

UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



PM RISKBEDÖMNING TANKSTATION

Södra hamnplan, Luleå

2014-04-10

Uppdragsgivare:	Innerstadsfjärden AB
Uppragsnr.:	10188066
Handläggare:	Niclas Nordström/Lars Antonsson
Granskare:	Fredrik Larsson
Godkänd av:	Lars Antonsson

WSP Brand & Risk
Smedjegatan 24
972 31 Luleå
Tel: +46 10 722 50 00

WSP Sverige AB
556057-4880
Stockholm
www.wspgroup.se

Sammanfattning

WSP har av Innerstadsfjärden AB fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med ny detaljplan för Södra hamn, Luleå. Riskbedömningen berör olycksrisker kopplade till befintlig tankstation lokaliserad i närheten av aktuellt exploateringsområde. Inom området planeras tre nya kvarter om totalt ca 300 bostadslägenheter. Området är idag en småbåtshamn som kommer fyllas ut.

Syftet med riskbedömningen är att utgöra underlag till utformningen av detaljplanen samt att tillgodose hanteringen av olycksrisker avseende tankstationen enligt de krav som Plan- och bygglagen ställer på att människors hälsa och säkerhet skall beaktas.

Målet är att analysera risksituationen inom planområdet och utifrån den fastställa om riskreducerande åtgärder behövs för att kunna genomföra föreslagen exploatering, och om så är fallet föreslå lämpliga riskreducerande åtgärder.

Tankstationen distribuerar brandfarliga vätskor i form av bensin, diesel samt E85. För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Att tankstationen är marin innebär att den förknippas med särskilda förutsättningar vad avser tankning av båtar.

Den planerade bostadsbebyggelsen innebär nya förutsättningar i tankstationens omedelbara närhet. Det kan således inte uteslutas att bebyggelsen innebär påverkan på de framtida säkerhetskrav som ställs på tankstationen.

Mot bakgrund av identifierade olycksscenarier bedöms att det största riskmomentet på tankstationen är vid lossning av bränsle från tankfordon till cistern. Konsekvensområdet vid en sådan olycka förväntas inte utbreda sig mer än 30 meter från en pöl. Rök sprids dock över betydligt större område.

Utifrån förutsättningar och riskbilden kan del av planområdet betraktas vara exponerat av en viss förhöjd risk i och med befintlig tankstation. Den förhöjda risken omfattar huvudsakligen den del av planområdet med utomhusvistelse som ligger i närmast anslutning till tankstationen. Vad gäller människor som vid olyckan vistas inomhus är det endast en stor pölbrand som innehar en potential att medföra negativa konsekvenser. I realiteten bedöms sannolikheten för brandspridning och/eller skador på människor som vistas inomhus vara ytterst liten även för stora pölbränder.

WSP bedömer sammantaget att risken bör värderas som ”acceptabel med restriktioner”, vilket innebär att den värderas som acceptabel om alla rimliga åtgärder är vidtagna.

WSP föreslår att följande åtgärder ska genomföras:

- Invallning i form av exempelvis kantsten kring delar av tankstationen som vetter mot området. Alternativa åtgärder med likvärdigt syfte bör beaktas.
- Skyddsavstånd inom vilket icke stadigvarande vistelse utomhus ska upprätthållas inom 30 meter från invallningens yttersta punkt.
- Bostadshusens entréer/utrymningsvägar förläggs så att utrymning kan ske bort från riskkällan. Gäller inom 30 meter från riskkällan.
- Friskluftsintag placeras på oexponerad sida, vanligen bort från riskkällan. Åtgärden avser den till tankstationen närmsta byggnaden i sin helhet.
- Åtgärden innebär att fasadbeklädnad inklusive balkong utförs i obrännbart material, dvs. i lägst klass A2-s1,d0. Detta gäller inom 30 meter från riskkällan.

Invallningen i kombination med övriga föreslagna skyddsåtgärder bedöms utgöra ett avvägt, men konservativt, skyddskoncept som är rimligt att kravställa mot bakgrund av riskbilden.

WSP anser att området, med i detta dokument givna förutsättningar och att samtliga åtgärdsförslag genomförs, kan exploateras i enlighet med föreliggande förslag

Innehåll

1	Inledning	4
1.1	Syfte och mål	4
1.2	Avgränsningar	4
1.3	Styrande dokument	4
1.4	Underlagsmaterial	7
1.5	Internkontroll	7
2	Områdesbeskrivning	8
3	Omfattning av riskhantering och metod	9
3.1	Begrepp och definitioner	9
3.2	Metod för riskidentifiering	9
3.3	Metod för riskuppskattning	10
3.4	Metod för riskvärdering	10
3.5	Metod för identifiering av riskreducerande åtgärder	11
4	Riskidentifiering	12
4.1	Hanterade brandfarliga vätskor	12
4.2	Marin tankstation	12
4.3	Olycksscenarier och WSP:s bedömning	13
4.4	Representativa olycksscenarier	14
5	Riskuppskattning	15
6	Riskvärdering	16
7	Riskreducerande åtgärder	17
7.1	Konsekvensbegränsande åtgärder	17
7.2	Sannolikhetsreducerande åtgärder	18
7.3	Riskreducerande åtgärdernas effekt	18
8	Osäkerheter	20
9	Slutsatser	21
	Referenser	23
	Bilaga A Strålningsberäkningar	24

1 Inledning

WSP har av Innerstadsfjärden AB fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med ny detaljplan för Södra hamn, Luleå. Riskbedömningen berör risker kopplade till befintlig tankstation lokaliserad i närheten av aktuellt exploateringsområde. Inom området planeras tre nya kvarter om totalt ca 300 bostadslägenheter.

1.1 Syfte och mål

Denna riskbedömning upprättas som följd av att vissa av de allmänna och schablonartade riktvärden som förekommer i styrande dokument med avseende på skyddsavstånd mellan tankstationen och planerad bebyggelse inte uppfylls i alla avseenden.

Syftet med riskbedömningen är att utgöra underlag till utformningen av detaljplanen samt att tillgodose hanteringen av olycksrisker avseende tankstationen enligt de krav som Plan- och bygglagen ställer på att människors hälsa och säkerhet skall beaktas.

Målet är att analysera risksituationen inom planområdet och utifrån den fastställa om riskreducerande åtgärder behövs för att kunna genomföra föreslagen exploatering, och om så är fallet föreslå lämpliga riskreducerande åtgärder.

1.2 Avgränsningar

Riskbedömningen avser befintlig tankstations inverkan på nytt planområde med i huvudsak bostäder. De risker som har beaktats är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa. Egendomsskador, eventuella skador på naturmiljön eller skador orsakade av långvarig exponering för exempelvis avgaser eller buller har inte beaktats. Övrig riskhantering inklusive transport av farligt gods till/från tankstationen hanteras i andra dokument.

Denna riskbedömning utgör inte en riskutredning i enlighet med Lag (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor, även om de säkerhetsaspekter som tas upp i grunden är desamma. Det förutsätts att tankstationen och dess komponenter, så som cisterner och mätarskåp, har tillverkats och installerats enligt gällande föreskrifter. Det bör noteras att etanolens egenskaper medför speciella krav på bland annan materialval i cisterner och komponenter. Vidare förutsätts att tankstationen uppfyller all relevant lagstiftning samt rådande praxis på säkerhetsområdet.

Resultatet av riskbedömningen gäller under angivna förutsättningar. Vid förändring av förutsättningarna behöver riskbedömningen uppdateras.

1.3 Styrande dokument

1.3.1 Gällande lagstiftning vid detaljplanering

Plan- och Bygglagen (2010:900) anger följande:

Vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till:

1. människors hälsa och säkerhet, ... (2 kap. 5§)

Vid planläggning och i ärenden om bygglov enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till:

2. skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser, ... (2 kap. 6§).

Även Miljöbalken (1998:808):s bestämmelser, exempelvis försiktighetsprincipen och lokaliseringsprincipen, är gällande avseende riskhänsyn i fysisk planering.

1.3.2 Länsstyrelsernas riktlinjer och rekommendationer

Länsstyrelsen i Norrbotten har inga gällande rekommendationer eller riktlinjer vad gäller riskhänsyn invid tankstationer.

