

HEIDELBERG MATERIALS CEMENT SVERIGE AB

# RISKBEDÖMNING FÖR TILLSTÅNDSANSÖKAN

2024-05-21



wsp



## RISKBEDÖMNING FÖR TILLSTÅNDSANSÖKAN

### KUND

Heidelberg Materials Cement Sverige AB

### KONSULT

#### WSP Sverige AB

Box 71  
WSP Sverige AB  
582 22 Linköping  
Besök: Ågatan 7  
Tel: +46 10 7225000  
wsp.com

### KONTAKTPERSONER

Henrik Selin                      henrik.selin@wsp.com  
Emelie Laurin                      emelie.laurin@wsp.com

### DOKUMENTHISTORIK OCH KVALITETSKONTROLL

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Datum	2024-05-21			
Handläggare	Emelie Laurin, Henrik Selin			
Signatur	EL, HS			
Granskare	Maria Persson			
Signatur	MP			
Godkänd av	Henrik Selin			
Signatur	HS			

## SAMMANFATTNING

WSP har fått i uppdrag av Heidelberg Materials att upprätta en riskbedömning i samband med ansökan om tillstånd enligt 9 och 11 kapitlet miljöbalken, för fortsatt och utökad verksamhet vid den befintliga cementfabriken i Slite.

Syftet med denna riskbedömning är att bedöma riskerna vid Heidelberg Materials berörda anläggning och att uppfylla de krav på riskhantering som ställs via relevant lagstiftning. Rapporten skall dessutom bedöma hur den ansökta verksamheten kan påverka, eller påverkas av, andra närliggande verksamheter. Riskbedömningen syftar också till att utgöra underlag för uppdatering av verksamhetens säkerhetsrapport.

Målet med denna riskbedömning är att identifiera, uppskatta och värdera risker för människors liv och hälsa och för miljön, förknippade med den ansökta verksamheten i Slite. Risker som kan medföra en betydande påverkan för människor eller för miljön utreds vidare för att bedöma om det finns erforderliga säkerhetsbarriärer. I de fall riskerna inte bedöms ha erforderliga säkerhetsbarriärer kommer riskreducerande åtgärder att föreslås. Riskbedömningen ska även vid behov utgöra grund för att ta fram och prioritera riskreducerande åtgärder.

För den tillkommande verksamheten har utförliga riskbedömningar genomförts. WSP:s bedömning baserat på denna riskbedömning med tillhörande fördjupningar sammanfattas i nedanstående tabell.

<b>Typscenario</b>	<b>Förebyggande åtgärder</b>	<b>Skadebegränsande åtgärder</b>	<b>Möjlig påverkan på människor (3:e person) och/eller miljö</b>	<b>Föreslås ytterligare åtgärder<sup>1</sup></b>	<b>Riskenivå givet barriärer samt ytterligare förslagna åtgärder</b>
Typscenario 1: Läckage CO <sub>2</sub> anslutning lagringstank	Ja	Ja	Nej	Ja	Acceptabel
Typscenario 2: Lagringstank CO <sub>2</sub> rämnrar	Ja	Ja	Nej	Ja	Acceptabel
Typscenario 3: Läckage CO <sub>2</sub> rörledning	Ja	Ja	3:e person	Ja	Acceptabel
Typscenario 4: Läckage CO <sub>2</sub> lastarm	Ja	Ja	3:e person	Ja	Acceptabel
Typscenario 5: Läckage ammoniak	Ja	Ja	3:e person, Miljö	Ja	Acceptabel
Typscenario 6: Utsläpp CO <sub>2</sub> pga dominoeffekt	Ja	Ja	3:e person	Ja	Acceptabel
Typscenario 7: Dominoeffekt CO <sub>2</sub> som påverkar övrig verksamhet	Ja	Ja	3:e person, Miljö	Ja	Acceptabel
Typscenario 8: Läckage CO <sub>2</sub> fartygsolycka	Ja	Ja	3:e person, Miljö	Nej	Acceptabel

<sup>1</sup> Se kapitel 6.

De åtgärder som WSP föreslår för att uppnå en acceptabel risknivå är:

- Rörledningen för lossning av koldioxid förses med dubbelmantling och vakuumisolering. Alternativt att annan åtgärd implementeras som medför samma sänkning av risknivån för 3:e person.
- Sektionering av rörledning med koldioxid införs med ESD-ventiler. Avstånd för sektionering bör fastställas i kommande detaljprojektering och med stöd av detaljerade HAZOP-analyser, givet nuvarande information föreslås var 100 meter.
- Utvändigt påkörningsskydd av rörledning med koldioxid där trafik återfinns eller där ledningen kan utsättas för extern påverkan.
- Riskreducerande åtgärder implementeras som säkerställer att mängden och flödet av ammoniak i händelse av olycka begränsas så att gränsvärden för AEGL-2 inte kan uppnås där 3:e person vistas. Detta kan åstadkommas med skrubber, avstängning av ventilation eller annan lösning. Oavsett val av lösning ska funktionen verifieras och säkerställas i kommande detaljprojektering.
- Att de säkerhetsinstruktioner som upprättas kopplat till CCS-anläggningen införlivas i befintligt säkerhetsledningssystem.
- Att det säkerställs att en kontinuerlig samverkan sker med den lokala räddningstjänsten innefattande övningar och utbildning kring den tillkommande verksamheten.
- Till följd av klimatförändringar ska instruktioner och rutiner för hantering av extremväder etableras.

Givet att ovanstående åtgärder hanteras på ett erforderligt vis bedöms risknivån för den tillkommande verksamheten vara acceptabel.

## INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>7</b>
1.1	BAKGRUND	7
1.2	RAPPORTSTRUKTUR OCH LÄSANVISNING	7
1.3	SYFTE	8
1.4	MÅL	8
1.5	FÖRUTSÄTTNINGAR	9
1.6	STYRANDE DOKUMENT	12
1.7	SAMRÅD	12
1.8	UNDERLAGSMATERIAL	12
<b>2</b>	<b>BESKRIVNINGAR</b>	<b>14</b>
2.1	VERKSAMHETSOMRÅDE	14
2.2	FABRIKEN	15
2.3	BEFINTLIG VERKSAMHET	15
2.4	PLANERAD VERKSAMHET	16
2.5	NY CCS-ANLÄGGNING	20
2.6	HANTERING AV ÖVRIGA FARLIGA ÄMNER	22
2.7	OMGIVNINGEN	26
2.8	METEROLOGISKA OMGIVNINGSFAKTORER	28
2.9	SKYDDSVÄRDA OMRÅDEN OCH OBJEKT	29
2.10	FÖLJDVERKSAMHET	30
2.11	RISK- OCH SÄKERHETSARBETE	30
2.12	RISKER MED PÅVERKAN PÅ MILJÖ	37
2.13	RISKER FÖR MÄNNISKORS LIV OCH HÄLSA	38
<b>3</b>	<b>RISKIDENTIFIERING</b>	<b>39</b>
3.1	METOD	39
3.2	GENOMFÖRD RISKIDENTIFIERING	40
<b>4</b>	<b>RISKUPPSKATTNING OCH RISKFILTRERING</b>	<b>43</b>
4.1	METOD FÖR RISKUPPSKATTNING OCH RISKFILTRERING	43
4.2	RISKFILTRERING	44
4.3	RESULTAT AV RISKFILTRERING	46
4.4	FÖRDJUPADE BEDÖMNINGAR	49
<b>5</b>	<b>FÖRDJUPADE BEDÖMNINGAR</b>	<b>51</b>
5.1	KVANTITATIV RISKBEDÖMNING FÖR CCS-ANLÄGGNINGEN (4)	51
5.2	SPRIDNINGSBERÄKNING VATTENFRI AMMONIAK	61
5.3	NAUTISK RISKBEDÖMNING FÖR FÖLJDVERKSAMHET	66
5.4	BARRIÄRANALYS MED OLYCKSFJÄRILAR	69

<b>6 DISKUSSION</b>	<b>82</b>
6.1 ALLMÄNT	82
6.2 OSÄKERHETER	82
6.3 ALLMÄNT OM RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	82
6.4 SÄKERSTÄLL FÖRMÅGA ATT HANTERA EXTREMVÄDER	83
6.5 FORTLÖPANDE RISKHANTERING	84
6.6 JÄMFÖRELSE MELLAN ALTERNATIVEN	84
6.7 RISKER UNDER ANLÄGGNINGSSKEDET	85
<b>7 SLUTSATSER</b>	<b>89</b>

# 1 INLEDNING

WSP Sverige AB (härefter WSP) har fått i uppdrag av Heidelberg Materials Cement Sverige AB (härefter Heidelberg Materials eller bolaget) att upprätta en riskbedömning i samband med ansökan om tillstånd enligt 9 och 11 kapitlet miljöbalken, för fortsatt och utökad verksamhet vid den befintliga cementfabriken i Slite.

## 1.1 BAKGRUND

Heidelberg Materials Cement Sverige AB (härefter "bolaget") producerar årligen cirka 2,15 miljoner ton cement och 2 miljoner ton klinker vid anläggningen i Slite. Bolaget avser nu ställa om verksamheten i Slite för att år 2030 producera cement med ett lägre klimatavtryck. Den framtida produktionen avses uppgå till maximalt 2,5 miljoner ton cementklinker och 3,2 miljoner ton cement per år. För att åstadkomma detta kommer bolaget att ställa om bränsleanvändningen, öka mängden ersättningsmaterial för kalksten och förse verksamheten i Slite med infrastruktur för att avskilja och fånga in koldioxid från fabriken rökgaser. Därefter komprimeras och förvätskas koldioxiden till flytande form och lagras sedan slutligen i berggrunden i stället för att släppas ut i atmosfären. Processen kallas Carbon Capture and Storage, CCS.

På grund av hantering av A/C-bränsle (omhändertagna lösningsmedel) och KEO (konverterad eldningsolja) samt (tillkommande) hantering av vattenfri ammoniak omfattas såväl befintlig som ansökt verksamhet av bestämmelserna i *lag (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor* och tillhör den högre kravnivån. Övriga kemikalier som omfattas av Sevesolagstiftningen och som hanteras inom verksamheten är exempelvis gasol, diesel, acetylen och krut (ammunition).

Denna riskbedömning upprättas som underlag till den MKB som ska ligga till grund för ansökan enligt miljöbalken samt även som underlag till den säkerhetsrapport som ska tas fram i enlighet med Sevesolagstiftningen.

## 1.2 RAPPORTSTRUKTUR OCH LÄSANVISNING

Denna rapport är utarbetad av WSP i samverkan med bolaget.

### 1.2.1 Kvalitetssäkring

Denna rapport är upprättad av Emelie Laurin (Brandingenjör och Civilingenjör riskhantering) samt Henrik Selin (Civilingenjör i riskhantering och ekosystemteknik). I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten. Ansvarig för denna granskning har varit Maria Persson (Kemiingenjör).

### 1.2.2 Innehåll och struktur i rapporten

Rapporten omfattar:

- En beskrivning av verksamheten och dess omgivning, inklusive naturliga förutsättningar som kan påverka riskbilden.

- En beskrivning av berörda ämnen med dess farliga egenskaper för människor respektive för miljön.
- En riskbedömning av händelser som kan medföra allvarlig påverkan på människors liv och hälsa och på miljön.
- En beskrivning av befintliga och planerade riskreducerande åtgärder samt eventuellt behov av kompletterande åtgärder.
- En diskussion om rapportens förutsättningar, osäkerhet och antaganden.
- Slutsats.

Arbetet med att ta fram riskbedömningen har strukturerats och genomförts utifrån nedanstående frågeställningar:

- Riskidentifiering: Vad kan inträffa?
- Frekvensuppskattningar: Hur ofta kan det inträffa?
- Konsekvensuppskattningar: Vad blir konsekvensen av det inträffade?
- Riskuppskattning: Hur stor är risken?
- Riskvärdering: Uppfyller riskhanteringen ställda lagkrav?
- Riskreduktion: Rekommenderas åtgärder?

Använda metoder beskrivs i respektive kapitel. Mer djupgående beskrivning av riskhanteringsprocessens olika steg redogörs för i Bilaga BB.

Till grund för denna rapport ligger den riskhanteringsprocess som återfinns i Bilaga BB. De steg som ingår i riskhanteringsprocessen redogörs för i kapitel 3–5. I kapitel 3 redovisas den metodik som ligger till grund för att identifiera risker som kan medföra betydande skador på människors liv och hälsa och på miljön, kopplade till hantering av berörda ämnen. I kapitel 4 redovisas de riskuppskattningar som tillämpats samt den riskvärderingsprincip som nyttjas i denna rapport. I kapitel 5 redovisas resultatet av de fördjupade analyser som genomförts. Slutligen beskrivs i kapitel 6 behovet av riskreducerande åtgärder och riskkontroll för att skapa en fullständig riskhanteringsprocess.

### 1.3 SYFTE

Syftet med denna riskbedömning är att bedöma riskerna vid Heidelberg Materials berörda anläggning och att uppfylla de krav på riskhantering som ställs via relevant lagstiftning. Rapporten skall dessutom bedöma hur den ansökta verksamheten kan påverka, eller påverkas av, andra närliggande verksamheter. Riskbedömningen syftar också till att utgöra underlag för uppdatering av verksamhetens säkerhetsrapport.

### 1.4 MÅL

Målet med denna riskbedömning är att identifiera, uppskatta och värdera risker för människors liv och hälsa och för miljön, förknippade med den ansökta verksamheten i Slite. Risker som kan medföra en betydande påverkan för människor eller för miljön utreds vidare för att bedöma om det finns erforderliga säkerhetsbarriärer. I de fall riskerna inte bedöms ha erforderliga säkerhetsbarriärer kommer riskreducerande åtgärder att föreslås. Riskbedömningen ska även vid behov utgöra grund för att ta fram och prioritera riskreducerande åtgärder.



## 1.5 FÖRUTSÄTTNINGAR

I nedanstående stycken anges förutsättningarna som ligger till grund för riskbedömningen.

### 1.5.1 Ansökan

Bolagets verksamhet i den kommande ansökan omfattar i huvudsak miljöfarlig verksamhet enligt 9 kap. miljöbalken och vattenverksamhet enligt 11 kap. miljöbalken. Den tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheten består framför allt av cementproduktion, avskiljning av koldioxid, hamnverksamhet samt förbränning och annan hantering av avfall. Alla nya anläggningar omfattas av ansökan, detta inkluderar CCS-anläggningen, nya lager, ny pir för lastning av koldioxid med mera.

### 1.5.2 Anläggningen

Transporter av berörda ämnen på bolagets verksamhetsområde samt i anslutning till detta bedöms inom ramen för denna riskbedömning. Transporter av berörda ämnen till respektive ifrån verksamhetsområdet sker framför allt med fartyg. Risker kopplade till fartygstransporter har utretts i en nautisk riskbedömning (vars resultat ingår som en delmängd av resultatet i denna riskbedömning).

Denna riskbedömning omfattar i huvudsak den del av anläggningen som är tillkommande och som beskrivs i Kapitel 2.4. Befintliga delar av anläggningen ingår dock i bedömningen i den mån de kan påverka eller påverkas av tillkommande delar.

En systematisk genomgång av hur de organisatoriska funktionerna (exempelvis ledningssystem) fungerar, ingår inte, men finns redovisat i Säkerhetsrapporten som bifogas ansökan.

### 1.5.3 Avgränsningar

Riskbedömningen omfattar risker förknippade med plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med dödliga eller irreversibla skador för liv och hälsa, samt skador på miljön.

Påverkan på liv och hälsa avser i huvudsak personer utanför anläggningen, tredje man, men omfattar även personer inom anläggningens område. I rapporten används begreppen 1:a, 2:a och 3:e person då dessa begrepp nyttjas i underliggande rapporter. Med 1:a och 2:a person menas i detta fall personal på Heidelberg Materials eller entreprenörer, konsulter etc. med direkt koppling till Heidelberg Materials. Med 3:e person menas andra arbetstagare i närområdet och personer ur allmänheten så som boende.

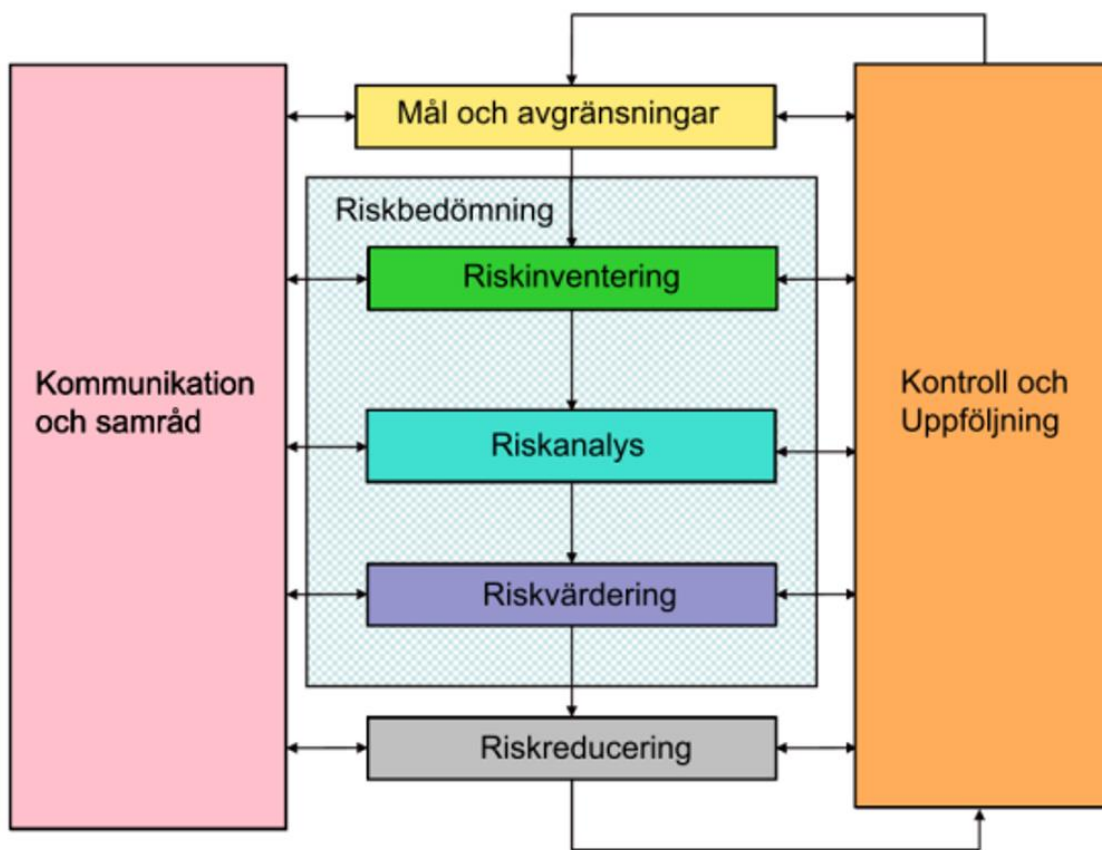
Rena arbetsmiljörisiker, till exempel fallolyckor, påkörning etc. har inte analyserats inom ramen för detta projekt. För den här typen av anläggningar kan gränsdragningen mellan vad som innefattas i begreppet arbetsmiljörisiker och andra olycksrisker vara svår att fastställa. Bedömning om vilka olyckstyper som är relevanta med hänsyn till detta sker i riskidentifieringen.

Riskbedömningen avseende anläggningsskedet genomförs övergripande och orienterande, med exempel på risker och riskreducerande åtgärder som kan komma att bli aktuella under de olika byggskedena. Riskbedömningar ska upprättas specifikt för alla ingående arbetsmoment som kan innebära riskpåverkan på 3:e person respektive på miljön. Detta kan dock ske först när anläggningen är färdigprojekterad och anläggningsarbetet ska planeras och genomföras. Riskbedömningar ska även upprättas utifrån 1:a och 2:a person. Detta rör emellertid specifikt arbetsmiljörisiker, vilket regleras av annan lagstiftning än miljöbalken och Sevesolagstiftningen

I riskbedömningen bedöms även möjlig påverkan på, respektive påverkan från, omgivande verksamheter. Därutöver beaktas även följande naturolyckor i rapporten: höga vattennivåer (inklusive skyfall), ras, skred och erosion, blix- och åskoväder, höga vindstyrkor, solstorm, snöstorm och isbildning, dimma och fuktig miljö, extrema temperaturer samt skogsbrand. Övriga naturolyckor, så som laviner och tsunamis har avgränsas bort.

### 1.5.4 Metod

Den metod som denna riskbedömning utgår ifrån baseras på riskhanteringsprocessen. Metoden baseras på såväl akademisk forskning som erfarenheter från till exempel, gas- och oljeindustrin, se Figur 1 samt Bilaga B för ytterligare information



Figur 1. Riskhanteringsprocessen.

Nedan ges en kortfattad beskrivning av vald metodik inom respektive steg och en koppling till olika avsnitt i denna rapport där så bedöms relevant.

### Metod och avgränsningar

De riskanalysmetoder som har valts presenteras nedan. Gällande avgränsningar finns en utförlig beskrivning ovan i avsnitt 1.5.

Det samlade underlaget avseende olycksrisker som underlag till tillståndsansökan enligt miljöbalken utgörs av denna riskbedömning med underlagsrapporter samt upprättad Säkerhetsrapport enligt Sevesolagstiftningen. För att säkerställa att samtliga krav avseende olycksrisker uppfylls, förtydligas gränssnittet mellan rapporterna nedan.

Säkerhetsrapporten ska ingå som en egen del i tillståndsansökan. Den befintliga säkerhetsrapporten har uppdaterats i samband med aktuell tillståndsansökan och omfattar samtliga betydande olycksrisker med skador för antingen människor eller miljö vid befintlig verksamhet idag. Inför att de ansökta förändringarna genomförs i verksamheten kommer säkerhetsrapporten att uppdateras.

Denna riskbedömning omfattar samtliga betydande olycksrisker med skador för antingen människor eller miljö vid den tillkommande verksamheten som beskrivs i avsnitt 2.4. Denna riskbedömning omfattar även följdverksamhet, anläggningskedde, nuläge och nollalternativ.

## Riskbedömning

Riskbedömningen innefattar momenten riskinventering/riskidentifiering, riskanalys och riskvärdering.

Riskinventering eller riskidentifiering är genomförd genom ett antal olika kvalitativa metoder, så som grovriskanalys, HAZID, What-if med flera. Gemensamt för dessa är att de är kvalitativa i sin ansats och är beroende av de individer som deltar vid de olika identifieringstillfällena. Genom att komplettera dessa metoder med insamling av data om inträffade olyckor samt erfarenheter från andra liknande verksamheter minskar osäkerheten och graden av fullständighet ökar. Mer information om genomförda workshops med fokus på identifiering av risker återfinns i Kapitel 3.

Med avseende på hantering av flytande koldioxid respektive hantering av vattenfri ammoniak i CCS-anläggningens kylanläggning för förvätskning av koldioxid har underlagsmaterial och indata i huvudsak utgjorts av detaljerade riskanalyser och riskbedömningar upprättade av Ramboll i Danmark. Dessa har studerats utifrån svenska lagar och föreskrifter samt även praxis och normer. Ett iterativt riskhanteringsarbete har skett mellan Ramboll, WSP och Bolaget. Däremot har granskning och verifiering av indata till beräkningsmodeller skett inom ramen för Rambolls egen kvalitetsprocess.

Följdverksamhet i form av transporter till havs analyseras i en nautisk riskbedömning som genomförts av RISE. Resultatet av den nautiska riskbedömningen sammanfattas inom ramen för denna riskbedömning och bedöms utifrån laguppfyllnad avseende följdverksamhet.

Primärt har riskvärderingskriterier för individ- och samhällsrisk använts i denna rapport, men vid behov har kompletterande metoder nyttjats. Val av riskvärderingsmetodik presenteras löpande i rapporten.

## Riskreducering

En robusthetsanalys genom olycksfjärlsmetodik har genomförts för att bedöma att erforderliga riskreducerande åtgärder finns på plats eller planeras. Se avsnitt 5.4.

## Kommunikation och samråd

Samråd har genomförts, se avsnitt 1.7.

## Kontroll och uppföljning

Då denna riskbedömning fokuserar på en tillkommande verksamhet är det av stor vikt att det säkerställs att de åtgärder som föreslås inom ramen för denna riskbedömning arbetas in i den fortsatta projekteringen av anläggningen. Organisatoriska åtgärder kan med fördel arbetas in i befintligt säkerhetsledningssystem.

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

Anläggningens säkerhetsrapport ska uppdateras med resultatet av denna riskbedömning. Särskild vikt bör läggas vid beskrivning av tillkommande processer, hantering av farliga ämnen, de risker detta medför samt hur dessa risker hanteras.

## 1.6 STYRANDE DOKUMENT

Styrande dokument för upprättandet av denna riskbedömning listas nedan:

- Miljöbalk (1998:808).
- Förordning (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd.
- Miljöbedömningsförordningen (2017:966).
- Lagen (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor.
- Förordning (2015:236) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor.

## 1.7 SAMRÅD

Den planerade verksamheten är av sådant slag att den alltid ska antas medföra betydande miljöpåverkan, vilket innebär att den som avser söka tillstånd för sådan verksamhet måste genomföra en specifik miljöbedömning. Detta betyder att sökanden ska genomföra ett samråd samt upprätta en miljökonsekvensbeskrivning (MKB).

Avgränsningssamråd enligt 6 kap. 29–30 §§ miljöbalken och Sevesosamråd enligt 13 § (1999:381), med närliggande verksamheter, närboende samt myndigheter, genomfördes 26–27 september 2023 i Slite och i Visby, samt den 3 oktober i Stockholm.

## 1.8 UNDERLAGSMATERIAL

Riskbedömningen baseras i huvudsak på följande underlag, övrigt underlag refereras fortlöpande i rapporten:

- Samrådsunderlag (1)
- Säkerhetsrapport (2)
- Teknisk beskrivning (3)
- Kvantitativ riskbedömning CCS-anläggning (inklusive hantering av vattenfri ammoniak) (4)
- Nautisk riskbedömning utbyggnad av Slite hamn (5)

Nedan listade lagar, förordningar och föreskrifter utgör underlag till genomförda bedömningar, även om dokumenten i sig inte är styrande för denna riskbedömning (se avsnitt 1.6).

- Lag (2003:788) om skydd mot olyckor.
- Lag (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor.
- Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS) 2001:1 om systematiskt arbetsmiljöarbete.
- Räddningsverkets föreskrifter (SRVFS) 2004:7 om explosionsfarlig miljö vid hantering av brandfarliga gaser och vätskor.

- Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS) 2003:3 och allmänna råd om arbete i explosionsfarlig miljö.
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter (MSBFS) 2020:1 om hantering av brandfarlig gas och brandfarliga aerosoler.
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter (MSBFS 2023:2) om hantering av brandfarliga vätskor.

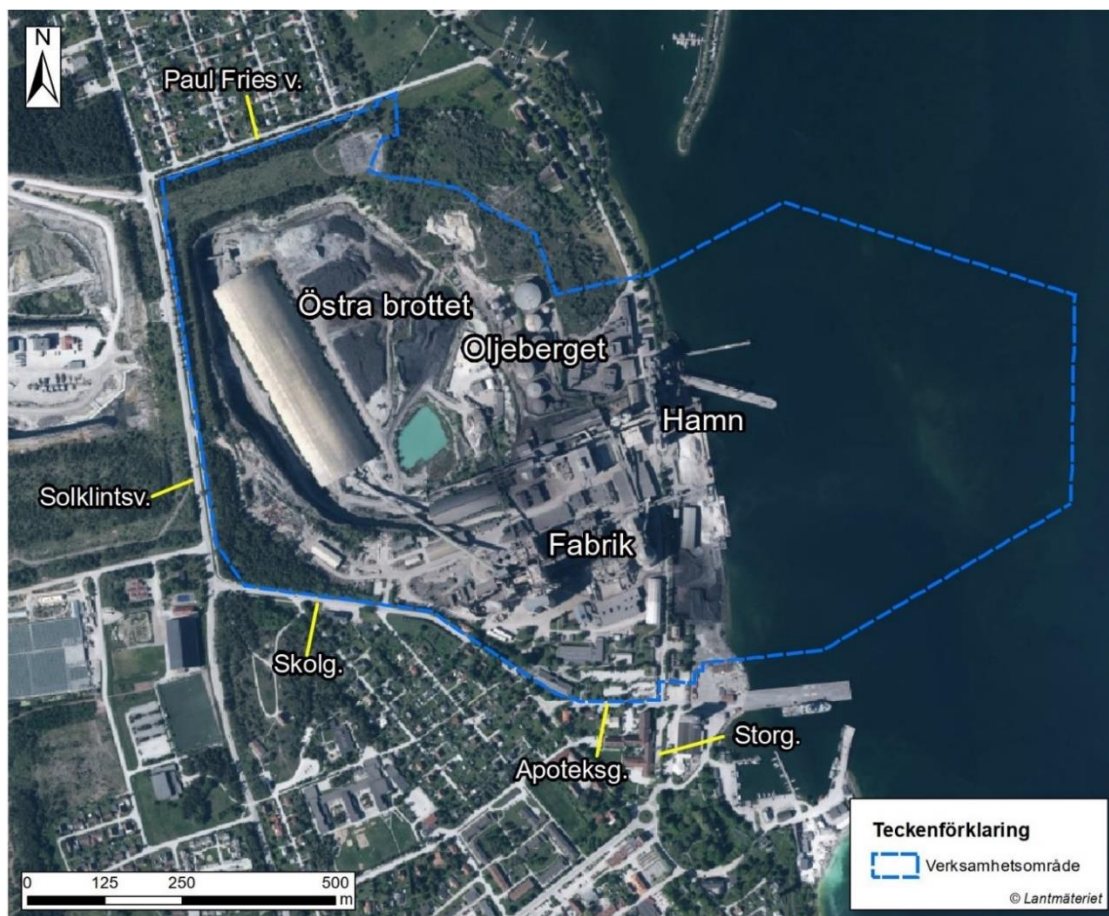


## 2 BESKRIVNINGAR

Detta kapitel innehåller beskrivningar av den ansökta verksamheten i allmänhet och den planerade CCS-anläggningen i synnerhet. Beskrivningarna är av övergripande karaktär och tyngdpunkten läggs vid de planerade förändringarna. För mer detaljerade beskrivningar hänvisas till den tekniska beskrivningen. Vidare redogörs för förekommande hantering av ämnen som omfattas av Sevesolagstiftningen, följdverksamheter som verksamheten ger upphov till samt befintligt och planerat risk- och säkerhetsarbete. Därefter beskrivs den fysiska omgivningen samt andra omgivningsfaktorer som bedöms vara relevanta ur riskhänseende. Det bör noteras att beskrivningarna är av övergripande karaktär och att läsaren hänvisas till projektets tekniska beskrivning, säkerhetsrapport och MKB för mer detaljerad information. Slutligen beskrivs miljörisk respektive risker för människors liv och hälsa som begrepp, som ingångsvärden för den systematiska metod som används i kommande kapitel för att identifiera risker.

