämvikt) vid kollision modelleras med lognormalfördelningar för båda storheterna.

#### Moyer, James och Bechara (1994)

I en annan utredning, framtagen av Moyer, James och Bechara (1994) i ett uppdrag åt den amerikanska motsvarigheten till Trafikverket, beräknades vilka laster ett påkörningsskydd intill järnväg bör dimensioneras för. I utredningen togs även fram en korrelation mellan lägsta erfordrade höjd för ett fristående påkörningsskydd och den kolliderande vagnens höjd, vikt, bredd och påkörningskraft. I beräkningarna togs hänsyn till det karakteristiska "sick-sack"-mönster som ett tågs vagnar ("non-articulated train" = tåg utan gemensamma boggier<sup>16</sup>) hamnar i efter urspårning (se Figur 24). De högsta laterala krafterna uppstår vid urspårningshastigheter mellan 120 och 160 km/h.



Figur 24. Karakteristiskt "sick-sack"-mönster efter urspårning. Påkörningsskyddet begränsar tågets färd "uppåt" i figuren. Källa: (Moyer, James, & Bechara, 1994).

<sup>16</sup> Med gemensamma boggier, t.ex. X2000, begränsas rotationen mellan vagnarna i högre utsträckning och påkörningskrafterna blir lägre än för tåg utan gemensamma boggier (Moyer, James, & Bechara, 1994). Dessa blir därför inte dimensionerande för påkörningsskyddets egenskaper.

En del av de värden som uppskattades i utredningen av Moyer, James och Bechara (1994) kommer att nyttjas i de kommande beräkningarna.

## Beräkningar

Förbi aktuellt planområde har ett av spåren konstruktionshastighet 120 – 159 km/h (Lantmäteriet, 2014). Tåg förväntas dock inte färdas i denna hastighet förbi Uppsala C av flera anledningar, bland annat för att samtliga persontåg gör uppehåll i Uppsala C. Det kan dock inte uteslutas att det i framtiden kommer att gå persontåg som inte gör uppehåll i Uppsala C.

I Tabell 26 anges den indata som nyttjas för att uppskatta vilka påkörningskrafter som kan uppkomma. För indata som i Björnsson (2010) ansatts som fördelningar används huvudsakligen 1- och 99-percentilen (det som ger högst påkörningskraft) för att få en robusthet i resultatet. För respektive parameter ges även en kommentar kring hur parameterns värde bestämts och, där så bedöms nödvändigt, hur rimligt värdet är.

**Tabell 26. Indata till metod presenterad i Björnsson (2010) (Appendix A).**

Parameter	Värde	Kommentar
Vikt (lok)	78 000 kg	Ellok RC6. Det antas att den dimensionerande påkänningen sker när loket kolliderar med påkörningsskyddet. Loket är ofta den tyngsta vagnen i ett tågsätt med den högsta deformationsstyvheten (Moyer, James, & Bechara, 1994). En tyngre vagn ger i modellen av Östlund, Svensson och Thelandersson (1995) upphov till en större påkörningskraft.
Höjd (lok)	4,42 m	Ellok RC6
Bredd (lok)	3,15 m	Ellok RC6
Hastighet vid urspårning ( $v_0$ )	160 km/h	Maxhastighet för ellok RC6 samt järnvägens högsta konstruktionshastighet förbi Uppsala C
Tyngdpunkt (ellok)	2,2 m	Halva lokets höjd – utifrån uppskattning i (Moyer, James, & Bechara, 1994)
Gravitation ( $g$ )	9,81 m/s <sup>2</sup>	-
Maximal urspårningsvinkel ( $\theta$ )	7,57°	99-percentil från fördelning presenterad i Björnsson (2010).  Att jämföra med maximal urspårningsvinkel 5,73 uppskattad i (Moyer, James, & Bechara, 1994).



Parameter	Värde	Kommentar
Markfriktion ( $\eta$ )	0,5 [-]	Väntevärde från fördelning presenterad i Björnsson (2010).  I (Moyer, James, & Bechara, 1994) uppskattas att $\eta = 1,0$ . Antaget värde (0,5) ger längre konsekvensavstånd och robustare resultat.
Impulstid ( $\Delta t$ )	0,384 s	1-percentil i Björnsson (2010).
Deformationssträcka ( $\Delta s$ )	1,15 m	1-percentil i Björnsson (2010).
Lateralt avstånd från spårmittpunkt till påkörningssskyddets placering ( $y_{obs}$ )	10 – 20 m	-
Friktion mellan tåg och fasad	0,25 [-]	Utifrån data presenterad i (Moyer, James, & Bechara, 1994)
Ökning av maximal påkörningskraft med anledning av "utanför-planet-effekter", t.ex. ellokets rotation runt den longitudinella axeln	+20 %	Utifrån bedömning presenterad i (Moyer, James, & Bechara, 1994)

### Beräkning av påkörningshastighet och påkörningskraft

Med hjälp av parametrarna i Tabell 26 beräknas påkörningshastigheten ( $v_{imp}$ ) med sambandet (Björnsson, 2010):

$$v_{imp} = \sqrt{v_0^2 - 2\eta g * \frac{y_{obs}}{\sin\theta}}$$

Påkörningskraften ( $F_{imp}$ ) kan sedan beräknas med följande impulsjämvikt (Björnsson, 2010):

$$F_{imp} = \frac{m * v_{imp}}{\Delta t}$$

Beräkningar med impulsjämvikt ger upphov till högre påkörningskrafter än beräkningar med energijämvikt varför endast impulsjämvikt nyttjas.

