

Rådhuset Arkitekter AB

RISKBEDÖMNING FÖR NY DETALJPLAN

Rev. C

Del av Vadholmen, Foss 2:81, 2:82 m fl

Munkedal, Munkedals kommun

Uppdragsansvarig: Lars Strömdahl

Författare: Jesper Svensson

Datum: 2020-09-15

SAMMANFATTNING

Följande riskbedömning upprättas som underlag i detaljplanprocessen gällande nybyggnation av bostäder på planområde Del av Vadholmen, Foss 2:81, 2:82 m.fl. i centrala Munkedal. Planområdet ligger i anslutning till ett industrispår samt Bohusbanan vilken är en järnväg som utgör led för farligt gods-transporter.

Riskbedömningen är utförd i enighet med Länsstyrelsens riktlinjer [1]. Riskerna med avseende på transporter av farligt gods analyseras utifrån frekvens- samt konsekvensberäkningar utifrån olycksscenarioer som innefattar brandfarliga gaser, giftiga gaser, oxiderande ämnen och organiska peroxider samt brandfarliga vätskor.

Denna handling är en revision (Rev. C) av ursprunglig handling. Handlingen revideras för att bemöta räddningstjänstens granskningsyttrande angående tåg som antänder i området och leder till brandspridning till tågagn [2]. Reviderade stycken markeras i vänstermarginalen.

Den ursprungliga handlingen har tidigare reviderats (Rev. A och Rev. B) och kompletterades då med en känslighetsanalys, till följd av tillkommande uppgifter kring trafikintensitet (Rev. A) respektive för att återspegla förändringar som skett för planförslaget (Rev. B).

Baserat på uppgifter från Trafikverket från 2016 [2], är individ- och samhällsriskerna lägre än det nedre kriteriet för acceptabel risk som antagits i denna bedömning. Därmed krävs inga åtgärder enligt resultatet av grundberäkningarna.

För att även ta höjd för uppgifter presenterade av Trafikverket år 2012 [2], där andra trafikflöden på sträckan har uppgivits har även en känslighetsanalys genomförts.

Rekommenderad markanvändning baserat på känslighetsanalysen presenteras i tabellen nedan.

Avstånd från järnvägen	Markanvändning
<15 meter	Oexploaterad
15-30 meter	Endast parkering, trafik, friluftsområden etc. under förutsättning att åtgärder vidtas
30-60 meter	Parkering, trafik, friluftsområden etc. Bostäder under förutsättning att ev. erforderliga åtgärder vidtas
>60 meter	Valfri markanvändning

Riskreducerande åtgärder har föreslagits i form av placering av friskluftsintag, evakueringsmöjligheter bort från Bohusbanan samt fasadåtgärder för bostäder/kvarter som är belägna närmast Bohusbanan.

Innehållsförteckning

I	INLEDNING.....	4
1.1	Syfte.....	4
1.2	Avgränsningar	4
1.3	Metodik	4
2	FÖRUTSÄTTNINGAR	9
2.1	Området	9
2.2	Persontäthet.....	11
2.3	Aktuell järnväg.....	11
2.4	Meteorologiska förhållanden	12
3	RISKANALYS	13
3.1	Riskidentifiering.....	13
3.2	Riskuppskattning	15
3.3	Resulterande risknivåer.....	17
4	KÄNSLIGHETSANALYS	18
5	RISKVÄRDERING OCH RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	19
6	SLUTSATS.....	20

I INLEDNING

Bengt Dahlgren Brand & Risk AB har av Rådhuset Arkitekter AB fått i uppdrag att utföra en riskbedömning för planområde Del av Vadholmen, Foss 2:81, 2:82 m.fl. i centrala Munkedal. Riskbedömningen upprättas som underlag i den detaljplanprocess som pågår med avseende på bebyggelse i området. Planområdet omfattar nybyggnation av 50–90 bostäder i flerbostadshus. Planområdet ligger intill Bohusbanan samt ett industrispår som leder till pappersbruket Arctic Paper Munkedal AB. Lägsta avstånd mellan Bohusbanan och planerade bostäder är ca 30 meter. Bohusbanan är en järnväg med farligt gods-transporter varpå Länsstyrelsen ställer krav på att en riskutredning ska göras. Enligt uppgift [1] transporteras inget farligt gods på industrispåret.

1.1 Syfte

Riskbedömningen syftar till att bedöma vilka risknivåer avseende farligt gods som föreligger längs den aktuella sträckan av Bohusbanan samt att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan. I ovanstående ingår att efter behov ge förslag på riskreducerande åtgärder.

1.2 Avgränsningar

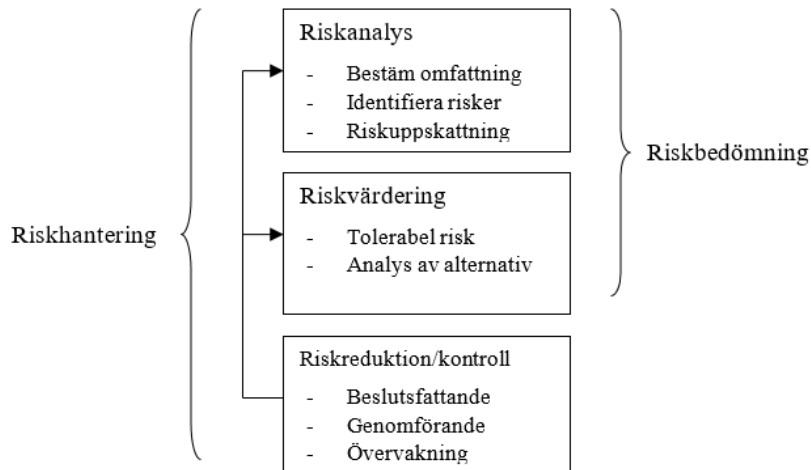
Utredningen behandlar risken för skador på människors liv och hälsa till följd av plötsligt inträffade utsläpp av farligt gods. Risk för skador på miljö och egendom eller hälsorisker orsakade av långvarig exponering behandlas ej.

I riskbedömningen belyses enbart risker förknippade med farligt gods-transporter som sker på aktuell sträcka av Bohusbanan och avgränsas geografiskt till det planområde som Del av Vadholmen, Foss 2:81, 2:82 m.fl. utgör.

