



En P&B Rapport

Risikanalys Seveso

Beställare: Göteborg Energi AB

Referens: Henrik Larsson

Syfte/Innehåll: Riskanalys Allvarliga kemikalieolyckor

Utförd av: Kristian Bladström

Kvalitetsgranskning: Göran Jansson

Datum: 2024-10-09

Rev: B

Innehåll

1	INLEDNING	4
1.1	SYFTE.....	4
1.2	REVIDERINGAR.....	4
1.3	REFERENSER.....	4
1.4	METOD FÖR IDENTIFIERING AV SCENARIER OCH RISKANALYS	4
1.4.1	<i>Riskidentifiering</i>	<i>5</i>
1.4.2	<i>Granskning av tidigare olyckor och tillbud</i>	<i>7</i>
1.4.3	<i>Riskuppskattning och Riskvärdering</i>	<i>9</i>
1.4.4	<i>Grovanalys.....</i>	<i>9</i>
1.4.5	<i>Tolerabel risk</i>	<i>10</i>
2	VERKSAMHETSBEKRIVNING.....	13
2.1	ANLÄGGNINGEN.....	13
2.2	IDENTIFIERING AV FARLIGA ÄMNEN	15
2.2.1	<i>Isobutan R600a.....</i>	<i>16</i>
2.2.2	<i>Propan</i>	<i>17</i>
3	NATURLIGA OMGIVNINGSAKTÖRER	18
3.1	HÖGA VATTENNIVÅER	18
3.2	LÅNGVARIG VÄRMEBÖLJA	19
3.3	ÅSKA/BLIXTNEDSLAG.....	19
3.4	HÖGA VINDSTYRKOR	20
3.5	EXTERN BRAND	21
3.6	RAS, SKRED OCH EROSION	21
3.7	SNÖÖVÅDER.....	21
3.8	JORDBÄVNING	21
3.9	ISBILDNING	21
3.10	SOLSTORMAR	21
3.11	SKYFALL.....	21
4	RISKSCENARIER	23
4.1	GENERELLA FÖRUTSÄTTNINGAR.....	23
4.2	ISOBUTAN R600A	23
4.2.1	<i>Övergripande beskrivning av hanteringen</i>	<i>23</i>
4.2.2	<i>Läckage cistern i mark</i>	<i>24</i>
4.2.3	<i>Utsläpp säkerhetsventiler</i>	<i>26</i>
4.2.4	<i>Gasläckage inomhus.....</i>	<i>27</i>
4.2.5	<i>Vätskeläckage inomhus.....</i>	<i>40</i>
4.2.6	<i>Läckage av olja och antändning av gas.....</i>	<i>42</i>
4.2.7	<i>Gasmolnsexplosion inomhus</i>	<i>44</i>
4.2.8	<i>Läckage rörledning utomhus.....</i>	<i>50</i>
4.2.9	<i>Isobutan som följer med avloppssystemet</i>	<i>50</i>
4.3	PROPAN	50
4.3.1	<i>Övergripande beskrivning av hanteringen</i>	<i>50</i>

4.3.2	Läckage från kylmaskiner	50
4.4	DOMINOEFFEKTER	51
4.4.1	Naturgas	51
4.4.2	Brand i närliggande byggnader/verksamheter	55
4.4.3	Farligt gods	61
5	SAMMANFATTNING AV RISKANALYS	67
5.1	SAMMANFATTNING	67
5.2	RISKVÄRDERING SCENARIER	68
6	SAMMANSTÄLLNING ÅTGÄRDER	69
7	BILAGA A – FLÖDESSCHEMA VÄRMEPUMPANLÄGGNING	71

1 Inledning

1.1 Syfte

Syftet med denna rapport är att presentera den identifiering och analys av olycksrisker som har genomförts för Göteborg Energis värmepumpanläggning (Rya VP) utifrån Seveso III direktivet (MSBFS 2015:8).

1.2 Revideringar

Risikanalysen upprättades och fastställdes 2024-06-12 (Slutlig version). Förändringar i verksamhet, anläggningen eller liknande som påverkar bedömningarna medför att dokumentet skall revideras. Nedanstående revideringar har genomförts. **Reviderad text är markerat med grått.**

Rev	Revideringen avser:	Datum	Signatur
A	Komplettering med scenarier mm. enligt kommentarer samråd.	2024-08-19	KB, P&B
B	Revidering utifrån inkomna kommentarer från samråd samt ny data (volym mm.) från leverantör av värmepumpanläggning.	2024-10-09	KB, P&B

1.3 Referenser

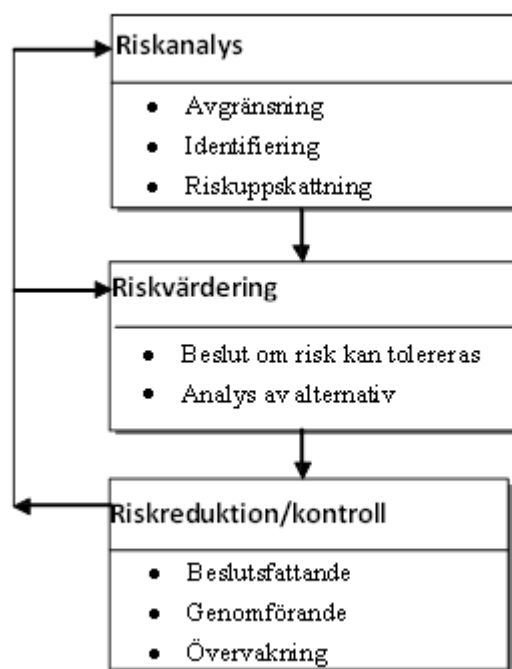
2012/18/EG	Seveso-direktiv om åtgärder för att förebygga och begränsa faran för allvarliga olyckshändelser där farliga ämnen ingår
MSBFS 2015:8	Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor
Lag (1999:381)	Lag (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor
SFS 2015:236	Förordning om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor

1.4 Metod för identifiering av scenarier och riskanalys

Riskutredningen baseras på intervjuer, litteraturstudier och en övergripande systematisk genomgång och riskanalys av verksamheten med utgångspunkt från de ämnen som identifierats förekomma och omfattas av direktivet. Riskutredningen kan sägas vara indelad i följande moment:

- *Identifiering av farliga ämnen* som omfattas av direktivet och kan förekomma inom verksamheten inklusive grov bedömning av huvudsakliga allvarliga risktyper förknippade med respektive ämne.
- *Riskidentifiering* – identifiering av scenarier som kan leda till allvarliga kemikalieolyckor.
- *Riskuppskattning* – bedömning av sannolikheten för och hur omfattande och svåra följderna de identifierade kemikalieolyckorna kan bli.
- *Riskvärdering* – Värdering av de uppskattade riskerna mot bedömningskriterierna för sannolikhet, konsekvens för människor internt och externt samt miljö.
- *Åtgärdsförslag* – om det bedöms nödvändigt för att uppnå en tolerabel risknivå har åtgärder föreslagits. Vidare har åtgärder föreslagits som ger en god säkerhetsökning i förhållande till investering.

Vid normal riskhantering genomgår faserna *riskanalys*, *riskvärdering* och *riskreduktion/kontroll*, se Figur 1. Grunden för genomförd riskanalys har även i detta fall utgått från denna modell men fokus har legat på allvarliga kemikalieolyckor som involverar en eller flera ”Seveso-kemikalier” varför en del risker ej har omfattats av analysen på grund av att riskerna ej omfattar ”Seveso-kemikalier” eller att konsekvenserna ej har bedömts som potentiellt tillräckligt allvarliga.



Figur 1. IEC:s modell för riskhantering.

Till att börja med analyseras risken. Vidare värderas risken och slutligen reduceras/kontrolleras den. Det bör observeras att förfarandet till viss del är en iterativ process där arbete pågår i de olika faserna samtidigt.

1.4.1 Riskidentifiering

Riskanalysarbetet har utgått från en systematisk genomgång av underlag för anläggningen (standards, riskutredning brandfarlig vara, flödesschema för anläggningen, leverantörens

beskrivning av anläggningen). Identifiering av scenarier som kan leda till allvarliga kemikalieolyckor har genomförts av följande personer på P&B i dialog med följande personer hos Göteborg Energi.

- Kristian Bladström, P&B
- Göran Jansson, P&B
- Henrik Larsson, Göteborg Energi
- Jan-Anders Carlsson, Göteborg Energi
- Andreas Eliasson, Göteborg Energi
- Jonas Strandberg, Göteborg Energi
- Julianne Holen Romarheim, Göteborg Energi

Personerna bedöms besitta mycket stor kunskap och erfarenhet av processer och hantering, historik, miljöaspekter och arbetsmiljörisker generellt och framförallt specifikt inom Göteborg energi.

För att scenarierna skall klassas som en allvarlig olycka krävs att följande kriterier enligt bilaga VI i direktiv 2012/18/EG uppfylls:

- Olyckan måste initieras av ett okontrollerat händelseförlopp.
- Olyckan måste involvera ett eller flera farliga ämnen som omfattas av Sevesolagstiftningen.
- Olyckan måste leda till allvarlig fara för människa, miljö eller egendom.

Med allvarlig fara för människa eller egendom menas något av följande:

- Potentiell fara för en omkommen människa (intern eller externt).
- Potentiell fara för att sex personer skadas inom verksamheten och måste tillbringa minst ett dygn på sjukhus.
- Potentiell fara för att en eller flera bostäder utanför verksamhetens område skadas och blir oanvändbara till följd av händelsen.
- Potentiell fara för evakuering eller isolering av personer under mer än två timmar (personer × timmar): värdet ska vara åtminstone 500.
- Potentiellt avbrott av dricksvatten-, el-, gasförsörjning eller teleförbindelse under mer än två timmar (personer × timmar): värdet ska vara åtminstone 1 000.
- Potentiell större egendomsskada (internt >2 milj. Euro eller externt 0,5 milj. Euro).

Med allvarlig fara för miljö menas något av följande:

- Bestående eller långsiktiga skador på markbundna livsmiljöer:
 - 0,5 ha eller mer av en livsmiljö som har betydelse ur miljö- eller bevarandesynpunkt och är skyddad i lag.
 - 10 ha eller mer av en mera utbredd livsmiljö, inklusive åkermark.
- Betydande eller långsiktiga skador på livsmiljöer i sötvatten eller på marina livsmiljöer:
 - 10 km eller mer av en flod eller en kanal.
 - 1 ha eller mer av en sjö eller damm.

- 2 ha eller mer av ett delta.
- 2 ha eller mer av ett kust- eller havsområde.
- Betydande skador på en akvifer eller på grundvatten:
 - 1 ha eller mer

För respektive ämne/plats/verksamhet identifierades möjliga och relevanta olyckor, dvs. kan ämnet vid en okontrollerad händelse leda till någon av följande olyckor (obs! olyckan/scenariot måste också uppfylla ovanstående kriterier för allvarlig olycka):

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| • Pölbrand | • Förgiftning (gasmoln) |
| • "Flash" brand | • Utsläpp frätande/oxiderande ämne |
| • Tankbrand | • Utsläpp miljö (förorening vatten) |
| • Jetflamma | • Utsläpp miljö (förorening jord) |
| • Gasmolnsexplosion | • Etc. |
| • BLEVE | |
| • Explosion, förbränning/tryck | |

Utgångspunkten i den systematiska genomgången av riskscenarier var de identifierade ämnena. Samtliga ämnen gicks igenom systematiskt där ovanstående potentiella olyckor gicks igenom för att identifiera om de kan inträffa, följande gicks igenom för varje ämne:

- Hantering av ämnen
- Lagringsplats och lagrad volym
- Möjlig påverkan på grund av naturliga omgivningsfaktorer
- Möjliga olyckor som kan inträffa som involverar aktuella ämnen/kemikalier enligt ovan
- Vilka scenarier/händelseförlopp krävs för att identifierade olyckor skall inträffa
- Dominoeffekter

Utifrån detta har ett antal scenarier valts ut med tonvikt på potentiell allvarlig konsekvens för människa och/eller miljö och bedömts. Dessa scenarier behandlas vidare i avsnitt 2.

1.4.2 Granskning av tidigare olyckor och tillbud

En viktig del i riskidentifiering, riskuppskattning och riskvärdering har varit, och är fortlöpande, att ta lärdom av olyckor och incidenter som inträffat vid hantering av liknande kemikalier, i liknande processer eller andra förutsättningar som är jämförbara med den aktuella hanteringen. Breda sökningar i olika forum som exempelvis MSB, eMARS, etc. har normalt visat sig vara av mycket begränsat värde då den information som är tillgänglig är kortfattad och övergripande vilket gör det svårt att kunna värdera om det finns något att lära som kan appliceras på den egna verksamheten. CSB U.S. Chemical Safety Boards olycksundersökningar har gått igenom då de är mer detaljerade. En relevant olycka som har identifieras är en explosion och brand som uppstod hos Exxon Mobil Refinery i Baton Rouge, Louisiana USA 2016. Olyckan uppstod vid underhåll av en gasledning med isobutan, som släpptes ut och sedan antändes. Fyra personer skadades, varav två allvarligt. Resultaten av utredningen visade på att anläggningen under längre tid hade haft problem med manuella avstängningsventiler som inte alltid gick att öppna eller stänga som avsett. För att komma runt detta behövde anställda först demontera en växel för att sedan med en skiftnyckel öppna eller stänga ventilen. Ingen rutin eller utbildning i hur detta

skulle utföras fanns dock. Det framkom även att inte alla som utförda detta moment var trygga i hur detta skulle ske. På olycksdagen ledde detta till att växeln demonterades på felaktigt sätt med efterföljande läckage. Personalen påbörjade därefter utrymning. Uppskattningsvis så släpptes 900 kg isobutan ut. En svetsmaskin i närheten antände sedan gasmolnet. Sammanfattningsvis kan sägas att brister i rutiner och utbildning medförde att olyckan kunde ske, något som således blir viktigt för Göteborg Energi att säkerställa innan anläggningen tas i drift – något som även kan förutsättas vidare i denna handling. Dessutom fanns en maskin som utgjorde tändkälla i närheten, något som inte får finnas i aktuellt utrymme under drift.

European Process Safety Centre (EPSC) beskriver en gasmolnsexplosion som skedde efter att en sil av gjutjärn i ett rör brast på grund av tryckvariation orsakat av termisk expansion. Systemet var slutet och designtrycket överskreds varpå ett sprödbrott uppstod. Detta utgör dock ingen beaktansvärd risk med tanke på utformningen av anläggningen (inget sprött material) samt säkerhetsfunktioner (säkerhetsventiler mm.) som hanterar tryckvariationer.

Om man tittar runt om i världen har det förekommit olyckor (explosion/brand) med cisterner med propan vilket kan anses ha liknande egenskaper som isobutan. Ingen av dessa olyckor har dock kunnat härledas till aktuell typ av anläggning, utan handlar snarare om cisterner ovan mark som av olika anledningar har påverkats så att explosion har föranletts. T.ex. 2007 i Ghent, West Virginia, USA när en junior tekniker, som arbetade ensam utan formell utbildning, utförde underhåll på en cistern och ett läckage uppkom. Läckaget letade sig in i närliggande affär och ansamlades där. Lite mer än 15 minuter senare antändes propanen vilket medförde en explosion.

Granskning och lärande av tidigare olyckor och tillbud har även gjorts genom att systematiskt utreda incidenter och olyckor i den egna verksamheten, genom att ta del av utredningar om händelser inom koncernen och i de fall där Göteborg Energi kan få ta del av detaljerade utredningar från intressegrupper där Göteborg Energi deltar.

Göteborg energi har i sin produktion 25 större kompressorkylmaskiner, samt fyra stora värmepumpar. På kylsidan har Göteborg Energi de senaste åren i princip bara haft mindre läckage på grund av handhavandefel vid avställningar etc. På Rya VP specifikt har det varit en del problem med en läckande säkerhetsventil den senaste hösten. Detta handlar dock om mindre läckage som snabbt har uppmärksammats och åtgärdats (t.ex. genom byte av sliten packning). För ett antal år sedan läckte det ut lite köldmedia i fjärrvärmenätet. Detta har åtgärdats genom att bygga om och installera givare för att identifiera köldmedia i fjärrvärmenätet.

Inga större olyckor eller haverier som medfört behov av omfattande åtgärder har dock uppstått inom hela Göteborg Energis totala kompressorbestånd för produktion av fjärrkyla och fjärrvärme. Vidare pågår ett löpande underhåll för att förebygga läckage och säkerställa fungerande maskiner. Förbättringar genomförs kontinuerligt för att bygga bort problem eller förbättra anläggningen, vilket är ett led i den underhållsstrategi som finns.

1.4.3 Riskuppskattning och Riskvärdering

Som inledande riskanalysmetod har Grovanalys valts. Den semikvantitativa grovanalysen har ansetts lämplig i detta fall då fokus har legat på att på ett övergripande sätt identifiera och värdera omfattande skadehändelser.

Sannolikheten för händelsen har bedömts på en femgradig skala från 1 till 5 där 1 har minst sannolikhet och 5 har högst sannolikhet. Vid bedömning av sannolikhet för läckage som händelse eller olycka har felfrekvenser i A.W.Cox, *Hazardous locations, ICheme, 1990* använts som stöd men utan att göra detaljerade beräkningar då detta inte bedömts nödvändigt i grovanalyskedet. Konsekvenserna har bedömts utifrån tre skyddsobjekt, personer internt, personer externt och miljö. Även konsekvenserna har bedömts på en femgradig skala från 1 till 5 där 1 är i princip inga skador och 5 är mycket allvarliga skador.

Grovanalysen resulterar i en rangordning av riskerna där de är antingen tolerabla (Låg risk), icke tolerabla (Hög risk) eller i en gråzon däremellan (Medel risk).

De risker som bedöms som medel eller höga ska sedan behandlas vidare genom en eller flera av nedanstående punkter:

- **Risikförbättrande åtgärder föreslås direkt.** Detta görs i fall där anledningen till och lämpliga förbättrande åtgärder för den förhöjda risken är relativt uppenbara och/eller lätta att genomföra.
- **Djupare analys av sannolikheten.** Detta görs med för fallet lämplig metod så som kvalitativ eller kvantitativ metod. Detta är lämpligt att göra i de fall där bedömningen av sannolikheten är behäftad med stora osäkerheter eller är svårbedömd.
- **Djupare analys av konsekvenserna.** Detta görs med för det aktuella fallet lämplig metod, exempelvis konsekvensberäkningar, simuleringar, djupare kvalitativ analys etc.

1.4.4 Grovanalys

Grovanalys används för att identifiera typiska och relativt uppenbara riskkällor i system. Metoden syftar till att identifiera en övergripande risknivå samt identifiera vilka delar av ett system som behöver åtgärdas/förändras för att en tolerabel risknivå skall uppnås. Alternativt kan identifierade risker behöva genomgå en djupare analys för att noggrannare kunna bedöma risknivån enligt ovan.

Metoden utgår ifrån erfarenheter, fantasi och checklistor. Med stöd av detta identifieras skadehändelser, orsaker, konsekvenser, sannolikheter, skyddsbarriärer och rekommenderade åtgärder.

Avgränsningar

I detta fall utgår analysen ifrån skyddsobjekten person – internt, person – externt samt miljö. Egendomsskydd behandlas ej om inte utvalda scenarier grovt har bedömts kunna orsaka skada på mer än 2 miljoner Euro som är gränsen för anmälningsskyldighet enligt bilaga VI i direktivet. Fokus i val av scenarier ligger på stora händelser där många kan komma till allvarlig skada internt, där påverkan kan ske på tredjeman (exempelvis i närbelägna områden) och/eller där miljön kan komma till skada.

Bedömningskriterier

För att kunna identifiera vilka risker som måste analyseras närmare eller hanteras genom direkta åtgärder används bedömningskriterier redovisade i Tabell 1, Tabell 2 och Tabell 3.

Tabell 1. Tabell för sannolikhetsbedömningen för ett riskscenario.

FREKVENNS - Sannolikhet		
Nivå	Definition	Kriterier
1	Mkt liten sannolikhet	<1 gång per 1000 år
2	Liten sannolikhet	1 gång per 100-1000 år
3	Sannolik	1 gång per 10-100 år
4	Stor sannolikhet	1 gång per 1-10 år
5	Mkt stor sannolikhet	>1 gång per år

Tabell 2. Kriterier för konsekvensbedömningen avseende personsäkerhet.

KONSEKVENNS - Person		
Nivå	Definition	Kriterier
1	Små	Allvarlig skada/skador per >100 olyckor/händelser.
2	Lindriga	Ett dödsfall per >100 olyckor/händelser eller allvarlig skada/skador per ca 10 olyckor/händelser.
3	Stora	Ett dödsfall per ca 10 olyckor/händelser eller enstaka allvarlig skada/skador vid varje olycka/händelse.
4	Mycket stora	Ett dödsfall per olycka/händelse och/eller flera allvarliga skador vid varje olycka/händelse.
5	Katastrofala	Flera dödsfall per olycka/händelse och allvarlig skada/skador.

Tabell 3. Kriterier för konsekvensbedömningen avseende miljön.

KONSEKVENNS - Miljö		
Nivå	Definition	Kriterier
1	Små	Inga egentliga skador. Liten utbredning. Ingen sanering.
2	Lindriga	Övergående kortvariga skador. Liten utbredning. Ingen/enkel sanering.
3	Stora	Långvariga skador. Liten-stor utbredning. Enkel sanering.
4	Mycket stora	Permanent skador. Liten utbredning. Svår/omöjlig sanering.
5	Katastrofala	Permanent skador. Stor utbredning. Svår/omöjlig sanering.

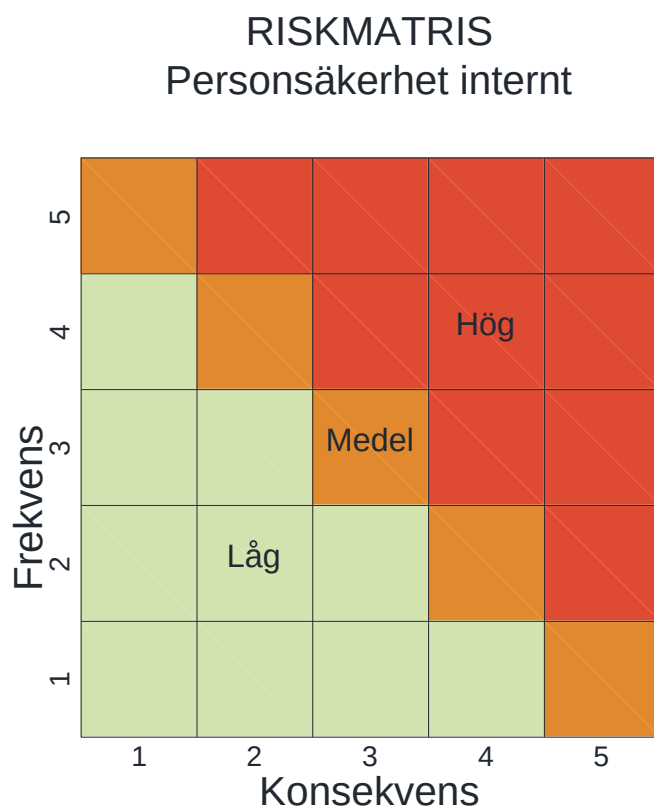
1.4.5 Tolerabel risk

Vid bestämning av tolerabel risk är det viktigt att särskilja externa skyddsobjekt och interna skyddsobjekt. Anledningen till detta är att en vald risk kan vara ungefär 100 ggr högre än en påtvingad risk vid bedömningen om den är tolerabel eller ej ¹. Detta innebär att tolerabel risknivå för 3:e person är strängare än för personal inom verksamheten.

