

2017-08-31

RISKBEDÖMNING

KVARTER SIV, UPPSALA

VERSION 11

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)

Versionshistorik

Datum	Version	Kontroll
2017-08-31	Version 11: Revidering efter synpunkter från räddningstjänsten (samrådsyttrande). Alternativet med påkörningsskydd i fasad har tagits bort och istället planeras ett fristående påkörningsskydd.	Egenkontroll: EC
2017-05-05	Version 10: Uppdaterat förslag på utformning av påkörningsskydd utifrån andra förutsättningar (påkänningar enligt gällande konstruktionsstandarder och Trafikverkets krav för byggnadsverk intill järnväg, annat antagande om maximal hastighet på järnväg)	Egenkontroll: EC
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 - förtydligat 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" - förtydligat möjlig placering av påkörningsskydd - skyddsräl 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 den nya bebyggelsen inte uppmuntra till stadigvarande vistelse som exempelvis gårdsyta för bostäder.
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 öppningsbara¹.
3. Nya byggnader som placeras mellan 25 – 43 meter från närmaste spårmitt utförs med minst en utgång som vetter bort från järnvägen.
4. Ett fristående påkörningsskydd (utan öppningar) uppförs mellan spår och byggnad (parallellt med spår, se Bilaga 4). Påkörningsskydd bör dimensioneras för att klara påkänningar enligt gällande konstruktionsstandarder och Trafikverkets krav för byggnadsverk intill järnväg. Dessa återges i Tabell 1.

Tabell 1. Dimensionerande laster och lägsta höjd för påkörningsskydd.

Lateralt avstånd från närmaste spårmitt till påkörningsskydd [m]	Dimensionerande longitudinell last [kN] (i spårets riktning)	Dimensionerande lateral last [kN] (vinkelrätt mot spåret)	Lägsta höjd över mark [m]
3 – 5	4000 (SIS, 2011)	1500 (SIS, 2011)	1,5 se Bilaga 4
Mer än 5	2000 (Trafikverket, 2011)	750 (Trafikverket, 2011)	1,5 se Bilaga 4

¹ Länsstyrelsen i Stockholms län anser att sådana fönster får vara öppningsbara för exempelvis vädring av bostäder då dessa fönster sannolikt hålls stängda majoriteten av tiden (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2016).

Verksamhet intill järnvägen

Om riskreducerande åtgärder 1 – 4 vidtas rekommenderas markanvändning enligt Tabell 2.

Tabell 2. Ny verksamhet intill järnvägen då riskreducerande åtgärder 1-4 vidtas.

Avstånd från närmaste spårmitt [m]	Verksamhet
0 – 15 m	P – Parkering (ytparkering) T – Trafik N – Friluftsområde E – Teknisk anläggning
15 m – 25 m	Som ovan samt: 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) C – Centrum (kombinationer av handel, service, samlingslokaler men inga större verksamheter) <u>OBS!</u> Dessa verksamheter 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. Vidare bör verksamheternas <u>sammanlagda personantal</u> under normala öppettider inte överstiga 150 personer.
25 m –	Som ovan samt: C – Centrum H – Detaljhandel (större butiker) S – Skola R – Besöksanläggningar D – Vård O – Tillfällig vistelse, t.ex. hotell och konferens

Översvämningsrisk

Med anledning av kvarterets närhet till Fyrisån 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.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	3
1 INLEDNING	6
1.1 Syfte och mål	6
1.2 Omfattning och avgränsningar	6
1.3 Underlag	6
1.4 Kvalitetssäkring.....	6
1.5 Revidering.....	6
2 RISKHÄNSYN VID FYSISK PLANERING	7
2.1 Risk	7
2.2 Styrande dokument	7
2.3 Acceptanskriterier.....	8
2.4 Nyttjad metod	9
3 OMRÅDETS FÖRUTSÄTTNINGAR	10
3.1 Befolkningstäthet.....	11
4 RISKINVENTERING.....	12
4.1 Farliga och miljöfarliga verksamheter	12
4.2 Järnväg	12
4.3 Översvämning.....	15
5 FÖRDJUPAD ANALYS.....	16
5.1 Olycka på Ostkustbanan	16
5.2 Konsekvensberäkning	17
5.3 Antal omkomna.....	17
5.4 Översvämning.....	17
6 RESULTAT.....	20
6.1 Ostkustbanan – individ- och samhällsrisk	20
6.2 Översvämningsrisk	21
7 RISKVÄRDERING	22
7.1 Värdering av riskbidrag från Ostkustbanan	22
7.2 Värdering av översvämningsrisken.....	25
7.3 Markanvändning	25
8 KÄNSLIGHETS- OCH OSÄKERHETSANALYS	26
8.1 Ökad trafik på Ostkustbanan.....	26
9 DISKUSSION OCH SLUTSATS.....	27
10 REFERENSER.....	28
BILAGA 1 – FREKVENSBERÄKNING	30
BILAGA 2 – KONSEKVENSBERÄKNING	38
BILAGA 3 – RISKBERÄKNING.....	42
BILAGA 4 – PLACERING AV OCH HÖJD PÅ FRISTÅENDE PÅKÖRNINGSSKYDD.....	43

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 planeringsunderlag använts:

- Detaljplan för Kv Siv, samråd, 2016-05-26, Uppsala kommun
- Skisser, samrådshandling 2015-11-05, Sandell Sandberg
- Riskbedömning, Stationshuset, Uppsala, 2010-10-01, upprättad av Briab

1.4 Kvalitetssäkring

Utredningen omfattas av kontroll enligt Briabs kvalitetssystem som är upprättat och certifierat i enlighet med ISO 9001.

1.5 Revidering

Ändringar sedan föregående version har markerats med sidokantlinje till vänster.

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).

Samhällsrisken, 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 riktlinjer². Även i arbetet med egna riktlinjer har Länsstyrelsen i Uppsala län utgått från de stora länens riktlinjer². Dessa riktlinjer nyttjas därför i aktuell bedömning.

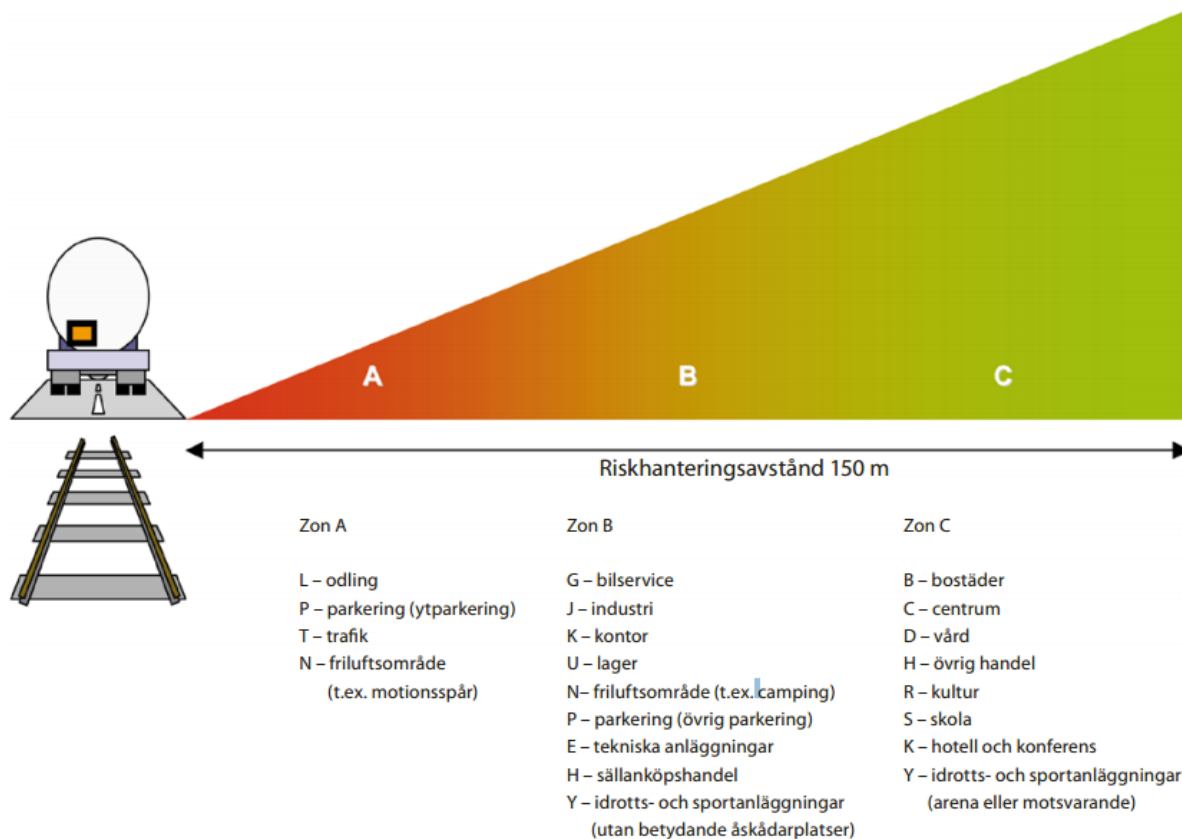
Länsstyrelsen i Stockholms län har gett ut rekommendationerna *"Riktlinjer för riskanalys som beslutsunderlag"* (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2003) och *"Riskanalyser i detaljplaneprocessen"* (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2003b). Dessa är generella rekommendationer beträffande krav på innehåll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

² 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 1.