### 2.1 VERKSAMHETSOMRÅDE

Verksamhetsområdet för den planerade verksamheten framgår av Figur 2. Nordväst om fabriken ligger Östra brottet, som är en del av fabriksområdet. Östra brottet är en sedan lång tid tillbaka utbruten täkt som numera används för lagring och homogenisering av krossad kalksten, övriga råmaterial samt bränsle.



Figur 2. Översiktskarta över verksamhetsområdet.

## 2.2 FABRIKEN

Bolagets fabriksanläggning är belägen på den nordöstra delen av Gotland, direkt norr om Slite tätort. Cementfabriken med tillhörande hamn ligger centralt i Slite och verksamheten bedrivs nära samhället.

Den befintliga produktionsanläggningen för cement utgörs av fabriken och hamnen, samt lager och infrastruktur för råvaror och bränslen. Fabriken består i huvudsak av råkvarnar, cyklontorn, ugnar, kylare, cementverk, filter och rökgasrening samt tillhörande infrastruktur för lagring och distribution av råvaror och produkter (exempelvis cisterner, silos, lagerhallar och bandtransporter). Det finns även byggnader som inrymmer kontor, laboratorie- och utvecklingsverksamhet, lagerlokaler, verkstäder med mera.

I Östra brottet lagras kalksten som bryts i de intilliggande täkterna. I Östra brottet lagras också bränslen som till exempel kol och FAB (Förädlad Avfallsbränsle), olika tillsatsmaterial samt bypassstoft varav en del återförs till tillverkningsprocessen och en del säljs som produkt.

## 2.3 BEFINTLIG VERKSAMHET

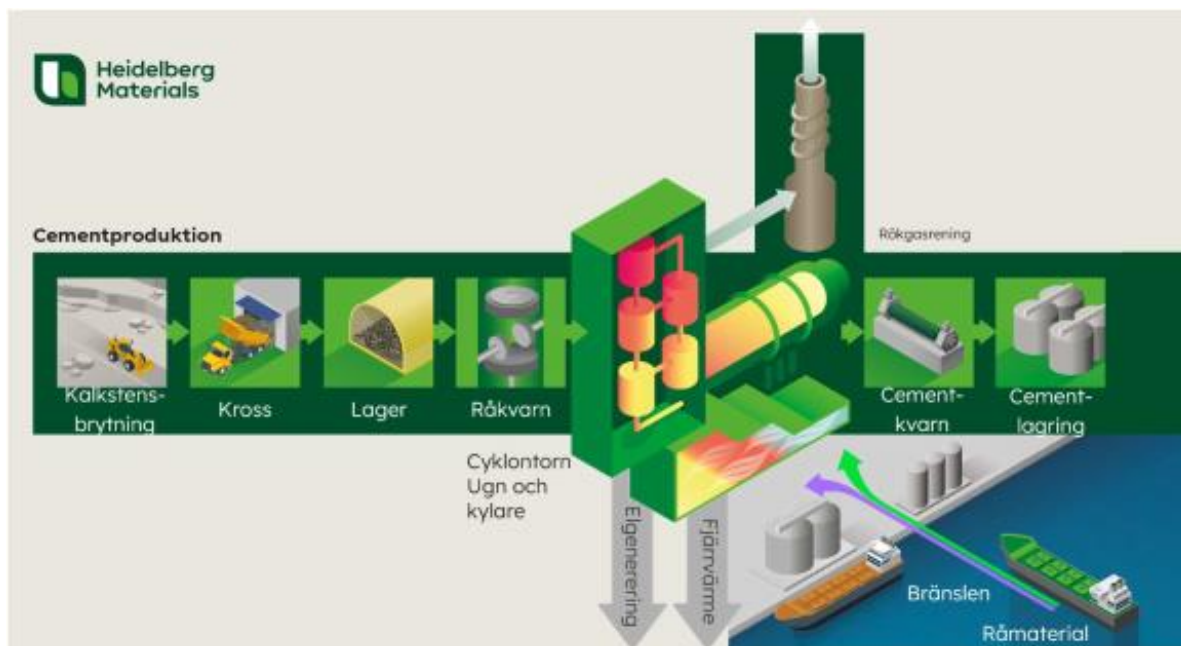
I den befintliga verksamheten uppgår produktionen av klinker till cirka 2 miljoner ton och av cement till cirka 2,15 miljoner ton. Generellt kan tillverkningen av cement delas upp i två steg. I det första steget mals kalksten till ett pulver tillsammans med olika råmaterial som innehåller kalcium, kisel, aluminium och järn varefter dessa hettas upp till 1 450 °C i en cementugn (som är en *roterugn*, det vill säga en ugn i form av ett roterande rör). I verksamheten finns två cementugnar, ugn 7 och ugn 8. Värmen i ugnen gör att kalcium sintrar ihop med kisel, aluminium och järn till cementmineral i form av *klinker*. I det andra steget mals klinker med tillsatsmaterial i cementverket till det pulver som utgör *cement*. Cement lagras i silor innan den färdiga cementen lastas i slutna system på båt eller lastbil.

Den befintliga produktionsanläggningen i Slite utgörs i huvudsak av fabriken och hamnen, samt lager och infrastruktur (transportband med mera) för råvaror och bränslen, se avsnitt 2.2. Produktionen av klinker och cement är kontinuerlig och verksamheten pågår 24 timmar per dygn året runt, med undantag för planerade underhållsstopp. Ett förenklat processschema för cementproduktion i befintlig verksamhet framgår av Figur 3.

Bolagets hamn ligger i anslutning till fabriksområdet och består av tre kajer. Verksamheten vid respektive kaj beskrivs kortfattat nedan.

- Längst i norr ligger *Oljepiren*, där flytande bränslen och kemikalier tas emot, för att sedan pumpas vidare för lagring i dels bolagets cisterner, dels cisterner tillhörande Vattenfall. Vid *Oljepiren* tas även flygaska emot.
- I mitten ligger *Cementpiren* som används för utlastning av färdiga produkter (cement) och intransport av råmaterial (flygaska).
- I söder ligger *Oceankajen*. Här sker både lossning av bränslen och råmaterial m.m. och utlastning av produkter.

Förutom kajerna finns olika byggnader såsom hamnkontor, verkstad och lager i hamnen. Hamnverksamheten inkluderar också leverans av bränsle och förnödenheter till fartygen samt hantering av restprodukter och avfall från fartygen.



Figur 3. Förenklat processchema för cementproduktionen i Slite i befintlig verksamhet. Observera att kalkstensbrytning och krossning regleras i separat miljötillstånd.

## 2.4 PLANERAD VERKSAMHET

Den planerade verksamheten kommer till stor del att bedrivas på samma sätt som den befintliga. Den största förändringen är att koldioxid, som bildas i kalcineringsprocessen – som sker i nedre delen av cyklonsystemet och i början av cementugnen – och vid förbränning av bränslen, kommer att skiljas av från resten av rökgaserna i stället för att släppas ut i atmosfären. Koldioxiden kommer att komprimeras, förvätskas (övergå från gasfas till flytande fas) och mellanlagras i tankar på fabriksområdet. Från tankarna kommer den flytande koldioxiden att transporteras till hamnen via en rörledning för att sedan lastas till fartyg och transporteras till en permanent lagringsplats under havsbotten.

Vissa ytor inom verksamhetsområdet kommer att omdisponeras för att ge plats åt ny utrustning, nya lagerhallar med mera. Den planerade verksamheten kommer att kräva utbyggnad och muddring av hamnen. Ökad hamncapacitet krävs för utskoppning av koldioxid, för utlastning av ökade mängder cement, samt för den ökade användningen av alternativa bränslen och råvaror. Det kommer även att krävas muddring i farleden utanför hamnen.

I nedanstående stycken beskrivs *planerade förändringar* övergripande för respektive del av verksamheten/processen. För en mer detaljerad beskrivning hänvisas läsaren till projektets tekniska beskrivning, säkerhetsrapport och MKB.

### 2.4.1 Stenlager och råkvärl

Den inkommande positionen för transportbandet in till stenlagret kan komma att justeras för den planerade verksamheten. Detta för att anpassa logistiksystemet till bolagets pågående täktverksamhet. Malning av kalksten till råmjöl kommer i huvudsak ske på motsvarande sätt som i befintlig verksamhet. För att möjliggöra installation av ny utrustning till CCS-anläggningen kan dock äldre utrustning behöva rivas, till exempel äldre råmjölssilor till den sedan tidigare avställda ugn 6.



## 2.4.2 Klinkerproduktion

### Cyklontorn, cementugnar och bypass

För att möjliggöra installationen av en framtida CCS-anläggning planeras i huvudsak följande förändringar:

- Installation av värmeväxlersystem för att omhänderta restvärme från avgaserna som lämnar cyklontornet i ugn 8. Restvärmen används i CCS-anläggningen. Åtgärden innebär att restvärme som i befintlig verksamhet nyttjas för elproduktion i gasturbin, i stället kommer att nyttjas i CCS-anläggningen.
- Installation av utrustning, värmeväxlare med mera, för att recirkulera rökgaserna i bypass från ugn 8.
- Installation av värmeväxlersystem för att omhänderta restvärme från avgaserna som lämnar cyklontornet i ugn 7. Restvärmen används i CCS-anläggningen.
- Anpassning av befintlig skrubberskorsten. Skorstenen modifieras för att möjliggöra avledning av rökgaserna till CCS-anläggningen.

För att möjliggöra installation av tillkommande utrustning kommer det vidtas rivningsarbeten av äldre utrustning inom området (till exempel ugnslinje 6). Därutöver kommer det krävas installation av rörbryggor och fundament för distribution av media: rökgaser, el, hetvatten, ånga, olja med mera.

### Kylning och lagring av klinker

De huvudsakliga förändringar som planeras är integrerade med uppförandet av CCS-anläggningen och omfattar följande,

- Installation av värmeväxlare till klinkerkylare ugn 7. Värmen utnyttjas i CCS-anläggningen (och vid behov till fjärrvärmeproduktion).
- Modifiering av befintlig värmeväxlare tillhörande klinkerkylare ugn 8. Värmen utnyttjas i CCS-anläggningen (eller vid behov till fjärrvärmeproduktion på motsvarande sätt som i befintlig verksamhet).

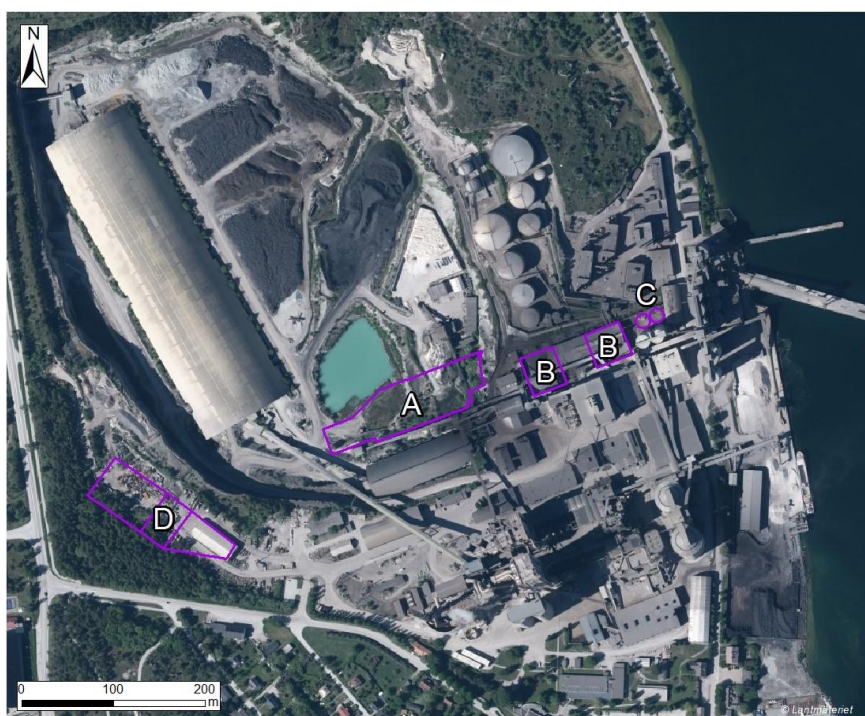
## 2.4.3 Bränslen och råvaror

Lagring av råmaterial kommer generellt att utföras med samma metoder som i befintlig verksamhet, dvs.

- Silor för finkorniga material (askor).
- Öppen lagring för ej dammande material som lagras i stora volymer (till exempel slagg och kalksten).
- Lagring under tak och i hallar för material som behöver hållas torrt av processtekniska skäl.

Bolagets planer på att uppföra CCS-anläggningen i Östra brottet, tillsammans med ökad användning av restmaterial (till exempel slagg) och jungfruliga material som vulkanisk aska, föranleder anpassning av lagringsplatser och uppförande av nya lagringsutrymmen. Åtgärder som kan bli aktuella att genomföra är följande (bokstäverna i listan refererar till bokstäverna i Figur 4):

- A. Avbaning och utfyllnad av markområde i anslutning till Stockpile för att öka lagringskapaciteten för slagg utomhus.
- B. Modifiering av befintlig gammal ugnshall, alternativt uppförande av ny byggnad för lagring av tillsatser (till exempel järnoxid) (lagrings- och logistiklösningen är beroende av lokaliseringen av utrustning för ökad produktionskapacitet av cement).
- C. Uppförande av lagringssilor för vulkanisk aska.
- D. Uppförande av lager på ytan i sydvästra delen av bolagets verksamhetsområde (bland annat lagerhallar för FAB och öppna lager för gummi och tillsatsmaterial).



Figur 4. Etablering och modifiering av mellanlager för råvaror.

#### 2.4.4 Cementproduktion

Processen för att producera cement planeras att fortsätta på motsvarande sätt som i befintlig verksamhet där klinker och tillsatser mals i cementkvarnarna. Åtgärder som planeras att vidtas för att nå en framtida produktion på upp till 3,2 miljoner ton cement är följande:

- Installation av vertikalkvarn (VRM) med tillhörande kringutrustning (filter med mera) för att förmala material till cementkvarnarna (till exempel kalksten). Denna åtgärd kan innebära att det uppförs en ny byggnad i anslutning till cementverk 1 och 2.
- Installation av hydraulkross (Roller press) med tillhörande kringutrustning (filter med mera) för att krossa material innan de tillförs cementkvarnarna. Denna åtgärd kan innebära att det uppförs en tillhörande byggnad i anslutning till cementverk 1 och 2.
- Uppförande av nya lagersilor (filter m.m.) i anslutning till befintliga flygaskesilor. Nya silor uppförs för lagring av vulkanisk aska.

Presenterade åtgärder ovan innebär också att det kan tillkomma tillhörande transportsystem och lagringsutrustning (till exempel silor) för material, samt installation av kringutrustning som el, tryckluft, m.m.

### 2.4.5 Hamnverksamhet

Uppförandet av den nya CCS-anläggningen samt ökad produktion av cement föranleder förändringar i bolagets hamn. Följande åtgärder kan vara aktuella (se även Figur 5).

- A. Norra piren: Uppförandet av CCS-anläggningen kräver en ny pir för utlastning av koldioxid. Från piren kommer det finnas möjlighet att lasta ut koldioxid samt lossa flytande kemiska produkter (bränslen, ammoniaklösning med mera). Det kan också vara aktuellt att möjliggöra hantering av fasta produkter vid piren. Detta gäller utlastning av cement och lossning av till exempel askor.
- B. Förlängning av Cementpiren: I befintlig verksamhet kan endast ett fartyg lastas åt gången. För att optimera utlastningen av cement kan piren komma att förlängas samt förstärkas för att möjliggöra att två cementfartyg lastas samtidigt.
- C. Lagerhallar: För att möjliggöra ökad hantering och lagring av avfallsbränslen planeras ytterligare lagerhallar inom hamnområdet..
- D. Förlängning Oceankaj: Det kan vara aktuellt att förlänga Oceankajen, dels för att optimera det framtida flödet för lossning av material, dels för att nyttja kajplatsen för att förbereda ankommande fartyg inför lossning av material.

Härutöver kommer farleden att muddras för att öka djupgåendet från cirka 8 till 10 meter.



Figur 5. Principskiss över planerade förändringar i cementfabrikens hamn.

### 2.4.6 Transporter

#### Landtransporter

För den planerade verksamheten kommer i huvudsak samma *interna transporter* att användas som i befintlig verksamhet. Skillnaden är att transportrörelser mellan hamnområdet och fabriksområdet kan öka när mer FAB används i cementugnarna. För *externa transporter* tillkommer transport av amin och natriumhydroxid via lastbil. Utöver ankomst till verksamheten genom huvudporten tillkommer också en mindre andel transporter längs Storgatan från norr och från söder. Tillkommande transporter längs med storgatan är t.ex. utlastning av cement m.m.

I övrigt förväntas inga väsentliga förändringar av transporter på land förutom under anläggningskedet.

### Sjötransporter

I den planerade verksamheten kommer antalet sjötransporter att öka. Ökningen av antalet anlöp till hamnen beror huvudsakligen på uttransporten av koldioxid som kommer transporteras via fartyg till permanent lagringsplats under havsbotten. Marknaden för fartygstransport av koldioxid är i etableringsstadiet. Det innebär att lastkapaciteten på fartygen inte är fastställd. Lastkapaciteten kan komma att vara i spannet 10 000–20 000 ton.

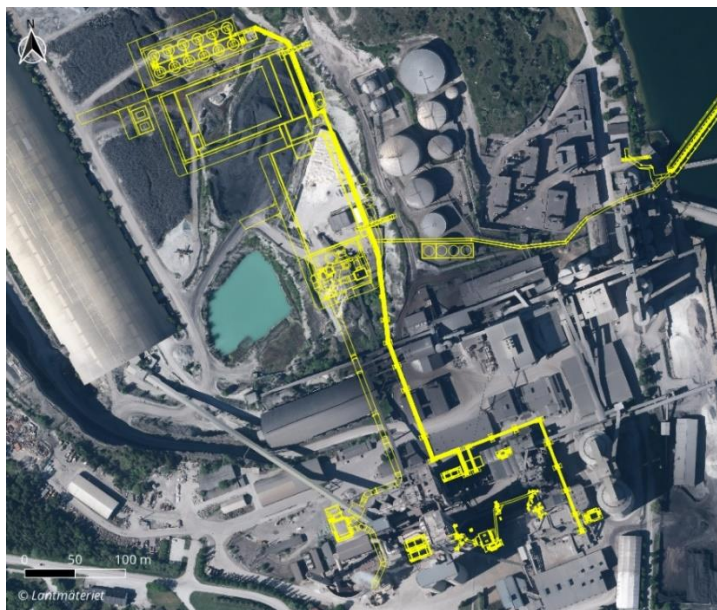
### 2.4.7 Bränslen

I verksamheten används både traditionella fossila bränslen (kol, petroleumkoks, olja) och olika avfallsbränslen. Olika avfallsbränslen som nyttjas är sorterade avfallsfraktioner s.k. förädlat avfallsbränsle (FAB), gummi (däck), rester av olja (konverterad eldningsolja/KEO) och lösningsmedel (AC-bränsle). Härutöver används diverse biobränslen (till exempel solrosfrön och biokol). Över tid har bränslemixen i Slitefabriken förändrats mot att inkludera mer avfall med biogent ursprung. Detta har ökat mängden (antal ton) avfallsbränsle som används i verksamheten.

Bolagets strategi är att fortsätta att ersätta bränsle av fossilt ursprung med bränsle med biogent ursprung. Anläggandet av processutrustning för koldioxidavskiljning såväl som hantering av större bränslemängder eller nya bränsleslag, kan komma att innebära nya lagerlokaler (till exempel silos, hallar) eller omlokalisering av befintliga lokaler inom verksamhetsområdet.

## 2.5 NY CCS-ANLÄGGNING

Syftet med den planerade CCS-anläggningen är att kunna avskilja koldioxid från cementugnarnas rökgaser. CCS-anläggningen med dess tillhörande infrastruktur kommer att utgöra en helt ny del i bolagets verksamhet. CCS-anläggningen avses anläggas i Östra brottet där det kommer att finnas processutrustning för att avskilja och mellanlagra koldioxiden. Vidare kommer en ny rökgaskanal att uppföras från befintlig skrubberskorsten till Östra brottet för att leda cementugnarnas rökgaser till CCS-anläggningen. Samtidigt uppförs en ny mediabrygga från Östra brottet till den nya Norra piren i hamnen, se Figur 6.

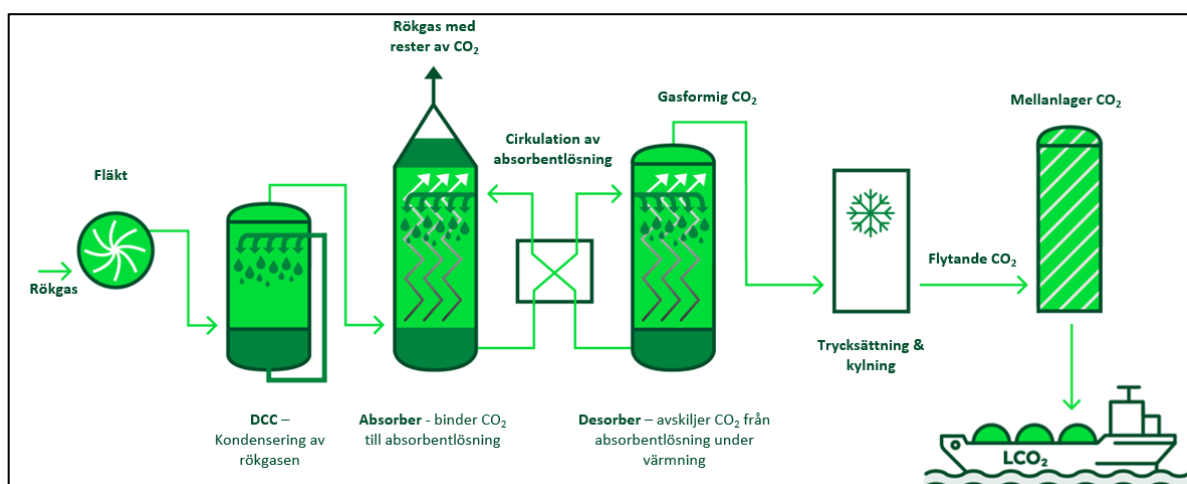


Figur 6. Principskiss av CCS-anläggning och Norra piren.



CCS-anläggningen kommer att anpassas för att ta emot rökgaser från båda cementugnarna. Anläggningens design gör det också möjligt att ta emot rökgaserna i det fall när enbart ugn 8 är i drift. Anläggningen fungerar så att antingen leds hela rökgasflödet från skrubberskorstenen till avskiljning eller så avleds inget flöde till avskiljning. Produktionen av klinker och cement dvs. drift av cementugnar och cementverk kommer att kunna utföras på motsvarande sätt som i befintlig verksamhet, dvs. oberoende av om CCS-anläggningen är i drift eller ej (t.ex. vid underhållsstopp i CCS-anläggningen).

Figur 7 utgör en översiktsskild av processen för koldioxidavskiljning. Anläggningen fungerar principiellt så att rökgaser från cementugnarna leds i en avgaskanal till en kylare (DCC). Kylaren tar bort en del av det vatten som finns i rökgasen och kylar samtidigt rökgasen, som leds vidare till en absorber. Genom absorbern strömmar en absorbentlösning som binder till sig koldioxid vid kontakt med rökgasen. Rökgasen strömmar uppåt, lämnar absorbern renad från koldioxid och leds vidare ut genom den nya skorstenen. Absorbentlösningen leds vidare till en desorber (också kallad stripperkolonn) där absorbentlösningen värms upp. När lösningen värms avgår koldioxiden i gasform. Den gasformiga koldioxiden leds till trycksättning och kylning där den övergår i flytande form. Den flytande koldioxiden mellanlagras sedan i tankar i väntan på utlastning till fartyg och vidare transport till extern mottagare för slutförvar.



Figur 7. Översikt över koldioxidavskiljningen.

### 2.5.1 Koldioxid

Koldioxid är en färglös och luktfri gas som finns naturligt i atmosfären. Gasen är tyngre än luft med ett densitetstal på 1,5 (luft = 1). Koldioxid påverkar andningen bland annat genom att tränga undan luftens syre och orsaka kvävning. Flytande koldioxid och utströmmande gas kan ge köldskador. Gasen verkar kvävande på eld och uppvärmning av slutna behållare kan ge kärlsprängning. Koldioxid förångas fort och kall gas sprids efter marken samt till ledningar och lågt liggande utrymmen. Gasen kondenserar luftens fuktighet till tjock dimma. (6)

Koldioxid bedöms kunna ha en likvärdig effekt på djurlivet som på människor, dvs. risk för kvävning. Vidare har koldioxid en lätt försurande effekt på det lokala ekosystemet i form av en PH-sänkning.

Material, mark, vattenledningar och liknande som kommer i kontakt med gasen kyls ned. Djupkyld vätska kan tränga ner i genomsläpplig mark (sand, grus) och ansamlas i marken med kraftig tjälbildning som följd. Djupkyld vätska flyter på vatten under sakta upplösning och kraftig gasutveckling. Upplöst koldioxid avdunstar till viss del från vattendrag (halveringstid: dygn i stillastående vatten). Djupt vatten och kyla kan dock fördröja avdunstningen. (6)

Lagringstankarna är trycksatta, där koldioxiden förvaras i en temperatur som är cirka -20 °C eller lägre.

Slutgiltig design av lagringstankar (lagringstemperatur och tryck) måste anpassas till de system som tillämpas på marknaden för transport och slutlagring av koldioxid. Denna marknad är under utveckling och det kan innebära att bolagets lagringssystem (tankar) antingen designas för lågtryck (cirka 5–10 bar) eller mellantryck (cirka 10–20 bar). Lagringstankarnas totala kapacitet kan komma att uppgå till cirka 53 000 m<sup>3</sup> koldioxid.

### 2.5.2 Ammoniak (vattenfri)

Ammoniak är en färglös gas eller vätska, med skarp stickande lukt. Ammoniak planeras att användas som köldmedium i CCS-anläggningens kylanläggning. I kylanläggningen sker förvätskning av koldioxiden. Den totala mängden kommer uppgå till 7,2 ton, fördelat på 12 kylare.

Ammoniak i gasform verkar kraftigt irriterande till frätande på ögon, slemhinnor och hud. Ammoniak är normalt inte brandfarligt, men kan vara brännbart i höga koncentrationer (endast i avgränsade utrymmen). För antändning krävs hög tändenergi. Uppvärmning av sluten behållare kan ge kärlsprängning. Vid kontakt med zink eller aluminium kan vätgas bildas, som i sin tur ger explosiva blandningar. Ammoniak förångas mycket snabbt vid utflöde på mark och i vatten. Vid utflöde kan vätskepoölar bildas och stora gasmoln sprids till att börja med efter marken och till lågt liggande utrymmen. Efter succesiv uppvärmning stiger gasen uppåt. Förångad ammoniak bryts ned eller löser sig i nederbörd.

Kylanläggningen för kondensering av koldioxiden använder vattenfri ammoniak (R717) som kylmedium och består av flera slutna slingor där gasformig ammoniak respektive kondenserad ammoniak passerar genom värmeväxlare. I den nuvarande designen av kylaggregatet är detta baserat på 12 kylare med separata slutna slingor, där varje slinga innehåller ungefär 600 kg köldmedium. Värmeväxlarna är placerade inomhus i separata maskinrum och de anknutna slingorna löper genom olika rum i de berörda byggnaderna. Ett maskinrum innehåller fyra kylare och därmed maximalt 2400 kg ammoniak. Ingen utrustning som innehåller vattenfri ammoniak (R717) är placerad utomhus.

## 2.6 HANTERING AV ÖVRIGA FARLIGA ÄMNEN

I nedanstående stycken beskrivs hantering av samt grundläggande egenskaper hos de övriga farliga ämnen som förekommer inom fabriksområdet.