De resultat som presenteras i riskutredningen gäller endast under angivna förutsättningar. Vid förändring av förutsättningarna behöver riskbedömningen uppdateras.

1.3 Metodik

Arbetsmetodiken i detta projekt följer Länsstyrelsens anvisningar [2] och bygger i stort på följande schematiska bild över riskhanteringsprocessen.



Figur 1 Riskhanteringsprocessen

Denna rapport utgör en riskbedömning, dvs. innefattar både riskanalys och riskvärdering.

Metoderna för de enskilda ingående delarna i riskanalysen är genomgående vedertagna beräkningsmetoder, bedömningar och statistiska antaganden som återfinns i litteraturen, främst i [3], [4] samt [5].

Metodiken är delvis *kvantitativ* och delvis *kvalitativ*. Sannolikhetsberäkningar för identifierade riskscenarier kopplas samman med konsekvensberäkningar utförda av Länsstyrelsen i Skåne län i samband med framtagandet av *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods* [6].

Konsekvensberäkningarna har resulterat i riskavstånd för olika riskscenarier med farligt gods, dvs. avstånd inom vilket personer kan antas omkomma i händelse av farligt godsolycka. Sammantaget ger konsekvens- och sannolikhetsberäkningarna en risknivå presenterad som en riskkurva för området.

Individrisk är ett riskmått som definieras som sannolikheten för en godtycklig individ att omkomma på ett år vid kontinuerlig vistelse på en specifik plats. Notera att detta är ett *mått* och inte den verkliga sannolikheten att omkomma, eftersom individer sällan vistas på samma plats i ett år. Individrisken är oberoende av hur många personer som vistas i det givna området. Individrisken redovisas som frekvensen att omkomma per år som en funktion av avståndet till riskkällan.

Samhällsrisk är ett riskmått där hänsyn tas till befolkningstäthet inom ett givet område. Konsekvensernas storlek beaktas med avseende på antalet personer som påverkas vid ett skadescenario. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, exempelvis att persontätheten kan vara hög på en viss tid på dygnet men låg under en annan. Samhällsrisk redovisas ofta i ett F/N-

Rev. C

diagram (Frequency/Number) där den totala sannolikheten för att ett visst antal personer omkommer illustreras.

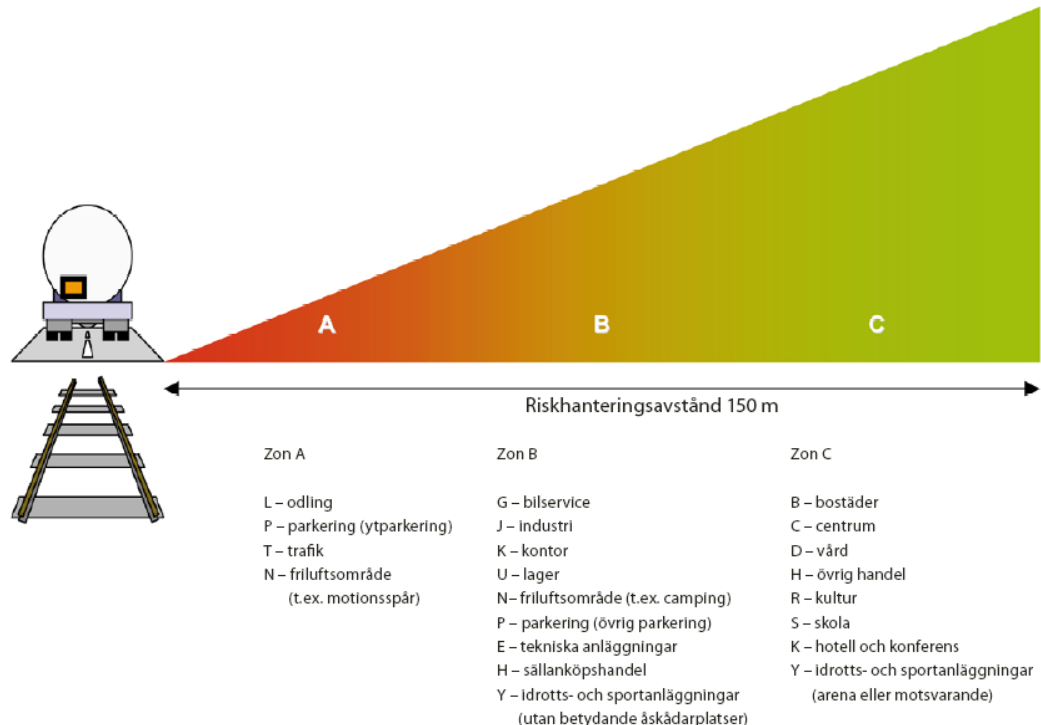
1.3.1 Metod för riskvärdering

I Sverige finns idag inga nationellt antagna kvantitativa acceptanskriterier avseende risk.

Vad som är en acceptabel risk är aldrig självklart men följande grundläggande principer är vanligt förekommande vid riskhantering och kan användas som en del av bedömningen [7]:

- *Rimlighetsprincipen:*
En verksamhet bör inte innebära risker som med rimliga medel kan undvikas. Detta innebär att risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras alltid skall åtgärdas (oavsett risknivå).
- *Proportionalitetsprincipen:*
De totala risker som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerligt stora jämfört med de fördelar (intäkter, produkter, tjänster, etc) som verksamheten medför.
- *Fördelningsprincipen:*
Riskerna bör vara skäligt fördelade inom samhället i relation till de fördelar som verksamheten medför. Detta innebär att enskilda personer eller grupper inte bör utsättas för oproportionerligt stora risker i förhållande till de fördelar som verksamheten innebär för dem.
- *Principen om undvikande av katastrofer:*
Risker bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser som kan hanteras av tillgängliga beredskapsresurser än i katastrofer.

Ett sätt att hantera risker är att följa framtagna skyddsavstånd. Vid samhällsplanering intill farligt gods-leder finns ofta generella skyddsavstånd framtagna inom kommunen eller länet. Dessa skyddsavstånd är tänkta att fungera som riktvärden för placering av byggnader i närheten av farligt gods-leder. Länsstyrelserna i Skånes, Stockholms samt Västra Götalands gemensamt framtagna dokument *Riskhantering i detaljplaneprocessen* [2] anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas inom 150 meter från en transportled för farligt gods. I Figur 2 nedan illustreras lämplig markanvändning i anslutning till leden.