Figur 1. 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 ALARP³-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 1×10^{-5} per år.
- Övre gräns för område där risker kan anses små är 1×10^{-7} per år.

Följande kriterier för samhällsrisk har föreslagits av DNV:

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

³ As Low As Reasonably Practicable (= risker kan tolereras om alla rimliga riskreducerande åtgärder är vidtagna.)

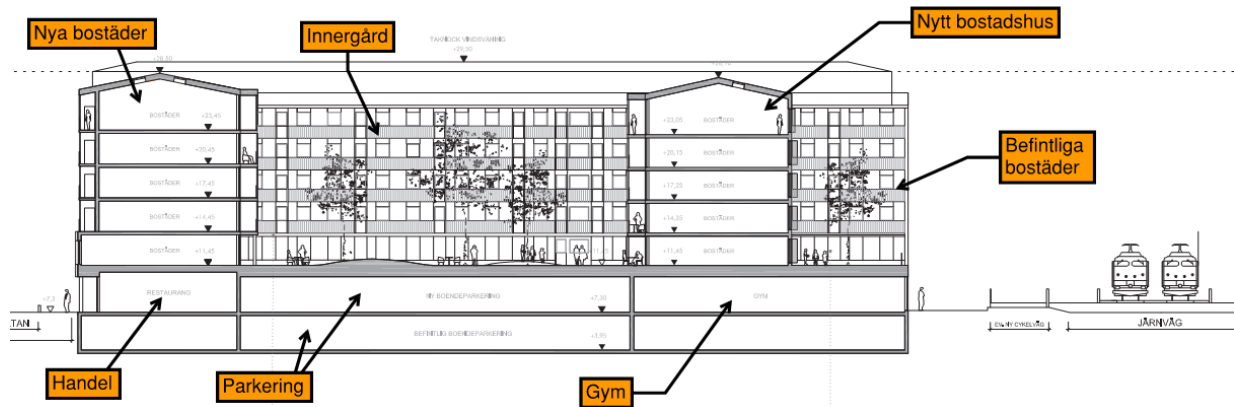
3 OMRÅDETS FÖRUTSÄTTNINGAR

Planområdet är beläget omkring 200 meter från centralstationen i Uppsala och angränsar i sydväst till järnvägen (Ostkustbanan), se Figur 2. Nordväst om kvarteret går Vaksalagatan och nordost Storgatan. I sydost går Roslagsgatan. Fyrisån rinner ungefär 500 meter från kvarteret.



Figur 2. 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 3.



Figur 3. 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 km². 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 km².

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, 2017).

Strax över 1 km öster om kvarteret ligger en Sevesoanläggning (Lantmäteriet, 2017). 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-S⁴) kan konsekvensen bli mer omfattande.

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 3 nedan.

Tabell 3. 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.

⁴ Ett Europa-gemensamt regelverk för transport av farligt gods på järnväg.

Kategori	Beskrivning	Konsekvensbeskrivning
Klass 3, Brandfarliga vätskor	Bensin, diesel- och eldningsoljor etc. Bensin och diesel kan transporteras i tankbil med släp rymmandes ca 40-45 m ³ drivmedel.	Brand, giftig rök. Medelstora konsekvensområden.
Klass 4, Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, giftig rök. Konsekvenserna 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 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 i 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 Arlanda⁵. I Tabell 4 presenteras transporterad andel av respektive farligt gods-klass.

Tabell 4. Antal vagnar (för respektive farligt gods-klass) som transporterades på järnvägen i anslutning till Uppsala Centralstation år 2009-2010. Källa: Trafikverket⁵.

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	Självantändande 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 %
6.2	Smittsamma ämnen	0	0 %
7	Radioaktiva ämnen	0	0 %
8	Frätande ämnen	316	1,78 %
9	Övriga farliga ämnen	526	2,98 %
Totalt		17 670	100 %

Trafikuppgifter i Tabell 4 gäller för Uppsala Centralstation men eftersom att inga farligt gods-transporter gör uppehåll på centralstationen så antas transportmängder och fördelning vara lika stor förbi aktuellt 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.

⁵ Hermo, R. (2010-07-06). Statistiker, Trafikverket. (H. Nordenstedt, Intervju)

4.2.4 Olycka med klass 1

Andelen explosiva ämnen som transporteras i anslutning till planområdet är liten, se Tabell 4. 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 3) eller transporteras i ytterst små mängder bedöms de ha en marginell påverkan på områdets risknivå och utreds därför inte närmare. Övriga klasser transporteras i väsentligen större mängder och har potential att ge upphov till större konsekvenser varför olyckor som involverar de klasserna kommer att vara dimensionerande för eventuella förslag på riskreducerande åtgärder. Eventuella olyckor med vagnar som transporterar klasserna 4, 6, 7, 8 och 9 beaktas dock sett till den påkörningsrisk dessa vagnar kan utgöra för omgivningen.

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. 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 5. 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 5 - 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) ⁶	$3,3 \times 10^{-09}$	$1,4 \times 10^{-09}$	$1,4 \times 10^{-09}$
O(2.1b) ⁷	$6,5 \times 10^{-10}$	$3,2 \times 10^{-10}$	$3,5 \times 10^{-10}$
O(2.1c) ⁸	$6,5 \times 10^{-12}$	$3,3 \times 10^{-12}$	$3,5 \times 10^{-12}$
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)	-	-	$1,2 \times 10^{-07}$
Summa	$4,0 \times 10^{-02}$		

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

⁶ Olycksscenariot gäller en olycka i klass 2.1 som leder till en fördröjd antändning av utsläppt gas

⁷ Olycksscenariot gäller en olycka i klass 2.1 som leder till en jetflamma.

⁸ Olycksscenariot 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. I bilagan återfinns även en beskrivning av beräkningsprogrammet *ALOHA*.

5.2.1 Konsekvensområde

Beräknade konsekvensavstånd, det vill säga avstånd från närmaste spårmitt till dödliga förhållanden, redovisas i Tabell 6 för de olika olycksscenarierna.

Tabell 6. Beräknade konsekvensavstånd från närmaste spårmitt 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

