

BRANDSKYDDSLAGET

Risikanalyis

Del av Huvudsta 3:1 och kv Krukmakaren

Underlag för detaljplanearbete

2020-06-16



Dokumenttyp: Riskanalys
Uppdragsnamn: Del av Huvudsta 3:1 och kv Krukmakaren
Uppdragsnummer: 108968
Datum: 2020-06-16
Status: Underlag för detaljplanearbete
Uppdragsledare: Rosie Kvål
Handläggare: Rosie Kvål
Tel: 08-588 188 84
E-post: rosie.kval@brandskyddslaget.se
Uppdragsgivare: Råsta Projektutveckling AB

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2016-04-18	RKL	LSS	Inledande riskanalys, ver 1
2017-02-10	RKL	LSS	Inledande riskanalys, ver 2
2017-09-20	RKL	LSS	Detaljerad riskanalys, ver 1
2017-12-04	RKL	-	Detaljerad riskanalys, ver 2
2018-01-18	RKL	-	Detaljerad riskanalys, ver 3
2019-03-20	RKL	LSS	Detaljerad riskanalys, ver 4
2019-04-05	RKL	LMN	Detaljerad riskanalys, ver 5
2020-06-16	RKL	-	Detaljerad riskanalys, ver 5

Denna version av riskanalysen har reviderats i förhållande till föregående versioner. Revideringen omfattar en uppdatering av planerad ny bebyggelse i Stockholms stad. Revideringarna är markerade med streck i marginalen likt detta stycke.

Sammanfattning

Solna stad har påbörjat ett planarbete för fastigheterna Huvudsta 3:1 (del av) och Krukmakaren 3 i stadsdelen Huvudsta. Inom Krukmakaren 3 driver Norrenergi ett värmeverk, Solnaverket. En utbyggnad av verket är önskvärd vilket föranleder behov av en planändring. Solna stad har därför valt att samordna planprocessen för utbyggnaden av Solnaverket med planarbete för ny bostadsbebyggelse inom en angränsande fastighet. Den planerade bebyggelsen inom Huvudsta 3:1 utgörs av bostäder i form av flerfamiljshus. Mellan Solnaverket och de planerade bostäderna går Huvudstaleden som är en sekundär transportled för farligt gods. Avståndet till vägen från planerade bostäder är 30 meter och från ny byggnad inom Solnaverket är det 28 meter.

Vid Solnaverket hanteras ämnen som vid en olycka kan påverka omgivningen. Med anledning både av planområdets närhet till Huvudstaleden och Solnaverkets verksamhet har en riskanalys av möjliga olycksrisker genomförts.

I analysen har en kartläggning gjorts av transporter med farligt gods på Huvudstaleden. Denna visar att det huvudsakligen är transporter med drivmedel till närliggande bensinstationer som förekommer på vägen. Även transporter till Solnaverket av bland annat ammoniak samt transporter med gasolflaskor kan förekomma.

Som ett första steg i analysen har en kvalitativ bedömning av identifierade olycksrisker har gjorts. Denna visar att Solnaverkets påverkan mot omgivningen är mycket begränsad. Störst påverkan på risknivån inom planområdet bedöms transporter med farligt gods på Huvudstaleden medföra. För scenarier med bedömt hög risk har en fördjupad analys gjorts. I denna har risknivån beräknats i form av individrisk och samhällsrisk. Beräkningarna visar att risknivån är sådan att säkerhetshöjande åtgärder är nödvändiga att vidta.

Utifrån genomförd analys ges nedanstående förslag på åtgärder för att sänka risknivån inom planområdet till följd av olycka med farligt gods på Huvudstaleden.

- Ingen stadigvarande vistelse inom 20 meter från Huvudstaleden.
 - o Parkeringsgarage ses inte som stadigvarande vistelse
- Fasader som exponeras mot Huvudstaleden inom 30 meter från denna utförs så att de motsvarar brandteknisk klass EI 30.
- Fönster i fasader inom 30 meter från Huvudstaleden utförs i brandteknisk klass EW 30.
- Garagebyggnad inom 30 meter från Huvudstaleden utförs med tät fasad mot vägen.
- Oskyddad bebyggelse inom ca 75 meter från Huvudstaleden ska utföras med möjlighet att utrymma mot en trygg sida, bort från Huvudstaleden.
- Friskluftsintag på byggnader inom ca 75 meter ska placeras på tak eller mot en sida som är skyddad från Huvudstaleden sett.
 - o Om ventilationen är mekanisk ska möjlighet till manuell avstängning undersökas.

Bedömningen utifrån genomförd analys är att planerad bebyggelse kan uppföras enligt studerat förslag förutsatt att föreslagna åtgärder vidtas.

Detaljplanen för Krukmakaren (Solnaverket) innebär inte förändringar som medför en ökad riskpåverkan mot omgivningen jämfört med nuläget. Verksamheten arbetar med att minska användningen av eldningsolja vilket gör att den inte längre kommer att klassas som en Sevesoverksamhet. Kompletterande spridningsberäkningar för olycka med ammoniak har gjorts som visar att påverkan mot omgivningen vid ett läckage blir mycket begränsad. Inga åtgärder till följd av detaljplanen är nödvändiga med hänsyn till risk mot omgivningen.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Syfte.....	6
1.3 Omfattning.....	6
1.4 Avgränsningar, ramar för projektet både geografiskt och analytiskt.....	6
1.5 Underlag.....	6
1.6 Internkontroll.....	6
1.7 Förutsättningar.....	7
2. ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING AV OMRÅDET	9
2.1 Områdesbeskrivning.....	9
2.2 Planerad bebyggelse.....	10
3. RISKINVENTERING	14
3.1 Allmänt.....	14
3.2 Identifiering av riskkällor.....	14
4. INLEDANDE RISKANALYS	24
4.1 Metodik.....	24
4.2 Identifiering av olycksrisker.....	24
4.3 Kvalitativ uppskattning av risk.....	24
4.4 Slutsats inledande riskanalys.....	28
5. FÖRDJUPAD RISKANALYS	29
5.1 Metodik.....	29
5.2 Resultat riskberäkningar.....	31
5.3 Resultat spridningsberäkningar ammoniak.....	33
5.4 Värdering av risk.....	34
5.5 Hantering av osäkerheter.....	34
6. SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER	38
6.1 Allmänt.....	38
6.2 Diskussion kring åtgärder.....	38
6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning.....	40
7. SLUTSATSER	41
8. BILAGOR	42
9. REFERENSER	42

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Solna stad har påbörjat ett planarbete för fastigheterna Huvudsta 3:1 (del av) och Krukmakaren 3 i stadsdelen Huvudsta. Inom Krukmakaren 3 driver Norrenergi ett värmeverk, Solnaverket. En utbyggnad av verket är önskvärd vilket föranleder behov av en planändring. Solna stad har därför valt att samordna planprocessen för utbyggnaden av Solnaverket med planarbete för ny bostadsbebyggelse inom en angränsande fastighet, Huvudsta 3:1.

Solnaverket utgör en möjlig riskkälla i och med förekommande hantering av brandfarlig vara och andra kemikalier. Påverkan mot omgivningen av den tänkta utbyggnaden måste därför undersökas.

Mellan Solnaverket och område för ny bostadsbebyggelse går Huvudstaleden. Denna utgör en rekommenderad transportled för farligt gods, vilket innebär att Länsstyrelsen i Stockholms län ställer krav på att riskerna från denna mot verksamheter inom planområdet studeras.

Brandskyddslaget har fått i uppdrag av Råsta Projektutveckling AB att utreda möjliga risker med transporter av farligt gods på Huvudstaleden och verksamheten vid Solnaverket.

1.2 Syfte

Syftet med riskanalysen är att undersöka lämpligheten med aktuellt planförslag genom att översiktligt utvärdera vilka risker som människor inom det aktuella området kan komma att utsättas för samt i förekommande fall föreslå hur risker ska hanteras så att en acceptabel säkerhet uppnås.

1.3 Omfattning

Analysen omfattar endast plötsliga och oväntade händelser med akuta konsekvenser för liv och hälsa för människor som vistas inom det studerade området. I analysen har hänsyn inte tagits till långsiktiga effekter av hälsofarliga ämnen, buller eller miljöfarliga utsläpp.

Trafikanter på omgivande vägar omfattas inte av analysen.

Risker inom Solnaverket med konsekvenser för egendom och personal inom verksamhetsområdet har inte studerats inom ramen för denna riskanalys. Dessa frågor hanteras genom verksamhetens egna riskanalyser.

1.4 Avgränsningar, ramar för projektet både geografiskt och analytiskt

1.5 Underlag

Information till analysen har hämtats från olika underlag. En sammanställning av dessa görs i avsnitt 8 – *Referenser*. Hänvisning till använda referenser görs löpande.

1.6 Internkontroll

Riskanalysen omfattas av Brandskyddslagets kvalitetsledningssystem som innebär att en annan konsult i företaget har genomfört en övergripande granskning av rimligheten i de bedömningar som gjorts och de slutsatser som dragits (internkontroll). Signatur i kolumnen för internkontroll på sidan 2 bekräftar kontrollen.

Denna handling är inte interngranskad i den omfattning som krävs i enlighet med företaget kvalitetsledningssystem, varför vissa av uppgifterna i handlingen kan komma att ändras.

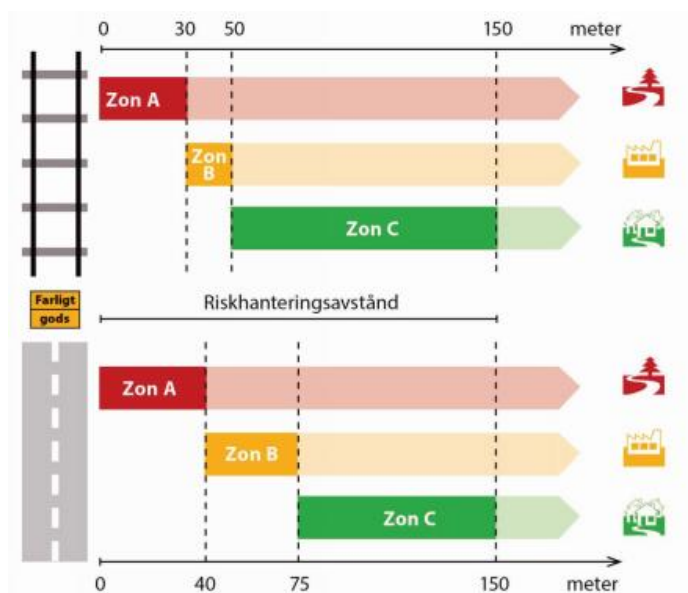
1.7 Förutsättningar

1.7.1 Riskhänsyn vid ny bebyggelse

Ett flertal olika lagar reglerar när riskanalyser skall utföras. Enligt Plan- och bygglagen (2010:900) skall bebyggelse lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till boendes och övrigas hälsa. Sammanhållnen bebyggelse skall utformas med hänsyn till behovet av skydd mot uppkomst av olika olyckor. Översiktsplaner skall redovisa riskfaktorer och till detaljplaner ska vid behov en miljökonsekvensbeskrivning tas fram som redovisar påverkan på bland annat hälsa. Utförande av miljökonsekvensbeskrivning regleras i Miljöbalken (1998:808).

Länsstyrelsen i Stockholms Län har tagit fram riktlinjer för hur risker från transporter med farligt gods på väg och järnväg ska hanteras vid exploatering av ny bebyggelse /1/. Syftet med riktlinjerna är att ge vägledning och underlätta hanteringen av riskfrågor. Länsstyrelsen anser att möjliga risker ska studeras vid exploatering närmare än 150 meter från en riskkälla. I vilken utsträckning och på vilket sätt riskerna ska beaktas beror på hur riskbilden ser ut för det aktuella planförslaget.

I riktlinjerna presenterar Länsstyrelsen riktlinjer för skyddsavstånd till olika verksamheter. Dessa rekommendationer redovisas i figur 1.1.



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

Zon A	Zon B	Zon C
G Drivmedelsförsörjning (obemannad)	E Tekniska anläggningar	B Bostäder
L Odling och djurhållning	G Drivmedelsförsörjning (bemannad)	C Centrum
P Parkering (ytparkering)	J Industri	D Vård
T Trafik	K Kontor	H Detaljhandel
	N Friluftsliv och camping	O Tillfällig vistelse
	P Parkering (övrig parkering)	R Besöksanläggningar
	Z Verksamheter	S Skola

Figur 1.1. Rekommenderade skyddsavstånd till olika typer av markanvändning /1/.

Avstånden i figuren mäts från närmaste väggkant respektive närmaste spårmitt.

Länsstyrelsen anger i sina riktlinjer generellt att skyddsavstånd är att föredra framför andra skyddsåtgärder. Vid korta avstånd lägger Länsstyrelsen större vikt vid konsekvensen av en olycka än frekvensen av olyckan.

För ny bebyggelse inom redovisade skyddsavstånd behöver en riskutredning göras som undersöker om planförslaget är lämpligt och vilka eventuella skyddsåtgärder som behövs.

Intill primära transportleder för farligt gods rekommenderas ett skyddsavstånd på minst 25 meter. Åtgärder ska vidtas inom 30 meter från vägen.

Rekommendationen är även vid sekundära transportleder att 25 meter ska lämnas bebyggelsefritt. Avsteg kan dock vara möjligt i särskilda fall. Det gäller i så fall de fall där det går få transporter och/eller de olyckor som kan inträffa endast kan få allvarliga konsekvenser inom ett kort avstånd.

1.7.2 Övrig lagstiftning

Förutom ovanstående lagar och riktlinjer förekommer ytterligare ett antal lagar och föreskrifter avseende risk och säkerhet som kan vara relevanta i planärenden. Dessa berör i första hand hantering och rutiner för olika typer av riskkällor som kan vara värda att beakta. Exempelvis så ger Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) ut föreskrifter för hantering av olika brandfarliga och explosiva ämnen.

Vidare hanterar Lag (2003:778) om skydd mot olyckor olika verksamheters ansvar för att upprätthålla ett tillfredsställande skydd mot olyckor. En konsekvens av denna lag som kan vara av särskilt intresse i planärenden är om det i anslutning till planområdet finns anläggningar vilka klassas som "farliga verksamheter" enligt kap 2:4 i denna lag. Sådana verksamheter är ålagda att vidta nödvändiga åtgärder för att hindra eller begränsa olyckor och de är även skyldiga att analysera risker och påverkan på närområdet.

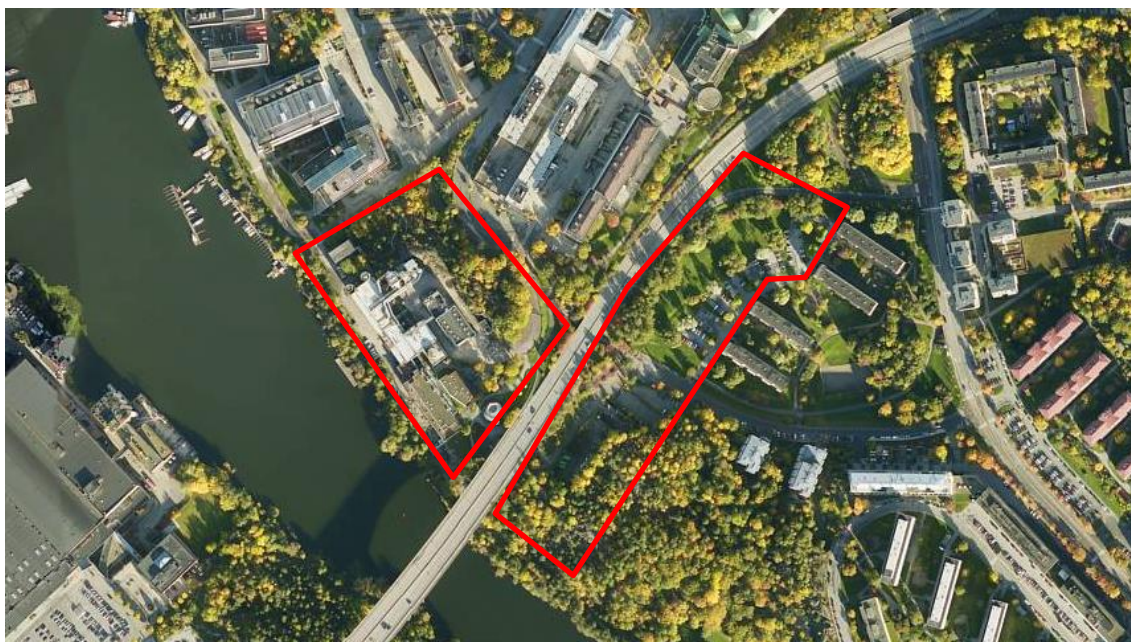
2. Översiktlig beskrivning av området

2.1 Områdesbeskrivning

Redovisa befintlig utformning av planområdet.

Beskrivningen ska även omfatta befintlig kringliggande bebyggelse.

Det aktuella planområdet ligger i Huvudsta i Solna. Området omfattar mark öster om Huvudstaleden samt Solnaverket som ligger väster om Huvudstaleden (Detaljplan 1 i figur 2.1). Strax söder om området går Huvudstaleden på bro över Bällstaviken. Planområdet omfattar fastigheterna Krukmakaren 3 (Solnaverket) samt del av Huvudsta 3:1.



Figur 2.1. Ungefärlig avgränsning av studerade planområden för bostäder öster om Huvudstaleden (Huvudsta 3:1) samt utbyggnad av Solnaverket väster om Huvudstaleden (Krukmakaren).

De delar av planområdet som inte tillhör Solnaverket upptas idag av naturmark, parkeringsytor samt befintlig bostadsbebyggelse i sex våningar. Marknivån inom planområdet är relativt plan.

2.1.1 Omgivande planer

I planområdets närhet, direkt norr och väster om området, pågår studier av en ny utformning och dragning av Huvudstaleden med förbättrade gång- och cykelmöjligheter. Projektet kommer inte innebära att Huvudstaleden kommer närmare något av de studerade planområdena.

På andra sidan Bällstaviken, nordväst och väster om planområdet för Krukmakaren (se figur 2.2) har Stockholms stad påbörjat arbete med Bällsta hamn respektive Ulvsunda industriområde. Utvecklingen av Bällsta hamn omfattar 900-1 200 bostäder, en grundskola, förskolor, service samt strandpark längs Bällstaviken. Avståndet till Solnaverket är som minst ca 350 meter. Inom Ulvsunda industriområde planeras blandad stadsbebyggelse med bostäder, verksamheter, skola, förskolor m.m. Avståndet mellan planområdet för Ulvsunda industriområde och Solnaverket är som minst ca 200 meter.



Figur 2.2. Pågående planarbete på andra sidan Bällstaviken från Solnaverket sett (källa: stockholm.se).

Ingen av de omgivande planerna innebär att nya riskkällor tillförs området. Däremot innebär de att persontätheten ökar i närområdet. Avståndet mellan planerad ny bebyggelse och Solnaverket är dock relativt stort.

2.2 Planerad bebyggelse

Norrenergi som driver Solnaverket planerar att bygga ut värmeverket. Utbyggnaden förutsätter en ändring av gällande detaljplan. Solna stad har därför valt att samordna planprocessen med den planering av bostäder som påbörjats inom Huvudsta 3:1 på andra sidan om Huvudstaleden från Solnaverket sett.

2.2.1 Solnaverket (Krukmakaren 3)

Vid Solnaverket produceras fjärrvärme och fjärrkyla och verket har en central roll för försörjning av värme och kyla till Solna och Sundbyberg. Solnaverket kan genom sin hantering av bränsle och kemikalier innebära en risk mot omgivningen. En närmare beskrivning av denna hantering görs i avsnitt 3.2.1. Nedan redovisas lite kort om verket och de planerade förändringarna.

Vid Solnaverket finns en värmepumpanläggning på 95 MW som producerar fjärrvärme och fjärrkyla ur avloppsvatten från Bromma reningsverk och sjövattnen från Mälaren. I värmepumpanläggningen används köldmedium, totalt ca 80 ton. För att klara strömförsörjningen till värmepumparna finns en transformatorstation. Vid verket sker även förbränning av framförallt fossilfria bränslen i form av träpulver i två pannor. Som reserv finns två oljeeldade pannor där eldningsolja 5 används som bränsle. Det finns även en panna för förbränning av tallbecksolja och/eller träpulver. Gasol och eldningsolja 1 används för att starta processerna i pannorna.

Det finns även en fjärrkylanalläggning och en kylackumulatortank.

Tidigare förvarades eldningsolja 5 med utrymme för 50 000 m³ olja. Leveranser av eldningsolja 5 skedde med båt på Ballstaviken. Oljepannorna används inte så ofta och leverans av eldningsolja har inte skett på flera år. Oljebergrummet håller nu på att tömmas och eldningsolja 5 kommer att förvaras i en av cisternerna som rymmer 1 100 m³. Leveranser kommer att ske med lastbil vid behov.

Ammoniak används för att rena rökgaserna från kväveoxider.

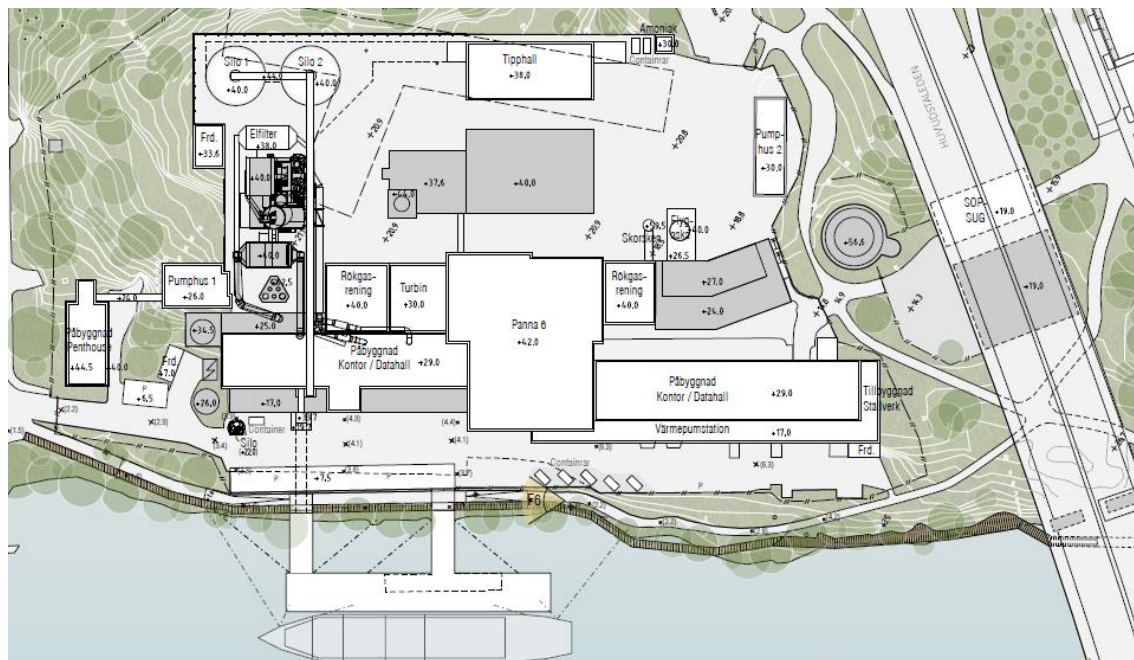
I och med ändrad Sevesolagstiftning har verksamheten tidigare klassats som en Seveso-anläggning av den lägre graden på grund av lagringen av eldningsolja. I och med att oljebergrummet töms kommer hanterade mängder av olja medföra att verksamheten inte längre klassas utifrån Sevesolagstiftningen.

Norrenergi planerar nu att bygga ut Solnaverket. I figur 2.3 redovisas den tänkta utbyggnaden. Utbyggnaden omfattar bland annat:

- Ny panna
- Nytt bränslelager
- Ny tippficka
- Ny rökgasrening
- Ny skorsten
- Utbyggnad av ställverk
- Ny turbin
- Ny bränslekaj

Ett av syftena med utbyggnaden är att helt övergå till fossilfria bränslen.

I samband med ombyggnad kan den befintliga ammoniakcisternen komma att flyttas ca 10-15 meter från nuvarande placering samt ett nytt pumphus uppföras i områdets nordöstra del (se figur 2.3). Övriga verksamhetsdelar kommer inte att påverkas och det finns heller inga andra planer på förändrad placering.



Figur 2.3. Skiss över Solnaverket efter planerad utbyggnad.

Avståndet mellan Huvudstaleden och olika delar inom Solnaverkets område redovisas i tabell 2.1.

Tabell 2.1. avstånd mellan Huvudstaledens närmaste väggkant och verksamhetsdelar inom Solnaverkets område.

Verksamhetsdel inom Solnaverket	Avstånd till Huvudstaleden (m)
Akkumulatortank	12
Nytt pumphus	28
Ammoniaktank	50
Träpelletshantering	70-140
Gasolflaskor	150

2.2.2 Nya bostäder (del av Huvudsta 3:1)

Öster om Huvudstaleden planeras ny bostadsbebyggelse i huvudsak i form av flerbostadshus i 2-11 våningar. Merparten av byggnaderna har 6-7 våningar. Totalt rör det sig om ca 450 lägenheter. Bebyggelsen ligger mellan befintliga bostadshus och Huvudstadsleden (se figur 2.4).