Kraftkomponenten vinkelrätt mot påkörningsskyddet ( $F_{imp,y}$ ) blir:

$$F_{imp,y} = F_{imp} * \sin(\theta)$$

En ökning med 20 % på grund av "utanför-planet-effekter" ger att den laterala påkörningskraften blir 20 % större.

$$F_{imp,y+20\%} = F_{imp} * \sin(\theta) * 1,2$$

Friktionskoefficienten mellan tåg och påkörningsskydd uppskattats till 0,25 (se Tabell 26) och den longitudinella påkörningskraften (i spårets längdriktning) blir därmed:

$$F_{imp,x+20\%} = F_{imp,y+20\%} * 0,25$$

## Resultat

I Tabell 27 presenteras de laterala och longitudinella påkörningskrafter som påkörningsskyddet behöver dimensioneras för. I tabellen presenteras även skyddets lägsta erforderliga höjd över mark (för att förhindra kantring) i det fall skyddet utförs som fristående skydd.

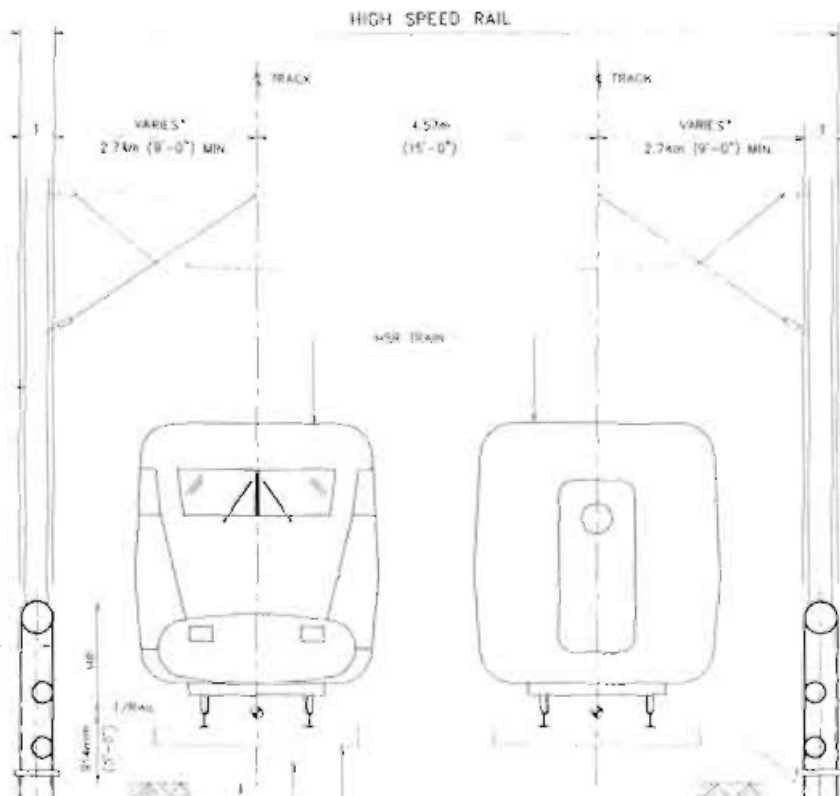
Om påkörningsskyddet placeras i anslutning till eller som en del av en byggnads fasad får påkörningskrafterna på detta avstånd från järnvägen inte ge mer än lokala skador på byggnad och ej medföra fortskridande ras i byggnad.

**Tabell 27. Dimensionerande laster och lägsta höjd för påkörningsskydd.**

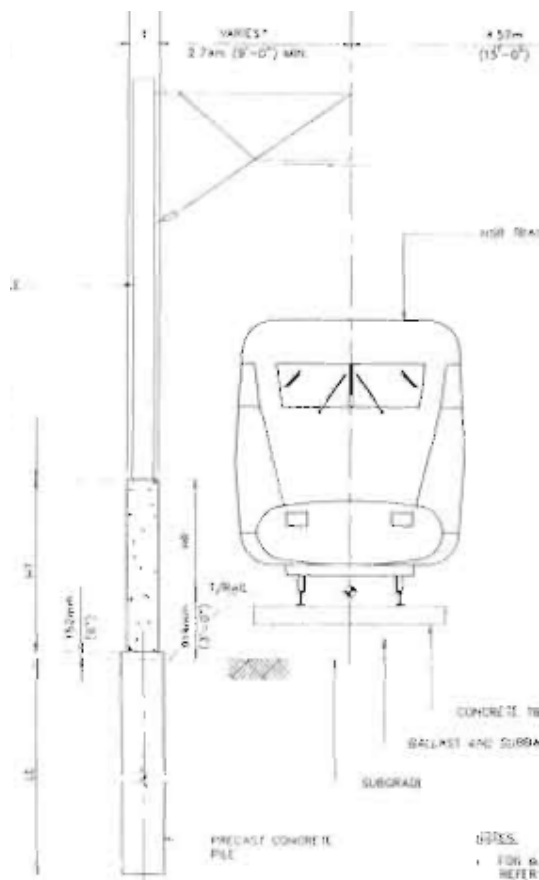
Lateralt avstånd från närmaste spårmitt till påkörningsskydd [m]	Dimensionerande lateral last [kN] (vinkelrätt mot spåret)	Dimensionerande longitudinell last [kN] (i spårets riktning)	Lägsta höjd över mark [m]
10	1130	280	1,14
12	1060	260	1,07
14	980	250	0,98
16	900	220	0,87
18	810	200	0,72
20	710	180	0,51

## Gestaltning

I Figur 25 och Figur 26 ges exempel på potentiell utformning av ett fristående påkörningsskydd.



Figur 25. Barriär med stålbalkar (3 horisontella). Mellan stålpelarna kan finnas t.ex. transparenta material för att släppa igenom ljus. Bildkälla: (Moyer, James, & Bechara, 1994).



Figur 26. Barriär i betong. Bildkälla: (Moyer, James, & Bechara, 1994).