Länsstyrelsen i Stockholms län har gett ut rekommendationer som stöd i arbetet med att ta hänsyn till risker i planprocessen, till exempel:

- Riktlinjer för riskanalyser som beslutsunderlag (1).
- Riskhantering i detaljplanprocessen (2)

Dessa dokument utgör generella rekommendationer beträffande vilka krav som bör ställas på riskanalyser i bl.a. planärenden.

Beträffande ny bebyggelse har Länsstyrelsen i Stockholms län gett ut rekommendationer (3) för hur nära bensinstationer som ny bebyggelse kan planeras:

- I nyplaneringsfallet bör alltid ambitionen vara att hålla ett avstånd på 100 meter från en bensinstation till bostäder, daghem, ålderdomshem och sjukhus.
- Tät kontorsbebyggelse närmare än 25 meter från en bensinstation bör undvikas.
- Sammanhållen bostadsbebyggelse och personintensiva verksamheter närmare än 50 meter från en bensinstation bör undvikas.
- Byggnad bör med hänsyn till brand- och explosionsrisk inte uppföras inom ett avstånd av 25 meter från:
 1. Tankfordonets lossningsplats.
 2. Avluftningsanordningar från bensincistern.
 3. Tankställe där fordon tankas (pump).

De avstånd som rekommenderas av Länsstyrelsen representerar en sammanvägd bedömning av risk, stadsbild, samhällsekonomi m.m. Rekommendationerna avser dock endast risker som är förknippade med plötsligt inträffade olyckor. Avses bebyggelse eller verksamheter lokaliseras inom 100 meter från bensinstationer ska en riskanalys vara ett av underlagen vid planering. I centrala och mer tätbebyggda områden i Stockholmsregionen kan det finnas ett starkt intresse av att uppföra ny bebyggelse i områden nära exempelvis en bensinstation. När denna situation uppkommer krävs att en riskanalys görs som visar om den planerade bebyggelsen blir lämplig med hänsyn till behovet av skydd mot olyckshändelser. I en del fall kan avsteg från rekommendationerna göras. För att bedöma om avsteg kan vara aktuellt görs en bedömning från fall till fall.

Det bör noteras att det med bensinstation menas alla tankställen för både väg och sjötrafik (t.ex. marinor och vanliga bensinstationer).

Övriga Länsstyrelser har i dagsläget inga riktlinjer eller liknande vad gäller riskhänsyn invid tankstationer.

Den aktuella detaljplanen uppfyller i de delar som ligger i närmast anslutning till tankstationen inte fullt ut de riktvärden som Länsstyrelsen i Stockholms län anger. Föreliggande handling avser utgöra den riskanalys som ska vara ett av underlagen vid planering och vara ett underlag för bedömning om den föreslagna bebyggelsen kan anses vara lämplig med hänsyn till behovet av skyddsåtgärder.

1.3.3 Gällande lagstiftning avseende tankstationer

För olycksrisker på tankstationer gäller huvudsakligen följande lagstiftning:

- Lag (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor
- Sprängämnesinspektionens föreskrifter (2000:2) om hantering av brandfarliga vätskor med ändringar i SÄIFS 2000:5

Övriga dokument som legat till grund för bedömningarna i denna riskbedömning är:

- Räddningsverkets handbok för hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer (8).

Handboken anknyter till de av Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) föreskrifter och allmänna råd som är tillämpliga på bensinstationer.

Lagstiftningen och handboken innehåller de mest detaljerade nationella föreskrifterna och riktvärdena avseende olycksrisker vid hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer.

Nedanstående riktvärden avser avstånd mellan olika objekt och utrustning vid hantering av brandfarliga vätskor klass 1 på en bensinstation. Särskilda omständigheter kan motivera avvikelser från riktvärdena. Avstånden i tabellen får minskas om betryggande säkerhet uppnås på annat sätt. Tabell 1 visar vilka avstånd (meter) som bör säkerställas:

Tabell 1. Riktvärden, avstånd inom och runt om drivmedelsanläggning (8)

Objekt	Lossningsplats för tankfordon	Mätarskåp	Pejlförskruvning	Avluftningsrörsmyning till cistern
A-byggnad*	25	18	6	12
Cistern ovan mark för vätska klass 1	-	3	-	-
Diesalcistern ovan mark	3	3	-	-
Starkt trafikerad väg eller gata	3	3	3	3
Parkeringsplatser	6	3	3	6
Båtplatser	25	25	-	18

**Bostadshus utgör plats där människor vanligen vistas och räknas som A-byggnad.*

För containerstationer som är isolerade i lägst brandteknisk klass EI 60 får avstånden till omgivande bebyggelse eller annan verksamhet minskas till hälften jämfört med oisolerade cisterner ovan mark. Det är inte känt huruvida tankstationen är utförd i brandteknisk klass EI 60, det förutsätts därmed att den inte är det. Denna osäkerhet bedöms inte påverka riskbedömningen i och med att de scenarier som är mest relevanta att beakta vid fysisk planering inte bedöms påverkas av skyddsåtgärden.

Bensin som läckt ut sprider sig lättare på vatten än på en hårdgjord markyta (8). Av detta skäl är minsta tillåtna avstånd mellan mätarskåp och båtplatser där övernattnings ombord kan tänkas ske 25 meter. (Som jämförelse kan nämnas att för bensinstationer för tankning av fordon är minsta avstånd mellan mätarskåp och A-byggnad, t.ex. bostad, 18 meter). Minsta avstånd från mätarskåp till övriga båtplatser, dvs. där övernattnings inte förekommer, motsvaras av förbudsområdet som är 12 meter. Minsta avstånd mellan lossningsplats för tankfordon och båtplatser där övernattnings kan tänkas ske är 25 meter.

Under lossningsmomentet betraktas tankfordon ur brand- och explosionssynpunkt, med avseende på avstånd till skyddsobjekt, som cistern ovan mark. Lossningsplatsen måste därför planeras så att tankfordonet med lätthet kan köra till och från uppställningsplatsen utan att backa. Den omgivande trafiken får inte försämrade säkerheten vid lossningen.

Drivmedelsanläggningen måste konstrueras så att ett förbudsområde (förbud att röka eller vidta åtgärder som kan ge upphov till öppen eld) på 12 meter kan upprätthållas från följande objekt:

- Cistern ovan mark
- Avluftningslednings mynning

- Mätarskåp/pump
- Påfyllningslednings mynning
- Gasreturanslutningar för tankfordon
- Pejllöppning på cistern i mark
- Bensinavskiljare (3 meter)

Platser där spill eller läckage kan förekomma, t.ex. påfyllnings- och tömningsplatser, ska vara utförda så, eller ha sådana tekniska anordningar, att brandfarlig vätska kan tas om hand på ett så säkert sätt att brand och explosion inte uppstår. Kraven på skydd mot spill och läckage anses vara uppfyllda bland annat om:

- Marken under tankfordonet har doserad lågpunkt så att utspilld vätska kan tas om hand på ett från brand- och explosionssynpunkt säkert sätt, t.ex. genom att lågpunkten är placerad vid sidan om tankfordonets lossningsplats. Lågpunkten får vara ansluten till en brunn som i sin tur är ansluten till bensinavskiljare. Brunnen kan utformas med täta betongringar och betongbotten. En anordning som förhindrar att vätska klass 1 faller fritt ska vara installerad. Uppsamlingsanordningen måste vara tom före lossning.

Enligt Sprängämnesinspektionens föreskrifter (2000:2) om hantering av brandfarliga vätskor med ändringar i SÄIFS 2000:5 rekommenderas dessutom nedanstående avstånd mellan kringliggande skyddsobjekt och brandfarlig vätska i cistern eller lös behållare:

- Minst 12 meter mellan cistern och byggnad av obrännbart material, icke brandfarlig verksamhet.
- Minst 50 meter mellan cistern och byggnad av brännbart material, brandfarlig verksamhet, A-byggnad.