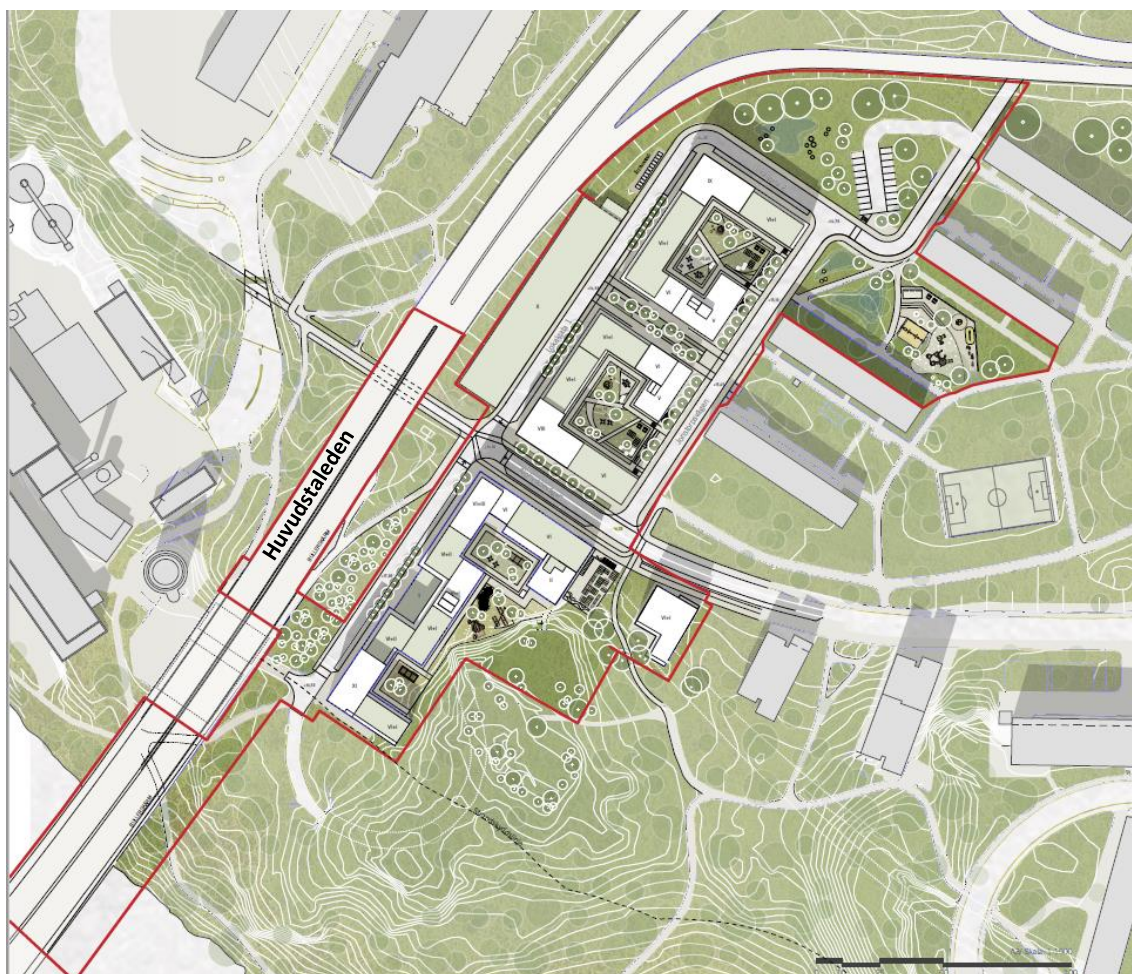
I den norra delen av planområdet planeras ett parkeringsgarage i tre plan (två ovan mark och ett källarplan, se figur 2.5) mellan byggnaderna och Huvudstaleden.

Det planeras även en förskola för ca 70 barn i det södra kvarteret. Förskolan inklusive gård är placerad minst 55 meter från Huvudstaleden och planeras så att alla entréer ligger bort från Huvudstaleden eller in mot gården.

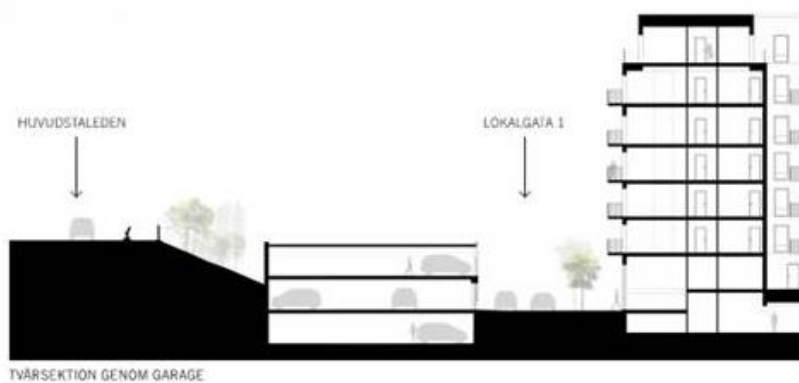
Avståndet till Huvudstaleden är som minst ca 30-35 meter från bostadsbebyggelse. Avståndet till parkering är ca 10 meter. Till verksamhetsdelar inom Solnaverket är det som minst ca 80 meter.

Utmed hela planområdet planeras en bullerskärm som kommer att vara minst en meter hög.

I figur 2.4 redovisas en illustration över planerade bostäder.



Figur 2.4. Situationsplan för ny bostadsbebyggelse inom aktuellt planområde. (AIX arkitekter, 2019-03-15).



Figur 2.5. Sektion genom garage.

3. Riskinventering

3.1 Allmänt

Inledningsvis görs en inventering av riskkällor i anslutning till det studerade området. Riskinventeringen omfattar de riskkällor (transportleder för farligt gods, järnvägar, verksamheter som hanterar farligt gods) som kan innebära plötsliga och oväntade olyckshändelser med konsekvens för det aktuella området. Utifrån gällande riktlinjer (se avsnitt 1.7.1) avgränsas inventeringen till riskkällor inom 150 meter från planområdet.

Riskkällorna beskrivs och förekommande hantering/transport av farliga ämnen kartläggs och redovisas. Inventeringen utgör grunden för den fortsatta analysen.

3.1.1 Farligt gods

Ämnen klassade som farligt gods är det som till stor del kan ge upphov till oväntade och plötsliga olyckshändelser och kunskap om dessa är därför viktigt i en riskanalys.

Farligt gods är en vara eller ett ämne med sådana kemiska eller fysikaliska egenskaper att de i sig själv eller kontakt med andra ämnen, t.ex. luft eller vatten, kan orsaka skada på människor, djur och miljö eller påverka transportmedlets säkra framförande. Farligt gods delas in i klasser (riskkategorier) utefter de egenskaper ämnet har. De olika ämnesklasserna delas i sin tur in i underklasser.

I tabell 3.1 redovisas de olika klasserna samt typ av ämnen.

Tabell 3.1. Farligt gods indelat i olika klasser enligt ADR.

Klass	Ämne	Beskrivning
1	Explosiva ämnen	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut, fyrverkerier etc.
2	Gaser	2.1. Brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) 2.2- Icke brandfarliga, icke giftiga gaser (kväve, argon etc.) 2.3. Giftiga gaser (klor, ammoniak, svaveldioxid etc.)
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, etanol, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel och industrikemikalier etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Kiseljärn (metallpulver), karbid, vit fosfor etc.
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider, kaliumklorat etc.
6	Giftiga ämnen	Arsenik, bly- och kvicksilversalter, cyanider, bekämpningsmedel etc.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Transporteras vanligen i mycket små mängder.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium, kaliumhydroxid (lut) etc.
9	Magnetiska material och övriga farliga ämnen	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.

3.2 Identifiering av riskkällor

I aktuellt områdes närhet har följande riskkällor identifierats:

- Solnaverket – fjärrvärmeverk
- Huvudstaleden – sekundär transportled för farligt gods

Andra möjliga riskkällor som exempelvis järnväg, bensinstationer och transportleder för farligt gods ligger mer än 350, 200 respektive 1 000 meter från planområdet.

Bromma flygplats ligger i planområdets närhet, in- och utflygning över närområdet sker därför. Sannolikheten för olycka som påverkar området bedöms vara extremt låg. In- och utflygning till flygplatsen kommer därför inte att studeras vidare.

Båttransporter med eldningsolja sker inte längre på Bällstaviken och farleden bedöms inte utgöra en riskkälla.

3.2.1 Solnaverket

I avsnitt 2.2.1 görs en övergripande redovisning av verksamheten vid Solnaverket. I detta avsnitt beskrivs huvudsakligen de delar av verksamheten som kan innebära en risk mot omgivningen.

Vid Solnaverket sker följande hantering som kan innebära påverkan mot omgivningen:

- *Transport av farliga ämnen till anläggningen*
Påverkan mot omgivningen kommer främst att studeras när det gäller transporter på Huvudstaleden där transporter till Solnaverket också har inkluderats (se avsnitt 3.2.2). Transporter till anläggningen redovisas även under respektive punkt nedan. Det studerade planalternativet för Krukmakaren (Solnaverket) påverkar inte antalet transporter eller transporternas körvägar till och från anläggningen jämfört med nuläget.
- *Hantering av eldningsolja 1 och 5*
Eldningsolja 5 (EO5) förvarades tidigare i bergrum under anläggningen och fraktades till platsen med båt. Förbrukningen är numera så låg att bergrummet inte längre brukas, förvaring kommer endast att ske i cistern på 1 100 m³ i cisternrum. Leveranser sker vid behov i tankbilar. Båttransporter är därför inte längre aktuella.
Eldningsolja 1 (EO1) förvaras i cistern om 60 m³ i ett cisternrum inomhus. EO 1 och EO 5 har en flampunkt över 56°C och utgör därmed brandfarlig vätska klass 3, och är inte så lättantändligt som exempelvis bensin. Norrenergi planerar att bli fossilfria, vilket innebär att hanteringen av eldningsolja successivt kommer att minska och ersättas med bioolja och pellets. Normalårsförbrukningen av EO 5 var tidigare 1 300 ton /2/, men är alltså betydligt lägre i nuläget. Normalårsförbrukningen av EO 1 är 66 m³. Leverans sker med lastbil och släp, ca 30 ton (ca 35 m³) vid leveranstillfälle.
- *Hantering av gasol*
Gasol används för att starta upp pannorna. Gasolen förvaras i två flaskor placerade i ett skåp vid pannbyggnaden (se figur 3.2). Flaskorna rymmer 45 kg/styck. De ingår i ett slutet rörsystem där gasol i vätskefas leds in i berörda pannor. Gasol är en brännbar gas som normalt förvaras trycksatt. Årsförbrukningen av gasol är 300 kg /2/. Leverans sker 1-6 gånger per år. Avståndet till planerade bostäder överstiger 150 meter.

För gasolhanteringen har en klassningsplan och en riskbedömning upprättats /3, 4/. Enligt riskbedömningen är gasolhanteringen vid Solnaverket enkel och det är mindre mängder gasol som hanteras. Sannolikheten för skada till följd av läckage anges vara liten och riskerna med hanteringen acceptabla.

- *Hantering av ammoniak*

Ammoniaklösning används för att rena rökgaser från kväveoxider. Lösningen innehåller 24,5% ammoniak. Ammoniaken förvaras i flytande form under normaltryck i en cistern om 70 m³ (se figur 3.2). Cisternen är placerad i en invallning. Lossning sker i anslutning till cisternen. Årsförbrukningen av ammoniak är 90 m³ /2/. Leverans sker med tankbil 2 gånger per år. Avståndet till planerade bostäder är ca 80 meter.

Ammoniak är en mycket giftig gas vars ångor kan vara både brand- och explosionsfarliga. En klassningsplan har därför upprättats som identifierar de zoner där dessa ångor kan uppstå /5/. Inom de aktuella zonerna får inte några tändkällor förekomma och utrustning ska vara anpassad utifrån zonklassningen.

Det finns flera säkerhetssystem för att förhindra skada till följd av ammoniakläckage. Bland annat så finns läckagevarningssystem, tryckvakt, rutiner vid lossning m.m. Enligt en riskanalys utförd för ammoniakhanteringen /6/ blir eventuella läckage troligen små och eftersom det rör sig om en 24,5%-ig lösning späds koncentrationen snabbt ut till ofarliga nivåer. I riskanalysen har ett antal olycksscenarioer studerats, dessa är:

- Tankbilen kolliderar med något
- Utsläpp vid lossning
- Utsläpp från cisternen ner i invallningen
- Läckage i pannhallen
- Stort läckage på cisterntaket

Samtliga scenarier bedöms i riskanalysen vara acceptabla. En konsekvensanalys som har gjorts visar att livshotande koncentrationer enbart kommer att uppstå inom Solnaverkets område. Ett worst case scenario som innebär explosion på cisterntaket till följd av läckage som fortplantar sig ner i cisternen så att den rämnar har bedömts kunna medföra att människor på Huvudstabron omkommer men sannolikheten av att det händer är mycket liten. Flytten av ammoniaktanken 10-15 meter från nuvarande placering innebär inte ökad påverkan mot omgivningen jämfört med nuläget.

- *Hantering av pulver*

Merparten av pannorna eldas med träpulver. Till anläggningen kommer bränslepellets som slås sönder till pulver. Bränslepellets förvaras i en pelletsbyggnad samt i ett planerat bränslelager (se figur 3.2). Risker med pulverhantering utgörs främst av risken för brand i lager samt risken för dammexplosion.

Framtid

Möjliga framtida förändringar inom verksamheten enligt Norrenergi /7/ är följande:

- **Flytt av ammoniakcisternen**

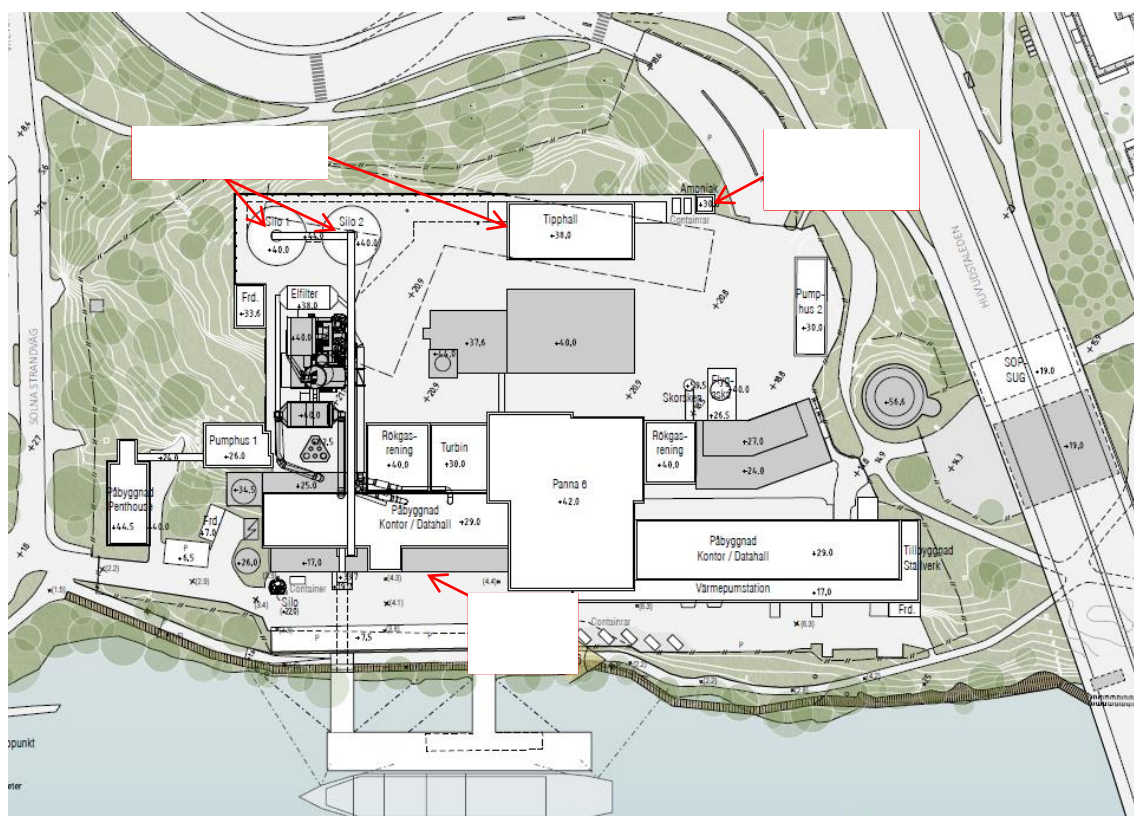
Cisternen planeras att flyttas till ett annat läge. Olika lägen har studerats och det som innebär minst risk för påkörning och exponering mot omgivningen är ett läge ca 10-15 meter nordväst om nuvarande läge.

- Nytt köldmedium

Byte av köldmedium kommer att göras till ett med lägre GWP-värde (Global Warming Potential). Det är osäkert exakt vilket ämne det blir men lutar idag åt att det blir något kolvätebaserat. Det sker mycket forskning inom området och vad framtida köldmedier består av är osäkert. Kolvätebaserade köldmedier är brännbara. Mängden köldmedier på platsen kommer dock att bli betydligt mindre. Köldmedier förbrukas inte, men naturliga mindre läckage förekommer vilket innebär att påfyllning av köldmedier är nödvändigt, även om det sker sällan. Antalet transporter med köldmedier kommer därför bli begränsat.

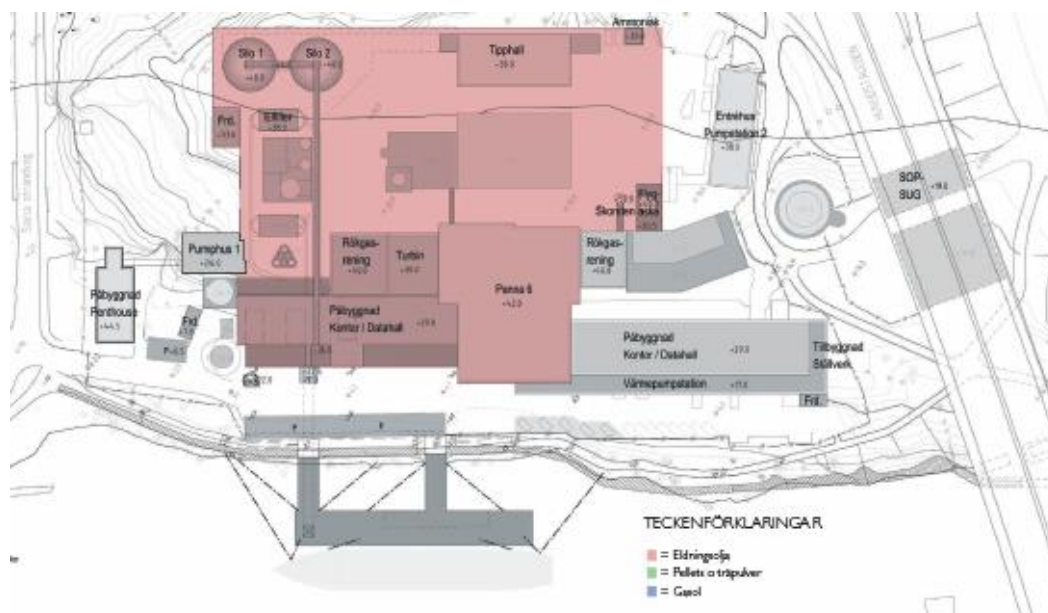
Den tänkta utbyggnaden av Solnaverket innebär även en flytt av sopsugslokalen med ny placering under Huvudstabron. Vid en brand i denna kan bron eventuellt påverkas så att bärande delar försvagas. Utformningen av sopsugsanläggningen behöver därför utredas och diskuteras tillsammans med vägghållaren. Det finns möjliga lösningar för att hantera risken för brandspridning, bland annat brandteknisk avskiljning av sopsugsanläggningen. Även Solnaverkets fjärrkylanläggning ligger under Huvudstabron. Även risken för brandspridning från denna behöver utredas och hanteras i projekteringen.

Det finns även tryckbärande anordningar inom verksamheten. Dessa är placerade inomhus, vilket innebär att någon direkt påverkan mot tredjeman inte sker vid en olycka. Vid anläggningen hanteras också tallbecksolja, vilket inte är klassat som brandfarligt.

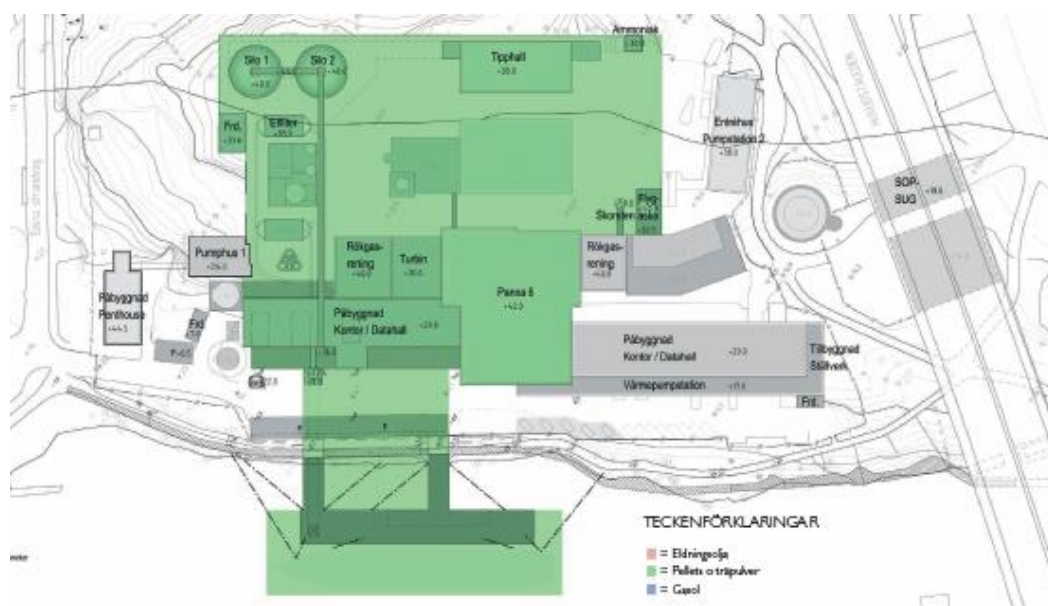


Figur 3.2. Situationsplan utbyggnad av Solnaverket med riskfylld hantering markerad.

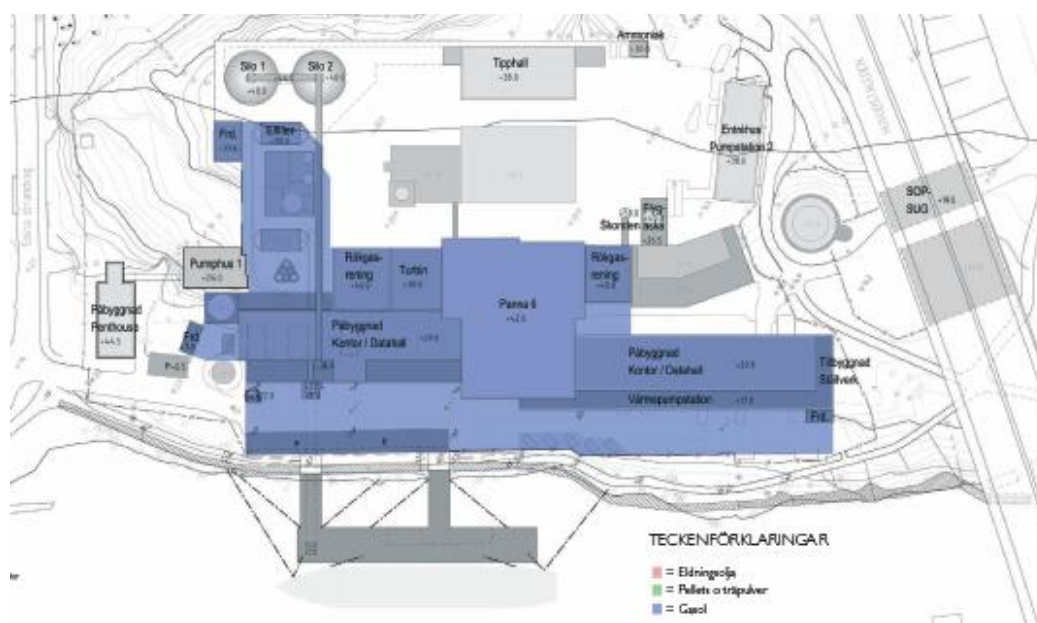
Några andra förändringar än ovan angivna planeras inte inom Solnaverket. Någon större omflyttning av olika verksamhetsdelar planeras inte. I figur 3.3-3.5 redovisas vilka områden som hantering av olika ämnen kommer att begränsas till enligt Norrenergi.



Figur 3.3. Område inom vilket hantering av eldningsolja sker och kommer att ske.



Figur 3.4. Område inom vilket hantering av pellets och träpulver sker och kommer att ske.



Figur 3.5. Område inom vilket hantering av gasol sker och kommer att ske.

3.2.2 Huvudstaleden

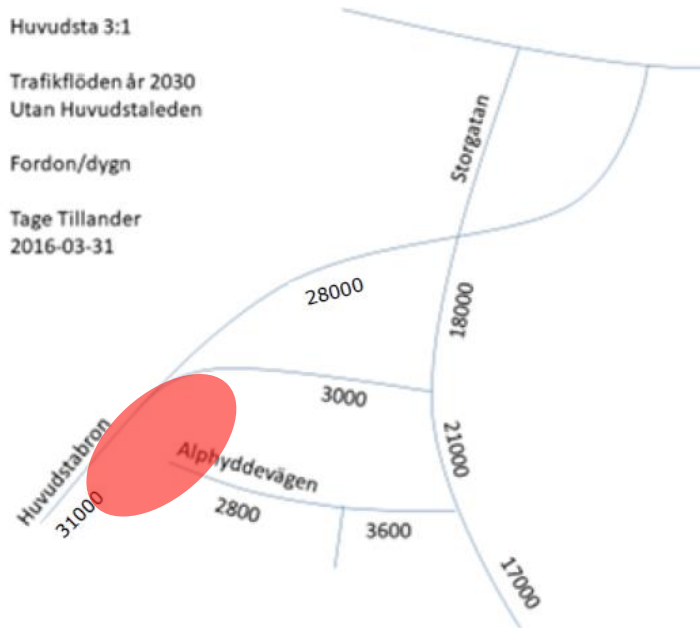
Allmänt

Huvudstaleden går mellan Frösundaleden i öster och Norrbyvägen i väster. Vägen består av två filer i vardera riktningen. Den skyltade hastigheten är 70 km/tim. Vägen beräknas enligt prognos trafikeras av 51 000 fordon per dygn 2030 /8/. Vägen går på bro förbi planområdet och ligger därmed över marknivån inom planområdet utmed hela sträckan. Vägen är utmed denna sträcka försedd med avåkningskydd.

Framtid

Enligt tidigare pågår en studie av en ny utformning och dragning av Huvudstaleden med förbättrade gång- och cykelmöjligheter.

Prognoser för trafiken på Huvudstaleden år 2030 är 31 000 fordon per dygn, se även figur 3.1.