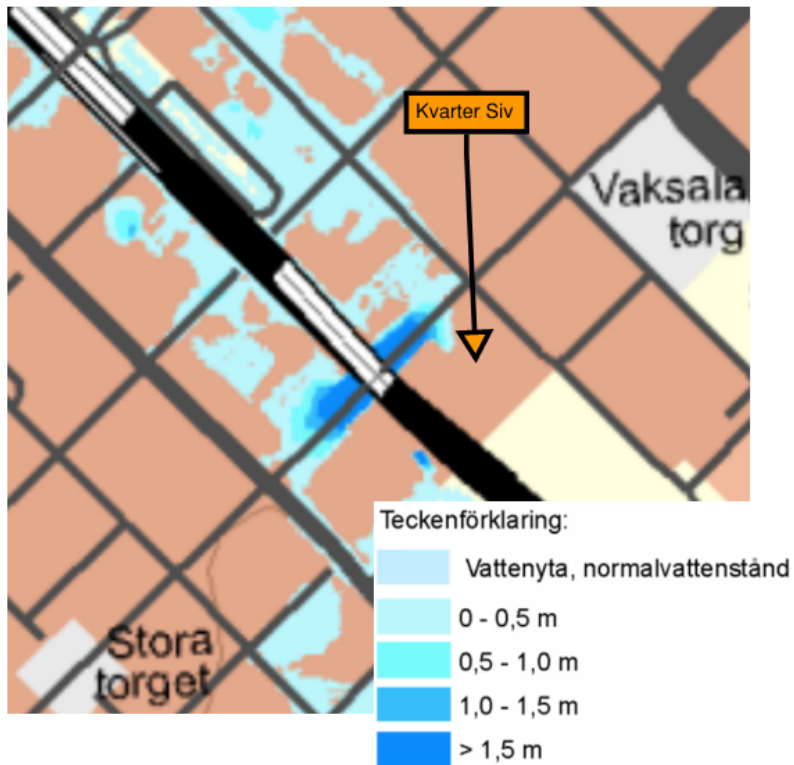
5.3 Antal omkomna

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

5.4 Översvämning

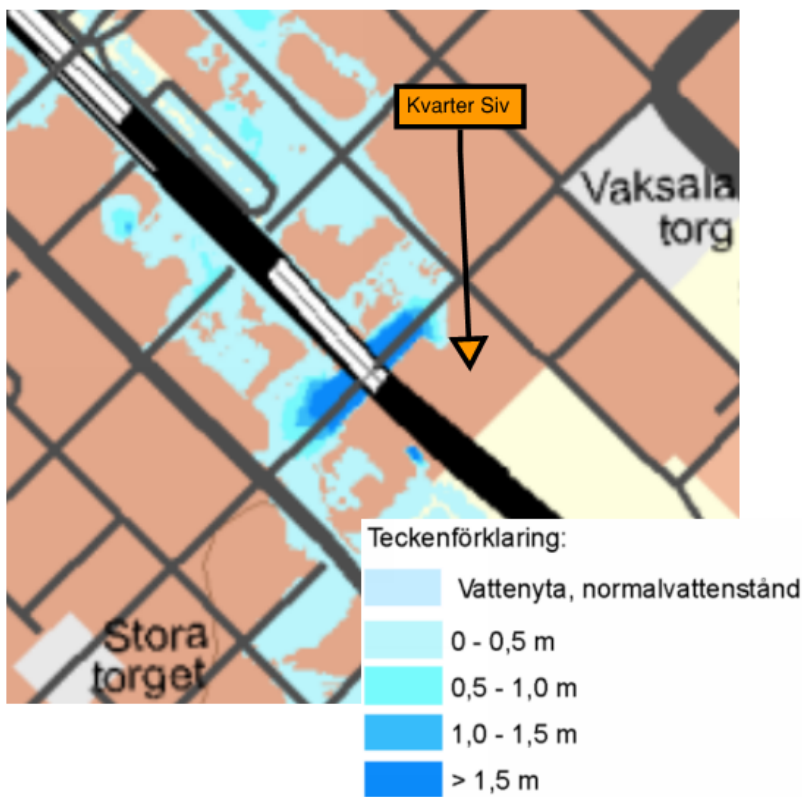
År 2013 publicerades en ny, uppdaterad översvämningsskartering utmed Fyrisån av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB, 2013). Skarteringen omfattar sträckan från Vattholma till Mälaren och visar vattendjupet i staden till följd av stora översvämningar. Skarteringen visar den värsta översvämningen 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 4 och Figur 5, analyseras endast översvämningsskarteringen för 200-årsflödet.



Vattennivå i Mälaren: 1.3 m

Figur 4. Vattendjup för 100-årsflödet (MSB, 2013). Redigerad av Briab.



Vattennivå i Mälaren: 1.3 m

Figur 5. 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 5) förväntas i denna punkt ett vattendjup på som mest 1,0 meter. Detta gör att vattenytan kan nå plushöjden +6,7 meter.

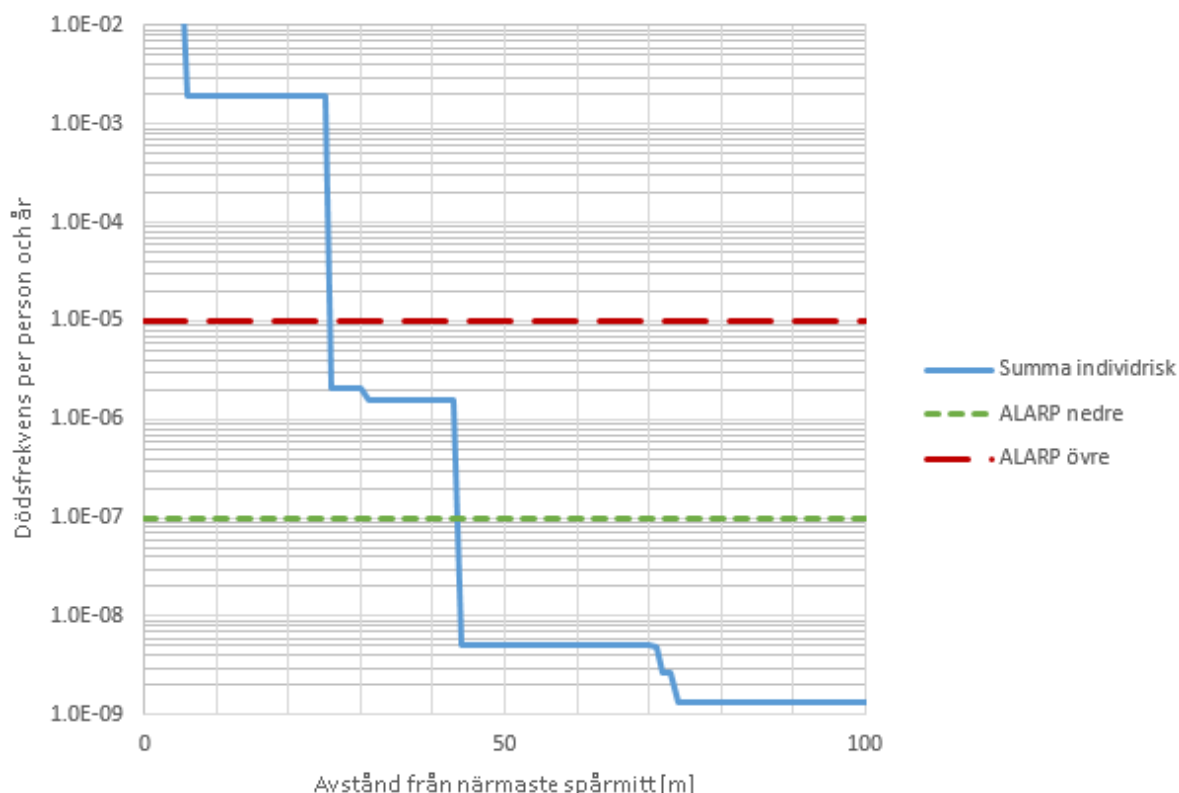
6 RESULTAT

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 översvämningsrisken presenteras separat i slutet av avsnittet.

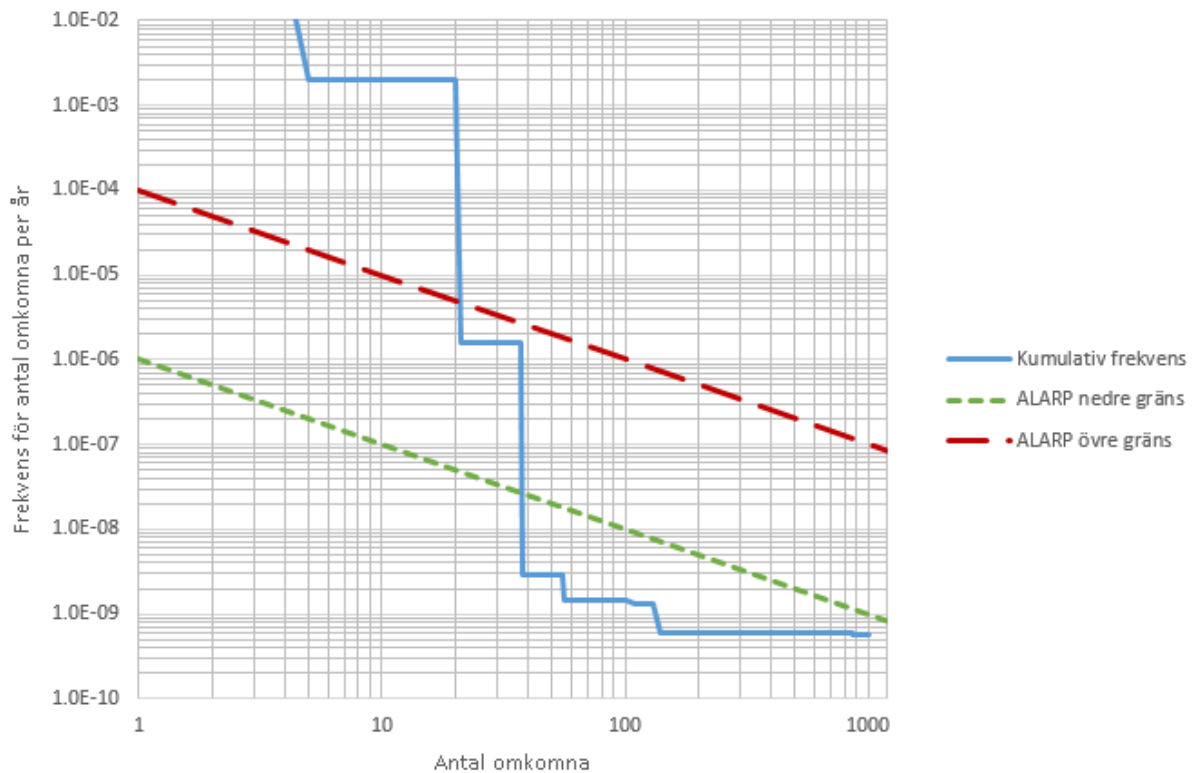
6.1 Ostkustbanan – individ- och samhällsrisk

Individrisken intill Ostkustbanan presenteras i Figur 6.



Figur 6. Individrisk intill Ostkustbanan.

F/N-diagrammet i Figur 7 illustrerar samhällsrisk som Ostkustbanan ger upphov till.



Figur 7. 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 6. 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 7) 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 den nya bebyggelsen inte uppmuntra till stadigvarande vistelse som exempelvis gårdsyta för bostäder.
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 öppningsbara⁹.
3. Nya byggnader som placeras mellan 25 – 43 meter från närmaste spårmitt utförs med minst en utgång som vetter bort från järnvägen.
4. Ett fristående påkörningsskydd (utan öppningar) uppförs mellan spår och byggnad (parallellt med spår, se Bilaga 4). Påkörningsskydd bör dimensioneras för att klara påkänningar enligt gällande konstruktionsstandarder och Trafikverkets krav för byggnadsverk intill järnväg. Dessa återges i Tabell 7.