Figur 2 Zonindelning för lämplig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods.

År 1997 tog Det Norske Veritas, DNV, på uppdrag av Räddningsverket (numera Myndigheten för skydd och beredskap, MSB) fram förslag på riskvärderingskriterier [8] vilka idag utgör praxis vid riskvärdering gällande individ- och samhällsrisk.

Utifrån riskanalysens resultat värderas den beräknade risken genom att den jämförs mot av DNV föreslagna kriterier. Detta utgör underlag för huruvida risken kan bedömas accepteras, med eller utan extra åtgärder.

Individeriskriterier

Individeriskriterierna [8] stämmer relativt väl överens med internationella kriterier och bygger på att individen har en genomsnittlig känslighet för exponeringen och är kontinuerligt närvarande och befinner sig utomhus.

Kriteriet är tillämpligt för allmänheten och formuleras enligt följande:

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

Den undre gränsen (10^{-7}) motsvarar, eller är lägre än, risken att omkomma till följd av naturolyckor vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens

Rev. C

totala risknivå. Den övre gränsen (10^{-5}) är cirka en tiondel av den naturliga dödsfallsrisken för de grupper i samhället som har lägst dödsfallsrisk.

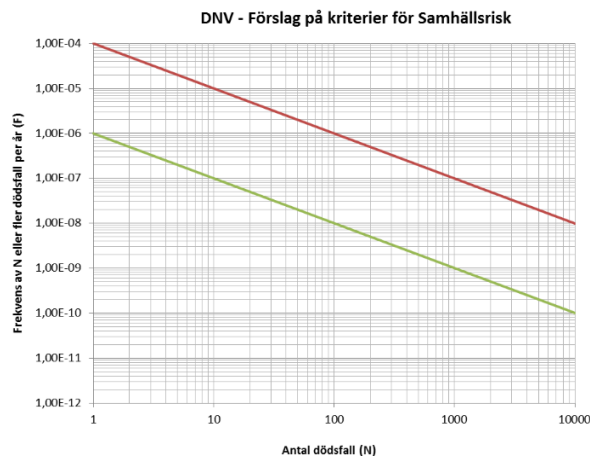
Om risknivån ligger mellan den undre och den övre gränsen, i det så kallade ALARP-området (ALARP As Low As Reasonably Possible) ska alla rimliga åtgärder vidtas för att minska risknivån. Efter detta betraktas risknivån som tolerabel.

Samhällsriskkriterier

Samhällsriskkriterierna [8] illustreras med ett FN-diagram som visar den totala sannolikheten för att ett visst antal personer omkommer. På y-axeln redovisas frekvensen (F) och på x-axeln redovisas antalet omkomna (N).

Kriterierna för samhällsrisk vilka även illustreras i Figur 3 nedan är:

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



Figur 3 Riskkriterier för samhällsrisk för 1 km vägsträcka utifrån DNV:s förslag. Röd och grön linje är förslag till övre resp. undre kriterium för samhällsrisk.

Kriterierna för samhällsrisk gäller för dubbelsidig påverkan. Eftersom aktuellt område är beläget endast på ena sidan om spåren skalas kriterierna om till enkelsidig påverkan. Likt kriterierna för individrisk gäller att alla rimliga åtgärder ska vidtagas för att minska risknivån om den ligger inom ALARP-området.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 Området

Munkedal är centralort i Munkedals kommun, Västra Götalands län. Bohusbanan passerar genom staden med bebyggelse på båda sidor om järnvägen. Aktuellt planområde omfattar ca 4 ha och är beläget ca 200 meter från Munkedal station, öster om Bohusbanan samt väster om ett industrispår som leder till pappersbruket Arctic Paper Munkedal AB. Den kringliggande bebyggelsen består framförallt av bostäder och rekreationsytor. Mellan Bohusbanan och planområdet finns i nuläget ett stängsel.

Ett planarbete har påbörjats för aktuellt område, men i skrivande stund är ingen exploatör för området involverad. Initialt förutsätts byggnader i ca 5 våningar. I planprogrammet [9] presenterades två alternativa principlösningar, alternativ A och alternativ B.

I alternativ A dras Vadholmsvägen i en båge söderut. I det före detta bygghandelsområdet (till vänster i Figur 4) planeras en grupp flerbostadshus i 3–4 våningar, med totalt 50–65 lägenheter. Markparkering med 60–70 parkeringsplatser anordnas, där ca hälften av dess utförs på södra sidan om Vadholmsvägen.

Som illustrerat till höger i Figur 4 planeras hus i suterräng, där marken sluttar ner mot Örekilsparken. Antal lägenheter förväntas uppgå till 10–20 stycken. Parkering till dessa hus förläggs norr om området.



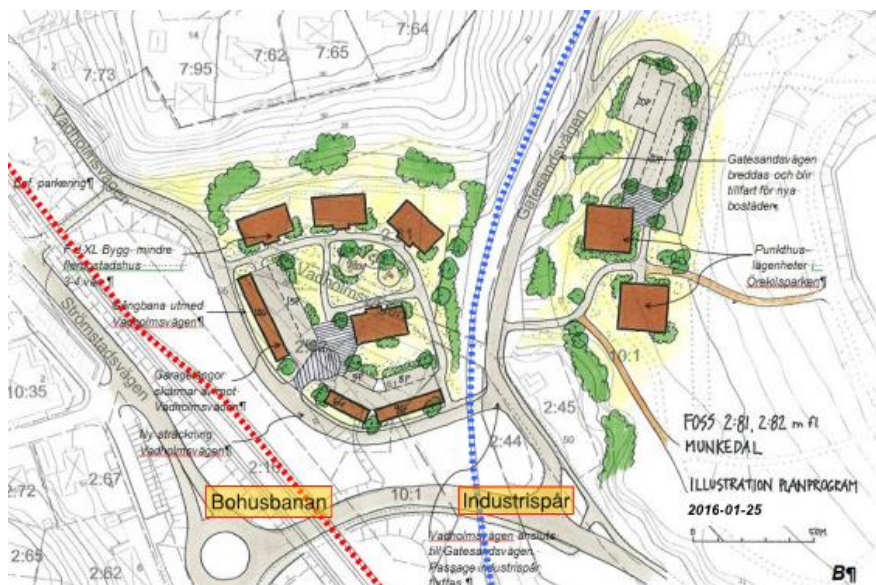
Figur 4 Planförslag, principlösning A för aktuellt område.