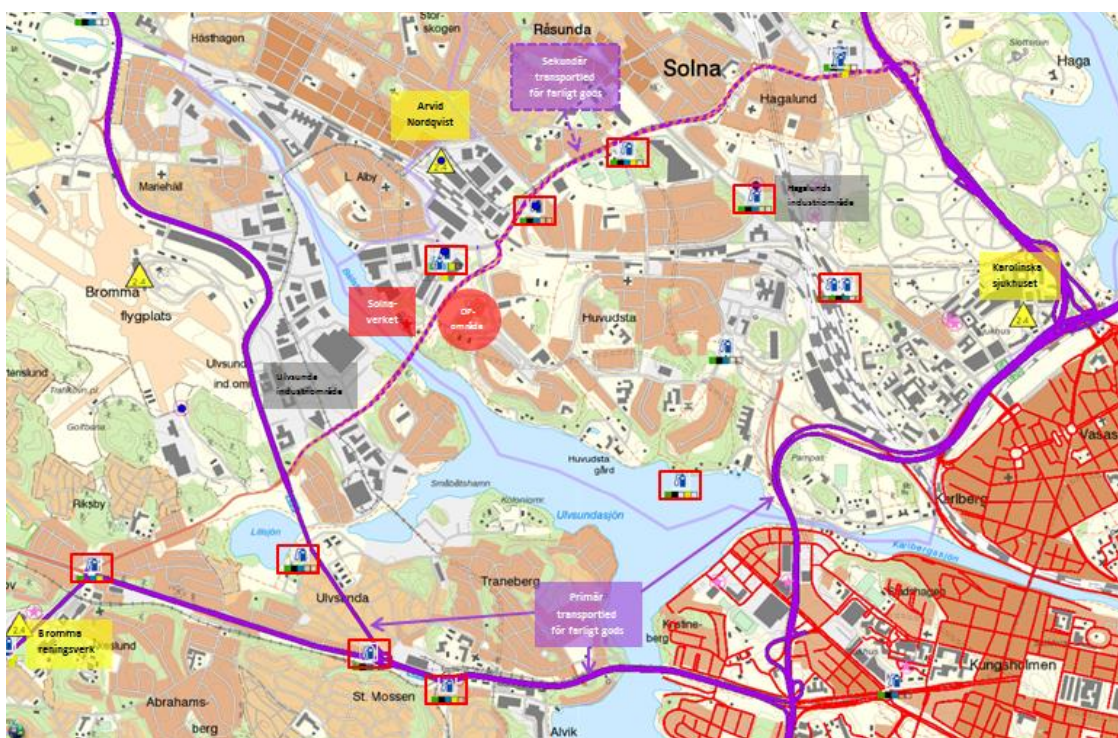
Figur 3.1. Trafikflöden i närområdet år 2030 /9/. Aktuell område för nya bostäder inom Huvudsta 3:1 rödmarkerat.

Transporter av farligt gods

Huvudstaleden är en sekundär transportled för farligt gods, vilket innebär att vägen i första hand är tänkt att användas för transporter till och från lokala verksamheter. I första hand är det primära vägnätet tänkt för genomfartstransporter. Huvudstaleden ligger som en länk mellan Frösundaleden (sekundär transportled) och Ulvsundaleden (primär transportled). En viss andel genomfartstransporter kan därför vara möjligt.

Det finns ingen kartläggning genomförd avseende transporter med farligt god på Huvudstaleden. En inventering av verksamheter utmed vägen har därför genomförts.

I figur 3.2 redovisas verksamheter som kan ge upphov till större mängder farligt gods på vägar i närområdet. Inventeringen har gjorts utifrån bland annat Länsstyrelsens WebbGis /10/. I figuren är planområdet och Solnaverket rödmarkerade, transportleder för farligt gods lila och bensinstationer markerad med en liten pump samt en röd rektangel. En markering har även gjorts av Ulvsunda och Hagalunds industriområden. Inom dessa finns verksamheter som hanterar brandfarlig vara. Dock rör det sig om mindre mängder och transporter sker huvudsakligen i form av styckegods och inte i tankbilar.



Figur 3.2. Verksamheter som kan ge upphov till transporter med farligt gods på vägar i närområdet (kartunderlag /10/).

Nedan görs en beskrivning av identifierade verksamheter. Samtliga innebär inte nödvändigtvis transporter med farligt gods på Huvudstaleden.

- *Bensinstationer*

Utmed Huvudstaleden finns tre bensinstationer. Dessa ligger öster om planområdet. Transporter till och från dessa kan passera planområdet på väg till eller från stationen, men de kan lika gärna köra österut mot E4.

- OKQ8 Hemvärngatan
- OKQ8/Tanka Ankdammsgatan
- Circle K vid Solna Centrum

Utmed Solnavägen finns idag två stationer (OKQ8, Preem). Solnavägen var tidigare, men är inte längre, klassad som en transportled för farligt gods. Övriga bensinstationer i närområdet omfattar totalt fem stationer (Shell, OKQ8, Circle K, en sjömack, Ingo). Transporter till eller från dessa stationer kan passera planområdet om de ska leverera till flera stationer i närområdet. Om de inte ska vidare inom närområdet bedöms dock den huvudsakliga transportvägen inte omfatta Huvudstaleden.

Någon heltäckande information om antalet transporter till/från aktuella bensinstationer har inte erhållits. Uppgifter om leveranser av spolarvätska och gasflaskor har erhållits från en av stationerna /11/. Stationen får leveranser av gasflaskor ungefär en gång per vecka och av spolarvätska på 200 liters fat 1-2 gånger per vecka under högsäsong och 1 gång per månad under lågsäsong.

Stationen vid Hemvärnsgatan har försäljning av fordonsgas. Om gasen transporteras dit i ledning eller med bil är okänt. Som underlag till beräkningarna antas att leveranser sker med tankbil två gånger i veckan.

Enligt statistik från Svenska petroleum och biodrivmedelinstitutet (SPBI) såldes under 2015 ca 9,4 miljoner kubikmeter drivmedel (flygbränsle ej medräknat) i Sverige /12/. Fördelningen mellan de olika drivmedlen var: ca 1 % etanol, 37 % bensin och 62 % diesel. Totalt fanns 2 680 försäljningsställen år 2015 /13/.

Utifrån statistiken från SPBI kan nedanstående grova uppskattning göras när det gäller genomsnittlig försäljning per försäljningsställe per år:

- Etanol: 70 m³
- Bensin: 1 298 m³
- Diesel: 2 174 m³

Bensinstationer tillhörande samma bolag samordnar vanligtvis sina leveranser för att minska antalet transporter. En tankbil kan rymma mellan 16-18 m³ petroleum. Om tankbilen har släp, vilket är troligt i detta fall, ryms ytterligare ca 36 m³.

Det finns ingen tydlig indikation på att transporter till någon eller några av stationerna alltid passerar planområdet. Det är därför mycket svårt att uppskatta antalet transporter. En grov uppskattning görs dock utifrån att enbart leveranser till flera stationer i närområdet passerar planområdet. Det rör sig då om transporter mellan Shell Solnavägen-Ulvsundavägen, OKQ8 Solnavägen-Huvudstaleden-Brommaplan och Circle K Huvudstaleden-Alvik. Det kan sammanfattas som tre målpunkter med passage på Huvudstaleden förbi planområdet. I tabell 3.2 redovisas en sammanställning.

Tabell 3.2. Grov uppskattning av antalet transporter samt transporterade mängder till de aktuella bensinstationerna.

Drivmedel	Mängd/station (m ³)	Antal transporter (per år)
Etanol	70	4-13
Bensin	1 298	72-243
Diesel	2 174	120-408
Gasolflaskor	-	156
Tankbil med fordonsgas	i.u.	Antaget 104
Spolarvätska	-	234
Totalt	-	690 – 1 158

Enligt erfarenhet från tidigare projekt får en normalstor bensinstation leveranser av drivmedel ca 2-5 gånger per vecka. Detta stämmer relativt bra överens med resultatet i tabell 3.2.

- **Solnaverket**
Till Solnaverket sker transporter av farligt gods främst med ammoniak, gasol och eldningsolja i större mängder, vilket beskrivs i avsnitt 3.2.1.

- *Övriga verksamheter*

I närområdet, men inte direkt anslutning till planområdet finns flera verksamheter som hanterar farliga kemikalier. Bland annat finns två verksamheter i närområdet som är klassade som farliga enligt *Lagen om skydd mot olyckor*. Dessa är Bromma flygplats och Arvid Nordqvists kafferosteri. Vid Bromma flygplats hanteras bland annat stora mängder flygbränsle. Flygbränslet körs i tankbil från norra Stockholm till flygplatsen. Normal transportväg för dessa är därför sannolikt att köra via Ulvsundaleden och Kymplingelänken till/från E4. Vid kösituationer på den vägen kan de möjligen köra via Huvudstaleden. Det bedöms dock inte vara den normala transportvägen. Vid Arvid Nordqvists kafferosteri hanteras relativt stora mängder gasol. Dessa kör sannolikt österut mot E4, eftersom det är en snabbare väg än att köra via E18, och passerar därmed inte planområdet.

Det finns även en del mindre verksamheter inom närområdet som kan ge upphov till transporter med farligt gods. Det rör sig bland annat om verkstäder, tryckerier, målarfirmor etc. med småskalig hantering av farliga ämnen. Transporter sker sannolikt huvudsakligen i form av styckegods med exempelvis dunkar och gasflaskor. Denna typ av verksamheter återfinns bland annat i Ulvsunda och Hagalunds industriområden.

Framtid

Det är ett högt exploateringsstryck i både Solna och Sundbyberg. Exploateringen omfattar till mycket stor del bostäder. Det innebär att mindre industri- och verksamhetsområden i allt större utsträckning omvandlas till bostadsområden. Antalet transporter med farligt gods skulle därför kunna antas minska. Samtidigt så innebär en ökad exploatering ett större kundunderlag när det gäller försäljning av drivmedel vid lokala bensinstationer. Hur den framtida transportsituationen ser ut i framtiden är således svårt att sja om.

Sammanställning

I tabell 3.3 görs en sammanställning över antalet transporter med farligt gods på Huvudstaleden utifrån genomförd kartläggning.

Tabell 3.3. Grov uppskattning av antalet transporter/år med farligt gods i anslutning till Huvudstaleden samt Solnaverket.

Farligt gods klass	Ämne	Antal transporter
2.1	Gasol (flaskor)	162
2.1	Fordonsgas (tankbil)	104
2.3	Ammoniak	2
3	Bensin, etanol, diesel, spolarvätska (fat), eldningsolja	430 - 898
Totalt		698 - 1 166

4. Inledande riskanalys

4.1 Metodik

Utifrån riskinventeringen görs en uppställning av möjliga olycksrisker som kan påverka människor inom det studerade området.

För identifierade olycksrisker görs en kvalitativ bedömning (inledande analys) av möjlig konsekvens av respektive händelse. En grov bedömning görs även av sannolikheten för att en olycka ska inträffa. Denna bedömning syftar i huvudsak till att avgöra om händelsen kan inträffa över huvudtaget, d.v.s. om riskkällan omfattar just de förutsättningar som krävs för att den identifierade olycksrisken ska finnas.

Utifrån de kvalitativa bedömningarna av sannolikhet och konsekvenser görs sedan en sammanvägd bedömning av huruvida identifierade olycksrisker kan påverka risknivån inom aktuellt planområde. För olycksrisker som anses kunna påverka risknivån inom planområdet behöver en fördjupad (kvantitativ) riskanalys göras i ett senare skede när utformningen av bebyggelsen har fastställts. Olycksrisker som med hänsyn till små konsekvenser och/eller låg sannolikhet ej anses påverka risknivån inom planområdet bedöms vara acceptabla och bedöms därför ej nödvändiga att studera vidare i en fördjupad analys.

4.2 Identifiering av olycksrisker

Utifrån riskinventeringen är bedömningen att det är transporter av farligt gods på Huvudstaleden samt hantering av kemikalier inom Solnaverket som kan medföra olyckshändelser med möjlig konsekvens mot omgivningen samt mot planerade verksamheter.

Följande olycksrisker bedöms kunna påverka det aktuella planområdet:

1. Olycka vid transport av farligt gods på Huvudstaleden
 - a. Farligt godsklass 2.1, brännbar gas i flaska
 - b. Farligt godsklass 2.3, giftig gas (ammoniak)
 - c. Farligt godsklass 3, brännbar vätska
2. Olycka vid Solnaverket
 - a. Hantering av eldningsolja
 - b. Hantering av gasol
 - c. Hantering av ammoniak
 - d. Hantering av bränslepellets/pulver
 - e. Brand i konstruktioner under Huvudstabron

4.3 Kvalitativ uppskattning av risk

4.3.1 Olycka vid transport av farligt gods på Huvudstaleden

Allmänt

Som tidigare nämnts delas farligt gods in i nio olika klasser utifrån ADR-S. Förbi planområdet har enbart ämnen ur klass 2 och 3 identifierats. Övriga klasser kan passera, men då sannolikt i mindre mängder, som styckegods eller vid enstaka tillfällen.

I tabellen nedan görs en övergripande beskrivning av de ämnen och konsekvenser en olycka kan leda till för de ämnen som identifierats kunna passera planområdet på Huvudstaleden.

Tabell 4.1. Konsekvensbeskrivning för olycka med respektive ADR-klass.

Klass	Konsekvensbeskrivning
2. Gaser	Klass 2.1: Brännbar gas: jetflamma, gasmolnexplosion, BLEVE. Konsekvensområden mellan ca 20-200 meter. Klass 2.2: Icke brännbar, icke giftig gas: Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan. Klass 2.3: Giftig gas: Giftigt gasmoln. Konsekvensområden över 100-tals meter.
3. Brandfarliga vätskor	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte över 40-50 m.

Utifrån beskrivningen ovan bedöms samtliga transporterade ämnen kunna medföra konsekvenser mot omgivningen vid en olycka med undantag för klass 2.2.

Nedan redovisas separata bedömningar av de ämnesklasser som redovisas ovan med avseende på hur de bedöms påverka risknivån inom planområdet.

Scenario 1a - Klass 2.1. Brännbara gaser

Transport med brännbara gaser förbi området består sannolikt huvudsakligen av gasolflaskor till verksamheter inom industriområden i omgivningen eller till bensinstationer. Det kan eventuellt också även förekomma tankbilar med fordonsgas eller LNG till den bensinstation som säljer fordonsgas. Sannolikheten för en olycka bedöms vara mycket låg. En olycka kan innebära att gas läcker ut och antänds. Hög värmestrålning kan uppstå inom ca 120 meter.

Bidraget till risknivån inom planområdet bedöms vara begränsad. Påverkan mot bebyggelsen kan dock inte uteslutas. Avståndet till bostadsbebyggelse är 30 meter och till Solnaverkets verksamhetsdelar 15 meter till hetvattenackumulator, 30 m till kontor, 50 m till bränslelager (flis) och 30 meter till ställverk. Scenariot bör därför studeras vidare i det fortsatta planarbetet.

Scenario 1b - Klass 2.3. Giftiga gaser

Transport med giftig gas består främst av ammoniak till Solnaverket som kan komma att passera planområdet. Ammoniaken transporteras i tankbil. Ett läckage kan spridas över stora områden. Eftersom ammoniaken hanteras som lösning, 25 %, blir koncentrationen snabbt så låg att den inte orsakar dödsfall vid kontakt med gasen.

Sannolikheten för olycka bedöms vara mycket låg. Påverkan kan inte uteslutas mot planområdet. Även om bidraget till risknivån inom planområdet bedöms vara begränsad bör scenariot studeras vidare i det fortsatta planarbetet. Risken vid transport av ammoniak bedöms dock inte utgöra en större risk för Solnaverket än deras egen hantering varvid fortsatt studie av scenariot kommer att fokusera på risken för bostäder.

Scenario 1c - Klass 3. Brandfarliga vätskor

Transport av brandfarlig vätska bedöms enligt genomförd inventering utgöra merparten av transportererna med farligt gods på Huvudstaleden. En olycka med tankbil kan leda till att tanken punkteras. Om antändning av läckaget sker uppstår en pölbrand. Denna kan innebära hög strålningsnivå inom ca 30-40 meter.

Sannolikheten för olycka bedöms vara relativt låg men scenariot bedöms utgöra en relativt stor påverkan på risknivån inom området. Scenariot bedöms dock inte medföra oacceptabel risknivå. Scenariot bör studeras vidare i det fortsatta planarbetet.

4.3.2 Olycka vid Solnaverket

Allmänt

Verksamheten vid Solnaverket innebär hantering som kan innebära påverkan mot omgivningen genom exempelvis brand och explosion. Tidigare nämnda olycksscenarier redovisas mer detaljerat nedan.

Scenario 2a - Hantering av eldningsolja

Eldningsolja har en hög flampunkt ($> 56^{\circ}\text{C}$) vilket innebär att det krävs uppvärmning av oljan för att ångor ska kunna bildas och sedan antändas. Vid hantering inom verksamheten ställs inga krav på klassificering av riskzoner eftersom explosiv atmosfär inte ska kunna uppstå under normala förhållanden. Hanteringen av eldningsolja vid Solnaverket bedöms huvudsakligen kunna medföra påverkan på miljön. Någon påverkan mot omgivningen till följs av olycksrisk bedöms inte föreligga.

Scenariot behöver inte studeras avseende påverkan på risknivån i det fortsatta planarbetet.

Scenario 2b - Gasol

Gasol hanteras i flaskor som förvaras i anslutning till pannhuset (se figur 3.2). Ungefärligt avstånd till närmaste verksamhet utanför Solnaverket är 140 meter till kontor, 140 meter till bostäder, 220 meter till handel samt 130 meter till Huvudstaleden. Endast verksamheter på andra sidan kanalen är exponerade mot gasolförvaringen eftersom pannbyggnaden skärmar av exponeringen mot övrig omgivning.

Gasol kan utgöra en fara för omgivningen genom följande scenarier:

- Läckage genom ventiler etc. som antänds direkt
- Läckage genom ventiler etc. som leder till att ett gasmoln bildas som driver iväg och sedan antänds (gasmolnsexplosion)
- Punktering av behållare, gasen antänds och skapar en jetflamma (eldkvast)
- Gasbehållarna utsätts för utvändigt värmepåverkan, vilket leder till att trycket i behållarna ökar och de exploderar

Skadeområden vid olycka med gasflaskor omfattar grovt avstånd upp till 120 meter. Det innebär att påverkan mot omgivningen endast omfattar obebyggda delar som gång- och cykelstråk och båttrafik på kanalen. Enligt genomförd riskbedömning avseende hanteringen /4/ bedöms risken vara acceptabel. Hanteringen av gasol är i liten skala, mindre än hanteringen på en bensinstation, placeringen av gasflaskorna är gynnsam i förhållande till omgivningen och risken för antändning av ett eventuellt läckage har minimerats utifrån verksamhetens egna riskutredningar och klassning av explosionsfarliga områden.

Påverkan på risknivån inom områden utanför Solnaverkets verksamhetsgräns bedöms vara mycket begränsad. Scenariot bedöms därför inte nödvändigt att studera vidare i det fortsatta planarbetet.

Scenario 2c - Ammoniak

Ammoniak används för rening av rökgaser. Ammoniaken förvaras flytande i en cistern om 70 m^3 placerad i den norra delen av Solnaverkets område (se figur 3.2). Ammoniakgas är giftig, brännbar och explosiv. Hanterad ammoniak utgörs av en vattenlösning med 25 % ammoniak som förvaras vid normalt tryck och temperatur.

Avståndet till närmaste verksamhet utanför Solnaverket uppgår till ca 110 meter till kontor, 120 meter till bostäder, 80 meter till Huvudstabron samt 200 meter till planerad ny bebyggelse på andra Bällstaviken.

Scenarier med ammoniak utgörs av:

- läckage av ammoniakgas
- läckage och antändning av gas
- läckage och explosion av gas

Enligt genomförd riskanalys för Solnaverket /6/ är samtliga i analysen studerade scenarier acceptabla. Eftersom koncentrationen av ammoniak är låg späds ett läckage snabbt ut till koncentrationer som inte medför att människor omkommer eller skadas allvarligt. Enbart människor inom Solnaverkets område bedöms påverkas. Vid ett worst case scenario som innebär explosion kan trafikanter på Huvudstabron skadas eller till och med omkomma.

Enligt tidigare kommer eventuellt ammoniaktanken att flyttas 10-15 meter mot nordväst. Flytten innebär inte att områden utanför verksamheten påverkas i större utsträckning än i dagsläget. Den riskanalys som verksamheten har genomfört avseende ammoniakhanteringen /6/ är således tillämplig även efter en eventuell flytt.

Med hänsyn till den låga sannolikheten för olycka, genomförda säkerhetsåtgärder inom Solnaverket samt att enbart människor på ytor utomhus kan påverkas vid en worst case olycka bedöms påverkan på risknivån från hanteringen vara mycket begränsad. En fördjupning avseende omgivningspåverkan görs ändå med syfte att komplettera tidigare genomförd analys och utgöra underlag för framtida exploateringar i närområdet.

Scenario 2d - Hantering av bränslepellets/pulver

Vid anläggningen hanteras relativt stora mängder biobränsle. Biobränsle i form av bränslepellets levereras till anläggningen med lastbil. Möjligheten med leverans via båt undersöks. Bränslet lossas i tippficka i anslutning till ammoniakcisternen (se figur 3.2). Tippfickan har en kapacitet på 250 m³. Pelletsen transporteras vidare via ett internt transportsystem till övervåningen i tippfickan där förmalning av pelletsen till pulver sker. Pulvret transporteras sedan via transportsystem till bränslelager (se figur 3.2).

Hanteringen av pellets och pulver innebär risker i form av brand i lagrat bränsle, vilket är relativt vanligt att det inträffar. System för att minska risken för uppkomst av brand samt släckning av brand finns i anläggningen. En annan risk med pelletshantering är det damm som uppstår. Om tillräckligt finfördelat och torrt damm virvlar upp kan det bildas ett antändbart dammoln. Om dammolnet antänds kan en explosion uppstå. För att förhindra detta finns krav på att hanteringen bland annat när det gäller att upprätta klassningsplaner och identifiera möjliga zoner där sådana dammoln kan uppstå. Inom dessa zoner får ingen tändkälla förekomma. Regelbunden städning i anläggningen är också viktigt för att minska sannolikheten för uppkomst av dammoln. Klassningsplan och zonindelning finns genomförd för anläggningen. I pelletsystemet finns även explosionsavlastningar eftersom samtliga tändkällor inte går att undvika. Exempelvis innebär de transportörer som transporterar pellets/pulver inom anläggningen viss risk för antändning genom gnistbildning vid friktion vid rotation. Explosionsavlastningar är placerade så att skadan mot omgivningen minimeras.

Störst sannolikhet för påverkan mot omgivningen är vid en glödbrand i bränslelagret. Om branden inte kan släckas kan kraftig rökutveckling uppstå. Sannolikheten för en mycket omfattande brand är dock begränsad och påverkan mot omgivningen inte akut farlig. Störst risk föreligger för trafikanter på Huvudstabron. Påverkan på risknivån inom planområdet bedöms vara mycket begränsad. Scenariot kommer därför inte att studeras vidare i den fortsatta analysen.

Risken med transport (båt/bil) av pellets är liten då lagringen inte är så omfattande eller långvarig att en brand kan uppstå. Vid lossning kan damm virvla upp som kan leda till explosion. Utrustningen är dock utförd för att minimera den risken och om en explosion ändå sker blir påverkan mot omgivningen mycket begränsad.

Scenario 2e - Brand i konstruktioner under Huvudstabron

Idag har Solnaverket viss verksamhet under Huvudstabron. I samband med utbyggnaden av Solnaverket planeras ytterligare funktion under bron i form av en sopsugsanläggning. Denna verksamhet utgör ingen betydande risk mot omgivningen men kan vid en brand eventuellt påverka brons konstruktion och bärighet. Det är därför viktigt vid planering och projektering av byggnader och funktioner under bron att anpassa dessa med hänsyn till risken för påverkan mot bron.

Scenariot kommer inte att studeras vidare i det fortsatta riskanalysarbetet, men det är viktigt att inte glömma bort detta i den fortsatta planeringen.

4.4 Slutsats inledande riskanalys

Utifrån den inledande analysen har det bedömts nödvändigt att genomföra en fördjupad analys av vissa olycksrisker. Av de identifierade riskerna i anslutning till området har följande bedömts vara av sådan omfattning att mer detaljerade analyser bedömts nödvändiga:

- Scenario 1a- transport med gasol i flaska samt fordonsgas/LNG i tankbil på Huvudstaleden
- Scenario 1b – transport med ammoniak på Huvudstaleden
- Scenario 1c – transport med brännbara vätskor på Huvudstaleden

I den fortsatta planeringen av området måste hänsyn tas till ovanstående olycksrisker. En fördjupad analys görs därför där frekvens och konsekvens beräknas och sammanställs i form av risknivå, vilken i sin tur utgör underlag för beslut om säkerhetshöjande åtgärder. I avsnitt 5 samt i bilaga A och B redovisas den fördjupade analysen.

Studerade scenarier vid Solnaverket bedöms ha mycket liten påverkan på risknivån inom områden utanför verksamhetens gräns, det gäller även områden på andra sidan Bällstaviken. Planerad förändring inom Krukmakaren (Solnaverket) medför inte en ökad riskpåverkan mot omgivningen jämfört med nuläget. De arbeten som görs för att minska användningen av eldningsolja 5 innebär att riskerna mot omgivningen snarare kommer att minska. Kompletterande spridningsberäkningar genomförs och redovisas i bilaga B.

5. Fördjupad riskanalys

5.1 Metodik

De identifierade olyckshändelserna som i den inledande analysen bedöms kunna inträffa samt kan medföra konsekvenser för det aktuella området studeras vidare i en fördjupad, kvantitativ, riskanalys.

5.1.1 Beräkning av frekvens och konsekvenser

I den fördjupade analysen kvantifieras frekvensen för, samt konsekvenserna av, respektive olycksrisk. Vilken metod som används är beroende av riskkällans egenskaper.

Frekvensberäkningarna utförs i enlighet med den metod som anges i *Farligt gods – Riskbedömning vid transport /14/*. Som underlag till beräkningarna när det gäller antalet transporter med farligt gods har vi utgått från den kartläggning som redovisas i avsnitt 3.2.2. Frekvensberäkningarna baseras på ett uppskattat maxvärde. Frekvensberäkningarna är genomförda för uppskattad framtida trafik (se bilaga A).