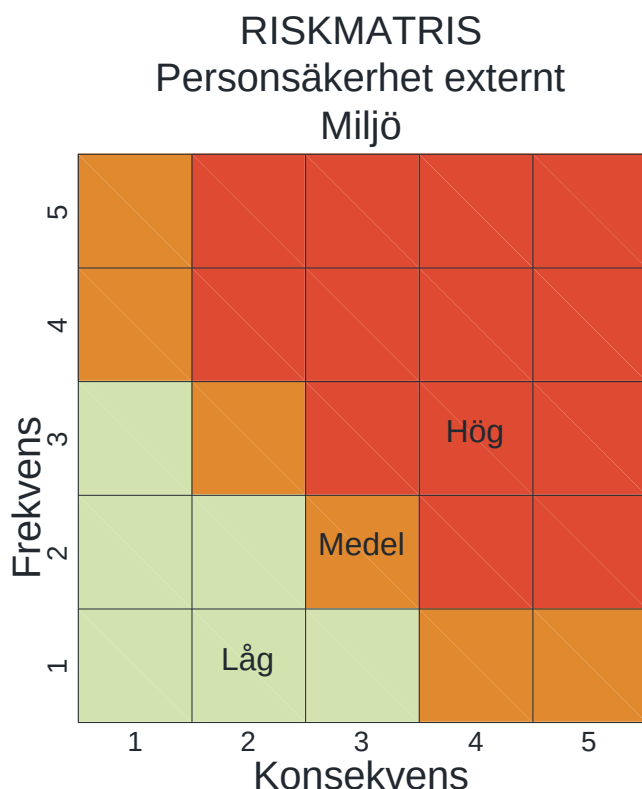
¹ Tolerabel risk inom kemikaliehanterande verksamheter, En vägledning från IPS, Jacobsson A., m fl., Intresseföreningen för processsäkerhet, 2001

Enligt IPS får ett skadefall med stora konsekvenser (dödsfall mm.) endast inträffa en gång inom intervallet 1000-10000 år. IPS använder ovan angivna skala även för miljöskador. Här betraktas skador på miljön på samma sätt som för skador på tredjeman, dvs. externa skyddsobjekt. Med detta som bakgrund kan två riskmatriser för tolerabel risk sättas samman enligt Figur 2 och Figur 3 nedan. Observera att riskmatriserna inte beskriver tolerabel risk med avseende på egendomsskydd. Den praktiska tolkningen av matriserna skall vara enligt följande:

Det röda området (översta högra delen) innebär gränsen för risker som ej kan anses tolerabla, dvs. *Hög risk*. Det orangea området (mittersta delen) i riskmatrisen nedan innebär gränsen för risker där säkerhetshöjande åtgärder ska övervägas och om inga åtgärder vidtas skall detta vara ett medvetet och väl underbyggt beslut, dvs. *Medelhög risk*. Det ljusgröna området (nedersta vänstra delen) innebär risker som kan betraktas som tolerabla, dvs. *Låg risk*.



Figur 2. Riskmatris för värdering av risker med tanke på personsäkerhet internt.



Figur 3. Riskmatris för värdering av risker med tanke på personsäkerhet externt och miljön.

Anledningen till att två riskmatriser används är alltså att den ena matrisen gäller för interna skyddsobjekt och den andra matrisen gäller för externa skyddsobjekt och miljön. I denna rapport presenteras och värderas de bedömda riskerna enligt Tabell 4 nedan där de ljusgröna, orangea och röda fälten samt beteckningarna L, M och H i risknivåfälten motsvarar fält och beteckningar i riskmatriserna ovan.

Tabell 4. Riskmatris för värdering av risker. I tabellen har två fiktiva scenarier (scenario 1 och 2) skrivits in för att åskådliggöra användningen av tabellen.

Riskscenarier	Bedömd sannolikhet/konsekvens				Risknivå								
					Person Extern			Person Intern			Miljö		
	S	PE	PI	E	L	M	H	L	M	H	L	M	H
Scenario 1	1	1	1	1	X	Orange	Red	X	Orange	Red	X	Orange	Red
Scenario 2	5	5	5	5	Green	Orange	X	Green	Orange	X	Green	Orange	X
Sannolikhet (S)													
Konsekvenser: Person Extern (PE), Person Intern (PI), Miljö (E)													
Risknivå: Låg (L), Medel (M), Hög(H)													

2 Verksamhetsbeskrivning

2.1 Anläggningen

Rya VP blir en Seveso-verksamhet pga. volymen av isobutan som köldmedium till en ny värmepumpanläggning i befintlig byggnad. I den befintliga byggnaden finns för närvarande fyra värmepumpar, varav två av dessa har tjänat sin tekniska livslängd. Total installerad fjärrvärmeeffekt är ca 150 MW fördelat på de fyra värmepumparna (VP1, VP2, VP3 och VP4). I regel fungerar värmepumparna som spetslastanläggning, men blir ofta prioriterad tack vare förmåga att starta snabbt. Anläggningen byggdes i etapper under åren 1983 till 1985. Det bör även nämnas att anläggningen har en samhällsviktig funktion då den försörjer Göteborg Energis fjärrvärmenät med hetvatten. Således kan det anses viktigt att det skapas förutsättningar för att värmepumpanläggningen ska kunna tas i drift. Dessutom kan konstateras att all infrastruktur, värmekälla till värmepumparna mm. som behövs för att anläggningen ska fungera och kunna drivas effektivt och säkert redan finns på plats på den aktuella fastigheten. Att flytta anläggningen är därför inte försvarbart med tanke på kostnad-nytta, eller praktiskt möjligt ur ett rimlighetsperspektiv. Med andra ord är den aktuella anläggningen den enda tänkbara placeringen.

De två värmepumparna som har tjänat sin tekniska livslängd (VP1 och VP2) kommer att bytas ut mot en ny värmepumpsanläggning med ett annat mer hälso- och miljövänligt köldmedium (isobutan R600a). Den nya värmepumpsanläggningen kommer att placeras inom de två utrymmena där de tidigare värmepumparna (VP1 och VP2) har varit placerade. I Bilaga B kan ett flödesschema för den nya anläggningen ses. Närmare beskrivning av utformningen för att uppfylla kraven enligt MSBFS 2020:1, samt utformning enligt SS-EN 378-3 finns i Riskutredning LBE+ATEX av P&B, 2024-03-15. Dessutom anges skyddsbarriärer som är relevanta för respektive skadescenario i avsnitt 4. En kort sammanfattning av vissa aspekter för utformning av anläggningen kan dock ses i listan nedan.

- Placering i egen brandcell EI 60.
- Endast obrännbara ytskikt (golv, väggar, tak).
- I utrymmet får ingen lagring ske utöver verktyg och reservdelar som behövs för installationen.
- Möjlighet till nödavgängning utanför utrymmet i närheten av dörr in, samt på lämplig plats inne i utrymmet.
- Ventilationsflödet ska vara minst 4 luftomsättningar per timme.
- Vid minskad kapacitet på ventilationsflöde ska larm varna och elektrisk utrustning stängas av.
- Nödventilation ska finnas som aktiveras av gasdetektorer i rummet.
- Flödet för nödventilationen ska vara minst 15 luftomsättningar per timme.
- Gaslarm ska varna både utanför och inne i utrymmet.
- Gaslarmet ska även meddela auktoriserad personal om att vidta åtgärder enligt dokumenterad rutin.
- Gaslarmet ska försörjas från en separat strömkälla.

- Gaslarmet ska varna om läckage, starta nödventilation, stoppa värmepump och bryta strömmen i utrymmet (förutom för nödventilation mm. som behövs även vid läckage – installationer som inte strömmen bryts för är istället EX-verifierade för zon 2).
- Sektionering av köldmediekretsen vid detektering vilket minskar möjlig läckagemängd.
- Möjlighet att pumpa ut isobutan till lagringstank vilket minskar möjlig läckagemängd.

Som värmekälla till värmepumparna används renat avloppsvatten från Gryaab. Driften begränsas av tillgången på värmekällan samt värmebehov i fjärrvärmenätet. Rya VP är vid drift bemannad normal kontorstid (4-5 personer) med rondering en gång på kvällen och en gång på natten. På helger sker rondering 2 ggr/dygn. Anläggningen övervakas alltid från Göteborg Energis centrala ledningscentral vid Sävenäs. Anläggningen är normalt i drift 25-30 veckor om året, från mitten av september till mitten av april beroende på värmebehov. Göteborg Energi har Tjänsteman i beredskap som har jour dygnet runt alla dagar i veckan. Detta är en del i koncernens kris- och störningsorganisation som vid behov sammankallar GE:s krisstab vid större olyckor.

Rya VP är placerat på en fastighet i Göteborgs hamn i närheten av Hisingsleden (Älvsborgsbron). Anläggningen är inhägnad och grind alltid låst. Omgivande bebyggelse består huvudsakligen av industri. Se Figur 4 för flygfoto av området och relevanta närliggande verksamheter. Precis som den aktuella verksamheten kan anses vara samhällsviktig bedöms även flera av de intilliggande verksamheterna som samhällsviktiga. Det blir således nödvändigt att ta särskild hänsyn till detta så att påverkan på dessa verksamheter inte uppstår.



Figur 4. Flygfoto över området. Röd ring markerar den aktuella anläggningen.

Avstånd från aktuell del av byggnaden till närmsta annan verksamhet/skyddsobjekt är enligt nedan.

Ca 60 m till provtagningsbyggnad Göteborg Energi Bio KVV (finns ej i nuläget men ansökan om tillfälligt bygglov kommer att skickas in inom kort – detta kommer dock ej att utgöra en permanent placering, utan byggnaden kommer senare att flyttas).

Ca 74 m till cistern med diesel tillhörande St1.

Ca 90 m till dieselcisterner hos Gryaab.

Ca 140 m till metanolcisterner hos Gryaab.

Ca 40 m till Älvsborgsbron.

Ca 20 m till järnväg.

>250 m till St1 raffinaderi.

>200 m till bostadshus.

>350 m till Rya HVC.

>550 m till Rya KVV.

Risker kopplat till närliggande verksamheter/skyddsobjekt med tanke på de Seveso-kemikalier som kommer hanteras inom Rya VP bedöms och hanteras i avsnitt 4. Notera dock att utifrån de riskscenarier som är relevanta att utreda utifrån Seveso-direktivet så bedöms ingen beaktansvärd risk för påverkan från eller till Rya VP finnas för de verksamheter som är belägna >100 m bort. Detta tydliggörs i avsnitt 4 där bl.a. beräkning för påverkan från värmestrålning och explosion görs.

2.2 Identifiering av farliga ämnen

Aktuella Sevesokemikalier är isobutan och propan. Isobutan hanteras som brandfarlig kondenserad gas och brandfarlig gas och propan som brandfarlig kondenserad gas.

Fördelning av gas och vätska (för isobutan) är svårt att uttala sig om exakt, men mängden brandfarlig gas uppgår enligt information från tillverkaren till ca 4,5 ton och mängden brandfarlig kondenserad gas uppgår till ca 50 ton. Med andra ord kan konstateras att den maximala mängden i gasfas kommer vara klart under 50 ton och därför definieras gasen som kondenserad brandfarlig gas enligt del 2 i *Bilaga 1 i Förordning (2015:236) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor*.

Enligt *Summeringsregeln, Tillämpning av bilaga 1 till förordning (2015:236) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor, MSB*, så omfattas endast ämnen som förekommer i mängder av minst 2 % av den lägre kravnivån. Den lägre kravnivån för kondenserad gas är 50 ton, dvs. mängden propan (15 kg) utgör $15/50\,000=0,001=0,1\%$ av den lägre nivån och omfattas ej vid beräkning med summeringsregeln.

Den lägre nivån för brandfarlig gas är 10 ton och den lägre nivån för brandfarlig kondenserad gas är 50 ton. Detta ger nedan summering:

$4,5/10+50/50=0,45+1,0=1,45$. Således omfattas verksamheten av den lägre nivån för Seveso.

Den högre nivån för brandfarlig gas är 50 ton och den högre nivån för brandfarlig kondenserad gas är 200 ton. Detta ger nedan summering:

$4,5/50+50/200=0,09+0,25=0,34$. Således omfattas verksamheten inte av den högre nivån för Seveso.

Om ämnenas fysikaliska och/eller kemikaliska egenskaper har bedömts kunna avvika från de nedan beskrivna i samband med risk för allvarlig kemikalieolycka tas detta upp i scenariobeskrivningarna.

Nedan finns en layout med de huvudsakliga lokaliseringarna av hanteringen av Seveso-kemikalier inritade. Cisternen utomhus är placerad i marken. Denna är normalt tom och fylls normalt endast kortare perioder sommartid vid underhåll då systemet i byggnaden töms helt eller delvis.



Figur 5. Layout anläggning.

2.2.1 Isobutan R600a

Isobutan R600a är ett köldmedium med låg negativ miljöpåverkan men är en brandfarlig gas (Kategori 1 enligt CLP). Gasen har en bensin- eller naturgasliknande lukt, men förnimbarheten är subjektiv och är inget tillförlitligt sätt att varna för eventuell exponering.

Kokpunkten är $-11,73\text{ }^{\circ}\text{C}$, LEL (undre brännbarhetsgränsen) $1,5\text{ vol\%}$ (eller 33 g/m^3) och UEL (övre brännbarhetsgränsen) $9,5\text{ vol\%}$ ². Ångdensiteten är 2,01, dvs. gas/ånga är tyngre än luft, varför den kan ansamlas i slutna utrymmen vid eller under marknivå. Ångtrycket för gasen är

² Säkerhetsdatablad, Linde Gas AB, 2020-01-30

348 kPa vid 25 °C. Gasen kan bilda en antändbar koncentration i luften samt reagera våldsamt med oxiderande ämnen. Självantändningstemperaturen är 460 °C.

Risk för allvarliga effekter (TEEL-2) är 17 000 ppm och risk för dödsfall (TEEL-3) är 53 000 ppm. Gränsvärdena har tagits från MSB:s databas RIB. När de gränsvärde som normalt används i första hand (AEGL och ERPG) inte finns att tillgå för ämnet redovisas TEEL istället. MSB anger att ”TEEL är tillfälliga gränsvärden som kan användas i brist på bättre data. De är inte alls kvalitetssäkrade på samma sätt som t.ex. ERPG. TEEL-värdet ska ses som ett tidsvägt medelvärde för en exponering under 15 minuter. Bortsett från den annorlunda exponeringstiden stämmer definitionerna överens med ERPG.”

Isobutan ger ingen allvarlig miljöpåverkan i mark eller vatten, anrikas ej i naturen och är biologiskt nedbrytbar.

2.2.2 Propan

Mängden propan (15 kg) är klart under gränsen för att omfattas av Seveso för sig självt – samma gräns som för isobutan gäller. I och med att isobutan finns i mängder så att det blir en Seveso-verksamhet behöver även hanteringen av propan (som också är en Seveso-kemikalie) tas med i riskanalysen.

Propan är en brandfarlig gas som är luktfri. Propanen förvaras som tryckkondenserad vätska. Vid ett eventuellt läckage måste vätskan förångas vilket kräver energi. Det gör att läckagemängden i de flesta situationer är reducerad till något eller några kg per timme.

Kokpunkten är -42 °C, LEL 2,3 vol% och UEL 9,5 vol%. Ångdensiteten är 1,5, dvs. gas/ånga är tyngre än luft, varför den kan ansamlas i slutna utrymmen vid eller under marknivå. Gasen kan bilda en antändbar koncentration i luften samt reagera våldsamt med oxiderande ämnen.

Risk för allvarliga effekter (AEGL-2) är 17 000 ppm (oberoende av exponeringstid) och risk för dödsfall (AEGL-3) är 33 000 ppm (oberoende av exponeringstid).

3 Naturliga omgivningsfaktorer

För att identifiera vilka naturliga omgivningsfaktorer som generellt skulle kunna ge en beaktansvärd negativ påverkan på verksamheten och vilka som potentiellt skulle kunna påverka risken för allvarlig kemikalieolycka har en systematisk genomgång gjorts. Följande relevanta naturliga omgivningsfaktorer har beaktats.

- Höga vattennivåer
- Långvarig värmebölja
- Åska/blixtnedslag
- Höga vindstyrkor
- Extern brand
- Ras, skred och erosion
- Snöoväder
- Jordbävning
- Isbildning
- Solstormar
- Skyfall

I de fall där naturliga omgivningsfaktorer har bedömts kunna orsaka en specifik allvarlig kemikalieolycka så behandlas den risken i detaljerad riskbedömning kopplade till område, ämne eller annat i avsnitt 4.

3.1 Höga vattennivåer

Den aktuella anläggningen är placerad 13 m ovan havsnivån. >600 m bort flyter Göta Älv. På Göteborg stads hemsida³ finns möjlighet att nyttja ett 3D-verktyg för att visualisera höga vattennivåer. Enligt beskrivningen på hemsidan så kan högt vatten pga. oväder, höga regnmängder mm. nå upp till +1,8 m ovan medelvattennivån. Vidare beräknas för år 2100 att vattenståndet har ökat med 1 m, vilket vid extrema väder ger +2,8 m över medelvattennivån. För att ta höjd för osäkerheter är det även möjligt att visualisera vattenståndet då det når +3,8 m över medelvattennivån, vilket sannolikt först uppstår år 2150-2250. Se Figur 6 för visualisering av vattenståndet.

Sammantaget bedöms inte höga vattennivåer kunna orsaka någon ökad risk för allvarlig kemikalieolycka.

³ <https://goteborg.se/wps/portal/start/goteborg-vaxer/sa-arbetar-staden-med-stadsutveckling/miljo-och-klimat-i-stadsutvecklingen/miljo-och-klimat-i-stadsplaneringen/klimatforandringar-och-extremt-vader>



Figur 6. Visualisering av vattenståndet vid +3,8 m ovan medelvattennivån. Det svarta i figuren utgör vatten. Röd ring visar placering av aktuell anläggning.

3.2 Långvarig värmebölja

En långvarig värmebölja med dagstemperaturer på 30-40 °C och tropiska nätter skulle kunna leda till uppvärmning av byggnaden och aktuella lokaler med värmepumpen. Ingen beaktansvärd risk kopplat till detta bedöms finnas. Ett förhöjt tryck i systemet pga. hög temperatur kommer vid behov att hanteras med de säkerhetssystem som finns (säkerhetsventiler, förreglingar mm.). När anläggningen är i drift kylls dessutom köldmediet kontinuerligt i kondenseringen med hjälp av avloppsvattnet från Gryaab.

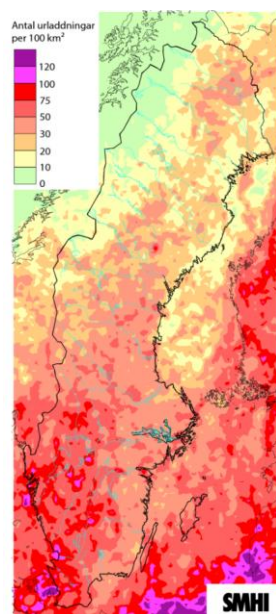
Sammantaget bedöms inte långvarig värmebölja kunna orsaka någon ökad risk för allvarlig kemikalieolycka.

3.3 Åska/blixtnedslag

Rya VP ligger i ett område med för svenska förhållanden något över medel förekomst av åska och urladdningar.

Cistern finns i mark och kan inte förväntas påverkas av blixtnedslag. Åsknedslag i byggnaden skulle dock kunna orsaka avbrott i elförsörjningen för värmepump samt fläktaggregat mm. I detta scenario kommer värmepumpen att stanna och eventuella ventiler som behöver vara stängda är normalt stängda i strömlöst läge. Dessutom förutsätts nödströmsförsörjning finnas för nödventilationen.

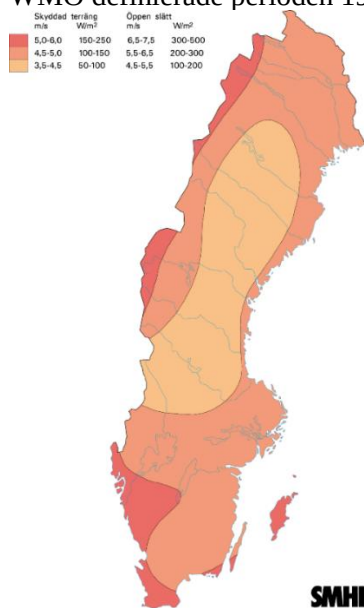
Sammantaget bedöms inte åska/blixtnedslag kunna orsaka någon ökad risk för allvarlig kemikalieolycka.



Figur 7. Kartan visar genomsnittligt antal urladdningar per år baserat på data för åren 2002-2014 (<https://www.smhi.se/data/meteorologi/kartor/medel/aska-antal-urladdningar-ar-medel>).

3.4 Höga vindstyrkor

Rya VP ligger i ett område med höga vindenergiförhållanden enligt SMHI:s kartering för den av WMO definierade perioden 1961-1990.



Figur 8. Vindenergiförhållanden för den av WMO definierade normalperioden 1961-1990 på 50 m höjd över marken (<https://www.smhi.se/data/meteorologi/vind/normala-vindenergiforhallanden-1.4078>).

Stark vind kan sannolikt komma att öka i frekvens och eventuellt styrka på grund av klimatförändring. Byggnader och installationer är dimensionerade enligt gällande byggregler i avseende på vindlast. I dessa finns det en god säkerhetsmarginal vilket reducerar risken för att ökade vindstyrkor skulle innebära någon risk. Byggnadsställningar får endast byggas av certifierade ställningsbyggare och kontrolleras löpande av verksamheten. Höga vindstyrkor ökar

sannolikheten för externt avbrott i elförsörjning, se Åska/blixtnedslag ovan. Någon beaktansvärd påverkan på risken för allvarlig kemikalieolycka på grund av höga vindstyrkor har inte kunnat identifieras.

3.5 Extern brand

Rya VP är omgivet av annan industriverksamhet. Bedömning av risken kopplat till brandpåverkan från omkringliggande verksamheter görs i avsnitt 4. >300 m finns Rya skog. Någon beaktansvärd risk för påverkan av skogbrand finns ej.

3.6 Ras, skred och erosion

Området är helt plant och placerad på behörigt avstånd från själva hamnen, varför inget ras, skred eller erosion kan förväntas uppstå. Ingen beaktansvärd påverkan av risk för allvarlig kemikalieolycka har identifierats.

3.7 Snöoväder

Rya VP ligger i ett område med lågt medelvärde för högsta snödjup enligt SMHI. Byggnader är dimensionerade för snölaster enligt gällande byggregler. Värmepumpen är placerad inomhus. Ingen beaktansvärd påverkan av risk för allvarlig kemikalieolycka har identifierats.

3.8 Jordbävning

Enligt Swiss Re CatNet[®] är risken för jordbävning/skalv mycket låg. Risken beaktas inte.

3.9 Isbildning

Isbildning bedöms inte utgöra någon beaktansvärd risk med samma argument som för snöoväder.

3.10 Solstormar

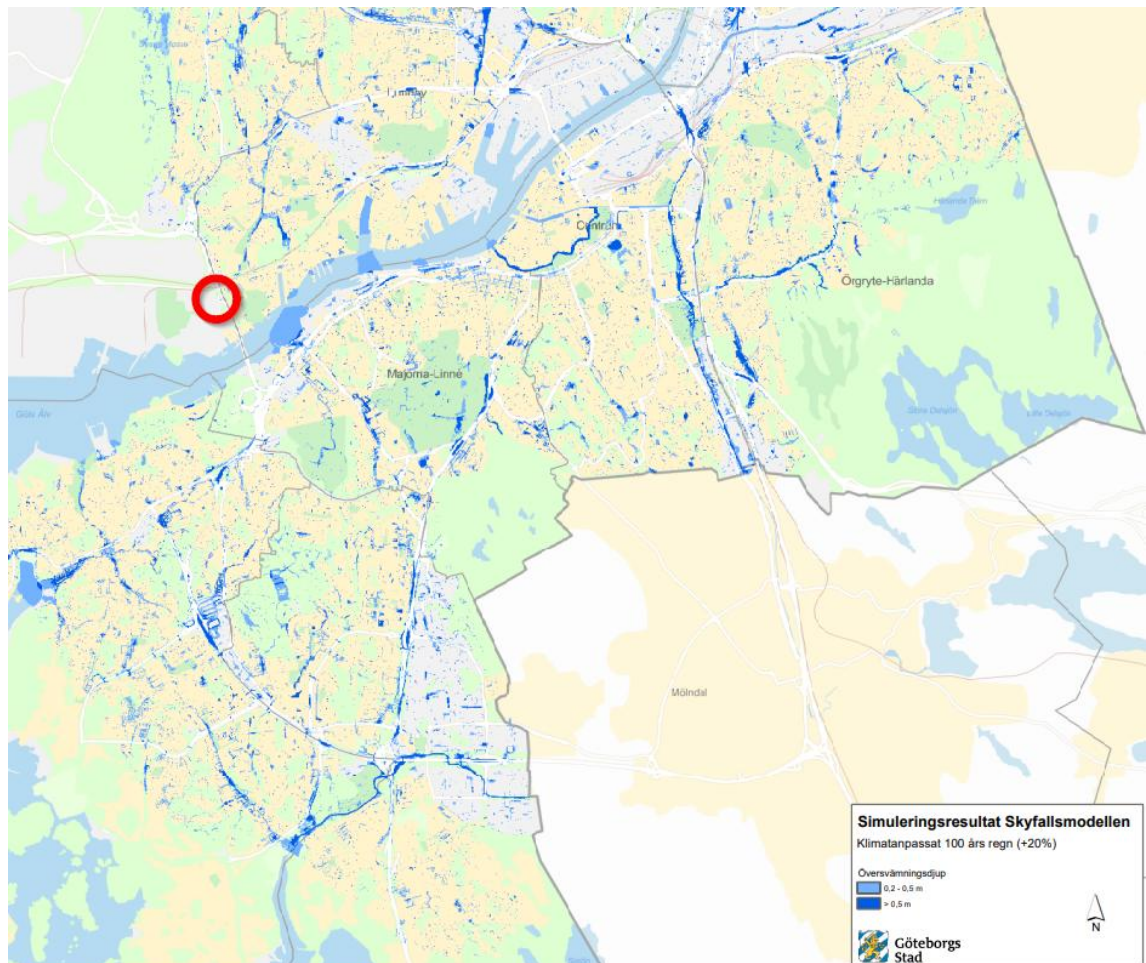
Risken med solstormar bedöms i huvudsak kunna påverka extern och intern elförsörjning på grund av spänningsskillnader i marken. Se åska/blixtnedslag ovan. All elektrisk utrustning och instrumentering som installeras måste uppfylla EU-direktivet för elektromagnetisk kompatibilitet 2014/30/EU (EMC) vilket ger ett visst skydd mot påverkan från elektromagnetiska fält.