I alternativ B får Vadholmsvägen en ändrad utformning, så att industrispåret till höger i Figur 5 passerar något längre söderut. Även i detta alternativ föreslås flerbostadshus i 3–4 våningar

Rev. C

inom det före detta bygghandelsområdet, med ca 65 parkeringsplatser i den sydvästra delen i anslutning till Vadholmsvägen. Närmast Vadholmsvägen placeras garagelängor.

Som illustrerat till höger i Figur 5 föreslås 2 punkthus i 4 våningar, med en parkeringslösning likt den som presenterats i alternativ A.



Figur 5 Planförslag, principlösning B för aktuellt område.

Av ovanstående alternativ har kommunen nu (till samrådsskedet) valt att gå vidare med alternativ B, där Vadholmsvägen korsar industrispåret längre söderut. Förändringar har skett av det ursprungliga förslaget. I det före detta bygghandelsområdet ingår nu utöver bestämmelsen bostäder (B) även centrum (C). Minsta avstånd mellan Bohusbanan och planerad användningsgräns BC uppgår till ca 30 meter. Minsta avstånd mellan industrispåret och användningsgräns BC (västerut) uppgår till ca 10 meter och avståndet till användningsgräns B (österut) uppgår till ca 25 meter. Plankartan illustreras i figuren nedan.

Rev. C



Figur 6 Nytt förslag på plankarta, koncept 2019-12-12 [10].

Det nya planförslaget tillåter centrum i 1-2 plan utöver bostäder som sedan tidigare tilläts. I detta fall innefattar centrubestämmelsen inte hotell och inte heller vård annat än vårdcentral (daglig mottagning).

2.2 Persontäthet

Med hänsyn till lägenheternas storlek bedöms byggnaderna totalt rymma ca 200 personer. Befolkningstätheten bedöms därmed grovt vara ca 5000 personer/km² vilket innebär en konservativ skattning.

Grundantagandet är att personer upprätthåller sig jämnt utspridda över hela området, i praktiken befinner sig människor inte i direkt anslutning till spåret. Ansatt värde bedöms ge resultat på den säkra sidan med hänsyn till det totala invånarantalet.

2.3 Aktuell järnväg

Bohusbanan mellan Göteborg och Strömstad via Uddevalla är generellt en enkelspårig järnvägssträckning som framförallt trafikeras av regionala persontåg och endast tillfälligtvis transporteras av godståg. Planområdet är beläget 200 m norr om Munkedal station där järnvägen

Rev. C

består av dubbelspår. Aktuell sträcka består av elektrifierat enkelspår, men är ej fjärrblockerat, och saknar ATC. Banan har låg spårkvalitet [11].

Planområdet sträcker sig ca 200 m längs järnvägen men en sträcka om 1 km har valt att studeras för att beakta närområdet.

Till grund för beräkningarna ligger Trafikverkets uppgifter om att dimensionerande trafik på Bohusbanan förbi Munkedal uppgår till 12 persontåg varje dygn. Godstrafiken är mer oregelbunden men höjd bör tas för att det kan gå 1 godståg per dygn på järnvägen [12].

Av mängden transporterat gods antas 5 % utgöra farligt gods [13].

Industrispåret till pappersbruket Arctic Paper Munkedal AB passerar genom planområdet. Spåret trafikeras av ett tåg per vardag. Inget farligt gods fraktas på spåret. Säkerheten anses god trots närheten till Gatesandsvägen och passagen över Vadholmsvägen. Tågens hastighet uppgår till ca 5–10 km/h och observeras lätt av trafikanterna. Vid passage av Vadholmsvägen stannar tågen samtidigt som tågpersonal stoppar trafiken, varefter tåget tillåts köra över vägen [9].

2.4 Meteorologiska förhållanden

I beräkningarna används både väderstatistik som rör stabilitetsklasser vilka påverkar konsekvensberäkningarna samt väderstatistik för vindriktningar som influerar sannolikheten för påverkan i olika riktningar.

Väderstatistik har studerats för olika höjder och områden och slutligen hämtats från mätstationen i Göteborg [14]. Väderstatistiken antas vara inom en godtagbar felmarginal gällande Munkedal som ligger en norr om Göteborg med ett likvärdigt avstånd från kusten. Eventuell differens mellan orterna bör inte påverka resultatet nämnvärt. Använda vindstyrkor är 2 m/s samt 5 m/s med västlig vind som dominerande riktning då detta innebär en konservativ skattning med vind mot området. Årsmedeltemperatur är 7°C [15].

3 RISKANALYS

I denna rapport behandlas risk med avseende på trafiken på järnvägsleden Bohusbanan samt industrispåret till pappers bruket Arctic Paper Munkedal AB.

3.1 Riskidentifiering

Påverkan på området kan antingen vara rent mekanisk vid urspårning eller orsakad av det farliga godset som transporteras. Den risk som farligt gods- trafik utgör vilket skiljer den från den övriga trafiken är att en olycka med utsläpp kan orsaka skador på personer som inte befinner sig i olyckans omedelbara närhet.

De risker som identifierats för järnvägen och som kan uppträda för sig eller i kombination är:

- Urspårning, mekanisk påverkan
- Påkörning (tåg på samma spår)
- Kollision mellan tåg
- Brand
- Förskjuten last
- Olycka med farligt gods

En urspårning som ger mekanisk påverkan kan bero på en mängd olika faktorer som exempelvis spårslägesfel, vagnfel och solkurvor. Urspårade tåg hamnar mycket sällan mer än 25 meter från spåret [16]. Det är då inte hela tågsätten som hamnar på detta avstånd, utan enstaka vagnar. Då ett godståg inte uteslutande transporterar farligt gods bedöms sannolikheten att just en vagn med farligt gods skulle hamna på ett avstånd om 25 meter från spåret som mycket låg.

Det finns en risk för att exempelvis gnistor från passerande tåg antänder något i omgivningen. Risken för att branden leder till omkomna anses dock vara minimal. Det finns också en risk att en brand sprider sig till en vagn med farligt gods. Att tåg som antänt stannar på olycksplatsen och att branden därefter sprids till tåg vagn bedöms därför utgöra ett försumbart riskbidrag, men inkluderas i riskbedömningen.