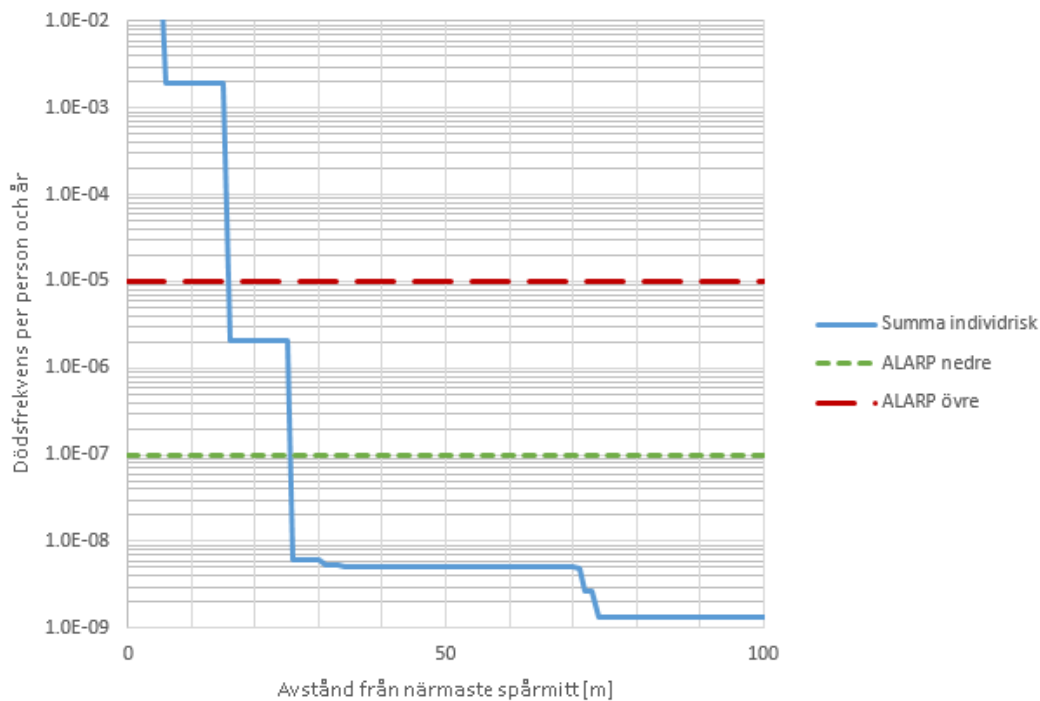
Tabell 7. Dimensionerande laster och lägsta höjd för påkörningsskydd.

Lateralt avstånd från närmaste spårmitt till påkörningsskydd [m]	Dimensionerande longitudinell last [kN] (i spårets riktning)	Dimensionerande lateral last [kN] (vinkelrätt mot spåret)	Lägsta höjd över mark [m]
3 – 5	4000 (SIS, 2011)	1500 (SIS, 2011)	1,5 se Bilaga 4
Mer än 5	2000 (Trafikverket, 2011)	750 (Trafikverket, 2011)	1,5 se Bilaga 4

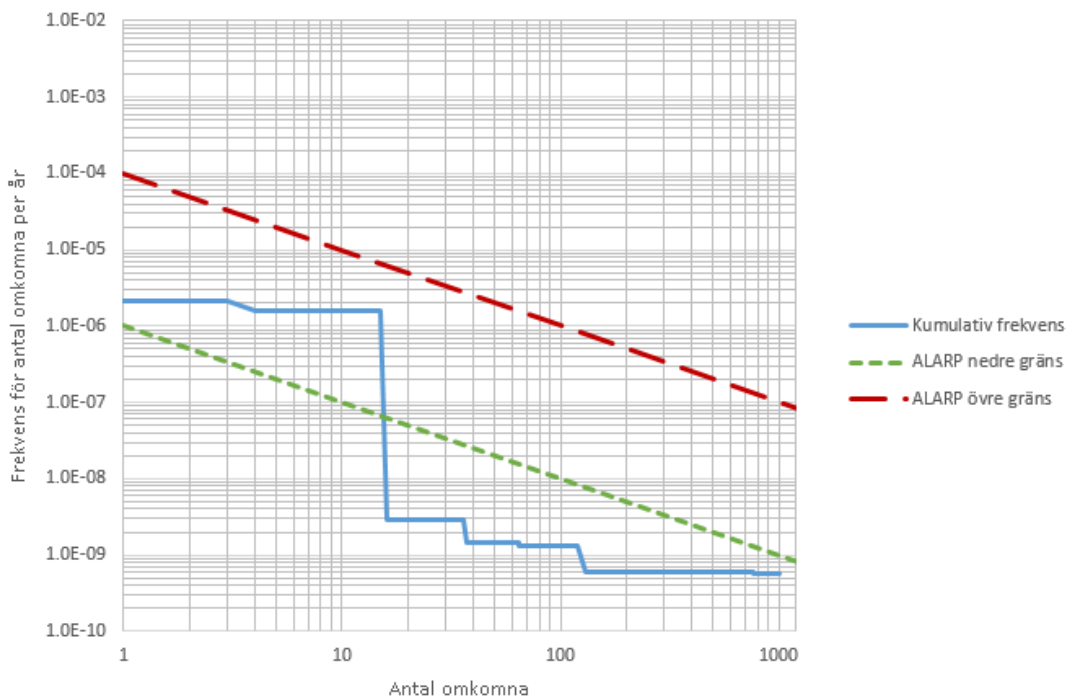
⁹ Länsstyrelsen i Stockholms län anser att sådana fönster får vara öppningsbara för exempelvis vädring av bostäder då dessa fönster sannolikt hålls stängda majoriteten av tiden (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2016).

7.1.4 Verifiering av åtgärdsförslag 1 – 4

Vid verifiering antas att påkörningsskydd uppförs ca 15 meter från närmaste spårmittpunkt. Om påkörningsskyddet uppförs närmare än så kommer individ- och samhällsriskerna att bli lägre.



Figur 8. Individrisk intill närmaste spårmittpunkt efter att riskreducerande åtgärd (1 – 4) har vidtagits. Efter 15 meter är individrisken inom ALARP-området.



Figur 9. Samhällsrisik för planområdet med omgivning efter att riskreducerande åtgärder (1-4) har vidtagits. Samhällsrisiken 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 för 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 10. Detta försvårar brandspridning till de befintliga byggnaderna. Det största riskbidraget, påkörning med tåg, reduceras väsentligt med hjälp av påkörningsskyddet.

Påkörningsskyddet kommer även att utgöra ett skydd mot utbredning av pölbrand även om denna effekt inte har kvantifierats i riskberäkningarna. I beräkningarna har istället antagits att pölen breder ut sig obehindrat mot byggnaderna.

Samhällsrisken hamnar inom och under ALARP-området. De olyckor som medför att samhällsrisken hamnar delvis inom ALARP-området är pölbrand (O3) och brand i oxiderande ämne (O5). Eftersom samhällsrisken beräknas för en 1000 meter lång sträcka, att jämföra med aktuell fastighets längd på ca 70 meter, är aktuell fastighets inverkan på samhällsrisken marginell. Inom aktuell fastighet föreslås ändå att ny bebyggelse skyddas mot just dessa olyckor (skyddsavstånd, brandskydd i fasad och särskilda krav på utrymningsmöjlighet). För att ytterligare sänka samhällsrisken behöver dessa åtgärder vidtas även för övrig bebyggelse i närheten av järnvägen i Uppsala. Detta är inte möjligt att bestämma inom ramen för aktuellt detaljplanearbete utan bör beaktas i varje kommande planarbete intill järnvägen i Uppsala. Utifrån detta bedöms samhällsrisken vara acceptabel enligt ALARP-principen.



Figur 10. Fasad i befintlig byggnad som vetter mot järnvägen.

Riskenivåerna bedöms sammantaget vara acceptabla för planområdet givet att riskreducerande åtgärd 1 – 4 vidtas.

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

Om riskreducerande åtgärder 1 – 4 vidtas rekommenderas markanvändning enligt Tabell 8.

Tabell 8. Ny verksamhet intill järnvägen då riskreducerande åtgärder 1-4 vidtas.