Konsekvensberäkningar har genomförts genom att för respektive scenario bedöma inom vilka skadeområden som personer antas omkomma inomhus respektive utomhus. Eftersom egenskaperna hos ämnena i de olika farligt godsklasserna skiljer sig mycket från varandra har olika metoder använts för att uppskatta konsekvenserna för respektive olycksrisk. För scenarier med gasol har beräkningar genomförts med hjälp av simuleringsprogrammet **Gasol** som är utgivet av MSB /15/. Utsläpp av giftig gas har simulerats med hjälp av programmet **Spridning i luft 1.2 /15/** och **ALHOA version 5.4.7**. Strålningsberäkningar för utsläpp och antändning av brännbar vätska har utförts med handberäkningar.

Beräkningarna redovisas i sin helhet i bilagorna A och B.

5.1.2 Sammanvägning av risk

Risker avseende personsäkerhet presenteras och värderas i form av individrisk och samhällsrisk:

Individrisk är den risk som en enskild person utsätts för genom att vistas i närheten av en riskkälla. Individrisken redovisas som platsspecifik individrisk. Detta görs i form av individriskkonturer som visar frekvensen för att en fiktiv person på ett visst avstånd omkommer till följd av en exponering från den studerade riskkällan.

Individrisken beräknas inledningsvis för obebyggd mark där ingen hänsyn tas till eventuell konsekvensreducerande effekt av exempelvis framförliggande bebyggelse (varken befintlig eller planerad) och andra avskärmande barriärer.

Med hänsyn till ovanstående parametrars inverkan på framförallt konsekvenserna av respektive olycksrisk bedöms dock denna risknivå inte ge en rättvis bild av aktuella förhållanden inom det studerade området. Individrisken beräknas därför även med hänsyn till planerad bebyggelsestruktur, där det beaktas att den planerade bebyggelsen antingen har en reducerande eller eskalerande effekt på skadeavstånd och sannolikhet att omkomma.

Samhällsrisk är det riskmått som en riskkälla utgör mot hela den omgivning som utsätts för risken. Frekvenser för olika händelser vägs samman med konsekvenserna av dessa. Detta redovisas sedan i ett F/N-diagram (frequency/number of fatality) där den kumulerade frekvenser plottas mot konsekvenser i ett logaritmerat diagram. Frekvenser uttrycks i förväntat antal olyckor per år (år^{-1}) och konsekvenser i antal omkomna, då dessa enheter ger en uppfattning om vilken risk samhället utsätts för till följd av en riskkälla.

Liksom individrisken beräknas samhällsrisken utifrån vissa förutsättningar och antaganden rörande bebyggelsestruktur, byggnadsutformning, topografi etc.

Enligt avsnitt 5.1.3 avser acceptanskriterierna för samhällsrisk 1 km² med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km väg. Samhällsrisken beräknas därmed för det studerade området samt omgivande bebyggelse.

Konsekvensberäkningarna avseende antal omkomna omfattar således både det studerade planområdet samt omgivande bebyggelse.

Värdering av risk

För att avgöra om de beräknade risknivåerna är acceptabla eller inte så jämförs de mot angivna acceptanskriterier.

Vilken risknivå som kan betraktas som acceptabel är inte entydigt specificerat eller uttryckt i någon idag gällande lagstiftning. I publikationen *Värdering av risk /16/ ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk vilka rekommenderas av Länsstyrelsen i Stockholms län och som därför används i denna analys, se *Tabell 5.1*.*

Tabell 5.1. Förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk.

Riskkriterier	Individrisk	Samhällsrisk för en väg /järnvägssträcka på 1 km
Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras	10 ⁻⁵	F=10 ⁻⁴ per år för N=1 med lutning på FN-kurva: -1
Övre gräns för områden där risker kan anses vara små	10 ⁻⁷	F=10 ⁻⁶ per år för N=1 med lutning på FN-kurva: -1

Enligt *Tabell 5.1* anges kriterierna i form av en övre och en undre gräns. Risker över den övre gränsen anses som oacceptabla medan risker under den nedre gränsen bedöms som acceptabla.

Området mellan kriterierna benämns ALARP (As Low As Reasonably Practicable). I detta område ska man sträva efter att med rimliga medel sänka riskerna, d.v.s. att kostnaderna för åtgärderna ska vara rimliga i förhållande till den riskreducerande effekt som erhålls. För att bedöma rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder bör man därför även beakta begreppet *tolerabel risk*:

1. Till att börja med är det viktigt att beakta att omfattningen av riskreducerande åtgärder normalt är beroende av den planerade verksamheten, d.v.s. acceptansnivån varierar något mellan olika verksamheter. De undre av kriteriegränserna nyttjas vanligtvis för bebyggelse där påverkan från externa risker (t.ex. förknippade med transport av farligt gods etc.) ska vara låg. Detta gäller exempelvis för bostäder, hotell och svårutrymda lokaler (sjukhus, skolor och personintensiva lokaler etc.). Jämfört med bostäder bedöms ofta påverkan av externa risker vara något mer tolerabla för t.ex. kontors- och vissa typer av restaurang- och butiksverksamheter. Orsaken till detta är främst att dessa typer av verksamheter innebär att personer normalt är vakna, samt att verksamheterna huvudsakligen nyttjas dagtid. För bebyggelse och utrymmen som inte innebär stadigvarande vistelse, t.ex. parkeringsplatser samt gång- och cykelstråk, accepteras normalt en risknivå som överstiger angivna riskkriterier.

2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Risker inom övre delarna av ALARP bör enbart tolereras om det bedöms vara praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. För risker i de lägre delarna av ALARP bör kraven på riskreduktion inte vara lika hårda, men möjliga åtgärder ska dock fortfarande beaktas. I de flesta fall anses risknivån vara acceptabel även om den hamnar inom ALARP-området, förutsatt att de åtgärder som bedöms vara rimliga ur ett kostnads-/nyttoperspektiv vidtas.
3. Slutligen bör riskvärderingen beakta hur stor påverkan som den aktuella förändringen har på den totala risknivån. Detta avser främst samhällsrisk där det studerade planområdet normalt utgör en mycket liten del. Värderingen av samhällsrisk utgår därför inte enbart från de angivna riskkriterierna utan även från en jämförelse mot risknivån om den planerade ändringen inte genomförs.

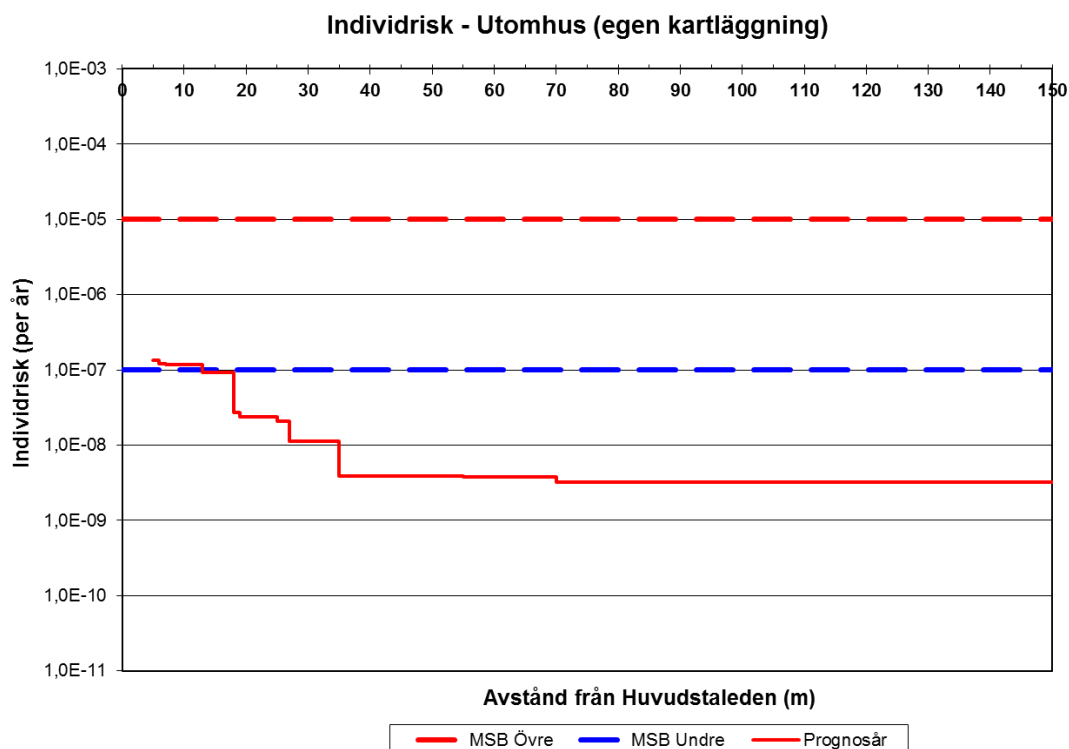
5.1.3 Hantering av osäkerheter

Det finns stora osäkerheter när det gäller indata och underlag i den här typen av analyser. För att hantera vissa av dessa osäkerheter görs en känslighetsanalys där indata varieras på olika sätt. Genom känslighetsanalysen skapas en så fullständig bild av risknivån som möjligt.

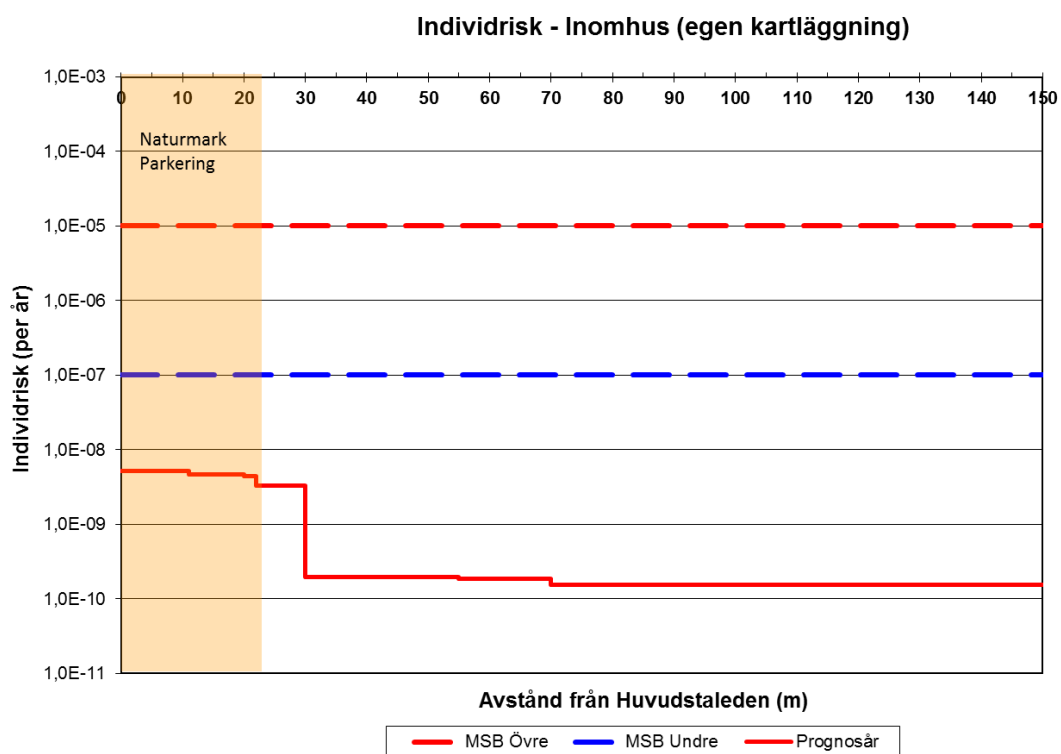
5.2 Resultat riskberäkningar

5.2.1 Individrisk

Nedan redovisas den beräknade risknivån inom områden utmed Huvudstaleden. Individrisken presenteras dels för oskyddade personer utomhus (se *Figur 5.1*) och dels för personer inomhus (se *Figur 5.2*).



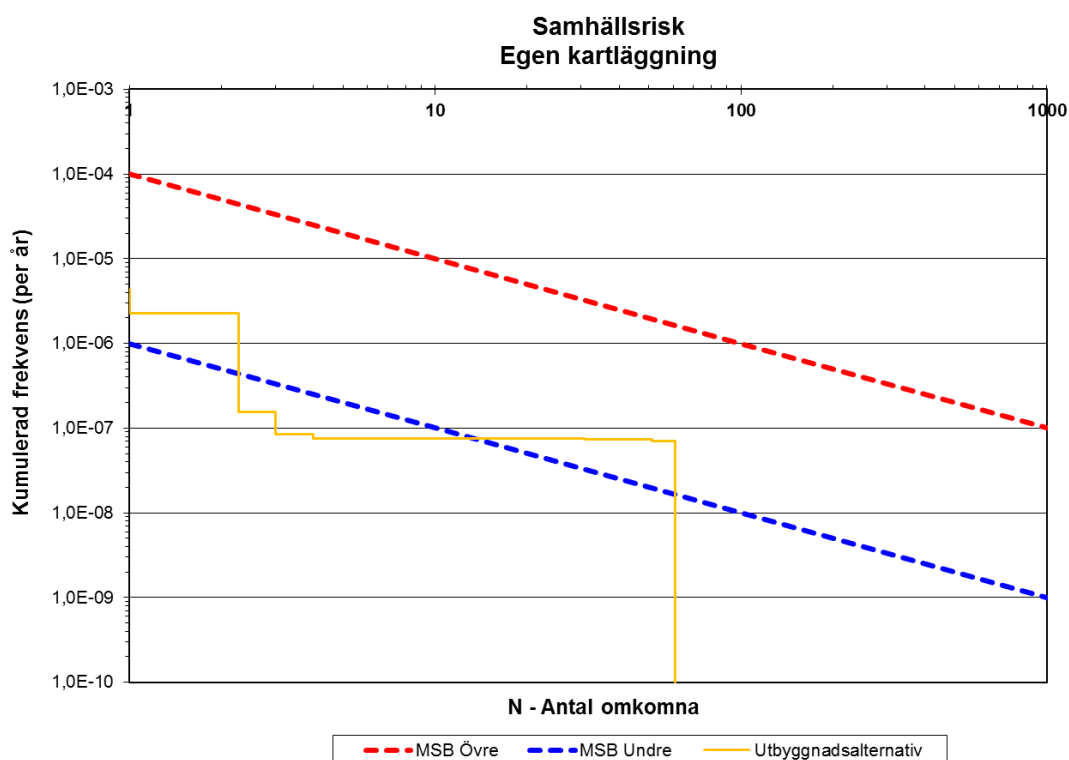
*Figur 5.1. Individrisk utomhus utmed Huvudstaleden.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)*



*Figur 5.2. Individrisk inomhus utmed Huvudstaleden.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)*

5.2.2 Samhällsrisk

I *Figur 5.3* redovisas den beräknade samhällsrisken utmed Huvudstaleden. Samhällsrisken presenteras med planerad ny bebyggelse inom det aktuella planområdet. Beräkningarna har gjorts för dagens trafik samt för en uppskattad framtida trafiksituation.



Figur 5.3. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för planområdet och dess närmaste omgivning med avseende på olycksrisker förknippade med Huvudstaleden. (Observera att frekvens och konsekvens redovisas med logaritmisk skala.)

5.3 Resultat spridningsberäkningar ammoniak

I bilaga B redovisas beräkningsförutsättningar samt resultatet av genomförda spridningsberäkningar. I tabell 5.2 redovisas resultatet av beräkningarna.

Tabell 5.2. Resultatet av spridningsberäkningar.

Scenario	Utbredning i meter (längd x bredd)		
	Giftighet	Brännbar gas blandning	Konsekvensområde explosion
Kollision med tankbil	AEGL-3: 40 x 40 AEGL-2: 135 x 20 AEGL-1: 320 x 45	< 10	Ingen del av molnet är över nedre explosionsgränsen (LEL) under hela förloppet.
Slangbrott vid lossning	AEGL-3: < 10 AEGL-2: < 20 AEGL-1: < 45	< 10	Ingen del av molnet är över nedre explosionsgränsen (LEL) under hela förloppet.
Utsläpp till invallningen	AEGL-3: 20 x 20 AEGL-2: 55 x 20 AEGL-1: 145 x 45	< 10	Ingen del av molnet är över nedre explosionsgränsen (LEL) under hela förloppet.

Utifrån bedömningskriterierna (se bilaga B) så är det endast gränsvärdet AEGL-3 som kan innebära att människor omkommer till följd av för höga koncentrationer.

5.4 Värdering av risk

5.4.1 Olycka med farligt gods

Utifrån genomförda beräkningar bedöms risknivån utmed Huvudstaleden vara låg. Individrisken är i stort helt acceptabel och ligger enbart strax ovanför den nedre kriteriegränsen för områden utomhus inom ca 20 meter från vägen.

När det gäller samhällsrisken är den låg och ligger i den nedre delen av ALARP eller på acceptabla nivåer. Aktuella risknivåer innebär enligt tidigare att man ska sträva efter att sänka risknivån. De olycksscenarioer som bidrar till att höja risknivån är de som leder till läckage av brännbar gas från tankbil samt brännbar vätska. Åtgärder för att minska påverkan från dessa scenarier bör därför undersökas. I avsnitt 6 redovisas därför möjliga åtgärder för att hantera identifierade risker.

5.4.2 Olycka med ammoniak vid Solnaverket

Utifrån genomförda beräkningar konstateras att dödliga koncentrationer av ammoniak kan uppstå inom maximalt ca 40 meter från läckaget samt att brännbart gasmoln uppstår inom 10 meter från utsläppet men att koncentrationen är så låg att ingen antändning kan ske.

I tabell 5.3 redovisas avstånden till omgivande områden.

Tabell 5.3. Avstånd mellan ammoniaktank och omgivningen.

Verksamhet	Avstånd
Befintliga kotor nordost om Solnaverket	100 m
Kontor nordväst om Solnaverket	140 m
Huvudstaleden	50 m
Planerad bebyggelse inom Huvudsta 3:1	105 m
Strandkant på andra sidan Bällstaviken	280 m

Utifrån genomförda spridningsberäkningar samt Norrenergis egen riskanalys avseende ammoniakhanteringen föreligger ingen risk för liv hos människor i omgivande bebyggelse. Endast ett litet område utanför Solnaverkets verksamhetsgräns kan komma att påverkas allvarligt vid ett läckage. Inga åtgärder med hänsyn till ammoniakhanteringen behöver vidtas utifrån genomförda beräkningar. Norrenergi arbetar också aktivt med säkerheten i anläggningen och det finns flera säkerhetssystem i drift.

5.5 Hantering av osäkerheter

Som indata i bedömningar och beräkningar erfordras värden på eller information om bl.a. utformning, olycksstatistik, väder, vind och hur olika ämnen beter sig med mera. Underlaget har i vissa fall varit bristfälligt och antaganden har varit nödvändiga för att kunna genomföra analysen. I denna analys är bedömningen att det främst är följande beräkningar, antaganden och förutsättningar som är belagda med osäkerheter:

- Frekvensberäkningarna har utförts med schablonmetoder.

- Uppskattad mängd och antal transporter med farligt gods förbi planområdet.
- Val av olycksscenarier
- Uppskattat personantal

För att ta hänsyn till de osäkerheter som förenklingar och antaganden innebär används överlag konservativa uppskattningar. Sammantaget kan sägas att de uppskattningar och förenklingar som görs vid beräkning av risken med stor sannolikhet ger en överskattning av risknivån. Utförda antaganden innebär att viss hänsyn tas till ingående osäkerheter i analysen.

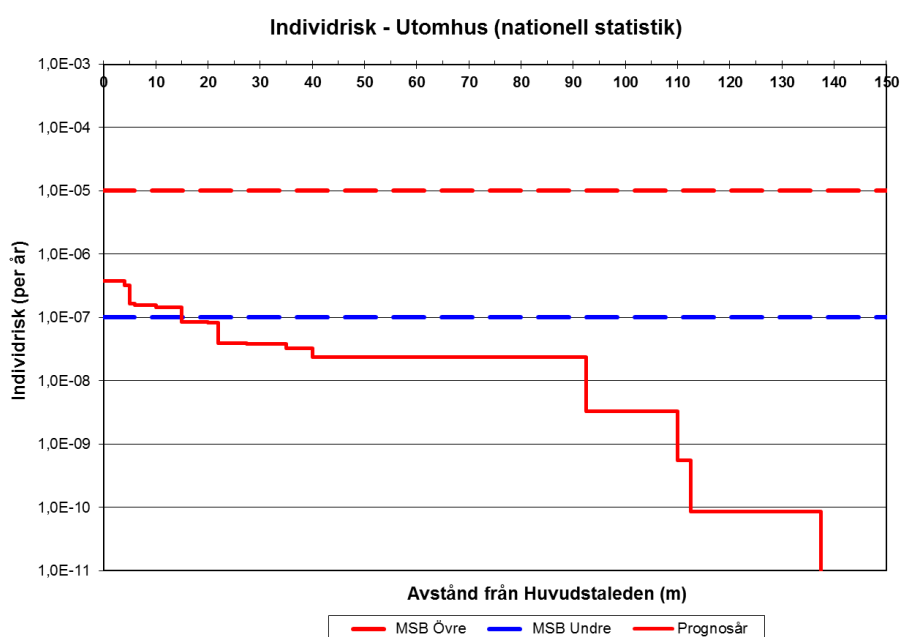
5.5.1 Känslighetsanalys

En av de största osäkerheterna i riskanalysen bedöms ligga i den antagna mängden farligt gods på Huvudstaleden Dessa osäkerheter har föranlett en känslighetsanalys där risknivån studeras avseende antal och fördelning av transporter med farligt gods utifrån ett nationellt snitt. Detta bedöms dock vara ett konservativt utgångsläge eftersom Huvudstaleden är klassad som en sekundär transportled för farligt gods och genomfartstransporter huvudsakligen ska nyttja andra vägar. Känslighetsanalysen omfattar frekvens- och konsekvensberäkningar (bilaga A och B) samt beräkning av individrisken och samhällsrisken på motsvarande sätt som den fördjupade riskanalysen.

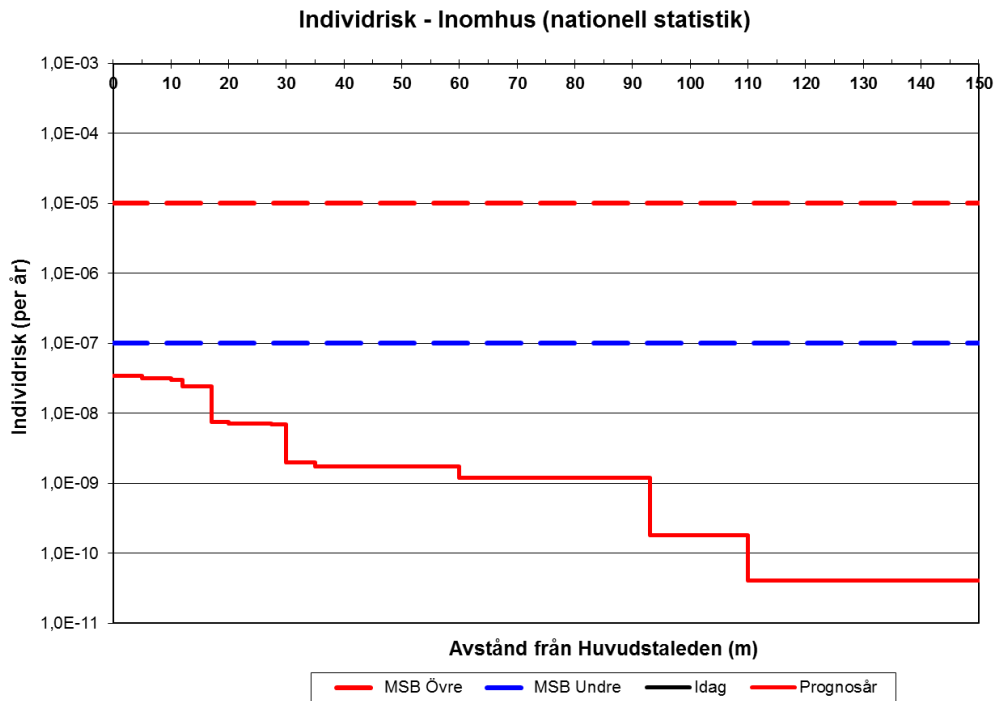
Känslighetsanalysen beaktar följande olycksscenarier:

- **Förändrat transportantal**
Det uppskattade antalet transporter med farligt gods utifrån nationell statistik är ca 24 000 fordon per år. Det innebär ca 23 000 fler fordon per år med farligt gods än i genomförd kartläggning.
- **Andra olycksrisker**
I och med att antal och fördelning utifrån nationell statistik studeras medför det att fler ämnen förutsätts transporteras på vägen. Det innebär bland annat att explosiva ämnen (klass 1) samt oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5) också studeras.

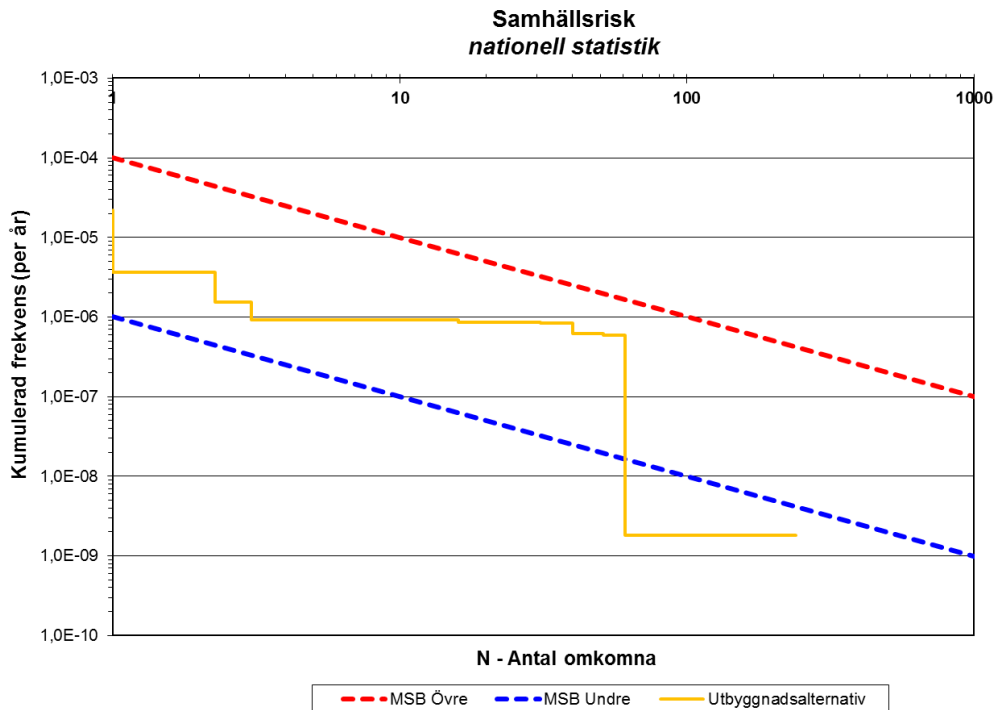
I figur 5.4-5.6 redovisas beräknade risknivåer utifrån ett nationellt snitt.