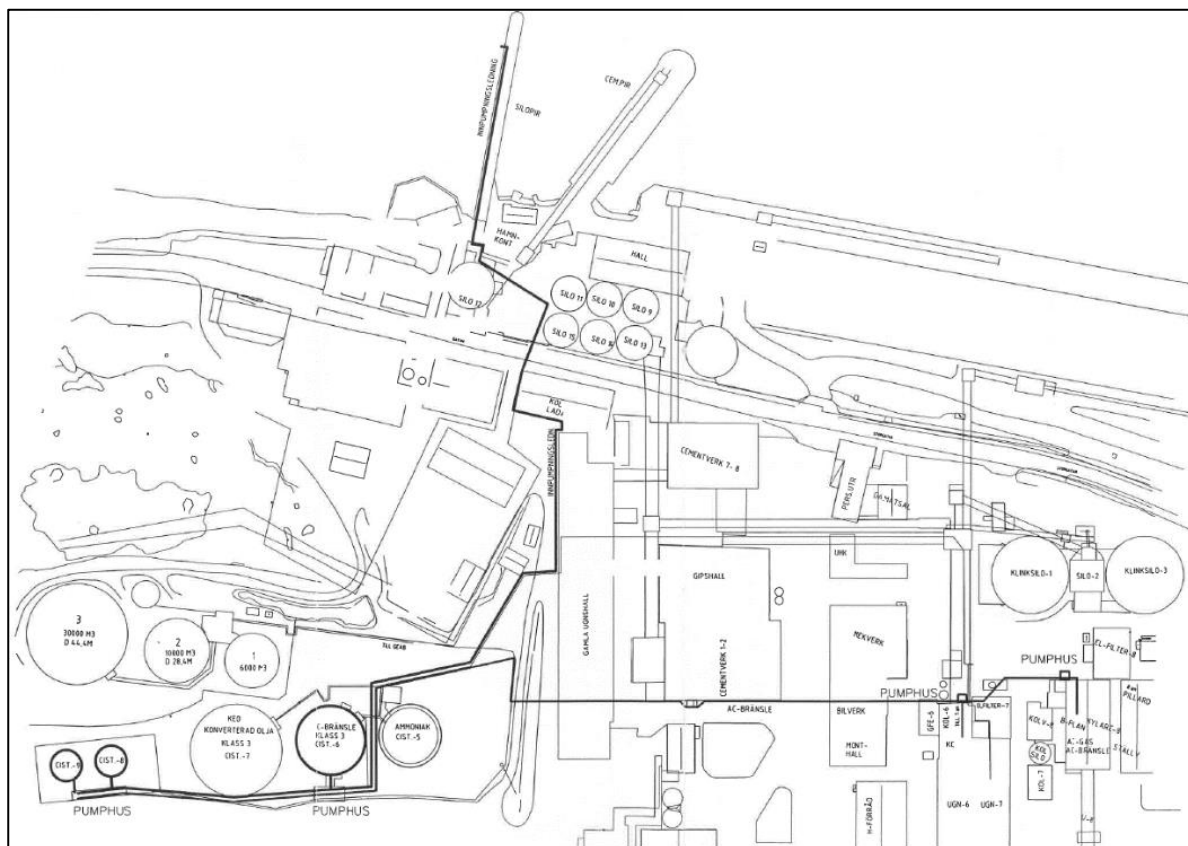
### 2.6.1 A/C-bränsle

Enligt Sevesoförordningen utgör A/C-bränsle kategoriämne enligt del 1 P5a "Brandfarliga vätskor" med gränsvärde 10 och 50 ton för lägre resp. högre kravnivån. Dessutom utgör A/C-bränsle kategoriämne enligt del 1 E2 "Miljöfarlighet".

A/C-bränsle omfattas av Sevesolagstiftningen och utgörs av återvunna petroleumkolväten och organiska lösningsmedel. Produkten är klassificerad enligt CLP (Europaparlamentets och rådets förordning 1272/2008 om klassificering, märkning och förpackning av ämnen och blandningar) som bland annat *Giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter kat. 2, farokod H411*, samt *extremt brandfarlig vätska kat. 1, farokod H224*. A/C-bränsle har en densitet på cirka 750–1000 kg/m<sup>3</sup>. Vid ett utsläpp kommer vissa lättare fraktioner att förångas vilket kan ge upphov till brandfarliga gaser som kan antändas av gnistor eller statisk elektricitet. Huvuddelen kommer dock att kvarstå som vätska som kan förorena mark, yt- och grundvatten om ingen skyndsam sanering kan utföras. Vattenlösligheten varierar för ingående substanser där flertalet har låg löslighet medan andra är mer eller mindre lösliga i vatten.

A/C-bränsle lagras i cisternerna 8 och 9 på Oljeberget och används som bränsle, för att minska förbrukningen av fossila bränslen, vid cementtillverkningen. Förbrukningen av A/C-bränsle varierar beroende av tillgång.

Vid hög tillgång har den årliga förbrukningen överstigit 20 000 ton (i samband med covid med hög tillgång på destruerade lösningsmedel). A/C-cisternerna är grundlagda i betong för att minimera eventuellt utsläpp till mark och placerade inom en invallning försedd med automatiska vakter som påvisar ett eventuellt läckage. Dräneringsgrop finns med en oljeavskiljare och även en gasvakt i dräneringsgropen. Vid området finns även en skumsläckningsanordning. (7)



Figur 8. Ledning för lossning av A/C-bränsle vid oljepiren, lagring i cisternerna 8 och 9, samt ledning för distribution till ugnar markerade.

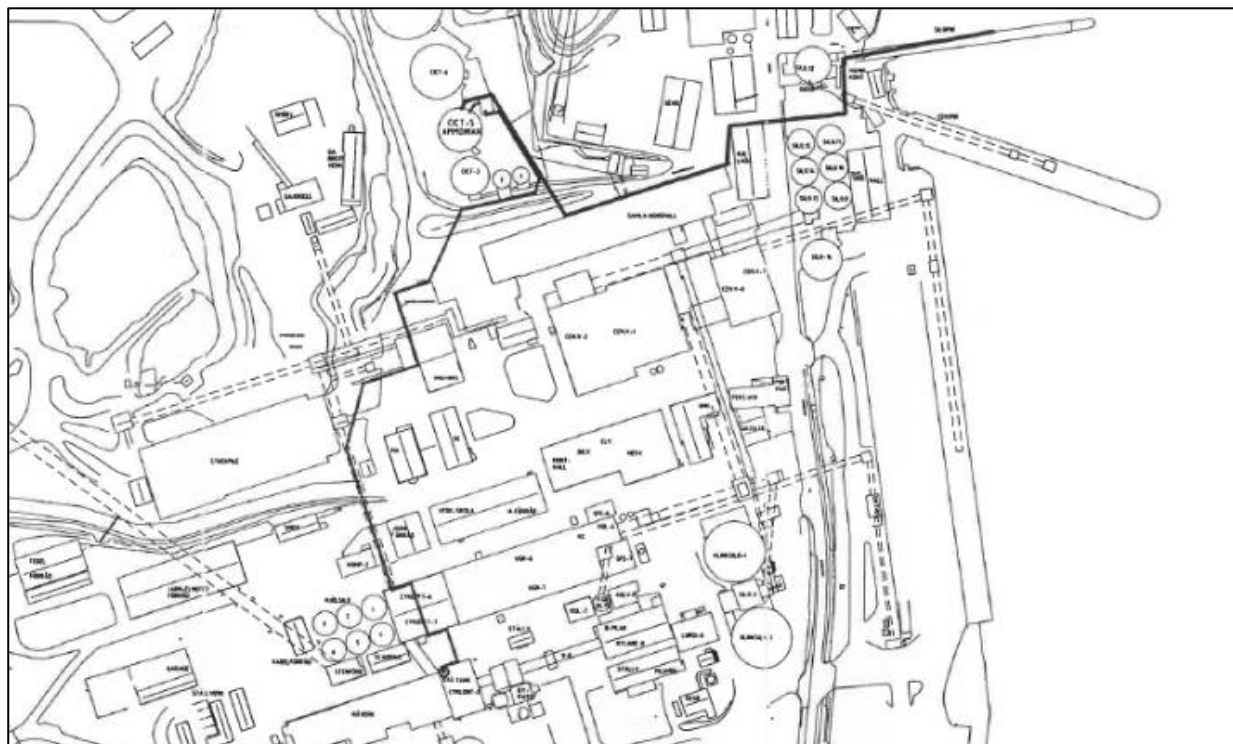
## 2.6.2 KEO

KEO är en tung eldningsolja som består av insamlade oljerester. Produkten används som bränsle och totalt hanterar verksamheten cirka 1000 - 1500 ton per år. Flampunkten är enligt säkerhetsdatablad angiven till >60 °C vilket gör att produkten inte klassificeras som brandfarlig vara enligt lagen om brandfarliga och explosiva varor eller omfattas av Sevesolagstiftningen avseende fysikaliska faror. KEO är klassificerad enligt CLP som bland annat *Mycket giftigt för vattenlevande organismer kat. 1, farokod H400* och *Mycket giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter kat. 1, farokod H410*.

KEO har en densitet på cirka 900 kg/m<sup>3</sup>. Vattenlösligheten är låg och vid utsläpp till vatten kommer KEO initialt att flyta på ytan men senare kan tyngre komponenter sjunka. Vid ett utsläpp kommer vissa lättare fraktioner att förångas men huvuddelen kvarstå som vätska som kan förorena mark-, yt- och grundvatten om ingen skyndsamt sanering kan utföras. (7) KEO bedöms som mycket giftig för vattenlevande organismer. KEO innehåller potentiellt bioackumulerande ämnen.







Figur 10. Ledning för lossning av ammoniaklösning vid oljepiren, lagring i cistern 5, samt ledning för distribution till kväveoxidreningen är markerade.

#### 2.6.4 Gasol och acetylen

För underhållsarbete använder bolaget mindre mängder av gasol och acetylen. Dessa lagras i ett gasförråd i västra delen av fabriksområdet. (7)

Gasol är en brandfarlig gas med ett brännbarhetsområde på 2–10 vol%. Gasol är tyngre än luft och förångas mycket snabbt. Acetylen är en brandfarlig gas med ett mycket stort brännbarhetsområde: 2–82 vol%. Gasen ger snabbt explosiva blandningar som kan antändas lätt. Acetylenbrand är mycket het. Uppvärmning av behållare kan ge våldsamt kärlsprängning.

#### 2.6.5 Diesel

Dieselolja används som drivmedel i dieselmotorer eller bränsle i förbränningsanläggningar. Produkten är klassificerad enligt CLP som bland annat *Giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter, farokod H411*. Dieselolja har en densitet på cirka 800–850 kg/m<sup>3</sup>. Vattenlösligheten är låg och vid utsläpp till vatten kommer oljan att flyta på ytan. Vid ett utsläpp kommer vissa lättare fraktioner att förångas men huvuddelen kvarstår som vätska som kan förorena mark-, yt- och grundvatten om ingen skyndsamt sanering kan utföras. Flampunkten för dieselolja anges till 60–100 °C, vilket gör den till en brandfarlig vätska även om dess miljöfarlighet anses vara den dominerande faran. (7)

Totalt hanteras diesel i fyra mindre tankar inom fabriksverksamheten (26 m<sup>3</sup>).

#### 2.6.6 Eldningsolja

Eldningsolja, som är en brandfarlig vätska, används i verksamheten som stödbränsle till cementugnarna vid uppstart, samt vid torkning av kol i kolverket. Eldningsolja förvaras i invallad cistern 40 m<sup>3</sup>, ytan inom invallningen består av hårdgjord yta.

### 2.6.7 Krut (ammunition)

Inom fabriksområdet hanteras ammunition med patroner av krut för industrikanon som används för rensning av ugnar. Mängden som teoretiskt sett kan lagras i ammunitionsskåpet är cirka 50 kg, vilket också är den tillståndsgivna mängden. Den normala lagermängden av ammunition uppgår dock till cirka 35 kg. Aktuell ammunition utgör kategoriämne enligt Sevesoförordningens bilaga 1, del 1: *P1a Explosiva ämnen, blandningar och föremål*. Krut är stabilt under normala förhållanden men antänds lätt och brinner då mycket snabbt. Krut klassificeras enligt CLP i *riskgrupp 1.3 och farokod H203*. Krut brinner med hög hastighet och utvecklar gaser utan yttre tillförsel av syre. Den snabba förbränningen benämns deflagration vilket inte ska förväxlas med detonation av sprängämnen vilket sker med avsevärt högre hastighet.

Hanteringen av dessa explosivämnen är helt avskild från exempelvis bränslehanteringen. (7)

## 2.7 OMGIVNINGEN

Både norr och söder om fabriksområdet ligger Slite samhälle på Gotland. I Slite samhälle bor cirka 2 000 personer och fabriken ligger cirka 400 meter norr om Slite centrum. Närmaste bostäder ligger söder om fabriksområdet längs med Skolgatan, och norr om fabriksområdet ligger närmaste bostad längs med Paul Fries väg. Förutom bostäder finns även en kyrka samt andra verksamheter i verksamhetsområdets direkta omgivning. Nordost om Östra brottet finns en småbåtshamn. I direkt anslutning till bolagets fabriksområde, på fastigheten Othem Cementen 4, har Vattenfall en anläggning för reservkraft (el).

Väster om Slite tätort ligger två täkter; Västra brottet och Filehajdar-täkten, där bolaget bryter kalksten till cementproduktionen i Slite. Länsväg 147 passerar i nord-sydlig riktning mellan Västra och Östra brottet, direkt väster om Slitefabriken. Nordväst om fabriken ligger Östra brottet, som är en del av fabriksområdet. Östra brottet är en sedan lång tid tillbaka utbruten täkt som numera används för lagring av krossad kalksten, övriga råmaterial samt bränsle.

Slitefabriken är belägen nära den egna hamnen för utskeppning av produkter samt nära den råvara (kalk- och mägersten) som används för cementtillverkningen. Fabriksområdet är enligt stadsplanen avsatt för industriändamål. En ny översiktsplan som ska gälla till år 2040 är under framtagande. Inga större förändringar av bebyggelsen runt bolagets fabriksområde är att vänta.



Figur 11. Karta över aktuellt industriområde med omgivning.

### 2.7.1 Omgivande verksamheter

I Tabell 1 redovisas en lista över identifierade verksamheter som kan ge upphov till allvarlig kemikalieolycka i omgivningen. Respektive verksamhet beskrivs övergripande i styckena nedan, för utförligare information hänvisas till säkerhetsrapporten.

Tabell 1. Lista över omgivande verksamheter.

Nr.	Verksamhetsutövare	Verksamhet	Seveso
1	Orica AB	Depåverksamhet för sprängämnen	Lägre
2	Vattenfall/Gotlands Energi AB (GEAB)	Bränsledepå	Lägre

#### Orica AB

I nära anslutning till Slitefabrikens täktverksamhet ligger Orica AB:s depåverksamhet som lagerhåller och levererar sprängämnen till bolaget.

Verksamheten omfattas av den lägre kravnivån enligt Sevesolagen och karaktäriseras av att den endast utgörs av mottagning, lagring och leverans av förpackade sprängämnen. (7) Aktuell hantering utgörs av brandfarlig vara (ammoniumnitrat i prillor, 40 ton och 95 ton lösning) samt hantering av explosiva ämnen (20 ton explosiver och 20 ton tändmedel). Alla sprängämnen är förpackade i plaströr eller plastsäckar.

Enligt Oricas Sevesoanmälan utgör bränder i förråd värsta tänkbara händelse. Sannolikheten för brand bedöms dock som mycket liten. Varken bolagets fabriksområde i allmänhet eller östra brottet i synnerhet ligger inom det skyddsavstånd som Orica redovisar (från det förråd som ligger närmst Heidelberg Materials fabriksverksamhet).

#### Vattenfall/GEAB

Anläggningen i direkt anslutning till Heidelberg Materials cisternpark på Oljeberget ägs av Vattenfall AB Värme Sverige medan GEAB står för drift och underhåll. Ansvaret fördelas så att Vattenfall ansvarar för att anläggningen i sig uppfyller gällande lagstiftning och genomför de investeringar som krävs för detta. GEAB som entreprenör ansvarar för att personalen följer gällande lagstiftning vid utförande av arbetsuppgifter, exempelvis kompetens, utbildning, skyddsutrustning etc. GEAB ansvarar för brandskyddet. (8)

Den huvudsakliga verksamheten utgörs av bränslelagring för att kunna köra gasturbinanläggningen (reservkraftanläggningar för el) i händelse av längre strömavbrott på Gotland. Verksamheten ansvarar också för produktion- och distributionen av fjärrvärme till Slite samhälle. Fjärrvärmen produceras från restvärme som uppkommer i Heidelberg Materials verksamhet, eller från olja under de tillfällen när cementugnarna stoppats. Utrustning för att producera fjärrvärme till Slite är lokaliserad inom Heidelberg Materials fastighet medan gasturbiner är lokaliserade inom Vattenfalls fastighet.

Gasturbinkraftverket används som spets och reservkraftverk. Som sådant skall det kunna tas i drift vid störningar i den ordinarie kraftförsörjningen samt vid lokala problem i distributionsnätet. Mängden lagrat bränsle gör att anläggningen klassas som en Sevesoverksamhet på den lägre kravnivån.

I dagsläget är tre av fyra cisterner i bruk och endast flygfotogen (Jet A1, brandfarlig vätska med en flampunkt på 38 °C) för drift av gasturbin lagras. Cisternerna för Jet A1 rymmer 30 000, 10 000 m<sup>3</sup>, respektive 6 000 och de två största cisternerna är isolerade och plåtklädda. Destination Gotland nyttjar en cistern (10 000 m<sup>3</sup>) för marindiesel som lastas vid Storgatan och körs till terminalen.

Bränslet transporteras med fartyg till Heidelberg Materials oljepir, sedan via rörledning upp till Vattenfalls cisterner. Transportledning för Jet A1 ägs av Vattenfall medan transportledning för andra medier från hamn upp till Vattenfalls fastighetsgräns ägs av Heidelberg Materials.

Inom GEAB finns det rutiner och instruktioner hur akuta händelser eller haverier ska hanteras. Verksamheten har personal för egen första insats i händelse av brand eller utsläpp. GEAB har återkommande haveriövningar och övar både internt och tillsammans med Räddningstjänsten på Gotland. Senaste samverkansövningen med Heidelberg Materials genomfördes 2018.

Då verksamheternas cisterner ligger i nära anslutning till varandra och då GEAB:s rörledningar går genom Heidelberg Materials fabriksområde, kan risken för dominoeffekter inte uteslutas.

De huvudsakliga riskreducerande åtgärderna inom verksamheten utgörs av vidarekopplat brandlarm, släcksystem med CO<sub>2</sub> (pumprum, oljepumpar, bränslepackar och motorer), handbrandsläckare och detektorer för rök och värme. För större oljeläckage finns nödlägesberedskap och rutiner. Cisternområdet är invallat med betongvall och naturlig stenmur.

Enligt riskbedömning för anläggningen (9) bedöms följande risker i huvudsak kunna medföra påverkan på Heidelberg Materials anläggning: överfyllnad av cistern eller läckage > 10 m<sup>3</sup> som resulterar i storskalig cisternbrand. Läckage från rörledning, läckage på grund av sabotage, brand samt spridning av spill bedöms också kunna medföra viss påverkan eller dominoeffekt.

#### **Andra verksamheter och aktiviteter**

På Gotland finns inga utpekade transportleder för farligt gods. Däremot förekommer transporter av farligt gods på närliggande allmänna vägar samt genom fartyg till och från hamnen i Slite.

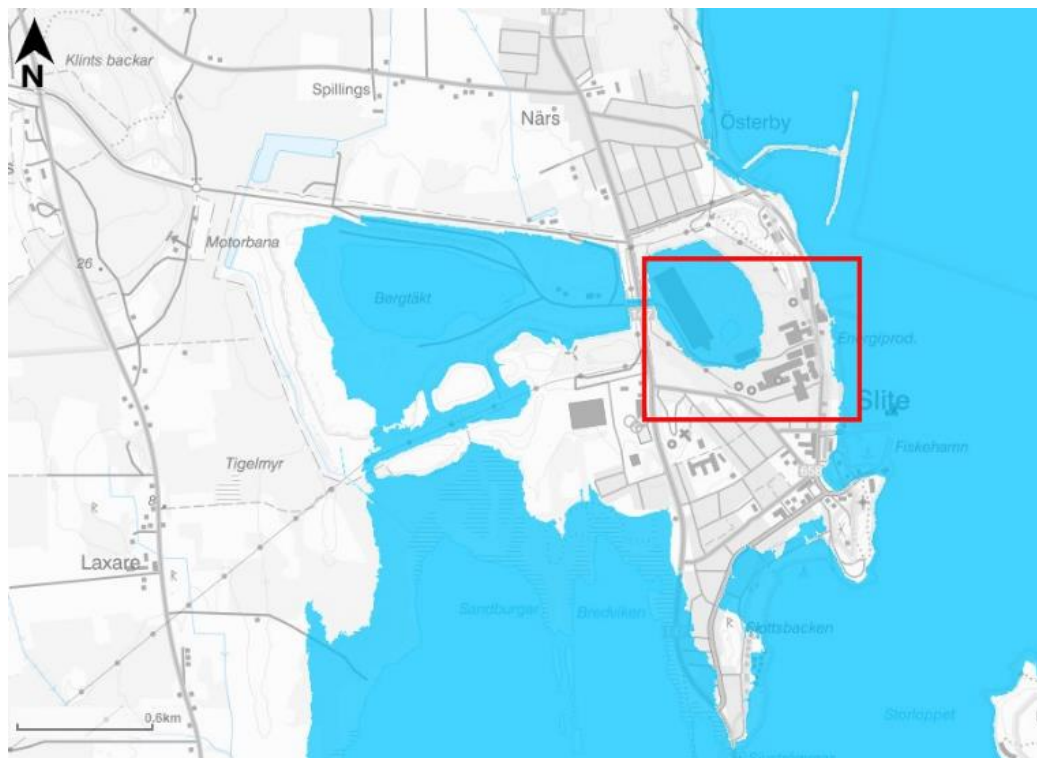
## **2.8 METEOROLOGISKA OMGIVNINGSAKTÖRER**

Följderna av en naturhändelse såsom höga vattennivåer, hög vindstyrka samt åska och blixnar i närheten av en verksamhet skulle kunna initiera eller leda till en olycka på anläggningen. En utförlig redovisning av olika meteorologiska data för bolagets anläggning i Slite återfinns i säkerhetsrapporten. (7) Nedan sker endast en kort summering av betydelsen av dessa indata, för ytterligare information hänvisas till säkerhetsrapporten.

Indata är viktig för att övervaka trender över tid och därmed ge underlag för att förebygga att trender med extrema väder påverkar hanteringen. Kännedom om vad anläggningen historiskt klarar av ger också en god referensram för planering och rutiner kopplade till framtida förändringar i väder och klimat. En annan aspekt är att kunna uppskatta och beskriva effekter och påföljande skador av en eventuell oönskad händelse vid en industriell olycka. Exempelvis påverkar vindriktningen spridning av utsläppt gas eller brandrök.

Geologiska och hydrologiska förhållanden, så som markens sammansättning, akksamhetsområden för skred, avrinning och havsvattenstånd är faktorer som ska beaktas både vid projektering och drift av en anläggning. Exempelvis visar MSB:s karteringar att förväntad havsnivåhöjning orsakad av klimatförändringar kan komma att översvämma det östra brottet med dagens utformning. Bolaget planerar dock att stänga tunnlarna som sammanbinder de bägge brotten varvid översvämningsrisken för det östra brottet förväntas utgå. Större delen av själva Cementfabriken berörs inte av någon bedömd översvämningsrisk vid en eventuell havsnivåhöjning på 1 till 5 meter [8].





Figur 12. Översvämmad mark vid havsnivåhöjning på 2,5 m vid anläggningen i Slite, cementfabrikens anläggningsområde är inringat i rött.

## 2.9 SKYDDSVÄRDA OMRÅDEN OCH OBJEKT

I Slite med omgivningarna finns flera riksintressen. Det finns även skyddade områden såsom Natura 2000-områden och naturreservat. Nedan beskrivs de riksintressen och skyddade områden som finns i närområdet kring bolagets befintliga verksamhet.

Nuvarande verksamhet har funnits på platsen sedan 1919 och präglar i hög grad närområdet. Slitebrottet utgör riksintresse för naturvård och omfattar större delen av fabriksområdet samt Västra brottet. Slite skärgård är naturreservat. Vattenområdet utanför Slite (utom närområdet till hamnen) ingår i riksintresset Nordöstra Gotlands kust och skärgård.

Avståndet till närmaste vattenskyddsområde Othem i väster är drygt 2 km. I övrigt finns ingen skyddad natur i det direkta närområdet till Slitefabriken.<sup>2</sup> Vid ett stort läckage av flytande bränslen kommer i första hand närområdet till lagringsplatsen att påverkas. Vid totalhaveri eller stort ledningsbrott kan även närområdena till fabriksområdet och hamnområdet beröras.

### 2.9.1 Totalförsvaret

Fabriksområdet ligger inom MSA-området (Minimum Safe Altitude) för totalförsvarets riksintresse Visby flygplats. Vidare är den kommunala hamnen Slite hamn utpekad som ett område av betydelse för totalförsvarets hamnar och ett påverkansområde för buller och annan risk. Såväl bolagets fabriksområde som de närliggande täkterna är utpekade som riksintresse för totalförsvarets civila del. (1)

### 2.9.2 Kommunikationer

Farleden in till Slite hamn och bolagets hamn utgör riksintresse för sjöfart. (1)

<sup>2</sup> Se Naturvårdsverkets digitala verktyg: <https://skyddadnatur.naturvardsverket.se>

### 2.9.3 Friluftsliv

Kusten och Östersjön mellan Slite och Fårösund utgör riksintresse för friluftsliv på grund av natur- och kulturvärden och de goda förutsättningarna för friluftsliv. Enligt Naturvårdsverket bedöms det största hotet vara alltför hård exploatering på och i anslutning till stränderna i området. Hela Gotland utgör dessutom riksintresse för rörligt friluftsliv enligt 4 kap. 1–2 §§ miljöbalken. (1)

### 2.9.4 Natura 2000-områden och naturreservat

I nedanstående stycken beskrivs närliggande naturvärden i form av Natura 2000-områden och naturreservat. (1)

#### Asunden – Natura 2000-område och naturreservat

Området, som är en ö, består av ett öppet, strandnära och våtmarksrikt landskap där såväl naturtyper som förekomst av vissa fågelarter ligger till grund för utpekandet.

### 2.9.5 Vattenskyddsområde

Det finns två vattenskyddsområden strax väster om Slite tätort. Othem Slite utgör vattenskyddsområde för grundvattentäkten utanför Slite och består av sju bergborrade uttagsbrunnar, mellan Västra brottet och File hajdar-täkten, som försörjer samhället. Precis intill Othem Slite ligger vattenskyddsområdet Othem Ytings Klints. Vattenskyddsområdena bedöms inte kunna påverkas vid en allvarlig kemikalieolycka vid Slitefabriken.

### 2.9.6 Kulturmiljö

Det finns registrerade fornlämningar hos Riksantikvarieämbetet i och utanför Slite. Det handlar bland annat om vägmärken, historiska husgrunder, olika stensättningar och fyndsamlingar samt gravar. (1)

## 2.10 FÖLJDVERKSAMHET

Vid prövning enligt miljöbalken ska hänsyn tas till de följdverksamheter som kan antas behövas för att verksamheten ska kunna bedrivas (16 kap. 7 § MB) på ett ändamålsenligt sätt.

Täktverksamheten och uttaget av processvatten har separata miljötillstånd och omfattas inte av den ansökan som bolaget nu planerar att lämna in. All vattenhantering i nuvarande och tidigare täkter, även länshållningen av Östra brottet, ingår i täktstillståndet (och därmed inte i den nu planerade verksamheten).

Förstärkning av stamnät och regionnät omfattas inte av ansökan. Dock innebär den planerade verksamheten att ett nytt ställverk kan komma att anläggas (exakt placering är ännu inte avgjord) i GEAB:s regi och skulle då utgöra en följdverksamhet som ska omfattas av denna riskbedömning.

Fartygstransporter, inklusive transport av farliga ämnen, till och från verksamhetsområdet utreds i separat analys. Se vidare i avsnitt 0.

## 2.11 RISK- OCH SÄKERHETSARBETE

Bolaget bedriver ett omfattande risk- och säkerhetsarbete. Arbetet innefattar såväl förebyggande som skadebegränsande åtgärder. I detta avsnitt beskrivs övergripande huvuddragen i bolagets risk- och säkerhetsarbete i allmänhet samt aspekter som kan kopplas hanteringen av Sevesokemikalier i synnerhet.

Olycksförebyggande och skadebegränsande åtgärder vid anläggningen utgörs i huvudsak av:

- Arbetsinstruktioner och rutiner.
- Nödlägesinstruktioner.
- Fortlöpande arbete med utbildning och kunskap för personalen.
- Kontroller av utrustning inom anläggningen.
- Teknisk utrustning (exempelvis detektion, övervakning och fysiska barriärer).
- Mjukvara för planering och genomförande av underhåll.
- Egen personal ingår i brandskyddet.