Påkörning av annat tåg, samt kollision med tåg, kan ske om de olika varningssystemen på banan inte fungerar och ett tåg av någon anledning inte hinner bromsa för ett framförvarande tåg. Tredje man drabbas endast om påkörningen leder till urspårning eller om något av tågen transporterar farligt gods. Sannolikheten för sammanstötning med tåg på en linje vara så låg att den försvinner i den allmänna osäkerheten [16]. Därmed beaktas skadescenariot inte vidare i de fortsatta beräkningarna och aktuell järnväg att studera vidare innebär enbart Bohusbanan och inte industrispåret. Kvar är scenariot urspårning som medför att en vagn med farligt gods påverkas.

Vid beräkningar med farligt gods görs antagandet att endast en vagn med farligt gods drabbas vid olyckan. Kombinationer av olika ämnen innefattas därmed inte av analysen.

Rev. C

3.1.1 Farligt gods

Produkter som har potentiella egenskaper att skada människor, egendom eller miljö vid felaktig hantering eller olycka, går under begreppet farligt gods. Farligt gods på väg och järnväg delas in i nio olika klasser enligt RID-S-systemet. Klassindelningen baseras på den dominerande risken som sammankopplas med ämnens egenskaper. I Tabell 1 redovisas klassindelningen av farligt gods samt en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 1 Sammanfattning av respektive farligt gods-klass med tillhörande konsekvens

Klass	Ämnen	Exempel	Konsekvenser
1	Explosiva varor	Sprängämnen, tändmedel, ammunition etc.	Vid detonation av massexplosiva ämnen uppstår tryckvågor med dödliga konsekvenser för personer utomhus normalt upp till 70 m. Raserade byggnader kan ske vid längre avstånd.
2.1	Kondenserad brännbar gas	Gasol, vätgas, etc.	Potentiella olycksscenario från klass 2 involverar jetflammar, BLEVE, gasmolnsexplosion och giftiga gasmoln. Riskavstånd kan uppgå till flera tusen meter.
2.3	Kondenserad giftig gas	Klor ammoniak, etc.	
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, diesel- o eldningsolja	Olycka med utsläpp bedöms inte kunna påverka byggnader inom aktuellt planområde då antändning av vätska ger värmestrålning. Normala riskavstånd upp till 50 meter.
4	Brandfarliga fasta ämnen, självantändande ämnen, ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten.	Metallpulver, karbid etc.	Kan ge upphov till brand med konsekvens i omedelbar närhet och ingen bedöms omkomma
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxid, etc.	Normalt leder olycka ej till personskador men kan vid kontakt med brännbart, organiskt material (ex bensin eller motorolja) leda till självantändning och kraftigt explosionsförlopp.
6	Giftiga ämnen, vämjeliga ämnen och ämnen med benägenhet att orsaka infektioner	Arsenik-, bly och kvicksilversalter, dimetylsulfat, cyanider etc.	Ger skada vid direktkontakt med ämnen och påverkar endast direkta närområdet. Normala riskavstånd <20 m.
7	Radioaktiva ämnen		Akut skada uppkommer ej vid olycka.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, natriumhydroxid, etc.	Frätskada vid olycka där läckage sker. Konsekvens normalt 0–20 m
9	Magnetiska material och övriga farliga ämnen	Asbest, gödningsämnen, etc.	Ingen risk för livshotande personskada

Rev. C

Utifrån ämnenas konsekvensområden samt nationell statistik [13] bedöms följande scenarier utgöra en risk för området och utreds vidare:

- Farligt gods-olycka med brandfarligt gasutsläpp (klass 2.1).
- Farligt gods-olycka med giftig gas (klass 2.3).
- Farligt gods-olycka med brandfarlig vätska (klass 3).
- Farligt gods-olycka med oxiderande och organiska peroxider (klass 5)

3.2 Riskuppskattning

Riskuppskattningen för respektive olycksscenario utgörs av en sammanvägning av sannolikhet och konsekvens för scenariot.

3.2.1 Sannolikhet

Utifrån den arbetsmetodik som dåvarande Banverket anger [16] uppskattas frekvensen för att en järnvägsolycka med eller utan farligt gods inträffar på 1 km av Bohusbanan. Planområdet har en sträcka om ca 200 m mot järnvägen men då flera konsekvensområden som är aktuella har stor utbredning finns risk att planområdet påverkas även om en händelse inte inträffar precis framför planområdet. Statistik över trafikmängder har hämtats från Trafikverket [12].

Det totala antalet förväntade urspårningar med farligtgodståg har beräknats till $1,76 \times 10^{-5}$ per år. Se bilaga A för beräkningar.

Vilka scenarier som kan uppstå vid en olycka beror på vilken typ av farligt gods som transporteras. Hur sannolik en olycka med en viss typ av farligt gods är representeras av statistiska fördelningar av transporter av farligt gods på aktuell sträcka. Denna indelning görs i ett händelsetråd där den ursprungliga olycksfrekvensen förgrenas till att beräkna frekvensen av olyckor för respektive typ av farligt gods. För beräkning av frekvenser och sannolikheter för respektive scenario används händelsetrådsanalys utifrån metoden som anges av Statens väg- och transportforskningsinstitut, VTI [17]. Beräkningarna redovisas i bilaga A.

3.2.2 Konsekvens

Konsekvens definieras i denna riskbedömning som ett riskavstånd, dvs. ett avstånd inom vilket människor utomhus omkommer vid en olycka. Mer precist beräknas avståndet till den exponeringsnivå där 50 % av personerna utomhus omkommer. I beräkningarna antas samtliga personer inom detta riskavstånd omkomma. Syftet är att detta värde ska spegla variationen i människors känslighet. I praktiken kan människor omkomma även utanför avståndet till 50 % omkomna, samtidigt som människor innanför detta avstånd även kan överleva.

Rev. C

De konsekvensberäkningar som används i denna bedömning är utförda av Länsstyrelsen i Skåne län i samband med framtagandet av *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods* [6].

Konsekvenser av följande scenarier som resultat av farligt gods-olycka har använts i denna bedömning:

- Utsläpp och antändning av brännbar kondenserad gas som kan ge upphov till UVCE¹, BLEVE² och jetflamma, vilket leder till brännskador och i vissa fall tryckpåverkan.
- Utsläpp av kondenserad giftig gas som ger förgiftning vid inandning.
- Utsläpp och antändning av mycket brandfarliga vätskor vilka orsakar pölbrand med efterföljande brännskador.
- Detonation av explosiva ämnen som ger tryckverkan och brännskador.