Figur 5.4. Individrisk utifrån nationell statistik.



Figur 5.5. Individrisk inomhus utifrån nationell statistik.



Figur 5.6. Samhällsrisk utifrån nationell statistik.

Med utgångspunkt i antal och fördelning av farligt gods utifrån nationell statistik konstateras att individrisken inom planområdet är låg och i stora delar ligger på en acceptabel nivå. Samhällsriskenivån är däremot hög, men inte oacceptabel. Att utgå från nationell statistik bedöms dock vara mycket konservativt och skulle innebära att ca 40 transporter med farligt gods passerar planområdet på Huvudstaleden dagligen. Genomförd kartläggning visar på ett flöde av farligt gods på ca 3 transporter per dag. Den siffran kan vara högre, men inte så hög som den nationella statistiken visar. Trots en mycket hög andel farligt gods är risknivån inte oacceptabel, vilket innebär att risknivån kan bedömas vara acceptabel förutsatt att rimliga åtgärder vidtas.

6. Säkerhetshöjande åtgärder

6.1 Allmänt

Enligt genomförd analys bedöms risknivån för det aktuella planområdet vara så hög att riskreducerande åtgärder är nödvändiga för den tänkta exploateringen. Nedan redovisas därför ett resonemang om behovet av åtgärder samt en bedömning av omfattningen av åtgärder.

6.2 Diskussion kring åtgärder

6.2.1 Placering av verksamheter

Vid lokalisering i ett utsatt område bör man alltid sträva efter att lokalisera bebyggelsen på ett tillräckligt stort avstånd från eventuella störningskällor. Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se figur 1.1) bör användas som riktvärden för placering av verksamheter. I centrala områden där det är ont om mark kan detta dock vara svårt.

Den nya bostadsbebyggelsen planeras minst 30 meter från Huvudstaleden som utgör en sekundär transportled. Placeringen innebär att ett avsteg görs från rekommendationerna samtidigt som Länsstyrelsen öppnar för möjligheten till avsteg förutsatt att trafiken med farligt gods är begränsad och/eller transporterade ämnen är sådana som har korta skadeområden.

I samrådsversionen av riskanalysen redovisades en rekommendation som innebär att svårutrymda verksamheter (exempelvis förskolor, vårdboenden och liknande som omfattar verksamheter där utrymning kan förväntas ta längre tid) i första hand placeras minst 50 meter från Huvudstaleden. Avståndet gäller även förskolegård. I det studerade planalternativet för Huvudsta 3:1 planeras enbart en förskola som kan anses vara svårutrymd. Avståndet mellan den planerade förskolan (inkl gård) är som minst 55 meter från Huvudstaleden, vilket innebär att tidigare rekommendation följs.

Mellan bostäder och Huvudstaleden planeras ytor för parkeringsplatser. Parkeringen kommer att göras i flera plan eftersom det är svårt att lösa parkeringstalet i området med enbart markparkering. Det planerade garaget omfattar två plan ovan mark och ett plan under mark. Bedömningen utifrån beräknade risknivåer är att parkeringshuset bör kunna accepteras inom 30 meter från vägen eftersom individrisken är låg och parkeringshus inte utgör stadigvarande vistelse.

Inom planen för Krukmakaren (Solnaverket) planeras ett nytt pumphus där personal kan förväntas vistas minst ca 28 meter från Huvudstaleden. Placeringen bör kunna accepteras, eventuellt med kompletterande byggnadstekniska åtgärder vidtas, se följande avsnitt.

Bedömningen är att placeringen av bebyggelsen bör kunna accepteras men att vissa åtgärder ändå är nödvändiga (se nedan).

6.2.2 Utformning av obebyggda ytor

Utformningen av obebyggda områden i anslutning till riskkällor bör göras med hänsyn tagen till den förhöjda risknivån. Detta gäller främst för områden mellan ny bebyggelse och riskkällan. Detta område bör inte utformas så att de uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

Föreslagen utformning innebär att inga ytor för stadigvarande vistelse planeras närmast Huvudstaleden.

6.2.3 Utformning av byggnader

Utrymning: Utrymningsstrategin för ny bebyggelse i anslutning till riskkällan behöver utformas med beaktande av möjliga olyckor. Detta innebär att utrymningsvägar ska dimensioneras och utformas så att utrymning kan ske tillfredställande även vid en olycka på Huvudstaleden.

Ovanstående innebär att ny bebyggelse inom ca 75 meter från Huvudstaleden (gäller enbart oskyddad, exponerad bebyggelse) bör utformas med åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från riskkällan. Det rekommenderas att denna utrymningsväg utgörs av "normal" entré för att på så sätt ta hänsyn till personers benägenhet att utrymma samma väg som de kom in.

Det ska observeras att utrymning via fönster eller balkong med räddningstjänstens stegutrustning inte uppfyller syftet med åtgärdsförslaget. Vidare ska det beaktas att om utrymningsstrategin från byggnader utformas med tillgång till enbart en utrymningsväg, som utgörs av trapphus som vetter mot riskkällan ska trapphuset utformas så att strålningsnivån på utrymmande inte överstiger 3 kW/m² vid en olycka på Huvudstaleden Detta rör sig dock om detaljprojektering som inte bör anges som krav i detaljplanen utan kan istället härledas till övriga lagkrav enligt Plan- och bygglagen avseende säker utrymning.

Byggnadstekniska åtgärder: Enligt ovan innebär föreslagen bebyggelsestruktur inom planområdet att Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd mellan väg och bostadsbebyggelse underskrids. För att acceptera detta behöver kompletterande byggnadstekniska åtgärder vidtas. Nedan redovisas diskussioner kring behovet av åtgärder utifrån respektive olycksrisk:

- **Skydd mot explosion:** För explosioner där konsekvenserna kan bli stora på stora avstånd kan effekten mildras genom att byggnaderna konstrueras med hänsyn till höga tryck. Exempelvis kan man dimensionera stommen för en ökad horisontallast samt bygga en rasdämpande stomme. Detta ställer krav på seghet/deformationsförmåga i stommen samt att stommen klarar bortfall av delar av bärningen.

Ytterligare säkerhetshöjande åtgärder är att fönster förses med härdat och laminerat glas alternativt trycktåligt glas. Detta förhindrar att människor innanför fönster skadas till följd av att glas trycks in i byggnaden till följd av tryckvågen.

Ovanstående åtgärdsförslag innebär stor begränsning i byggmetod och materialval samt innebär stora kostnader.

Några regelbundna transporter med explosiva ämnen har inte identifierats på aktuell sträcka av Huvudstaleden. Brännbara gaser transporteras främst i flaskor men kan eventuellt även förekomma i tankbil. Några åtgärder med hänsyn till risken för explosion bedöms dock ej vara nödvändiga med hänsyn till den låga påverkan på risknivån från scenarier som leder till explosion och den begränsade effekt åtgärder ger.

- **Skydd mot gaser:** För att reducera sannolikheten för att brandgaser samt brännbara och giftiga gaser tar sig in i byggnader kan ventilationssystemet utformas så att:
 - o friskluftsintag för lokaler där personer vistas stadigvarande placeras mot en trygg sida, det vill säga bort från riskkällan.
 - o det på ett enkelt sätt kan stängas, av t.ex. fastighetsskötare eller brandförsvaret, genom exempelvis central nödavstängning

Åtgärden innebär normalt en låg kostnad men kan vara svår att följa upp och kan inte helt regleras som en planbestämmelse.

Transporter av ammoniak som är en giftig gas sker till Solnaverket. Huruvida de passerar de aktuella planområdena på Huvudstaleden är osäkert. Antalet transporter är också få, enbart två per år. Hantering av ammoniak sker vid Solnaverket och även om bedömningen är att ett läckage inte får allvarlig påverkan utanför verksamhetens område kan åtgärden vara lämplig av försiktighetsskäl eftersom den inte innebär några stora kostnader eller begränsningar i projektet. Åtgärden är även positiv vid en eventuell brand i Solnaverket och vid läckage av brännbara gaser. Åtgärden gäller bebyggelse inom ca 75 meter från Huvudstaleden.

- **Skydd mot brand:** Inom ett avstånd av 30 meter från en möjlig pölbrand bör fasader på byggnader som vetter mot riskkällan utföras i material som förhindrar brandspridning in i byggnaden under den tid det tar att utrymma (uppskattningsvis minst 30 minuter). Denna åtgärd rekommenderas oavsett risknivå inom det angivna avståndet. Exempelvis kan väggar utföras i obrännbart material eller med konstruktioner som uppfyller brandteknisk avskiljning avseende täthet och isolering. Krav på att förhindra brandspridning gäller även fönster. Exempelvis kan fönster utföras så att de är intakta och sitter kvar under hela brandförloppet genom att använda brandklassade, härdade eller laminerade glas.

Bebyggelse med stadigvarande vistelse planeras på 30 meters avstånd inom Huvudsta 3:1 samt på 28 meters avstånd inom Krukmakaren. Behovet av skydd med hänsyn till utvändigt brand bedöms liten på avstånd över 30 meter. Det planerade pumphuset inom Krukmakaren (Solnaverket) samt det planerade garaget inom Huvudsta 3:1 rekommenderas att utföras i obrännbart material eller i material motsvarande brandteknisk klass EI 30 i de delar som exponeras mot Huvudstaleden inom 30 meter från denna. Eventuella glaspartier i dessa delar utförs i brandteknisk klass EW 30. Garagebyggnaden rekommenderas att utföras tät (utan öppningar) mot Huvudstaleden.

6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning

Vid ny bebyggelse inom planområdet lämnas följande förslag på åtgärder:

- Ingen stadigvarande vistelse inom 20 meter från Huvudstaleden.
 - o Parkeringsgarage ses inte som stadigvarande vistelse
- Fasader som exponeras mot Huvudstaleden inom 30 meter från denna utförs så att de motsvarar brandteknisk klass EI 30.
- Fönster i fasader inom 30 meter från Huvudstaleden utförs i brandteknisk klass EW 30.
- Garagebyggnad inom 30 meter från Huvudstaleden utförs med tät fasad mot vägen.
- Oskyddad bebyggelse inom ca 75 meter från Huvudstaleden ska utföras med möjlighet att utrymma mot en trygg sida, bort från Huvudstaleden.
- Friskluftsintag på byggnader inom ca 75 meter ska placeras på tak eller mot en sida som är skyddad från Huvudstaleden sett.
 - o Om ventilationen är mekanisk ska möjlighet till manuell avstängning undersökas.

Observera att ovanstående åtgärder endast utgör ett förslag och att det är upp till kommunen/projektet att ta beslut om vilka åtgärder som är lämpliga.

7. Slutsatser

Utifrån genomförd inventering av möjliga riskkällor i området konstateras att det är transporter med farligt gods på Huvudstaleden som främst kan innebära konsekvenser mot de studerade planområdena. När det gäller risker med Solnaverkets verksamhet har möjlig påverkan mot omgivningen, inklusive Huvudsta 3:1 (planerade bostäder), studerats. Risker inom själva verksamheten med konsekvenser för egendom och personal har inte studerats inom ramen för riskanalysen.

En inledande analys har gjorts av möjliga olyckshändelser. Slutsatsen av denna är att händelser vid Solnaverket har mycket begränsad påverkan på risknivån inom området. Påverkan mot omgivningen utanför verksamheten är också mycket begränsad. Olycksscenarier med transport av farligt gods på Huvudstaleden bedöms innebära en liten påverkan på risknivån inom området, och har därför studerats i en fördjupad analys.

Genomförda riskberäkningar visar att risknivån utifrån genomförd kartläggning är låg, men inte acceptabel samt att säkerhetshöjande åtgärder är nödvändiga. Detta gäller främst den planerade bostadsbebyggelsen men även nya byggnader där personal vistas regelbundet inom Solnaverket.

Ett förslag på åtgärder redovisas i avsnitt 6.3.

Bebyggelsen bedöms utifrån genomförd analys kunna uppföras enligt förslag.

Detaljplanen för Krukmakaren (Solnaverket) innebär inte förändringar som medför en ökad riskpåverkan mot omgivningen jämfört med nuläget. De arbeten som görs för att minska användningen av eldningsolja 5 innebär att riskerna mot omgivningen snarare kommer att minska samt att verksamheten inte längre kommer att klassas som en Sevesoverksamhet. Åtgärderna är dock inte direkt kopplade till den studerade planförändringen. Några ytterligare åtgärder utöver vad verksamheten redan gör bedöms utifrån genomförd analys vara nödvändig.

Det finns inga planer på att flytta riskfyllda verksamhetsdelar inom Solnaverkets område utöver de förändringar som beskrivs i denna riskanalys.

8. Bilagor

BILAGA A – Frekvensberäkningar

BILAGA B – Konsekvensberäkningar

9. Referenser

- /1/ Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11
- /2/ Muntlig information, Norrenergi, 2016-04-25
- /3/ Klassningsplan Norrenergi gasol Solnaverket och Sundbybergsverket, Tyréns, 2012-08-27
- /4/ Hantering av brandfarlig vara, riskbedömning gasolhantering Solnaverket, Tyréns, 2012-08-21
- /5/ Klassning av riskområden ammoniakhanteringen Norrenergi, Solnaverket, Tyréns, 2013-12-04
- /6/ Riskanalys ammoniakhanteringen Norrenergi, Solnaverket, Tyréns, 2013-12-04
- /7/ Muntlig information på möte 2019-04-01
- /8/ Huvudsta 3:1, trafikflöden 2030, Tage Tillander, Solna stad, mars 2016
- /9/ Underlag från Solna Stad, 2016
- /10/ Länsstyrelsens WebbGis, <http://ext-webbgis.lansstyrelsen.se/stockholm/planeringsunderlag/>, besökt 2017-02-08
- /11/ Muntlig information, OKQ8, 2016-03-18
- /12/ Utlevererad volym av oljeprodukter och förnybara drivmedel, www.spbi.se
- /13/ Försäljningsställen 2015, www.spbi.se
- /14/ Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg, Räddningsverket 1996
- /15/ Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps informationsbank, RIB Xm, 2009
- /16/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997

Bilaga A - Frekvensberäkningar

Uppdragsnamn Huvudsta 3:1		
Uppdragsgivare Råsta Projektutveckling AB	Uppdragsnummer 108968	Datum 2020-06-16
Handläggare Rosie Kvål	Egenkontroll RKL 2020-06-16	Internkontroll LSS 2019-03-19

1. Inledning

I denna bilaga beräknas frekvensen för de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom planområdet. Beräkningarna beaktar följande olycksrisker, vilka alla förknippas med den angränsande Huvudstaleden:

- Olycka med farligt gods på Huvudstaleden
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - I flaska
 - Från tankbil
 - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
 - Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska (klass 3)

2. Indata

2.1 Allmänt - Huvudstaleden

Planområdet angränsar mot Huvudstaleden längs ca 200 meter. På den aktuella sträckan utgörs vägen av en fil i vardera riktningen.

Tillåten maxhastighet är 70 km/h.

2.2 Trafik

Enligt prognoser för 2030 uppskattas årsmedelsdygnstrafiken till 31 000 fordon /1/. Andelen tung trafik uppskattas till 10 % av det totala trafikflödet.

2.3 Transport av farligt gods

Huvudstaleden utgör en rekommenderad sekundär transportled för farligt gods på sträckan.

De sekundära transportlederna är avsedda för lokala transporter från och till avnämare för farligt gods. De sekundära transportlederna ska normalt inte användas för genomfartstrafik. Frekvensberäkningarna kommer att utgå från den kartläggning som har gjorts (se tabell 3.3 i huvudrapporten). Antalet transporter med farligt gods uppskattas till mellan ca 700 och 1 170 per år i nuläget. Endast transporter av ämnen ur klass 2 och 3 förekommer i kartläggningen. Beräkningarna kommer att utgå från maxvärdet.

/1/ Huvudsta 3:1, trafikflöden 2030, Tage Tillander, Solna stad, mars 2016

Det finns ingen prognos för framtida transporter. En bedömning är dock att de inte kommer att öka i någon större omfattning. Merparten av transporterna utgör leveranser till bensinstationer i närområdet. Även om befolkningen ökar så kommer mycket sannolikt antalet leveranser av fossila drivmedel att minska till följd av ökad klimatmedvetenhet samt politiska beslut.

I tabell A.1 redovisas fördelningen på respektive farligt godsclass utifrån genomförd kartläggning.

Tabell A. 1. Antal transporter av farligt gods per år på Huvudstaleden.

Klass	Andel	Antal transporter per år
2	23,0%	268
3	77,0%	898
Totalt		1166

3. Beräkningar Trafikolycka

I detta avsnitt beräknas frekvensen för trafikolycka på den aktuella vägsträckan där denna passerar planområdet. Avsnittet behandlar först skadescenariot trafikolycka, där resultatet sedan nyttjas för frekvensberäkningar för scenarier förknippade med transporter av farligt gods. Frekvensberäkningarna utförs utifrån den metodik som presenteras i MSB:s rapport "Farligt gods – riskbedömning vid transport" /2/.

Beräkningarna utgår från den indata som redovisas i avsnitt 2 avseende faktorerna:

- Antal fordonkm – aktuell sträcka x antal fordon
- Vägstandard
- Hastighetsbegränsning

3.1 Trafikolycka allmänt

Vid beräkning av frekvensen för en trafikolycka på den aktuella vägsträckan används schablonolyckskvot för aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning vilket ger en olyckskvot på 0,8 trafikolyckor per 10⁶ fordonskilometer /2/.

Vid beräkning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

$$\text{Antal förväntade fordonsolyckor} = O = \text{Olyckskvot} \times \text{Totaltrafikarbete} \times 10^{-6}$$

Där det totala trafikarbetet per år beräknas enligt följande:

$$\text{Totaltrafikarbete} = 365 \text{ dygn} \times \text{Årsmedeldygnstrafik} \times \text{Aktuell vägsträcka}$$

Frekvensen för trafikolycka har beräknats utifrån ovanstående indata och sammanställs i tabell A.2. Frekvensen beräknas för total trafik respektive godstrafik på en **1 km vägsträcka** i anslutning till det aktuella planområdet.

/2/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

Tabell A. 2. Beräknad frekvens för trafikolycka.

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Trafikolycka totalt	9,1

3.1.1 Fordonsbrand

En fordonsbrand kan antingen uppstå till följd av en trafikolycka eller till följd av fordonsfel. Det statistiska underlag som ska användas för beräkning av frekvensen för fordonsbrand går dock inte att dela upp avseende dessa två scenarier. Detta beror på underlaget utgör antalet fordonsbränder i Sverige vid polisrapporterade vägtrafikolyckor och huruvida trafikolyckan startade som en fordonsbrand eller om branden uppkom till följd av trafikolyckan går ej att urskilja.

Under åren 1994-1999 rapporterades årligen i genomsnitt 64,7 fordonsbränder i Sverige vid polisrapporterade vägtrafikolyckor till Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS) /3/. Under motsvarande år rapporterades ca 15 700 trafikolyckor med personskada per år /4/. Utifrån detta så uppskattas sannolikheten för brand i fordon vid olycka till ca 0,4 % (64,7 / 15 700). Detta bedöms vara ett konservativt antagande då de polisrapporterade olyckorna med personsador inte utgör samtliga olyckor som kan leda till fordonsbrand.

3.2 Trafikolycka med farligt gods

Den förväntade frekvensen för en trafikolycka där farligt godstransport är inblandad beräknas utifrån följande ekvation /2/:

$$\text{Antal fordonsskyltademed farligt gods i trafikolyckor} = O_{FaGo} = O \cdot ((X \cdot Y) + (1 - Y) \cdot (2X - X^2))$$

där

X = Andelen transporter skyltade med farligt gods (antal farligt godstransporter delat med totalt antal fordon)

Y = Andelen singelolyckor på vägdelen (antaget 25 % för aktuell vägsträcka /2/)

Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för trafikolycka är oberoende av vilken last som ryms i lastbilen, d.v.s. sannolikheten för att en farligt godstransport är inblandad är direkt kopplad till hur stor andel av det totala antalet transporter som rymmer farligt gods. Fördelningen av olyckor mellan de olika klasserna antas vara densamma som andelen av respektive klass.

I tabell A.3 redovisas den förväntade frekvensen för trafikolycka med farligt gods utifrån dagens trafik.

/3/ Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS), uppgifter erhållna av Arne Land, Statens Väg- och Transportforskningsinstitut 2003-05-27

/4/ Vägtrafikskador 2004, Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), Rapport 2005:14, 2005

Tabell A. 3. Beräknad olycksfrekvens per farligt godsklass på studerad vägsträcka.

Scenario	Andel	Olycka med farligt gods (per år)
Klass 2	23,0%	3,8E-04
klass 3	77,0%	1,3E-03
Totalt		1,6E-03

3.2.1 Klass 2. Gaser

Gaser (klass 2) delas in i följande undergrupper:

- brännbara gaser (klass 2.1)
- icke giftiga och icke brännbara gaser (klass 2.2)
- giftiga icke brännbara gaser (klass 2.3).

Enligt genomförd kartläggning utgör brännbara gaser merparten av de transporter som passerar aktuellt planområde. Enligt kartläggningen är fördelningen ca 99 % brännbara gaser (klass 2.1) och 1 % giftiga gaser (klass 2.3). Ingen inventering av ämnen ur klass 2.2 har gjorts. Dessa gaser utgör sådana gaser som normalt inte orsakar personskador vid utsläpp mer än i det direkta närområdet. Därför beaktas inte transporter av dessa gaser i riskanalysen.

Inga uppgifter har erhållits när det gäller om det förekommer brännbar gas i tankbil utan en uppskattning har gjorts för att ta höjd för ett eventuellt fall med transport av fordonsgas i tankbil. Utifrån gjord uppskattning transporteras 61 % av de brännbara gaserna i flaska och 39 % i tankbil.

Aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning innebär att sannolikheten för läckage till följd av en trafikolycka med farligt godstransport antas vara 11 % (Index för farligt godsolyckor) /2/. Gaser transporteras dock i regel under tryck i tankar med större tjocklek, vilket innebär högre tålighet. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset då sänks till 1/30 /2/. Sannolikheten för läckage av gas blir då 11 %·1/30 = 0,4 %.

Givet läckage antas fördelningen mellan olika läckagestorlekar till följande i enlighet med /2/:

- Litet läckage: 62,5 %
- Medelstort läckage: 20,8 %
- Stort läckage: 16,7 %

För **brännbara gaser** kan tre scenarier antas uppstå beroende på typen av antändning samt om gasen transporteras i tank eller flaska.

Gasflaskor:

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- *Gasmolnexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck

- *Exploderande gasflaskor*: Motsvarande explosion då gasflaskor utsätts för en utbredd brand

För gasflaskor uppskattas sannolikheten för antändning baserat på fördelingsstatistiken för tankbil /5/, men hänsyn tas till de begränsade utsläppsmängderna. Vid utsläpp från gasflaskor uppskattas sannolikheten för antändning mycket grovt vara 10 % av sannolikheten för utsläpp från tankbil:

	Litet	Stort
• omedelbar antändning (jetflamma):	1 %	2 %
• fördröjd antändning (gasmolnsexplosion):	5 %	8 %
• ingen antändning:	94 %	90 %

Sannolikheten antas vara oberoende av antalet flaskor per transport. Den mest kritiska punkten på en gasflaska för utsläpp bedöms vara ventilen som vid en olycka kan slås av. Flaskornas egentyngd innebär att sannolikheten för att det ska gå håll på själva flaskan bedöms vara mycket låg. Utsläppsmängden beror därmed på antalet flaskor som skadas så allvarligt vid olyckan att dess respektive ventil slås av. Det antas att maximalt 5 flaskor skadas tillräckligt allvarligt, vilket utgör scenariot stort utsläpp. Sannolikhetsfördelningen för utsläpp från en flaska och 5 flaskor bedöms vara 75 % respektive 25 %.

Sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon är enligt tidigare ca 0,4 %. Vid transport av gasflaskor antas mycket grovt att sannolikheten för att en fordonsbrand blir så utbredd att den sprids till lasten och hettar upp en eller flera gasflaskor så mycket att de exploderar är 5 %. Uppskattningsvis exploderar ett stort antal av flaskorna i lasten, men sannolikheten för att flera flaskor exploderar samtidigt bedöms vara mycket låg. Explosionslasten blir därmed också låg.

Tankbil:

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- *Gasmolnsexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck
- *BLEVE (endast aktuellt för gas i tankbil)*: Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion kan uppkomma om tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en utbredd brand under en längre tid.