Riskanalyser tas fram såväl internt som av extern part. Som en del av vidtagna skyddsåtgärder sker samträning med GEAB.

Bolaget är certifierat för kvalitet, miljö, energi och arbetsmiljö enligt ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001 och ISO 45001. Ledningssystemet gäller för utveckling, tillverkning, produktkontroll, lagring, försäljning och leverans av cement. Ledningssystemet syftar till att säkerställa att kvaliteten i företagets produkter är i överensstämmelse med kundavtalen samt att miljö och säkerhetskrav från regelsystem och den egna organisationen uppfylls. Ledningssystemet innehåller styrande dokument som policys, mål, handlingsplaner, rutiner och instruktioner.

### **2.11.1 Instruktioner och rutiner**

Slitfabriken har i enlighet med Sevesolagstiftningen ett gällande säkerhetsledningssystem. Säkerhetsledningssystemet utgörs av övergripande rutiner, instruktioner och regler som gäller för hela verksamheten och som är samlade under säkerhetsledningsprocessen. Utöver detta finns även säkerhetsinstruktioner och regler som är integrerade i de olika verksamhetsprocessernas arbetsinstruktioner. Alla relevanta dokument är tillgängliga för alla anställda.

Bolaget har utarbetat handlingsplaner för nödlägesberedskap för farliga ämnen enligt bestämmelserna i Sevesolagstiftningen. Dessutom finns handlingsplaner framtagna för händelser som rör bland annat fasta bränslen, ammoniaklösning och vissa insatsvaror. Varje handlingsplan innehåller säkerhetsdatablad och information om risker med tillhörande skyddsåtgärder så som:

- typ av hälsofara, miljöfara, brandfara och/eller explosionsfara,
- förebyggande åtgärder,
- personlig skyddsutrustning och åtgärder vid exponering,
- åtgärder vid brand, spill och sanering.

Handlingsplanerna innehåller dessutom klassning av riskzoner och skyddskrav för arbete i de olika zonerna. Noggranna instruktioner finns för hantering och förvaring av olika bränsleslag och råvaror samt för nödlägesberedskap vid brand och läckage. I varje dokument finns angivet vem som är ansvarig för att beredskapen efterföljs.

### **2.11.2 Utbildning**

En viktig grund för Slitfabrikens säkerhetsledningssystem är att säkerställa att alla medarbetare har den medvetenhet och kompetens som krävs för att utföra uppgifter som kan innebära säkerhetsrelaterade risker. Såväl medarbete som entreprenörer ska kunna uppvisa rätt kompetens för utförande av anvisad arbetsuppgift.

För varje befattning finns det en beskrivning av arbetsuppgifter, ansvar och befogenheter, vilka krav som ställs avseende utbildning och erfarenheter samt personliga egenskaper. Dessutom deltar Slitefabriken i regelbundna diskussioner med kollegor inom andra delar av Heidelbergkoncernen som lagrar, hanterar och använder liknande bränslen för att vidareutveckla rutiner och processer för att minska säkerhetsrelaterade risker.

En viktig del av bolagets systematiska säkerhetsarbete är personalens deltagande i de riskanalyser som genomförs. Därigenom ökar personalens kännedom och medvetenhet om vilka risker som föreligger i verksamheten.

För att upprätthålla en hög säkerhet vid hantering av KEO och A/C-bränsle sker regelbunden utbildning av personal. Underhållsrutiner går igenom löpande och en så kallad säker jobbanalys upprättas inför en specifik arbetsoperation där riskfaktorer inför arbetet kartläggs.

Utbildningar som regelbundet hålls för alla anställda och innehåller förutom en teoretisk del även praktiska övningar är bland annat:

- Utbildning i Hjärt- och lungräddning (HLR).
- Första hjälpen samt hjärtstartar-utbildning.
- Allmän brandskyddsutbildning inklusive årliga övningar i brandbekämpning.
- Utrymningsövningar.
- Interna utbildningar i kemikaliehantering.

Varje år genomförs en säkerhetsvecka med utbildning och föreläsningar för både egen personal och fasta entreprenörer. Säkerhetsveckan har olika tema från år till år och planeras och styrs av koncernen.

### 2.11.3 Kontroller

Skriftliga instruktioner och checklistor finns för drift och underhåll. Dessa finns dokumenterade i Heidelberg materials verksamhetssystem. Uppföljning av verksamheten sker på olika sätt genom exempelvis, avvikelshantering och åtgärdslistor. Ronderingar genomförs av utbildad personal inom anläggningen. Frekvens av rondering samt omfattning kan variera beroende på vilken del av verksamheten det är. För viss teknisk utrustning genomförs daglig rondering.

Övervakning av tillverkningsprocessen sker huvudsakligen från fabriken driftcentral som är bemannad dygnet runt, året om. Driftcentralen övervakar över mätpunkter, regleringar och driftindikatorer i tillverkningsprocessen i realtid. De indikatorer och mätningar som är förknippade med övervakande funktioner och relevanta ur en säkerhetsaspekt är försedda med larm.

Övervakning av verksamheten via kontrollrundor och med videokameror är en mycket viktig del av rutinerna för att kunna upptäcka och därmed begränsa följderna av en eventuell olycka eller onormal händelse. Kontrollrundor i anläggningen går flera gånger per 8-timmarsskift.

Underhållsarbetet vid anläggningen planeras genom ett underhållssystem. Även förebyggande underhåll finns inlagt i underhållssystemet. Underhåll av processutrustning kan göras i en viss omfattning när fabriken är i drift.

Större underhållsarbete på ugnslinjerna genomförs vid fabriken årliga underhållsstopp. Vid dessa tillfällen hyrs extern personal in för att utföra underhållsarbete tillsammans med medarbetare från Slitefabriken. Slitefabriken har ett femtiotal egna mekaniker och drygt tiotal elektriker som finns tillgängliga året om. Underhållsstoppen är mycket viktiga för fabriken driftsäkerhet varför förebyggande underhåll, diagnostisering av processutrustning och instrumentkalibreringar prioriteras högt.



Vidare utförs också större processförändringar och installationsprojekt av strategisk karaktär vid underhållsstoppen.

#### **2.11.4 Räddningstjänst**

Bolaget arrangerar regelbundet utrymningsövningar. Interna utbildningar hålles angående kemikaliehantering, kemikaliers farliga egenskaper samt användning av skyddsutrustning.

Tillsynsbesök av räddningstjänsten hålls minst en gång per år utöver löpande dialog med räddningstjänsten och andra myndigheter om åtgärder för att minska risken för allvarliga olyckor. När så är möjligt genomförs samövningar med räddningstjänsten på fabriksområdet för att identifiera eventuella risker och vidta nödvändiga åtgärder.

#### **2.11.5 Larm**

Som en del av Slitefabrikens säkerhetsarbete har verksamheten utvecklat en internplan för räddningsinsatser. Slitefabrikens internplan redovisas i rutinen benämnd *Krishantering Slitefabriken* (10).

Slitefabrikens internplan redovisar vilka åtgärder som ska vidtas vid olika situationer eller händelser. Det är den operativa funktionen som vidtar omedelbara åtgärder som att larma både externt SOS Alarm 112 och internt via nödnummer 300 om den inträffade incidenten samt driftcentralen. Internplanen kompletterar de larm och säkerhetssystem som driftcentralen bevakar.

Anläggningen har automatisk övervakning av många områden med en första styrka som kan inleda t.ex. brandbekämpning inom någon minut. Räddningstjänsten tillkallas automatiskt för brandlarm kopplade till anläggningens automatiska brandlarm, för brand på platser ej kopplade till det automatiska brandlarmet larmar produktionspersonalen räddningstjänsten inklusive andra resurser vid behov. Som nämns ovan har verksamheten också ett internt nödnummer, 300, som går direkt till en nödtelefon i kontrollrummet.

#### **2.11.6 Åtgärder för att förhindra, upptäcka och begränsa utsläpp**

Avseende lossning och lagring av bränsle finns upprättade rutiner och instruktioner som bland annat omfattar att personal rondderar och kontrollerar eventuellt läckage från lossningsledning. Nivåmätning och nivåvakter finns vid cisterner och gasvakt finns vid pumphus.

I händelse av brand där stora mängder kontaminerat släckvatten genereras har verksamheten rutiner som innefattar invallning, uppsamling och ev. lagring av släckvatten för senare destruering på anläggningen.

I hamnen finns ett oljeskyddsförråd som innehåller exempelvis brunnstätningar, länsar, flotte och sarg för att bekämpa oljespill i vatten eller på land. Det finns länsor som kan läggas ut med båt och sarg som kan spännas upp mellan de två pirarna för att begränsa spill i havet. Övning med utrustningen genomförs vart tredje år.

Vid lossning vid oljepiren finns nära tillgång till oljelänsor, absol och flytabsol. Hela lossningen övervakas av säkerhetsvakt och ledningsvakt (minst en vakt finns alltid på plats så fort båt ligger vid kaj). Samma rutiner gäller vid lossning av bränslen som vid lossning av ammoniaklösning.

Heidelberg Materials ansvarar för själva lossningen och äger ledningen upp till Oljeberget. Lossningsledare kan dock bemannas från GEAB. Personalen har tillgång till EX-klassade komradiatorer och gasmätare. Lossningsrutinerna finns dokumenterade i ett illustrerat material, både utskrivet på plats och tillgängligt genom verksamhetssystemet.

Årlig besiktning och provtryckning sker av alla slangar vid lossningen och dessa byts ut vid behov. Årlig mätning av godstjockleken i ledningar genomförs samt att cisterner besiktigas med givna intervall.

Cisternen 7 som används till lagring av KEO är anlagd på betongfundament. Runt cisternen finns en invallning av i huvudsak betong och berg medan en mindre del av invallningen består av packad vall med grus och jord. Ytan inom invallningen består av grus

Cisternerna 8 och 9 (2 x 2500 m<sup>3</sup>) som används till lagring av AC-bränslet står i en gemensam invallning som rymmer cirka 3500 m<sup>3</sup>. Cisternerna är anlagda på betongfundament och är invallade med en betongkonstruktion. Det finns automatiska vakter i invallningen som påvisar ett eventuellt läckage. Dräneringsgrop finns med oljeavskiljare och gasvakt. Cisternerna är utrustade med avluftningssystem på toppen av tanken som öppnar i händelse av högt tryck i cisternen.

Cisternen för eldningsolja står invallad söder om den mekaniska verkstaden. Ytan inom invallningen består av hårdgjord yta. De olika dieseltankarna är placerade inom uppsamlingskärl som förhindrar spridning vid eventuellt läckage.

Nya lagerytor och lokaler för lagring av fastbränsle kan tillkomma i sydvästra delen av fabriksområdet. Beroende av vilken bränsletyp som skall lagras så kommer framtida lager att utformas med motsvarande brandskydd och detektionsutrustning som finns i befintliga bränslehallar. Detta innebär övervakning med kamerasystem i bränslehallar (värmedetektion eller CCTV), gnistdetektion och vatteninsprutning i kvarnar för krossning av bränsle. Vid etablering av nya bränslelager kommer släcksystem att utformas med hänsyn till lagrets placering och vilket material som skall lagras.

### CCS-anläggningen

Avseende CCS-anläggning finns ett koncept (11) framtaget som bland annat innefattar:

- ESD<sup>3</sup>-system som är ett avstängningssystem som i händelse av nödsituation isolerar koldioxidavsnittet och möjliggör en säker och effektiv avstängning av anläggning och utrustning på ett kontrollerat sätt.
- EDP<sup>4</sup>-system som är ett nödtömningssystem som aktiveras manuellt eller automatiskt efter en nödavstängning eller systemstörningar. Systemet används för delar som innehåller större mängder trycksatt koldioxid. När det aktiveras släpper systemet ut fångad koldioxid via dedikerade EDP-ventiler på ett kontrollerat vis.
- Ett säkerhetssystem (SIS) ska implementeras med syftet att ta över och initiera nödavstängning (ESD) vid processavvikelse, där det grundläggande processkontrollsystemet (BPCS) har misslyckats med att stänga ned processen och avvikelsen kan leda till en farlig situation.

### Kylanläggning med vattenfri ammoniak

All utrustning som innehåller vattenfri ammoniak är placerad inomhus.

Det antas att varje maskinrum är utformat enligt standarden SS-EN-378. Detta innebär bland annat att varje maskinrum är konstruerat som en separat brandcell med självstängande dörrar. Golvet ska utformas för att förhindra att flytande vattenfri ammoniak läcker ut från rummet.

De olika rummen i byggnaderna är utrustade med mekanisk ventilation (HVAC) för att reglera inomhusklimatet. HVAC-systemen har också kapacitet för nödventilation med ökat luftflöde och antal luftväxlingar per timme. Det ska också finnas läckagedetektering och gasdetektering som ger larm.

<sup>3</sup> ESD står för Emergency Shut Down.

<sup>4</sup> EDP står för Emergency depressurization

SS EN-378 specificerar att mekanisk ventilation bör aktiveras vid en detekterad ammoniakkoncentration på 0,05 % (500 ppm) i maskinrummet. Placeringen av ventilationsutblåset är inte fastställd, men det antas vara på taket .

### **2.11.7 Åtgärder för att förhindra, upptäcka och begränsa brand**

Anläggningens bränslehanteringssystem är utrustade med moderna system, där de nya hallarna bland annat övervakas kontinuerligt med värmekameror samt är försedda med automatiska portar som stängs vid brand. Värmekameror används även för detta ändamål i det Östra brottet samt vid alternativbränslehanteringen. Vid upptäckt värmestegring sker lämpning (förflyttning) av materialet med hjälp av egna maskiner för att sprida ut värmen och förhindra antändning. Krossningssystemen för pellets har både gnistdetektering i flera nivåer och gasdetektorer som detekterar CO.

FAB-hallarna (Bunker 1 – 4) samt Bränslehall 2 är försedda med vattensprinkler med inblandning av miljövänligt släckmedel. Det finns en dieseldriven pump som försörjer Bränslehall 2 och Bränslehall 3 med havsvatten. Systemet är konstant trycksatt med 9 bars tryck och ger ett flöde på 8 000 l/min. FAB-hallarna är indelade i sektioner vilket ger en avgränsande barriär vid händelse av brand. Sprinklersystem i bränslehallar aktiveras i huvudsak manuellt på plats av personal vid detektion av brand. Rutiner för start av sprinklersystem finns uppsatta i anslutning till manuell aktivering.

Koldamm betraktas som explosivt i alla fraktioner och alla som ska beträda kolverket måste ha särskild kolsäkerhetsutbildning. Kolverket har CO-detektorer och system med inert gas som kan nyttjas om förhöjda CO-nivåer indikerar glödbland eller liknande. Kolfilter har fasta släcksystem med CO<sub>2</sub> som aktiveras från utsidan filtret. Även kolsilorna har släcksystem med CO<sub>2</sub> i både topp och botten. Kolverkets kvarnsystem är anpassat med ett saneringsintag där fint råmjöl (mald kalksten) blåses in för att kväva branden i händelse av ett brandförlopp. Kolverket är ATEX-klassat för explosionsskydd.

Kvarnar för FAB i maskinhall (Bunker 1 – 4) har gnistdetektering och automatisk släckning där vatten kan sprutas in om brandhärd misstänks. För brand i exempelvis FAB kan släckning ske med hjälp av råmjöl kombinerat med vatten.

Verksamheten har en mobil brandspruta och brandbil kan koppla upp mot system för fasaddimma på tak på pelletshall för att skydda mot brandspridning mellan byggnader. Verksamheten har även en gruvtruck med släckmöjligheter.

Brännarplan vid cementugnarna övervakas med kameror och det finns möjlighet till snabbavstängning av bränsleinmatning om brand skulle upptäckas.

I samband med lossning vid oljepiren tas två mobila brandsläckare samt brandyxor (för att kunna kapa fartygets förtöjningstrossar) fram. Verksamheten har en brandbod med lager av bland annat handbrandsläckare, grenrör, täcklock etc. I verksamheten finns totalt cirka 700 handbrandsläckare.

Verksamheten genomför egen service på dessa och det finns alltid nya släckare redo att bytas in om någon släckare skulle användas eller felfungera.

All personal som arbetar i processen har utbildning i heta arbeten.

Cisternerna 8 och 9 som används till lagring av AC-bränslet är försedda med fast anordning för skumsläckning i händelse av brand. På Oljeberget finns en skumcontainer där inblandningen av skum i brandvattnet sker. Skummet kan läggas både i invallningen och i cistertopp utifrån behov. Skummet som används är alkoholresistent och skumvätskans kvalitet analyseras årligen. I händelse av brand i A/C-bränslet anger rutinen att först skumbelägga och därefter starta systemet för fast kylning av mantelytan på cisternen med ammoniaklösning.

Även cistern 7 (KEO) samt cistern 5 (ammoniaklösning) kan skumbegjutas. Det finns också anslutning med tillförsel av havsvatten som kan användas vid händelse av brand i cisterner för flytande bränsle.

### **CCS-anläggningen**

CO<sub>2</sub> är inte brännbart, vilket gör att det inte genererar någon direkt brand- eller explosionsrisk. Däremot kommer det finnas kemikalier i den planerade CCS-anläggningen som utgör en brandrisk. Detta gäller till exempel för olja som används i värmesystem, absorbent för avskiljning av CO<sub>2</sub> och media i kylanläggningar (till exempel propan eller motsvarande). Byggnader som uppförs kommer att vara utrustade med en rad olika säkerhetssystem utifrån gällande normer, branschstandarder och myndighetskrav (till exempel brandalarm och sprinklersystem). Byggnader där brandfarliga produkter hanteras planeras att utformas med trösklar för att släckvatten skall kunna innehållas i byggnaden vid brand. Lagringstankar för absorbentlösning kommer att vara invallade.

#### **2.11.8 Trafiksäkerhetsåtgärder**

Inom anläggningen finns en mängd trafiksäkerhetsåtgärder för att minska risken för olika typer av kollisioner och påkörningar. Exempel på förekommande åtgärder är:

- Anpassade hastighetsbegränsningar inom verksamhetsområdet
- Spegel vid skymd sikt.
- Skyltar med hastighetsbegränsning.
- Köranvisning vid behov.
- Markering av körbanor.
- Belysningsstolpar.
- Snöröjning och halkbekämpning.
- Påkörningsskydd.
- Varningssignal för korsande trafik.

Alla maskiner körs av egen personal eller av entreprenörer.

#### **2.11.9 Åtgärder för att hantera antagonistiska hot**

Skydd mot sabotage och antagonistiska handlingar regleras för bolaget genom Säkerhetsskyddslagen (2018:585) och redovisas inte i detalj här. Nedan listas dock ett antal generella åtgärder som är vidtagna vid anläggningen i Slite:

- Kameraövervakning inomhus och utomhus.
- Inbrottslarm med behörighetsstyrning.
- Bemannad driftcentral dygnet runt.
- Skalskydd.
- Kontroll av in- och utpassage genom kortläsare, rotationsgrindar, fjärrstyrning etc.
- Belysning.

Generellt upplever bolaget inga återkommande problem med inbrott och stölder eller liknande aktiviteter. Historiskt har det förekommit försök till intrång av representanter från organisationer som verkar inom miljöområdet.

### 2.11.10 Personlig skyddsutrustning

Bolaget har generella regler kring vilken skyddsutrustning som skall bäras för att få vistas i processområdet:

- Skyddsskor eller stövlar
- hjälm
- Varselkläder
- Långbyxor
- Skyddsglasögon (undantaget truckkörning och fyllningsarbete).
- Hörselskydd används i bullrande miljö

För personal som arbetar merparten av sin arbetstid inom processområdet finns också krav på att flamskyddade arbetskläder skall användas.

Vid utsatta arbetsmoment gäller ytterligare krav på användande av personlig skyddsutrustning:

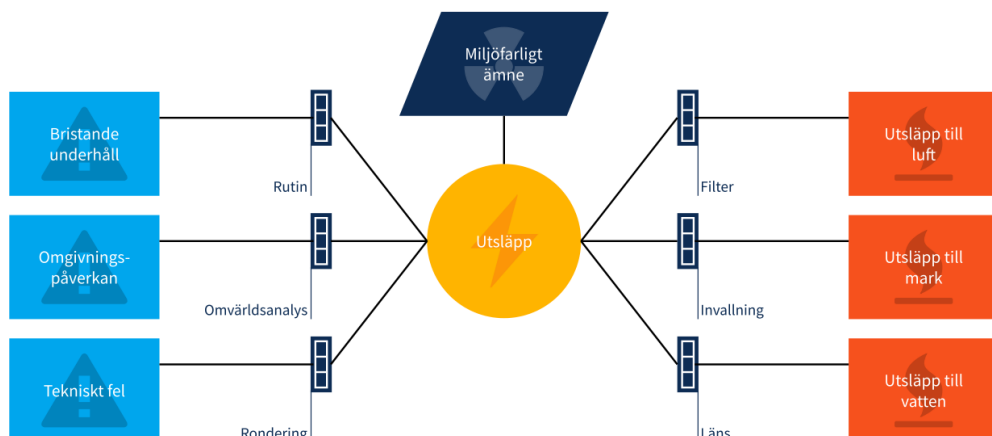
- Andningsskyddsmask med minst A2P2-filter
- Tättslutande skyddsglasögon eller visir
- Skyddshandskar av typen PVA eller 4H

Ytterligare skyddsutrustning som finns tillgänglig och kan användas vid behov:

- Kemdräkt
- Friskluftsmask (heltäckande mask kopplad till tryckluftssystem)
- Gasetektor för CO
- Portabel gasmätare för CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>

## 2.12 RISKER MED PÅVERKAN PÅ MILJÖ

För att i kommande kapitel kunna beskriva relevanta miljörisker och hur dessa bör hanteras för att säkerställa en anläggning med hög säkerhet och erforderliga skyddsbarriärer så behöver begreppet miljörisk förtydligas. Begreppet risk avser kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess skador (se Bilaga BB för ytterligare information). För att här kunna identifiera potentiella orsaker till att en olycksrisk kan inträffa och vad dess skador kan bli används i denna rapport en riskanalysmetodik som kallas olycksfjärl. Metoden beskrivs mer ingående i kommande delar av rapporten, men för att tydliggöra begreppet miljörisk och dess ingående beståndsdelar illustreras begreppet med ett generellt exempel på olycksfjärl i Figur 13.

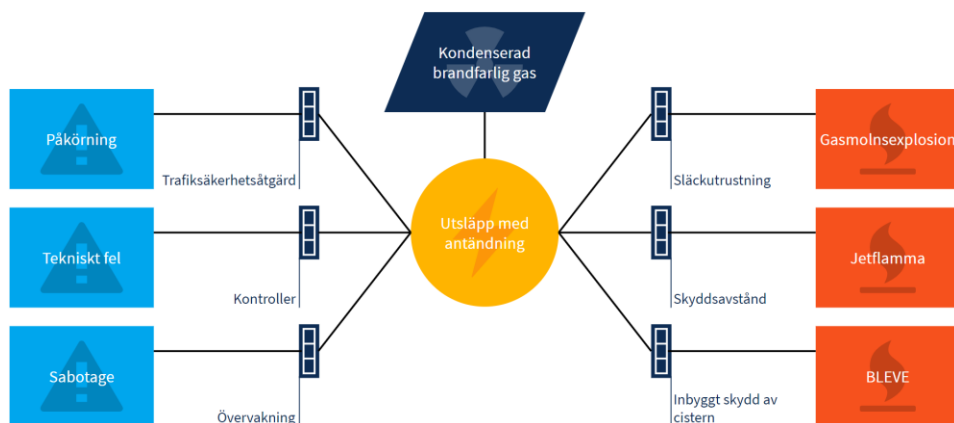


Figur 13. Illustration av fiktiv miljörisk med exempel på barriärer.

Till vänster i figuren, som visar ett fiktivt utsläpp av ett miljöfarligt ämne, går det att utläsa möjliga orsaker till att en olycka inträffar. Till höger i figuren illustreras möjliga skador till följd av utsläppet. För att förhindra att ett utsläpp av miljöfarligt ämne inträffar kan åtgärder vidtas både i olycksförebyggande syfte, dvs. för att minska sannolikheten, och i skadebegränsande syfte, dvs. för att minimera skadorna om ett utsläpp uppstår. Detta illustreras i figuren genom exempel på barriärer, så som rutiner, rondering och invallning.

## 2.13 RISKER FÖR MÄNNISKORS LIV OCH HÄLSA

Vad gäller risker för människors liv och hälsa används i denna rapport olycksfjärilsmetodik kombinerat med fördjupade kvantitativa riskbedömningar. Olycksfjärilsmetodiken beskrivs mer ingående i kommande delar av rapporten, men för att tydliggöra riskbedömning med avseende på människors liv och hälsa illustreras detta med ett generellt exempel på olycksfjäril i Figur 14.



Figur 14. Illustration av fiktiv risk för människors liv och hälsa med exempel på barriärer.

Till vänster i figuren, som visar ett fiktivt utsläpp av en kondenserad brandfarlig gas, går det att utläsa möjliga orsaker till att ett utsläpp med direkt eller fördröjd antändning inträffar. Till höger i figuren illustreras möjliga skador till följd av utsläppet. Olycksförebyggande och skadebegränsande åtgärder illustreras i figuren genom exempel på barriärer, så som kontroller och skyddsavstånd. De fördjupande kvantitativa riskbedömningarna beskrivs i kapitel 5.

## 3 RISKIDENTIFIERING

I detta kapitel redovisas hur de risker som är relevanta för denna riskbedömning har identifierats. Först beskrivs tillvägagångssättet därefter resultatet.

### 3.1 METOD

För att på ett systematiskt vis kunna bedöma potentiella risker sker riskidentifieringen utifrån nedanstående grundorsaker. Motsvarande indelning återfinns exempelvis i samband med riskidentifiering kopplat till Sevesolagstiftningen (12) och erfarenhetsmässigt ger denna systematik en god grund avseende riskidentifiering för industriverksamheter. För att utgöra underlag till en miljökonsekvensbeskrivning sker viss komplettering av riskidentifieringen, exempelvis avseende kumulativa effekter som presenteras mer utförligt längre ned under egen rubrik. De grundorsaker som beskrivs nedan är:

- Driftrelaterade orsaker
- Yttre orsaker
- Kumulativa effekter
- Naturliga omgivningsfaktorer
- Andra orsaker

Risker med koppling till dessa grundorsaker har identifierats med hjälp av HAZID-analyser. Riskidentifieringen har därefter kompletterats med underlag som har varit relevant från befintliga riskanalyser och riskbedömningar, samt erfarenheter från liknande verksamheter samt inträffade olyckor och incidenter från verksamheter i Sverige och i resten av världen. Se vidare i avsnitt 3.2.

#### 3.1.1 Driftrelaterade händelser

Till de driftrelaterade händelserna räknas potentiella risker som uppkommer till följd av, eller som identifierats under, planering, konstruktion, tillverkning, driftsättning eller utveckling. Detta inkluderar även risker som förekommer vid normala processförhållanden; både vid normal drift och vid speciella situationer (i synnerhet start, underhåll och nedstängning) men även under störning. Driftrelaterade händelser är även tillbud och möjliga nödsituationer, inklusive sådana som uppkommer till följd av komponent- eller materialfel. Brister i säkerhetsledningssystemet inkluderas också i denna kategori, liksom mänskliga fel i samband med arbetsmoment, testkörning och underhåll samt felfunktioner och tekniska störningar hos utrustning, fysikaliska och kemiska processparametrar, fel i teknisk försörjning med mera

#### 3.1.2 Yttre orsaker och kumulativa effekter

Yttre orsaker har anknytning till verksamheter och verksamhetsplatser som faller utanför aktuell tillståndsansökan samt områden och projekt som skulle kunna ge upphov till eller öka risken för eller följderna av en olycka. Det kan vara händelser vid angränsande verksamheter, verksamhetsplatser och externa transporter. I risksammanhang avser kumulativa effekter i första hand dominoeffekter, som kan definieras enligt följande: *”En händelsekedja där en primär olycka fortplantas till närliggande system eller verksamheter och därigenom orsakar en eller flera sekundära händelser vars effekter förvärrar de totala konsekvenserna av den ursprungliga olyckan.”* (13) Dominoeffekter kan inträffa inom en verksamhet eller mellan verksamheter.



### 3.1.3 Naturliga omgivningsfaktorer

I samband med analysarbetet har en genomgång av nedan listade naturliga omgivningsfaktorer genomförts. Dessa omgivningsfaktorer bedöms utgöra en ökande risk till följd av de pågående klimatförändringar som sker och nedanstående lista och den metodik som används för att bedöma dessa omgivningsfaktorer baseras på en metodik som presenteras av MSB (14). De omgivningsfaktorer som därmed inledningsvis studeras utgörs av:

- Höga vattennivåer (översvämning och skyfall)
- Ras, skred och erosion
- Åska
- Höga vindstyrkor (stormar)
- Solstorm
- Snöstorm och snödrev
- Dimma och fuktig miljö
- Isbildning
- Skogsbrand eller gräsbrand
- Extrema temperaturer
- Jordbävning

### 3.1.4 Andra orsaker

Andra orsaker kan relateras till anläggningssäkerhet, d.v.s. handlingar som verksamheten kan utsättas för i ont uppsåt. Hit räknas även orsaker som kan hänföras till säkerhetskultur och säkerhetsledningssystem, såsom ledningen av verksamhetens och tillverkningsenheternas hela livscykel.