Dessa avstånd nyttjas som riktvärden för att uppfylla föreskrifterna. Den grundläggande filosofin bör vara att en riskutredning (analys) av de faktiska förhållandena alltid skall föregå ett beslut om vilket avstånd som skall finnas mellan de olika anläggningsdelarna. Avstånden bör alltid avspegla de risker som föreligger på den enskilda anläggningen. Detta innebär att avstånden kan bli längre, lika långa eller kortare än de angivna. Avstånden skall bidra till att brand inte uppkommer i brandfarliga vätskor samt förhindra brandspridning mellan anläggningar för brandfarliga vätskor eller andra objekt inom eller utanför anläggningen.

Den aktuella detaljplanen uppfyller i de delar som ligger i närmast anslutning till tankstationen inte fullt ut de riktvärden som gäller mellan cistern och A-byggnad. Syftet med föreskriften bedöms dock vara att skydda stationen från extern brand, inte tvärtom.

1.4 Underlagsmaterial

Arbetet baseras på följande underlag:

- Detaljplaneprogram för del av Södra hamn (samrådshandling) 2012-03-25.
- Bygghandlingsritning, Minipris ettans båthamn. Uppdragsnummer: 01034 Datum 2005-08-01. Arkitekthuset Monarken.
- Informationsutbyte vid samrådsmöte med Luleå kommun 2014-03-24.

1.5 Internkontroll

I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten.

2 Områdesbeskrivning

Planerat bostadsområde ligger en bit utanför Luleås stadskärna. Området är idag en småbåtshamn som kommer fyllas ut för att ge plats för ca 300 nya bostäder. Intill planerad yta finns en befintlig tankstation som förser både personbils- samt båttrafikanter med bensin/diesel/E85, se figur 1 nedan.



Figur 1. Nytt bostadsområde, södra hamn (blå prick markerar principiell placering av tankbil vid lossning).

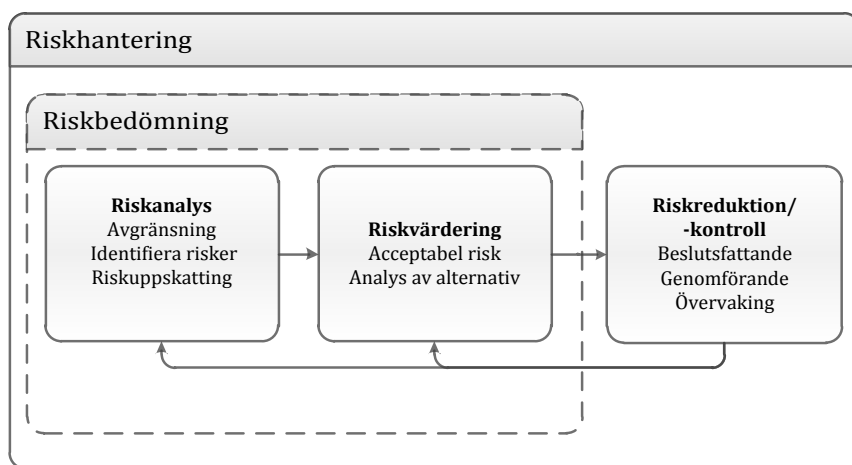
3 Omfattning av riskhantering och metod

Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som använts.

3.1 Begrepp och definitioner

Begreppet risk avser kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser. Sannolikheten anger hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och kan beräknas om frekvensen, d.v.s. hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, är känd.

Riskanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system (4)(5), riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 2. Riskidentifieringen är en inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser, medan riskuppskattningen omfattar en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.



Figur 2. Riskhanteringsprocessen.

Efter att riskerna analyserats görs en riskvärdering för att avgöra om riskerna kan accepteras eller ej. Som en del av riskvärderingen kan det även ingå förslag till riskreducerande åtgärder. Det sista steget i en systematisk hantering av riskerna kallas riskreduktion/-kontroll. I det skedet fattas beslut mot bakgrund av den värdering som har gjorts av vilka riskreducerande åtgärder som ska vidtas.

Riskhantering avser hela den process som innehåller analys, värdering och reduktion/-kontroll, medan riskbedömning enbart avser analys och värdering av riskerna.

3.2 Metod för riskidentifiering

Riskidentifiering har huvudsakligen utförts genom litteraturstudier och platsbesök. Inom ramen för riskidentifieringen beskrivs olika händelseförlopp som bedöms vara relevanta att beakta. Riskidentifieringen syftar inte till att vara uttömmande, utan avser beskriva möjliga olycksscenarier vilka tillsammans ger en tillfredsställande bild av riskerna.

Baserat på riskidentifieringen väljs representativa olycksscenarier ut för vidare analys. De representativa olycksscenarierna avser spegla *värsta troliga scenarier*. Förfarandet kan liknas vid att välja ut så kallade dimensionerande scenarier. Som stöd för val av de representativa scenarierna utförs en bedömning av olycksscenariernas relativa sannolikhet och konsekvens.

3.3 Metod för riskuppskattning

I denna riskbedömning utförs ingen kvantitativ uppskattning av risknivåerna, då det erfordrar kvantifiering av sannolikheterna för olika olycksscenarier. Riskuppskattning sker istället huvudsakligen baserat på kvantifiering av konsekvensområdena för utvalda representativa olycksscenarier, i kombination med kvalitativa, erfarenhetsmässiga resonemang. Hänsyn till sannolikheten för olika olycksscenarier vägs dock i viss mån in vid val av representativa olycksscenarier.

Konsekvensområdena uppskattas utifrån litteraturstudier och handberäkningar, strålningsberäkningar redovisas i Bilaga A.

3.4 Metod för riskvärdering

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen.

Värdering av risker har sin grund i hur risker upplevs. Som allmänna utgångspunkter för värdering av risk är följande fyra principer vägledande:

- Rimlighetsprincipen: Om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk ska detta göras.
- Proportionalitetsprincipen: En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta, i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.
- Fördelningsprincipen: Risker bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligen fördelade inom samhället.
- Principen om undvikande av katastrofer: Om risker realiserar bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

Dessa kvalitativa värderingskriterier kan ligga till grund för framtagande av kvantitativa riskkriterier, jämför Det Norske Veritas (DNV) förslag på riskkriterier (6) gällande individ- och samhällsrisk.

Riskerna indelas då i tre grupper; acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla.

Grupperna representeras av följande förutsättningar:

- Risker som klassificeras som oacceptabla värderas som oacceptabelt höga och tolereras ej. Dessa risker kan vara möjliga att reducera genom att åtgärder vidtas.
- De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som acceptabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör inte lika hårda krav ställas på riskreduktion, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-nyttoanalys.
- De risker som kategoriseras som låga kan värderas som acceptabla. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas. Riskreducerande åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

För denna riskbedömning som baseras huvudsakligen på erfarenhetsmässiga resonemang kring riskerna inom planområdet samt strålningsberäkningar avseende representativa scenarier kan det inte på ett entydigt sätt påvisas vilken grupp som de aktuella risknivåerna innebär. Gruppindelningen används dock som kunskapsunderlag så till vida att de huvudsakligen kvalitativt bedömda risknivåerna hänförs till någon av grupperna i syfte att återspegla den principiella innebörden av riskvärderingen.

3.5 Metod för identifiering av riskreducerande åtgärder

Baserat på riskvärderingen ges förslag på åtgärder. Utgångspunkt tas i Boverkets och Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner (7) och Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer (8).

Åtgärdernas effekt beskrivs kvalitativt.

4 Riskidentifiering

I närheten av planerat område finns en befintlig tankstation, se bilder nedan. Stationen distribuerar bensin, diesel samt E85 och den totala årsomsättningen uppgår till ca 1500m³. Lossning från tankbil med/utan släp sker minst tre gånger i veckan (9).

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds.



Bild 1: Tankstation OK/Q8.

4.1 Hanterade brandfarliga vätskor

Bensin har en flampunkt på cirka -40°C och klassas därmed som en brandfarlig vätska klass 1. Bensinångor ger snabbt explosiva blandningar (brännbarhetsområde 0,6-8%_{VOL}) och har låg antändningsenergi (exempelvis en gnista från statisk elektricitet är tillräcklig för antändning).

Diesel har en flampunkt på cirka 61°C och klassas därmed som en brandfarlig vätska klass 3. Brännbarhetsområdet är 0,6-6,5 %_{VOL}, men diesel betraktas ej som brandfarligt vid normala temperaturer.