3.11 Skyfall

På Göteborg stads hemsida⁴ finns en skyfallsmodell för att simulera skyfall. Skyfallsmodellen redovisar klimatanpassat 100-års regn med översvämningsdjup, se Figur 9. Utifrån denna

⁴ https://goteborg.se/wps/wcm/connect/0be58b85-bccc-43d3-be7a-efa0e6d61199/100_ars_regnSVT.pdf?MOD=AJPERES

kartering kan konstateras att ingen identifierad realistisk risk för översvämning på grund av skyfall föreligger.



Figur 9. Visualisering av klimatanpassat 100 års regn. Det ljusblå i figuren utgör översvämningsdjup 0,2-0,5 m och det blåa utgör översvämningsdjup >0,5 m. Röd ring visar placering av aktuell anläggning.

4 Riskscenarier

4.1 Generella förutsättningar

I följande bedömda riskscenarier förutsätts följande generella förutsättningar vara uppfyllda.

- Optiskt larm vid gasdetektion utvändigt cistern i mark och vid ingångar till värmepumpsbyggnaden.
- Nödströmsförsörjning av nödventilation.
- Nödströmsförsörjning av gasdetektion.
- Gasdetektering med förregling förutsätts ske vid maximalt 20 % av LEL, men om möjligt lägre.
- Brandlarm med tvådetektorberoende som stoppar värmepump vid detektering.

Gasdetekteringen kommer att ske med EX-klassade detektorer (Dräger PEX 3000). Detta är en typ av katalytisk detektor som ofta används för att detektera brännbara gaser i omgivande luft. Den fungerar genom värmealstring eller "heat-of-reaction"-principen, där brännbara gaser och ångor förbränns katalytiskt på en sensor som värms upp. Förbränningen ökar resistansen i detektorelementet, och förändringen i resistans är proportionell mot mängden brännbara gaser i luften. Detektorn har två huvudelement:

- Aktivt detektorelement (pellistor): Det här är detektorelementet som reagerar med brännbara gaser och skapar värme genom förbränning. Denna värme förändrar resistansen i elementet.
- Referensdetektorelement: Detta är ett andra element som inte reagerar med brännbara gaser på samma sätt, men det påverkas fortfarande av miljöfaktorer som temperatur, luftfuktighet och lufttryck.

Båda elementen är anslutna till en "Wheatstone-brygga", vilket gör att miljöpåverkan (som temperaturförändringar) kan kompenseras. Detta innebär att detektorn kan fokusera på att upptäcka förändringar som beror på närvaron av brännbara gaser snarare än yttre miljöfaktorer. Båda detektorelementen behöver inte aktiveras för att larmet ska utlösas. Det är bara det aktiva detektorelementet (pellistorn) som reagerar på närvaron av brännbara gaser. Denna förändring är vad som används för att detektera gaserna och aktivera larmet. Gasdetektorerna kommer att placeras strategiskt innan frånluftsventilationens utlopp samt centralt i respektive hall (totalt fyra detektorer per hall).

4.2 Isobutan R600a

4.2.1 Övergripande beskrivning av hanteringen

Isobutan kommer att cirkulera i värmepumpanläggningen inomhus. Ca 55 000 kg kommer att finnas i anläggningen. Utomhus i mark kommer cisternen att finnas som endast kommer att fyllas kortare perioder vid underhåll då själva värmepumpanläggningen behöver tömmas. Cisternen i mark kommer placeras direkt i marken omgiven av sand/jordmassor. Ett mindre

schakt finns ner till cisternens manlucka. I schaktet finns anslutningar, flänsar mm. Invändigt byggnaden är värmepumpanläggningen med balanseringstank, förångare mm. placerad. Se Bilaga B för flödesschema.

Anläggningen kommer vara utförd enligt SS-EN 378-3, vilket innebär att flera säkerhetsfunktioner kommer att finnas, bl.a. hög ventilationsomsättning, nödventilation med reservkraft, gasalarm, placering i egen brandcell (EI 60), nödavstängning mm. (se Riskutredning LBE+ATEX av P&B, daterad 2024-04-15, för fullständig beskrivning). I denna handling fokuseras främst på risker där potentiell konsekvens kan klassas som allvarlig kemikalieolycka.

Risikkälla vid hanteringen av isobutan är ämnets egenskaper med avseende på dess brännbarhet. Risken för olyckor är huvudsakligen kopplad till läckage. Cisternen i mark är anpassad för att rymma hela innehållet av isobutan i anläggningen. Lossning till cisternen sker dessutom övervakat. Risken för större läckage (inom ramen för allvarlig kemikalieolycka) bedöms inte vara relevant att beakta då lossningen vid läckage snabbt kan avbrytas.

Den nya värmepumpanläggningen kommer att placeras i befintliga lokaler där VP1 och VP2 varit placerade (två skilda hallar). Delar av systemet kommer att placeras inom den ena hallen och andra delar placeras i den andra hallen med en fysisk vägg emellan. Se Figur 10 nedan för översikt av var i byggnaden som den nya värmepumpanläggningen placeras.



Figur 10. Översikt placering av värmepumpanläggning.

4.2.2 Läckage cistern i mark

Då cisternen i mark är omgiven av jordmassor är ett scenario med läckage från mantelyta inte beaktansvärt baserat på lagstadgade krav på konstruktion och återkommande besiktningar. Ett läckage från cisternen är istället mest sannolikt i schaktet där anslutningar, flänsar och ventiler är placerade.

Typ av olyckor

- Explosion
- ”Flash brand”

Skadehändelser

Skulle ett läckage ske av isobutan i vätskefas kommer läckaget att nästan direkt förångas inne i schaktet som då fylls med en eventuellt antändbar koncentration av isobutan. Vid läckage på gassidan inne i schaktet kommer även i detta fall brunnen fyllas med en potentiellt antändbar koncentration av isobutan, dock kommer detta gå snabbare än när läckage sker på vätskesidan (energi tas från omgivningen för fasomvandling till gas vilket sänker temperaturen och flödet ut vid läckage på vätskesidan). Vid läckage kan en antändbar koncentration uppstå i schaktet vilket medför en risk för explosion med efterföljande brand vid antändning. Endast ett mindre begränsat läckage från ventil kan i värsta fall förväntas då ingen risk för påkörning eller annan mer omfattande påverkan finns.

Förebyggande och skadebegränsande åtgärder

- Gasdetektering som ger optiskt larm och vidarebefordras till bemannad plats för åtgärd.
- EX-utrustning inom ATEX-zoner.

Konsekvensbegränsande åtgärder

- Placering i mark.
- Normalt låg exponering i närheten.
- Trycktålig cistern (designtryck minst 5 bar).

Bedömning av konsekvenser

Ett läckage som antänds inne i schaktet kommer sannolikt att medföra en lokal explosion inne i schaktet. Dock kommer ett läckage detekteras av gaslarmet innan det blir antändbart. Således kan personal informeras och vidta åtgärder enligt nödlägesrutin för minimerar risken för antändning. Vidare utgör schaktet ett klassat område enligt ATEX, dvs. inga tändkällor ska finnas där. Skulle en antändning ändå ske av någon anledning så kommer sannolikt person i närheten av schaktet påverkas allvarligt – dock är sannolikheten för exponering låg med tanke på larmet som varnar för läckage. Med tanke på cisternens kraftiga konstruktion bedöms ingen farlig skada på cistern kunna uppstå vid tryckpåverkan utifrån.

Ingen skada på miljö uppkommer i detta scenario.

Bedömning av sannolikhet för scenario

Sannolikheten för ett läckage bedöms vara mycket liten då underhåll förutsätts skötas enligt tillverkarens anvisningar och att lagstadgade tredjepartskontroller utförs. Vidare ska sannolikheten för antändning av ett läckage i princip vara obefintlig då varning för läckage ges och personal följer rutiner för att evakuera gasen utan att tillföra eller orsaka tändkällor.

Riskvärdering

BEDÖMD RISK: Läckage cistern i mark		
Skyddsobjekt	Sannolikhet (S)	Konsekvens (K)
Person - Extern	1	1
Person - Intern		2
Miljö		1

Sammanfattning riskbedömning

Sannolikheten bedöms vara mycket liten för läckage och ska vara nära obefintlig för antändning. Skulle någon vara exponerad nära schaktet vid antändning kan dock konsekvensen bli allvarlig.

Åtgärder

Risken är bedömd att vara tolerabel utifrån det planerade utförandet. Dock bör det tas fram en insatsplan och nödlägesplanering för säker hantering vid läckage från cistern i mark.

4.2.3 Utsläpp säkerhetsventiler

Utsläpp från säkerhetsventiler ovan tak utomhus kan ske vid tryckhöjningar i anläggningen inomhus.

Typ av olyckor

- Explosion.
- ”Flash brand”

Skadehändelser

Säkerhetsventilernas utlopp kommer mynna ut ca 2 meter ovan tak. Dessa öppnas vid mellan 4,9-20,4 bar beroende på vilken del av systemet som säkerhetsventilerna är kopplad till. Innan säkerhetsventilerna sitter dessutom sprängbleck som en extra säkerhet mot att en läckande säkerhetsventil på grund av fel skulle orsaka antändbar blandning. Om någon av dessa skulle öppna på grund av någon avvikelse (t.ex. förhöjd temperatur som ger förhöjt tryck) kommer gas att släppas ut ovan tak. Vid utsläpp kan en antändbar koncentration uppstå lokalt runt säkerhetsventilers utblåsmynning vilket medför en risk för explosion vid antändning.

Förebyggande och skadebegränsande åtgärder

- Trycket i systemet övervakas i styrsystemet.
- Utrustningen designas för ett högre tryck än det som kan förväntas av processen.
- Tryckvakter som reglerar anläggningen så att ingen ytterligare tryckökning uppstår.
- Tryckvakter som stänger ner anläggningen omedelbart om otillåtet högt tryck uppstår och ovan punkt inte ger avsett resultat.
- Regelbundna kontroller och underhåll av anläggningen.
- Inga potentiella tändkällor på tak inom klassade områden.

Konsekvensbegränsande åtgärder

- Mycket låg exponering av personal i riskområdena.

Bedömning av konsekvenser

Ett utsläpp från säkerhetsventiler ovan tak kommer sannolikt medföra att en antändbar koncentration uppstår lokal (inom enstaka meter) vid utlopp innan detta späds ut. Inga tändkällor ska dock finnas på tak inom klassat område vilket medför att ingen antändning förväntas kunna ske. Konsekvenserna vid en antändning bedöms vara mycket låga då den brännbara volymen kommer vara begränsad och späs ut snabbt, ingen tryckökning förväntas, samt att ingen personal kan förväntas vistas på tak inom riskzonen.

Ingen påverkan på miljön kan förväntas.

Bedömning av sannolikhet för scenario

Med tanke på de skyddsbarriärer som finns och som kommer stänga ner anläggningen om högt tryck uppstår innan utsläpp via säkerhetsventiler och sprängbleck behöver ske bedöms sannolikheten vara låg.

Risikvärdering

BEDÖMD RISK: Utsläpp ovan tak		
Skyddsobjekt	Sannolikhet (S)	Konsekvens (K)
Person - Extern	2	1
Person - Intern		1
Miljö		1

Sammanfattning riskbedömning

Sannolikheten för scenariot är mycket låg med tanke på de skyddssystem som kommer finnas, samt då ingen tändkälla kan förväntas finnas inom det område där en antändbar koncentration kan uppstå. Även konsekvenserna vid ett utsläpp bedöms vara låga. Även om en antändning skulle ske kommer inga personer som kan påverkas normalt finnas på taket. Vid eventuellt arbete på taket förutsätts riskbedömning göras och arbetstillstånd krävas för att arbetet skall kunna bedrivas säkert.

Åtgärder

Risken är bedömd att vara tolerabel utan vidare åtgärder.

4.2.4 Gasläckage inomhus

Ett läckage inomhus i anläggningen bedöms vara ett relevant scenario att utreda. Trycket i anläggningen är som minst 20 mbar och som mest 14,7 bar vid normal drift. Ett mindre läckage bedöms effektivt spädas ut med nödventilationen i utrymmet (15 luftomsättningar per timme). I detta scenario bedöms ett större läckage vara av mer relevans att utreda. Vid defekt/felmonterad packning skulle ett läckage från denna kunna ske. Utifrån dimensionerna på rören bedöms en trasig packning i värsta fall kunna medföra ett läckage från ett hål med 5 cm i diameter, vilket kan medföra ett omfattande läckage med tanke på trycket i systemet. Ett läckage inomhus kommer eventuellt medföra att en antändbar koncentration uppstår och följer med nödventilationen ut till omgivningen. I detta scenario utreds ett läckage på gassidan. I avsnitt 4.2.5 utreds ett läckage på vätskesidan.

Typ av olyckor

- "Flash brand" inne
- "Flash brand" ute
- Gasmolnsexplosion inne
- Gasmolnsexplosion ute

I detta avsnitt utreds ett utsläpp som kan resultera i en flash brand eller gasmolnsexplosion utomhus till följd av ett utsläpp med nödventilationen. I avsnitt 4.2.7 utreds ett läckage som skulle kunna medföra en flash brand eller gasmolnsexplosion inomhus.

Skadehändelser

Vid ett läckage kommer gasdetekteringen att stänga kompressor, aktivera nödventilationen, bryta strömmen (utom för utrustning som är EX-verifierad för zon 2 och behöver fungera vid läckage – vilket ska hantera risken för antändning av gasen vid läckage) och sektioneringsventiler att stänga. Vid ett läckage någonstans kommer således den maximala volymen som kan läcka ut att begränsas. Enligt uppgift från leverantör kommer de huvudsakliga sektionerna att vara uppdelade enligt tabellen nedan. Notera alltså att de flesta sektioner kommer innehålla isobutan i både gasfas och vätskefas samtidigt. Dock är detta inom olika delar av sektionerna, t.ex. för sektion A där isobutan i vätskefas är koncentrerat till förångaren och resterande delar av sektion A innehåller isobutan i gasfas. Ett läckage från en packning där gasen är lokaliserad inom sektionen kommer således först och främst att leda till ett läckage av gas, därefter kommer eventuell vätska i sektionen att succesivt förångas då trycket sjunker inom sektionen.

Tabell 5. Uppdelning av värmepumpanläggningen i olika sektioner.

Sektion	Mängd i vätskefas (kg)	Mängd i gasfas (kg)	Tryck (bar)	Temperatur (°C)
A	5 000	1 200	5,8 / 2,7	82
B	21 600	0	5,8	82
C	15 100	1 100	14,7	116
D	5 700	300	5,8	82
E	0	1 700	2,7 / 14,7	52 / 116

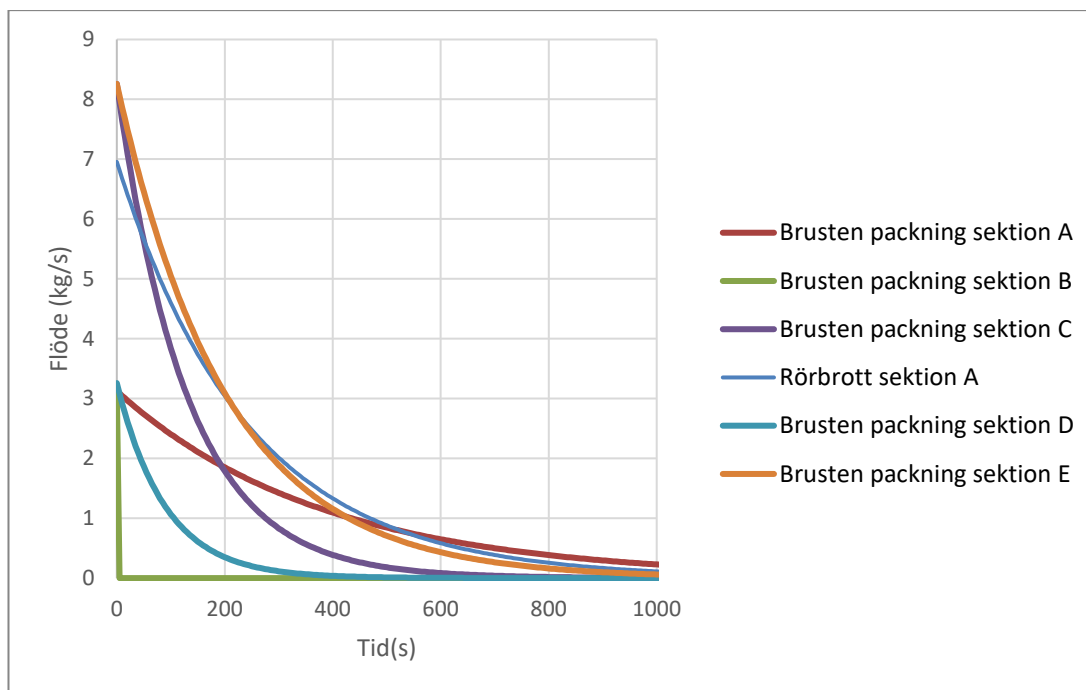
För att kunna bedöma konsekvenserna av ett läckage från systemet behöver flödet ut först bestämmas. Detta kan göras enligt metod för gasutströmning enligt "FOA-handboken". Vid insättning av ovan data i beräkningarna (för *gasfasutströmning från behållare genom en lång kanal* vilket ger mest konservativt resultat) ges ett flöde av ca 3,1 kg/s för sektion A, 8,3 kg/s för sektion C, 3,3 kg/s för sektion D och 8,3 kg/s för sektion E. Detta är alltså vid beräkning av ett läckage från gassidan inom respektive sektion. Något som dock behöver tas hänsyn till vid ett läckage är att kompressor och sektioneringsventilerna stänger, dvs. vid ett läckage kommer trycket och således flödet att minska snabbt. Då sektionen stänger kommer volymen där gasen inryms att vara densamma, men i takt med att gas flödar ut kommer trycket inne i sektionen att minska och således flödet ut att minska. För att göra en uppskattning av hur flödet ut kommer att se ut i verkligheten görs beräkningar enligt ideala gaslagen ($pV=nRT$). I utgångsläget är trycket (p) känt, n kan beräknas från massan som är känd ($n=m/M$), R är en känd konstant och temperaturen (T) är känd. Utifrån detta kan volymen (V) beräknas. Utifrån att ett flöde ut sker

kommer massan att minska varje sekund. Med hjälp av ideala gaslagen kan nu trycket och flödet ut beräknas för varje sekund. I verkligheten kommer också temperaturen att sjunka i takt med att förångningen sker vilket ger ett lägre utflöde. Beräkningarna har gjorts för respektive sektion och resultaten kan ses i Figur 11. Beräkningarna är en förenkling för att påvisa sambandet mellan utsläppets reduktion över tid och är sannolikt överskattade.

I takt med att gas flödar ut kan i figuren ses att massflödet sjunker. Notera även att isobutan i vätskefas finns inom de flesta sektionerna. Efter det att gasen har släppts ut och trycket sjunker kommer vätskan inom sektionen förångas vilket medför en nedkylning och att förångningen avstannar för att sedan återupptas och sen avstanna om och om igen – som en sinuskurva (Joule-Thomson-effekten). Dvs. förångningen av isobutan i vätskefas inom sektionen kommer att ske väldigt långsamt och inte medföra något beaktansvärt ökat massflöde som skulle kunna öka koncentrationen vid utsläpp på mer än ett försumbart vis.

Utöver ett läckage från en trasig packning utreds även påverkan vid ett rörbrott. Notera att även om en trasig packning har mycket liten sannolikhet att förekomma så kan det inte helt uteslutas. Att ett rörbrott skulle uppstå kan det däremot inte ses någon rimlig anledning till. Beräkningar för detta görs ändå. Sektion E (den sektion som innehåller mest isobutan i gasfas) har en sträcka med rördimension DN1000 som störst. Vid beräkning enligt samma metodik som tidigare (enligt FOA-handboken) medför denna rördimension ett flöde ut som i princip innebär att all gas kommer att släppas ut momentant i hallen (>1000 kg/s). Med ett så högt källflöde ut från ett rör kommer detta att spridas snabbt och i en stor volym inne i hallen. Det kan förenklat antas att all gas (1700 kg) sprids i hela hallen (4074 m³) vilket ger en medelkoncentration av 0,4 kg/m³. Med en nödventilation på 60 000 m³/h, vilket motsvarar ca 16,7 m³/s ger detta ett gasflöde ut ur hallen på ca 6,9 kg/s. På motsvarande sätt som ovan kommer massan i hallen succesivt att minska i takt med att nödventilationen ventilerar ut gasen. Se Figur 11 för hur flödet förändras över tid i takt med att mängden gas i hallen minskar. Ur figuren bedöms det fall som är mest intressant att utreda vidare vara fallet med brusten packning från sektion E då detta fall har högst initialt flöde men i övrigt liknar de andra ”värsta” fallen.

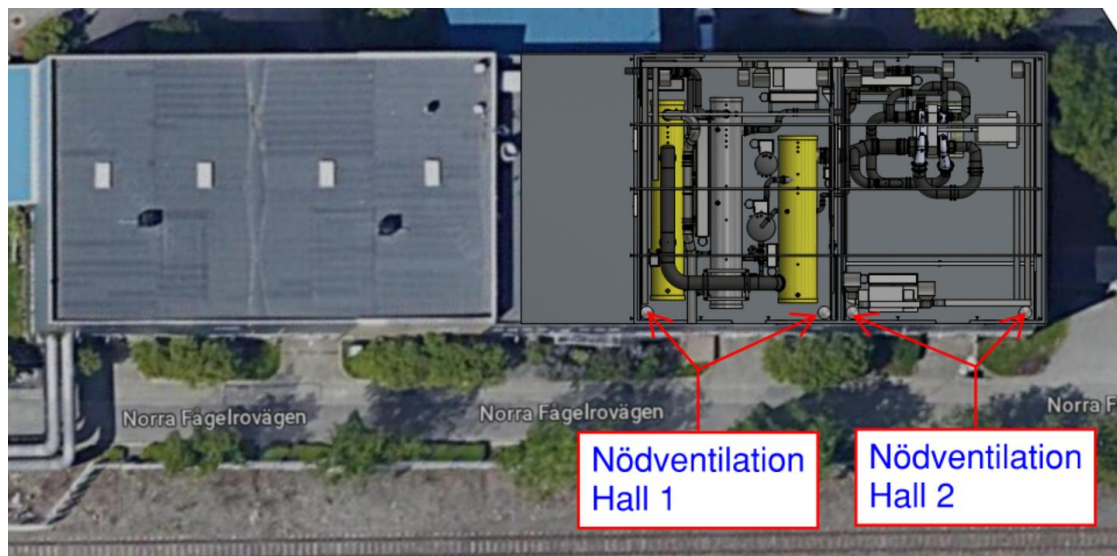
Notera alltså att valet av scenario att utreda vidare har gjorts väldigt konservativt. Det antas att flödet ut från en brusten packning (vilket redovisas i Figur 11) är det flödet som direkt följer med nödventilationen ut till omgivningen. I verkligheten kommer inte flödet ut med nödventilationen att se ut på detta sätt, utan en omblandning med luften invändigt hallen kommer först att ske och en betydligt mindre mängd, än den som redovisas i Figur 11, kommer att följa med nödventilationen ut. Vad gäller flödet ut vid ett rörbrott enligt ovan beräkning kommer dock det flödet som redovisas i Figur 11 att följa med nödventilationen ut. Valet av scenario (läckage från brusten packning på sektion E) har alltså gjorts väldigt konservativt utifrån ett scenario som har ett högre flöde ut med nödventilationen än vad som sannolikt kommer att uppstå i verkligheten.



Figur 11. Gasflöde vid läckage i relation till tiden.