### 3.1.5 Inträffade olyckor

Att studera och ta lärdom av tidigare inträffade tillbud och olyckor är en viktig del av en effektiv riskhantering. Information finns bland annat tillgänglig i databaser som MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap), ARIA (Franska miljödepartementets olycksdatabas) och eMARS (EU:s databas för Sevesorelaterade händelser). I denna riskbedömning används information om tidigare olyckor som underlag för riskidentifieringen i grovriskanalysen och för att säkerställa att ingen uppenbar, känd händelsetyp missas.

## 3.2 GENOMFÖRD RISKIDENTIFIERING

Som beskrivits ovan är genomförd riskidentifiering primärt baserat på HAZID-analys. Två analyser med HAZID-metodik har genomförts för att säkerställa en fullständig riskidentifiering. Den första analysen genomfördes i augusti 2023 (15). Vid analysen deltog 23 personer från Heidelberg Materials, Ramboll, WSP och SSPA/RISE. Därefter skedde ytterligare en HAZID-analys i mars 2024 (16).

HAZID-metodiken är en strukturerad metod för identifiering av risker genom en systematisk och disciplinerad analys av en väldefinierad ändring eller ett väldefinierat tekniskt system. Det är alltså en metod för att identifiera hur ett tekniskt system kan exponeras för externa risker från både närliggande aktiviteter och från operativa aktiviteter och underhållsarbete kopplade till systemet.



En serie vägledande ord används för att stödja HAZID-workshopdeltagarna att identifiera externa faror och operativa risker.

HAZID-metodiken i det aktuella fallet omfattar:

- En initial granskning av aktuellt system, analys av områdets layout genom användning av PFD, layout-/platsplaner och 3D-modell (om nödvändigt).
- Användning av en uppsättning vägledande ord för att identifiera potentiella risker.
- Identifiering av det värsta troliga scenariot utan att ta hänsyn till några säkerhetsåtgärder.
- Identifiering och beskrivning av de befintliga barriärerna/säkerhetsåtgärderna som finns på plats och som kommer att förhindra eller begränsa skadorna om scenariot inträffar.
- Granskning avseende om de identifierade säkerhetsåtgärderna är tillräckliga och vid behov identifiering av kompletterande åtgärder för att vid behov ytterligare minska riskerna.

Vid det första tillfället identifierades 114 risker och vid det andra tillfället 18 risker. Därutöver har komplettering skett via exempelvis analys av litteratur och inträffade olyckor vid andra anläggningar. Nedan sker en övergripande summering och i Bilaga C redovisas samtliga identifierade risker.

### **3.2.1 Driftrelaterade händelser**

Majoriteten av riskerna som har identifierats är kopplade till driften av anläggningen. Avseende CCS-anläggningen så är de risker som identifierats kring själva infångningen av koldioxid kopplade till komponentfel så som spill och läckage till följd av korrosion. Mänskligt felhandlande exempelvis genom tapp av föremål som skadar absorberingsenheten. Även kollisionsrisk förekommer då fordonstrafik förekommer i närområdet.

Kylningen av koldioxiden innebär risker för utsläpp av köldmediet vattenfri ammoniak, möjliga orsaker kan vara rörbrott eller pumphaveri.

Lagringen av koldioxiden innebär risker för utsläpp från lagringstankarna med skador i form av stora utsläpp av trycksatt och nedkyld koldioxid. Identifierade orsaker är exempelvis läckage från BOG-rör, kollisionsrisk från större fordon såsom lastbilar, brand i kompressorum med mera.

När koldioxiden ska transporteras från lagringstankarna till hamnen för vidare transport återfinns risker kopplat till rördragningen mellan lagringstankar och lastning vid hamn. Bland annat passerar rördragningen annan verksamhet vid Heidelberg Materials anläggning och risken finns för påverkan genom exempelvis trafik, brand eller mekanisk skada såsom att cementblock faller över ledningen.

Slutligen återfinns risker i samband med lastning till fartyg, exempelvis att lastarmen skadas, korrosion av utrustning till följd av påverkan från havsvatten med mera.

### **3.2.2 Yttre orsaker och kumulativa effekter**

Nedan beskrivs hur omgivningen kan påverka Heidelberg Materials anläggning, samt risker för dominoeffekt.

#### **Yttre orsaker**

Yttre orsaker är primärt kopplat till möjlig påverkan från en extern brand vid GEAB:s cisterner på Oljeberget och en fartygskollision i samband med utlastning eller transport av koldioxid till havs. En olycka på Storgatan med efterföljande brand kan medföra påverkan på rörledningen.

### **Kumulativa effekter (dominoeffekter)**

Ett antal potentiella dominoeffekter har identifierats, primärt interna sådana. Det rör sig om påverkan från Oljeberget, antingen genom olycka vid cistern eller avkörning från väg med fordon. En brand inom befintlig verksamhet på fabriksområdet kan påverka rörledningen mellan lagringstankar och pir. Vidare kan annan verksamhet vid piren i samband med utlastning medföra en risk.

### **3.2.3 Naturliga omgivningsfaktorer**

Ett antal risker kopplat till naturliga omgivningsfaktorer har identifierats. Det rör sig om exempelvis översvämning till följd av skyfall som medför påverkan på utrustning eller strömförsörjningsförlust. Andra exempel är korrosion till följd av påverkan från havsvatten eller svårigheter i samband med utlastning till följd av extrem väder/höga vågor. Ytterligare exempel är erosionsrisker som kan medföra klipputfall som påverkar CCS-anläggningen.

### **3.2.4 Andra orsaker**

Andra orsaker härrör primärt till olika former av sabotage och förstörelse, medveten eller omedveten påverkan från externa personer. Denna typ av risker hanteras inom ramen för Heidelberg Materials säkerhetsarbete och beskrivs inte i utförliga termer inom ramen för denna riskbedömning.

### **3.2.5 Inträffade olyckor**

I Bilaga D beskrivs ett antal olyckor, i Sverige och i Europa, som på ett eller annat vis involverat koldioxid. Ingen av processerna som varit inblandade i olyckorna kan direkt översättas till Heidelberg Materials ansökta verksamhet, men flera av erfarenheterna och lärdomarna har fångats upp vid riskidentifieringen, exempelvis genom nyckelord.

### **3.2.6 Andra verksamheter**

Till sist har riskidentifiering skett genom benchmarking mot andra liknande verksamheter, exempel på sådana CCS-anläggningar är Heidelberg Materials cementfabrik i Brevik (Norge) där en CCS-anläggning är under uppförande, samt Stockholm Exergis planerade anläggning vid Värtaverket i Stockholm.

Stöd vid riskidentifiering kan också inhämtas genom jämförelser med andra industriverksamheter, till exempel verksamheter som hanterar vattenfri ammoniak som köldmedium eller annan hamnverksamhet. Därigenom tas även erfarenheter in från verksamheter utanför den egna koncernen.

## 4 RISKUPPSKATTNING OCH RISKFILTRERING

I detta kapitel presenteras den riskuppskattning som genomförts samt den kompletterande riskfiltrering som visar hur riskerna har hanterats vidare med exempelvis fördjupade riskbedömningar.

### 4.1 METOD FÖR RISKUPPSKATTNING OCH RISKFILTRERING

I styckena nedan redovisas exempel på metoder som har använts för att göra frekvensuppskattningar, bedömning av skador på människors liv och hälsa samt bedömning av skador på miljö. Beskrivningarna i detta avsnitt är av generell karaktär och det bör särskilt påpekas att olika underlagsrapporter lutar sig mot olika metoder. Specifika metoder beskrivs i kommande kapitel av denna riskbedömning, där så bedömts vara relevant. Notera att i riskanalyser används ofta begreppet konsekvens för att beskriva skador till följd av en olycka. Så långt det är möjligt i denna rapport så används begreppet skada i stället för konsekvens. Detta för att undvika missförstånd mellan begreppen miljökonsekvens och konsekvensen av en olycka.

Syftet med riskuppskattningen är att avgöra vilka risker som kan anses vara mest troliga och/eller mest allvarliga. De identifierade händelser som bedöms kunna ge direkt eller indirekt allvarliga skador för verksamheten, omgivande verksamheter, människor eller miljö analyseras vidare.

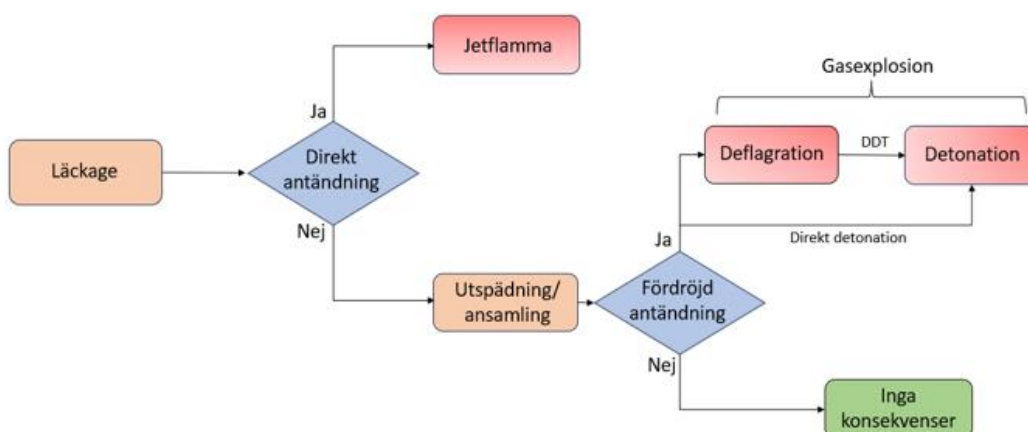
#### 4.1.1 Frekvensuppskattning

För att uppskatta hur ofta en risk kan inträffa görs olika typer av frekvensuppskattningar. Detta kan ske antingen kvalitativt eller kvantitativt. I tabellen nedan är ett exempel på en kvalitativ uppskattning.

Tabell 2. Exempel på frekvensklasser som används vid kvalitativ frekvensuppskattning.

	1	2	3	4	5
Frekvens	Inträffar en gång på 100 000 år	Inträffar en gång på 10 000 år	Inträffar en gång på 1000 år	Inträffar en gång på 100 år	Inträffar en gång på 10 år

För att uppskatta frekvenser kvantitativt används som regel händelseträdmotod där olika utfall tilldelas en frekvens. På så vis kan exempelvis olika förutsättningar för en risk vägas samman, så som typ av utrustning, tid som utrustningen används, väderförhållanden, osv. Denna typ av uppskattningar innebär ofta att händelseträden snabbt blir omfattande. Nedan ges ett översiktligt exempel på hur ett händelseträd kan se ut.



Figur 15. Exempel på händelseträd.

### 4.1.2 Skadeuppskattning

För bedömning av skadan för människa respektive för miljö i händelse av att en av de identifierade riskerna inträffar vid bolagets anläggning har olika skadeuppskattningar genomförts. På samma sätt som för frekvensuppskattningarna kan uppskattningarna av skadorna ske kvalitativt eller kvantitativt. Exempel på bedömningskriterier för en kvalitativ skattning av skador ges nedan.

Tabell 3. Exempel på kvalitativa uppskattningar av skadorna av en olycka.

	1	2	3	4	5
<b>A. Påverkan på miljö</b>	Lokal påverkan 10 m radie, mycket liten mängd, påverkan näst intill obetydlig, ingen sanering	Lokal påverkan inom anläggningen 500 m radie, liten mängd, begränsad påverkan, enkel lokal sanering	Närområde kring anläggningen 1 km radie, måttlig mängd, måttlig negativ påverkan, måttligt stor sanering	Stor spridning 10 km radie, stor mängd, stor negativ påverkan och omfattande sanering	Mycket stor spridning > 10 km radie, mycket stor mängd, okänd eller mycket negativ påverkan, mycket omfattande, på gränsen till omöjlig sanering
<b>B. Påverkan på liv och hälsa</b>	Lindriga obehag, obetydliga skador	Varaktiga obehag, enstaka lindrigt skadade	Svåra obehag, flera med måttliga skador, enstaka svårt skadade	Flera svårt skadade, enstaka dödsfall	Många svårt skadade, flera dödsfall

Skadorna av en olycka kan även bedömas kvantitativt med stöd av olika beräkningsprogram.

### 4.1.3 Osäkerheter

De uppskattade frekvenserna och anläggnings-specifika bedömningarna baseras enligt praxis på allmänt tillgänglig statistik, oftast framarbetad inom olja och gasindustri, samt erfarenhetsmässiga bedömningar. Statistiken innehåller därmed ett visst mått av osäkerheter.

De uppskattade frekvenserna används därför inte i första hand för att bestämma absoluta risknivåer, utan utnyttjas för att generellt visa på troligheten att händelsen inträffar samt som ett sätt att rangordna händelser sinsemellan. Olika poängsättning kan dock påverka rangordningen då poängsättningen kan vara ett resultat av subjektiva värderingar. Genom att värderingarna görs av flera personer kan denna osäkerhet minskas. Frågan om alla relevanta felhändelser är representerade utgör också en osäkerhet i skadeanalysen. Ofta är bedömningar av utsläppta mängder och beskrivningar av händelseförlopp av generell karaktär och därmed behäftade med osäkerheter.

## 4.2 RISKFILTRERING

Denna rapport ska identifiera, analysera och värdera de risker som bedöms kunna medföra en skada på människor eller miljö. Detta för att säkerställa att samtliga risker som bedöms kunna medföra en betydande skada på människors liv och hälsa eller på miljön identifieras, men även att fokus både vad gäller beskrivning och bedömning läggs på de risker som är väsentliga och relevanta.

Analysen har skett genom följande steg:

- Grovriskanalys
- Riskfiltrering
- Fördjupade riskbedömningar
- Robusthetsanalys

#### 4.2.1 Grovriskanalys

Grovriskanalys har genomförts där riskidentifiering har skett med stöd av genomförda HAZID-analyser, kompletterat med datasökningar, inträffade incidenter och erfarenheter från andra liknande verksamheter eller annan liknande hantering av berörda ämnen, med mera

Samtliga risker som har bedömts kunna medföra en betydande skada på människors liv och hälsa eller på miljön har beaktats utifrån ett dominoperspektiv; dvs. händelser som bedöms ha en ringa påverkan i ett första skede har beaktats utifrån möjligheten att den mindre händelsen skulle kunna eskalera till en större händelse och därigenom bör belysas inom ramen för de avgränsningar som gäller i denna riskbedömning.

En sammanfattad version av grovriskanalysen återfinns i Bilaga C.

#### 4.2.2 Riskfiltrering genom HAZID och tvådimensionell analys

I underlagsmaterialet till denna riskbedömning tillämpas följande metod för riskfiltrering:

Allvarliga olycksrisker benämns Major Accident Hazards (MAH) och definieras som risker som skulle kunna orsaka flera dödsfall bland personal eller arbetare på anläggningen (1:a och 2:a person) och/eller bland personer från allmänheten (3:e person).

Ett stort utsläpp av flytande koldioxid skulle utgöra en MAH. Målet med upprättad QRA (kvantitativ riskanalys) (4) är att bedöma risknivån som genereras av möjliga MAH från den nya CCS-anläggningen och utvärdera om dessa kan anses vara acceptabla (för allmänheten, dvs. 3:e person) enligt de riskacceptanskriterier som föreslagits av DNV och presenterats av MSB (se vidare i stycke 5.1.2).

Särskild uppmärksamhet under genomförda HAZID-workshops ägnades åt möjliga MAH. De flesta av dessa risker är förknippade med stora utsläpp av flytande koldioxid från lagringstankarna i Östra brottet, exportledningen samt lastarmarna vid kajen.

Allvarliga olycksrisker med potential för eskalering till dominoeffekter identifierades också. Exempel på sådana risker är materialförsvagning på grund av låga temperaturer, bildande av koldioxid i fast fas, övertryck från momentana utsläpp (exempelvis BLEVE - boiling liquid expanding vapor explosion) samt exponering för extern brand och/eller explosion från transformatorer eller byggnader i brottet. Stora utsläpp av gasformig koldioxid från koldioxidinfångningsenheten respektive stora utsläpp av flytande koldioxid inomhus, samt stora utsläpp av gasformig eller flytande ammoniak inomhus har inte bedömts som MAH på grund av att skadorna endast är lokala.

Utifrån de MAH som identifierats från HAZID och med utgångspunkt i en uppsättning processparametrar, genomfördes en grundlig granskning av layout och processflödesdiagram (PFD) för att extrahera en lista över relevanta scenarier att inkludera i en första version av QRA (baserad på 2D-simuleringar<sup>5</sup>).

Baserat på den första versionen av QRA har de scenarier som bedöms ha stort riskpåverkan analyserats vidare i en fördjupad riskbedömning genom 3D-analys, se nedan samt kapitel 5.1.

Övriga risker som inte ingår i upprättad QRA har beaktats utifrån bedömd riskpåverkan och i vissa fall har fördjupade riskbedömningar upprättats för att säkerställa en komplett riskbild. I Bilaga C återfinns en sammanställning av riskerna som identifierats och en kommentar avseende huruvida risken har beaktats vidare inom ramen för denna riskbedömning eller inte.

---

<sup>5</sup> 2D-simuleringar beräknar och illustrerar ett utsläpps utbredning i planet, utan hänsyn till exempelvis topografi och fasta hinder.

### 4.2.3 Fördjupade riskbedömningar

Baserat på resultatet av filtreringen som beskrivs i stycke 4.2.2 genomförs fördjupade riskbedömningar genom tredimensionell analys. Resultaten från den tvådimensionella analysen visade att ett antal scenarier stod för mer än 95 % av bidraget till den totala riskbilden varvid dessa benämndes som kritiska och valdes ut till tredimensionell-analys<sup>6</sup> genom CFD<sup>7</sup>-modellering (computational fluid dynamics).

Fördjupade riskbedömningar innebär primärt att olika former av kvantitativa riskbedömningar genomförs. Det kan röra sig om fullständig QRA som beaktar individ- och samhällsrisk. Vidare kan det även röra sig om mer skadebaserade analyser, tex utsläpp av ett visst ämne.

Andra fördjupningar kan innefatta detaljerade studier av en viss typ av risker, så som risker med fartygstransporter.

### 4.2.4 Robusthetsanalys med olycksfjärilsmetodik

Olycksfjärilsmetodik (se mer information om metodiken i stycke 5.4.1) används för att säkerställa att införda barriärer (riskreducerande åtgärder) är tillfredställande. Detta steg bedöms nödvändigt för att kvalitativt säkerställa att riskerna har tillräckligt många förebyggande och skadereducerande åtgärder/barriärer.

Med hjälp av olycksfjärilen bedöms om respektive risk är hanterad i en omfattning som kan bedömas som tillfredställande eller inte, alternativt om ytterligare åtgärder och/eller om ytterligare fördjupande analyser är nödvändiga. Denna bedömning av hanteringen sker genom att analysera antalet barriärer, typ av barriärer och tillförlitligheten till respektive barriär samt säkerheten om en eller flera barriärer faller. Denna bedömning av hanteringen sker systematiskt genom analys av respektive olycksfjäril. Analysen granskas sedan av en oberoende part som ej deltagit i riskbedömningen eller därtill tillhörande riskhanteringsarbete.

## 4.3 RESULTAT AV RISKFILTRERING

Nedan sker en kort beskrivning av respektive händelseområde (drift, yttre orsaker, kumulativa effekter, naturlig omgivningspåverkan och andra orsaker) som identifierats i kapitel 3 och huruvida det genom riskfiltreringen bedöms finnas risker som bör analyseras vidare med hjälp av fördjupade bedömningar, se kapitel 5. Eventuellt behov av vidare analys summeras i rosa ruta under respektive stycke och redovisas sedan detaljerat i kapitel 5.

### 4.3.1 Driftrelaterade händelser

Majoriteten av driftrelaterade händelser berör utsläpp av koldioxid på olika vis. Vidare återfinns även utsläpp av vattenfri ammoniak som driftrelaterade händelser.

Utsläpp av koldioxid från CCS-anläggningen, lagringstankarna, exportledning och lastning analyseras vidare med hjälp av en kvantitativ riskbedömning (QRA). Se avsnitt 5.1.

<sup>6</sup> Vid 3D-analys kan ett utsläpps utbredning studeras i samtliga riktningar och med hänsyn till omgivande höjdskillnader och objekt.

<sup>7</sup> CFD<sup>7</sup>-modellering (computational fluid dynamics) är en gren inom fluidmekanik som använder numerisk analys och datastrukturer för att analysera och lösa problem som involverar strömning av flytande och gasformiga ämnen. Datorer används för att utföra de beräkningar som krävs för att simulera den fria strömmen av ämnet samt interaktionen mellan ämnet och ytor som definieras av gränsvillkor.



Utsläpp av vattenfri ammoniak analyseras vidare med QRA-metodik. Oavsett bidrag till riskbilden kommer utsläpp av vattenfri ammoniak även analyseras med hjälp spridningsberäkningar. Se avsnitt 5.2.

#### 4.3.2 Yttre orsaker och kumulativa effekter

Närheten till Oljeberget och bolagets egen, respektive GEAB:s verksamhet där, ger att risker kopplade till yttre orsaker och kumulativa effekter (interna och externa) behöver studeras vidare. Till de yttre orsakerna räknas även följdverksamheten i form av utökad fartygstrafik på grund av den ansökta verksamheten.

Yttre orsaker kopplat till en olycka vid Oljeberget kommer analyseras med stöd av olycksfjärilsmetodik för att säkerställa att erforderliga skyddsbarriärer finns för att förhindra en dominoeffekt. Se avsnitt 5.4.

Den ökade sjötrafiken och de större båtarna analyseras separat från denna rapport i en fristående nautisk riskbedömning, vars resultat sammanfattas längre fram. Se avsnitt 5.3.

Slutligen kommer potentiella dominoeffekter analyseras med stöd av olycksfjärilsmetodik för att säkerställa att erforderligt med skyddsbarriärer återfinns för att förhindra en dominoeffekt. Se avsnitt 5.4.

#### 4.3.3 Naturliga omgivningsfaktorer

Förutsättningar för och risker kopplade till naturliga orsaker beskrivs i avsnitt 2.8 samt i styckena 3.1.3 och 3.2.3. Mer detaljerad information finns även att läsa i säkerhetsrapporten.

##### Höga vattennivåer (översvämning och skyfall)

Översvämning på grund av havsnivåhöjning eller skyfall har identifierats som en potentiell risk, exempelvis genom översvämning i Östra brottet. Åtgärder planeras dock för att helt skydda brottet från havsnivåökningar och större delen av själva cementfabriken berörs inte vid en eventuell havsnivåhöjning på upp till 5 meter.

Ökad frekvens och omfattning av skyfall på grund av pågående klimatförändringar kan utgöra risk för översvämning. Marken för tillkommande byggnader och processutrustning ska projekteras för att möjliggöra god avrinning och undvika lågpunkter i anslutning till känslig utrustning. Hänsyn ska även tas till eventuell ökad avrinning från kanterna på Östra brottet och ned mot CCS-anläggningen. En annan viktig aspekt är att säkerställa att möjlig utrymning från respektive (räddningstjänstens) åtkomst till brottet inte påverkas om exempelvis vägnätet översvämmas.

##### Ras, skred och erosion

Ras, skred och erosion har identifierats som en potentiell risk, exempelvis genom erosion som föranleder bergutfall. Stora delar av fabriken är förlagd på ej fastmark, medan exempelvis Östra brottet utgör fastmark (se säkerhetsrapporten för ytterligare information). För området kring Slite finns pågående erosion längs med kusten, dock gäller inget aktsamhetsområde inom cementfabrikens område, men hela hamnen berörs.

Risken för ras eller skred, som medför betydande skador på den nya CCS-anläggningen, bedöms som låg. Dock kan risken inte uteslutas och markegenskaper ska kontinuerligt bevakas så att faktorer som kan medföra ras, skred eller erosion kan upptäckas och förhindras i tidigt skede.

### **Blixt- och åskoväder**

Utifrån CCS-anläggningens placering och befintligt skydd så bedöms inte risken föranleda ytterligare analys utöver genomförd HAZID.

### **Höga vindstyrkor (stormar)**

Risker kopplade till kraftiga vindstyrkor och stormar återfinns som potentiellt initierande händelse till driftrelaterade olyckor samt fartygsolyckor. Höga vindstyrkor kan riva loss tunga föremål, som plåtar eller isolering från cisterner, som i sin tur kan skada utrustning. Eftersom majoriteten av alla komponenter i den nya CCS-anläggningen kommer att befinna sig inomhus så bedöms det osannolikt att detta skulle leda till ett utsläpp. Undantaget är dock cisterner och transportledning. Området är generellt inte utsatt för omfattande extremväder i form av storm/orkan. Riskreducerande åtgärder i form av omvärldsbevakning bör dock omfattas av rutiner för att säkerställa att anläggningen är redo inför eventuella stormar och att exempelvis lösa plåtar eller upplag av material säkras.

### **Solstorm**

Solstormar kan påverka el- och strömförsörjning. Elbortfall eller brister i strömförsörjningen ingår i genomförd HAZID. Ytterligare analys bedöms därför ej nödvändig.

### **Snöstorm, snödrev och isbildning**

Frekvensen av dagar med extremt låga temperaturer förväntas minska i framtiden på grund av pågående klimatförändringar. Stora snömängder kan dock fortsatt förväntas även i temperaturer som inte räknas som extremt kallt. Risker kopplad till kraftiga snöfall och isbildning är upptagna i genomförd HAZID. Skadorna bedöms primärt vara av arbetsmiljökaraktär och hanteras därför inte vidare inom ramen för denna riskbedömning. Dock återfinns risker kopplat till naturhändelsen medtagna som initierande händelser till den kvantitativa riskbedömningen.

### **Dimma och fuktig miljö**

Har identifierats som en potentiell risk, exempelvis genom förhöjd risk för korrosion. Dimma och fuktig miljö kan ge ökad risk för uppkomst av korrosion vilket i sin tur kan leda till exempelvis elfel. Risken är förhöjd för anläggningar som är lokaliserade i närheten av havet. Utformningen av den nya CCS-anläggningen kommer att göras med detta i åtanke, då huvuddelen av all utrustning placeras inomhus. Men risken kvarstår likväl och ska hanteras genom exempelvis regelbundna kontroller och underhåll.

### **Skogsbrand eller gräsbrand**

Baserat på anläggningens placering och omgivningarna bedöms inte risken för skogs- eller gräsbrand vara av sådant slag att betydande skador för människor eller miljö kan uppstå. Ingen ytterligare analys genomförs.

### **Extrema temperaturer**

I ett framtida klimat kan området uppleva fler extremt varma dagar med potentiellt högre temperaturer än tidigare uppmätt. Extrema temperaturer kan bland annat medföra en förhöjd risk för handhavandefel. Koldioxid eller vattenfri ammoniak i sig är inte känsliga för extrema temperaturer. Extrema temperaturer bedöms inte öka risken påtagligt för att en olycka inträffar, men rutiner för drift av anläggningen bör ta hänsyn till arbete under extremväder.

### **Jordbävning**

Baserat på aktuell anläggning och historiska data samt förutsättningar för jordbävningar i området så bedöms ingen ytterligare hantering av denna naturliga omgivningsfaktor vara nödvändig.

#### Naturliga omgivningsfaktorer<sup>8</sup>

Det finns risker kopplade till naturliga omgivningsfaktorer som bedöms kunna påverka anläggningen och eventuellt öka risken för en olycka. Se vidare i kapitel 6.4 samt olycksfjärilsanalys.

#### 4.3.4 Andra orsaker

Andra orsaker avser primärt sabotage och antagonistiska händelser. Detta bör analyseras i separat och sekretessbelagd riskbedömning och hanteras därför inte ytterligare här.

Fördjupade analyser kommer inte genomföras för antagonism inom ramen för denna riskbedömning.

## 4.4 FÖRDJUPADE BEDÖMNINGAR

Baserat på genomförd riskfiltrering genomförs fördjupade bedömningar enligt nedanstående.

#### 4.4.1 Kvantitativ riskbedömning (QRA) för CCS-anläggning

En fullständig och detaljerad QRA-rapport för CCS-anläggningen har upprättats inklusive omfattande simuleringar i såväl två som tre dimensioner för att säkerställa ett så relevant resultat som möjligt. Se avsnitt 5.1.

#### 4.4.2 Skadeanalys vattenfri ammoniak

För att bedöma skadorna av ett utsläpp av vattenfri ammoniak, utan hänsyn till sannolikheten för detta, har en separat spridningsberäkning genomförts. Se avsnitt 5.2.

#### 4.4.3 Riskbedömning för följdverksamhet

För att bedöma riskerna med transporter till havs har en nautisk riskbedömning genomförts, inklusive fartygssimuleringar. Se avsnitt 5.3.

#### 4.4.4 Typscenarier som analyseras med olycksfjärilsmetodik

För att säkerställa att erforderliga säkerhetsbarriärer upprättas samt att valda barriärer tillsammans borgar för ett robust skydd med både förbyggande och skadebegränsande åtgärder upprättas även en robusthetsanalys med stöd av olycksfjärilsmetodik. Se avsnitt 5.4. De scenarier som analyseras är:

- Läckage av flytande koldioxid från anslutning till lagringstank
- Lagringstank med flytande koldioxid rämnar
- Läckage av flytande koldioxid från rörledning (exportledning)
- Läckage av flytande koldioxid från lastarm
- Läckage av vattenfri ammoniak från kylsystem
- Utsläpp av flytande koldioxid till följd av dominoeffekter
- Dominoeffekt med koldioxid som påverkar övrig verksamhet
- Fartygsolycka med koldioxidutsläpp

<sup>8</sup> Observera att denna ruta sammanfattar behov av vidare utredning för hela stycke 4.3.3.