E85 är en blandning mellan etanol (85 %) och bensin (15 %) och får därmed en blandning av dessa båda vätskors egenskaper. E85 är en brandfarlig vätska klass 1 (med en flampunkt som understiger -30 °C), som är lättflyktig och har ett brännbarhetsområde på 1,4-19%_{VOL}. Vid en brand brinner E85 inledningsvis liknande hur bensin brinner, men då bensinfraktionen i E85 brinner av snabbare än etanolen övergår en brand i E85 mer och mer till att likna en brand i etanol (dvs. med ljusare låga och mindre sot). Hur fort denna förändring sker beror av faktorer som läckagets storlek, väderlek, underlagets beskaffenhet etc. Det går alltså inte att på förhand säga när branden ”skiftar karaktär” från bensin mot etanol. Det är dock rimligt att anta att strålningen från en pölbrand i E85 avtar snabbare än från en pölbrand i ren bensin. Antändningsenergin som behövs för att antända en bränslepöl är liknande den antändningsenergi som krävs för bensin, dvs. mycket låg (exempelvis gnista från statisk elektricitet) (10). Tester från SP visar att bränsleångor från en pöl med E85 domineras av bensinfraktioner (70-80 %) (11).

Utsläpp av brandfarlig vätska antas i den fortsatta riskbedömningen och beräkningarna utgöras av bensin, vilket bedöms vara konservativt.

4.2 Marin tankstation

Bensinstationer för tankning av fordon har i de flesta fall en automatisk mängdbegränsare som stoppar tankning av bensin vid omkring 100 liter. Marina stationer saknar sådan utrustning varför ett läckage under ogynnsamma förhållanden kan bli mycket stort. Tankning av båtar innebär också större risk för brand och explosion än tankning av fordon, eftersom bränsleånga och spill lätt rinner ned i en båt och

där kan komma i kontakt med tändkällor. Tankning av båtar ska därför ske med stor försiktighet och endast utföras av kunniga personer som har tillgång till släckutrustning. Detta förutsätter vanligtvis att stationen är bemannad och det är av detta skäl i normalfallet olämpligt att utforma marina bensinstationer som automatstationer under juni, juli och augusti. Det gäller även om mätarskåpen är förlagda på land.

Konsekvenserna vid en olycka vid ett tankställe i marina miljöer är i stort sett jämförbara med konsekvenserna för en bensinstation på land med undantag för de omedelbara effekter för miljön som ett läckage medför. Det händer dock ofta att båtar börjar brinna vid start av motorn efter tankning. Detta beror på att bränsle eller gas rinner ner i båten vid tankning och om ventilationen där inte är tillräcklig kan en brännbar gas-luft-blandning bildas som antänds i samband med att motorn startas t.ex. (3).

4.3 Olycksscenarier och WSP:s bedömning

Nedanstående tabell beskriver identifierade olycksscenarier som anses relevanta för beskriven tankstation och dess tänkta användningsområde.

Bedömningen av sannolikhet samt konsekvens har skett relativt varandra och under förutsättningen att planerad bebyggelse genomförs utan införande av riskreducerande åtgärder.

Tabell 2. Identifierade olycksscenarier, utan åtgärder

Scenario	Förutsättningar	Sannolikhet	Konsekvens	WSP:s bedömning
1. Antändning av utsläpp från tankbil i samband med påfyllning av cistern	Marken där tankbilen står lutar mot vattnet vilket gör att utsläppet sprider sig okontrollerat över den asfalterade ytan och ned i vattnet. Avstånd till planerade byggnader kan bli så liten som ca 7 meter. Vattnet ligger ca 1,5-2 meter under marknivå.	låg	mycket stor	Utsläppets utbredning förväntas bli omfattande och hamna i nära anslutning till planerade byggnader. Scenariot kan leda till brandspridning till byggnader och förväntas kunna leda till ett flertal omkomna i planområdet. Människor kan omkomma både utomhus och inomhus.
2. Antändning av utsläpp från pump i samband med tankning	Området kring pumparna lutar mot en brunn som är ansluten till en oljeavskiljare. Avstånd till planerad bebyggelse från pump överstiger 30 meter.	medel	låg	Utsläppet samlas upp i en oljeavskiljare vilket minskar utsläppets utbredning på mark och begränsar brandens utbredning inom stationsområdet. Scenariot förväntas inte leda till allvarliga konsekvenser för planerad bebyggelse. Att enstaka personer som vid olyckstillfället vistas utomhus omkommer kan inte uteslutas.
3. Antändning av båt i samband med tankning	Avstånd till planerade byggnader är drygt 25 meter.	hög	låg	Brand i båt kan sprida sig till eventuella intilliggande båtar. Scenariot förväntas inte leda till allvarliga konsekvenser för planerad bebyggelse. Att enstaka personer som vid olyckstillfället vistas utomhus omkommer kan inte uteslutas.
4. Antändning av utsläpp i vatten i samband med tankning av båt	Avstånd till planerad bebyggelse kan bli så liten som ca 7 meter.	låg	stor	Då utsläppet når vattnet sprider det sig snabbt över en stor yta, utsläppet lägger sig som en tunn hinna på vattnet. Branden bedöms ej ha samma intensitet som

Scenario	Förutsättningar	Sannolikhet	Konsekvens	WSP:s bedömning
	Vattnet ligger ca 1,5-2 meter under marknivå.			en pölbrand på land där en större mängd kan ansamlas på samma ställe. Höjdskillnaden mellan vatten och marknivå gör att strålningsnivån som når fasaden är lägre än om branden skulle vara i samma nivå som marken. Scenariot kan möjligen leda till brandspridning till byggnader och förväntas kunna leda till några enstaka omkomna i och i anslutning till planområdet. Människor kan omkomma utomhus och möjligen inomhus.

4.4 Representativa olycksscenarioer

Det bedöms att det största riskmomentet på tankstationen är vid lossning av bränsle från tankfordon till cistern. Olyckor kan uppkomma exempelvis om slangen mellan bilen och cisternen brister eller lossnar. Chauffören ska dock alltid ha möjlighet att stoppa lossningen omedelbart. Vid ett läckage kan det uppkomma en bränslepöl som i sin tur kan antändas och därmed hota såväl tankstationen som tankbilen och omgivningen. De konsekvenser som kommer utredas vidare är de som följer av brand i bränslepöl.

Ett utsläpp från tankbilen (som står utanför området brunnarna täcker) kan rinna ut på intilliggande parkering och vidare ner i vattnet. I dagsläget är ej marken utformad att minska konsekvenserna av eventuellt utsläpp. Således blir ett utsläpps utbredning svår att bedöma. Se blå prick i figur 1 för placering av tankbil vid lossning. Vid utsläpp från tankbil kan utbredningen av vätskan ske så att konsekvensområdet i stor utsträckning påverkar nya byggnader.

Den brinnande pölens area beror bland annat på mängden utrunnen brännbar vätska och underlagets utformning.

Sannolikheten för att hela tankfordonets innehåll skulle rinna ut momentant förefaller extremt osannolikt. Dragbilar är oftast uppdelade i fack (3-4 stycken) med en volym om 4,5 - 5,3 m³/fack. Värsta troliga scenario vid lossning skulle vara att ett helt fack rinner ut, vilket även det förefaller vara mycket osannolikt (då det krävs att det antingen är något fel på själva tankbilen eller att chauffören exempelvis insjuknat hastigt och inte kan nödstoppa överföringen av vätska).

Dock anges ibland att dimensionerande skadefall för bensinstationer är att 10 m³ bensin läcker ut och bildar en vätskepöl med en area på cirka 300 m² (1). Troliga antändningskällor utgörs av statisk elektricitet eller varma motordelar etc (12). På grund av många osäkerhetsfaktorer genomförs beräkningar för ett antal olika pölareor för att få en känslighetsanalys.

De representativa olycksscenarioerna utgörs av friliggande pölbränder med areorna 50, 200 och 400 m².

5 Riskuppskattning

Konsekvenserna av en pölbrand i brandfarlig vätska (bensin, diesel, E85) begränsas vanligtvis till bränn- och rökskador. Konsekvensuppskattningar i form av strålningsberäkningar redovisas i Bilaga A.

Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m^2 . Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad.