Viktiga faktorer som är av stor betydelse för hur allvarliga konsekvenserna vid ett utsläpp blir (dvs. hur långa riskavstånden blir) är framförallt hålstorlek på behållare vid utsläpp, mängden transporterat gods samt meteorologiska förhållanden. De ingående variablerna har tilldelats statistiska fördelningar och varje beräkning omfattar ett stokastiskt värde på atmosfärsförhållanden, vindriktning, vindhastighet, utsläppsstorlek osv. När samtliga iterationer är slutförda redovisas resultatet i form av en fördelningsfunktion för konsekvenserna [6]. I denna bedömning har sedan ett medelvärde för respektive avstånd används.

¹ Unconfined Vapor Cloud Explosion – inträffar om ett gasmoln antänds på avstånd från riskkällan

² Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion – inträffar då en pga värmepåverkan kokande vätska (tryckkondenserad gas) släpps ut momentant från en bristande tank och exploderar med stor kraft.

Rev. C

Riskavståndet till 50% dödlighet givet olycka och utsläpp för de olika scenarierna visas i Tabell 2 nedan.

Tabell 2 Konsekvensavstånd vid aktuella riskscenarier

Konsekvens	Avstånd
UVCE	15 m
BLEVE	280 m
Jetflamma	15 m
Giftig gas	60 m*
Pölbrand	45 m
Detonation	80 m

* Avståndet 60 m är knutet till inom vilka konsekvensområden personer kan förväntas omkomma som en direkt följd av läckage. Faktiskt konsekvensområde gällande giftig gas kan uppnå betydligt större avstånd.

3.3 Resulteraende risknivåer

Resulteraende risknivåer gällande aktuellt planområde har beräknats vid avståndet från Bohusbanan till planerad parkering samt närmsta bostadshus.

Individrisk redovisas i Tabell 3 nedan som funktion av avståndet till riskkällan.

Tabell 3 Beräknad individrisk

Avstånd	Individrisk
30 m	$2,49 \cdot 10^{-7}$
50 m	$2,06 \cdot 10^{-8}$

Vid 30 m där parkeringsplats planeras är individrisken i den nedre delen av ALARP-området. Då Länsstyrelsen anser parkering vara lämplig markanvändning i zonen närmst spåret bedöms risken som acceptabel. Vid 50 m understiger individrisken den lägre nivån av ansatt kriterium, därmed bedöms den som försumbar.

Samhällsrisk innebär den totala sannolikheten för att ett visst antal personer omkommer till följd av en olycka. Samhällsrisk gällande planområdet uppnår $2,62 \cdot 10^{-7}$ när samtlig population påverkas. Resulteraende värde är under DNV:s ansatta värde för en nedre gräns gällande riskvärdering och innebär att risken kan betraktas som acceptabel.

4 KÄNSLIGHETSANALYS

Grundberäkningarna är utförda baserade på Trafikverkets uppgifter om dimensionerande trafik på Bohusbanan förbi Munkedal [12]. Baserat på dessa uppgifter har ett antagande gjorts att 1 godståg om dagen passerar området. Uppgifterna är från år 2016.

I ett PM från 2012 presenteras allmänna rekommendationer för godstrafik som ska antas i ärenden som berör bland annat aktuell sträcka. I detta PM uppges att 10 godståg ska antas passera dagligen på aktuell sträcka [18]. För att även ta höjd för dessa uppgifter genomförs en känslighetsanalys, där antalet godståg som passerar området har antagits vara 10 stycken dagligen.

Vidare är det inte färdigställt hur området ska användas. Presenterade plankartor under avsnitt 3.1 är alltså i dagsläget endast förslag på hur marken kan användas, vilket kan komma att förändras framöver. Med bakgrund i detta presenteras individrisken i förhållande till konsekvensavstånd enligt tabell 2, istället för att förhålla sig till planerade avstånd för bebyggelse enligt planförslag.

Individrisk redovisas i Tabell 3 nedan som funktion av avståndet till riskkällan.

Tabell 4 Beräknad individrisk

Avstånd	Individrisk
15	$1,22 \cdot 10^{-6}$
45	$1,18 \cdot 10^{-6}$
60	$1,00 \cdot 10^{-7}$
80	$3,05 \cdot 10^{-8}$
280	$1,31 \cdot 10^{-10}$

Fram till 45 meter från järnvägen är individrisken inom ALARP-området, för att därefter sjunka till det nedre acceptanskriteriet vid 60 meter. Längre bort från järnvägen än 60 meter understiger individrisken den lägre nivån av ansatt kriterium, och risken bedöms därmed som försumbar.

5 RISKVÄRDERING OCH RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Beräkningarna visar att risknivåerna inte överstiger DNV:s kriterier avseende individ- eller samhällsrisk. Baserat på aktuella trafikflöden ställs därmed inga krav på åtgärder för att minska risknivåerna inom området.

Dock visar känslighetsanalysen där Trafikverkets rekommendationer från 2012 [18] över godsflöden används som underlag att individrisken delvis hamnar inom ALARP-området. Om trafikintensiteten ökar så att den ligger i linje med Trafikverkets rekommendationer bör åtgärder för att minska risknivåerna värderas ur ett kostnad-/nyttoperspektiv.

Utifrån känslighetsanalysen föreslås att risknivåerna inom aktuellt område ska beaktas på följande vis.

<i>Avstånd från järnvägen</i>	<i>Markanvändning</i>
<15 meter	Oexploaterad
15-30 meter	Endast parkering, trafik, friluftsområden etc. under förutsättning att åtgärder vidtas
30-60 meter	Parkering, trafik, friluftsområden etc. Bostäder under förutsättning att ev. erforderliga åtgärder vidtas
>60 meter	Valfri markanvändning

Åtgärder som bedöms vara rimliga ur ett kostnad-/nyttoperspektiv är dels restriktioner avseende markanvändning, och dels tekniska åtgärder enligt nedan.

Inom området närmast järnvägen, fram till 30 meters, ska ingen bebyggelse uppföras, i enlighet med Länsstyrelsens rekommendationer. Om marken ändå används ska endast parkeringar, trafik, friluftsområden etc. förekomma, och ej närmare än 15 meter från järnvägen.