De beräkningsprogram som normalt används för att simulera spridning av gas till omgivningen kan inte ta hänsyn till ett variabelt massflöde. Dessutom, då isobutan är en tung gas, kan programmen inte heller ta hänsyn till utsläppshöjden, utan beräkningarna görs utifrån ett gasläckage i marknivå. Detta påverkar resultaten då det i verkligheten sker en utspädning vid utsläpp från en högre höjd. Vidare är nödventilationen i respektive hall utformad med två kanaler för nödventilationen, dvs. respektive kanal har ett flöde av 30 000 m³/h (totalt 60 000 m³/h per hall), vilket skulle kunna jämföras med att halva det beräknade flödet ut sker via ena utloppet, medan den andra halvan sker via andra utloppet. Se Figur 12 nedan för placering av nödventilationens utlopp. Av denna anledning har simuleringar gjorts i en CFD-modell (Computational Fluid Dynamics, eller på svenska Beräkningsströmningsdynamik) för att ge ett mer realistiskt utseende på gasspridningen. CFD-modellen som används är beräkningsprogrammet FDS. I en CFD-modell delas geometrin som analyseras upp i flera mindre celler för vilka partiella differentialekvationer (Navier-Stokes ekvationer) beräknas för varje tidssteg. FDS används normalt för att analysera bränder, flöden av varma brandgaser, temperaturer mm, men kan likaväl användas för att simulera flöden av endast gasutsläpp då detta bygger på samma typ av flödesdynamik och ekvationer. Simulering av utsläpp i FDS kommer ge ett mer verklighetstroget utseende där hänsyn kan tas till bl.a. vindens fluktuationer över tid jämfört med en beräkningsmodell som baseras på enklare ekvationer och medelvärden. Vidare har i CFD-modellen hänsyn kunnat tas till inblandningen av luft. Som tidigare nämnt kommer nödventilationen att ventilerar ut ca 16,7 m³/s till omgivningen. En del av detta (8,3 kg/s vid brusten packning på sektion E) kommer utgöras av isobutan. Utifrån detta, samt densiteten för luft och isobutan, kan sedan massan luft som också följer med nödventilationen ut beräknas. Detta ger att utöver 8,3 kg/s isobutan så följer även ca 17,4 kg/s luft med ut från nödventilationen, dvs. det totala massflödet ut med nödventilationen är ca 25,6 kg/s, vilket alltså har tagits hänsyn till vid simuleringen i CFD-modellen. I beräkningen har densiteten vid 20 °C använts både för luft och isobutan. Detta har bedömts vara konservativt då en högre temperatur på isobutan (som förvisso sannolikt kyls ner snabbt av omgivande luft) kommer medföra en

större stigkraft, dvs. gasen kommer att stiga upp och sedan falla ner, vilket medför en ytterligare utspädning och ger klart lindrigare resultat och lägre koncentrationer i marknivå. Av denna anledning har det bedömts mer relevant att utföra beräkningarna då gasen har en temperatur på 20 °C.



Figur 12. Placering av nödventilations utblås för respektive hall.

Simuleringar i CFD görs utifrån flöden som följer Figur 11 för aktuella fall. För att förenkla indata görs dock förändringar i flödet endast var tionde sekund de första 300 sekunderna, därefter ändras flödet var hundra sekund. Dvs. det maximala flödet får i simuleringen pågå i tio sekunder innan det sänks osv, vilket medför ett större utsläpp i simuleringarna än i verkligheten. Vidare simuleras utsläppet som två punktkällor (respektive utlopp för nödventilationen) med aktuellt flöde från en höjd som motsvarar nödventilationens utlopp. I de initiala simuleringarna uppnåddes antändbara koncentrationer på avstånd som inte var önskvärda (t.ex. till Hamnbanan). Av denna anledning har utsläppshöjden från nödventilationen undersökts så att risk för antändbara koncentrationer inte uppstår (genom att höjden på nödventilationens utsläppspunkt ökas). Bakgrunden är att vid högre utsläppshöjd så hinner utsläppet späs ut med omgivande luft mer så att koncentrationen till slut är så låg att ingen risk för antändning förekommer. Simuleringar har därför gjorts där nödventilationen antas vara placerade 12 m ovan mark (nödventilationen i simuleringen har en tvärsnittsarea på 1 m² med underkant 12 m ovan mark och ovkant 13 m ovan mark). Dessutom görs simuleringar för tre olika fall; ett med vind som ligger på åt söder, ett med vind åt norr och ett med vind från sidan (från öst eller väst) vilket, då det med tanke på placeringen av nödventilationens utlopp i förhållande till byggnaden kommer att ge olika resultat för gasspridningen.

Förebyggande och skadebegränsande åtgärder

- Hög ventilationsomsättning.
- Gasdetektering som ger optiskt larm och vidarebefordras till bemannad plats för åtgärd.
- Nödventilation (15 luftomsättningar/timme) aktiverad vid detektering.
- Strömförsörjning för utrustning i rummet bryts vid detektering (förutom för nödventilation mm. som behövs även vid läckage – installationer som inte strömmen bryts för är istället EX-verifierade för zon 2).

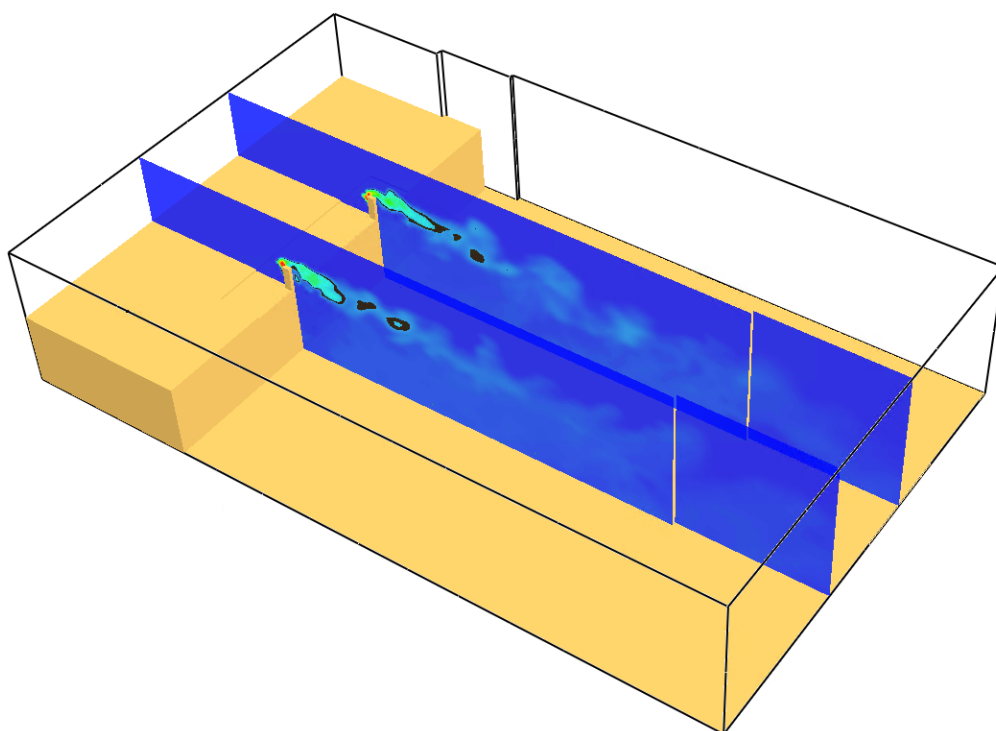
- Värmepumpen stoppar vid detektering.

Konsekvensbegränsande åtgärder

- Sektionering av köldmediet vid detektering vilket minskar möjlig läckagemängd.
- Möjlighet att pumpa ut till lagringstank vilket minskar möjlig läckagemängd.

Bedömning av konsekvenser

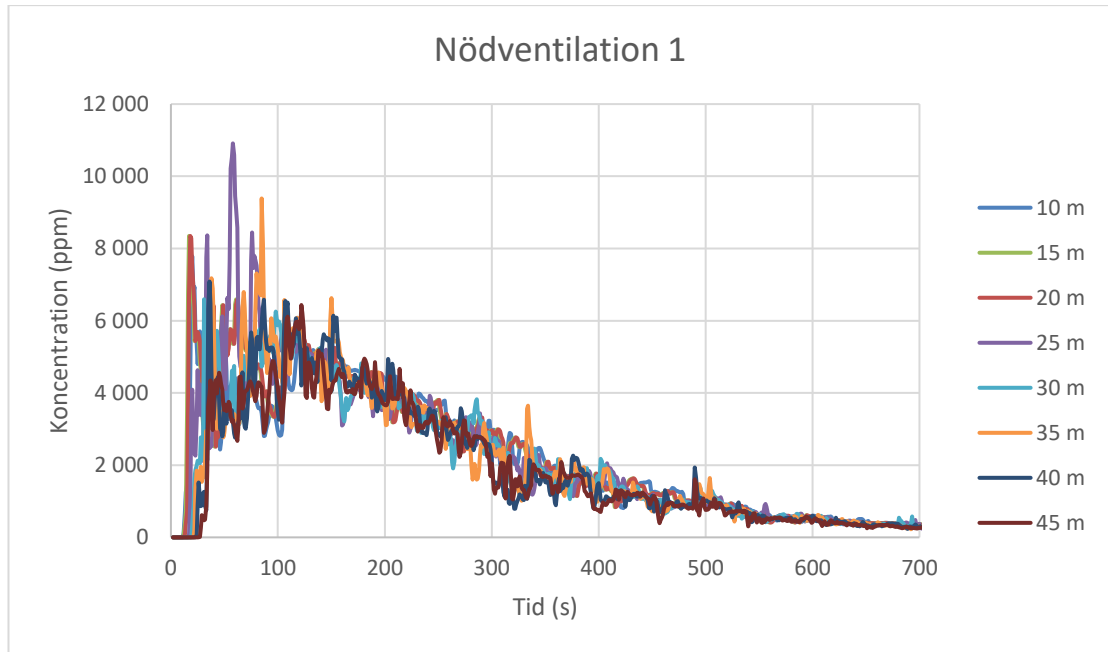
Koncentrationen i respektive simulering har mätts var femte meter i marknivå. Mätningarna görs dels i en linje rakt framför respektive nödventilations mynning (benämns "Nödventilation 1" och "Nödventilation 2"), men även i mitten av dessa där gasen möts (benämns "Centralt") och den ackumulerade koncentrationen från båda utsläppen eventuellt är högre. LEL uppgår till 1,5 vol% eller 15 000 ppm. I första fallet antas att vinden ligger på åt söder, se Figur 13 för modell i FDS.



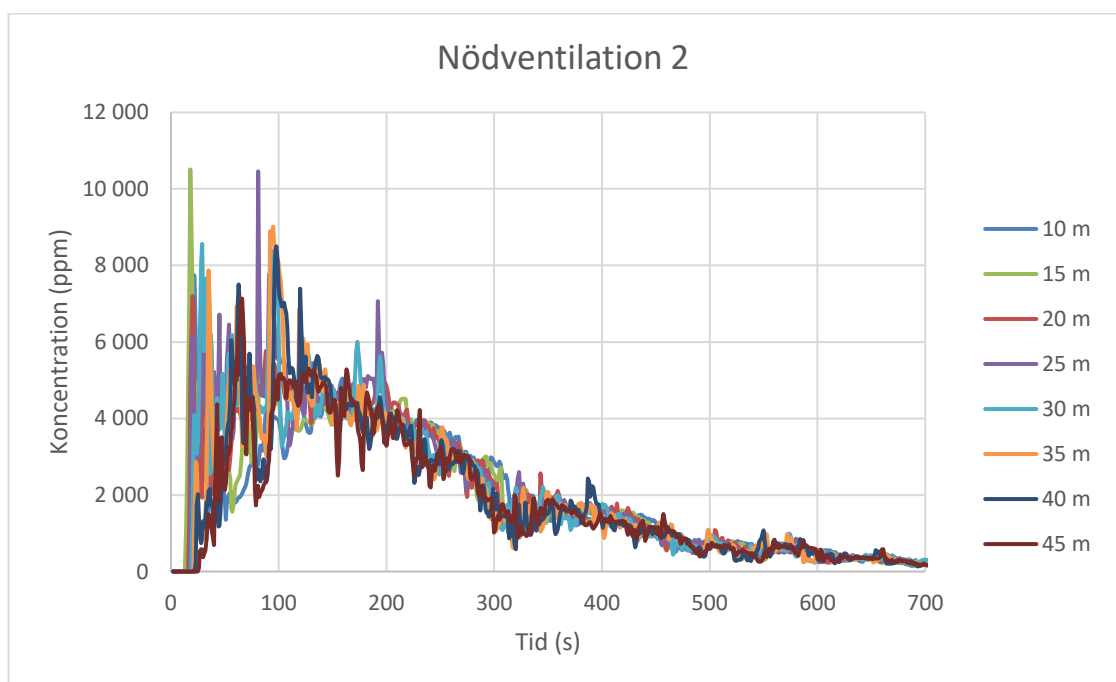
Figur 13. CFD-modell med gasspridning då vinden ligger på åt söder.

Nedan redovisas koncentrationen i marknivå vid ett utsläpp från nödventilationen enligt tidigare beskrivna indata. Redovisningen görs för samtliga "linjer" med koncentrationsmätningar (dvs. framför båda mynningarna för nödventilationen samt centralt mellan båda dessa).

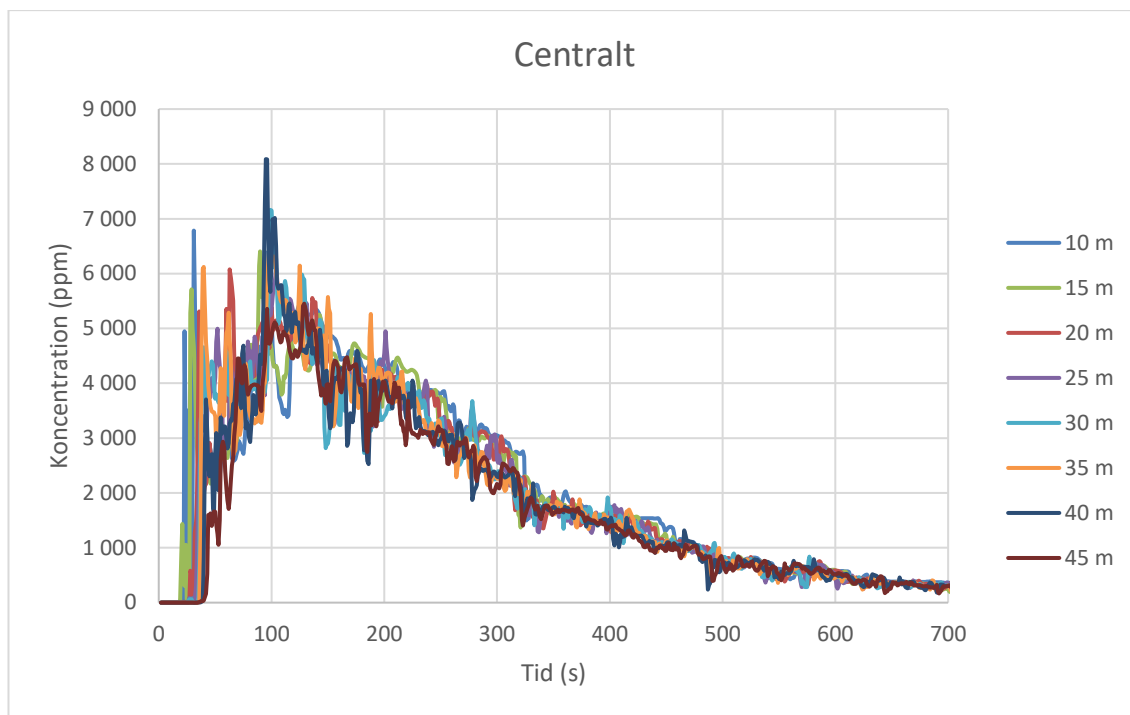
Beräkningarna har avbrutits efter 700 sekunder då det är uppenbart att koncentrationen tydligt sjunker till nivåer som ej behöver beaktas. Utifrån nedan figurer kan konstateras att inte någon antändbar koncentration kommer att uppstå i marknivå vid utsläpp från nödventilationen då vinden ligger på åt söder i ett värsta fall. Mätningarna har gjorts från 0 m ovan mark upp till 2 m ovan mark. Högst koncentration uppstår 0 m ovan mark vilket sannolikt beror på att isobutan, som är en tung gas, lägger sig längs marken och inte späds ut lika bra där, vilket också förklarar utseendet i graferna där koncentrationen efter ca 100 sekunder är relativt likvärdig på olika avstånd.



Figur 14. Koncentrationen vid läckage från sektion E då vinden blåser åt söder rakt framför "Nödventilation 1".

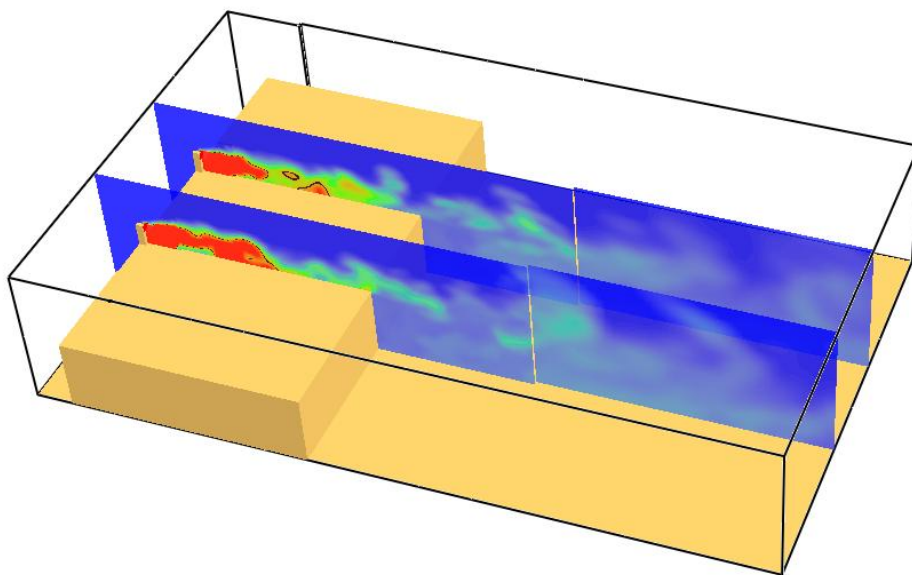


Figur 15. Koncentrationen vid läckage från sektion E då vinden blåser åt söder rakt framför "Nödventilation 2".



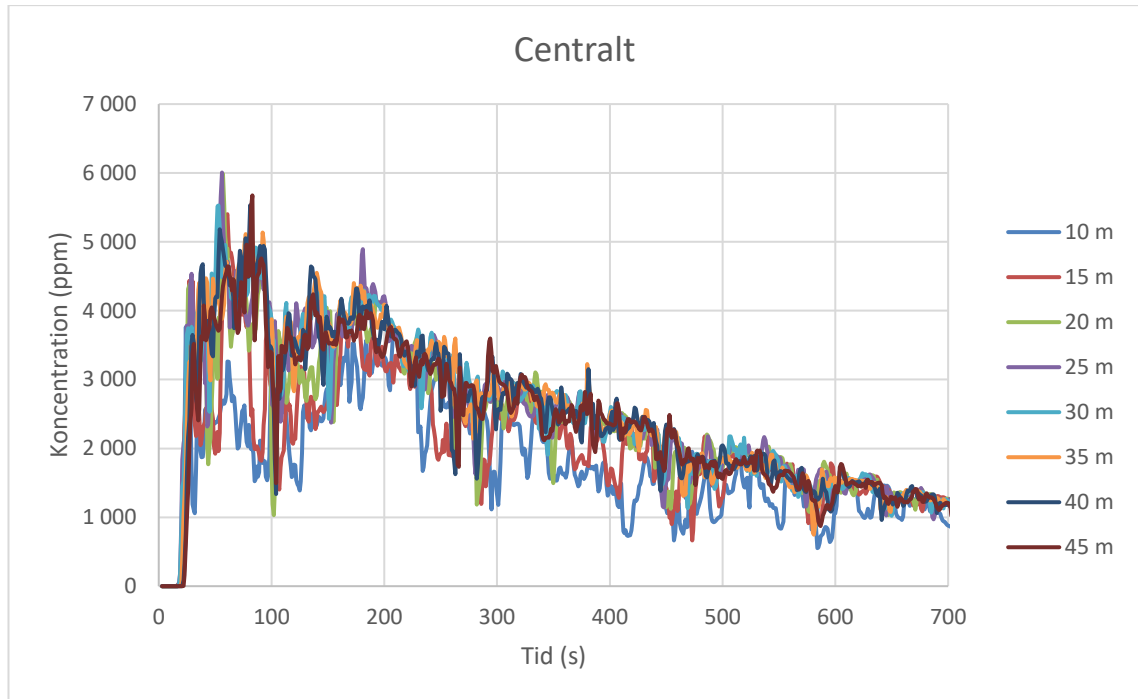
Figur 16. Koncentrationen vid läckage från sektion E då vinden blåser åt söder centralt mellan nödventilationen.

I det andra fallet antas att vinden ligger på åt norr, se Figur 17 för modell i FDS.



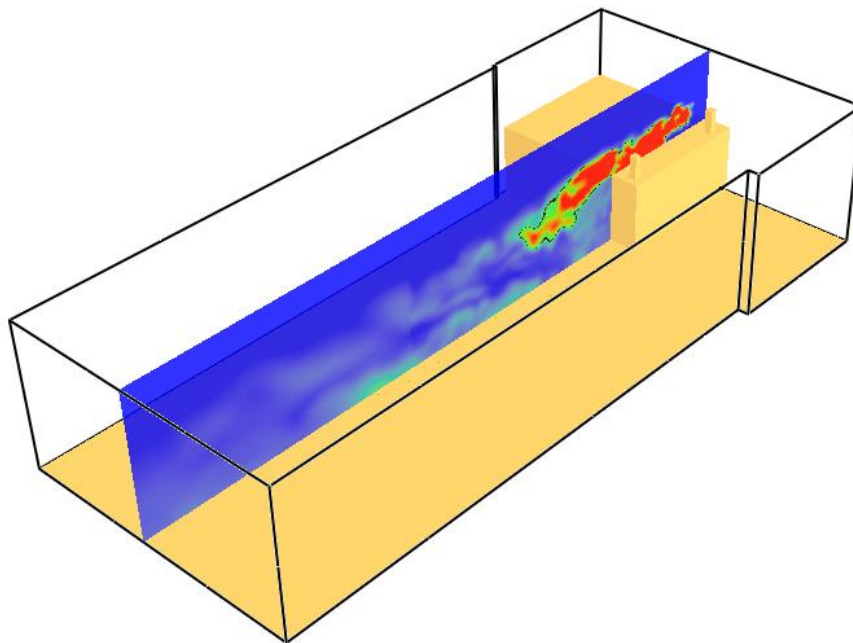
Figur 17. CFD-modell med två utlopp för nödventilation då vinden ligger på åt norr.

Koncentrationerna i detta fall redovisas endast för fallet "Centralt" då det är uppenbart att ingen antändbar koncentration uppstår vid ett utsläpp då vinden blåser åt norr (koncentrationen för fall "Nödventilation 1" och "Nödventilation 2" är marginellt högre). Utifrån nedan figur kan konstateras att inte någon antändbar koncentration kommer att uppstå i marknivå vid utsläpp från nödventilationen då vinden ligger på åt norr i ett värsta fall.



Figur 18. Koncentrationen vid läckage från sektion E då vinden blåser åt norr.

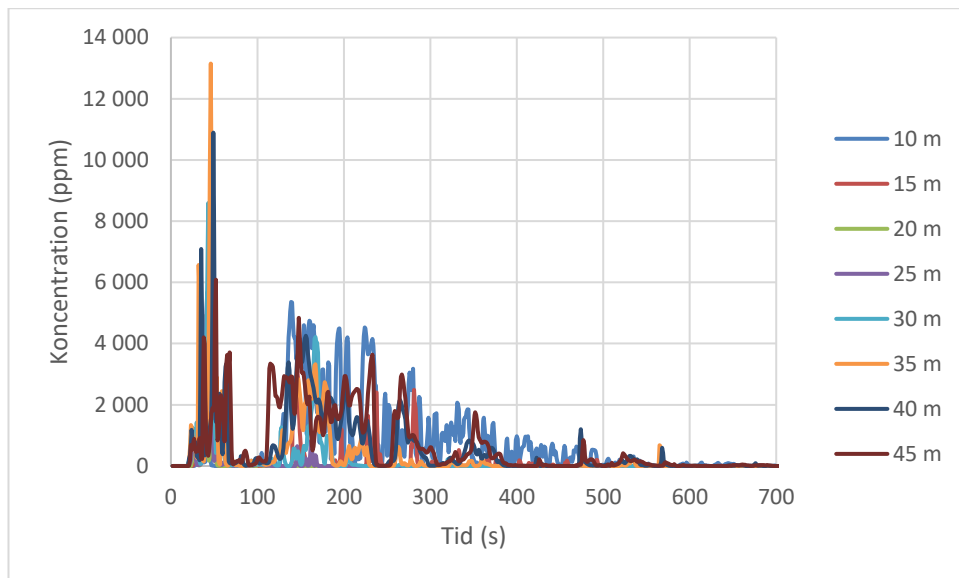
I det tredje fallet antas att vinden ligger på åt sidan (öst eller väst), se Figur 19 för modell i FDS.