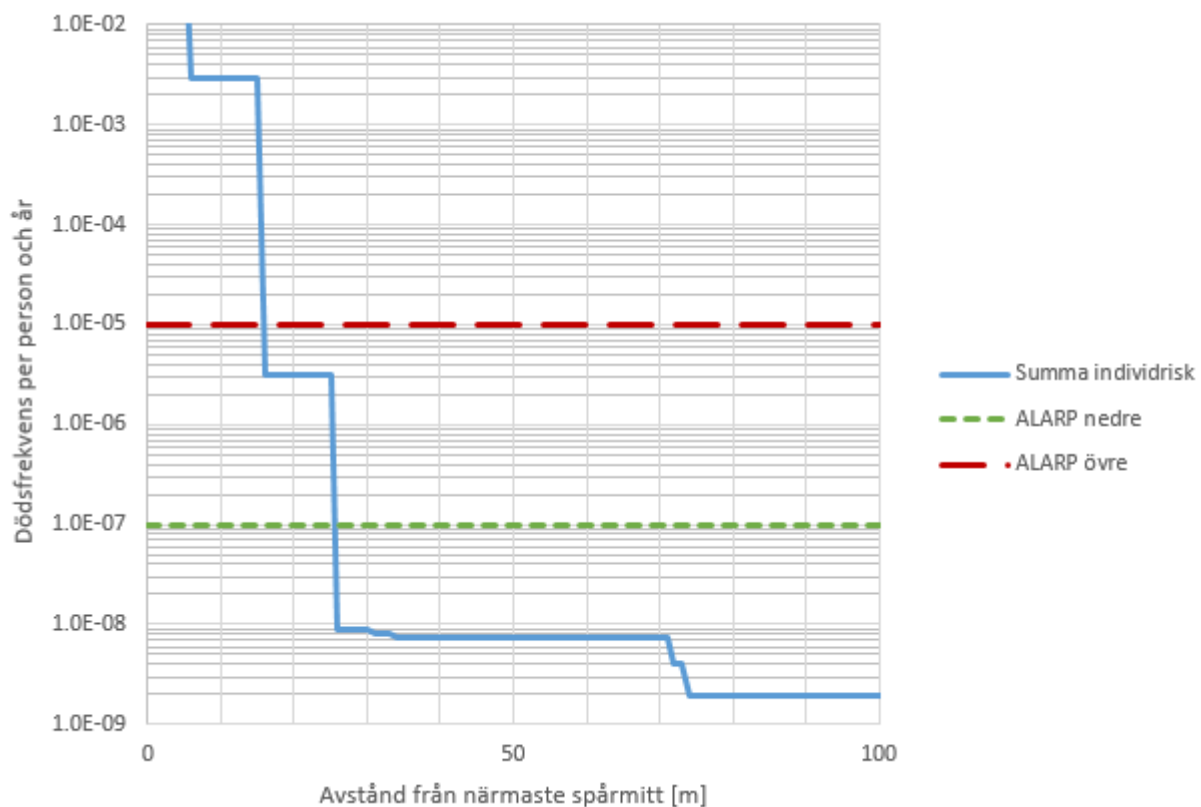
Avstånd från närmaste spårmittpunkt [m]	Verksamhet
0 – 15 m	P – Parkering (ytparkering) T – Trafik N – Friluftsområde E – Teknisk anläggning
15 m – 25 m	Som ovan samt: J – Industri Z – Lager H – Detaljhandel (mindre butiker) K – Kontor B – Bostad R – Besöksanläggningar (kulturella och religiösa verksamheter, idrotts- och sportanläggningar utan betydande åskådarplatser t.ex. gym men inga större verksamheter) C – Centrum (kombinationer av handel, service, samlingslokaler men inga större verksamheter) <u>OBS!</u> Dessa verksamheter 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. Vidare bör verksamheternas <u>sammanlagda personantal</u> under normala öppettider inte överstiga 150 personer.
25 m –	Som ovan samt: C – Centrum H – Detaljhandel (större butiker) S – Skola R – Besöksanläggningar D – Vård O – Tillfällig vistelse, t.ex. hotell och konferens

8 KÄNSLIGHETS- OCH OSÄKERHETSANALYS

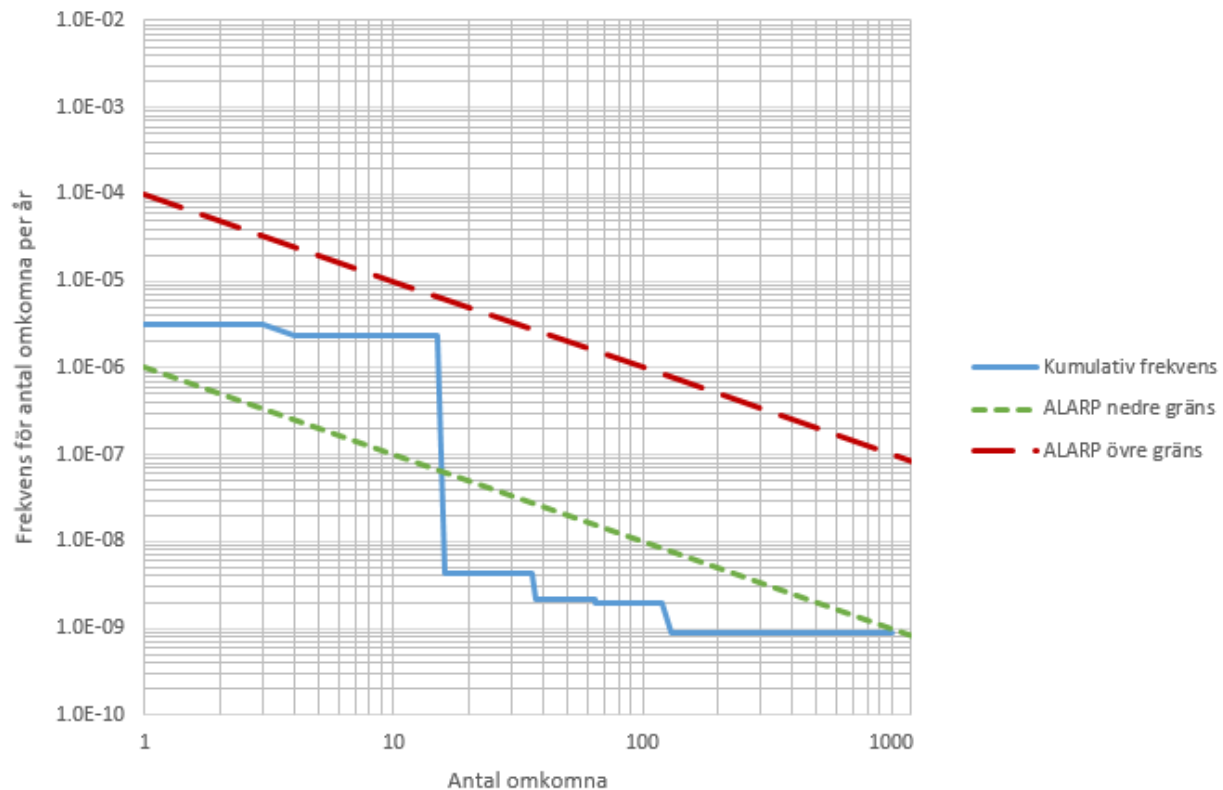
I riskbedömningar finns normalt ett stort antal osäkra parametrar, exempelvis hur frekvent farligt godsolyckor förväntas inträffa. Detta beror till stor del på att det inte har inträffat några omfattande olyckor. Olycksstatistik från andra länder kan vara olämpligt att använda eftersom deras infrastruktur 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 samhällsrisik 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 – 4 antas vara vidtagna. Resultatet framgår i Figur 11 och Figur 12.



Figur 11. Individrisk intill närmaste spårmittpunkt 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 12. 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, oxiderande ämnen 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 8.

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.

10REFERENSER

- 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. .
- 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. (2017). *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.
- Länsstyrelsen i Stockholms län. (2016). *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* .
- 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. 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.
- Sandell Sandberg. (2015). *Skisser, samrådshandling 2015-11-05*.
- SFS 2010:900. (2010). *Plan- och bygglag (SFS 2010:900)*.
- SIS. (2011). *SS-EN 1991-1-7:2006 Eurokod 1 - Laster på bärverk - Del 1-7: Allmänna laster - Olyckslast*. Stockholm: SIS Swedish Standards Institute.
- SMHI. (2014). *Normal årsmedeltemperatur*. Hämtat från <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/1.3973>
- Trafikverket. (2011). *TRVK Bro 11*.
- 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
- Trafikverket. (2017). *Jvgdata STH A/B/S-tåg*. Hämtat från Lastkajen: http://geo-baninfo.trafikverket.se/MapService/wms.axd/BanInfo?layers=STH_A_tag
- UIC. (2002). *UIC Code 777-2, Structures built over railway lines, 2nd edition*. International Union och Railways.
- Uppsala kommun. (2016). *Detaljplan för Kv Siv, samråd, 2016-05-26, Uppsala kommun*.
- VROM. (2005). *Guidelines for storage of organic peroxides. Publication series on Dangerous Substances*. Holland: Ministerier van VROM.

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 (φ) 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. Urspåring
2. Påkörning i samband med urspåring
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 urspåringsfrekvensen 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) spårmitt 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 9 (Fréden, 2001).

Tabell 9. 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	70×10^{-9}
Vagnfel	Antal vagnaxelkm	$31,0 \times 10^{-10}$ (godståg) 1×10^{-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 10.

Tabell 10. 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]	$6,8 \times 10^{-04}$	$5,9 \times 10^{-03}$	$7,3 \times 10^{-02}$
Totalt antal urspårningar [/år] för alla tågtyper	$8,0 \times 10^{-02}$		

Avstånd från spårkant vid urspårning

Avståndet mellan tåg och spår efter en urspårning har generellt 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 11. Informationen är hämtad från Banverket (2001) och nyttjas för att bedöma konsekvensområde.

Tabell 11. 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.