I tabellen nedan redovisas skadeområdet som avstånd från pölbrandens kant respektive maximalt skadeområde för en cirkulär pöl. I praktiken kommer utsläppets utbredning vara starkt beroende av omgivnings utformning.

Tabell 3. Skadedrabat område för olika scenarier vid olycka med brandfarlig vätska.

Scenario	Infallande strålning > 15 kW/m^2 från pölkant	Maximalt skadeområde (cirkulär pöl)
Liten pölbrand (50 m ²)	12 m	16m
Medelstor pölbrand (200 m ²)	22m	30 m
Stor pölbrand (400 m ²)	30 m	39 m

Mot bakgrund av strålningsberäkningarna konstateras att konsekvensområdet inte förväntas utbreda sig mer än 30 meter från en pöl. Rök sprids över betydligt större område. Konsekvensområdet gäller för personer som befinner sig utomhus och är oskyddade gentemot riskkällan (fritt synfält). Personer som befinner sig inomhus har barriärer (yttervägg) mellan sig och riskkällan, vilket skyddar mot värmestrålningen från pölbranden.

6 Riskvärdering

Utifrån förutsättningar och riskbilden kan del av området betraktas vara exponerat av en viss förhöjd risk i och med befintlig tankstation. Den förhöjda risken omfattar huvudsakligen den del av planområdet med utomhusvistelse som ligger i närmast anslutning till tankstationen. Området betraktas i dessa delar som riskexponerat. Vad gäller människor som vid olyckan vistas inomhus är det endast den stora pölbranden som innehar en potential att medföra negativa konsekvenser. I realiteten bedöms sannolikheten för brandspridning och/eller skador på människor som vistas inomhus vara ytterst liten även för den stora pölbranden.

Scenariot pölbrand har ett begränsat riskområde om ca 30 meter från pölkant, utanför detta avstånd är risken mycket låg.

WSP bedömer sammantaget att risken bör värderas som ”acceptabel med restriktioner”, vilket innebär att den värderas som acceptabel om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Det bör poängteras att det är individrisken som betraktas som förhöjd. Samhällsrisken i området bedöms som låg och bör kunna accepteras.

7 Riskreducerande åtgärder

Kapitlet beskriver förslag på rimliga åtgärder som WSP anser ska genomföras. Riskreducerande åtgärder kan antingen vara sannolikhetsreducerande eller konsekvensbegränsande.

I samband med fysisk planering är det utifrån Plan- och bygglagen svårt att reglera sannolikhetsreducerande åtgärder, eftersom riskkällorna och åtgärderna i regel är lokaliserade utanför området, eller regleras med andra lagstiftningar. De åtgärder som föreslås kommer därför i första hand vara av konsekvensbegränsande art. WSP:s förslag innebär dock att markåtgärder är nödvändiga på intilliggande fastighet/tankstationen. Denna åtgärd samt åtgärder som beskrivs under sannolikhetsreducerande behöver hänskjutas till processer utanför detaljplanehanteringen.

Åtgärder som redovisas bör eliminera eller begränsa effekterna av de olycksscenarioer som ger störst bidrag till risknivån, i detta fall fokuserar åtgärderna på att reducera effekterna av de representativa olycksscenarioerna, dvs. pölbrand av olika storlekar som uppstår i samband med påfyllning av cistern.

Föreslagna åtgärder tar sin utgångspunkt i åtgärder som redovisas i Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner (7).

7.1 Konsekvensbegränsande åtgärder

7.1.1 Skyddsavstånd

Åtgärden innebär att skyddsvärt objekt inte får placeras inom ett visst avstånd från en riskkälla. Inom ett skyddsavstånd kan mindre störningskänsliga verksamheter finnas, liksom skyddsanordningar. Skyddsavstånd som riskreducerande åtgärd har hög tillförlitlighet och fungerar oberoende av andra åtgärder. Åtgärden är mest effektiv på korta avstånd, och effektiviteten avtar med avståndet.

Det föreslås att ett skyddsavstånd på 30 meter från invallningens yttersta punkt, inom vilket icke stadigvarande vistelse utomhus ska upprätthållas, införs. Med icke stadigvarande vistelse avses att exempelvis bänkar, grillplatser eller liknande typer av arrangemang som inbjuder till längre uppehåll inte anordnas inom detta område. Enstaka ytparkering inom skyddsavståndet bör kunna accepteras. Anges allmän plats - SKYDD (område som skyddar mot störning) på plankartan kan markområdet inrymma skyddsanordningar och vägar för gång-, cykel- och mopedtrafik, men inte för fordonstrafik.

7.1.2 Invallning

Mellan befintlig parkering och grönyta intill vattnet placeras förslagsvis en invallning i form av en kantsten. Denna skall kopplas till ny tänkt trottoar, se skiss nedan. Detta för att förhindra eventuellt utsläpp att nå vattnet samt att utsläppet samlas på ett ställe vilket förenklar släckningsarbetet och uppsamlingen.

Hur och om det är möjligt att reglera åtgärden inom detaljplaneprocessen bör utredas. WSP:s bedömning av riskbilden baseras på att åtgärden eller likvärdigt alternativ, se avsnitt 7.2.1 blir genomförd.



Figur 3: Rött streck markerar invallning.

7.1.3 Entré/utrymningsvägar

Bostadshusens entréer/utrymningsvägar förläggs så att utrymning kan ske bort från riskkällan. Gäller inom 30 meter från riskkällan enligt figur 4.

7.1.4 Placering av friskluftsintag

Åtgärden innebär att friskluftsintag placeras på oexponerad sida, vanligen bort från riskkällan. Syftet med åtgärden är att minska den mängd brandgas som kommer in i byggnaden via ventilationssystemet. Åtgärden minskar konsekvensen av utsläpp av brandgaser inomhus. Dock kan det i vissa fall bildas högre koncentrationer i lä för vinden, alltså på den oexponerade sidan.

Åtgärden avser den till tankstationen närmst belägna byggnaden i sin helhet.

7.1.5 Obrännbar fasad

Risken för brandspridning till och längs med fasadytan begränsas genom att fasadbeklädnad utförs svårantändlig. Åtgärden innebär att fasadbeklädnad inklusive balkong utförs i obrännbart material, dvs. i lägst klass A2-s1,d0. Detta gäller inom 30 meter från riskkällan enligt figur 4.

7.2 Sannolikhetsreducerande åtgärder

7.2.1 Åtgärder för tankstation

För att minska sannolikheten för en olycka vid tankstationen bör gällande lagstiftning och de råd som ges i handboken Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer (8) uppfyllas.

Här bör nämnas att stationens lossningsplats inte bedöms vara utförd enligt gällande praxis. Det är oklart om stationens utformning uppfyller praxis med avseende på marin tankstation, i synnerhet vad gäller bemanning och öppettider.

Ett sätt att hantera risken med pölbrand vid lossning vore att införa en lämpligt utformad spillzon vid lossningsplatsen. Med en spillzon om maximalt 200 m² skulle det i princip kunna uteslutas att byggnaderna inom detaljplanen påverkas vid olycksscenarioet. Därmed skulle den föreslagna invallningen kunna utgå.

När det gäller marina tankstationer är det bland annat viktigt att det finns utrustning med vilken en brinnande båt kan föras från pontonstationen till skyddad plats, t.ex. lång båtshake i obrännbart material och vajer med snabbkoppling. För tankstationen skrivs drift- och skötselinstruktioner så att de omfattar tankning av båtar och lossning av tankfordon samt åtgärder vid spill och brand. De ska också omfatta åtgärder vid brand i båt.

7.3 Riskreducerande åtgärdernas effekt

Nedanstående tabell beskriver identifierade olycksscenarioer som anses relevanta för beskriven tankstation och dess tänkta användningsområde.

Bedömningen av sannolikhet samt konsekvens har skett relativt varandra och under förutsättningen att planerad bebyggelse genomförs med införande av föreslagna riskreducerande åtgärder.