Figur 19. CFD-modell med två utlopp för nödventilation då vinden ligger på åt sidan (öst eller väst).

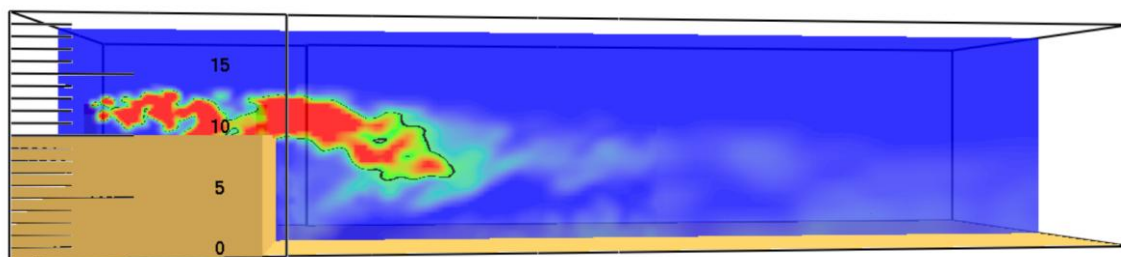
Koncentrationerna i detta fall redovisas endast för fallet "Centralt" då sidvinden medför att utsläppen från respektive frånluftskanal kommer på linje efter varandra, dvs. längre åt sidan är

koncentrationen lägre. Utifrån nedan figur kan konstateras att inte någon antändbar koncentration kommer att uppstå i marknivå vid utsläpp från nödventilationen då vinden ligger på åt sidan (öst eller väst) i ett värsta fall. Notera även att det endast är enstaka sekund (veldig kortvarigt) som koncentrationen ens är nära den undre gränsen för antändning.



Figur 20. Koncentrationen vid läckage från sektion E då vinden blåser åt sidan (öst eller väst).

Som tidigare har nämnts så redovisas koncentrationen i marknivå där högst koncentration uppnås. Koncentrationen har även uppmätts upp till 2 m ovan mark, men det kan konstateras att koncentrationen i dessa fall är lägre. Detta kan även ses i figuren nedan där en sammanhängande antändbar koncentration bedöms uppstå först ungefär 5 m upp (se ”injal” med höjd till vänster), dessutom endast inom ca 15 m från byggnaden på den egna fastigheten, innan den har spåtts ut under den undre gränsen för antändning (det svarta i figur markerar gränsen för antändbar koncentration). Skärmbildningen har tagits ungefär 50 sekunder in då koncentrationen är som högst.



Figur 21. Visualisering av gasspridningen i sektion i ett värsta fall då vinden blåser åt sidan (öst eller väst).

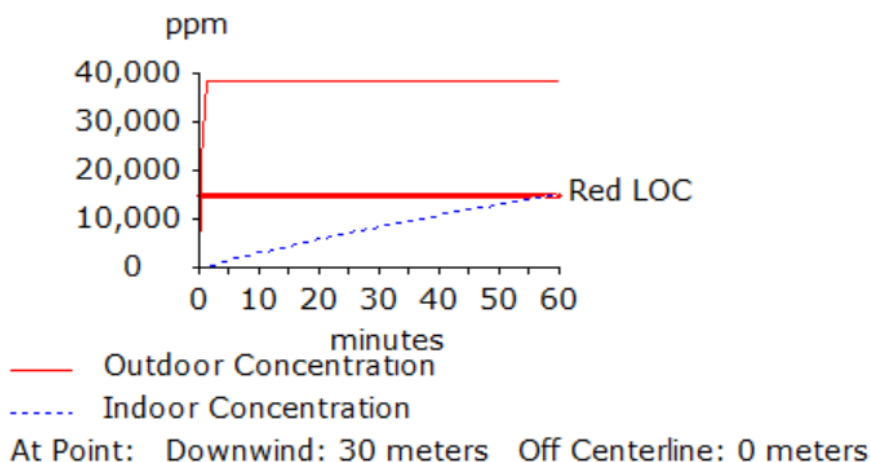
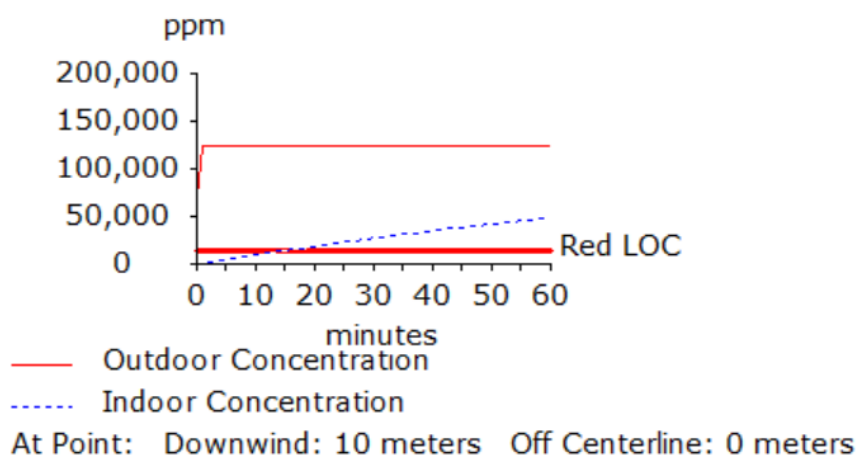
Verifiering

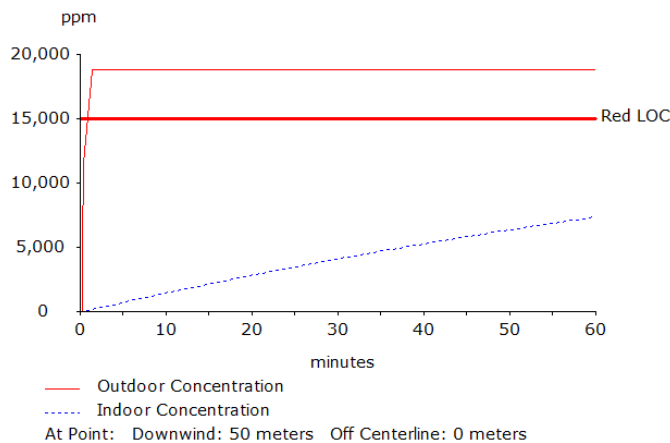
Simuleringarna har gjorts i en CFD-modell för att hantera vissa svagheter med vanliga beräkningsprogram för detta avseende. Utöver simuleringarna som har gjorts i FDS görs även beräkningar i programmet Aloha som ett kompletterande ingenjörsmässigt verktyg för att verifiera resultaten. Beräkningar i detta program är mycket förenklade jämfört med FDS och har flertalet begränsningar. Som en verifiering av resultaten bedömdes det ändå relevant att titta på

motsvarande resultat i Aloha. För att verifiera resultaten görs därför en ytterligare simulering i CFD, fast där förutsättningarna görs mer liknande de i ett traditionellt beräkningsprogram (Aloha).

Simuleringen som görs i CFD görs för att likna den i Aloha genom att utsläppet sätts i marknivå med ett konstant flöde (denna verifiering har gjorts med ett konstant flöde av 10,8 kg/s i ett tidigt skede av analysen då annan data för volymer och flöde gavs – resultaten bedöms dock vara applicerbara även för de nya lägre flödena). I övrigt är förutsättningarna likvärdiga vad gäller väder, temperatur osv.

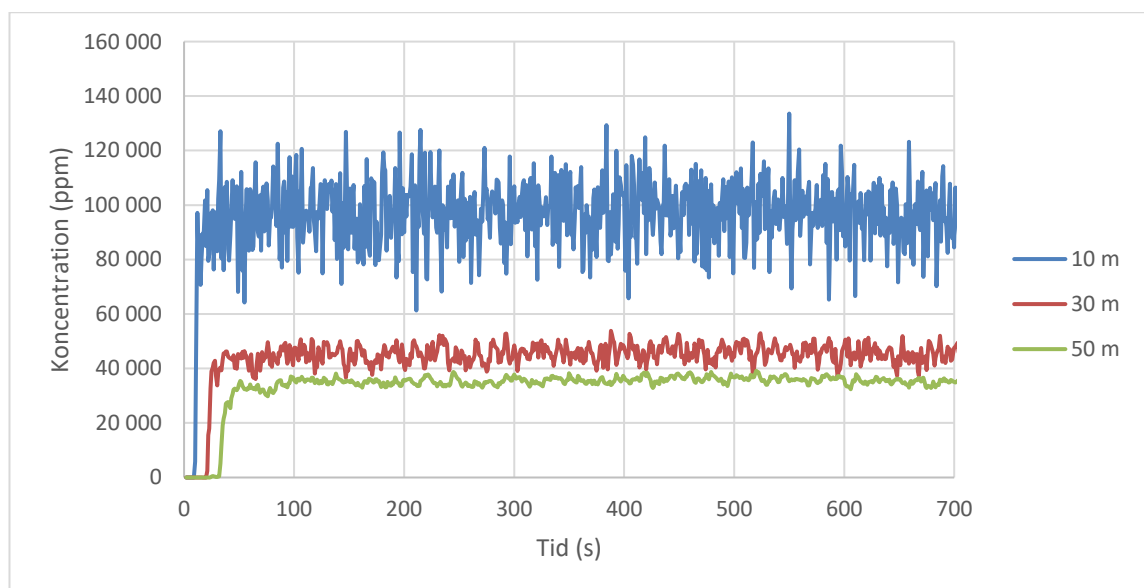
För att jämföra resultaten tas stickprov i Aloha vid 10, 30 och 50 m från utsläppet. Resultaten blir 124 000 ppm, 38 100 ppm och 18 800 ppm, se nedan grafer.





Figur 22. Koncentration av isobutan vid simulering i Aloha.

Ovanstående resultat kan jämföras med simuleringen i CFD där motsvarande koncentrationer vid 10, 30 och 50 m blir enligt Figur 23 nedan. Dvs. runt 100 000 ppm vid 10 m (men strax över 120 000 ppm som mest), runt 45 000 ppm vid 30 m (ca 50 000 ppm som mest) och runt 35 000 ppm 50 m bort. Dessa skillnader är som förväntat och överensstämmer väl med resultaten i Aloha med tanke på skillnader som finns i programmen. Koncentrationerna vid 30 och 50 m bort är till och med högre i FDS jämfört med Aloha.



Figur 23. Koncentration (ppm) av isobutan vid simulering i FDS med likvärdig indata som i Aloha.

Avslutningsvis kan också nämnas att det i hjälp-delen i ett annat beräkningsprogram (RIB: spridning i luft) som är likvärdigt Aloha finns ett avsnitt ”Allmänt om spridningsberäkningar” där det anges ett flertal relevanta aspekter:

- ”De ingående modellerna och beräkningarna bygger på olika typer av förenklingar och antaganden.”
- ”Gemensamt för alla spridningsmodeller är att de är just modeller av verkligheten och därför troligen aldrig kan återge ett exakt korrekt resultat.”

- ”Förenklade formler används ofta, vilka bygger på empiriska data. För att ta hänsyn till en ”mer rättvisande” spridning behöver man ta till andra verktyg som exempelvis CFD-modeller (Computational Fluid Dynamics).”

Sammanfattningsvis bedöms resultaten som har erhållits i FDS vara rimliga och relevanta för syftet med denna utredning.

Utifrån ovanstående resultat kan konstateras att ingen risk för att antändbar koncentration skulle uppstå utomhus vid utsläpp med nödventilationen kan förväntas där personer vistas. Dock kan en antändbar koncentration inte uteslutas ovan tak. En eventuell antändning i detta fall bedöms kunna föranleda en lokal flash fire ovan taket samt lite utanför, jämför t.ex. Figur 21. Eventuellt skulle detta kunna fortplanta sig tillbaka inomhus. Konsekvenserna bedöms inte vara värre än scenariot med gasmolnexplosion inomhus, se avsnitt 4.2.7 för bedömning av konsekvenserna. Denna risk kan dock i detta fall hanteras genom att strömförsörjningen till installationer på taket bryts vid gasdetektering. Inga större konsekvenser utomhus kan då förväntas.

Bedömning av sannolikhet för scenario

Med tanke på de skyddsbarriärer som finns bedöms sannolikheten vara låg.

Riskvärdering

BEDÖMD RISK: Gasläckage inomhus		
Skyddsobjekt	Sannolikhet (S)	Konsekvens (K)
Person - Extern	2	1
Person - Intern		1
Miljö		1

Sammanfattning riskbedömning

Sannolikheten för scenariot bedöms vara liten. Skulle någon vara exponerad vid antändning kan dock konsekvensen bli allvarlig.

Åtgärder

Risken är bedömd att vara tolerabel. Dock bör det tas fram en insatsplan och nödlägesplanering för säker hantering vid läckage inomhus.

Notera även att ovan bedömning bygger på att nödventilationen mynnar minst 12 m ovan mark vilket behöver tillses i projekteringen.

Dessutom bör det tillses att strömförsörjningen till installationer på taket bryts vid gasdetektering

I detaljprojekteringen behöver det säkerställas att tilluftsintagen tillses vara strategiskt placerade i förhållande till nödventilationens utblås så att ingen recirkulering sker. Allmänventilationen i till övriga delar av byggnaden bör stängas av vid gasdetektering.

4.2.5 Vätskeläckage inomhus

Ovan har ett läckage på gassidan utretts. I detta scenario görs motsvarande utredning fast för ett läckage inom en sektion som har uppstått på vätskesidan istället. Motsvarande indata som i avsnitt 4.2.4 gäller även i detta fall.

Typ av olyckor

- "Flash brand" inne
- "Flash brand" ute
- Gasmolnsexplosion inne
- Gasmolnsexplosion ute

I detta avsnitt utreds ett utsläpp som kan resultera i en flash brand eller gasmolnsexplosion inomhus till följd av ett utsläpp med nödventilationen. I avsnitt 4.2.7 utreds ett läckage som skulle kunna medföra en flash brand eller gasmolnsexplosion inomhus.

Skadehändelser

Vid ett läckage på vätskesidan kommer inte all vätska att läcka ut omgående (vilket konservativt antas i detta scenario). Isobutan i vätskefas kommer att ta energi från omgivningen för att kunna förångas. Detta medför att omgivningen kyls ner och förångningstakten minskar. När väl atmosfärstrycket nås kommer förångning endast att ske då ny luft tillförs. Enligt beräkning av leverantör (Strabag) krävs 8,5 m³ luft (20 °C som kyls ner till -11,7 °C) för att tillföra tillräckligt med energi för att förångas 1 kg isobutan. Det innebär i förhållande till nödventilationen i en hall (60 000 m³/h) att ca 7080 kg isobutan kan förångas varje timme, vilket motsvarar en förångning av ca 2 kg/s.

Utifrån en pölstorlek som motsvarar en hel hall (ca 420 m²) kan enligt beräkning enligt SEK 426 en förångning av 5,6 kg/s konservativt antas initialt. Hur lång tid det tar innan förångningen sjunker till 2 kg/s är svårt att säga, men utifrån mängden energi som kommer att krävas för att en så stor pöl ska förångas så kommer det sannolikt att gå fort. Det antas konservativt att förångningen linjärt sjunker från 5,6 kg/s till 2 kg/s inom 5 minuter. I ett värsta fall med läckage på sektion B skulle 21 600 kg kunna läcka ut, vilket utifrån beräkningarna i ovan stycke skulle kunna pågå i ca 3 timmar.

Förebyggande och skadebegränsande åtgärder

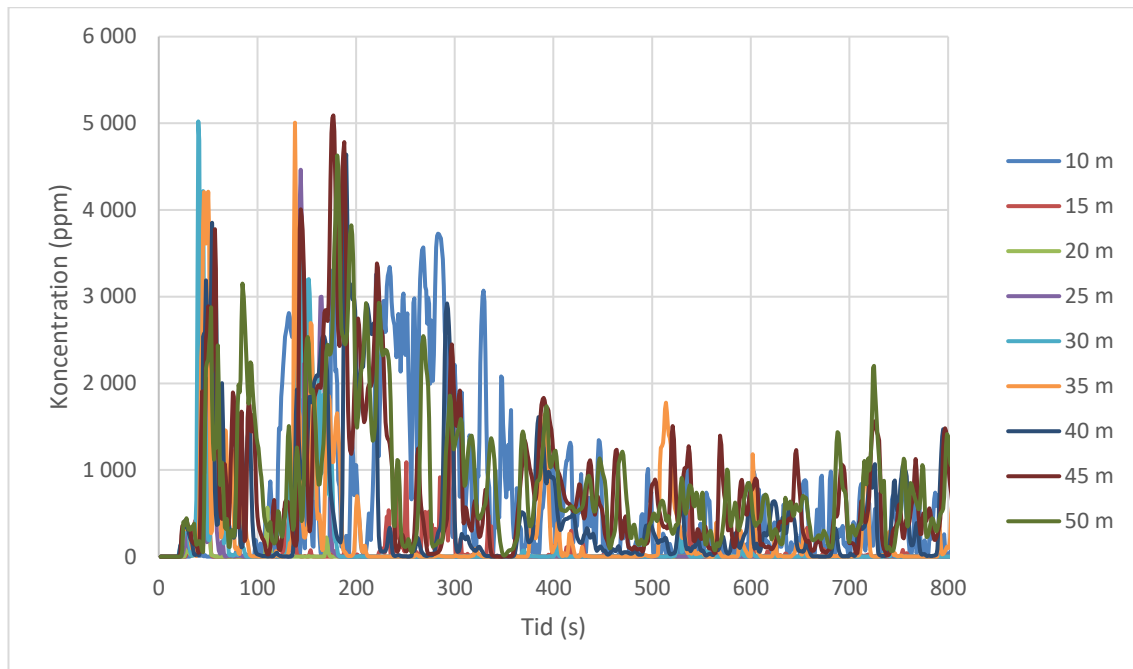
- Hög ventilationsomsättning.
- Gasdetektering som ger optiskt larm och vidarebefordras till bemannad plats för åtgärd.
- Nödventilation (15 luftomsättningar/timme) aktiverad vid detektering.
- Strömförsörjning för utrustning i rummet bryts vid detektering (förutom för nödventilation mm. som behövs även vid läckage – installationer som inte strömmen bryts för är istället EX-verifierade för zon 2).
- Värmepumpen stoppar vid detektering.

Konsekvensbegränsande åtgärder

- Sektionering av köldmediesystemet vid detektering vilket minskar möjlig läckagemängd.
- Möjlighet att pumpa ut till lagringstank vilket minskar möjlig läckagemängd.

Bedömning av konsekvenser

I simuleringen i CFD antas att flödet är enligt ovan beräkning. Notera att detta är ett konservativt antagande då gasen kommer blandas med luften i verkligheten. I scenariot antas istället att det som förångas är det flöde som släpps direkt ut med nödventilationen vilket alltså blir en betydande överskattning. Nödventilationens utlopp antas vara 12 m ovan mark enligt scenariot med utsläpp på gassidan. Detta ger en koncentration i omgivningen enligt figuren nedan.



Figur 24. Koncentrationen vid läckage från vätskepöl inomhus då vinden blåser åt sidan.

Utifrån ovanstående resultat kan konstateras att ingen risk för att antändbar koncentration skulle uppstå utomhus vid utsläpp med nödventilationen kan förväntas där personer vistas.

Ingen större konsekvens för omgivningen kan med andra ord förutsättas uppstå vid ett utsläpp från nödventilationen då förångning av isobutan i vätskefas sker i byggnaden. Det som dock behöver tas hänsyn till är en potentiell ansamling av isobutan i vätskefas under installationerna, t.ex. balanstanken, vilket skulle kunna föranleda en risk för kärlsprängning. Risken för kärlsprängning i aktuell anläggning uppstår när vissa kritiska faktorer relaterade till tryck, temperatur, materialegenskaper, och påverkan från yttre faktorer som gnistor eller värme uppkommer. I aktuellt fall skulle en antändning av ansamlad isobutan i vätskefas under t.ex. balanstanken kunna medföra en snabb uppvärmning av tanken med ökat tryck som följd. Säkerhetsventiler som hanterar förhöjt tryck finns förvisso, men skulle branden tillåtas fortgå en längre tid finns då en risk för att trycket invändigt tanken medför en kärlsprängning. För att förhindra detta behöver det således tillses att ansamling av isobutan i vätskefas ej kan ske under värmepumpinstallationen. Exakt utformning för att uppnå detta utreds i detaljprojekteringen, men t.ex. skulle dränering till en uppsamlingsplats kunna nyttjas och/eller att fall finns bort från utrustningen så att ansamling av vätska ej kan ske därunder. Således blir ett scenario med kärlsprängning ej möjligt, vilket också fortsatt förutsätts i denna riskanalys.

Utifrån ovanstående resultat kan konstateras att ingen risk för att antändbar koncentration skulle uppstå utomhus vid utsläpp med nödventilationen kan förväntas där personer vistas. Dock kan en antändbar koncentration inte uteslutas ovan tak. En eventuell antändning i detta fall bedöms kunna föranleda en lokal flash fire ovan taket samt lite utanför, jämför t.ex. Figur 21. Eventuellt skulle detta kunna fortplanta sig tillbaka inomhus. Konsekvenserna bedöms inte vara värre än scenariot med gasmolnexplosion inomhus, se avsnitt 4.2.7 för bedömning av konsekvenserna. Denna risk kan dock i detta fall hanteras genom att strömförsörjningen till installationer på taket bryts vid gasdetektering. Inga större konsekvenser utomhus kan då förväntas.

Bedömning av sannolikhet för scenario

Med tanke på de skyddsbarriärer som finns bedöms sannolikheten vara låg.

Risikvärdering

BEDÖMD RISK: Läckage inomhus – högtrycksida gas		
Skyddsobjekt	Sannolikhet (S)	Konsekvens (K)
Person - Extern	2	1
Person - Intern		1
Miljö		1

Sammanfattning riskbedömning

Sannolikheten för scenariot bedöms vara liten. Skulle någon vara exponerad vid antändning kan dock konsekvensen bli allvarlig.

Åtgärder

Risken är bedömd att vara tolerabel. Dock bör det tas fram en insatsplan och nödlägesplanering för säker hantering vid ett läckage inomhus.

Notera även att ovan bedömning bygger på att nödventilationen mynnar minst 12 m ovan mark vilket behöver tillses i projekteringen.

Dessutom bör det tillses att strömförsörjningen till installationer på taket bryts vid gasdetektering

I detaljprojekteringen behöver det säkerställas att tilluftsintagen tillses vara strategiskt placerade i förhållande till nödventilationens utblås så att ingen recirkulering sker. Allmänventilationen in till övriga delar av byggnaden bör stängas av vid gasdetektering.

Dessutom behöver det tillses finnas dränering/avrinning eller motsvarande lösning för att förhindra ansamling av isobutan i vätskefas under värmepumpinstallationen.

4.2.6 Läckage av olja och antändning av gas

Inomhus i anläggningen kommer en tank med smörjolja (ej brandfarlig vara) att finnas. Volymen kommer vara ca 2500 liter. Smörjoljan användas för att kontinuerligt smörja rörliga delar i anläggningen (lager).

Typ av olyckor

- Pölbrand.
- Tankbrand.
- Jetflamma.
- BLEVE.

Skadehändelser

Ett läckage från tanken kommer att innehållas säkert i tankens invallning. Däremot skulle ett läckage av olja i anslutning till utrustning (t.ex. ett sprayläckage från en fläns i oljesystemet) som antänds kunna orsaka skador på utrustning och i värsta fall orsaka ett gasläckage som antänds. Då ett oljeläckage har antänts (vilket är väldigt osannolikt då det inte ska finnas några tändkällor i utrymmet) och det brinner så mycket att branden orsakar ett läckage är det inte rimligt möjligt att gasläckaget inte antänds direkt. Dvs. en större gasvolym kommer inte tillåtas byggas upp vilket sedan skulle kunna resultera i en fördröjd antändning eller gasmolnsexplosion. Detta scenario kommer således i värsta fall kunna leda till en flash brand/snabb förbränning med efterföljande jetflamma och uppvärmning av lokalen. Sannolikt kommer jetflamman fortgå tills sektionen har tömts på gas utan någon större skadeverkan. I ett värsta tänkbart fall skulle jetflamman kunna uppstå på ett ofördelaktigt ställe i systemet så att jetflamman påverkar en annan sektion med efterföljande läckage och antändning, eller i värsta fall BLEVE. Detta bedöms vara väldigt osannolikt med tanke på den väldigt osannolika initierande händelsen. Dessutom finns säkerhetsventiler som kommer öppna och släppa ut en betydande mängd inom sektionen innan dess att den brister. Vidare kommer det ta lång tid innan detta uppstår och det bedöms vara gott om tid att utrymma ett eventuellt riskområde. Om scenariot ändå antas uppstå bedöms det inte vara värre än ett fall med gasmolnsexplosion inomhus, vilket utreds vidare i nästa avsnitt.