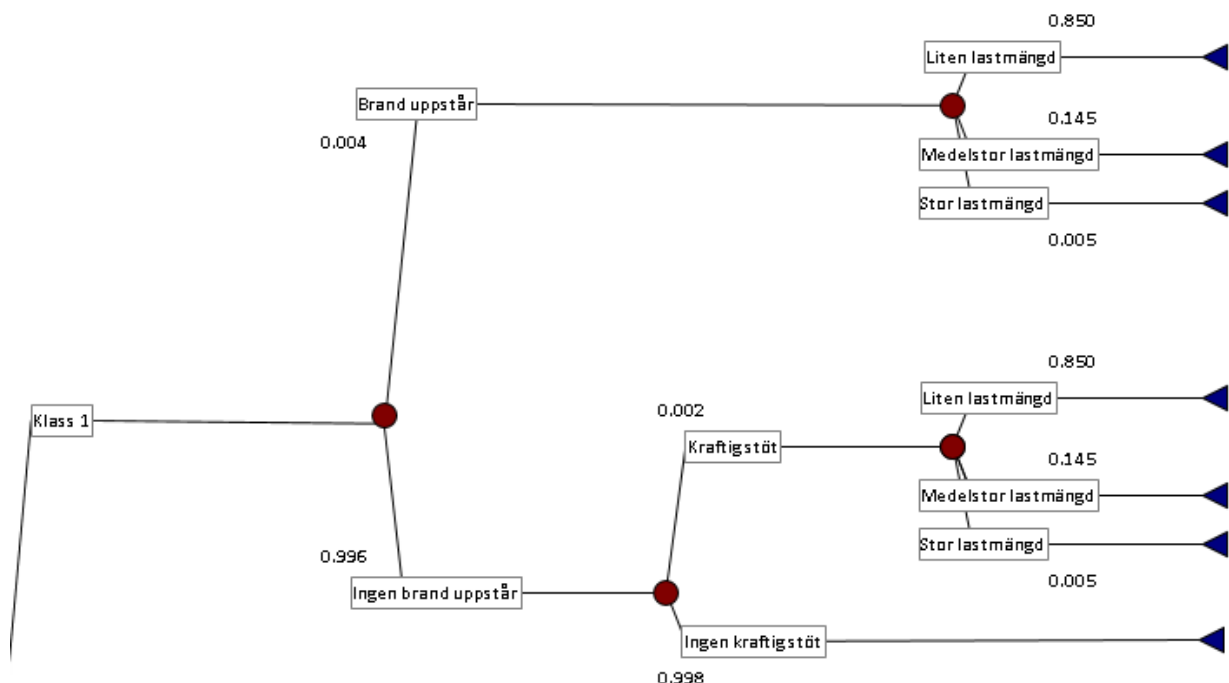
Explosiva ämnen och föremål (klass 1)

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 12.

Tabell 12. 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 transporterna bedöms utgöras av mindre mängder än 500 kg.

I Figur 13 beskrivs olycksförloppet i ett händelsetråd.



Figur 13. 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 13.

Tabell 13. Hålstorlekar och sannolikhet att de uppkommer (Räddningsverket, 1996).

Hålstorlek [cm ²]	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)

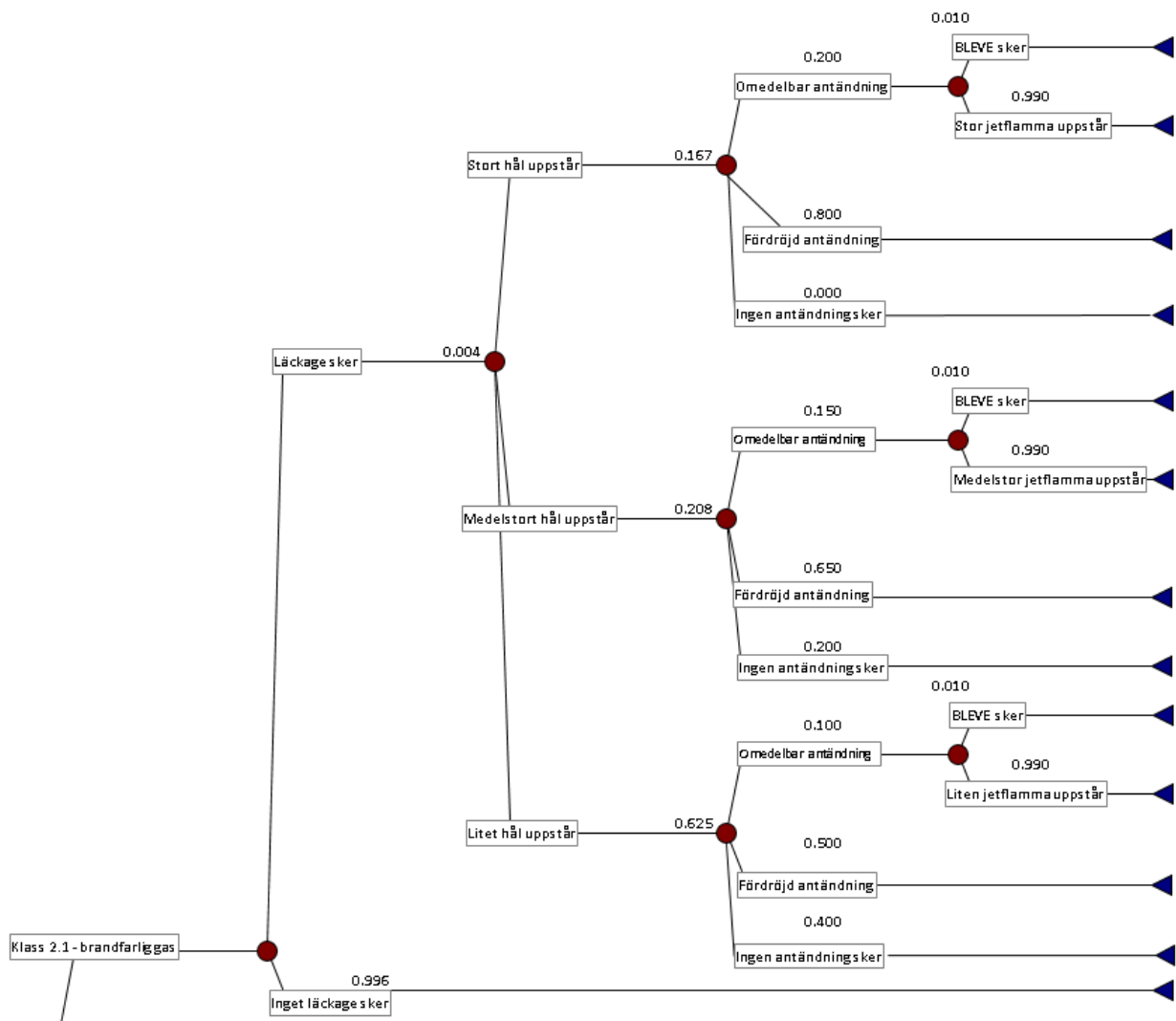
Om den trycksatta gasen antänds omedelbart efter läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med hjälp av vinden och sedan leder till antändning. BLEVE är mycket ovanligt och kan endast inträffa om gasbehållarnas säkerhetsventil saknas eller 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 14.

Tabell 14. 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 14 beskrivs olycksförloppet i ett händelsetråd.

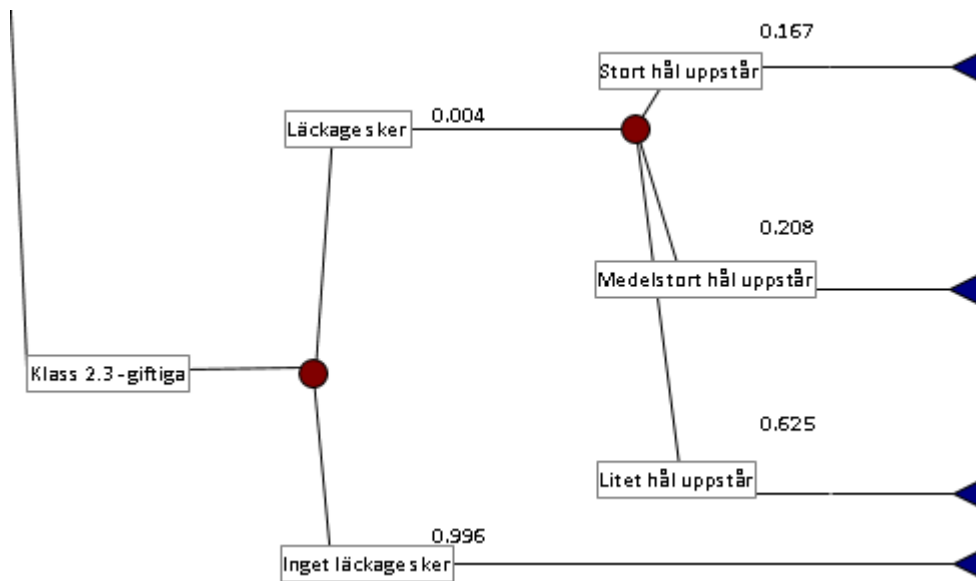


Figur 14. Händelsetråd för olycka med farligt gods-klass 2.1.

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 15 beskrivs olycksförloppet i ett händelsetråd.



Figur 15. 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).