Tabell 4. Identifierade olycksscenarioer, efter åtgärder

Scenario	Förutsättningar	Sannolikhet	Konsekvens	WSP:s bedömning
1. Antändning av utsläpp från tankbil i samband med påfyllning av cistern	Utsläppet förhindras att spridas in i planområdet och ner i vattnet. Avstånd till planerad bebyggelse uppgår till ca 22 meter.	låg	låg	Invallning begränsar pölbrandens spridning i riktning mot byggnaderna samt stödjer räddningstjänstens insats. Människor ska inte stadigvarande vistas inom konsekvensområdet, vilket bör innebära att det potentiella antalet drabbade är litet. Med större avstånd till branden samt en obrännbar fasad försvåras antändning av fasad avsevärt gentemot grundförhållandena. Utrymningsmöjligheter bort från branden inom riskområdet medger goda möjligheter till utrymning. Gynnsam placering av friskluftsintag innebär att skyddet mot att brandgaser tränger in i bostäderna förbättras. Det bedöms sammantaget osannolikt att människor omkommer inomhus. Att enstaka personer som vid olyckstillfället vistas utomhus omkommer kan inte uteslutas.
2. Antändning av utsläpp från pump i samband med tankning	Området kring pumparna lutar mot en oljeavskiljare. Avstånd till planerad bebyggelse från pump överstiger 30 meter.	medel	mycket låg	Föreslagna åtgärder minimerar sannolikheten att olyckan leder till allvarliga konsekvenser. Att enstaka personer som vid olyckstillfället vistas utomhus omkommer kan inte uteslutas.
3. Antändning av båt i samband med tankning	Avstånd till planerad bebyggelse ca 25 meter.	hög	låg	Föreslagna åtgärder bidrar till att reducera den redan låga sannolikheten att olyckan leder till allvarliga konsekvenser. Att enstaka personer som vid olyckstillfället vistas utomhus omkommer kan inte uteslutas.
4. Antändning av utsläpp i vatten i samband med tankning av båt	Avstånd till planerad bebyggelse kan bli så liten som ca 7 meter. Vattnet ligger ca 1,5-2 meter under marknivå.	låg	medel	Föreslagna åtgärder bidrar till att reducera sannolikheten för att människor som vistas inomhus drabbas vid olycka. Scenariot kan möjligen leda till brandspridning till byggnader och förväntas kunna leda till någon eller några enstaka omkomna i och i anslutning till planområdet. Människor kan omkomma utomhus och möjligen inomhus.

8 Osäkerheter

Riskbedömningar av detta slag är alltid förknippade med osäkerheter, om än i olika stor utsträckning. Osäkerheter som kan påverka resultatet kan vara förknippade med bl.a. det underlagsmaterial och de beräkningsmodeller som analysens resultat är baserat på. I den aktuella riskbedömningen bedöms de största osäkerheterna kunna härröras till informationen kring tankstationens förutsättningar, utformning och säkerhetsåtgärder. Eftersom riskbedömningen i stora delar är kvalitativ är analysens resultat direkt avhängigt på utförarnas kompetens och kunskaper. Vidare bör nämnas att marina bensinstationer förknippas med särskilda risker, vilket ökar osäkerheterna kring möjliga och relevanta olycksscenarier.

Riskbedömningar avser att beskriva riskbilden för en föränderlig och framtida situation, vilket innebär att alltför långtgående och detaljerade slutsatser i allmänhet bör undvikas.

De antaganden som har gjorts har i allmänhet varit konservativt gjorda så att risknivån inom området inte ska underskattas. Vidare bedöms de riskreducerande åtgärdsförslagen ha valts konservativt, vilket innebär att bedömningen av riskbildens allvarlighetsgrad inte underskattats.

9 Slutsatser

Tankstationen distribuerar brandfarliga vätskor i form av bensin, diesel samt E85. För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Att tankstationen är marin innebär att den förknippas med särskilda förutsättningar vad avser tankning av båtar.

Den planerade bebyggelsens närhet till den befintliga tankstationen innebär att vissa schabloniserade myndighetsriktvärden vad avser skyddsavstånd i planeringssituationen underskrids. Denna riskbedömning avser att täcka in det behov av riskanalys för den specifika platsen och situationen som därigenom uppstår. Inom ramen för riskbedömningen ger WSP förslag på vilka riskreducerande åtgärder som ska genomföras för att risken ska betraktas som acceptabel.

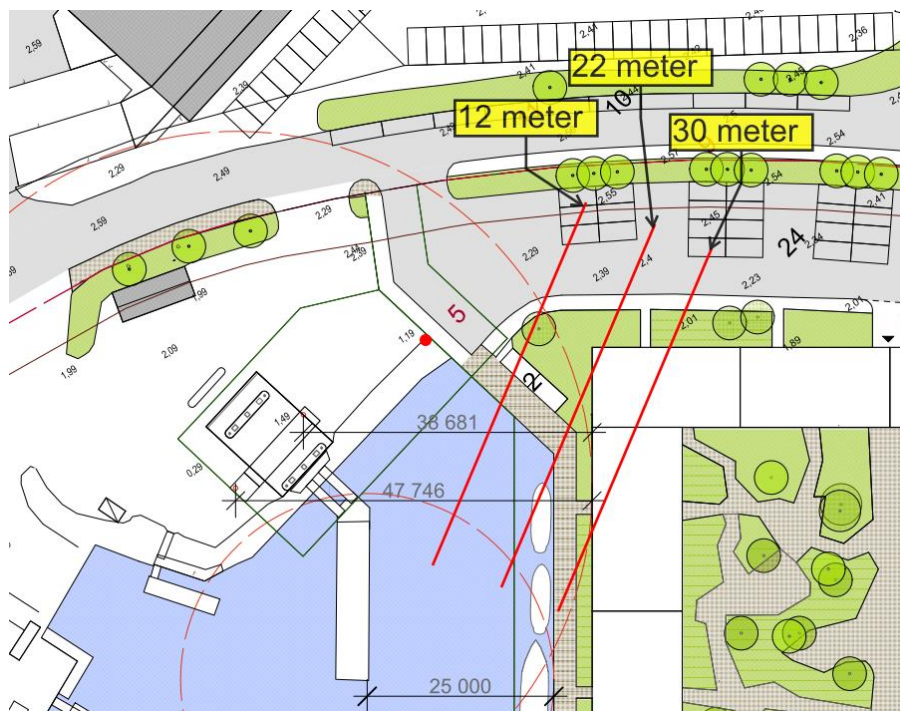
Den planerade bostadsbebyggelsen innebär nya förutsättningar i tankstationens omedelbara närhet. Det kan således inte uteslutas att bebyggelsen innebär påverkan på de framtida säkerhetskrav som ställs på tankstationen.

Mot bakgrund av identifierade olycksscenarioer bedöms att det största riskmomentet på tankstationen är vid lossning av bränsle från tankfordon till cistern. Mot bakgrund av strålningsberäkningarna konstateras att konsekvensområdet inte förväntas utbreda sig mer än 30 meter från en pöl. Rök sprids över betydligt större område. Utanför konsekvensområdet om 30 meter är risken mycket låg.

Utifrån förutsättningar och riskbilden kan del av planområdet betraktas vara exponerat av en viss förhöjd risk i och med befintlig tankstation. Den förhöjda risken omfattar huvudsakligen den del av planområdet med utomhusvistelse som ligger i närmast anslutning till tankstationen. Området betraktas i dessa delar som riskexponerat. Vad gäller människor som vid olyckan vistas inomhus är det endast den stora pölbranden som innehar en potential att medföra negativa konsekvenser. I realiteten bedöms sannolikheten för brandspridning och/eller skador på människor som vistas inomhus vara ytterst liten även för den stora pölbranden.

WSP bedömer sammantaget att risken bör värderas som ”acceptabel med restriktioner”, vilket innebär att den värderas som acceptabel om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Det bör poängteras att det är individrisken som betraktas som förhöjd. Samhällsrisken i området bedöms som låg och bör kunna accepteras.

WSP:s förslag på åtgärd i form av invallning innebär att konsekvensområdena för olika pölbränder påverkar området i enlighet med figur 4. Figuren är ej skalenlig utan inritad på befintligt underlag. Kanten på riskområdet ligger 12, 22 respektive 30 meter bortom föreslagna invallning.



Figur 4: Röda streck redovisar konsekvensområdets utbredning för olika stora pölbränder vid lossning. Röd punkt markerar invallningens närmsta punkt varifrån konsekvensområdet skattas.