Förebyggande och skadebegränsande åtgärder

- Invallning oljetank.
- Hög ventilationsomsättning.
- Gasdetektering som ger optiskt larm och vidarebefordras till bemannad plats för åtgärd.
- Nödventilation (15 luftomsättningar/timme) aktiverad vid detektering.
- Strömförsörjning för utrustning i rummet bryts vid detektering (förutom för nödventilation mm. som behövs även vid läckage – installationer som inte strömmen bryts för är istället EX-verifierade för zon 2).
- Värmepumpen stoppar vid detektering.
- Brandlarm med tvådetektorberoende som stoppar värmepump vid detektering av brand.

Konsekvensbegränsande åtgärder

- Larm och därmed låg exponering i byggnad.

Bedömning av konsekvenser

Om det trots alla skyddsbarriärer skulle uppstå förutsättningar för en BLEVE bedöms detta inte vara värre än ett fall med gasmolnsexplosion vilket utreds i nästa avsnitt. Bedömning av konsekvenserna i värsta fall redovisas med andra ord i avsnitt 4.2.7.

Vad gäller ett scenario där en brand/jetflamma uppstår som ej leder till en BLEVE så skulle enstaka person i värsta fall kunna brännskadas. Det bedöms dock väldigt osannolikt då det inte är troligt att någon person kommer befinna sig i närheten så att exponering kan ske.

Bedömning av sannolikhet för scenario

Det bedöms inte vara helt osannolikt att ett läckage av olja skulle ske. Att ett oljeläckage sedan ska antändas och föranleda ett utsläpp av isobutan som inte antänds direkt utan ansamlas och därefter antänds (fördröjd antändning) så att det sker en efterföljande explosion bedöms i praktiken vara helt osannolikt. Att en BLEVE skulle uppstå till följd av en brand/jetflamma bedöms vara ett väldigt osannolikt scenario, men kan inte helt uteslutas. För att scenariot ska uppstå krävs i praktiken följande händelseförlopp: packning brister så att ett sprayläckage uppstår > sprayskydd för fläns felfungerar > oljan kommer i kontakt med tillräckligt het yta för antändning > brinnande sprayläckage påverkar del av utrustning under så lång tid och med så hög temperatur att denna brister, trots brandlarm och tryckvakter som ger tidig indikation på brand och läckage för möjlighet att starta brandsläckning/åtgärda läckage innan påverkan ske > gasläckaget antänds och en jetflamma uppstår > en väldigt ofördelaktig placering av jetflamman medför att påverkan på annan sektion sker under så lång tid att trycket inuti sektion byggs upp > säkerhetsventilerna klarar inte av att lätta på trycket > BLEVE uppstår.

Även en brand/jetflamma som inte leder till BLEVE bedöms vara väldigt osannolikt enligt ovan resonemang.

Risikvärdering

BEDÖMD RISK: Läckage av olja och antändning av gas		
Skyddsobjekt	Sannolikhet (S)	Konsekvens (K)
Person - Extern	1	1
Person - Intern		2
Miljö		1

Sammanfattning riskbedömning

Sannolikheten för scenariot bedöms vara extremt låg. För fallet med brand/jetflamma som ej leder till BLEVE kommer sannolikt inte någon person att skadas, även om det ej kan uteslutas helt. Vad gäller ett fall som leder till BLEVE bedöms konsekvenserna i följande avsnitt.

Åtgärder

Följande åtgärder föreslås för att risken ska anses tolerabel.

- Läckagevakt i invallning.
- Sprayskydd flänsar.
- Tryckvakter smörjoljesystem.
- Förregling av värmepump över brandlarm.
- Förregling av värmepump vid låg nivå oljetank.

4.2.7 Gasmolnsexplosion inomhus

Vid ett läckage inomhus skulle en antändbar koncentration kunna byggas upp och sedan antändas vilket skulle kunna leda till en gasmolnsexplosion.

Typ av olyckor

- Gasmolnsexplosion.

Skadehändelser

Ett läckage skulle kunna uppstå från t.ex. en packning i systemet. I ett värsta fall med ett större läckage som inte hinner spädas ut under LEL av nödventilationen, alternativt att nödventilationen felfungerar så kommer en antändbar koncentration kunna uppstå i en hall. Alla installationer kommer vara antingen EX eller så bryts strömmen till ej EX-verifierad utrustning vid gasdetektion. Normalt sett ska alltså inga tändkällor rimligen finnas som kan medföra antändning. I detta scenario antas det dock ändå konservativt att en antändning sker så att en gasmolnsexplosion uppstår. Tändkällan antas vara placerad långt ifrån läckagepunkten vilket medför att en större volym av gas hinner bildas i en hall. Hade den antändbara blandningen kommit i kontakt med en tändkälla närmare/snabbare hade volymen gas varit mindre och således konsekvenserna vid antändning varit mindre.

Beräkningar har genomförts för tryckvåg till följd av explosion genom att räkna om den genererade energin till motsvarande mängd TNT (TriNitroToluene). För att beräkna hur mycket energi som frigörs i explosionen behöver först volymen gas som antänds bestämmas. Isobutan är en tung gas och för att antändning ska ske behöver den komma i kontakt med en tändkälla. Byggnaden är ca 10 m hög och en eventuell osannolik tändkälla förekommer rimligen längre ner där utrustningen är placerad. Antändning antas därför konservativt ske när 1/3-del av volymen i en hall har fyllts med gas, dvs. när gasen har fyllts upp till strax över 3 m ovan golv. I beräkningarna antas stökiometrisk blandning, men mer sannolikt är att antändning sker precis då gasen uppnår LEL, alternativt späs ut från en för fet blandning och precis kommer ner till UEL, och således inte medför en lika kraftig explosion som i beräkningarna. Läckaget beräknas alltså fylla en hall (fysisk avskiljning i form av vägg finns mellan hall för VP1 och VP2 varför endast en hall kan fyllas med gas) upp till 1/3-del. Givet bränslets stökiometriska koncentration (kg/m^3) och dess förbränningsvärme (J/kg) och den totala volymen kan energin E (MJ) beräknas. Beräkningen görs för ett gasmoln som består av kolväten, vilket ger ca $3,5 \times 10^6 \text{ J/m}^3$. Energin per volymenhet (J/m^3) multipliceras sedan med volym som fylls med gas (1222 m^3).

$$E = 3,5 \times 1222 \quad (1)$$

Ett kg TNT motsvarar 4,6 MJ energi i en explosion⁵. Vilket ger följande samband mellan energi och TNT.

$$W = \frac{E}{4,6} \quad (2)$$

Där

W är mängd TNT [kg]

E är energi [MJ]

⁵ IPS brand och explosion i vätskor och gaser

I äldre litteratur anges att vid ca 1,0 bars övertryck är sannolikheten 1% att en luftstöt våg är dödlig⁶. Nyare litteratur^{7,8} anger dock att gräns för dödliga skador (1 % döda) uppkommer vid 180 kPa (1,8 bar). Detta gäller en människa vägandes 70 kg placerad vinkelrätt mot tryckets utbredning med en varaktighet på 100 ms. Vid kortare varaktighet kan högre tryck tolereras (vid 3 ms varaktighet kan 4,1 bar tolereras). 1,0 bar används konservativt som dimensionerande värde. Med hjälp av Hopkinsons skallag går det att beräkna avståndet vid vilket detta övertryck erhålls vid en explosion⁹. Ekvationen återges nedan.

$$Z = \frac{r}{W^{1/3}} \quad (3)$$

Där

Z är det skalade avståndet [$\text{m}/\text{kg}^{1/3}$]

r är avståndet där trycket söks [m]

W är mängden sprängämne [kg]

För att få en fingervisning av konsekvensområdets storlek görs en beräkning där avståndet till 1,0 bars övertryck söks. Beräkningen görs för en explosion som antas ha en fri utbredning där luftstöt vågen sprids i en sfärisk volym och där den beräknade energin har omvandlats till motsvarande mängd TNT, vilket är ca 930 kg med beräkning enligt ovanstående ekvationer.

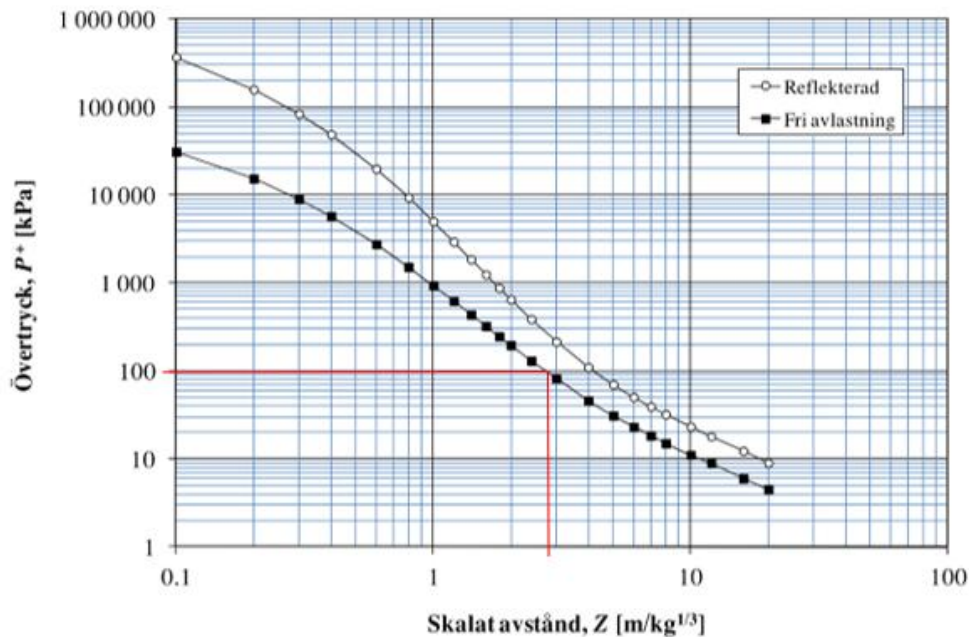
Det skalade avståndets storlek i förhållande till övertrycket vid sökt avstånd kan ses i Figur 25 nedan.

⁶ *Naturgas, Säkerhetsnivå, Riskanalys*, B. Andersson, P. G. Holmstedt och S. Särdaqvist, Lund University Institute och Technology, Lund, Sweden, 1994.

⁷ *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor*, Försvarets Forskningsanstalt, 1997

⁸ *Bebyggelsens motståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning*, Del 1: Last av luftstöt våg, Morgan Johansson, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap

⁹ *Bebyggelsens motståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning*, Del 1: Last av luftstöt våg, Morgan Johansson, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap



Figur 25. Övertryck som funktion av det skalade avståndet Z . Den röda linjen markerar det skalade avståndet vid 1,0 bars övertryck.

Ur grafen kan det ses att 1,0 bars övertryck uppstår där det skalade avståndet Z är ca 2,75 m/kg^{1/3}. För att bestämma det verkliga avståndet där detta övertryck uppstår löses parametern r ut ur ekvation 3, vilket ger följande vid 1,0 bars övertryck.

$$r = Z \cdot W^{1/3} = 2,25 \cdot 930^{1/3} \approx 27 \text{ m}$$

Ur detta resultat kan det konstateras att det framför allt är närområdet inom ca 27 meter från explosionskällan som kommer att påverkas av stötvågen från explosionen så pass allvarligt att dödlig fara finns. Splitter kan dock inte uteslutas uppstå inom större delar av omgivningen – exakt hur långt splitter kan nå är dock svårt att beräkna.

För att skapa en uppfattning om riskavståndet för skada görs även en beräkning av avstånd till risk för trumhinneruptur vid explosion i utrymmet. 35 kPa anges som värde för när 1 % sannolikhet för trumhinneruptur kan uppstå till följd av luftstötvåg. Ur Figur 25 ovan kan ses av ett övertryck på 35 kPa motsvarar ca 4,9 m/kg^{1/3} i skalat avstånd. Avstånd till detta tryck beräknas med ekvation 3 där avståndet löses ut.

$$r = Z \cdot W^{1/3} = 4,9 \cdot 930^{1/3} \approx 48 \text{ m}$$

Risk för skada kan alltså konstateras finnas inom ett område av ca 48 m från anläggningen i händelse av en maximalt teoretisk möjlig effekt av en explosion.

Förebyggande och skadebegränsande åtgärder

- Hög ventilationsomsättning.
- Gasdetektering som ger optiskt larm och vidarebefordras till bemannad plats för åtgärd.
- Nödventilation (15 luftomsättningar/timme) aktiverad vid detektering.

- Strömförsörjning för utrustning i rummet bryts vid detektering (förutom för nödventilation mm. som behövs även vid läckage – installationer som inte strömmen bryts för är istället EX-verifierade för zon 2).
- Värmepumpen stoppar vid detektering.

Konsekvensbegränsande åtgärder

- Larm och därmed låg exponering i byggnad.

Bedömning av konsekvenser

Skulle en antändning av ett gasmoln invändigt byggnaden ske skulle i värsta fall dödsfall kunna uppstå upp till ca 27 m bort och upp till ca 48 m bort skulle skada kunna uppstå till följd av tryckvågen från explosionen.

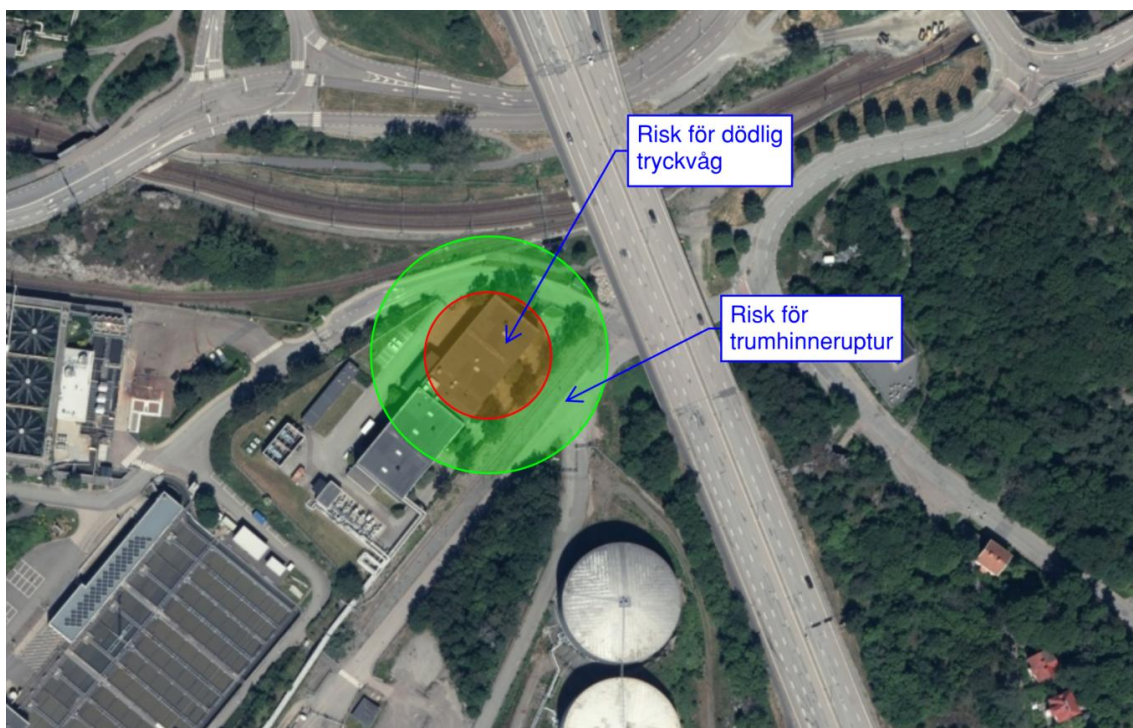
Fågelrovägen i söder om anläggningen inom ett mindre område kan påverkas av en skadlig tryckvåg. Fordons hållfasthet vad gäller tryckpåverkan från en explosion är svårt att hitta data för i etablerad litteratur. Jämförelser hade kunnat göras med vanliga glasrutor som den undre gränsen för då fordon påverkas. Enligt Glasbranschföreningen¹⁰ så används dock härdat glas i sidorutor och bakrutor och laminerat glas främst i vindrutor. Dessa glas är mycket starkare än vanligt standardglas – ett härdat glas tål ungefär sex gånger mer än vanligt glas. Om härdat glas går sönder så bildas små trubbiga glasbitar som sitter kvar, och om laminerat glas går sönder så sitter glasbitarna kvar i folien. Inga omfattande konsekvenser kan alltså förväntas då bilglas går sönder. Enligt sammanställning av MSB¹¹ så utgör traditionella krockprov med frontalkrock i 56 km/h och 64 km/h inga problem för biltillverkarna att klara avseende kupédeformationer. Hur detta sedan översätts till hur fordon motstår påverkan från en tryckvåg är svårt att uttala sig om. Sannolikt finns en god motståndskraft mot extern tryckvåg, men det går inte att säga säkert.

Närmsta annan verksamhet med personnärvaro är i dagsläget anläggning hos Gryaab >100 m bort – notera dock att mellan aktuell värmepumpanläggning och Gryaab är del av byggnad med VP3 och VP4 placerad vilket i praktiken kommer fungera som en barriär för explosionstrycket. Vidare uppnås inte en skadlig tryckvåg hos Gryaab vid en gasmolnsexplosion. Gryaab har dock en viss personnärvara inom riskområdet då tillträde till anläggningen sker via gångväg intill gränsen till Rya VP:s anläggning i öster. Enstaka person skulle således i värsta fall kunna påverkas.

Provtagningsbyggnaden kommer att uppföras ca 60 m bort från anläggningen – personer i denna byggnad kommer sannolikt inte påverkas av trycket så att skada kan uppstå. Närmsta bostadshus är >200 m bort. Det går dock inte att utesluta risken för splitter som flyger en längre sträcka. Exponeringen kan förväntas vara låg i detta scenario med tanke på de larm som finns. Se Figur 26 där utbredningen visualiseras som riskavstånd utifrån en explosion centralt i byggnaden.

¹⁰ Bilglas – riktlinjer för skadade och slitna vindrutor, Glasbranschföreningen, 2016

¹¹ Stålstrukturer i moderna fordon – Påverkan på klippbarhet och extraktion, MSB 2021



Figur 26. Visualisering av påverkan på omgivningen från en eventuell explosion.

Bedömning av sannolikhet för scenario

Detta bedöms vara ett väldigt konservativt scenario då det för det första antas att ett osannolikt läckage uppstår så att stökiometrisk blandning uppstår inom en stor volym av hallen. Därefter sker en väldigt osannolik antändning, vilket inte ska ske då inga tändkällor får finnas i lokalerna. Mer sannolikt om ett läckage med efterföljande antändning skulle ske är att det endast blir en mindre lokal explosion utan påverkan på omgivningen.

Risikvärdering

BEDÖMD RISK: Läckage av olja och antändning av gas		
Skyddsobjekt	Sannolikhet (S)	Konsekvens (K)
Person - Extern	1	3
Person - Intern		3
Miljö		1

Sammanfattning riskbedömning

Sannolikheten för scenariot bedöms vara liten. Skulle någon vara exponerad vid antändning kan dock konsekvensen bli allvarlig.

Åtgärder

Risken är bedömd att vara tolerabel. Dock bör det tas fram en insatsplan och nödlägesplanering för säker hantering vid ett gasläckage inomhus.

Det rekommenderas dessutom att det anordnas larm/sirener kombinerat med optiska varningssignaler i närområdet kring Rya VP (Fågelrovägen och hos Gryaab framför allt) som varnar omgivningen vid ett större läckage.

4.2.8 Läckage rörledningar utomhus

Mellan cisternen i mark och värmepumpinstalleringen inomhus kommer rörledningar att delvis gå ovan mark parallellt med byggnadens ena långsida. Vid en eventuell skada på dessa skulle ett läckage kunna ske till omgivningen. Isobutan kan dock endast förväntas flöda i rörledningarna vid tömning till cistern inför underhåll samt då cisternen sedan töms mot värmepumpinstalleringen igen. Detta sker under begränsad tid inför och efter underhåll då verksamheten kan förväntas ha koll på flödet. En avvikelse i form av ett läckage från rörledningar utomhus kan förväntas uppmärksammas relativt snabbt med möjlighet att stänga flödet. Inga potentiella tändkällor bedöms finnas och ingen anledning till att ett läckage skulle antända kan identifieras. Detta bedöms inte utgöra en beaktansvärd risk för allvarlig kemikalieolycka.

4.2.9 Isobutan som följer med avloppssystemet

Det går inte att helt utesluta att isobutan i vätskefas vid läckage skulle kunna följa med avloppssystemet och nå Gryaab. Det skulle i ett högst teoretiskt och väldigt osannolikt fall kunna medföra att en mindre antändbar koncentration uppstår inom Gryaabs anläggning då isobutan i vätskefas förångas. Risken bedöms vara låg då sannolikheten för detta skulle kunna ske i praktiken är väldigt låg, samtidigt som konsekvensen inte heller bedöms bli särskilt stor då endast en liten volym kan förväntas förånga hos Gryaab vid ett dylikt scenario.

För att ändå hantera detta scenario bör det dock tillses att ett läckage av isobutan i vätskefas ej kan nå avloppssystemet. Flera lösningar bedöms finnas och vara möjliga, t.ex. utformning av golvbrunnar med ”kragar” som förhindrar isobutan att rinna ner i en brunn, eller automatiska stängventiler kopplade till gaslarmet mm. Detta får utredas i detaljprojekteringen, men det förutsätts att denna risk kommer att hanteras så att isobutan ej kan nå avloppssystemet.

4.3 Propan

4.3.1 Övergripande beskrivning av hanteringen

Vid elrum som utgör en separat byggnad placerad ca 10 m från byggnaden med värmepumpinstalleringar och ca 50 m från den del av byggnaden (brandcell) med den nya värmepumpinstalleringen med isobutan, finns propan som köldmedia i kylmaskiner utomhus för elrummet. Mängden propan (R290) uppgår till ca 15 kg.

4.3.2 Läckage från kylmaskiner

Typ av olyckor

- ”Flash brand”
- Explosion

Skadehändelser

Vid ett läckage från någon del av kylmaskinerna kommer gas att släppas ut och kan då bilda en antändbar koncentration i luften vilket medför det en risk för explosion vid antändning.

Förebyggande och skadebegränsande åtgärder

- Tryck- och temperaturövervakning.
- Larm som vidarebefordras till bemannad plats vid läckage.
- Ingen förekomst av tändkällor i närheten där en antändbar koncentration bedöms kunna uppstå.

Konsekvensbegränsande åtgärder

- Sannolikt liten volym antändbar koncentration som kan bildas.
- Låg personnärvaro.
- Närliggande byggnad med värmepumpanläggning är utförd med obrännbar fasad.

Bedömning av konsekvenser

En antändning av ett gasmoln vid läckage kommer sannolikt endast medföra att en begränsad ”flash brand” uppstår lokalt. I värsta fall skulle en närvarande person kunna brännskadas allvarligt, men det är osannolikt då ingen personnärvaro normalt förväntas finnas i närheten.

Bedömning av sannolikhet för scenario

Sannolikheten för beaktansvärt läckage från denna typ av kylaggregat bedöms vara mycket liten. Sannolikheten för något större och plötsligt läckage bedöms vara nära obefintligt. Ett läckage kommer sannolikt upptäckas innan en antändbar koncentration uppstår.

Riskvärdering

BEDÖMD RISK: Läckage från kylmaskiner		
Skyddsobjekt	Sannolikhet (S)	Konsekvens (K)
Person - Extern	1	1
Person - Intern		2
Miljö		1

Sammanfattning riskbedömning

Sannolikheten för scenariot bedöms vara mycket liten samtidigt som konsekvensen sannolikt också är låg. I värsta fall då en person är närvarande så skulle denna kunna brännskadas allvarligt.

Åtgärder

Risken är bedömd att vara tolerabel.

4.4 Dominoeffekter

I samband med identifieringen och analysen av scenarier har möjligheten för dominoeffekter inom anläggningen systematiskt analyserats. Nedan bedöms de dominoeffekter som skulle kunna föranleda en allvarlig kemikalieolycka.