Beroende på utsläppsstorleken varierar sannolikheten för direkt respektive fördröjd antändning. För utsläpp vid trafikolycka finns fördelningsstatistik /5/:

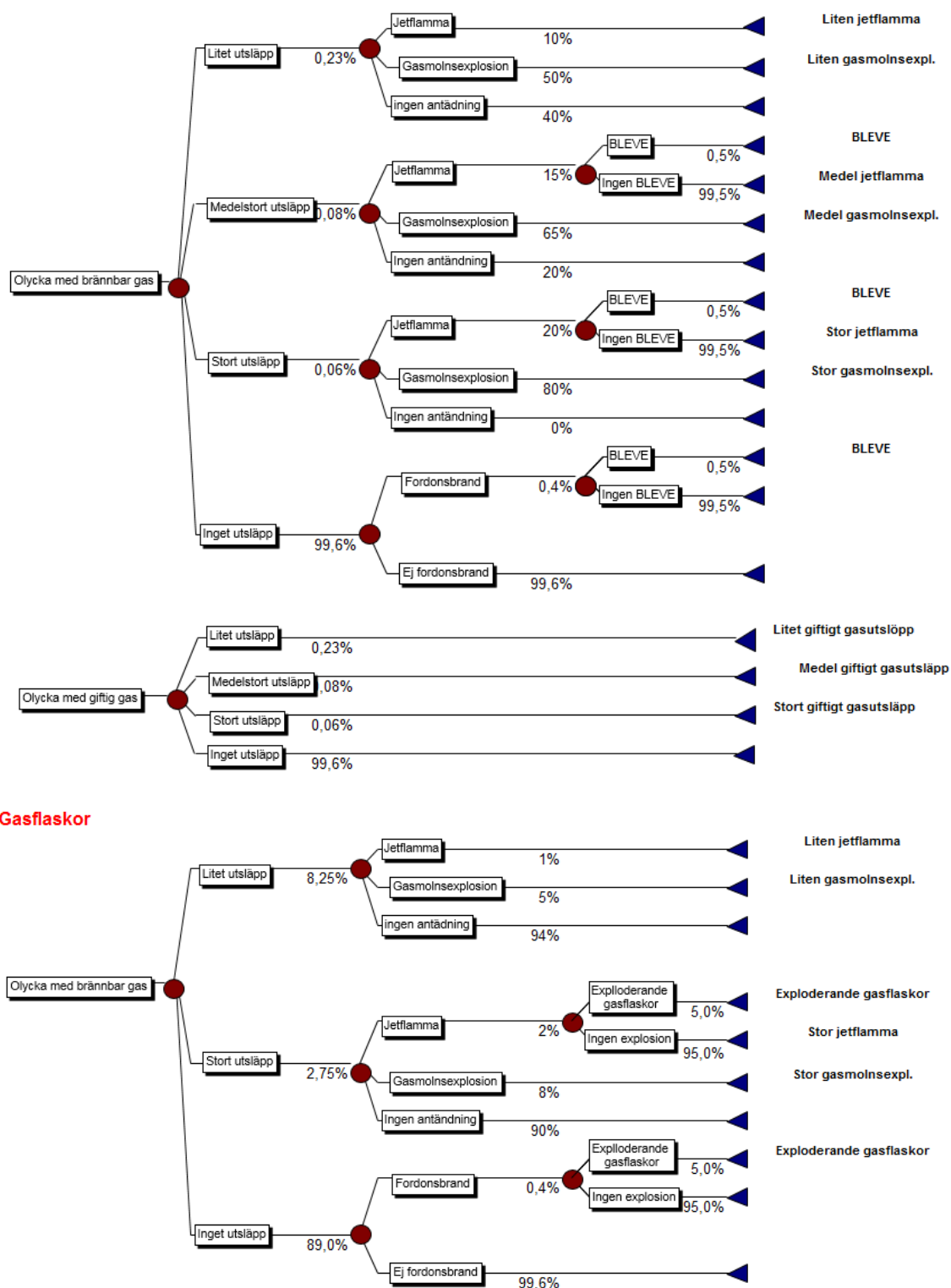
	Litet utsläpp	Medelstort utsläpp	Stort utsläpp
• omedelbar antändning (jetflamma):	10 %	15 %	20 %
• fördröjd antändning (gasmolnsexplosion):	50 %	65 %	80 %
• ingen antändning:	40 %	20 %	0 %

En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank utan fungerande säkerhetsventil antingen om en medelstor eller stor jetflamma från intilliggande skadad tank är riktad direkt mot tanken eller om trafikolyckan leder till fordonsbrand som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att förhållandena kring något av ovanstående scenarier är sådana att en BLEVE uppstår bedöms dock vara mycket låg, uppskattningsvis mindre än 0,5 % för respektive scenario.

För **giftiga gaser** studeras följande scenarier beroende av läckagestorlek: litet, medelstort och stort.

Figur A.1 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av gaser. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.4.

/5/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993



Figur A. 1. Händelseträd olycka med transport av gas (klass 2).
 Överst: Klass 2.1. Brännbar gas i tankbil, Mitten: Klass 2.3. Giftig gas, Underst: Klass 2.1. Brännbar gas i flaska

Tabell A. 4. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av gaser.

Scenario	Frekvens per år
Trafikolycka med gas	3,8E-04
Tankbilar	
Olycka med klass 2.1	1,4E-04
Liten jetflamma	3,3E-08
Liten gasmolnsexplosion	1,7E-07
Medelstor jetflamma	1,6E-08
Medelstor gasmolnsexplosion	7,2E-08
Stor jetflamma	1,8E-08
Stor gasmolnsexplosion	7,1E-08
BLEVE	
- P.g.a. jetflamma riktad mot oskadad tank	1,7E-10
- P.g.a. fordonsbrand under oskadad tank	2,9E-09
- Totalt	3,1E-09
Gasflaskor	
Olycka med klass 2.1	3,8E-06
Liten jetflamma	3,1E-09
Liten gasmolnsexplosion	1,5E-08
Stor jetflamma	2,0E-09
Stor gasmolnsexplosion	8,3E-09
Exploderande gasflaskor	
p.g.a. jetflamma	1,0E-10
p.g.a. fordonsbrand	6,7E-10
Olycka med klass 2.3	3,8E-06
Litet utsläpp giftig gas	8,6E-09
Medelstort utsläpp giftig gas	2,9E-09
Stort utsläpp giftig gas	2,3E-09

3.2.2 Klass 3. Brandfarliga vätskor

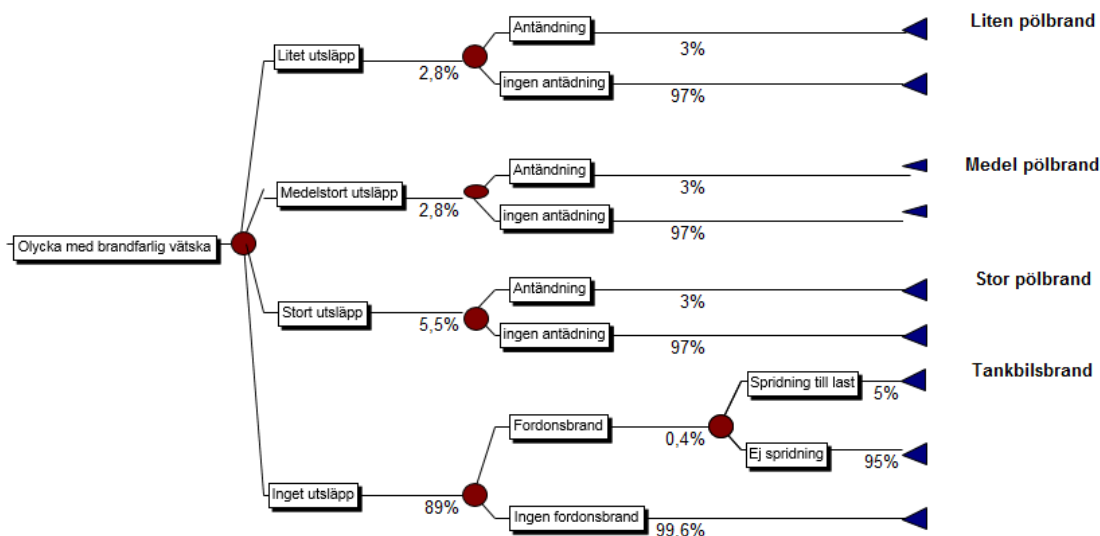
I princip alla brandfarliga vätskor som transporteras på Huvudstaleden uppskattas vara petroleumprodukter, d.v.s. transporter av bensin och diesel till bl.a. bensinstationer. I de fortsatta beräkningarna så antas det konservativt att samtliga vätsketransporter rymmer klass 1-vätskor, d.v.s. vätskorna har en låg flampunkt som innebär en hög sannolikhet för antändning.

Sannolikheten för att en trafikolycka med farligt godstransport inblandad där ämnet transporteras i tunnväggig tank leder till läckage uppskattas vara 11 % /2/. Det uppskattas att en stor andel av transportererna utgörs av tankbil med släp, vilket för tunnväggiga tankar innebär att sannolikhetsfördelningen mellan litet, medelstort och stort utsläpp är 25 %, 25 % respektive 50 % /2/.

Sannolikheten klass 1-vätskor antänds vid utsläpp till följd av en trafikolycka antas vara ca 3 % /2, 5/ oberoende av utsläppsstorleken.

Omfattande brand kan även uppstå om t.ex. en motorbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Enligt tidigare uppskattas sannolikheten för att en trafikolycka leder till fordonsbrand till ca 0,4 %. I ADR-S /7/ anges det krav på fordon som ska användas för transport av brandfarliga vätskor, vilket bl.a. innebär en begränsad sannolikhet för spridning av t.ex. motorbränder till lasten. Sannolikheten för antändning av lasten till följd av fordonsbrand vid trafikolycka uppskattas grovt vara ca 5 %.

Figur A.2 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarlig vätska. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.5.



Figur A. 2. Händelsetråd olycka med transport av brandfarlig vätska (klass 3).

Tabell A. 5. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska.

	Frekvens per år
Trafikolycka med brandfarlig vätska (klass 3)	1,3E-03
Liten pölbrand	1,0E-06
Medelstor pölbrand	1,0E-06
Stor pölbrand	2,1E-06
Tankbilsbrand	2,2E-07

4. Känslighetsanalys

4.1 Del 1. Förändrat transportantal

Vid inventering av transporter av farligt gods på Huvudstaleden har inte information erhållits från samtliga avnämare. Någon mindre verksamhet kan också ha förbisetts. För att belysa ett eventuellt scenario med betydligt mer trafik och transporter med flera ämnen beräknas även risknivån utifrån ett nationellt snitt när det gäller transporter av farligt gods. Det innebär sannolikt en stor överskattning av risknivån. Normalt tillämpas nationellt snitt på det primära vägnätet. Huvudstaleden utgör en sekundär transportled för farligt gods, vilket innebär att antal och fördelning av transporter sannolikt är betydligt lägre än det nationella snittet.

Information har därför hämtats från Trafikanalys (tidigare SIKA) som bland annat ansvarar för statistik inom området vägtrafik. Utifrån statistik över antal transporter per farligt godsklass under perioden 2010-2015 /6/ uppskattas det totala antalet farligt godstransporter respektive antalet transporter av respektive farligt godsklass på den aktuella sträckan. Enligt statistiken för den studerade perioden utgör farligt godstransporter i genomsnitt ca 1,5 % av det totala antalet lastbilstransporter. För den aktuella vägen motsvarar detta ca 24 000 transporter med farligt gods år 2030. I tabell A.6 redovisas fördelningen mellan respektive farligt godsklass.

Tabell A.6. Antal och andel transporter med farligt gods utifrån ett nationellt snitt.

	Andel	År 2030
1. Explosiva ämnen och föremål	0,5%	72
2. Gaser	20,1%	2962
3. Brandfarliga vätskor	53,1%	7832
4. Brandfarliga fasta ämnen	0,7%	109
5. Oxiderande ämnen, organiska peroxider	3,4%	508
6. Giftiga ämnen	2,4%	347
7. Radioaktiva ämnen	0,0%	6
8. Frätande ämnen	14,7%	2171
9. Övriga farliga ämnen och föremål	5,1%	752
Totalt		14759

Med hänsyn till osäkerheter i det statistiska underlaget upprättas en känslighetsanalys som beaktar förändringar i antalet transporter av farligt gods. I detta avsnitt genomförs frekvensberäkningar för olycka med farligt gods enligt motsvarande metodik som i avsnitten ovan, men där andel och fördelning av farligt gods utgår från nationell statistik. I tabell A.7 redovisas beräknade frekvenser utifrån nationell statistik.

Tabell A.7. Beräknade frekvenser utifrån nationell statistik.

Scenario	Andel	År 2030
klass 1	0,5%	1,0E-04
Klass 2	20,1%	4,1E-03
klass 3	53,1%	1,1E-02
klass 4	0,7%	1,5E-04
klass 5	3,4%	7,1E-04
klass 6	2,4%	4,9E-04
klass 7	0,0%	9,0E-06
klass 8	14,7%	3,0E-03
klass 9	5,1%	1,1E-03
Totalt		2,1E-02

/6/ Statistikrapporter från Trafikanalys: Lastbilstrafik 2013 (Rapportnr: 2014:12) Lastbilstrafik 2014 (Rapportnr: 2015:21), Lastbilstrafik 2015 (Rapportnr: 2016:27), Lastbilstrafik 2016 (Rapportnr: 2017:14)

4.2 Del 2. Övriga olycksrisker

Genom att utgå från ett nationellt snitt tillkommer även ämnen och därmed olycksscenarioer som inte ingår när utgångspunkten är genomförd kartläggning. Scenarier som är aktuella att studera utifrån nationell statistik är:

- Explosion vid transport av massexplösivt ämne (klass 1.1.)
- Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
- Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
- Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska (klass 3)
- Explosionsartat brandförlopp vid utsläpp av oxiderande ämne (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2)

Nedan redovisas de förutsättningar som gäller för de scenarier som inte behandlats tidigare. Dessa är explosion med explosiva ämnen (klass 1) respektive oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5).

I tabell A.7 redovisas olycksfrekvenser för samtliga scenarier utifrån nationell statistik.

4.2.1 Klass 1. Explosiva ämnen

Explosiva ämnen och föremål är uppdelad i flera olika undergrupper (riskgrupper) utifrån risk för bl.a. brand, massexlosion, splitter och kaststycken. Enligt ADR-S är det enbart ämnen ur klass 1.1 som innebär risk för massexlosion som påverkar så gott som hela lasten praktiskt taget samtidigt /7/. Med avseende på olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom det aktuella planområdet bedöms det enbart vara en explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 som är aktuella att studera.

Konsekvenserna av en massexlosion är kraftigt beroende av mängden som exploderar, vilket i sin tur beror av hur mycket explosivämne som transporteras. Enligt ADR-S är det tillåtet att transportera massexplösiva ämnen i så stora mängder som 16 ton vid transporter i EX/III-fordon. Hur stor andel av transporterna som rymmer maxmängd är dock oklart.

Transportmängden och antalet transporter av massexplösiva ämnen har uppskattats utifrån en separat utredning som upprättades inom projektet med överdäckningen av Norra Stationsområdet /8/. Denna kartläggning beaktar uppgifter från bl.a. Räddningsverket (numera MSB), Polisen samt transportörer i Stockholms län.

- Enligt uppgifter från MSB utgörs ca 80-90 % av transporter med explosivämnen av ämnen ur klass 1.1. Klass 1.3 och 1.4 står för ca 5-10 % och övriga klasser transporteras i stort sett inte alls. I de fortsatta beräkningarna antas det konservativt att samtliga transporter rymmer klass 1.1.
- Enligt uppgifter från MSB utgör enbart 0,5 % av transporterna med klass 1.1 i Stockholmsregionen s.k. transittransporter (genomfart) medan resterande transporter

/7/ ADR-S – Statens räddningsverks föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2012:6, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2012

/8/ Samrådsunderlag avseende omledningsvägnät för explosiva ADR-S transporter – Intunlling av Norra Station, WSP, 2008-11-14

till avnämare inom länet. Transittransporterna rymmer troligtvis maximala transportmängder, d.v.s. 16 ton massexplсивämnen per transport. Resterande transporter transporteras till avnämare inom länet och rymmer troligtvis mindre mängder explosivämnen.

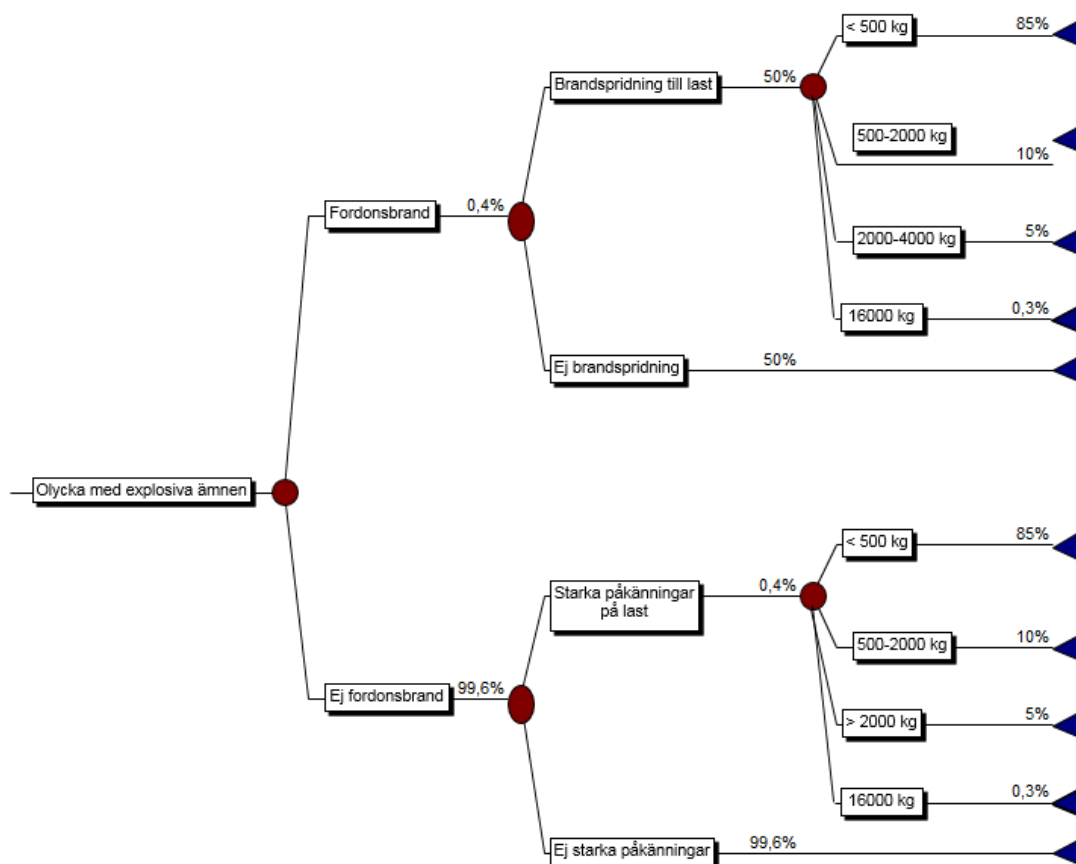
- Utifrån de uppgifter som erhållits i kartläggningen som utförts i projektet Norra Stationsområdet har följande fördelning antagits mellan olika transportmängder på E18:
 - < 500 kg/transport: ca 85 % (ca 1 200 transporter per år)
 - 500 – 2 000 kg/transport: ca 10 % (ca 150 transporter per år)
 - > 2 000 kg/transport: ca 5 % (ca 4 transporter per år)
 - 16 000 kg/transport: ca 0,3 % (ca 4 transporter per år)

Vid en olycka med transport av ämnen ur riskgrupp 1.1. kan en massexlosion uppstå antingen till följd av stora påkänningar eller till följd av brand som sprids till lasten. Ämnen ur riskgrupp 1.1 får enbart transporteras i fordon som uppfyller krav för s.k. EX/II- eller EX/III-fordon, vilket innebär krav på utförandet av elektronik, bromsar och förebyggande åtgärder mot brandrisker/7, 9/. Det finns även regler för förpackning etc. Detta bedöms medföra en mycket låg sannolikhet för detonation:

- Sannolikheten för att fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna uppskattas enligt tidigare till ca 0,4 % (se avsnitt 3.1.1). Krav på utförandet av EX/II- och EX/III-fordon innebär att sannolikheten för brandspridning till det explosiva ämnet bedöms vara låg. Sannolikheten för detonation (och mycket grovt massexlosion) till följd av fordonsbrand som sprider sig till lasten uppskattas grovt till 50 %.
- Sannolikheten för detonation till följd av stora påkänningar vid trafikolycka uppskattas vara mycket låg. Det finns idag ingen känd forskning kring hur stor kraft som behövs för att initiera detonation av det fraktade godset vid en trafikolycka. Med hänsyn till kraven på transportfordon för massexplсивämnen som bl.a. avser utformning som innebär att energin vid en kollision ska tas upp av olika energiabsorberande zoner så bedöms sannolikheten för att en trafikolycka innebär så omfattande krafter på lasten att det leder till detonation inte vara större än sannolikheten för att ett fordon börjar brinna vid en trafikolycka, d.v.s. 0,4 %.

Figur A.3 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av explosiva ämnen som redovisar de förutsättningar som krävs för att en massexlosion ska antas inträffa. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.8.

/9/ Konsekvenser vid explosioner – kompendium framtaget i samband med FOAs kurs explosivämneskunskap, FOA, Rickard Forsén 1999-09-03 (Bearbetat av Stefan Olsson 2001-09-16)



Figur A. 3. Händelsetråd olycka med transport av explosiva ämnen (klass 1).

Tabell A.8. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Scenario	Frekvens per år
Trafikolycka med explosivämne (klass 1)	1,0E-04
Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)	
< 500 kg	
- P.g.a. fordonsbrand	1,7E-07
- P.g.a. starka påkänningar	3,4E-07
- Totalt	5,1E-07
500-2000 kg	
- P.g.a. fordonsbrand	2,0E-08
- P.g.a. starka påkänningar	4,0E-08
- Totalt	6,1E-08
2000-4000 kg	
- P.g.a. fordonsbrand	1,0E-08
- P.g.a. starka påkänningar	2,0E-08
- Totalt	3,0E-08
16000 kg	
- P.g.a. fordonsbrand	6,1E-10
- P.g.a. starka påkänningar	1,2E-09
- Totalt	1,8E-09

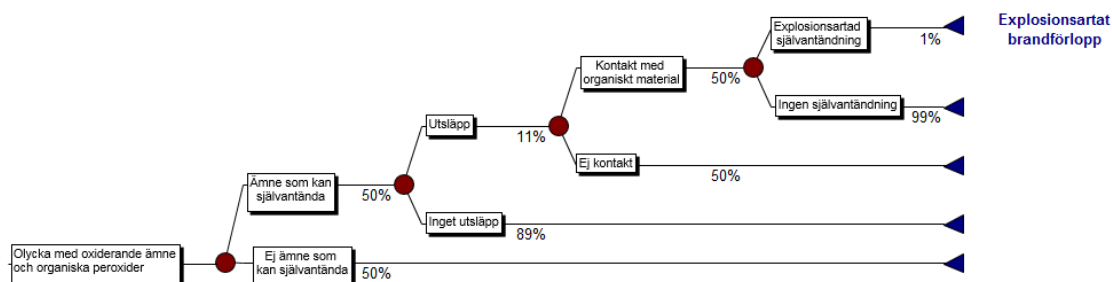
4.2.2 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) brukar vanligtvis inte leda till personskador. Vissa ämnen kan dock, om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t ex bensin, motorolja etc.), leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. De ämnen inom klassen som bedöms kunna leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp är i huvudsak ej stabiliserade väteperoxider och vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid samt organiska peroxider. Vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid bedöms däremot inte kunna leda till explosion. För att stabilisera det oxiderande ämnet blandas ofta en stabilisator, flegmatiseringsmedel, in för att minska reaktionsbenägenheten.

Enligt ADR-S /7/ är det inte tillåtet att transportera ej stabiliserade (d.v.s. utan flegmatiseringsmedel) väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid på väg. Det är inte heller tillåtet att transportera ammoniumnitrat med mer än 0,2 % brännbara ämnen (inklusive alla organiska ämnen som kolekivalent), utom när det utgör beståndsdel i ett ämne eller föremål i klass 1 (explosiva ämnen).

Det antas grovt att 50 % av den totala mängden klass 5 som transporteras på vägen utgör ämnen som kan självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 11 % /2/. Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med brännbart material bedöms vara relativt hög (antaget 50 %). Ovanstående resonemang kring förbud och stabilisering innebär dock att sannolikheten för ett explosionsartat brandförlopp bedöms vara lägre än 1 %. Detta antagande gäller både för oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Figur A.4 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.9.



Figur A. 1. Händelsetråd olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5).

Tabell A.9. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Frekvens per år
Trafikolycka med oxiderande ämne (klass 5)	7,1E-04
Explosionsartat brandförlopp vid självantändning	2,0E-07

Bilaga B - Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn

Huvudsta 3:1

Uppdragsgivare

Råsta projektutveckling AB

Uppdragsnummer

108968

Datum

2020-06-16

Handläggare

Rosie Kvål

Egenkontroll

RKL 2020-06-16

Internkontroll

LSS/ LMN 2019-04-05

1. Inledning

I denna bilaga beräknas konsekvenserna av de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom planområdet. Beräkningarna beaktar följande olycksrisker, vilka alla förknippas med den angränsande Huvudstaleden:

- Olycka med farligt gods
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - I flaska
 - Från tankbil
 - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
 - Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska (klass 3)

Konsekvenserna för skadescenarierna beräknas alternativt bedöms med simuleringsprogram, handberäkningar samt litteraturstudier.

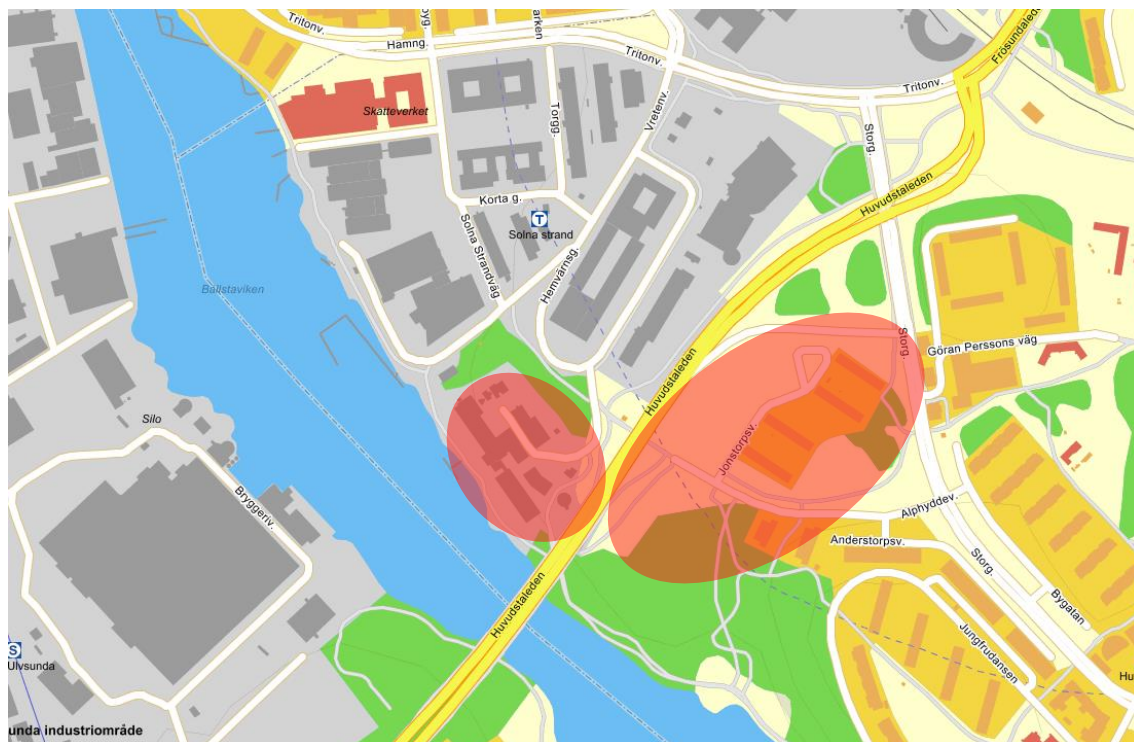
I riskanalysen används riskmåten **individrisk** och **samhällsrisk**. Med hänsyn till detta består konsekvensberäkningarna av beräkning av skadeavstånd/-område respektive beräkning/bedömning av antal omkomna till följd av respektive olycksrisk.