I kombination med övriga föreslagna skyddsåtgärder bedöms invallningen utgöra ett avvägt skyddskoncept som är rimligt att kravställa mot bakgrund av riskbilden. Genomförandet av åtgärderna innebär dock inte att allvarliga olyckor helt kan uteslutas.

WSP anser att området, med i detta dokument givna förutsättningar och att samtliga åtgärdsförslag genomförs, kan exploateras i enlighet med föreliggande förslag.

Referenser

1. Länsstyrelsen i Stockholms län, Riktlinjer för Riskanalyser som beslutssunderlag. Faktablad 4:2003.
2. Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods, 2006.
3. Länsstyrelsen i Stockholms län. Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer. 2000. 2000:01.
4. IEC. International Standard 60300-3-9. Dependability management - Part 3: Application guide - Section 9: Risk analysis of technological systems. Geneva : International Electrotechnical Commission, 1995.
5. ISO. Risk management - Vocabulary . Guidelines for use in standards, Guide 73. Geneva : International Organization for Standardization, 2002.
6. Statens räddningsverk, FoU rapport - DNV, Davidsson, Göran; Lindgren, Mats; Mett, Liane, 1997.
7. Räddningsverket och Boverket. Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006. u.o. : Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
8. Räddningsverket. Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer. u.o. Björn Herlin, 2008.
9. Samtal med Sven Hellrönn OK/Q8 2013-10-15 kl 15:30.
10. Clean vehicles in Stockholm, Environment and health administration, Säkerhetsaspekter med E85 som drivmedel, Sunnerstedt, E Oktober 2006.
11. SP – Sveriges Tekniska Forskningsinstitut,. Utredning av brand- och explosionsriskerna med E85, Persson, H, 2007.
12. Stockholms brandförsvär, Konsekvenser vid tankbilsolycka med bensin i Stockholms innerstad, P. Skogetun, 1998.

Bilaga A Strålningsberäkningar

A.1 Beräkningsmetodik

Strålningsberäkningarna har genomförts med hjälp av handberäkningar. Beräkningarna av den värmestrålning som det analyserade området utsätts för i händelse av olycka med påföljande brand har genomförts enligt följande:

- Beräkning av brandeffekt
- Beräkning av flammans höjd och temperatur
- Beräkning av synfaktor
- Beräkning av infallande strålning på olika avstånd från branden

Brandeffekten beräknas för att uppskatta hur mycket energi som avges från branden till omgivningen. Flammans höjd används för att beräkna den så kallade synfaktorn som anger hur mycket av den från branden emitterade strålningen som når olika punkter i omgivningen. Temperaturen hos flammen ligger till grund för beräkningen av hur mycket infallande strålning som mottas av ytor på olika avstånd från branden.

A.1.1 Brandeffekt

Brandeffekten erhålls genom följande samband (1):

$$\dot{Q} = \chi \cdot \dot{m}'' \cdot \Delta H_c \cdot A_f \quad \text{Ekvation A1.}$$

där

\dot{Q} = utvecklad effekt (kW)

χ = förbränningseffektivitet (i de flesta fall används värdet 0,7 (2))

\dot{m}'' = förbränningshastighet per ytenhet (kg/m²s)

ΔH_c = förbränningsvärme (MJ/kg)

A_f = brinnande yta (m²)

Ekvationen gäller förutsatt att pölbrandens diameter är relativt stor (>2 m). För bensin gäller följande:

$$\dot{m}'' = 0,055 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

$$\Delta H_c = 43,7 \text{ MJ/kg}$$

A.1.2 Flamhöjd

Flamhöjden H_f (m) beräknas med hjälp av följande ekvation **Fel! Bokmärket är inte definierat.:**

$$H_f = 0,23 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02D \quad \text{Ekvation A2.}$$

där D är brandens diameter som beräknas ur:

$$D = \sqrt{\frac{4A_f}{\pi}} \quad \text{Ekvation A3.}$$

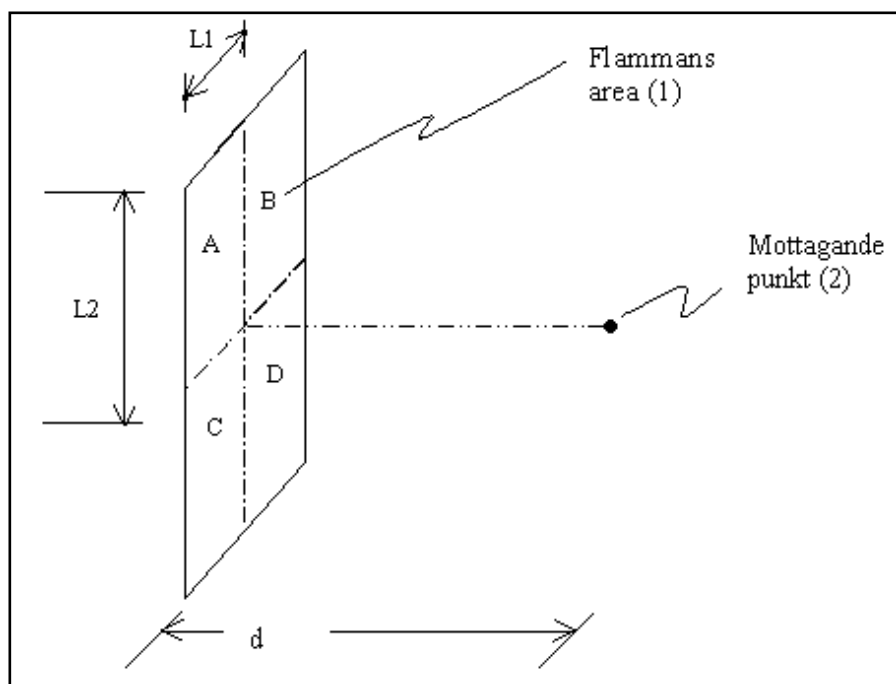
A.1.3 Flamtemperatur

Flamtemperaturen T_f utgör medeltemperaturen i flammen. Temperaturen i flamspetsen är ca 540°C (813 K). Vid lägre temperaturer förlorar flammen sin laminära karaktär. Om flammans maximala temperatur bestäms till 1000°C (1273 K) kan medeltemperaturen i flammen bestämmas. Den maximala flamtemperaturen är bland annat beroende av vilket material som brinner och storleken på branden. Medeltemperaturen används i beräkningen av strålningen från flammen och erhålls enligt:

$$T_f = \left(\frac{1273^4 + 813^4}{2} \right)^{1/4} = 1112K \quad \text{Ekvation A4.}$$

A.1.4 Synfaktor

Synfaktorn F anger hur stor andel av den emitterade strålningen som når den mottagande punkten eller ytan (se Figur E.1). Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då branden i själva verket normalt smalnar av väsentligt upptill.



Figur A.1. Synfaktor.

Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammen och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt:

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

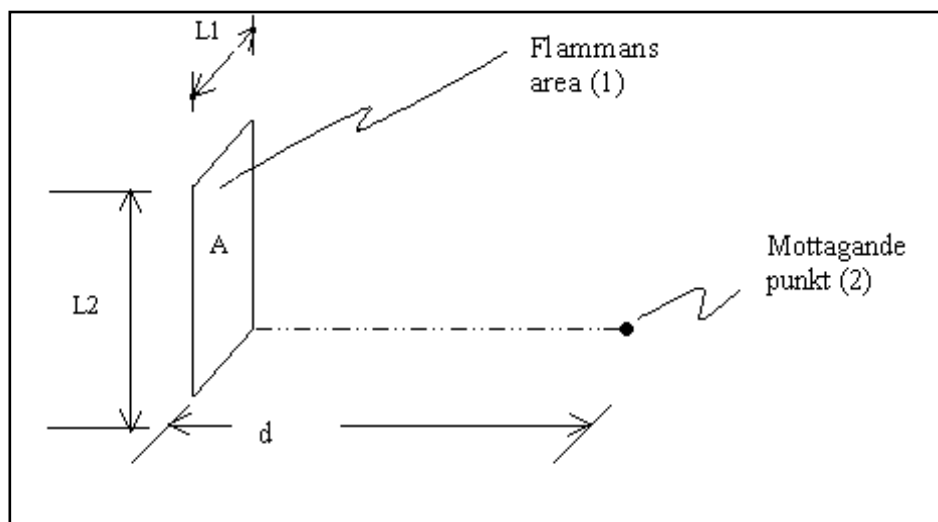
där $F_{A1,2}$ beräknas enligt följande:
$$F_{A1,2} = \int_0^{A_1} \frac{\cos \Theta_1 \cos \Theta_2}{\pi d^2} \cdot dA_1 \quad \text{Ekvation A5.}$$

där θ_1 och θ_2 är infallande vinkel, dvs. 0, och $F_{B1,2}$, $F_{C1,2}$ och $F_{D1,2}$ beräknas på samma sätt för dess mått där $A_1 = L_1 \cdot L_2$ enligt Figur E2. Ekvationen E6 används för beräkning av respektive ytas synfaktor:

$$F_{A12} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right) \quad \text{Ekvation A6.}$$

där

$$X = \frac{L_1}{d} \quad \text{och} \quad Y = \frac{L_2}{d} \quad \text{enligt Figur E2.}$$



Figur A.2. Synfaktor.