4.4.1 Naturgas

Ca 28 m från anläggningen ligger en naturgasledning i mark. Naturgasledningen är en distributionsledning från Nordion där trycket regleras ner från 84 till 35 bar i mät/reglerstation i Råvekärr. Detta innebär att den aktuella naturgasledningen definieras som en

distributionsledning enligt nu gällande naturgasföreskrift (MSBFS 2009:7). Enligt samma föreskrift gäller att minsta avstånd till aktuell verksamhet (Rya VP) får fastställas utifrån en riskutredning. Något fördefinierat acceptabelt avstånd finns alltså inte. Utredning av acceptabelt avstånd utifrån MSBFS 2009:7 men även bedömning av risken utifrån Seveso görs därför i detta avsnitt.

Det kan för det första konstateras att naturgasledningen ligger i mark och en eventuell olycka kopplat till den brandfarliga gasen på Rya VP inte kan förväntas påverka naturgasledningen över huvud taget. Behovet av skyddsavstånd mellan naturgasledning och Rya VP bedöms istället främst utgå från ett scenario med ett läckage av naturgas från den aktuella rörledningen. Ett läckage från rörledningen i mark bedöms främst kunna uppstå på grund av mekanisk påverkan utifrån. Den mest tänkbara anledningen till att detta skulle kunna ske är genom pågrävning, t.ex. i samband med en markentreprenad som sker i området. Sannolikheten är naturligtvis väldigt låg då en utredning och projektering inför markarbetena ska ha utförts inför där riskerna med naturgasledningen i mark ska ha påtalats. Om pågrävning ändå sker så att ett läckage från naturgasledningen i mark uppstår kommer personal att vara närvarande som sannolikt har vetskap om förekomsten av naturgas i marken – pågrävningen får förutsättas ske av misstag. Personalen kan således utrymma och larma.

Innan flödet hinner stängas av kommer dock ett visst läckage ut att ske. Vid ett naturgasutsläpp bildas en jetflamma om gasen antänds. Ansamlad gas kan orsaka en explosion.¹² Vid ett utsläpp i mark på grund av pågrävning kan ingen ansamling förväntas ske, utan scenariot som utreds vidare utgörs av en jetflamma. Notera även att vid en fördröjd antändning så sker normalt endast en flamförbränning. Det är med andra ord inte säkert att en jetflamma uppstår vid antändning (framför allt är det liten sannolikt för att en antändning ens sker), utan det beror på de specifika förhållandens vid en olycka. Men för att vara konservativ i bedömningen antas att en jetflamma uppstår i detta fall.

I rapporten *Naturgas Säkerhetsnivå Riskanalys* (se fotnot 12) anges ekvationer för att beräkna längden av en jetflamma. Med insatta värden för metan ges i rapporten nedan förenklade ekvation:

$$\frac{L-S}{D} \approx 200 \quad (4)$$

Där

L är jetflammans längd [m]

S är "lift off" (ungefär 2D)

D är hålets diameter [m]

Med ett konservativt antaget rörbrott på rörledningen (DN300) uppgår jetflammans längd till ca 61 m. Denna beräkning gäller för en fri jetflamma. Enligt rapporten är det dock svårt att säga något om utseendet om flammen slår i något, samt att jetflammar med naturgas är instabila och

¹² *Naturgas Säkerhetsnivå Riskanalys*, Andersson, B., Andersson, P., Holmstedt, G., Särndqvist, S., Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lunds University.

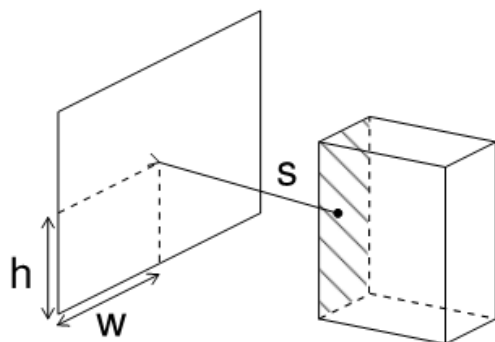
lätt slocknar. Då rörledningen ligger i mark kan konstateras att det vid ett läckage som antänds inte kommer att vara tal om fri utbredning, utan läckaget ut från rörledningen (om ett totalt rörbrott uppstår) kommer att ta i omgivande mark innan det på grund av sin låga densitet går upp i luften – med andra ord är det inte troligt med en jetflamma som är ca 61 m lång åt något håll vid rörbrott. Mer sannolikt hade varit om pågrävningen föranledde en mindre spricka – en spricka med motsvarande diameter på 10 cm hade enligt ekvation 4 gett ett jetflamma 20 m lång. En sådan spricka hade sannolikt varit placerad i rörets ovansida och jetflamman hade haft fri utbredning uppåt. Men för att vara konservativ i beräkningarna antas att en fri utbredd jetflamma uppåt som är 61 m lång uppstår från rörledningen. Jetflamman antas ha en genomsnittlig bredd på 4 m och temperatur på 1200 °C. Utifrån detta kan en strålningsberäkning mot Rya VP utföras enligt nedan.

Synfaktorn beräknas enligt följande ekvationer, där F_{1-2} är synfaktor från ytan 1 till yta 2:

$$a = \frac{h}{s} \quad b = \frac{w}{s} \quad (5)$$

$$F_{1-2} = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{a}{\sqrt{1+a^2}} \tan^{-1} \frac{b}{\sqrt{1+a^2}} + \frac{b}{\sqrt{1+b^2}} \tan^{-1} \frac{a}{\sqrt{1+b^2}} \right] \quad (6)$$

Ytan delas upp i fyra delar för att beräkna strålning från centrum, sen adderas de framräknade synfaktorerna för de fyra delarna och så erhålls den totala synfaktorn som krävs för att beräkna infallande strålning.



Figur 27. Den större ytan visar strålande yta på ett avstånd, s, från mottagande punkt/yta.

Den totala synfaktorn används i följande ekvation för att beräkna totala infallande strålningen mot den parallella ytan:

$$\dot{q}_{tot} = \varepsilon \cdot F_{tot} \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (7)$$

$\dot{q}_{tot}$ – infallande strålning mot parallell yta [kW/m²]

ε – emissivitet

F_{tot} – total synfaktor

σ – Boltzmanns konstant $5,67 \cdot 10^{-8}$ [W·m⁻²·K⁻⁴]

T – temperatur [K]

Värmestrålningsberäkningar utförs enligt Eurocode 1991-1-2. För att förenkla beräkningarna och få ett konservativt resultat utförs beräkningarna för värmestrålning i 90 graders vinkel. Indata och utdata framgår av redovisade beräkningar nedan.

Temperatur för strålningsberäkning		
Temperatur	1200	°C
Kelvin	1473	K

Synfaktor [hörn på rektangel]		
Avstånd:	28,00	m
Bredd:	2,0	m
Höjd:	30,5	m
a:	1,089	
b:	0,071	
del 1	0,159	
del 2	0,737	
del 3	0,048	
del 4	0,071	
del 5	0,827	
Synfaktor	0,015	
Gångar 4 rektanglar	0,060	

Värmestrålning enligt temp.		
Boltzmann	5,67E-08	
Emissionstal	0,90	
Synfaktor	0,060	
Strålning	14,45	kW/m ²

Total infallande strålning mot Rya VP 28 m bort uppgår till ca 14,5 kW/m². Jämförelsevis tillåts en maximal infallande strålning om 15 kW/m² mot byggnad vid verifiering enligt BBRAD 3 som normalt tillämpas för att beräkna acceptabel infallande strålningsnivå mot närliggande byggnad.

Bedömning av konsekvenser

Utifrån ovanstående beräkningar kan konstateras att verksamheten på Rya VP (värmepumpinstallering med isobutan) inte kan förväntas påverkas på något beaktansvärt negativt sätt ens vid en väldigt konservativt beräknad jetflamma från närliggande naturgasledning 28 m bort. Någon dominoeffekt som föranleder en allvarlig kemikalieolycka kan inte förväntas uppstå. Personer i direkt närhet av rörledningen skulle såklart kunna skadas av detta, men detta är inte kopplat till verksamheten på Rya VP.

Bedömning av sannolikhet för scenario

Sannolikheten för beräknat och bedömt scenario är väldigt låg. För det första är det inte särskilt troligt att en pågrävning (av misstag) skulle föranleda ett totalt rörbrott. Snarare handlar det i så fall om en mindre spricka. Pågrävningen skulle dock kunna medföra gnistbildning som utgör

tändkälla. Det är dock inte särskilt troligt att en närvarande tändkälla finns så att en långvarig och sammanhållen jetflamma uppstår med den storlek som har beräknats. Snarare kommer det vid en antändning att handla om en mindre flamförbränning med en än mindre risk för påverkan av Rya VP.

Riskvärdering

BEDÖMD RISK: Naturgas		
Skyddsobjekt	Sannolikhet (S)	Konsekvens (K)
Person - Extern	1	1
Person - Intern		1
Miljö		1

Sammanfattning riskbedömning

Sammanfattningsvis är sannolikheten väldigt låg samtidigt som Rya VP inte kan förväntas drabbas av några negativa konsekvenser.

Åtgärder

Risken är bedömd att vara tolerabel.

4.4.2 Brand i närliggande byggnader/verksamheter

Teknikbyggnad egen fastighet

En brand i närmsta byggnad 25 m bort (teknikbyggnad i väster på den egna fastigheten) bedöms inte medföra någon beaktansvärd risk för den aktuella anläggningen med tanke på dess storlek och mycket begränsade brandbelastning – utan kommer högst sannolikt enkelt hanteras av räddningstjänst utan någon påverkan på värmepumpsanläggningen.

Gryaab

Hos närliggande verksamhet (Gryaab AB) förekommer viss hantering av brandfarlig vara och Seveso-kemikalier. Det finns metanoltankar (totalt 200 m³), dieseltankar (totalt 53,3 m³), natriumhypoklorit (10 m³), fosforsyra (25 m³), polyaluminiumklorid (totalt 136 m³), järnsulfat, salpetersyra och biogas enligt Gryaabs insatsplan för Ryaverket (2022-07-28). Ingen av dessa mängder överstiger någon kravnivå för Seveso. Allra närmst Rya VP ligger dieselcisterner i containrar ca 26 m från närmsta byggnadsdel för Rya VP (elrum) och ca 90 m från de delar av Rya VP som innehåller den aktuella värmepumpsanläggningen med isobutan. Dessa avstånd uppfyller väl myndighetskraven (MSBFS 2023:2) för aktuell hantering. Dieselcisternerna hade till och med kunnat placeras med ett avstånd på 25 m till brandfarlig verksamhet eller stor mängd brännbart material (MSB definierar stor mängd brännbart material som t.ex. >600 liter brandfarlig gas) – istället är de placerade 26 m från ett elrum. Vid el-rummet finns dock propanen enligt tidigare avsnitt, men med tanke på mängden (15 kg) bedöms inte detta medföra någon ökad risk.

För att en brand ska uppstå för cisternerna med diesel behöver sannolikt ett läckage ske till omgivningen samtidigt som en tändkälla finns i närheten. Den sannolikaste läckagerisken är vid lossning, men detta hanteras med närvarande personal som kan sanera/larma. Att ett läckage skulle kunna ske av en annan anledning samtidigt som en tändkälla finns i närheten bedöms

vara väldigt osannolikt. Vidare är cisternerna, inkl. lossningsanslutningar, placerade i separata invallningar – dvs. läckaget kommer kunna tas om hand på ett säkert sätt innan det eventuellt antänds. Med tanke på avståndet till Rya VP bedöms med andra ord generellt ingen allvarlig kemikalieolycka kunna uppstå hos Rya VP till följd av en olycka hos Gryaab AB eller vice versa.



Figur 28. Översikt del av Rya VP och del av Gryaab.

Men för att göra en konservativ bedömning antas en brand ändå ske av någon anledning. En beräkning görs för infallande strålning mot byggnad 26 m bort. För att definiera och verifiera en maximalt ”acceptabel” brand utförs nedan beräkningar. En pöldiameter har itererats fram (16 m) för att identifiera den största möjliga ”acceptabla” branden.

Brandens höjd och flamtemperaturen har beräknats konservativt enligt metod beskriven i Försvarets forskningsanstalt (1998) med värden för bensin hämtade från samma handbok. Först beräknas flamhöjden, h_f , enligt nedan där d_p är pöldiametern, b' är förbränningshastigheten ($\text{kg/m}^2\text{s}$), g är gravitationen och ρ är luftens densitet:

$$h_f = d_p \times 42 \times \left[\frac{b'}{\rho \sqrt{g \times d_p}} \right]^{0,61} = 16 \times 42 \times \left[\frac{0,048}{1,29 \sqrt{9,81 \times 16}} \right]^{0,61} \approx 19,3 \text{ m}$$

Beräkningar visar alltså att flamhöjden kan bli ca 19,3 m hög. Strålningsberäkningarna görs därmed från en yta (flamma) som är 16 m bred och 19,3 m hög. Konservativa beräkningar har gjorts från en punkt i mitten av flaman (9,7 m ovan mark).

För att beräkna strålningen per ytenhet, P , från flaman används ekvationen nedan, där b' är förbränningshastigheten ($\text{kg/m}^2\text{s}$), h_c är energivärdet för bensin (J/kg) och d_f är pölens diameter.

$$P = \frac{0,35 \times b' \times h_c}{1 + 4 \times \frac{h_f}{d_f}} = \frac{0,35 \times 0,048 \times 44,7 \times 10^6}{1 + 4 \times \frac{19,3}{16}} \approx 128,9 \text{ kW/m}^2$$

Den framräknade strålningen per ytenhet räknas om till en motsvarande temperatur för att användas i strålningsberäkningarna enligt Stefan Boltzmanns lag, där σ är Boltzmanns konstant vilken är $5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$:

$$T = \left[\frac{P}{\sigma} \right]^{\frac{1}{4}} = \left[\frac{128,9 \times 10^3}{5,67 \times 10^{-8}} \right]^{\frac{1}{4}} \approx 1228 \text{ K}$$

Strålningsberäkningarna görs enligt en synfaktormodell i enlighet med Svensk Standard SSEN 1991-1-2 på samma sätt som i avsnitt 4.3.1 för naturgasen.

Resultaterande infallande strålning mot byggnaden blir då ca $14,62 \text{ kW/m}^2$. Detta är i linje med Boverkets kriterier för godtagbar strålningsnivå vid risk för brandspridning mellan byggnader (maximalt 15 kW/m^2 accepteras). Att en brand i närliggande dieseltankar som är 16 m bred och 19,3 m hög skulle uppstå bedöms inte troligt. Vidare är Gryaab:s anläggning belägen ca 3-4 m lägre i höjdnivå än Rya VP, vilket begränsar infallande strålning jämfört med beräkningen. Dessutom är den beräknade strålningen endast fram till elrummet som ligger mellan Gryaab och Rya VP. Sammanfattningsvis bekräftar detta att ingen allvarlig kemikalieolycka bedöms kunna uppstå hos Rya VP till följd av en olycka hos Gryaab AB. Naturligtvis skulle en brand även kunna uppstå i t.ex. Gryaab:s metanoltankar. Dessa är dock belägna >130 m från Rya VP:s byggnadsdelar med isobutan, samt placerade ca 75 m från Gryaab:s dieselcisterner i en annan anläggningsdel. Det bedöms inte vara troligt att en brand i dessa skulle påverka Rya VP på ett värre sätt än vad en brand i närliggande dieselcisterner skulle kunna göra. Indata och utdata framgår av redovisade beräkningar nedan.

Temperatur för strålningsberäkning		
Temperatur	1000	°C
Kelvin	1227,8	K

Synfaktor [hörn på rektangel]		
Avstånd:	26,00	m
Bredd:	8,0	m
Höjd:	9,7	m
a:	0,371	
b:	0,308	
del 1	0,159	
del 2	0,348	
del 3	0,281	
del 4	0,294	
del 5	0,341	
Synfaktor	0,032	
Gångar 4 rektanglar	0,126	

Värmestrålning enligt temp.	
Boltzmann	5,67E-08

Emissionstal	0,90	
Synfaktor	0,126	
Strålning	14,62	kW/m ²

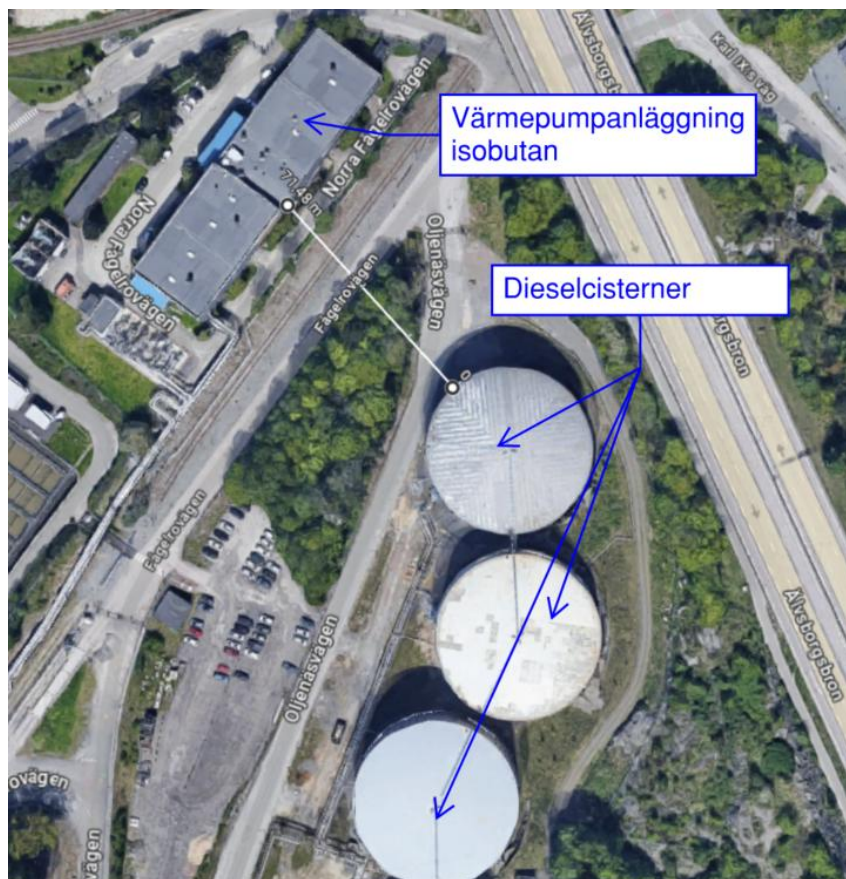
Gryaab har planer på att bygga ut verksamheten och kommer eventuellt kunna flytta dieselcisternerna närmare Rya VP – fram till 4 m från fastighetsgräns, alternativt att annan byggnad/verksamhet, t.ex. fordonshall, parkering, kommer uppföras inom 4 m från fastighetsgränsen i sydväst. Således behöver detta även tas hänsyn till. Eventuell ny byggnad eller flytt av cistern hamnar då ca 17 m från närmsta byggnad hos Rya VP (elrummet) och ca 77 m från aktuell del av anläggningen med isobutan. Utifrån MSBFS 2023:2 är utgångspunkten att cistern med motsvarande volym diesel (50 m³) bör placeras minst 18 m från annan byggnad. Dock kan detta avstånd halveras vid en brandteknisk avskiljning motsvarande klass EI 60 (t.ex. en avskiljning i byggnadens fasad eller en mur). Vad gäller risken för allvarlig kemikalieolycka kopplat till att byggnad/cistern placeras närmare Rya VP bedöms påverkan vara försumbar. Beräkningarna för scenariot som görs ovan har för det första låg sannolikhet. Skulle en antändning ändå ske av någon anledning och branden sprida sig till elrummet så finns goda möjligheter att bekämpa branden innan den når värmepumpanläggningen med isobutan som är placerad på motsatt sida hos Rya VP ca 50 m bort. Dessutom är anläggningen placerad i en egen brandcell i klass EI 60 samt utförd med obrännbara material vilket medför ett gott skydd mot extern brandpåverkan.

Med hänsyn till att cisterner med diesel tillhörande Gryaab kan komma att flyttas närmare Rya VP kan alltså behov av avskiljande konstruktion mellan elrum och eventuella cisterner inom 18 m uppstå (alternativt en riskutredning påvisa att placeringen är ok utifrån de förutsättningar som gäller i det aktuella fallet). Detta är dock inget som påverkar risken för allvarliga kemikalieolyckor enligt Seveso på ett beaktansvärt vis, utan det handlar istället om de krav som gäller enligt föreskrift för hantering av brandfarlig vara (MSBFS 2023:2) och något som hade behövts tas hänsyn till även om Rya VP inte hade varit en Seveso-verksamhet.

Notera även att placering av byggnad/cistern 4 m från Rya VP:s fastighet i sydväst inte medför någon avsevärt ökad risk för exponering för allvarlig kemikalieolycka hos Rya VP. Utifrån ett väldigt konservativt antaget scenario med väldigt låg sannolikhet (se avsnitt 4.2.6) där hela rumsvolymen antas fyllas med gas som antänds och exploderar kommer en potentiellt livsfarlig tryckvågsstöt uppstå upp till 40 m bort och risk för skador finnas upp till 89 m bort. Risk för skador skulle med andra ord inte kunna uteslutas inom den del av Gryaab som är närmast Rya VP. Samma exponering föreligger dock i princip vid aktuell placering av cisterner (ca 90 m bort), dvs. att cisterner eller byggnad hamnar ca 13 m närmre påverkar inte konsekvensen i någon avsevärd omfattning. Utöver detta kan även påpekas att del av Rya VP (lokaler för VP3 och VP4) är placerade som en barriär mellan anläggningen med isobutan och Gryaabs dieselcisterner, samt att Gryaabs mark är på en höjdnivå ca 3-4 m under Rya VP. Sammanfattningsvis är det inte troligt att en väldigt osannolik explosion hos Rya VP kommer medföra en skadlig tryckstöt våg mot personer/byggnad/cistern som vistas eller är placerade inom 4 m från Rya VP:s fastighet i sydväst.

Cisterner St1

Sydöst om Rya VP finns tre cistern med diesel ca 71 m bort som tillhör St1. Cisternerna rymmer 30 000 m³ vardera. En brand i dessa skulle kunna medföra hög strålningsvärme mot Rya VP. En fullt utvecklad brand kommer dock inte att uppstå momentant. Sannolikt kommer släckarbete samt eventuell kylning av omkringliggande byggnader att påbörjas i god tid innan byggnaden med värmepumpanläggningen påverkas. Dessutom är byggnaden (Rya VP) utformad med obrännbar fasad vilket ger ett gott skydd mot antändning.



Figur 29. Översikt Rya VP och cisterner med diesel.

En beräkning kan dessutom utföras enligt samma princip som för strålning från Gryaab:s dieselcisterner (avsnitt 4.3.2). Om man konservativt itererar fram en storlek på en dieselbrand för att överstiga 15 kW/m² mot Rya VP så behöver branden motsvara en rektangel med strålande yta som är ca 53 m bred och 44 m hög med en genomsnittlig temperatur på 1321 K. Den närmsta cisternen har förvisso en diameter på ca 48 m, men för att en brand ska uppstå behöver innehållet (diesel) läcka ut och antändas (vilket bedöms osannolikt med tanke på diesels egenskaper). Att en sammanhållen pöl med 53 m i diameter skulle uppstå är inte troligt. Det är snarare så att ett eventuellt läckage kommer uppmärksammas relativt snabbt och omgående börja vallas in och hanteras innan antändning sker. Cisternerna är dessutom försedda med skumpåföringsanordningar för brandbekämpning. Sammanfattningsvis bekräftar detta att ingen allvarlig kemikalieolycka bedöms kunna uppstå hos Rya VP till följd av en olycka i cisternerna i sydost. Se nedan för indata och utdata för beräkning av strålning från cisterner med diesel i sydost.

Temperatur för strålningsberäkning

Temperatur	1000	°C
Kelvin	1227,8	K

Synfaktor [hörn på rektangel]		
Avstånd:	71,00	m
Bredd:	26,5	m
Höjd:	22,2	m
a:	0,313	
b:	0,373	
del 1	0,159	
del 2	0,298	
del 3	0,342	
del 4	0,350	
del 5	0,285	
Synfaktor	0,032	
Gånger 4 rektanglar	0,128	

Värmestrålning enligt temp.		
Boltzmann	5,67E-08	
Emissionstal	0,90	
Synfaktor	0,128	
Strålning	14,89	kW/m ²

Bedömning av konsekvenser

En brand i någon av de närliggande byggnaderna eller verksamheterna bedöms inte medföra någon större risk för allvarlig kemikalieolycka. Någon dominoeffekt som skulle kunna föranleda allvarlig kemikalieolycka kan inte förväntas uppstå. Personer i direkt närhet av bränderna skulle såklart kunna skadas av detta, men detta är inte kopplat till verksamheten hos Rya VP.