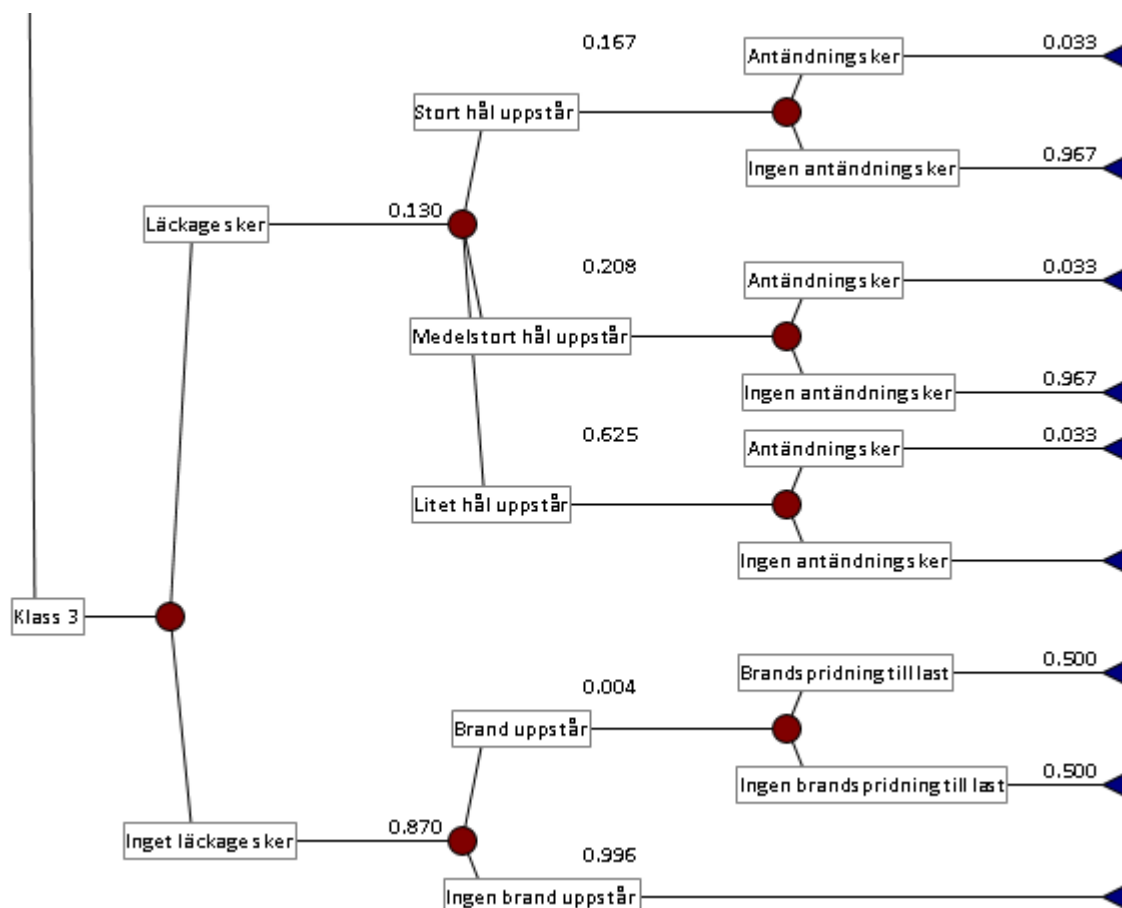
Sannolikheten för att brand ska uppstå vid en farligt gods-olycka har som tidigare nämnts uppskattats till 0,4 % (Nilsson, 1994). Det antas att hälften av dessa bränder sprider sig till lasten. I händelse av att en brand sprider sig till lasten antas att branden blir stor, motsvarande en stor pöl (400 m²).

Storleksfördelningen för en pöl givet läckage presenteras i Tabell 15.

Tabell 15. Sannolikhet för olika pölstorlekar givet läckage (Räddningsverket, 1996).

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

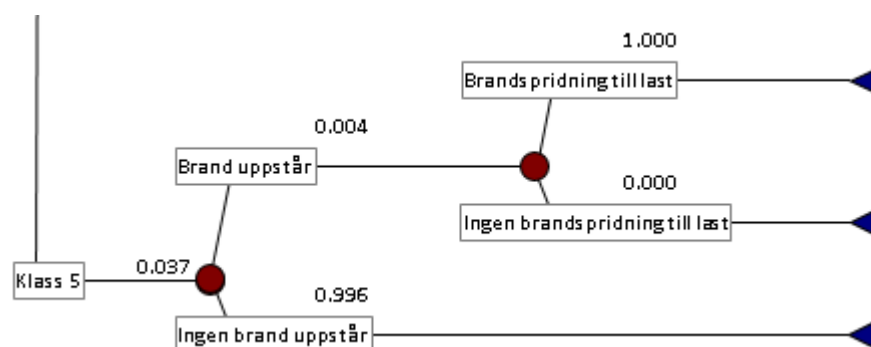
I Figur 16 beskrivs olycksförloppet i ett händelsetråd.



Figur 16. 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 17 beskrivs olycksförloppet i ett händelsetråd.



Figur 17. 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/km².
- 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 16 presenteras kritiska strålningsnivåer och vilka effekter de ger på omgivningen.

Tabell 16. Effekter vid olika strålningsnivåer (Brandteknik, Lunds tekniska högskola, 2005).

Strålningsnivå [kW/m ²]	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/m². 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/m² (OGP, 2010). I samma publikation anges att en strålningseffekt på 25 kW/m² troligen ger dödsfall efter en något längre exponering. I aktuell analys antas att 25 kW/m² 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 17 redovisas allmänna indata som ligger till grund för genomförda beräkningar.

Tabell 17. Allmän indata för konsekvensberäkningar i *ALOHA*.

Variabel	Ingångsvärde
Atmosfärstryck [Pa]	101325
Densitet på luft [kg/m ³]	1,29
Tyngdacceleration, [m/s ²]	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 ³
Tankvolym för vätska under atmosfärstryck	72 m ³

Explosiva ämnen (klass 1)

Konsekvensområdet vid explosion beräknas för varje lastmängd explosiva ämnen som anges i Tabell 12. 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 18.

Tabell 18. 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 13. Vid konsekvensberäkningarna ligger vinden i riktning mot området. Resultaten presenteras i Tabell 19 till Tabell 21.

Tabell 19. 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 20. 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 21. 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 13. Resultaten presenteras i Tabell 12.

Tabell 22. 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 15. Vätskan antas spridas obehindrat mot byggnaderna. Resultaten presenteras i Tabell 23.

Tabell 23. Konsekvensområdet för olika pölstorlekar givet pölbrand.

Pölstorlek [m ²]	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 15. Därför beräknas inget separat konsekvensområde utan detta framgår i sista raden i Tabell 23.

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 23). 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/km² 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.