Om ytorna A, B, C och D är lika stora betyder det att den mest kritiska punkten på avståndet d från branden studeras. Genom att dela upp brandens totala area i olika stora ytor kan synfaktorn och då värmestrålningen bestämmas för en punkt på avståndet d från branden på x meters höjd.

A.1.5 Infallande strålning

Den från branden infallande strålningen som når omgivningen varierar med flammans temperatur, synfaktorn och den brinnande massans emissivitet. Emissiviteten, det vill säga materialets förmåga att avge värmeenergi, är beroende av materialets temperatur och egenskaper, särskilt vid ytan. Exempelvis kan sägas att en blankpolerad yta har mycket lägre emissivitet än en mörk skrovlig yta. Den infallande strålningen kan beräknas genom:

$$q_r'' = \varepsilon \sigma F T_f^4 \quad \text{Ekvation A7.}$$

där

$$q_r'' = \text{Infallande strålning (kW/m}^2\text{)}$$

ε = Emissionstal

σ = Stefan-Boltzmanns konstant (= 5.67×10^{-11} kW/m²K⁴)

F = Synfaktor

T_f = Flammans medeltemperatur

Emissionstalet för en flamma varierar med materialets egenskaper och tjockleken på flammen. För stora bränder antas emissionstalet vara 1, vilket är ett konservativt antagande.

A.2 Beräkningar och resultat

Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden för tre olika scenarier beräknats (se Tabell A.1).

Tabell A.1. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd.

Brinnande yta (m ²)	Utvecklad effekt (kW)	Brandens diameter D _f (m)	Flammhöjd H _f (m)
50	84 123	7,98	13,32
200	336 490	15,96	21,09
400	672 980	22,57	26,29

Strålningen har beräknats för halva flammans höjd på olika avstånd från branden. Dessa värden återges i Tabell A.2 och Figur A.3 nedan.

Tabell A.2. Beräkning av strålning och synfaktor på halva flammans höjd för olika avstånd från pölbranden.

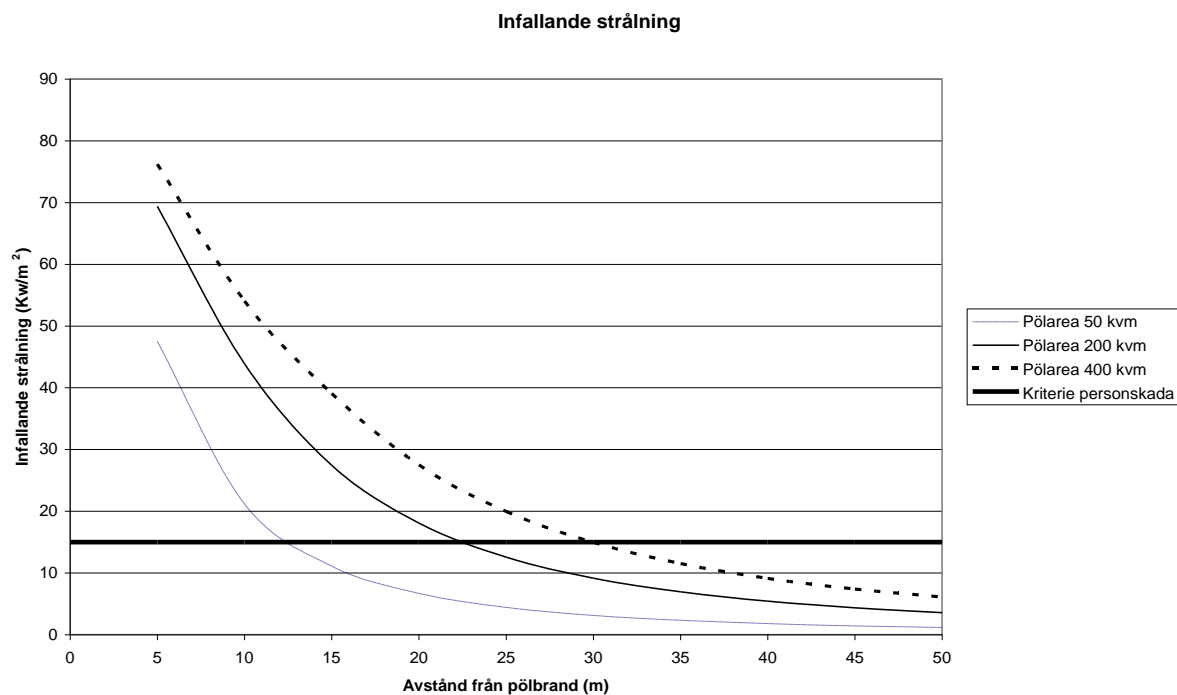
Avstånd från pölbrand (m)	Pölbrand 50 m ²		Pölbrand 200 m ²		Pölbrand 400 m ²	
	F _{1,2}	Strålning [kW/m ²]	F _{1,2}	Strålning [kW/m ²]	F _{1,2}	Strålning [kW/m ²]
5	0,547	47,53	0,799	69,39	0,878	76,22
10	0,244	21,18	0,506	43,91	0,645	54,04
15	0,128	11,11	0,316	27,47	0,450	39,06
20	0,077	6,68	0,208	18,08	0,317	27,50
25	0,051	4,42	0,145	12,57	0,230	19,94
30	0,036	3,13	0,105	9,16	0,172	14,94
35	0,027	2,32	0,080	6,94	0,133	11,52
40	0,021	1,79	0,062	5,42	0,105	9,12
45	0,016	1,42	0,050	4,35	0,085	7,37
50	0,013	1,16	0,041	3,56	0,070	6,08

Det framgår tydligt av beräkningarna att den infallande strålningen avtar med avståndet från strålkällan. För att kunna få en uppfattning av vilken strålning som är tolerabel kan beräknade strålningsnivåer jämföras med följande värmepåverkan och gränsvärden.

- 1 kW/ m² Högsta nivå som inte orsakar smärta
- 10 kW/ m² Antändning av lättantändliga material (gardiner, tidningspapper) utan sticklåga
- 13 kW/ m² Antändning av trä vid närvaro av en liten flamma, samt orsak till outhärdlig smärta efter 3 s exponering
- 20 kW/ m² Kriteriet för övertändning i rum, orsakar outhärdlig smärta efter 1 s exponering, antändning av lättantändliga material (gardiner, tidningspapper) utan sticklåga
- 25 kW/ m² Spontan antändning av bomullstyg och trä vid långvarig strålning
- 30 kW/ m² Spontan antändning av trä i det fria.

För strålning mot byggnader anges i BBRAD att strålningen bör understiga 15 kW/m² i minst 30 minuter utan särskilda åtgärder i form av exempelvis brandklassad fasad (3).

Det kriterium som används i detta fall för att avgöra konsekvensområdet inom vilka människor som vistas kan förväntas omkomma på grund pölbrand anges till 15 kW/m^2 . I Figur A.3 återges resultaten från strålningsberäkningarna. Kriterierna för omkomna presenteras också i figuren.



Figur A.3. Infallande strålning som funktion av avståndet pölbranden.

A.3 Referenser

1. Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000
2. An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999
3. BBR, Boverkets Byggregler, BFS 1993:57 med ändringar t o m BFS 2006:12, Boverket, 2006