Bedömning av sannolikhet för scenario

Sannolikheten för en brand i närliggande verksamheter/byggnader bedöms vara låg.

Riskvärdering

BEDÖMD RISK: Brand i närliggande byggnader/verksamheter		
Skyddsobjekt	Sannolikhet (S)	Konsekvens (K)
Person - Extern	2	1
Person - Intern		1
Miljö		1

Sammanfattning riskbedömning

Sannolikheten för scenariot bedöms vara låg samt att konsekvenserna kopplat till Rya VP och Seveso bedöms vara mycket små.

Åtgärder

Risken är bedömd att vara tolerabel.

4.4.3 *Farligt gods*

Ca 40 m bort i öst passerar Hisingsleden/Älvsborgsbron som är en trafikled för farligt gods. Det aktuella vägvägnittet av Hisingsleden utgörs av fyrfältsväg, hastighetsgränsen är 70 km/h. Räddningsverket gjorde en kartläggning av farligt godstransporter för september 2006. För den aktuella vägsträckningen anges t.ex. för klass 4.1 (brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen och okänsliggjorda explosiva ämnen) det högsta intervallet. Det kan utifrån detta konstateras att mängden farligt gods som transporteras är hög¹³. Notera även att i norr ca 20 m som närmst passerar Hamnbanan som är en viktig länk för godstrafik i Göteborg och hela Norden – Hamnbanan är av riksintresse enligt information av Länsstyrelsen. I Göteborgs kommuns fördjupade översiktsplan¹⁴ står att mängden farligt gods på väg totalt sett är mer än tre gånger så stor som den mängd som transporteras på järnväg i Göteborg. Dessutom står att riskerna pga. transporter med massexplosiva ämnen på väg är betydligt större än vid transport på järnväg. Informationen från översiktsplanen är visserligen gammal, men den bedöms vara tillämpbar även nu. Detta stärks av en skrift från Trafikverket¹⁵ som anger att endast 9 % av rapporterade olyckor och tillbud mellan 2006-2012 med farligt gods inblandat var från järnväg, medan 87 % var från väg. 28 personer skadades och 6 omkom i samband med dessa olyckor. Endast en gång så berodde dödsfallet dock på transporten av farligt gods. I övriga fall berodde dödsfallet på själva trafikolyckan i sig, vilket inte har något med transportens innehåll att göra. Sammanfattningsvis bedöms en farligtgodsolymka på järnväg ha betydligt lägre sannolikhet än motsvarande på väg.

Rekommenderade skyddsavstånd finns för farligt gods generellt (t.ex. RIKTSAM¹⁶ samt att Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län har tagit fram policy för markanvändning nära transportleder för farligt gods¹⁷). Dessa har dock ej bedömts vara direkt tillämpbara då den aktuella anläggningen kommer att placeras intill två leder för farligt gods (både väg och järnväg). Av denna anledning görs bedömningar av risken specifikt kopplat till placeringen av Rya VP.

I tidigare utredda scenarier (se 4.2) har konstaterats att ingen beaktansvärd risk finns för omgivningen, inkl. Hisingsleden och Hamnbanan, utifrån de skyddsåtgärder som kommer att vidtas. En aspekt som dock är relevant att beakta är om en olycka med farligt gods på ett troligt sätt kan leda till dominoeffekter, brand eller explosion hos Rya VP. Beroende på vilken typ av farligt gods som transporteras kan det medföra att olika olyckstyper kan uppstå. Följande olyckor på Hisingsleden och Hamnbanan skulle teoretiskt kunna påverka Rya VP:

¹³ Kartläggning av farligt godstransporter, september 2006, Räddningsverket.

¹⁴ Översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektorn Transporter av farligt gods, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, december 1997, Antagandehandling

¹⁵ Säkra transporter av farligt gods, Trafikverket

¹⁶ Riktlinjer för Riskhänsyn i Samhällsplaneringen – Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods”, Rapport 2007:06, Länsstyrelsen i Skåne län, 2007

¹⁷ Riskhantering i detaljplaneprocessen, Länsstyrelserna, 2006.

- BLEVE av tryckkondenserad gas.
- Utsläpp av brandfarlig vätska vilket resulterar i en flash fire.
- Explosion av större mängd explosiv vara.

En olycka enligt ovan skulle potentiellt kunna skada Rya VP. Vad gäller BLEVE så görs beräkningar i FOA-handboken utifrån ett exempel med en tankbil med 25 ton gasol. Skadorna beräknas utifrån att ett eldklot uppkommer, dess diameter och varaktighet samt värmestrålning. I det exemplet uppstår ett eldklot med diameter på 190 m och varaktighet på 12 s. Det bedöms vara osannolikt att detta skulle uppstå precis i närheten av Rya VP, men om det ändå skulle uppstå så bedöms byggnadens utformning i obrännbart material utgöra en bra strålningsskärm under den korta tid ett eldklot förekommer. Sammantaget bedöms ett scenario med BLEVE utgöra en tolerabel risk utifrån förutsättningarna. Samma sak gäller en kortvarig flash fire som skulle kunna uppstå. En gasmolnsexplosion bedöms det inte finnas förutsättningar för med tanke på hur topografin är utformad. För att detta ska kunna uppstå behöver det uppstå någon form av instängning/finnas hinder i vägen för gasens utbredning – detta är inte fallet för vare sig Hisingsleden eller Hamnbanan.

Om man istället tittar på ett scenario med explosion av explosiv vara så behöver först mängden som kan explodera utredas. Enligt både ADR-S och RID-S så får den maximala mängden i en transport med explosiva varor som kan massexplodera vara 333 kg. Riskgrupp 1.4 kan transporteras i större mängder, men denna riskgrupp medför endast en obetydlig explosionsrisk med verkningar som i stort är begränsade till förpackningen och bedöms således inte vara relevant att titta på. Istället görs motsvarande beräkningar som i avsnitt 4.2.7 för att utreda påverkan vid en explosion vid transport på väg.

Ekvation 3 används vilket ger ett skalat avstånd enligt nedan för en explosion på Hisingsleden.

$$Z = \frac{r}{W^{1/3}} = \frac{40}{333^{1/3}} = 5,77 \text{ m/kg}^{1/3}$$

Utifrån Figur 25 ger detta ett övertryck på ca 0,15 bar mot närmaste delen av byggnaden. Detta övertryck kommer medföra krossade rutor och det går inte att utesluta skador på byggnadsstommen. Aktuella byggnadsväggarna är främst av plåt och isolering och kommer sannolikt fläckas upp relativt enkelt, sannolikt utan att riva med sig stålbärverk i någon större omfattning. Med tanke på den aktuella värmepumpanläggningens kraftiga konstruktion bedöms inga omfattande skador på grund av detta uppstå. Dock kan det inte uteslutas att ett läckage skulle kunna uppstå till följd av kollapsen.

Samma typ av skadescenario som vid transport av farligt gods på väg kan förväntas ske även vid transport på järnväg. Den stora skillnaden är att det i värsta fall kommer att ske ca 20 m närmare, dvs. explosionen kommer ge en högre tryckpåverkan på byggnaden. Sannolikheten att ett läckage ska uppstå vid byggnadskollaps kan således förväntas vara större.

Bedömning av konsekvenser

Ett läckage från värmepumpanläggningen i detta scenario medför att ett gasmoln uppstår och en eventuell antändbar koncentration uppstår. Då byggnaden kan antas ha delvis kollapsat är den öppen mot omgivningen och gasen kommer succesivt att spädas ut av den naturliga

ventilationen. Skulle en antändning ändå ske kommer den efterföljande explosionen sannolikt inte bli värre än i beräkningen i avsnitt 4.2.7. Notera dock att en motsvarande explosion som i avsnitt 4.2.7 inte förväntas uppstå (gasen kan inte förväntas vara instängd vilket normalt krävs för att en explosion ska uppstå). I så fall är det snarare troligt att en lokal brand uppstår. Personer kan förväntas skadas av själva olyckan med farligt gods, detta är dock inte kopplat till Seveso-verksamheten hos Rya VP. En efterföljande lokal brand hos Rya VP skulle dock kunna skada enstaka person inom verksamheten – sannolikheten för exponering är dock låg då anläggningen körs obemannad en stor del av dygnet och långt ifrån alltid är i drift. Resterande personer i omgivningen kan förväntas utrymma området utifrån ett VMA.

Vad gäller risken för dominoeffekter kan konstateras att ett scenario med ovan olycksfall, både från farligt gods på väg och på järnväg, kommer leda till att närområdet kan påverkas av en farlig explosion/tryckvåg. Med tanke på närheten mellan Hisingsleden, Hamnbanan och Rya VP kommer en farligtgoodsolycka sannolikt att påverka båda lederna för farligt gods (väg och järnväg) samt Rya VP samtidigt. Konsekvensområdet vid en efterföljande explosion hos Rya VP kommer generellt inte att bli större än vad det redan var till följd av farligtgoodsolyckan (Hisingsleden kommer redan att ha påverkats av olyckan från Hamnbanan eller vice versa). Det enda område som skulle kunna påverkas mer av en farligtgoodsolycka på grund av den nya värmepumpanläggningen hos Rya VP är området söder om Rya VP. Notera dock att en olycka med farligt gods sannolikt inte uppstår momentant, utan t.ex. en BLEVE kräver att värmepåverkan av en tank får pågå en längre tid. Redan i samband med farligtgoodsolyckan kan alltså området ha förväntats utrymt utifrån ett VMA. I ett osannolikt fall där sedan även en explosion hos Rya VP uppstår kommer ingen personnärvaro att finnas i området. Söder om Rya VP finns då endast tomma vägar. Cisternerna ytterligare söder om Rya VP kan förväntas motstå eventuell yttre påverkan. De personer på Hamnbanan eller Hisingsleden som skulle kunna påverkas av en explosion från Rya VP har redan påverkats av farligtgoodsolyckan eller utrymt området då. Vidare uppstår risken för dödlig fara främst inom det egna verksamheten hos Rya VP. För resterande delar av omgivande vägar (främst Fågelrovägen) inom ca 48 m handlar det om eventuell allvarlig skada. Dessutom kommer t.ex. en BLEVE enligt exemplet från FOA-handboken på Hisingsleden eller Hamnbanan medföra ett större skadeområde initialt än vad en explosion hos Rya VP sannolikt kan medföra i det andra skedet.

Sammanfattningsvis bedöms inte värmepumpanläggningen hos Rya VP medföra beaktansvärt högre konsekvens än vad själva farligtgoodsolyckan redan har medfört.

Bedömning av sannolikhet för scenario

Sannolikheten för att en olycka med farligt gods skulle ske på Hisingsleden eller Hamnbanan precis intill Rya VP är väldigt låg. Att detta sedan skulle föranleda en explosion bedöms sammantaget sett vara än mer osannolikt. En bedömning/beräkning av sannolikheten görs även specifikt för det aktuella vägavsnittet (Hisingsleden) samt aktuella järnvägen (Hamnbanan). Beräkningarna bygger på FarGo-modellen¹⁸.

¹⁸ Farligt gods – Riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transport med farligt gods på väg eller järnväg”. SRV 1996.

Initialt görs beräkningar utifrån en farligtgoodsolycka på Hisingsleden. Relevant vägsträcka utmed anläggningen bedöms uppgå till ca 200 m då farligtgoodsolyckor längre bort från anläggningen inte bedöms kunna medföra någon beaktansvärd påverkan. Det bedöms vara relevanta att titta på konsekvenserna vid en olycka med farligt gods i klass 1, 2 och 5 (explosiva ämnen och föremål, gaser och oxiderande ämnen). Anledningen är att det främst är dessa ämnen som kan medföra beaktansvärd påverkan på Rya VP (explosion/tryckpåverkan). När det gäller klass 3 (brandfarlig vätska) är detta vanligt förekommande som farligt gods på väg, vilket kan ge intryck av att sådana transporter är de mest betydande att ta hänsyn till i en utredning av detta slag. Konsekvenserna kopplade till en farligtgoodsolycka med klass 3 utgörs dock främst av brännskador/rökskador som ett resultat av värmestrålning från en pölbrand eller inandning av giftig rök. Med tanke på avståndet mellan trafikleden och aktuell verksamhet (>40 m) bedöms inte en pölbrand från en farligtgoodsolycka medföra någon avsevärd risk för påverkan på värmepumpanläggningen. Vidare är trafikleden belägen ca 10 m ovan marknivån där aktuell byggnad är placerad, vilket medför att det faktiska avståndet är längre. Notera även att avståndet på 40 m utgår från den allra närmsta punkten från trafikleden till byggnaden. Om fordonet bara flyttas 30 m (vilket bara tar ca 1,5 s vid 70 km/h) så uppgår avståndet mellan fordon och Rya VP istället till 50 m och fortsätter sedan snabbt att öka.

Fördelning av andel transporterat farligt gods i Sverige kan ses Tabell 6. Av den totala mängden farligt gods som transporteras bedöms det således endast relevant att ta hänsyn till 14,1 % av dessa med tanke på farlig påverkan på aktuell anläggning.

Tabell 6. Andel transporterad mängd farligt gods på väg.¹⁹

Klass	Andel transporterad mängd på väg
1	0,9 %
2	12,0 %
3	76,9 %
4	0,9 %
5	1,2 %
6	0,6 %
7	0,1 %
8	7,2 %
9	0,3 %

För att ta höjd för framtida öknings i transporter ökas ÅMD (60 000²⁰) samt antal transporter med farligt gods med 50 % för aktuellt vägsnitt. Trafikanalys skriver dock att mellan år 2000 och 2013 har mängden farligt gods på Sveriges vägar minskat från 15,4 miljoner ton till 6,8

¹⁹ Riktlinjer för Riskhänsyn i Samhällsplaneringen – Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods”, Rapport 2007:06, Länsstyrelsen i Skåne län, 2007.

²⁰ <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>

miljoner ton²¹, varför detta pålägg bedöms medföra en konservativ beräkning. ÅMD för tunga fordon på aktuellt vägsnitt är ca 4500²² och transporter med farligt gods utgör ca 2,5 % av transporten för tunga fordon²³. Således blir antalet transporter med relevant farligt gods $4500 \times 0,084 \times 0,025$ vilket sedan ökas med 50 % till totalt ca 24 per dygn.

Indata i FarGo-beräkningen kan ses i Tabell 7.

Tabell 7. Indata till FarGo beräkning.

Parameter	Indata
Vägtyp	Område i tätort
Hastighet	<70 km/h
Vägavsnittets längd	0,2 km (L)
Års-Medel-Dygnstrafik	90 000 (ÅMD)
Förväntat antal relevanta farligtgodstransporter	24 transporter/dygn
Andelen relevanta farligtgodsfordon	$24/90\,000 = 0,00026$ (X)
Olyckskvot ¹	0,60 (Q)
Andel singelolyckor ²	0,30 (Y)
Index för farligt- godsolycka ³	0,13 (I)

¹: "Det förväntade antalet singelolyckor och kollisionsoolyckor med enbart bilar inblandade per miljon fordonskilometer".

²: "Andelen singelolyckor av antalet singelolyckor och kollisionsoolyckor med enbart bilar inblandade".

³: "Sannolikheten att ett fordon skyltat med farligt gods i en trafikolycka orsakar en farligtgodsoolycka".

Förväntat antal trafikolyckor per år beräknas med sambandet:

$$O = \text{ÅMD} \times 365 \times L \times 10^{-6} \times Q$$

Där:

O = Förväntat antal trafikolyckor per år

ÅMD = Års Medel Dygnstrafik

L = Vägavsnittets längd [km]

Q = Olyckskvoten

Antalet farligtgodstransporter inblandade i olyckor per år beräknas med sambandet:

$$F = O \times [(Y \times X) + (1 - Y)(2X - X^2)]$$

Där:

F = Antalet farligtgodstransporter inblandade i olyckor per år

O = Förväntat antal trafikolyckor per år

Y = Andelen singelolyckor

X = Andelen farligtgodstransporter

²¹ Möjligheter att kartlägga flöden av farligt gods i Sverige – en förstudie, PM 2015:3, Trafikanalys.

²² <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>

²³ Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafikolyckor, Göran Nilsson, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.

Antalet farligtgoodsolyckor beräknas med sambandet:

$$N = F \times I$$

Där:

F = Antalet farligtgodstransporter inblandade i olyckor per år

I = Index för farligtgoodsolycka

Resultatet av FarGo-beräkningen ger 0,00023 vilket motsvarar 1 gång per 4342 år vilket alltså motsvarar sannolikheten att en transport är involverad i en farligtgoodsolycka. Dessutom behöver det tas hänsyn till att en olycka också kräver t.ex. att det går håll på tanken, att storleken och placering på hålet är så att innehållet kan läcka ut på ett sätt så att risk föreligger, att det finns en tändkälla som orsakar antändning, att vindriktningen/väderförutsättningarna är sådana att påverkan av Rya VP kan ske mm. Den framräknade sannolikheten behöver alltså egentligen sänkas ytterligare med åtminstone en tiopotens. Detta stärker alltså bedömningen att sannolikheten för en farligtgoodsolycka på aktuellt vägsnitt så pass nära att det kan påverka Rya VP är väldigt låg. Detta gäller dock endast Hisingsleden. Vad gäller Hamnbanan har tidigare konstaterats att mängden farligt gods som transporteras på järnväg samt andel olyckor som inträffar på järnväg jämfört med på väg är många gånger mindre. Om man väldigt konservativt antar att frekvensen för farligtgoodsolycka på järnväg är lika stor som på väg så kommer det ge att en farligtgoodsolycka som kan påverka Rya VP uppgår till 1 gång per 2171 år. Enligt statistik kommer det dock att ske betydligt mer sällan. Dvs. även om man påstår att frekvensen för farligtgoodsolycka som kan påverka Rya VP dubblas på grund av att både Hisingsleden och Hamnbanan ligger intill aktuell verksamhet så utgör detta en väldigt osannolik risk.

Riskvärdering

BEDÖMD RISK: Farligt gods		
Skyddsobjekt	Sannolikhet (S)	Konsekvens (K)
Person - Extern	1	3
Person - Intern		2
Miljö		1

Sammanfattning riskbedömning

Sannolikheten för scenariot bedöms vara mycket liten men konsekvensen skulle kunna bli allvarlig för personer i omgivningen.

Åtgärder

Risken är bedömd att vara tolerabel.

5 Sammanfattning av riskanalys

5.1 Sammanfattning

Utifrån bedömningar i den första versionen av denna riskanalys och i samband med kommentarer från samrådet samt diskussioner med myndigheterna har några scenarier bedömts kunna medföra stora konsekvenser i värsta fall. Av denna anledning har dessa scenarier utretts vidare/noggrannare och genom implementering av vissa strategiska åtgärder har konsekvenserna kunnat minimeras/uteslutas så att inga icke tolerabla risker finns. Detta bygger dock på att en antal skyddsåtgärder vidtas för den framtida hanteringen vilka sammanställs i avsnitt 6.

Utöver de föreslagna kompletterande åtgärderna reduceras riskerna genom de omfattande skyddsbarriärer som kommer att finnas för den aktuella värmepumpanläggningen med isobutan. Dessutom har personalen en mycket hög kunskap om riskerna, är utbildade i anläggningssäkerhet, har kännedom om kemikalier och ämnen som hanteras samt är utbildade för att agera vid avvikelser med fokus på sin egen och andras säkerhet. Utöver det utförs ett regelbundet inspektions-, ronderings-, och underhållsarbete för att förebygga olyckor. Rutiner och instruktioner finns för normal drift, start och stopp, underhåll och agerande vid avvikelser för att minimera riskerna.

Övervakningen via anläggningens styrsystem kommer vara god och anpassad till de identifierade potentiella skadehändelserna (läckage). Kontinuerlig övervakning av köldmedienivåer sker i driftrum. Verksamhetens kontrollrum är bemannat dygnet runt med personal som är mycket kunniga i anläggningens processer och snabbt kan identifiera och åtgärda störningar innan de leder till farliga händelser.

I samband med förändringar i verksamheten eller vid nyinstallation genomförs riskanalyser i alla stadier från förprojektering till drifttagning för att minimera riskerna för personal och miljö. Riskanalyser görs också i samband med större ingrepp i systemen eller som följd av inträffade och rapporterade tillbud, avvikelser eller riskobservationer.

Utomstående får inte beträda fabriksområdet utan att ha genomgått säkerhetsutbildning med information om risker och agerande vid larm och olyckshändelse. Fabriksområdet är inhägnat och man måste ha giltigt passerkort för att komma in.

5.2 Riskvärdering scenarier

Riskscenarier	Bedömd sannolikhet/konsekvens				Risknivå								
					Person Extern			Person Intern			Miljö		
	S	PE	PI	E	L	M	H	L	M	H	L	M	H
Isobutan R600a													
Läckage cistern i mark	1	1	2	1	X			X			X		
Utsläpp säkerhetsventiler	2	1	1	1	X			X			X		
Gasläckage inomhus	2	1	1	1	X			X			X		
Vätskeläckage inomhus	2	1	1	1	X			X			X		
Läckage av olja och antändning av gas	1	1	2	1									
Gasmolnsexplosion inomhus	1	3	3	1	X			X			X		
Läckage rörledningar utomhus	1	1	1	1	X			X			X		
Isobutan som följer med avloppssystemet	1	1	1	1	X			X			X		
Propan													
Läckage från kylmaskiner	1	1	2	1	X			X			X		
Dominoeffekter													
Naturgas	1	1	1	1	X			X			X		
Brand i närliggande byggnader/verksamheter	2	1	1	1	X			X			X		
Farligt gods (väg)	1	3	2	1	X			X			X		
Sannolikhet (S)													
Konsekvenser: Person Extern (PE), Person Intern (PI), Miljö (E)													
Risknivå: Låg (L), Medel (M), Hög(H)													

6 Sammanställning åtgärder

Nedan görs en sammanställning av de åtgärder som har identifierats för att uppnå en acceptabel risknivå sett till risken för allvarlig kemikalieolycka.

För det första förutsätts att följande grundläggande förutsättningar uppfylls:

- Optiskt larm vid gasdetektion utvändigt cistern i mark och vid ingångar till värmepumpsbyggnaden.
- Nödströmsförsörjning av nödventilation.
- Nödströmsförsörjning av gasdetektion.
- Gasdetektering med förregling förutsätts ske vid maximalt 20 % av LEL, men om möjligt lägre.
- Brandlarm med tvådetektorberoende som stoppar värmepump vid detektering.
- Hög ventilationsomsättning (som uppfyller SS-EN 378-3).
- Larm vid gasdetektering som vidarebefordras till bemannad plats för åtgärd.
- Nödventilation (15 luftomsättningar/timme) aktiverad vid detektering.
- Strömförsörjning för utrustning i rummet bryts vid detektering (förutom för nödventilation mm. som behövs även vid läckage – installationer som inte strömmen bryts för är istället EX-verifierade för zon 2).
- Värmepumpen stoppar vid detektering.
- Sektionering av köldmediet vid detektering vilket minskar möjlig läckagemängd.
- Möjlighet att pumpa ut till lagringstank vilket minskar möjlig läckagemängd (ingen hänsyn har dock tagits till detta i analysen, men möjligheten bör tillses finnas för att ytterligare begränsa konsekvenserna vid olycka).

Dessutom behöver följande åtgärder finnas för att hantera riskerna enligt de bedömningar som har gjorts.

- Det bör tas fram en insatsplan och nödlägesplanering för säker hantering vid läckage från cistern i mark.
- Det bör tas fram en insatsplan och nödlägesplanering för säker hantering vid läckage inomhus.
- Nödventilationen ska mynna minst 12 m ovan mark utomhus.
- Strömförsörjningen till installationer på taket bör brytas vid gasdetektering.
- Tilluftsintagen ska tillses vara strategiskt placerade i förhållande till nödventilationens utblås så att ingen recirkulering sker. Allmänventilationen in till övriga delar av byggnaden bör stängas av vid gasdetektering.
- Dränering/avrinning eller motsvarande lösning för att förhindra ansamling av isobutan i vätskefas under värmepumpinstallationen ska anordnas.
- Invallning av oljetank.
- Brandlarm med tvådetektorberoende som stoppar värmepump vid detektering av brand.
- Läckagevakt i invallning.
- Sprayskydd flänsar för smörjoljesystemet.
- Tryckvakter smörjoljesystem.
- Förregling av värmepump vid låg nivå oljetank.

- Särskild utformning av golvbrunnar alt. teknisk lösning för att förhindra att isobutan i vätskefas når avloppssystemet.
- Larm/sirener kombinerat med optiska varningssignaler i närområdet kring Rya VP (Fågelrovägen och hos Gryaab framför allt) som varnar omgivningen vid ett större läckage.

7 Bilaga A – Flödesschema värmepumpanläggning