Ovanstående val av typscenarier är framtagna baserat på upprättad riskidentifiering, resultatet av de fördjupade riskbedömningarna och de risker som är identifierade i verksamhetens säkerhetsrapport. Genom att utgå från dessa typscenarier ges en komplett bild av verksamhetens robusthet avseende hanteringen av riskerna förknippade med både befintlig och tillkommande verksamhet.

## 5 FÖRDJUPADE BEDÖMNINGAR

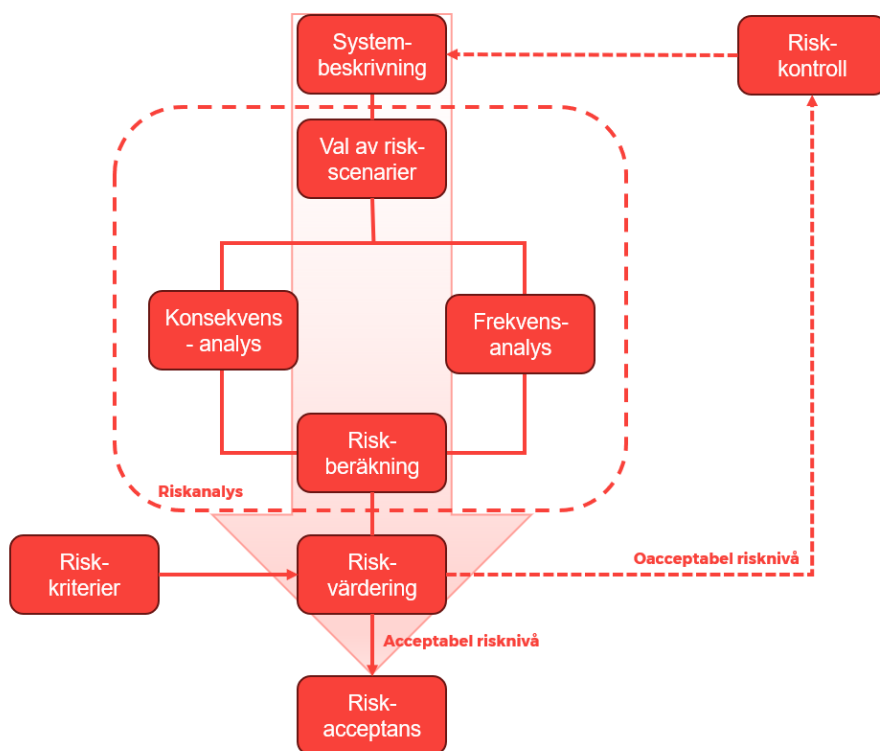
I detta kapitel redovisas en sammanfattning av den fördjupade kvantitativa riskbedömning (QRA) som genomförts avseende CCS-anläggningen och specifikt utsläpp av koldioxid. Vidare redovisas en sammanfattning av de fördjupade spridningsberäkningarna avseende vattenfri ammoniak samt en sammanfattning av den nautiska riskbedömning som upprättats. Därefter genomförs en övergripande barriäranalys för att säkerställa att anläggningens skyddsbarriärer är tillfredställande samt att genomförda riskvärderingar är robusta.

### 5.1 KVANTITATIV RISKBEDÖMNING FÖR CCS-ANLÄGGNINGEN (4)

I detta avsnitt sker en sammanfattande redovisning av den kvantitativa riskbedömning som har upprättats med avseende på hantering och lagring av koldioxid. Först beskrivs den bakomliggande metodiken, därefter riskbedömningens resultat och föreslagna åtgärder.

#### 5.1.1 Metodbeskrivning

Den upprättade kvantitativa riskbedömningen baseras på den metodik som beskrivs i Figur 16 och beskrivs i styckena nedanför figuren.



Figur 16. En schematisk beskrivning av den QRA som är upprättad för att bedöma riskerna med CCS-anläggningen.

Det bör noteras att det i dagsläget inte finns några specifika krav eller riktlinjer från MSB gällande hur QRA ska genomföras. Intresseföreningen för Processsäkerhet (IPS) har dock nyligen gett ut en vägledning för QRA, vilken tillämpas i QRA:n för CCS-anläggningen.

## Systembeskrivning, val av riskscenarier och riskanalysmetodik

Systembeskrivningen tas fram för att avgränsa riskbedömningen och tydliggöra omfattningen av arbetet. I den fördjupade kvantitativa riskbedömningen anges att det analyserade systemet utgörs av koldioxidhanteringen, dvs. hela processen från att koldioxiden infångas, förvätskas och lagras till att den slutligen transporteras till hamnen och lastas på fartyg för utsklippning.

Via den riskidentifiering som är genomförd, se avsnitt 3.2, har ett antal risker identifierats avseende koldioxidhanteringen. Samtliga dessa risker har dock inte analyserats med fördjupade kvantitativa metoder. För att på ett systematisk vis kunna göra ett urval av risker att genomföra fördjupade analyser kring har nedanstående metodik nyttjats.

Med utgångspunkt i riskidentifieringen, upprättades i ett första skede en kvantitativ riskbedömning (QRA) baserat på en tvådimensionell analys genom programvarorna PHAST och SAFETI. Dock finns det ett antal faktorer som medför att tvådimensionell analys inte är tillräcklig för att bedöma risknivåerna kopplade till CCS-anläggningen på adekvat vis. Detta beror dels på det faktum att koldioxid är en tung gas i relation till luft och att ett utsläpp därför är starkt beroende av omgivande topografi, dels utgörs omgivningen vid Heidelberg Materials anläggning på Slite av en varierande och komplex topografi. Det sistnämnda kan exemplifieras med det faktum att koldioxiden kommer att lagras i ett tidigare brott, beläget cirka 30–40 meter lägre än omgivande marknivå.

Vidare påverkar även det faktum att anläggningen består av ett stort antal byggnader med varierande höjd osv. Sammantaget innebär detta att 2D-simuleringar av ett utsläpp inte ger ett tillräckligt bra svar gällande skadeavstånden och därigenom risknivåerna, utan simulering i tre dimensioner är nödvändigt. Detta kan ske med programvara för 3D-modellering, exempelvis CFD-simulering, Se bilaga E för en mer detaljerad beskrivning av CFD-simulering. Slutligen kan här nämnas att den enda riktlinje i Sverige som finns avseende QRA och som upprättats av IPS (Intressentföreningen för processsäkerhet) betonar att 3D-simulering bör vara styrande i den händelse att det finns en varierande terräng med större nivåskillnader och/eller många byggnader som påverkar ett utsläpp (17).

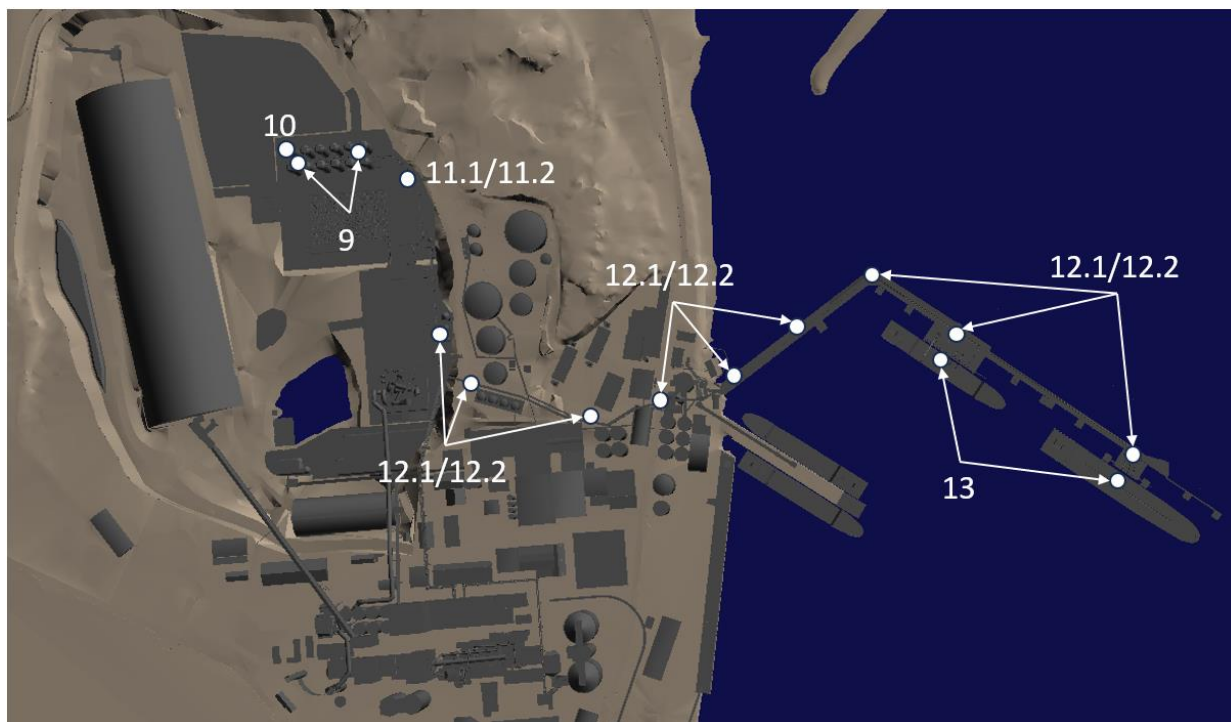
För att upprätta fördjupade 3D-simuleringar måste antalet huvudscenarier begränsas. Detta då 3D-simuleringar kräver stora mängder datakraft och tid för att genomföras. För att säkerställa att rätt scenarier valdes ut genomfördes en systematisk analys av de tidigare identifierade riskerna och baserat på den totala riskpåverkan valdes ett antal scenarier ut för att analyseras med CFD-simulering. Detta skede genom att fiktiva punkter placerades ut på platser där människor kunde förväntas vistas, exempelvis bostadsområdena norr respektive söder om anläggningen, Länna Gård, Länna Hamn, Storgatan, med flera. Därefter analyserades vilka risker som i störst omfattning bidrog till den totala riskbilden vid den fiktiva punkten, baserat på den QRA som upprättats med hjälp av tvådimensionell analys. På detta vis kunde det exempelvis konstateras att sex scenarier bidrog till 99 % av den totala risknivån vid bostadsområdena norr om anläggningen. Med andra ord är det dessa sex scenarier som ska väljas ut avseende denna punkt. På samma sätt analyserades övriga fiktiva punkter varvid nedanstående huvudscenarier kunde väljas ut. Placeringen av läckaget i respektive scenario illustreras i Figur 17 (observera att läckagepunkterna för scenario 9 också är representativa för scenario 10).

- Scenario 9: Läckage av flytande koldioxid från anslutning till lagringstank.
- Scenario 10: Läckage av flytande koldioxid till följd av att lagringstank rämnrar<sup>9</sup>.
- Scenario 11.1: Läckage av flytande koldioxid från rörledning uppströms lastpumpen vid lastning.
- Scenario 11.2: Läckage av flytande koldioxid från rörledning uppströms lastpumpen mellan lastningar.

<sup>9</sup> Avser BLEVE som har analyserats med dynamisk 3D-analys, se stycke 5.1.2.



- Scenario 12.1: Läckage av flytande koldioxid från rörledning nedströms lastpumpen vid lastning.
- Scenario 12.2: Läckage av flytande koldioxid från rörledning nedströms lastpumpen mellan lastningar.
- Scenario 13: Läckage av flytande koldioxid från lastarm.



Figur 17. Läckagepunkter för respektive scenario.

Ovanstående scenarier står för över 95 % av riskbidragen vid samtliga analyserade punkter i den tvådimensionella analysen och bedöms därför vara representativa som urval. Vidare fokuserar 3D-simuleringarna på stora läckage och rörbrott. Mindre läckage bedöms bara ge en påverkan kring olyckans omedelbara närhet och bedöms därför inte vara nödvändiga att analysera med CFD-simuleringar. Notera att scenario 13 inte ger ett signifikant bidrag till riskbilden, men till följd av närheten till Länna Hamn har scenariot inkluderats för att säkerställa att risknivån inte underskattas.

Även om antalet huvudscenarier har begränsats till de som nämns ovan så innebär det likväl att över 1000 olika scenarier har analyserats med hjälp av CFD-metodik. Detta eftersom olika vindstyrkor (1,5 m/s; 5 m/s och 10 m/s), åtta olika vindriktningar samt olika läckageriktningar har simulerats. Sammantaget innebär ovanstående att antalet scenarier som simulerats är betydande.

## Riskvärdering

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas förslag på kriterier för individ- och samhällsrisk (18). Risker kan kategoriskt delas upp i;

- oacceptabla
- acceptabla med åtgärder och
- acceptabla

Risker som klassificeras som **oacceptabla** värderas som oacceptabelt höga och tolereras ej. Dessa risker kan vara möjliga att reducera genom att åtgärder vidtas.

De risker som bedöms vara **acceptabla med åtgärder** behandlas enligt ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör inte lika hårda krav ställas på riskreduktion, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-nyttoanalys.

De risker som kategoriseras som låga kan värderas som **acceptabla**. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas där åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

Det finns två olika mått som brukar användas för att mäta risknivån; individrisk och samhällsrisk. Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmått vid uppskattning av risknivån i ett område så att risknivån för den enskilde individen tas i beaktande samtidigt som hänsyn tas till hur stora skadorna kan bli med avseende på antalet personer som samtidigt påverkas.

**Individrisk** – Sannolikheten att en individ som kontinuerligt vistas i en specifik plats omkommer. Individrisken är platsspecifik och oberoende av hur många personer som vistas inom det givna området. Syftet med riskmättet är att kvantifiera risken på individnivå för att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabel risk. Individrisk redovisas ofta med en individriskprofil (t.v. i Figur 18) som beskriver frekvensen att omkomma som en funktion av avståndet till en riskkälla. Kan även redovisas som konturer på karta.

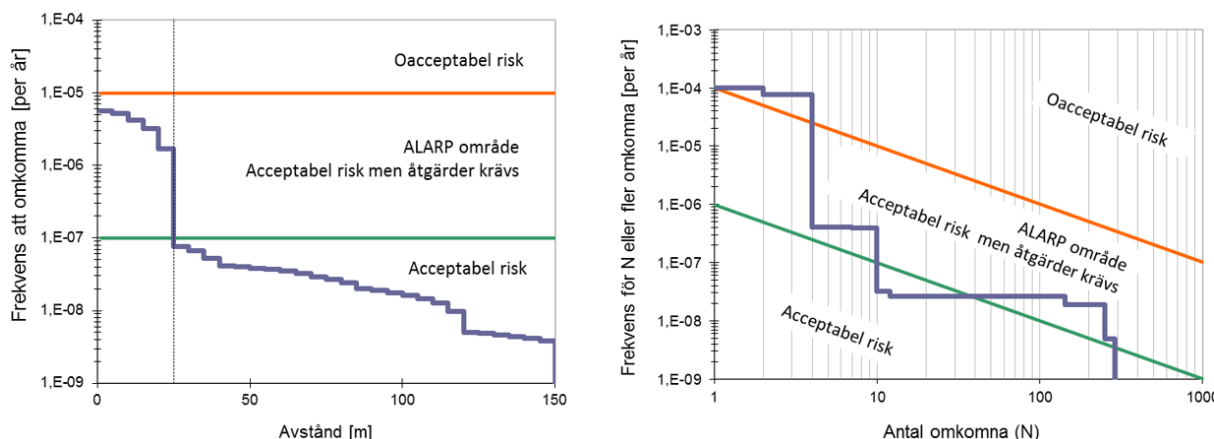
**Samhällsrisk** – Beaktar hur stor skadan kan bli med avseende på antalet personer som påverkas vid olika scenarier där hänsyn tas till befolkningstätheten inom det aktuella området. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året och låg under andra tider.

Samhällsrisk redovisas ofta med en F/N-kurva (t.h. i Figur 18) som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.

I Tabell 4 redogörs för DNV:s uppställda kriterier för värdering av individ- och samhällsrisk (18) enligt ovan nämnd kategorisering. Kriterierna återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Gränserna markeras med grön respektive orange linje i Figur 18.

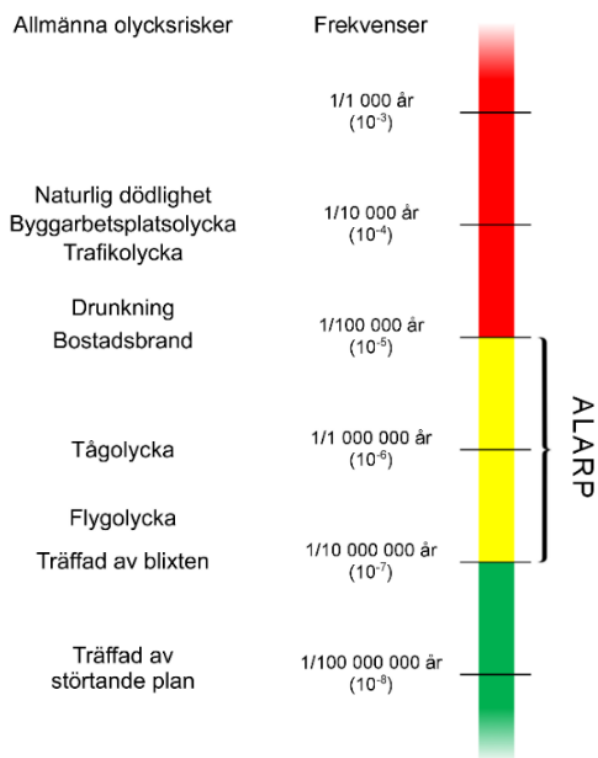
Tabell 4. Förslag till kriterier för värdering av individ och samhällsrisk enligt DNV.

Riskmått	Acceptabel risk	ALARP	Oacceptabel risk
Individrisk	$< 10^{-7}$	$10^{-7}$ till $10^{-5}$	$> 10^{-5}$
Samhällsrisk	$< 10^{-6}$	$10^{-6}$ till $10^{-4}$	$> 10^{-4}$



Figur 18. Exempel på individriskkurva (t.v.) samt samhällsriskkurva (t.h.) enligt DNV (18).

Som jämförelse illustreras i Figur 19 ett antal olycksrisker som medför dödsfall i samhället.



Figur 19. Storleksordning på allmänna olycksrisker i förhållande till ALARP-området (19).

Notera att de redovisade acceptanskriterierna gäller oskyddade individer som uppehåller sig på ett visst avstånd från anläggningen. De redovisade kriterierna är således inte representativa för bolagets egen personal som har tillgång till skyddsutrustning och nödlägesträning.

### Riskkontroll

Riskkontroll avser bedömningen av huruvida ytterligare riskreducerande åtgärder är nödvändiga, givet resultatet av riskbedömningen. De riskreducerande åtgärder som föreslås kan antingen ha en förebyggande eller skadebegränsande effekt.

### 5.1.2 Resultat och riskvärdering

Resultatet av genomförd QRA med tillhörande 3D-simuleringar presenteras med hjälp av riskmåttan individ- och samhällsrisk.

#### Individerisk

I figurerna nedan kan förenklat följande färgkodning göras:

- Röd färg motsvarar oacceptabel risk ( $10^{-5}$ ) enligt ovanstående riskkriterier.
- Gul färg motsvarar mittenområdet av ALARP-zonen ( $10^{-6}$ ) enligt ovanstående riskkriterier.
- Blå färg motsvarar nedre delen av ALARP-zonen enligt ( $10^{-7}$ ) ovanstående riskkriterier.

Figur 20 illustrerar individrisken avseende utsläpp av koldioxid (se Figur 17 för läckagepunkter kopplade till respektive scenario). Vidare baseras individrisken på en koncentration av koldioxid motsvarande 12,3 % (123 000 ppm) i 30 minuter, vilket är en koncentration och tidsperiod som innebär att 99 % av de som exponeras beräknas omkomma. Notera att figuren endast illustrerar individrisken, dvs. riskmättet som beaktar att en fiktiv person står på ett visst avstånd från riskkällan dygnet runt och utsätts för risken. Vidare skall det förtydligas att förutsättningarna i figuren gäller före reducerad olycksfrekvens genom implementering av extra skyddsbarriärer, se stycke 5.1.3.

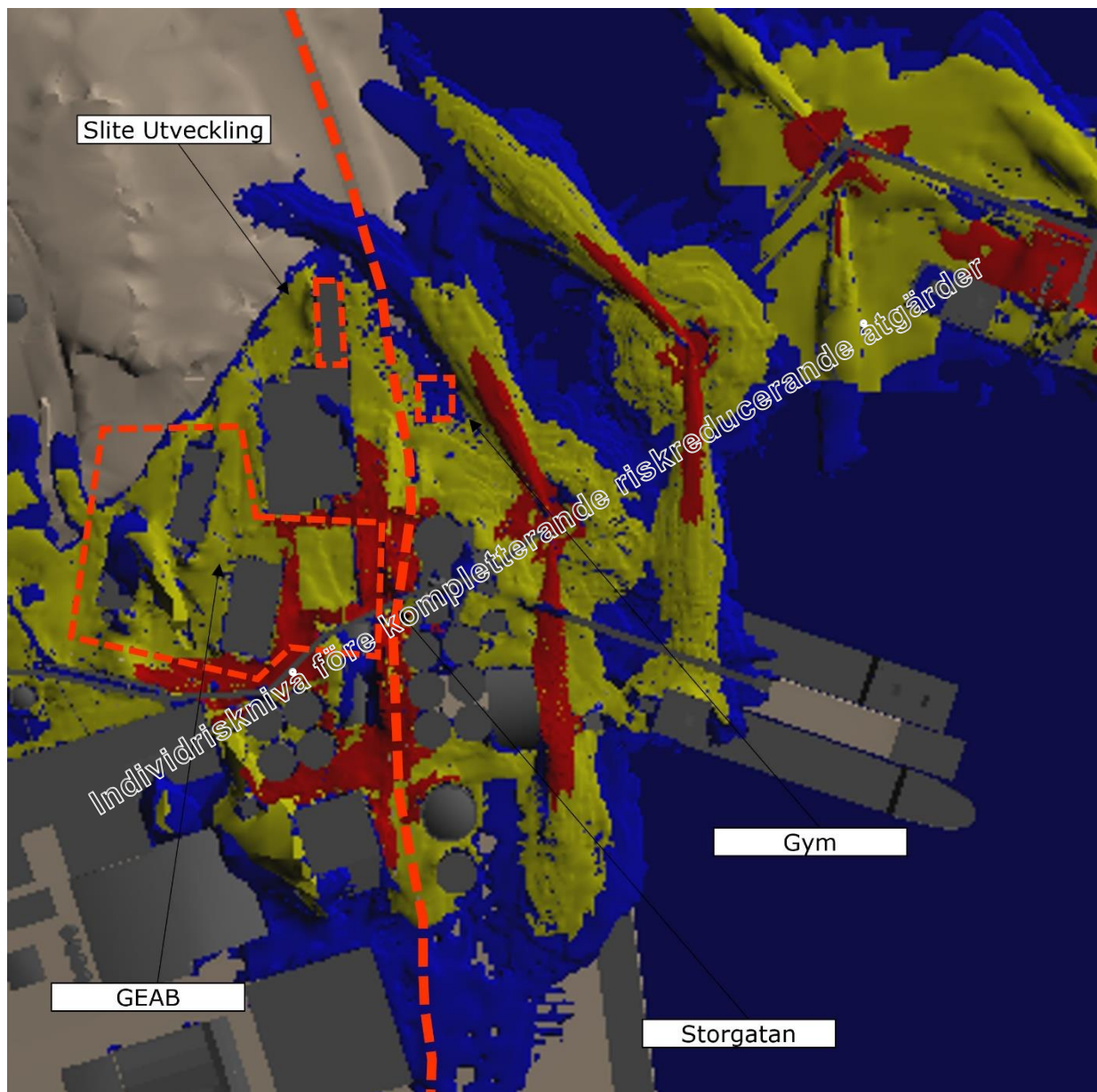


Figur 20. Individeriskenivån illustrerad på schematisk kartbild över anläggningen.

För att kunna bedöma om allmänheten kan påverkas i händelse av en olycka är det även nödvändigt med en identifiering av var allmänheten kan tänkas uppehålla sig och därmed riskerar att påverkas om en olycka inträffar. Primärt bedöms detta vara i anslutning till byggnader där 3:e person kan vistas, samt Storgatan där trafikanter rör sig. Även till havs kan teoretiskt sett 3:e person vistas nära exempelvis kaj och utsätts för oacceptabel risknivå, men under lossning är detta inte tillåtet (vattenområdet avlyst) varvid fokus ligger på områden som påverkas på land.



Nedanstående figur är en mer detaljerad bild som illustrerar byggnader (GEAB, gym och Slite utveckling) där allmänheten vistas samt Storgatan som är öppen för allmänheten.



Figur 21. Individrisknivån illustrerad på schematisk kartbild över anläggningen. De streckade områden illustrerar platser där 3:e person kan vistas (Storgatan, GEAB, Gym och Slite utveckling).

Av ovanstående figur går det att utläsa att individrisken ligger inom risknivån "oacceptabelt hög" i anslutning till Storgatan samt delar av de byggnader där 3:e person kan vistas. Detta förutsätter dock att människor vistas utomhus och av olika skäl inte kan förflytta sig, samt utsätts för den höga koncentrationen av koldioxid i 30 minuter. Det är alltså endast inom denna del av Slite där individrisken når högre nivåer, övriga områden så som bostadsområden osv påverkas inte i händelse av ett utsläpp.

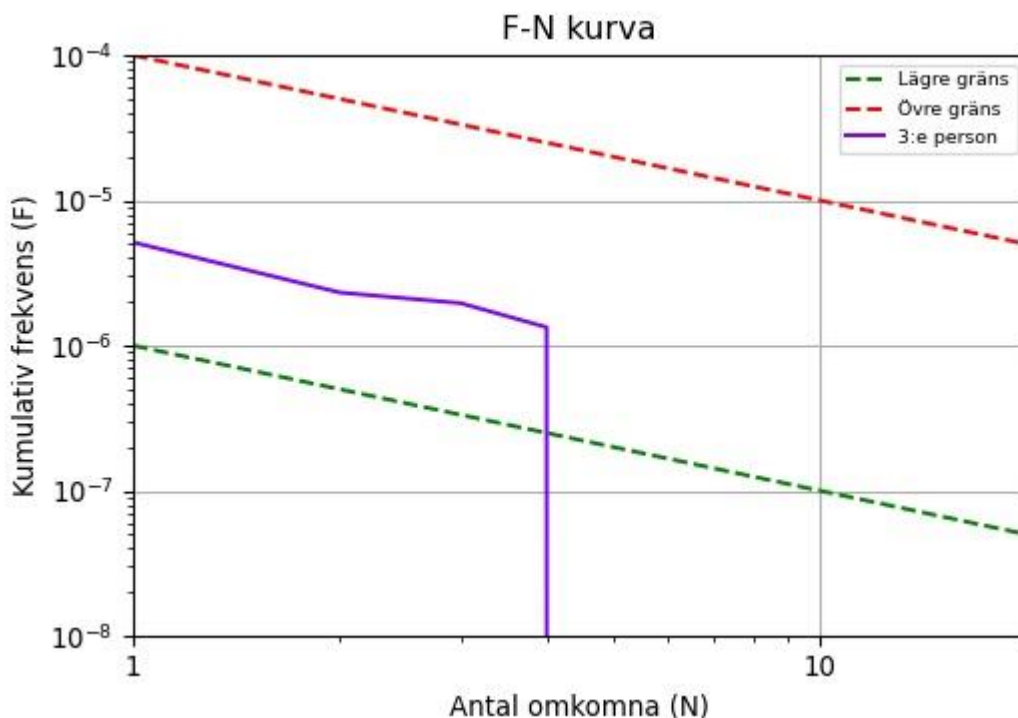
Givet ovanstående individrisknivå ska riskreducerande åtgärder vidtas för att ytterligare sänka risknivån för 3:e person vid Storgatan, GEAB, Slite utveckling och gymverksamheten.

Genomförda beräkningar är att betrakta som konservativa. Med detta menas att beräkningarna överskattar risknivåerna. Detta sker primärt genom de antaganden som ligger till grund för beräkningarna. Ett exempel på detta är en förenkling som sker i modelleringen. Att genomföra simuleringar i tre dimensioner kräver stora mängder datakraft. För att begränsa mängden utsläppscenarier som simuleras har rörledningen som transporterar koldioxid från mellanlagringen till utlastningen delats in i segment om cirka 100 meter.

Detta innebär att inom varje segment har samtliga olycksrisker inom segmentet samlats i en utsläppspunkt, vilket innebär samtliga risker för ett segment summeras i en punkt och därmed uppstår en lokal överskattning i den aktuella punkten. Ett annat exempel är att simuleringen baseras på en statisk (steady state) analysmodell som simulerar ett utsläpp som konservativt varar i 30 minuter, dvs. utsläppet ges i teorin en sådan tillförsel av koldioxid att utsläppet inte tar slut eller klingar av under dessa 30 minuter utan i stället sker ett kontinuerligt utsläpp som varar i 30 minuter. Detta är inte realistiskt då koldioxidsystemet är försett med ett antal barriärer så som nödavstängning som innebär att utsläppet skulle begränsas kraftigt. Å andra sidan medför dessa konservativa antagande att om riskerna kan hanteras på ett erforderligt vis givet dessa förutsättningar skapas en mycket robust anläggning.