1.1 Förutsättningar

För att kunna få en uppfattning om hur stora konsekvenserna blir för respektive skadescenario kommer följande förutsättningar och antaganden att gälla i beräkningarna:

Det område som kommer att studeras omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Konsekvenserna kommer att beräknas för det planerade utförandealternativet (med planerad ny bebyggelse). Frekvensberäkningarna i bilaga A omfattar en 1 km lång sträcka, men konsekvensberäkningarna avgränsas till att studera respektive olycksscenario där det innebär så stora konsekvenser som möjligt för det studerade planområdet, vilket innebär mitt för planområdet. Det studerade området avgränsas till att studera det maximala skadeavståndet från studerade olycksrisker.

Figur B. 1 utgör en översiktsbild som visar det studerade området efter planerad exploatering av planområdet.



Figur B. 1. Översikt över det aktuella området. Planområdet rödmarkerat.

Konsekvensberäkningarna utgår från planerad exploatering i enlighet med beskrivning i huvudrapporten. Som underlag till de fortsatta beräkningarna har antagande om antal personer inom området samt en uppskattning av byggnadsytor samt ytor utomhus varit nödvändiga.

1.1.1 Befintliga förhållanden inom aktuellt planområde

I den del av planområdet som ligger nordväst om Huvudstaleden ligger idag Solnaverket. Området sydost om Huvudstaleden utgörs idag av grönområde i söder och bostadsområde omgivet med grönområde i norr (se figur B.1).

Avståndet från befintlig bebyggelse till Huvudstaleden är ca 35 meter till verksamhetsdel inom Solnaverket samt ca 100 meter till bostäder öster om vägen.

1.1.2 Planerad bebyggelse inom aktuellt planområde

Bebyggelse som planeras väster om Huvudstaleden utgör utbyggnad/förändring inom Solnaverket. Utbyggnaden omfattar bland annat:

- Ny panna
- Nytt bränslelager
- Ny tippficka
- Ny rökgasrening
- Ny skorsten
- Utbyggnad av ställverk
- Ny turbin
- Ny bränslekaj

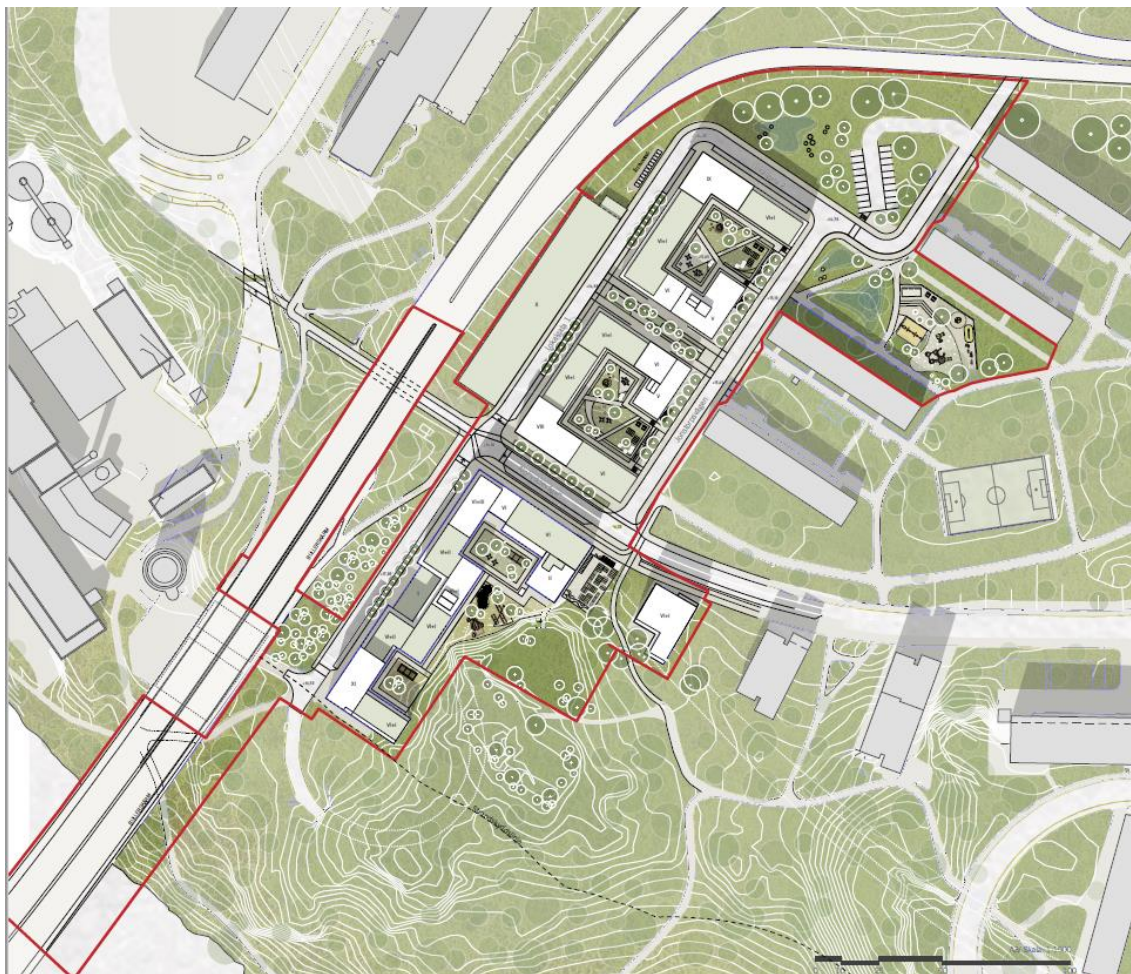
- En ny byggnad för besökare

Ett av syftena med utbyggnaden är att helt övergå till fossilfria bränslen.

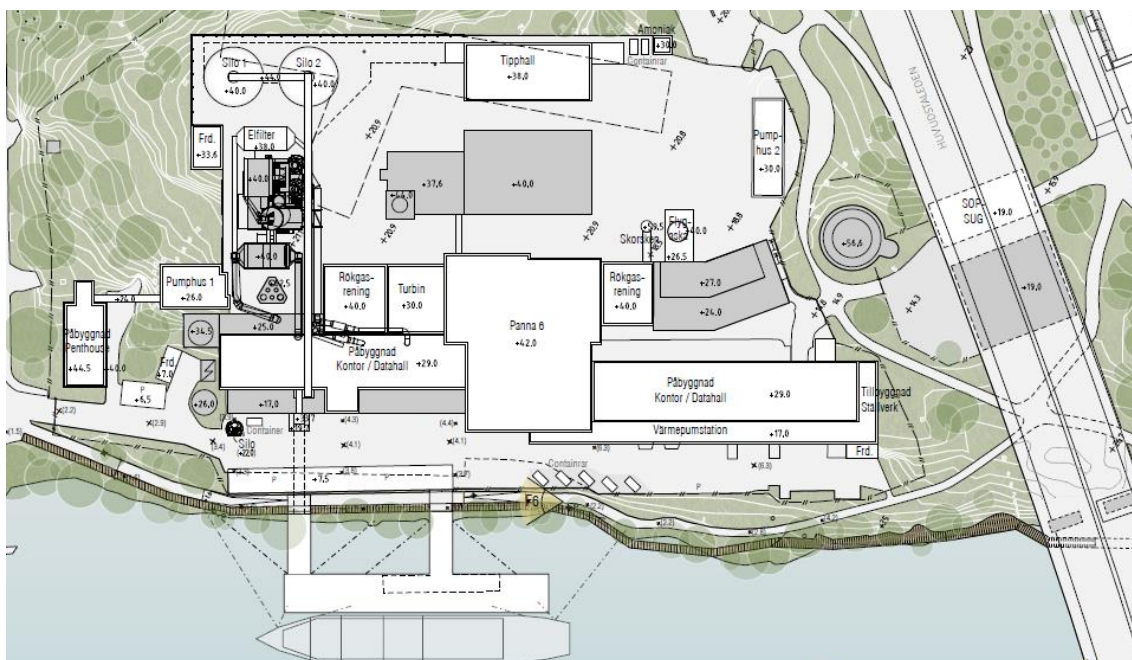
Öster om Huvudstaleden planeras bostäder samt en förskola. Närmast Huvudstaleden planeras parkering i form av garage i två plan ovan mark samt ett källarplan.

Avståndet till byggnader väster om Huvudstaleden (Solnaverket) blir ca 30 meter och till bostäder öster om vägen är det ca 30 meter.

Bostäderna planeras med i huvudsak 6-7 våningar.



Figur B.2. Situationsplan planområde öster om Huvudstaleden (AIX, 2019-03-15).



Figur B.3. Situationsplan planområde Solnaverket).

1.1.3 Kringliggande bebyggelse

Norr om Solnaverket ligger kontorsbebyggelse i ca 4-10 våningar. Avståndet till Huvudstaleden är ca 30-40 meter. Söder om Solnaverket ligger Bällstaån och på andra sidan ån ligger två exploateringsområden med blandad bebyggelse med en stor andel bostäder. Avståndet mellan dessa och Solnaverket är som minst ca 200 respektive 350 meter.

Öster om planerade bostäder finns befintliga bostadshus i 6 våningar.

I figur B.4 redovisas den närmaste omgivningen.



Figur B.4. Planområdet inklusive omgivningar.

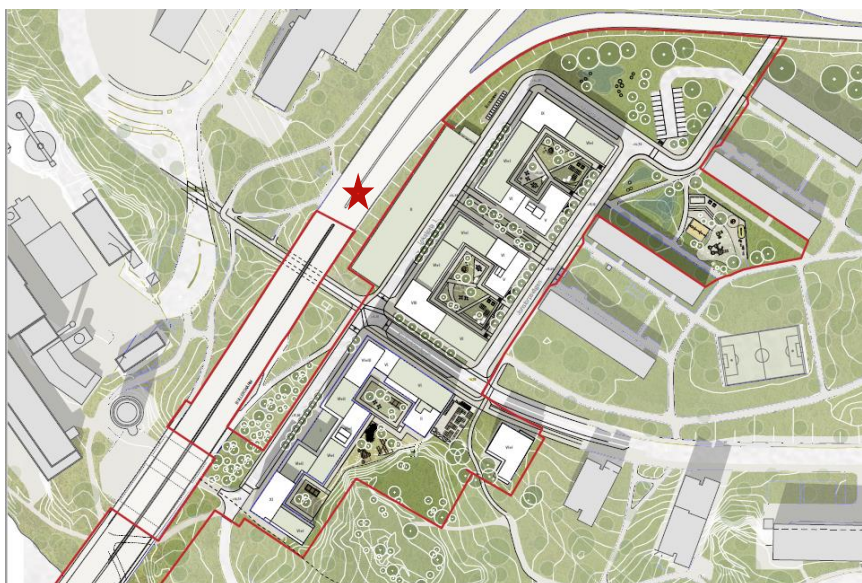
1.1.4 Sammanställning

För att kunna bedöma hur stort antal personer som befinner sig inom skadeområde för respektive skadescenario så görs grova uppskattningar inom det studerade området. Nedan redovisas de uppskattade personantalen och annan information som används som underlag i beräkningarna.

Personantalet inom det studerade området uppskattas grovt utifrån följande förutsättningar:

1. Genomsnittlig persontäthet inom flerbostadshus uppskattas grovt till ca 0,033 personer per m² BTA (1 person per 30 m²).
2. Genomsnittlig persontäthet utomhus uppskattas grovt till ca 0,005 personer per m² (50 person per hektar).
3. Parkeringsgaragen uppskattas ha en persontäthet på 0,01 pers/m².
4. Kontor uppskattas ha en persontäthet på en person per 20 kvm, dvs. 0,05 pers/m².
5. Förskolan planeras för 70 barn. Antalet personal förutsätts till 3 per 20 barn.
6. Solnaverket har ca 75 anställda.
7. Persontätheten inom närområdet kan variera relativt kraftigt under dygnet med hänsyn till olika verksamheter inom området. Konsekvensberäkningarna utförs dock konservativt för ett scenario där maximalt personantal förväntas inom området, d.v.s. "beläggningen" ansätts till 100 %.

För de olyckor som har en "riktad" påverkan, dvs. inte en cirkulär utbredning, har påverkan antagits ske mot det område som ska exploateras. Detta val baseras på att bebyggelsen inom planområdet för Huvudsta 3:1 omfattar en högre persontäthet än inom planområdet för Krukmakaren, vilket innebär att en olycka får som störst konsekvenser. Vald plats för olycka redovisas i figur B.5. Avståndet från tänkt olycksplats till Solnaverket är som minst ca 180 meter.



Figur B.5. Vald plats för olycka.

2. Trafikolycka med farligt gods

2.1 Klass 2.1 Brännbara Gaser

2.1.1 Metodik

För **brännbara gaser** kan fyra scenarier antas uppstå beroende på typen av antändning och transportsätt (tankbil eller flaskor):

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- *Gasmolnexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck
- *BLEVE (endast tankbil)*: Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion kan uppkomma om tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en utbredd brand under en längre tid.
- *Exploderande gasflaskor*: Motsvarande explosion då gasflaskor utsätts för en utbredd brand.

För ovanstående skadescenarier har utsläppssimuleringar gjorts med simuleringsprogrammet **Gasol** för att avgöra storleken på de områden inom vilka personer kan förväntas omkomma. Utsläppssimuleringarna har utförts för tankbil med ca 25 ton tryckkondenserad gas, samt lastbil med gasflaskor, total mängd ca 20 ton tryckkondenserad gas fördelat i flaskor om 10-45 kg per flaska. Det antas grovt att samtliga transporter innehåller tryckkondenserad gasol. I tabell B.1 redovisas den indata som anges i **Gasol** med avseende på tankutformning, väder etc.

Tabell B.1. Indata till Gasol för simulering av skadeområden vid jetflamma och gasmoln.

Faktor	Gasolflaska	Tankbil
Lagringstemperatur	15°C	15°C
Lagringstryck	7 bar övertryck vid 15°C	7 bar övertryck vid 15°C
Tankdiameter	0,3 m	2,0 m
Tanklängd	0,5 m	18 m
Tankfyllnadsgrad	80 %	80 %
Tankens tomma vikt	10 kg	50 000 kg
Designtryck	10 bar övertryck	15 bar övertryck
Bristningstryck	4 x designtrycket	4 x designtrycket
Luftryck	760 mmHg	760 mmHg
Väder	15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart	15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart
Omgivning	Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)	Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

Skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnsexplosion har simulerats för följande utsläppsstorlekar /1/:

	Tankbil	Gasflaskor
• Litet utsläpp:	0,09 kg/s	3,3 kg/s (avslagen flaskventil på en flaska)
• Medelstort utsläpp:	0,9 kg/s	
• Stort utsläpp:	17,8 kg/s	16,5 kg/s (avslagen flaskventil på 5 flaskor)

Skadeområdena för jetflamma och gasmolnsexplosion beror utöver utsläppsstorleken, även på om läckaget utgörs av gasfas, vätskefas eller i gasfas nära vätskeytan. I beräkningarna antas det konservativt att utsläppet sker nära vätskeytan då detta leder till de största skadeområdena.

Skadeområdena för gasmolnsexplosion är dessutom beroende av vindstyrkan, där skadeområdet blir större ju lägre vindstyrka. Även här antas det konservativt en relativt låg vindstyrka, ca 3 m/s.

2.1.2 Bedömningskriterier

Sannolikheten för att omkomma är bl.a. beroende av den infallande värmestrålningen. Hur hög värmestrålning en person klarar utan att erhålla skador beror bl.a. på dess varaktighet. Detsamma gäller med avseende på hur hög strålning som krävs för att antända olika byggnadsmaterial. Ju längre strålningspåverkan, ju högre sannolikhet för skada.

Utomhus: I tabell B.2 redovisas skadeområden där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Enligt /10/ är sannolikheten att omkomma vid 2:a gradens brännskador ca 15 %. Det uppskattas grovt att motsvarande för de som får 2a-3:e gradens brännskada är ca 50 %.

Inomhus: Sannolikheten för att personer som befinner sig inomhus omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Det uppskattas grovt att skadeområdet för brandspridning till byggnad för de studerade scenarierna motsvarar skadeområdet där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a gradens brännskada. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändigt brand sprids in i byggnaden. Mycket grovt uppskattas det att 5-10 % av de personer som befinner sig inomhus inom det område där värmestrålningen kan leda till 2:a gradens brännskada omkommer.

2.1.3 Resultat

I tabell B.2 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras.

/1/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

Tabell B. 2. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse	
		bredd	längd	bredd	längd
LASTBIL					
Liten jetflamma	5 % <i>inomhus</i>	6	5	6	2,5
	50 % <i>utomhus</i>				
Liten gasmolnsexplosion	5 % <i>inomhus</i>	2	5	2	2,5
	50 % <i>utomhus</i>				
Medelstor jetflamma	5 % <i>inomhus</i>	15	15	15	7,5
	50 % <i>utomhus</i>				
Medelstor gasmolnsexplosion	5 % <i>inomhus</i>	50	70	50	35
	50 % <i>utomhus</i>				
Stor jetflamma	5 % <i>inomhus</i>	60	55	60	27,5
	50 % <i>utomhus</i>				
Stor gasmolnsexplosion	5 % <i>inomhus</i>	215	185	215	92,5
	50 % <i>utomhus</i>				
BLEVE	5 % <i>inomhus</i>	440	220	440	110
	50 % <i>utomhus</i>				
GASFLASKA					
Liten jetflamma	5 % <i>inomhus</i>	24	24	0	0
	25 % <i>utomhus</i>				
Liten gasmolnsexplosion	5 % <i>inomhus</i>	85	45	0	0
	25 % <i>utomhus</i>				
Stor jetflamma	5 % <i>inomhus</i>	55	55	0	0
	25 % <i>utomhus</i>				
Stor gasmolnsexplosion	5 % <i>inomhus</i>	95	60	0	0
	25 % <i>utomhus</i>				
Exploderande gasflaskor	5 % <i>inomhus</i>	30	15	0	0
	25 % <i>utomhus</i>				

I tabell B.3 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 1) inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet.

Tabell B.3. Beräknade konsekvenser – antal omkomna, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Inomhus	Utomhus	Totalt
TANKBIL			
Liten jetflamma	0	0	0
Liten gasmolnexplosion	0	0	0
Medelstor jetflamma	0	0	0
Medelstor gasmolnexplosion	1	2	3
Stor jetflamma	0	2	2
Stor gasmolnexplosion	34	28	61
BLEVE	29	23	51
GASFLASKA			
Liten jetflamma	0	0	0
Liten gasmolnexplosion	0	0	0
Stor jetflamma	1	1	2
Stor gasmolnexplosion	3	1	4
Exploderande gasflaskor	0	0	0

2.2 Klass 2.3 Giftiga Gaser

2.2.1 Metodik

Den icke brännbara men giftiga gasen antas bestå av **tryckkondenserad ammoniak**, som är en av de giftigaste gaserna som transporteras i större tankar på vägarna i Sverige. Giftigare gaser, som t.ex. klor transporteras normalt i begränsade mängder på väg, medan de större transportererna går på järnväg.

Med simuleringsprogrammet **Spridning i Luft 1.2** beräknas storleken på det område där koncentrationen ammoniak respektive svaveldioxid antas vara dödlig (inomhus och utomhus). Utsläppssimuleringarna har utförts för tankbil rymmandes ca **24 ton ammoniak**. I tabell B.4 redovisas den indata som anges i **Spridning i Luft 1.2** med avseende på tankutformning, omgivningsstruktur och väder etc.

Tabell B.4. Indata till **Spridning i Luft 1.2** för simulering av skadeområden vid utsläpp av giftig gas.

Faktor	Tankbil
Kemikalie	Ammoniak
Emballage	Tankbil (24 ton)
Bebyggelse	Tät skog/ stad ($\rho = 1,0$)
Lagringstemperatur	15°C
Väder	15°C, vår, dag och klart

Följande, i **Spridning i Luft 1.2** fördefinierade, utsläppsscenarioer har simulerats för utsläpp av giftig gas:

- | | Ammoniak |
|--------------------------------------|-----------------|
| • Litet utsläpp (packningsläckage): | 0,34 kg/s |
| • Medelstort utsläpp (brott på rör): | 10 kg/s |
| • Stort utsläpp (stor punktering): | 85 kg/s |

Gasernas spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. **Spridning i Luft 1.2** genererar spridningskurvor och uppskattningar av hur stor andel av befolkningen inom området som förväntas omkomma. Denna andel avtar med avståndet både i längd med och vinkelrätt mot gasmolnets riktning. Skadeområdena för ett utsläpp av giftig gas blir större ju lägre vindstyrkan är. I simuleringarna antas därför vindstyrkan vara relativt låg, ca 3 m/s.

Skadeområdet inomhus är dessutom beroende av på vilken nivå som ventilationsintag är placerade. Det antas att ventilationsintagen är placerade ca 3 meter över vägen.

2.2.2 Bedömningskriterier

Vid simulering av gasutsläpp med **Spridning i Luft 1.2** erhålls spridningskurvor samt uppskattningar på hur stor andel av befolkningen i området som förväntas omkomma beroende på avståndet till utsläppskällan. Andelen avtar med avståndet både i längd samt vinkelrätt mot utsläppets riktning.

2.2.3 Resultat

I tabell B.5 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario med läckage av ammoniak.

Tabell B.5. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av giftiga gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)							
		Oskyddad bebyggelse				Skyddad bebyggelse			
		Inomhus		Utomhus		Inomhus		Utomhus	
		bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd
Litet utsläpp (packningsläckage)	100%	0	0	2	5	0	0	2	2,5
	50%	0	0	6	10	0	0	6	5
	5%	0	0	10	20	0	0	10	10
Medelstort utsläpp (brott på rör)	100%	0	0	20	30	0	0	20	15
	50%	10	20	30	60	10	10	30	30
	5%	20	35	50	90	20	17,5	50	45
Stort utsläpp (stor punktering)	100%	10	10	100	160	10	5	100	80
	50%	25	55	130	225	25	27,5	130	112,5
	5%	40	100	150	275	40	50	150	137,5

I tabell B.6 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 1) inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet.

Tabell B.6. Beräknade konsekvenser - antal omkomna, för skadescenarier vid transport av giftig gas.

Skadescenario	Inomhus	Utomhus	Totalt
Litet utsläpp (packningsläckage)	0	0	0
Medelstort utsläpp (brott på rör)	0	1	1
Stort utsläpp (stor punktering)	2	29	31

2.3 Klass 3. Brandfarliga vätskor

2.3.1 Metodik

För denna farligt godsklass utgörs skadescenarierna av att tanken skadas så allvarligt att vätska läcker ut och sedan antänds. Vid beräkning av konsekvensen av en farligt godsolycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensen. Beroende på utsläppstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas vilket leder till olika mängder värmestrålning. Konsekvensberäkningar utförs för följande pölbrandscenarier:

- Liten pölbrand: 50 m²
- Medelstor pölbrand: 200 m²
- Stor pölbrand: 400 m²
- Tankbilsbrand ca 300 MW /2/
(antas grovt motsvara stor pölbrand, exkl. pölradie)

Beräkningarna av den infallande värmestrålning som analyserade området utsätts för i händelse av olycka med påföljande brand genomförs med handberäkningar:

Brandeffekt (Q) – Brandeffekten beräknas utifrån pölarean och ansätts till att 1 MW genereras per kvadratmeter pölarea /3/.

Flamhöjd (H_f) – Flamhöjden (m) kan beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiametern (D) enligt följande ekvation /4/: $H_f = 0.23 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02D$

Ovanstående förhållande mellan brandeffekt och pölarea innebär att flamhöjden grovt kan uppskattas till $H_f = D /3/$.

/2/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999

/3/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

/4/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

Utfallande strålning (I_0) – Den utfallande strålningen (kW/m^2) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flammans, men efter en viss nivå minskar effektiviteten i förbränningen med påföljd att rökutvecklingen tilltar och temperaturen i flamzonen sjunker. En del av värmestrålningen absorberas därmed i omgivande rök, vilket innebär att den utfallande strålningen sjunker med ökande värde på pölbrandens storlek. Den utfallande strålningen kan beräknas med följande ekvation /5/:

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

Synfaktor (F) – Synfaktorn (–) anger hur stor andel av den utfallande strålningen som når en mottagande punkt eller yta (se figur B.4). 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.

Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammans och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion

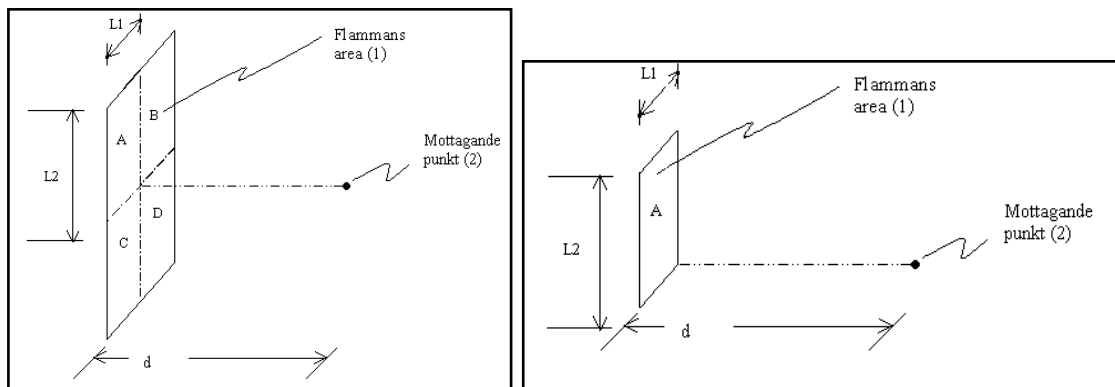
som beräknas enligt /6/:

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

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

$$F_{A1,2} = \int_0^{A_1} \frac{\cos \Theta_1 \cos \Theta_2}{\pi d^2} \cdot dA_1 \quad \text{där}$$

$\Theta_1 = \Theta_2 =$ infallande vinkel (d.v.s. 0) och $A_1 = L_1 \times L_2$ enligt figur B.6.