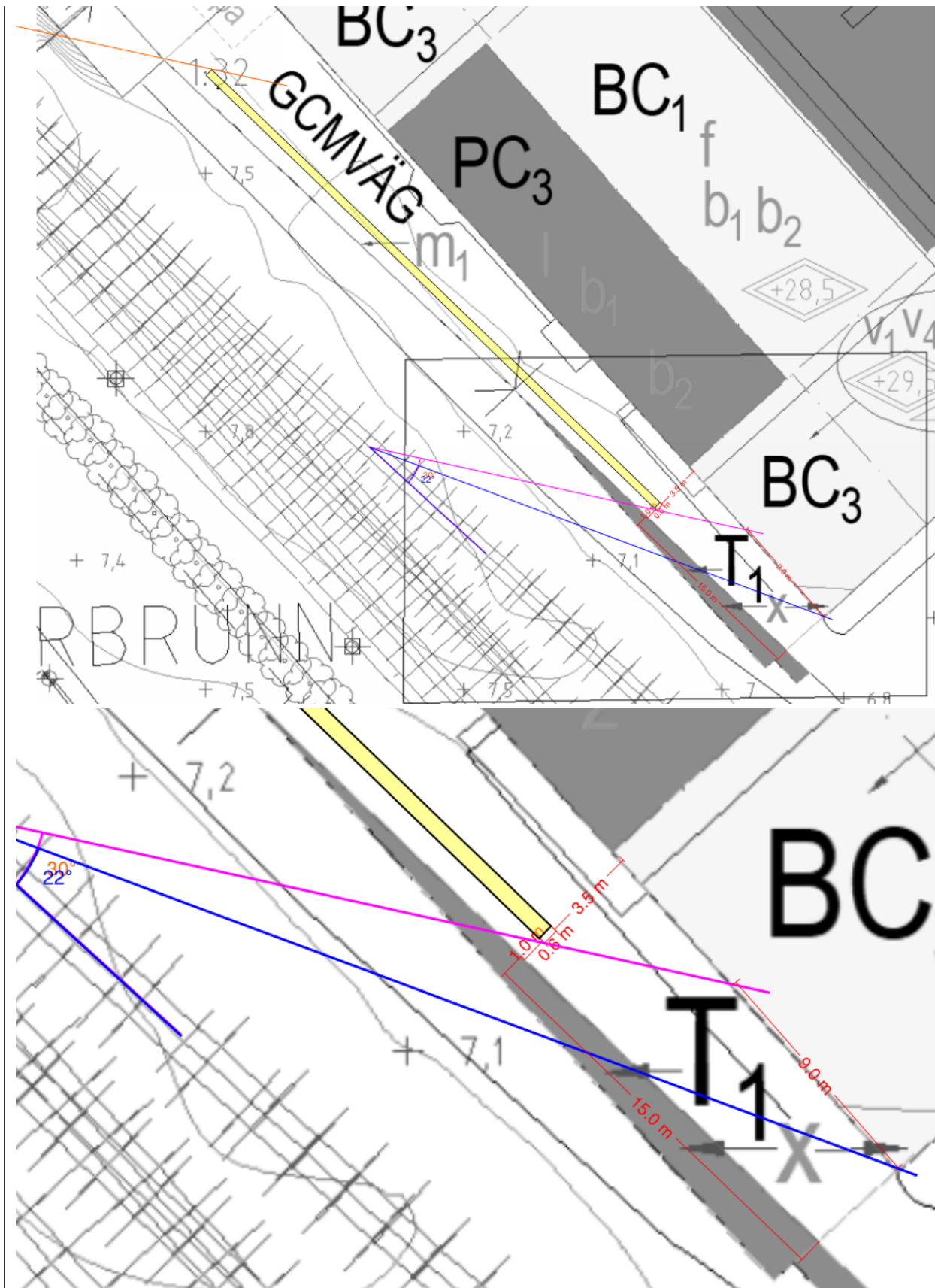
BILAGA 4 – PLACERING AV OCH HÖJD PÅ FRISTÅENDE PÅKÖRNINGSSKYDD

Placering

För att hindra påkörning av byggnad på fastigheten krävs att det fristående påkörningsskyddet placeras i rätt förhållande till byggnaden eftersom den urspårningsvinkel ett urspårat tåg avviker från spåret är relativt begränsad. Förbi planområdet är järnvägen dubbelspårig och eftersom den svenska järnvägstrafiken har vänstertrafik kommer det närmaste spåret framförallt trafikeras av södergående tåg. I undantagsfall vid särskilda spårömläggningar kan dock även norrgående tåg passera på det närmaste spåret. Urspårning på det bortre spåret bedöms ej påverka byggnaden då det närmaste spåret då fungerar som en barriär och medför en effekt liknande den som för skyddsräler.

Det fristående påkörningsskyddet behöver därför placeras utifrån urspårningsvinklar för södergående tåg på det närmsta spåret. Urspårningsvinklar är generellt lägre vid högre urspårningshastigheter (UIC, 2002). Lägsta urspårningshastigheten som kan ge påverkan på aktuell fastighet bedöms vara 30 km/h utifrån statistik över inträffade urspårningar (Fréden, 2001). Urspårning som sker i denna hastighet bedöms ge upphov till en urspårningsvinkel på ca 30 grader (UIC, 2002). Den största tillåtna hastigheten (STH) på det närmaste spåret är 80 km/h (Trafikverket, 2017) vilket bedöms ge upphov till en urspårningsvinkel på ca 8 grader (UIC, 2002). Södergående tåg som spårar ur innan Vaksalagatan bedöms inte påverka aktuell fastighet på grund av gatans/viaduktens skyddande effekt.

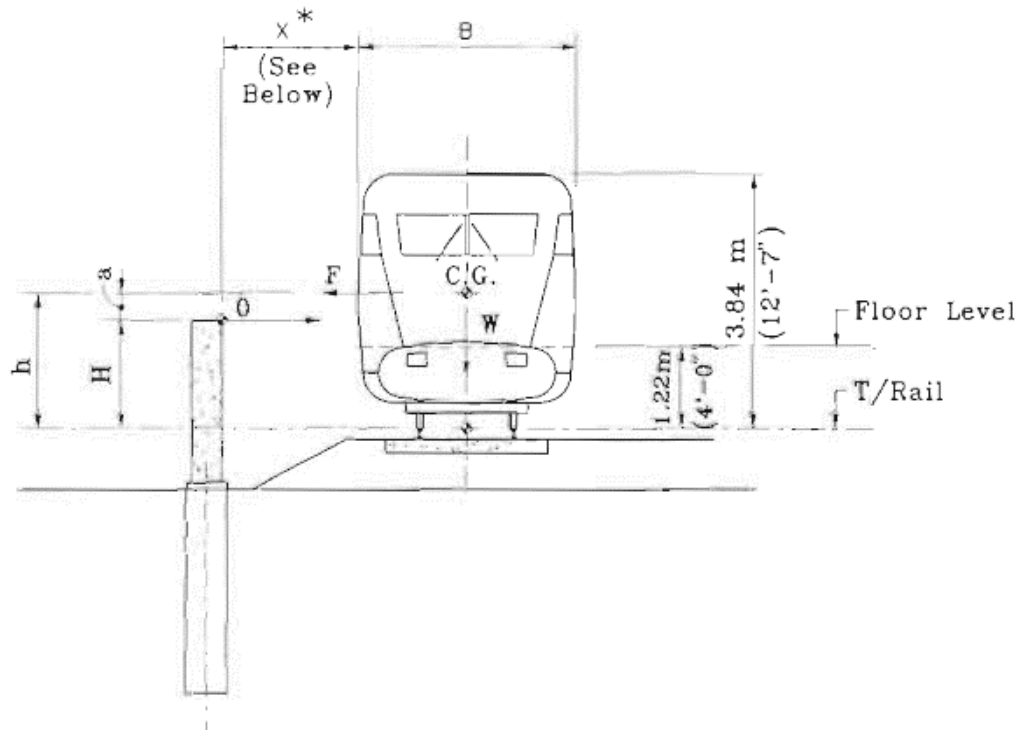
Trafikverkets önskemål är, av underhållsskäl, att påkörningsskyddet placeras minst 1 meter från myndighetens fastighetsgräns. För att skydda hela fastigheten (byggnaderna) mot påkörning behöver det fristående påkörningsskyddet i det fallet sträcka sig ca 11 meter från den norra tomtgränsen och ca 5 meter från den södra tomtgränsen. Kommunen önskar få en så bred gång- och cykelbana som möjligt mellan byggnad och påkörningsskydd i fastighetens södra ände. Om påkörningsskyddet avslutas ca 15 meter från södra fastighetsgränsen (istället för 5 meter) kommer ca 9 meter av den befintliga byggnaden att exponeras för påkörningsrisk, se Figur 18. Frekvensen för påkörning av denna exponerade del blir då, med användande av urspårningsfrekvenser som beräknats i Bilaga 1 och med hänsyn till den korta exponeringen (9 meter) och troliga urspårningsvinklar, ca 10^{-6} per år. Detta utgör, för den befintliga byggnaden, ett individriskbidrag som hamnar i mitten av ALARP-området om det antas att någon i byggnaden alltid omkommer vid påkörning (även i lägre hastigheter). Denna individrisk är jämförbar med den individrisk som uppkommer om påkörningsskyddet förlängs hela vägen, se Figur 8, som även den är ca 10^{-6} per år. Innebörden av detta är att en förkortning av påkörningsskyddet medför en marginell riskökning som inte medför en oacceptabel risknivå för den befintliga byggnaden i fastighetens södra ände utan kan accepteras enligt ALARP-principen.



Figur 18. Påkörningsskyddets sträckning (gult område) och andra viktiga mått och urspårningsvinklar. Påkörningsskyddets exakta bredd (tjocklek) är i dagsläget inte fastställt vilket innebär att måtten är ungefärliga. Källa: (Uppsala kommun, 2016), redigerad av Briab.

Höjd

I en utredning framtagen av Moyer, James och Bechara (1994) i ett uppdrag åt den amerikanska motsvarigheten till Trafikverket togs en korrelation fram mellan förväntad påkörningskraft och vilken lägsta höjd för ett fristående påkörningsskydd som erfordras för att förhindra kantring, se Figur 19.



*Note: $X = 0$ upon impact

Summing moments about point "O":

$$\Sigma M_o = F(h-H) - W(B/2) = 0$$

$$Fh - FH = W(B/2)$$

$$H = \frac{Fh - W(B/2)}{F}$$

FIGURE 4-5. MINIMUM BARRIER HEIGHT TO PREVENT OVERTURNING

Figur 19. Beräkning av minsta höjd för påkörningsskydd. Källa: (Moyer, James, & Bechara, 1994).

Indata

I Tabell 7 framgår vilken högsta lateral kraft (F i Figur 19) som skyddet bör dimensioneras för. Denna kraft är 1500 kN. I Tabell 24 presenteras övriga indata till beräkningen av H i Figur 19.

Tabell 24. Indata till beräkning av påkörningsskyddets minsta höjd.

Parameter	Värde	Kommentar
W = 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).
H = Höjd (lok)	4,42 m	Ellok RC6
B = Bredd (lok)	3,15 m	Ellok RC6
h = Tyngdpunkt (ellok)	2,2 m	Halva lokets höjd – utifrån uppskattning i (Moyer, James, & Bechara, 1994)
Gravitation (g)	9,81 m/s ²	-

Beräkning

$$H = (1\,500\,000 \times 2,2 - (78\,000 \times 9,81) \times 3,15 / 2) / 1\,500\,000 \approx 1,5 \text{ meter}$$

Beräkningen visar att påkörningsskyddet behöver vara nästan 1,5 meter högt (ovan mark) för att förhindra att loket välter över skyddet.