### Samhällsrisk

Samhällsrisk är det andra riskmättet som måste beaktas och samhällsrisknivån, se stycke 5.1.1, illustreras i Figur 22.



Figur 22. Samhällsrisknivån illustrerad som en F/N-kurva.

Av figuren kan konstateras att samhällsriskkurvan återfinns inom den lägre delen av ALARP-området för att därefter övergå till det acceptabla området. Det relativt låga antalet omkomna som illustreras i samhällsriskkurvan beror på att få personer vistas i området och är berörda av en olycka. Samtliga människor i Slite har beaktats men endast gående/cyklister på Storgatan, anställda vid GEAB och Slite utveckling samt personer som besöker gymmet kan påverkas i realiteten.



För att säkerställa att beräkningsresultatet är konservativt och att risknivåerna inte underskattas har olika typer av känslighetsanalyser upprättats. En viktig sådan är analys utgår från olika koncentrationer där människor riskerar att omkomma till följd av ett utsläpp av koldioxid. I grundberäkningarna utgår Ramboll från den koncentration av koldioxid vid vilken 99 % av de personer som utsätts för koncentrationen konstant under 30 minuter omkommer. Denna koncentration motsvarar 123 000 ppm.

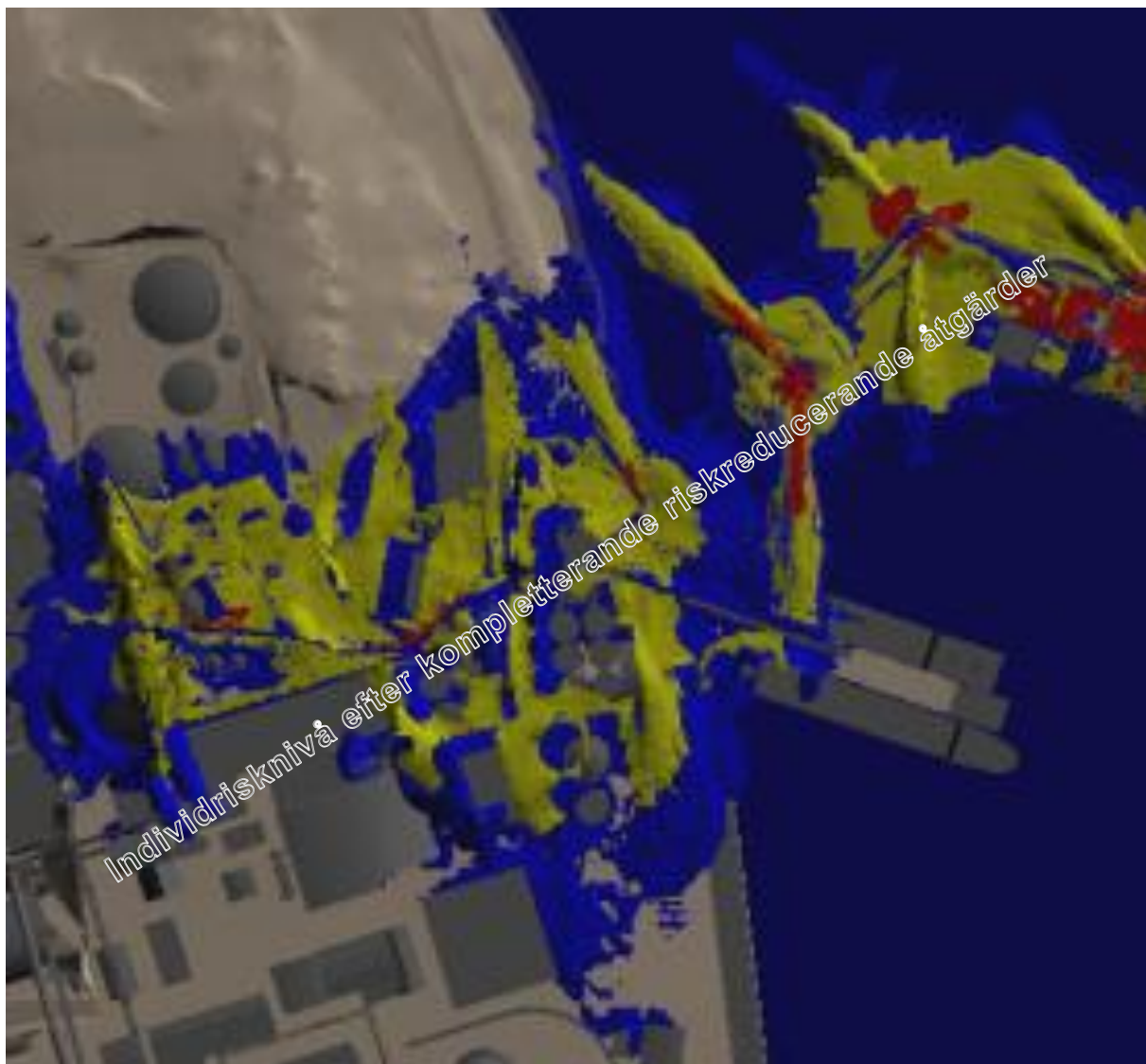
I känslighetsanalysen görs en beräkning där risknivåerna i stället utgår från den koncentration vid vilken 1 % av de personer som utsätts för koncentrationen konstant i 30 minuter omkommer. Denna koncentration motsvarar 68 000 ppm. Resultatet av denna typ av känslighetsanalys är tydlig. Även om påverkansområdet blir större och individriskkurvorna av naturliga skäl täcker ett större område, innebär det ingen reell skillnad avseende 3:e person. Detta eftersom befintliga skyddsavstånd till mer publika områden så som bostadsområdena norr och söder om anläggningen och Länna Hamn är fortsatt betryggande.

Slutligen har Ramboll analyserat skadorna för BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). En BLEVE innebär kortfattat att en tank som innehåller en vätska, här koldioxid, över sin kokpunkt och under tryck fallerar, rämnar på ett katastrofalt vis. När detta sker faller trycket i tanken omedelbart till atmosfärstryck och den flytande koldioxiden börjar koka och därigenom skapas stora mängder ånga momentant vilket leder till en tryckuppbyggnad som kan skada personer eller utrustning i närheten. En BLEVE är extremt ovanligt och vissa studier som åberopas i denna typ av riskbedömningar gör gällande att en BLEVE inte kan inträffa med koldioxid (20).

Lagringstankarna vid Heidelberg Materials kommer utformas med ett antal säkerhetssystem för att förhindra en tryckuppbyggnad som beskrivs ovan. Sådana åtgärder är att flertalet säkerhetsventiler (ESD) installeras. Därutöver planeras anläggningen att utformas med att BOG (Boil-Off Gases) leds vidare till kylanläggning och återförvätskas för att sedan cirkulera tillbaka till lagringstankarna. Detta stabiliserar systemet och kontroll av trycket i tankarna. Även om bedömningen i rapporten är att en BLEVE troligtvis inte kan inträffa eller har en extremt låg sannolikhet så har Ramboll i sin QRA sett BLEVE som ett worst case och har därför analyserat en BLEVE i en av lagringstankarna med hjälp av en dynamisk CFD-simulering. Resultatet av denna simulering gör gällande att 3:e person inte påverkas av tryckvågen som frigörs vid en BLEVE. Däremot kan utrustningen vid CCS-anläggningen påverkas vilket bör beaktas i kommande detaljprojektering. Vidare uppnås inte sådana koncentrationer av CO<sub>2</sub> som bedöms kunna medföra skador för 3:e man.

### **5.1.3 Slutsats och rekommendationer**

Till följd av resultatet av upprättad QRA bedöms det nödvändigt att implementera ytterligare riskreducerande åtgärder. Olika möjliga alternativ bedöms tillämpliga. Genom att sänka frekvensen för olyckor som föranleder spridning av koldioxid med 50 % uppnås nedanstående förutsättningar, se figur 23.



Figur 23. Individrisknivåerna i grundberäkningen till höger och individrisknivåerna med lägre frekvens för olycka till vänster.

Av figuren ovan går det att utläsa att risknivån för 3:e person är markant lägre. En dubbelmantlad rörledning med vakuumisolering bedöms i QRA'n medföra en sänkning av olycksfrekvensen med 50 % och i rapporten hänvisas till flera källor som indikerar att uppskattningen 50 % snarast är att betrakta som ett mycket konservativt antagande (21) (22). En annan förutsättning som Ramboll bedömer nödvändig för att nå denna sänkning av olycksfrekvensen är att utvändigt påkörningsskydd där trafik återfinns eller där ledningen kan utsättas för extern påverkan installeras.

Ytterligare en åtgärd som lyfts fram bedöms nödvändig att beakta, nämligen:

- Sektionering av rörledningen med hjälp av nödavstängningsventiler (ESD-ventiler).

Sektionering medför en signifikant minskning av källstyrkan vid ett utsläpp, exempelvis påvisar Ramboll i QRA rapporten att om ett utsläpp sker utan sektionering av rörledningen (grundberäkningen) tar det cirka 1000 sekunder till dess att det sker en signifikant minskning av flödet från ett utsläpp. Motsvarande tid vid en sektionering var 300:e respektive 100:e meter är 300 respektive 100 sekunder.

Utifrån att dessa åtgärder finns tillgängliga att implementera bedöms risknivån för 3:e person avseende CCS-anläggning och hanteringen av koldioxid vara acceptabel. Notera dock nedanstående avsnitt 5.2 och fördjupningen gällande ammoniak som köldmedium. Det bör dock framhållas att CCS-anläggningen ännu inte har detaljprojekterats av en vald leverantör. I samband med sådan detaljprojektering kan det identifieras andra tekniska lösningar med motsvarande sänkning av olycksfrekvensen. Därav skall ovan angivna tekniker inte ses som absoluta utan snarare exempel på möjliga lösningar.

## 5.2 SPRIDNINGSBERÄKNING VATTENFRI AMMONIAK (4)

Heidelberg Materials har utvärderat olika typer av köldmedier och baserat på genomförd utvärdering har bolaget kom fram till att vattenfri ammoniak är det köldmedium som bäst uppfyller ställda krav och kriterier (23). Se teknisk beskrivning för ytterligare information.

I detta avsnitt sammanfattas och beskrivs genomförd kvantitativ skadebedömning för olyckor som medför utsläpp av vattenfri ammoniak från kylsystemet i CCS-anläggningen.

### 5.2.1 Metodbeskrivning

Risker relaterade till kylsystemet med ammoniak identifierades vid den andra HAZID-workshopen, se avsnitt 3.2. Det bör särskilt noteras att inget scenario kopplat till utsläpp av ammoniak definierats som en MAH (major accident hazard) på grund av att de endast bedöms ge upphov till lokala skador då all utrustning är placerad inomhus. Detaljerade bedömningar upprättas dock till följd av de inneboende hälsofarorna med vattenfri ammoniak, främst kopplade till dess giftighet, samt den inte obetydliga mängd som kommer att finnas i kylsystemet.

Följande scenarier beaktas:

- Läckage av kondenserad ammoniak från kompressor
- Läckage av kondenserad ammoniak från rörledning till koldioxidreningen, nedströms kylaggregatet
- Läckage av gasformig ammoniak nedströms från CO<sub>2</sub>-reningsenheten
- Läckage av kondenserad ammoniak från rörledning till kondensationsenheten, nedströms från kylaggregatet
- Läckage av gasformig ammoniak nedströms från kondensationsenheten

Det finns tre separata maskinrum med fyra kylare som arbetar parallellt per maskinrum. Den totala massan kylmedium uppgår till cirka 2400 kg per maskinrum. För ett worst case-scenario antas ett läckage från en av dessa anslutna kylare i ett av maskinrummen, vilket resulterar i en utsläppt mängd på 2400 kg ammoniak. Den flytande ammoniaken antas täcka hela golvet i maskinrummet, men inte läcka utanför brandcellsgränsen.

Det antas endast möjligt för gasformig ammoniak att läcka ut till omgivningen genom ventilationen. Kapaciteten för nödventilationen beräknas utifrån krav på luftflödes hastighet, som i sin tur bestäms som en funktion av kylmedlets massa.

Ett scenario med ett ammoniakläckage har modellerats i två dimensioner med avseende på dispersion av gasformig ammoniak genom byggnadernas ventilation. Utsläppet av ammoniak tillåts bygga upp en maximal koncentration inuti maskinrummet. Denna maximala koncentration ventileras sedan ut med fläktens volymflöde (7,14 m<sup>3</sup>/s) och det är spridningen av detta till omgivningen som modelleras.

För riskvärdering används i Rambolls QRA-rapport en probitfunktion<sup>10</sup> som ger följande riktvärden för dödlighet i förhållande till ammoniakkoncentration vid olika exponeringstider: En dödlighetsgrad på 1 % respektive 99 % motsvarar en ammoniakkoncentration på 0,2 % (2301 ppm) respektive 2,4 % (23 556 ppm) under 30 minuters exponering för allmänheten (3:e person).

Vid beredningsplanering i Sverige är det dock vanligt att redovisa resultatet utifrån AEGL<sup>11</sup>. Resultaten kompletteras därför med skadeavstånd för människors liv och hälsa baserat på AEGL-riktvärden för ammoniak. AEGL-värden anger vid vilka koncentrationer människor generellt upplever hälsopåverkan från olika typer av giftiga gaser vid en bestämd exponeringstid;

- AEGL-3 anger den koncentration (1 600 ppm för ammoniak vid 30 min exponering) av ett visst ämne där det antas att majoriteten av befolkningen skulle utsättas för livshotande hälsoeffekter eller omkomma.
- AEGL-2 anger den koncentration (220 ppm för ammoniak vid 30 min exponering) av ett visst ämne där det antas att majoriteten av befolkningen skulle uppleva långvariga, irreversibla, allvarliga hälsoeffekter.
- AEGL-1 anger den koncentration (30 ppm för ammoniak vid 30 min exponering) av ett visst ämne där det antas att majoriteten av befolkningen skulle kunna uppleva irritation eller obehag. Hälsoeffekterna går dock över när exponering upphör.

I denna riskbedömning redovisas skadorna utifrån AEGL-3 och AEGL-2 för ammoniak vid 30 minuters exponering. Det bör noteras att för ammoniak är AEGL-2 samma för 10 minuters respektive 30 minuters exponering.

### 5.2.2 Resultat

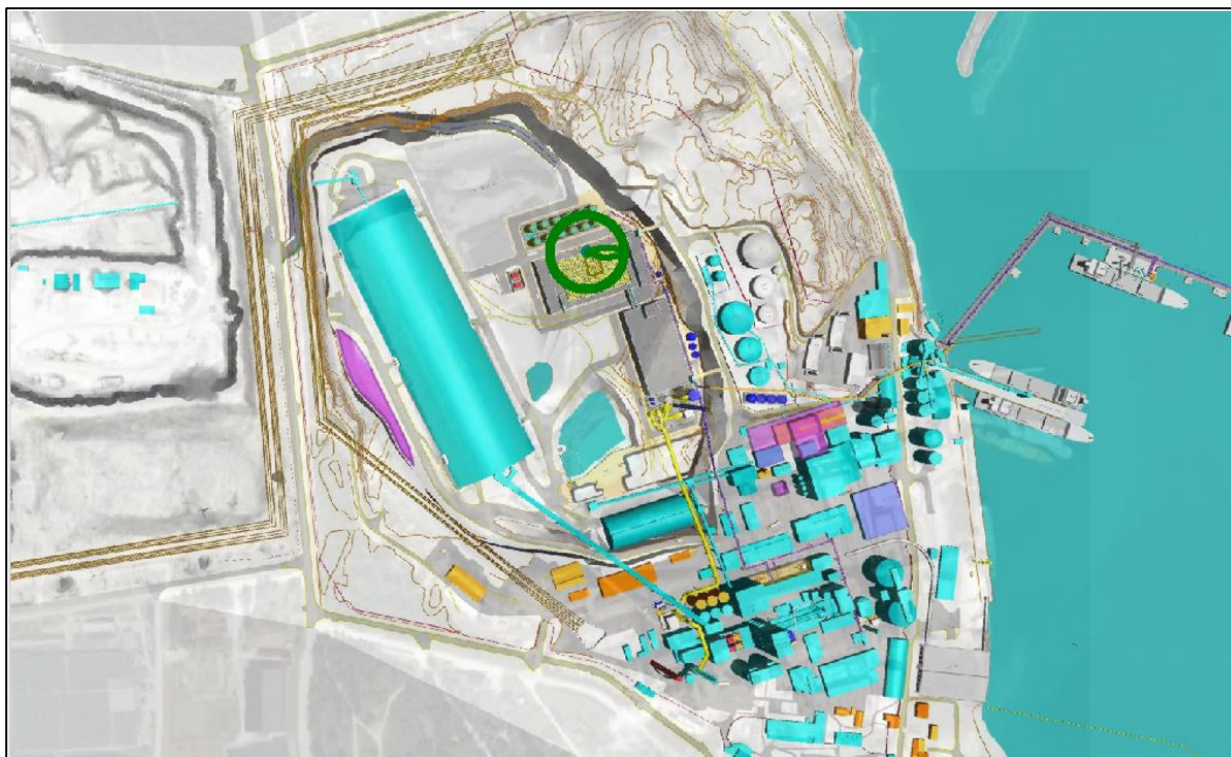
Resultatet illustreras först i form av gasmolnets möjliga längd från utsläppspunkten (ventilationsutblåset) för koncentrationerna beräknade med probitfunktionen, se Figur 24 och Figur 25. Därefter redovisas resultatet utifrån AEGL-2 och AEGL-3, se Figur 26.

Viktigt att notera är att avståndet visas i form av en cirkel, men i realiteten skulle gasen spridas som en plym i vindriktningen. Som framgår av figurerna blir skadeavstånden relativt korta och når aldrig någon plats där 3:e person kan förväntas uppehålla sig. Endast anställda eller arbetare som befinner sig i utsläppets omedelbara närhet förväntas därmed kunna påverkas.

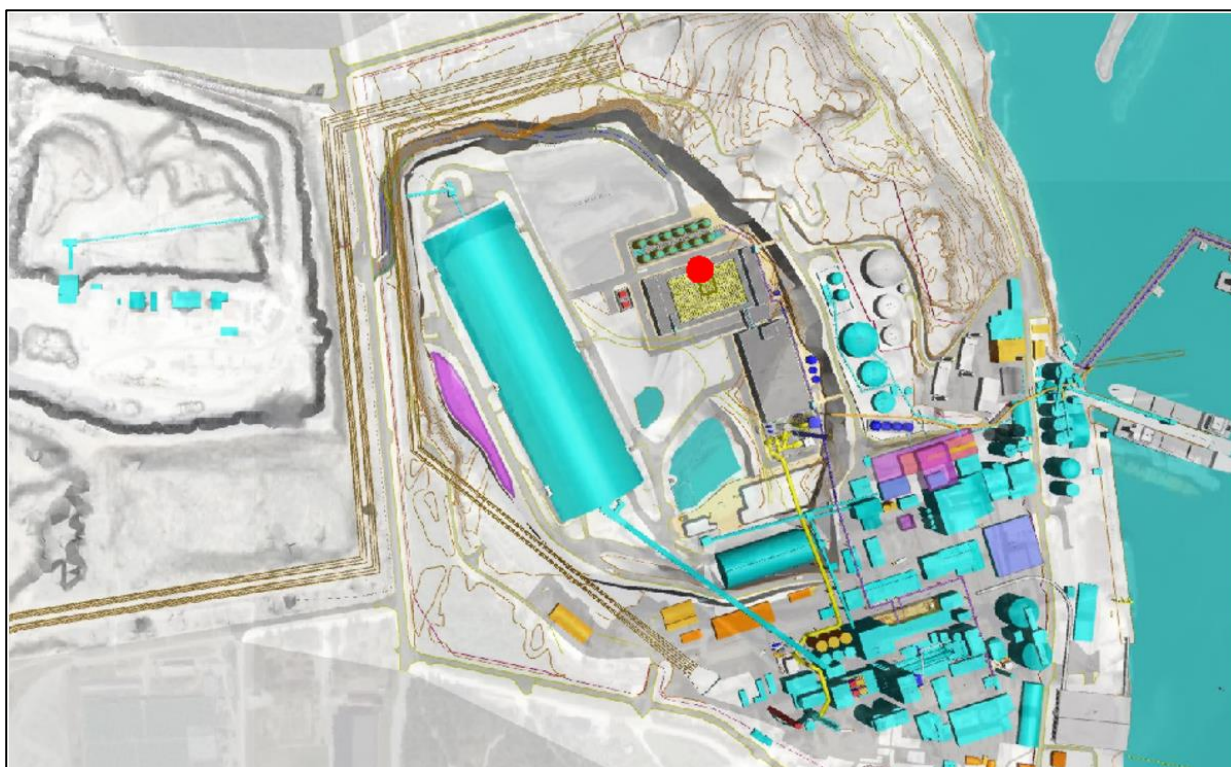
<sup>10</sup> Probit är en förkortning för *Probability Unit*. Probitfunktionen anger sambandet mellan koncentrationen av ett ämne i luften, exponeringstiden och vilken effekten ämnet kommer ha på recipienten (människor).

<sup>11</sup> AEGL är en förkortning för *Acute Exposure Guideline Levels*. AEGL är ett system som ger hälsobaserade riktvärden för akut exponering av kemiska ämnen. Systemet är framtaget av den amerikanska miljömyndigheten Environmental Protection Agency (EPA) och används idag också i flera europeiska länder.



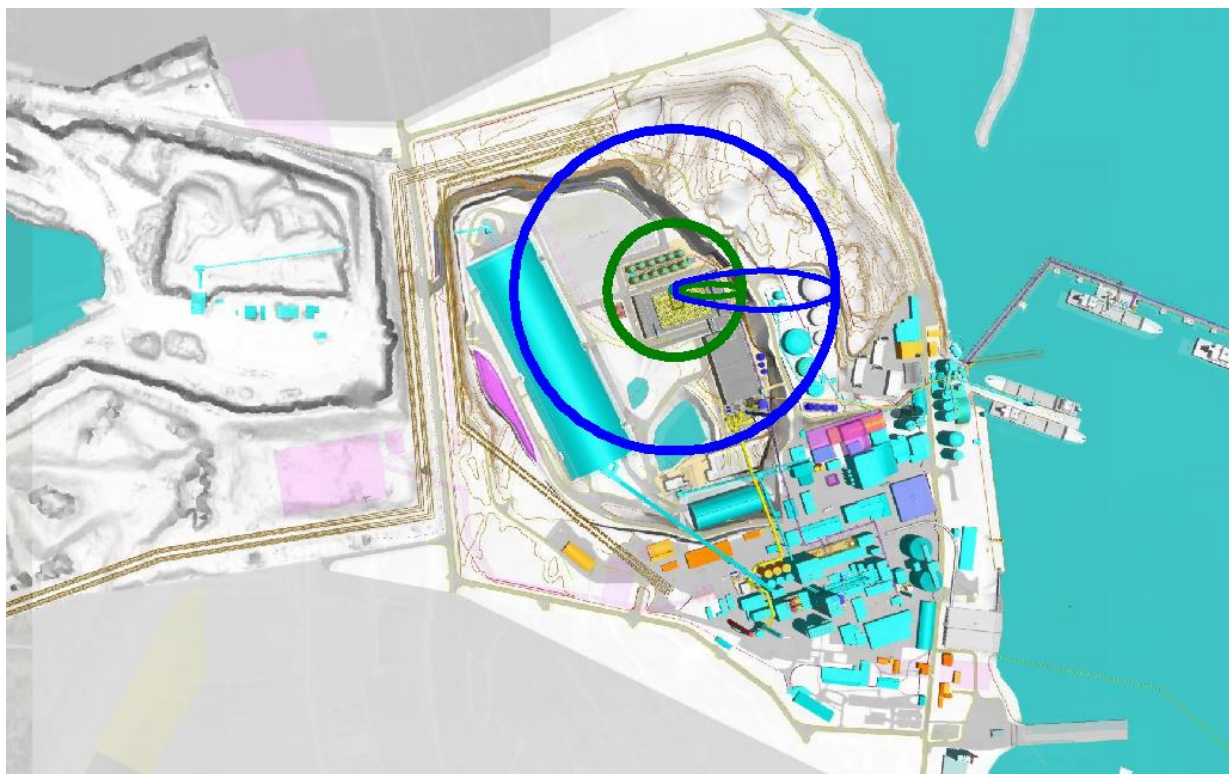


Figur 24. Grön cirkel visar skadeavståndet för ett gasmoln med en ammoniakkoncentration på 0,2 % (2301 ppm) som motsvarar 1 % dödlighet efter 30 minuters exponering.



Figur 25. Röd cirkel visar skadeavståndet för ett gasmoln med en ammoniakkoncentration på 2,4 % (23 556 ppm) som motsvarar 99 % dödlighet efter 30 minuters exponering.





Figur 26. Molnets genomskäring på 25 meters höjd. Grön cirkel visar skadeavståndet till AEGL-3 (livshotande hälsoeffekter eller dödsfall) efter 30 minuters exponering. Blå cirkel visar skadeavståndet till AEGL-2 (långvariga, irreversibla, allvarliga hälsoeffekter) efter 30 minuters exponering.



Figur 27. Molnets genomskäring på 35 meters höjd. Blå cirkel visar skadeavståndet till AEGL-2 (långvariga, irreversibla, allvarliga hälsoeffekter) efter 30 minuters exponering. AEGL-3 uppnås inte på denna höjd.



I beräkningen av AEGL är ventilationens utblås placerat på byggnadens tak, cirka 13,5 meter över marknivån i Östra brottet. Figur 26. visar en genomskärning av gasmolnet på 25 meters höjd från botten medan Figur 27 visar en genomskärning av gasmolnet på 35 meters höjd från botten. Det senare motsvarar medelhöjden på kanten till Östra brottet och i figuren illustreras hur AEGL-3 inte uppnås på denna höjd. Scenariot utgår från ett utsläpp genom fullt rörbrott i maskinrum och som sprids till omgivningen via ventilation.

Figur 26. indikerar att koncentrationer som uppnår AEGL-3 endast uppkommer inom Östra brotts perimeter. Vidare illustreras att koncentrationer som uppnår AEGL-2 kan sträcka sig utanför Östra brottet förutom i västlig riktning. AEGL-2 kan i huvudsak uppnås på Oljeberget och i skogen på höjden bortom Oljeberget. Avståndet kommer i närheten av, men inte in i bostadsområdet norr om Östra brottet. Däremot tangeras i nordost fastigheten Länna gård som ägs av Heidelberg Materials.

Redovisad utbredning av ammoniakmolnet enligt Figur 26. är att betrakta som mycket konservativ, främst på grund av följande faktorer:

- Den blå cirkeln som illustrerar bredden på molnet där den maximala koncentrationen uppgår till AEGL-2 är på 35 meters höjd från botten på Östra brottet. Detta motsvarar medelhöjden på de omgivande bergskanterna, men i exempelvis norr är kanten upp till 45 meter hög, vilket skulle blockera delar av gasmolnet.
- Ammoniak är en lätt gas med cirka halva densiteten av luft. Ammoniakmolnet kommer därmed att stiga uppåt från utsläppspunkten. Oljeberget och skogen norr om Oljeberget ligger på en höjd, medan Länna gård ligger på en lägre nivå bortom dessa. Det går därför att anta att koncentrationen skulle vara lägre vid Länna gård.
- Det beräknade scenariot i sig är att betrakta som mycket konservativt då ingen hänsyn har tagits till sannolikheten för en sådan händelse vilken kan antas vara mycket låg givet de multipla skyddsbarriärerna. Vidare utgår det beräknade scenariot från normal ventilation med ett flöde om 7,14 m<sup>3</sup>/s. Nödventilationen som startar i händelse av en olycka har ett lägre utföde (2,51 m<sup>3</sup>/s).
- Sannolikheten för att all ammoniak i samtliga kylslingor till ett av aggregaten skulle läcka ut antas vara mycket låg. Troligare händelser utgörs av mindre läckage på en av kylslingorna. I Rambolls QRA har det dessutom bedömts att utsläpp av ammoniak inte ger något signifikant bidrag till risknivån på anläggningen.
- AEGL-2 baseras här på en exponeringstid på 30 minuter. Ammoniak är dock förnimbart i betydligt lägre koncentrationer varvid personer kommer att ha tid och möjlighet att röra sig bort från utsläppet, alternativt att förflytta sig inomhus.

### 5.2.3 Riskvärdering och rekommendationer

Resultaten från skadmodelleringen visar att i ett worst case-scenario med utsläpp av 2400 kg vattenfri ammoniak inne i ett maskinrum, skulle skadorna kunna bli allvarliga för arbetstagare och personal (1:a och 2:a person) som befinner sig i direkt anslutning till byggnaden. Bidraget till risknivåerna runt anläggningen för allmänheten (3:e person) förväntas dock vara lågt.

Baserat på genomförd utredning rekommenderas att det säkerställs att de antaganden som analysen bygger på tillvaratas i projekteringen och uppförandet av anläggningen, exempelvis:

- All utrustning som innehåller vattenfri ammoniak placeras inomhus.
- Varje maskinrum utformas enligt standarden SS-EN-378, eller med motsvarande skyddssystem som följer av standarden.
- Läckagedetektering och gasdetektering som ger larm ska finnas.