Figur B.6. Synfaktor.

Ovanstående ekvation kan omvandlas till följande ekvation för beräkning av respektive ytas (A, B, C och D) synfaktor /7/:

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

/5/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989

/6/ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999

/7/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992

$$X = \frac{L_1}{d} \quad \text{och} \quad Y = \frac{L_2}{d} \quad \text{enligt figur B.4.}$$

Infallande strålning (I) – Den från branden infallande värmestrålningen (kW/m²) som når omgivningen minskar med avståndet från branden och beräknas genom: $I = F \times I_0$

Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden beräknats för de olika pölbrandscenarierna (se tabell B.7).

Tabell B. 7. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd samt utfallande värmestrålning.

Scenario	Brinnande yta A _F (m ²)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D _f (m)	Flammhöjd H _f (m)	Utfallande strålning I ₀ (kW/m ²)
Liten pölbrand	50	50 000	8,0	8,0	49,8
Medelstor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Stor pölbrand / Tankbilsbrand	400	400 000	22,6	22,6	37,7

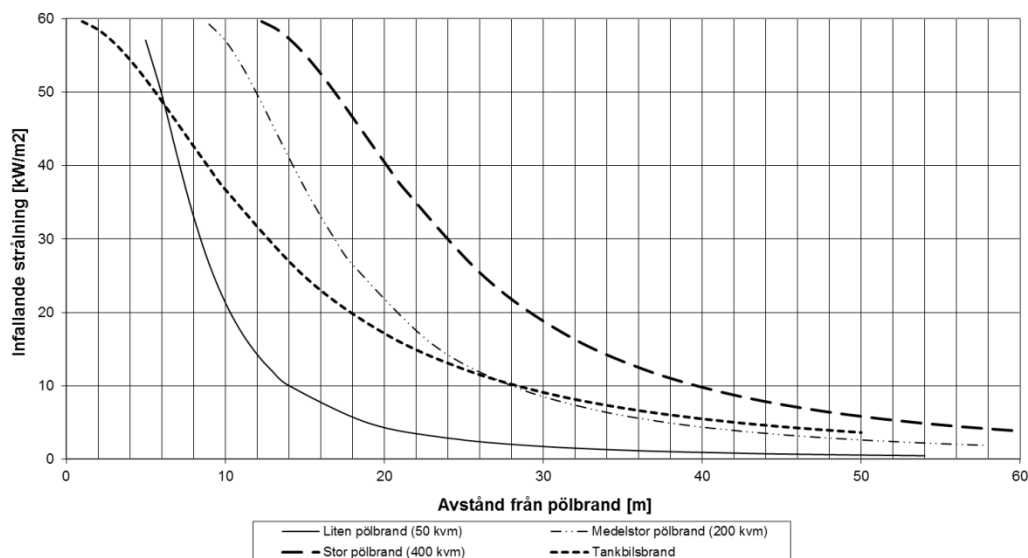
Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i tabell B.8. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. I strålningsberäkningarna används konservativt ett värde på den utfallande strålningen på 60 kW/m² för samtliga brandscenarier.

Tabell B. 8. Beräkning av strålning och synfaktor på halva flammans höjd för olika avstånd från pölbranden.

Avstånd (m)	Liten pölbrand		Medelstor pölbrand		Stor pölbrand / Tankbilsbrand	
	F _{1,2}	q _r ^{''}	F _{1,2}	q _r ^{''}	F _{1,2}	q _r ^{''}
5	0,44	26,6	0,76	45,5	0,86	51,7
10	0,17	10,0	0,44	26,6	0,61	36,7
15	0,08	4,9	0,26	15,8	0,41	24,9
20	0,05	2,9	0,17	10,0	0,29	17,1
25	0,03	1,9	0,11	6,9	0,20	12,3
30	0,02	1,3	0,08	4,9	0,15	9,1
35	0,02	1,0	0,06	3,7	0,12	7,0
40	0,01	0,7	0,05	2,9	0,09	5,5
45	0,01	0,6	0,04	2,3	0,07	4,4
50	0,01	0,5	0,03	1,9	0,06	3,6

I figur B.7 redovisas den infallande strålningen som funktion av avståndet från branden. I figuren beaktas även pölens radie, vilket ej beaktas i de avstånd som anges i tabell B.8 som utgår från flammans kant.

Infallande värmestrålning mot bebyggelse



Figur B.7. Infallande strålning som funktion av avståndet från pölbrand inkl. pölradi

2.3.2 Bedömningskriterier

Hur hög värmestrålning en person klarar utan att erhålla skador beror bl.a. på dess varaktighet. Detsamma gäller med avseende på hur hög strålning som krävs för att antända olika byggnadsmaterial. Ju längre strålningspåverkan, ju högre sannolikhet för skada.

I tabell B.9 redovisas exempel på strålningsnivåer och vilka skador dessa kan medföra avseende personskada respektive brandspridning. Enligt tidigare uppskattas att ca 15 % av de som får 2:a gradens brännskador kan omkomma.

Tabell B. 9. Effekter av olika strålningsnivåer /10, 5/.

Konsekvens	Strålningsintensitet [kW m ²]
Ingen smärta vid långvarig bestrålning av bar hud	≤ 1
2:a gradens brännskada vid bestrålning under 1 minut	
- 100 % sannolikhet	19
- 50 % sannolikhet	7,5
Ingen smärta vid bestrålning av bar hud under 1 minut	< 2,5
2:a gradens brännskada vid bestrålning under 20 sekunder	
- 100 % sannolikhet	43
- 50 % sannolikhet	17
Outhärdlig smärta vid bestrålning av bar hud under 2 sekunder	20

Antändning av lättantändliga material, t.ex. gardiner	
med sticklåga	10
vid långvarig bestrålning	20
Antändning av obehandlat trä	
med sticklåga eller vid bestrålning under 5 minuter	15
vid långvarig bestrålning	30

En person som befinner sig utomhus och upptäcker en större brand försöker med stor sannolikhet sätta sig i säkerhet. Tiden för varseblivning samt beslut och reaktion innebär dock att personen kan utsättas för värmestrålning under en kortare stund innan hen reagerar. De strålningsnivåer och effekter som anges i tabell B.9 har i tabell B.10 omvandlats till en uppskattad andel omkomna beroende på strålningsnivå för personer som befinner sig utomhus.

Tabell B. 10. Uppskattad sannolikhet för oskyddad person utomhus att omkomma som funktion av strålningsnivån vid pölbrand.

Strålningsnivå	Andel omkomna
10 kW/m ²	1 %
60 kW/m ²	50 %
80 kW/m ²	100 %

Sannolikheten för att personer som befinner sig **inomhus** omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Utifrån tabell B.10 så uppskattas den kritiska värmestrålningen vara 15 kW/m² om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändigt brand sprids in i byggnaden. Mycket grovt uppskattas det att 5-10 % av de personer som befinner sig inomhus inom det område kring pölbranden där strålningsnivån överstiger 15 kW/m² omkommer.

2.3.3 Resultat

I tabell B.11 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario utifrån *Figur B.6* ovan.

Tabell B. 11. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
Liten pölbrand	5 % <i>inomhus</i>	11	5
	100 % <i>utomhus</i>	6	0
	15 % <i>utomhus</i>	9	3
	5 % <i>utomhus</i>	13	6
Medelstor pölbrand	5 % <i>inomhus</i>	22	12
	100 % <i>utomhus</i>	13	4
	15 % <i>utomhus</i>	19	10
	5 % <i>utomhus</i>	25	15
Stor pölbrand	5 % <i>inomhus</i>	30	17
	100 % <i>utomhus</i>	18	5
	15 % <i>utomhus</i>	27	15
	5 % <i>utomhus</i>	35	22
Tankbilsbrand	5 % <i>inomhus</i>	20	17
	100 % <i>utomhus</i>	7	5
	15 % <i>utomhus</i>	10	15
	5 % <i>utomhus</i>	25	22

I tabell B.12 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 1) inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet.

Tabell B. 12. Beräknade konsekvenser - antal omkomna, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

Skadescenario	<i>Inomhus</i>	<i>Utomhus</i>	<i>Totalt</i>
Liten pölbrand	0	0	0
Medelstor pölbrand	0	0	0
Stor pölbrand	0	0	1
Tankbilsbrand	0	0	2

3. Spridningsberäkningar ammoniak

3.1 Metodik

Beräkningar av skadeområden har gjorts utifrån identifierade scenarier i Solnaverkets riskanalys avseende ammoniakhanteringen /8/. Scenarier som redovisas i riskanalysen är:

- Kollision tankbil inom området
- Slangbrott vid lossning
- Utsläpp från tanken ner i invallningen
- Läckage i pannhallen
- Stort läckage på cisterntaket som leder till explosion

Spridningsberäkningar kommer att genomföras för ovanstående scenarier förutom för *Läckage i pannhallen* samt *Stort läckage på cisterntaket* eftersom ett läckage inomhus får extremt liten påverkan på områden utomhus samt att för att explosion vid läckage av ammoniak endast kan uppstå om ämnet upphettas till 38°C och en tändkälla finns närvarande. Det finns en klassningsplan för hanteringen vilket innebär att tändkällor inte finns inom det område där gas kan uppstå.

Spridningsberäkningar genomförs med programmet **ALOHA version 5.4.7**. För de olika scenarierna har antaganden varit nödvändiga. De antaganden som har gjorts som inte är gemensamma för samtliga scenarier redovisas nedan.

- Kollision tankbil inom området
 - o Yta på ammoniakpöl satt till 80 m². Totalt utläckt mängd satt till 4 m³, vilket utgör hälften av ett fack i tankbilen.
- Slangbrott vid lossning
 - o Eftersom slangarna är flätade kan enbart en mindre mängd läcka ut om inte totalt slangbrott uppstår vilket i riskanalysen bedömts vara osannolikt.
 - o Antagande om att ett läckage på 100 liter täcker en yta på 1 m².
- Utsläpp från tanken ner i invallningen
 - o Antagande om att hela cisternens volym läcker ut i invallningen.
 - o Yta på pölen antas till 10 m².

Övriga antaganden omfattar bland annat en vindhastighet på 3 m/s och en temperatur på 15°C.

3.2 Bedömningskriterier

Vid simulering av gasutsläpp med **ALOHA 5.4.7** erhålls spridningskurvor samt uppskattningar på hur stor andel av befolkningen i området som förväntas omkomma beroende på avståndet till utsläppskällan. Andelen avtar med avståndet både i längd samt vinkelrätt mot utsläppets riktning.

/8/ Riskanalys ammoniakhanteringen Norrenergi, Solnaverket, Tyréns, 2013-12-04

Spridningsberäkningarna redovisar gränsvärden utifrån Acute Exposure Guideline Levels for Airborne Chemicals (AEGL). AEGL redovisar tre olika nivåer utifrån toxikologisk effekt på människor.

- **AEGL-1** definieras som den luftburna koncentrationen av ett ämne över vilken man beräknat att den allmänna befolkningen, inklusive känsliga individer, kan uppleva besvär, irritation eller vissa effekter som inte ger symtom. Effekterna är dock övergående och påverkar inte personens förmåga att agera.
- **AEGL-2** är den luftburna koncentrationen av ett ämne över vilken man beräknat att den allmänna befolkningen, inklusive känsliga individer, kan få irreversibla eller andra allvarliga och långvariga hälsoeffekter eller en nedsatt förmåga att fly från exponeringen.
- **AEGL-3** är den luftburna koncentrationen av ett ämne över vilken man beräknat att den allmänna befolkning, inklusive känsliga individer, kan drabbas av livshotande hälsoeffekter eller död.

Även brännbarhetsområde av gasmoln samt område där explosiv blandning kan uppstå har beräknats.

3.3 Resultat

Resultatet av genomförda spridningsberäkningar efter 60 minuter redovisas i tabell B.13 nedan.

Tabell B.13. Resultatet av spridningsberäkningar.

Scenario	Utbredning i meter (längd x bredd)		
	Giftighet	Brännbar gas blandning	Konsekvensområde explosion
Kollision med tankbil	AEGL-3: 40 x 40 AEGL-2: 135 x 20 AEGL-1: 320 x 45	< 10	Ingen del av molnet är över nedre explosionsgränsen (LEL) under hela förloppet.
Slangbrott vid lossning	AEGL-3: < 10 AEGL-2: < 20 AEGL-1: < 45	< 10	Ingen del av molnet är över nedre explosionsgränsen (LEL) under hela förloppet.
Utsläpp till invallningen	AEGL-3: 20 x 20 AEGL-2: 55 x 20 AEGL-1: 145 x 45	< 10	Ingen del av molnet är över nedre explosionsgränsen (LEL) under hela förloppet.

4. Känslighetsanalys

Det föreligger en viss sannolikhet att genomförd kartläggning av antalet transporter med farligt gods på Huvudstaleden saknar någon avnämare. Dessutom finns inga indikationer om framtiden. Med anledningen av dessa osäkerheter görs en känslighetsanalys som utgår från antal och fördelning av transporter med farligt gods utifrån nationell statistik. Detta innebär både ett ökat antal fordon samt fler transporterade ämnen.

4.1 Del 1. Förändrat transportantal

Denna del av känslighetsanalysen påverkar inte konsekvensberäkningarna.

4.2 Del 2. Övriga olycksrisker

Med hänsyn till det statistiska underlaget kommer en känslighetsanalys att utföras som utöver tidigare redovisade olycksrisker även hanterar nedanstående:

- Explosion vid transport av massexplodivt ämne (klass 1.1.)
- Explosionsartat brandförlopp vid utsläpp av oxiderande ämne (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2)

4.3 Klass 1. Explosiva ämnen

4.3.1 Metodik

Enligt bilaga A begränsas känslighetsanalysen till att studera explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 då det endast bedöms vara dessa olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom utredningsområdet. Konsekvensberäkningarna omfattar fyra skadescenarier utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A:

- 500 kg (transporter med < 500 kg)
- 2000 kg (transporter med 500-2000 kg)
- 4000 kg (transporter med > 2000 kg)
- 16000 kg (transporter med 16000 kg)

Konsekvensberäkningarna följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner /9/*. Risken för att byggnadsdelar eller hela byggnader rasar till följd av en explosion beror på huruvida explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) överstiger en byggnadsdels karaktäristiska tryck (P_C) och impuls (I_C). För att byggnadsdelen ej ska rasa så ska följande ekvation uppfyllas:

$$I_C / I_+ + P_C / P_+ \geq 1$$

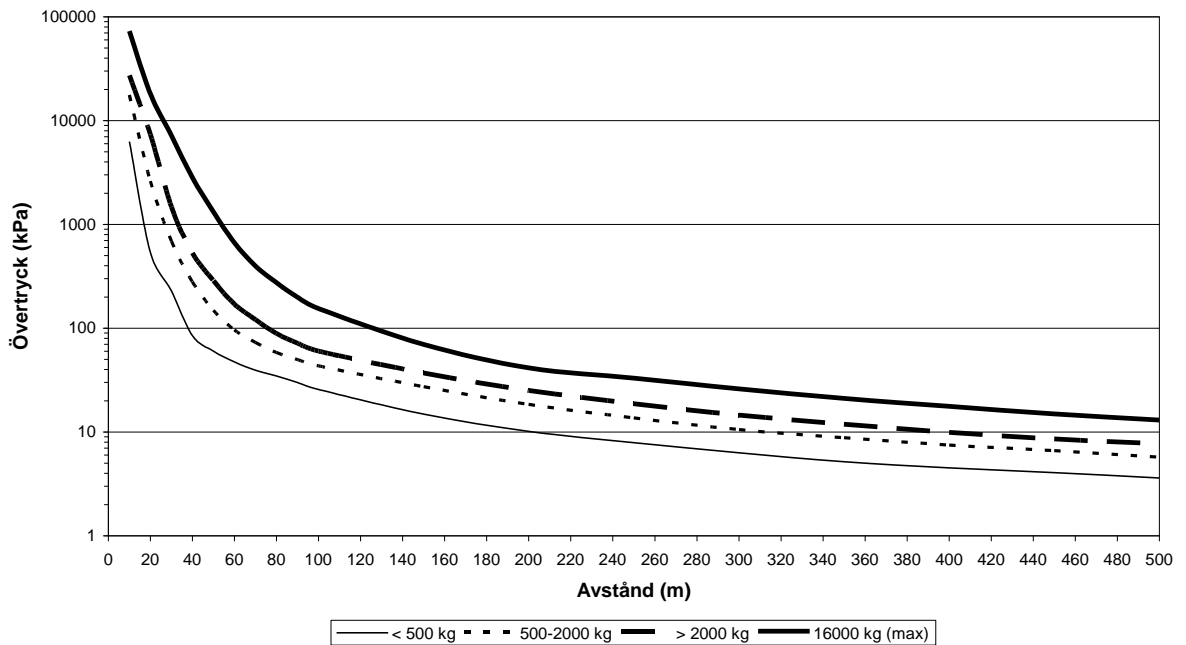
/9/ Konsekvenser vid explosioner – kompendium framtaget i samband med FOAs kurs explosivämneskunskap, FOA, Rickard Forsén 1999-09-03 (Bearbetat av Stefan Olsson 2001-09-16)

Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck (P_+), impulstäthet (I_+) samt varaktighet (t_+) för de studerade explosionsscenarierna. I figur B.8 och figur B.9 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av $1,8 \cdot X$ kg i fri luft. För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

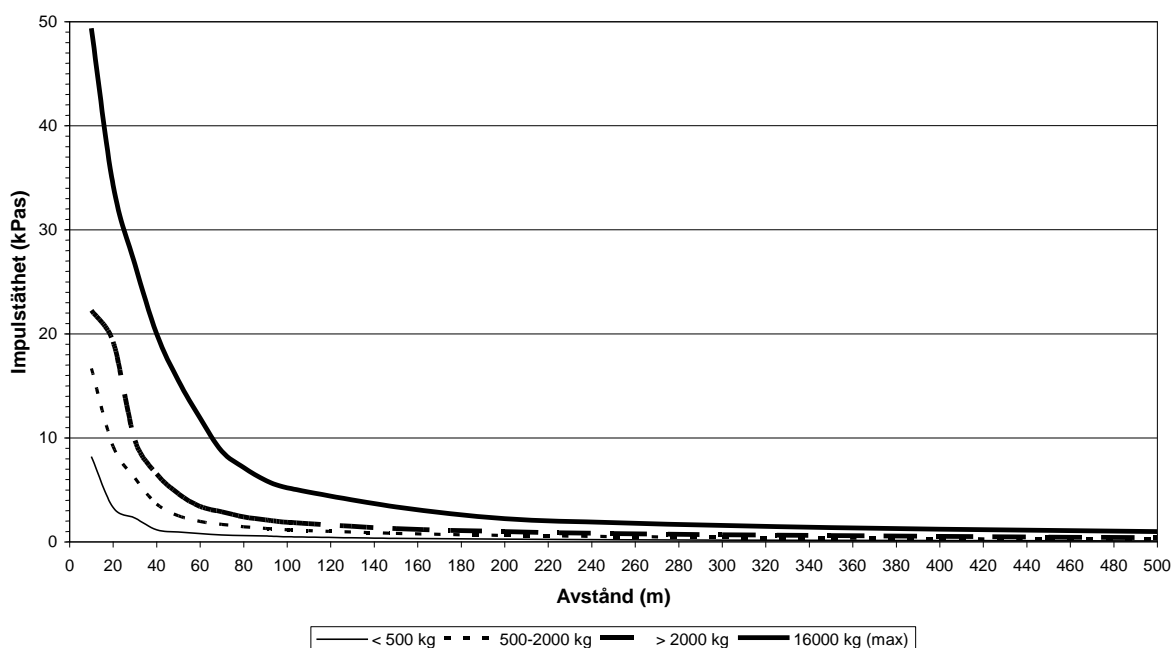
Då människor är relativt små bedöms inget reflekterande tryck uppstå vilket innebär att man vid bedömning av skadeområdet för konsekvenser utomhus studerar strykande tryck (180°).

Explosionens varaktighet t_+ beräknas grovt enligt följande ekvation och blir samma oavsett infallande vinkel /9/:

$$t_+ = \frac{2 \times I_+}{P_+}$$



Figur B.8. Max övertryck som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.



Figur B.9. Impulstäthet som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

4.3.2 Bedömningskriterier

Inomhus: Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) i förhållande till byggnadsdelarnas karaktäristiska tryck (P_c) och impuls (I_c), se ekvationen i avsnitt 2.1.1. I tabell B.14 anges karaktäristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärighet /9/.

Tabell B. 14. Karaktäristiska tryck (P_c) respektive impuls (I_c) för olika byggnadsdelar.

Byggnadsdel	P_c (kPa)	I_c (kPas)
Bärande konstruktioner		
<i>Stomme i platsgjuten betong</i>		
- Bärande ytterväggar av 20 cm betong (och invändiga pelare)	200	2,5
- Bärande tvärväggar och utfackade längsgående ytterväggar	200	2,5
<i>Stomme i monterad betong</i>		
- Pelar/balk-stomme	200	3,1
- Bärande väggar i elementhus	200	3,1
Icke bärande konstruktioner		
- Lätta utfackningsväggar (plåtkassetter) i pelarhus	5	0,5
- Medeltunga utfackningsväggar (regelstomme & fasadtegelskal)	5	1,0

De infallande tryck som redovisas i *Figur B.7* gäller för en punkt (byggnad eller människa) som är helt oskyddad mot riskkällan. Den första byggnaden reducerar med stor sannolikhet det infallande trycket mot bakomliggande byggnader relativt mycket. Det uppskattas grovt att den första byggnaden medför att trycket och impulstätheten mot nästföljande byggnad reduceras med ca 75 % i förhållande till vad som anges i *Figur B.7* respektive *Figur B.8*. Detta beaktas i de fortsatta konsekvensberäkningarna avseende skadeområden och uppskattat antal omkomna.

Sannolikheten för att omkomma inomhus är beroende av antalet våningsplan i byggnaden och ökar med ökande våningsantal. I konsekvensberäkningarna kommer det uppskattas grovt att ca 80 % av personer som vistas inom totalkollapsade byggnadsdelar omkommer. Inom byggnadsdelar som endast rasar lokalt antas ca 15 % omkomma.

Utomhus: En människa tål tryck relativt bra och riskerar i huvudsak att förolyckas p.g.a. kringflygande föremål eller att de trillar omkull av tryckvågen. Med avseende på tryck så går gränsen för dödliga skador vid /10/:

- 1 % omkomna 180 kPa
- 10 % omkomna 210 kPa
- 50 % omkomna 260 kPa
- 90 % omkomna 300 kPa
- 99 % omkomna 350 kPa

Sannolikheten för att omkomma utomhus bedöms vara beroende av explosionslastens storlek. För de beräknade skadeavstånden som redovisas ovan uppskattas innebära följande sannolikhet för att omkomma:

- < 500 kg: 10 %
- 500-2 000 kg: 25 %
- > 2 000 kg: 50 %
- 16 000 kg: 100 %

4.3.3 Resultat

Utifrån beräkningarna av övertryck, impulstäthet och varaktighet bedöms huruvida olika byggnadsdelar rasar eller ej, som funktion av avståndet. Denna bedömning har resulterat i skadeavstånd för respektive skadescenario. I tabell B.15 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

Tabell B. 15. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
< 500 kg massexplosion	80 % <i>inomhus</i>	20	10
	15 % <i>inomhus</i>	70	30
	10 % <i>utomhus</i>	20	10
500–2 000 kg massexplosion	80 % <i>inomhus</i>	40	20

/10/ Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, september 1997

	15 % <i>inomhus</i>	200	60
	25 % <i>utomhus</i>	30	20
2 000-4 000 kg massexplosion	80 % <i>inomhus</i>	50	30
	15 % <i>inomhus</i>	200	80
	50 % <i>utomhus</i>	50	40
> 4 000 kg massexplosion	80 % <i>inomhus</i>	80	50
	15 % <i>inomhus</i>	300	150
	100 % <i>utomhus</i>	70	50

I tabell B.16 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 1) inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet.

Tabell B. 16. Beräknade konsekvenser – antal omkomna, för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Skadescenario	<i>Inomhus</i>	<i>Utomhus</i>	<i>Totalt</i>
< 700 kg massexplosion	0	0	0
700–2 000 kg massexplosion	16	0	16
2 000-4 000 kg massexplosion	37	3	40
> 4 000 kg massexplosion	230	9	239

4.4 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

4.4.1 Metodik

En olycka med utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider ska normalt inte leda till något följdscenario som innebär allvarliga personskador. Det finns dock ämnen inom denna farligt godsklass som, om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t ex bensen, motorolja etc.), kan leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Explosionen kan då liknas vid en explosion av massexplosiva ämnen.

Vid transport på väg kan ett utsläpp innebära att det oxiderande ämnet blandas med fordonets smörj- och drivmedel (organiskt material). Denna blandning kan motsvara ca 3 ton trotyl /11/. Konsekvensberäkningarna för detta skadescenario motsvarar alltså det scenario som redovisas i avsnitt 2.1.

Det genomförs inga detaljerade konsekvensberäkningar för detta skadescenario. De fortsatta riskberäkningarna kommer istället att utgå från resultatet som redovisas i avsnitt 3.3 med avseende på explosion med 4 000 kg massexplosivämne. Detta är ett konservativt antagande.

4.4.2 Bedömningskriterier

Se avsnitt 2.1.

/11/ Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, 1996

4.4.3 Resultat

I tabell B.17 redovisas skadeavstånden för skadescenario med ämne ur klass 5.

Tabell B. 17. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
Dimensionerande scenario (motsvarar 2 000-4 000 kg massexplosion)	80 % <u>inomhus</u>	50	30
	15 % <u>inomhus</u>	200	80
	50 % <u>utomhus</u>	50	40

I tabell B.18 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 1) inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet.

Tabell B. 18. Beräknade konsekvenser – antal omkomna, för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Skadescenario	Inomhus	Utomhus	Totalt
Dimensionerande scenario (motsvarar 2 000-4 000 kg massexplosion)	37	3	40