Mellan 30 och 60 meter från järnvägen är risknivåerna inom den nedre delen av ALARP-området. Vid markanvändning såsom parkering, trafik och friluftsområden krävs inga särskilda åtgärder mot risken för farligt godsolycka. Vid bebyggelse motsvarande planförslaget (bostäder) bör skyddsåtgärder utifrån rimlighetsprincipen implementeras. Följande åtgärder rekommenderas:

- Friskluftsintag placeras på skyddad sida (riktas bort från Bohusbanan) eller på tak för att minska risken för att gas sprids in i byggnader (inom 60 meter från närmaste spårmit)
- Utrymningsmöjlighet ska finnas på skyddad sida (i riktning bort från Bohusbanan) för att möjliggöra utrymning (gäller endast de byggnader/kvarter som ligger närmast Bohusbanan)

Rev. C

- Fasader (som vetter mot Bohusbanan) utförs i obrännbart material eller lägst brandteknisk klass EI 30 (gäller endast de byggnader/kvarter som ligger närmast Bohusbanan). Fönster behöver inte skyddas.

Använda kriterier för riskvärdering är kvantitativa vilket kan ge en falsk bild av att kriterierna är exakta och utgör en absolut gräns för vad som är tolerabel risk och inte. Osäkerheter i såväl framtagandet av kriterierna som vid beräkning av risknivån gör att kriterierna inte bör användas annat än som riktlinjer för vilken risknivå som är tolerabel.

Beräkningsmetodiken i denna utredning är förenad med en del osäkerheter som bör belysas men i riskutredningen har ett genomgående konservativt förhållningssätt använts.

Beräkningsmodellen för att skatta frekvenser för urspårningar innehåller förenklingar av verkligheten. Där osäkerheter finns har antaganden rörande exempelvis representativa ämnen, utsläppsmängder, hålstorlekar och befolkningstäthet varit konservativa.

Ingen uppdelning har skett på varierande persontäthet under dag och natt. Normalt vistas färre personer inom området under dagen då flest transporter sker, och fler under natten då färre tranposter sker. Sammantaget bidrar detta till att utredningens resultat befinner sig på säkra sidan.

Samhällsriskerna har beräknats som en överslagsräkning gällande samtliga olycksscenarioer. Detta är en grov uppskattning av risknivån. En mer detaljerad beräkning har ej utförts då risknivån är låg trots att den är mycket konservativt beräknad.

6 SLUTSATS

Slutsatsen baseras både på grundberäkningarna, samt på känslighetsanalysen.

Om trafikintensiteten inte ändras gentemot grundberäkningarna krävs inga särskilda åtgärder för att beakta risken inom området. Dock bör marken inom 30 meter från spåren inte exploateras.

Om trafikintensiteten ökar i linje med trafikverkets rekommendationer från 2012 bör rekommendationer för markanvändning på olika avstånd från riskkällan (järnvägen) som presenteras i avsnitt 6 ovan tillämpas. Förenklat innebär detta att ingen exploatering bör ske inom 30 meter från järnvägen, och att viss exploatering kan ske mellan 30 och 60 meter från järnvägen, dock rekommenderas att vissa åtgärder vidtas inom dessa avstånd. Mer än 60 meter från järnvägen sätts inga restriktioner för markanvändning.

Detta resultat gäller endast under de förutsättningar som anges i denna rapport och kan således inte utan kompletterande utredningar användas vid ändrade förutsättningar som exempelvis ytterligare bebyggelse, förändrad byggnadstyp eller ändrade transportförhållanden innefattande farligt gods på Bohusbanan.

BILAGA A FREKVENSBERÄKNINGAR

Beräkningarna utförs enligt VTI-modellen anpassad för järnväg [16], med vilken förväntad frekvens för urspårningsolyckor kan beräknas.

Planområdet angränsar ca 200 meter längs järnvägen men beräkningarna har utförts gällande en sträcka om 1 km för att beakta närområdet.

Beräkning av förväntat antal olyckor sker enligt följande ekvation:

$$\varphi = W\xi,$$

där W = Exponeringsvariabel (enligt indata gällande verksamhetens art ovan)

ξ = Intensitetsfaktor (värden enligt [16])

Enligt [16] bedöms sannolikheten för sammanstötning med tåg på en linje vara så låg att den försvinner i den allmänna osäkerheten. Därför beaktas skadescenariot inte vidare i de fortsatta beräkningarna. De risker som återstår i aktuellt fall är därmed olycka pga. urspårning av tåg.

Följande indata ligger till grund för beräkningarna:

<i>Studerad sträckas längd:</i>	1 km
<i>Antal godståg:</i>	1 st./dygn=365 st/år
<i>Antalet farliggodsvagnar:</i>	529,25 st./år
<i>Antalet axlar per vagn:</i>	Antaget 2 st. för normala godståg, 4 st. för vagnar med farligt gods.
<i>Spårkvalitet:</i>	C (skarvspår)
<i>Spårtyp:</i>	Enkelspår

Frekvens för olycka på grund av urspårning av tåg redovisas i Tabell 1 nedan.

Rev. C

Tabell 1: Beräkning av frekvenser efter olyckstyper

Olyckstyp	Exponeringsvariabel, typ	ξ	W	$\varphi = W\xi$
Rälsbrott	Vagnaxelkm	1,00E-10	22228,5	2,22E-06
Solkurva	Spårkm	2,00E-04	1	2,00E-04
Spårlägesfel	Vagnaxelkm	4,00E-10	22228,5	8,89E-06
Vagnfel	Vagnaxelkm	3,10E-09	22228,5	6,89E-05
Annan orsak	Tågkm	5,70E-08	365	2,08E-05
Okänd orsak	Tågkm	1,40E-07	365	5,11E-05
			Summa:	3,52E-04

Det totala antalet förväntade urspårningar med godståg är $3,52 \cdot 10^{-4}$ per år.

5% av allt transporterat gods i Sverige förväntas innehålla farligt gods. I beräkningarna översätts detta till att 5% av urspårningarna av godståg innehåller farligt gods, och grundfrekvensen för en urspårning med farligt gods blir därmed $1,76 \cdot 10^{-5}$.

Enligt nationell statistik är fördelas mängden transporterat gods i respektive klass enligt följande [19]:

Tabell 2 Fördelning av mängden transporterat farligt gods i respektive klass

Klass	Procentuell fördelning i Sverige
2	27,13
3	37,06
4.1	0,30
4.3	3,46
5.1	13,09
5.2	0,44
6.1	2,12
8	16,08
9	0,32

Baserat på ämnenas konsekvensområden samt den nationella statistiken väljs klass 2, 3 och 5.1 ut för att studeras vidare.

Beräkningarna görs för två värdetyper: neutral stabilitetsklass och 5 m/s samt stabil stabilitetsklass och 2 m/s. Neutral stabilitetsklass förväntas 80% av tiden och stabil stabilitetsklass förväntas 20% av tiden [20].

Vindriktningen antas riktad mot området 60 % av tiden, för att vara något konservativ och samtidigt beakta en överrepresentation av vindriktning från väst.

Resultatet av frekvensberäkningarna redovisas i Tabell 3 nedan.

Rev. C

Tabell 3 Resultat av frekvensberäkningar vid aktuella riskscenarier

Händelseförlopp	Utsläppsstorlek	Vind	Frekvens
Jetflamma	Liten	Neutral 5 m/s	3,58E-09
		Stabil 2 m/s	8,95E-10
	Medel	Neutral 5 m/s	1,18E-09
		Stabil 2 m/s	2,95E-10
	Stor	Neutral 5 m/s	9,47E-10
		Stabil 2 m/s	2,37E-10
Brännbart Gasmoln	Liten	Neutral 5 m/s	2,15E-09
		Stabil 2 m/s	5,37E-10
	Medel	Neutral 5 m/s	7,15E-10
		Stabil 2 m/s	1,79E-10
	Stor	Neutral 5 m/s	2,30E-09
		Stabil 2 m/s	5,74E-10
BLEVE	-	-	2,69E-11
Giftig gas	Liten	Neutral 5 m/s	7,16E-09
		Stabil 2 m/s	1,79E-09
	Medel	Neutral 5 m/s	2,38E-09
		Stabil 2 m/s	5,96E-10
	Stor	Neutral 5 m/s	1,91E-09
		Stabil 2 m/s	4,78E-10
Pölbrand	Liten		1,22E-07
	Medel		4,07E-08
	Stor		6,54E-08
Detonation (klass 5)	Litet		5,29E-09
	Medel		9,02E-10
	Stort		3,11E-11

BILAGA B BERÄKNING AV RISK

Individrisk

Individrisken beräknas gällande två avstånd från riskkällan. 30 samt 50 meter.

Tabell 5 Beräkning av individrisk utifrån avstånd och skadescenarie

Avstånd	Konsekvenser vilka har påverkan	Resulterande risknivå
30 m	BLEVE, giftig gas, pölbrand, detonation	$2,49 \cdot 10^{-7}$
50 m	BLEVE, giftig gas, detonation	$2,06 \cdot 10^{-8}$

I beräkningarna har hänsyn ej tagits till spridningsvinkel vilket innebär att de är mycket konservativa.

Frekvenser för olika utsläppsstorlek har adderats till ett gemensamt scenario gällande pölbrand, giftig gas samt detonation.

Samhällsrisk

Samhällsrisken beräknas utifrån ansatt persontäthet på 5000 personer/km² i området enligt avsnitt 3.2, vilket innebär att totalt 200 personer vistas inom området.

Den totala frekvensen för en farligt gods-olycka längs aktuell sträcka av Bohusbanan innebär $2,62 \cdot 10^{-7}$. I praktiken innebär detta att samtliga konsekvenser skulle drabba hela området.

Gällande det maximala antalet döda inom området (200 personer) understiger denna frekvens det lägre acceptanskriteriet, därmed följer att samhällsrisken inom området är acceptabel.

BILAGA C REFERENSER

- [1] Mailkorrespondens med Karin Bjelkenäs, Rådhuset Arkitekter AB, 2017-02-02.
- [2] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län, *Riskhantering i detaljplaneprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods*, 2006.
- [3] Center for Chemical Process safety of the American Institute of Chemical Engineers, *CCPS Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, 2000.
- [4] Committee for the prevention of disasters, *Guideline for quantitative risk assessment "Purple Book" CPR 18E*, 1999.
- [5] Försvarets forskningsanstalt, *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor*, 1997.
- [6] Länsstyrelsen i Skåne län, *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods*, 2007.
- [7] G. Davidsson m.fl., *Handbok för Riskanalys*, Karlstad: Räddningsverket, 2003.
- [8] Davidsson, G., Lindgren, M. & Mett, L. , *Värdering av risk - FoU Rapport*, Statens räddningsverk, 1997.
- [9] Munkedals kommun, *Detaljplan för Del av Vadholmen, Foss 2:81, 2:82 m fl, Munkedal, Västra Götalands län*, 2016.
- [10] Munkedals kommun, *Plankarta - Detaljplan för bostäder vid del av Vadholmen Foss 2:81, 2:82 m fl (koncept 2019-12-12)*, 2019.
- [11] Trafikverket, "Bohusbanan," [Online]. Available: <http://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/jarnvag/Sveriges-jarnvagsnat/Bohusbanan/>. [Använd 14 06 2017].
- [12] Malin Lind, Trafikverket, *Trafikverkets synpunkter angående samråd gällande planprogram för Solbergsområdet i Munkedals kommun, Ärendenummer TRV 2016/19205*, 2016-03-31.
- [13] Trafikanalys - Sveriges Officiella Statistik, *Bantrafik 2015*, Trafikverket, 2016.
- [14] SMHI, *Vindstatistik för Sverige, 1961-2001, nr 121*, 2006.
- [15] Statistiska centralbyrån, SCB, *Väder - Statistisk årsbok 2011*, 2011.

- [16] Banverket, *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Rapport 2001:5*, 2001.
- [17] Statens väg- och transportforskningsinstitut, VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI rapport Nr 387:4*, 1994.
- [18] Länsstyrelsen Västra Götaland, *Länsstyrelsens meddelande om dimensionerande trafik och riskbedömning för Norra Bohusbanan, sträckan Uddevalla-Strömstad, samt Lysekilsbanan, Diarienummer 402-15429-2012*, Vänersborg: Länsstyrelsen Västra Götaland, 2012-05-10.
- [19] Trafikanalys, "Bantrafik 2015 - Statistik 2016:18," Trafikverket, Stockholm, 2016.
- [20] L. Helmersson, "Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg," Väg- och transportforskningsinstitutet, Stockholm, Rapport nr. 387:4, 1994.