Givet riskavståndet till AEGL-2 bedömer WSP att det även är skäligen att införa en barriär som kraftigt begränsar flödet och mängden ammoniak som kan ventileras ut i händelse av en olycka. I QRA-rapporten genomförs en känslighetsanalys där mängden ammoniak som läcker ut begränsas till 600 kg samt att nödventilationen aktiveras vilket innebär att flödet minskas från 7,14 m<sup>3</sup>/s till 2,51 m<sup>3</sup>/s. Detta medför att utsläppskoncentrationen av ammoniak inte uppnår AEGL-2 vid 35 meters höjd, vilket innebär att 3:e person inte påverkas i händelse av ett utsläpp.

En minskning av flödet och den utsläppta mängden kan uppnås med bland annat följande barriärer:

- Installation av en skrubber för att rena ventilationens frånluft från ammoniak.
- Automatisk avstängning av ventilationen vid höga koncentrationer i rummet, för att sedan kunna göra en kontrollerad ventilering genom räddningstjänstens försorg (viktigt att detta kompletteras med en utredning om risk för explosiv atmosfär och att utrustning i rummet projekteras med detta i åtanke).

Notera att även andra barriärer kan medföra motsvarande skyddseffekt, men dessa åtgärder behöver i så fall vidimeras.

## 5.3 NAUTISK RISKBEDÖMNING FÖR FÖLJDVERKSAMHET (5)

Som tidigare beskrivits så innefattar tillståndsansökan även planerad ombyggnad av bolagets hamn i Slite, samt muddring av hamnområdet och farleden för att möjliggöra angöring av större fartyg. Detta kommer att innebära ett ökat antal fartygsanlöp till bolagets hamn, huvudsakligen till följd av uttransport av infångad koldioxid men också på grund av fartygstransporter till och från verksamheten kopplade till ökad cementproduktion och ökad användning av alternativa råvaror och bränslen.

I detta avsnitt beskrivs övergripande metod för och resultat av den nautiska riskbedömning (24) som tagits fram av RISE som underlag till tillståndsansökan.

### 5.3.1 Metodbeskrivning

Den nautiska riskbedömningen består av två huvuddelar: simuleringar av fartygsrörelser och riskbedömning. Riskidentifieringen och riskbedömningen är primärt genomförd med avseende på maritima risker som kan leda till grundstötning, fartygskollisioner eller påsegling av fasta hinder eller infrastruktur under den operativa fasen samt under anläggningsfasen då bolagets hamn byggs om. Möjliga skador av dessa olyckstyper kan omfatta skador på människor och egendom samt miljöskaador på grund av utsläpp. Antagonistiska handlingar inkluderas ej. Eventuell påverkan på kulturmiljö eller samhällsviktig funktion belyses inte heller, med undantag för om hamnens verksamhet påverkas på grund av olycka. (24)

Riskbedömningen utgår från prognosticerat antal anlöp för planerad verksamhet enligt följande:

Cement:	640
Bulk:	380
Koldioxid:	90-180 (beroende på fartygsstorlek)
Flytande bränslen:	10

## Simuleringar

Alla fartyg förväntas klara säker manövrering i vindhastigheter upp till 15 m/s, vid högre vindstyrka krävs bogserhjälp. Fartygssimuleringar i farled och hamn har genomförts för olika väderförhållanden med varierande längd och bogpropellereffekt på fartyget. RISE har genomfört 2D-simuleringar där fokusområdet var farledsdimensionerna, samt 3D-simuleringar för att testa hela farleds- och hamnlayouten. (24)

## HAZID

Riskidentifiering och riskuppskattning har genomförts genom HAZID (Hazard Identification) och metoden syftar till att skapa en översikt över tänkbara olycksscenarioer utifrån en given verksamhetsbeskrivning. Riskidentifieringen kartlägger potentiella risker utan att i detalj gå in på bakomliggande orsakssammanhang. Även till synes små risker inkluderas då dessa kan vara relevanta för att få en god helhetsbedömning. I analysen har riskidentifiering och riskuppskattning genomförts med experter på sjöfart och sjöfartsrisker internt hos RISE, i tillägg till en HAZID som genomförts med lotsar från Sjöfartsverket samt personal från Heidelberg Materials. Riskbedömningen omfattar såväl anläggningsfas samt operativ fas av verksamheten, tyngdpunkten läggs vid den senare.

Som indata används även data för nuvarande sjötrafik och identifiering av frekventa fartyg i området utgör tillsammans med olycksstatistik viktigt underlag för riskidentifiering. Detta kompletteras med en överblick av väderstatistik för området. Under åren 1998 – 2023 identifierades drygt 200 olyckor med fartyg i närområdet, varav 24 klassificerats som allvarliga. Den mänskliga faktorn är den klart största grundorsaken och grundstötning är den vanligaste typen av händelse.

Ett antal möjliga olycksscenarioer har identifierats för respektive skede. För samtliga scenarier görs en initial uppskattning av sannolikheten. För de identifierade risker där sannolikheten bedöms som låg eller mycket låg, prioriteras inte risken för vidare bedömning. För de identifierade risker där sannolikheten bedöms som något högre analyseras dessa i mer detalj genom kvalitativ analys. Här diskuteras även riskreducerande åtgärder som kan vara aktuella för de prioriterade riskerna.

### 5.3.2 Resultat

#### Simuleringar

Baserat på resultaten från fartygssimuleringarna gjorda hos RISE rekommenderades att bredden på farleden blir 140 meter på den smalaste delen. Den föreslagna slutliga farledssträckningen har diskuterats med lotsar från Sjöfartsverket och verifierats i simuleringarna.

#### Anläggningsfasen

Under tiden för anläggningsfasen så finns det ett antal kritiska moment där särskild försiktighet bör beaktas. Detta gäller framför allt muddring av farleden samt rivning av Oljepiren.

För anläggningsfasen av ny hamnanläggning finns risker i hamnen. Med adekvata riskreducerande åtgärder bedöms dessa risker dock kunna minskas till acceptabel nivå. Det rekommenderas att en detaljerad riskbedömning genomförs när entreprenörer för byggnation och muddring utsetts för att det är först då exakt plan för byggnation finns att tillgå. I en sådan riskbedömning bör Sjöfartsverkets lotsar delta. Man bör efter en sådan riskbedömning ta fram handlingsplaner och kommunikationsplaner för att hålla riskerna för sjötrafiken acceptabelt låg.

## Driftsfasen

Följande risker har identifierats, prioriterade risker som utreds vidare markeras med fet stil. Exempel på föreslagna riskreducerande åtgärder listas för respektive prioriterad risk.

- A. Mänskliga misstag som innebär att gir misslyckas genom att den startas för sent, utförs med för litet roderutslag, vid för hög hastighet eller genom att rodret läggs åt fel håll.**
  - Kontrollpunkter för de chartrade fartygens drift och management.
- B. Tekniskt roderfel som innebär att en gir misslyckas på grund av otillräckligt eller för långsamt roderutslag.
- C. Blackout, bortfall av framdrivning och propellerkraft vilket minskar roderverkan.
- D. Övåntat möte med väjningsmanöver eller kollision med annat fartyg.
- E. Felnavigering – felaktig uppfattning om fartygets position eller kurs orsakad av mörker eller begränsad sikt.**
  - Väl utmärkt farled.
- F. Felnavigering – felaktig uppfattning om fartygets position eller kurs orsakad av bländande ljus eller förväxlingsbara ljuskällor på kaj eller byggnad.**
  - Belysning i hamn och på kaj utformas för att inte störa sjötrafiken.
- G. Bankeffekter eller girmoment vid möte.**
  - Undvik möten mellan stora fartyg i trånga passager.
  - Träna lotsar och befälhavare.
- H. Begränsad manöverförmåga orsakad av is.
- I. Påverkan av extrem strömsättning.
- J. Påverkan av extrema vindförhållanden.**
- K. Olyckshändelser relaterade till lasten ombord.**
  - Kontrollpunkter för de chartrade fartygens drift och management.
- L. Kollision med fiskebåt.
- M. Önskad gir på grund av fiskeredskap i farleden.
- N. Kollision med fritidsbåt.
- O. Allision med kajanläggning.
- P. Fartygets förtöjningslinor brister.**
  - Kajen och förtöjningsanordningarna utformas med detta i åtanke.
- Q. Ökad bottenerosion på grund av ökad sjötrafik.

### 5.3.3 Riskvärdering och rekommendationer

Den samlade bedömningen är att den ökade trafikmängden inte nämnvärt ökar de risker som finns idag för människor och miljö. Fartygstrafiken förväntas visserligen öka med 40–50 %, detta är dock från en mycket låg nivå i dagsläget. De större fartygen som planeras att användas kan med acceptabel till låg risk passera i farleden om dessa utrustas på rätt sätt, vilket visats i de fartygssimuleringar som genomförts. Bolaget bör ta hänsyn till gällande industriguider för design av kajer och lasthanteringssystem och rekommenderas att ta hänsyn till slutsatserna som gjorts i simuleringsrapporten. De övriga riskreducerande åtgärder som i rapporten nämnts för det operativa skedet ska inte betraktas som villkor för tillstånd. De är i stället förslag på hur bolaget kan gå ytterligare ett steg för att minska de operationella riskerna för sin verksamhet och tillgängligheten för hamnen.

## 5.4 BARRIÄRANALYS MED OLYCKSFJÄRILAR

I detta avsnitt upprättas en barriäranalys med hjälp av olycksfjärilsmetodik. Först presenteras metodiken bakom analysmetoden. Därefter presenteras ett antal olycksfjärilar baserade på de identifierade typscenarierna, se avsnitt 4.4.4. Till varje olycksfjäril exemplifieras planerade barriärer som verkar olycksförebyggande respektive skadebegränsande. Efter varje olycksfjäril sker en kort diskussion om analysen, samt en bedömning av risknivån givet de barriärer som kommer upprättas för att förhindra olyckor.

### 5.4.1 Analysmetodik – Olycksfjärilar

För att beskriva de förebyggande och begränsande åtgärderna väljs nio typscenarier ut baserat på genomförd riskidentifiering och fördjupade riskbedömningar, se avsnitt 4.4.4.

För scenariobeskrivningar används så kallade olycksfjärilar (Bowtie på engelska). Olycksfjärilsmetoden har flera fördelar när det kommer till att bedöma hanteringen av riskkällor. Några viktiga styrkor med metoden är:

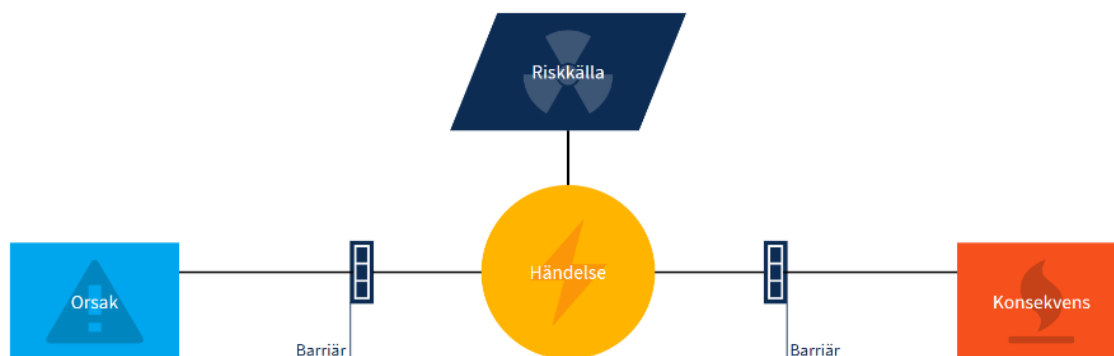
- Ger ett tydligt stöd vid bedömning om hanteringen av riskkällan är tillräcklig i form av barriärer, dvs. bedömning av om det finns ett tillräckligt skydd.
- Metoden illustrerar hur fördelningen mellan förebyggande och skadebegränsande åtgärder ser ut.
- Med metoden går det att kartlägga orsakssamband på ett bättre vis, jämfört med exempelvis grovanalys eller what if-metodik.
- Metoden kan användas för att tydliggöra var ytterligare riskreducerande åtgärder kan vara nödvändiga och därigenom bidra till rätt prioriteringar.

I respektive olycksfjäril beskrivs hela kedjan, från initierande händelser till skada/skador samt de barriärer som finns för att förhindra händelseförloppet.

Med barriär menas här något av följande:

- Organisatoriska åtgärder: Kan vara säkerhetskultur, anställda respektive entreprenörers utbildning och kompetens, olika rutiner och instruktioner.
- Operativa åtgärder: Kan ingå som del i de organisatoriska åtgärderna. Med operativa åtgärder avses mänskliga faktorer och de åtgärder som utförs av en operatör utifrån angivna instruktioner, rutiner och kompetens.
- Tekniska åtgärder: Kan vara funktionella (aktiva) eller fysiska (passiva).

En olycksfjäril kan se ut som i Figur 28. För att beskriva de olika ingående mekanismerna för händelsen finns olika symboler, dessa beskrivs närmare i Tabell 5. I genomförda kvantitativa riskbedömningar samt i upprättad grovriskanalys har en riskvärdering genomförts för att bedöma om risknivån är acceptabel, givet föreslagna åtgärder. Genom nedanstående barriäranalys säkerställs att dessa riskvärderingar är robusta.



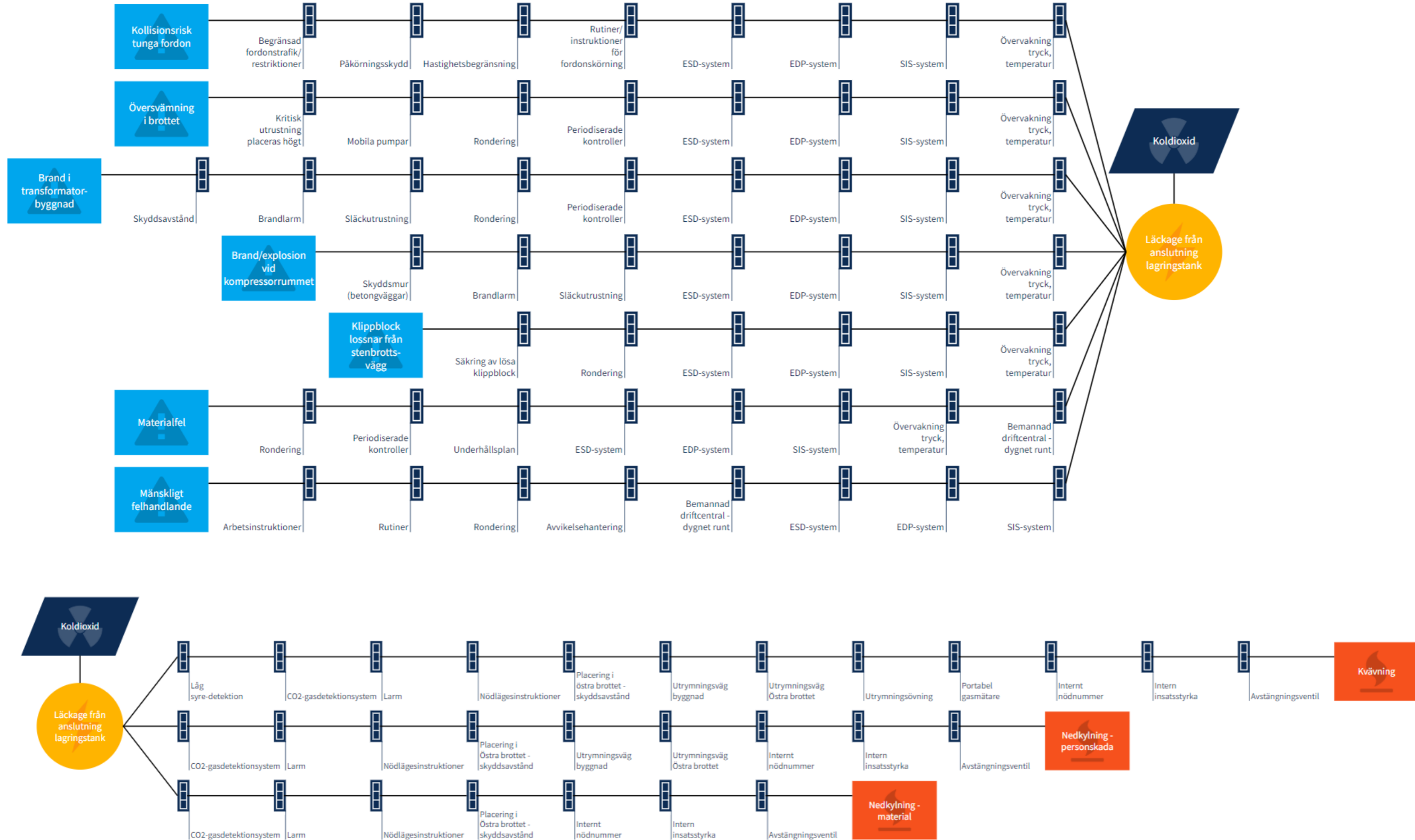
Figur 28. Struktur för en olycksfjäriil.

Tabell 5. Symbolförklaring olycksfjäriil.

Symbol	Innebörd
	Initierande orsak till händelsen.
	En barriär kan vara teknisk, operativ eller organisatorisk och fungera olycksförebyggande och/eller skadebegränsande. Samma barriär kan användas för olika orsaker eller skador i händelsen.
	Den riskkälla som kan medverka till händelsen. <i>Observera att symbolen inte per automatik betyder radioaktivitet.</i>
	Skadehändelse kopplad till en riskkälla, kompletteras med en beskrivning. <i>Observera att symbolen inte per automatik betyder blixn eller elöverslag.</i>
	Skadan av en skadehändelse, händelsen kan generera flera skador. <i>Observera att symbolen inte per automatik betyder brand</i>

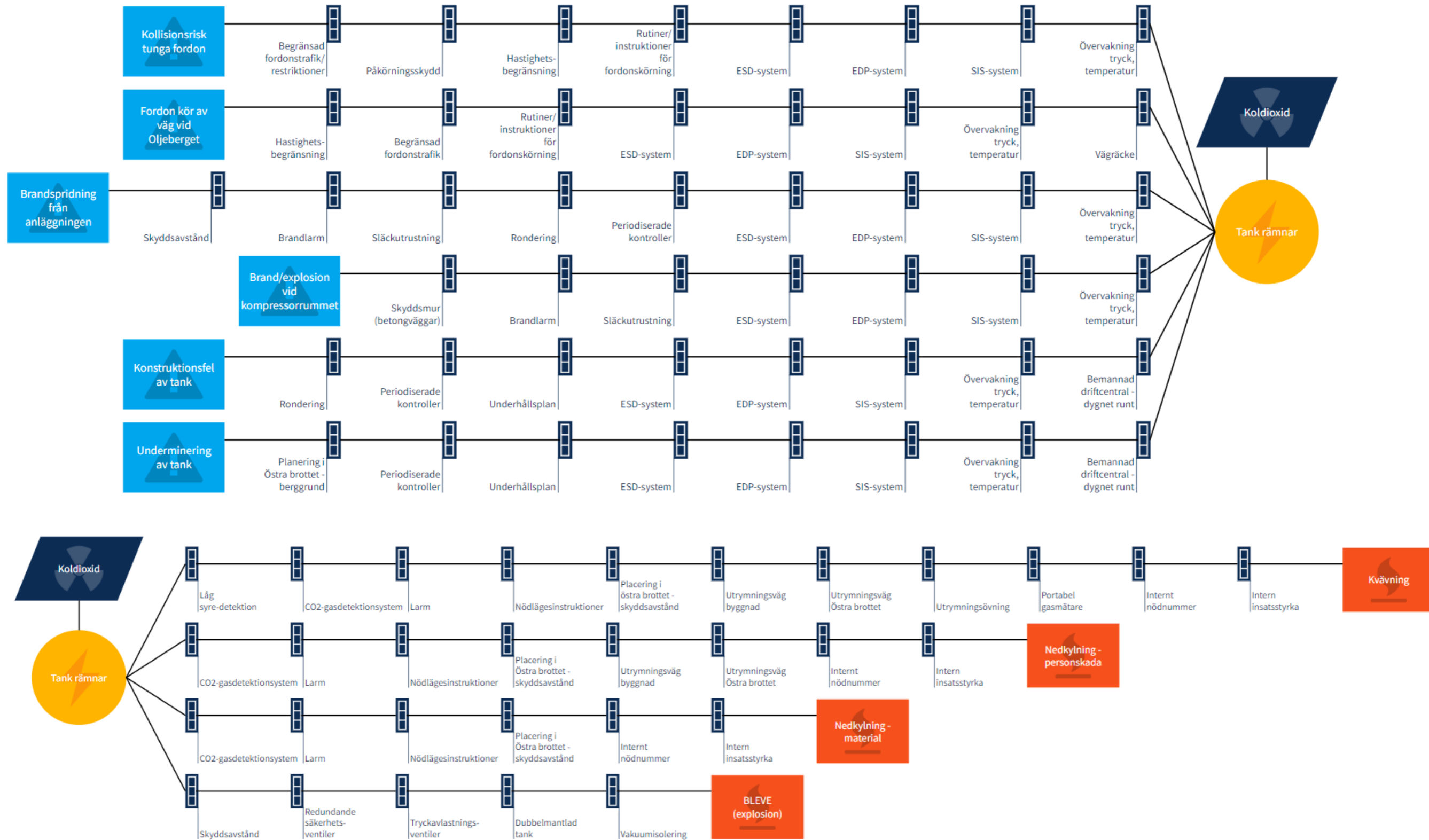


### 5.4.1 Typscenario 1 – Läckage av flytande koldioxid från anslutning till lagringstank



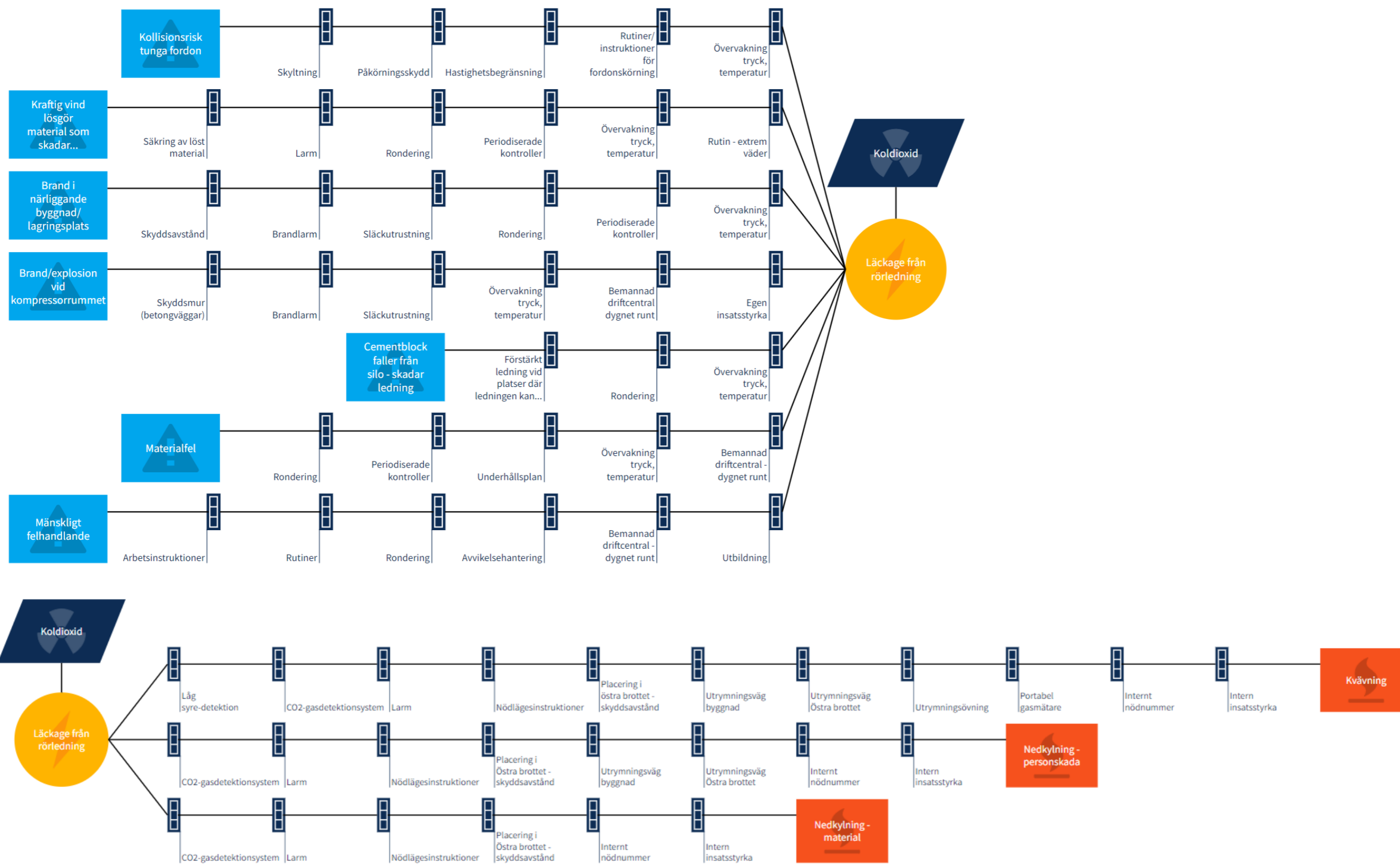
Figur 29. Olycksfjäril avseende läckage av flytande koldioxid från anslutning till lagringstank.

### 5.4.2 Typscenari 2 – Lagringstank med flytande koldioxid rämnar



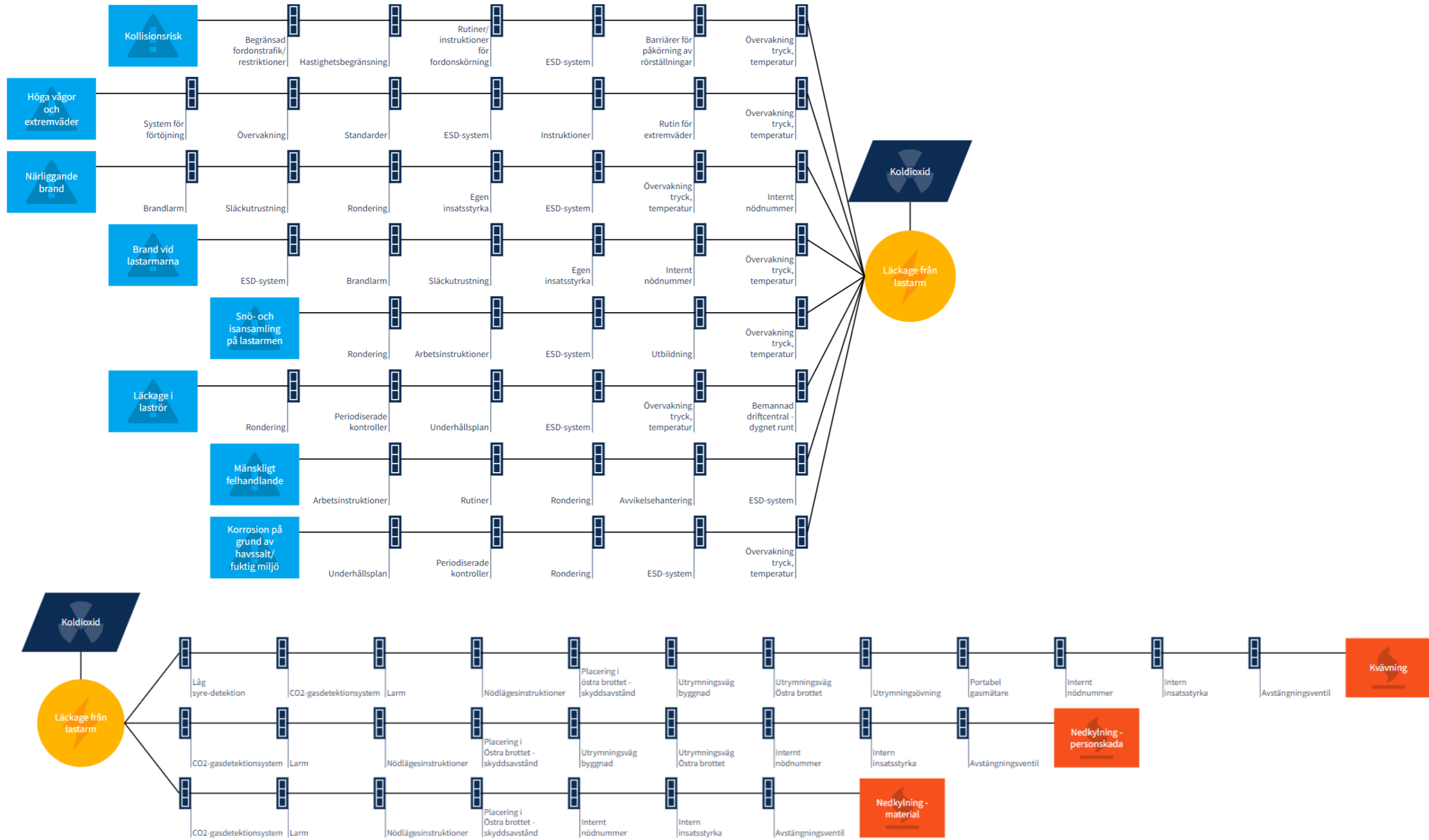
Figur 30. Olycksfjärl avseende lagringstank med flytande koldioxid rämnar.

### 5.4.3 Typscenario 3 – Rörledning med flytande koldioxid brister



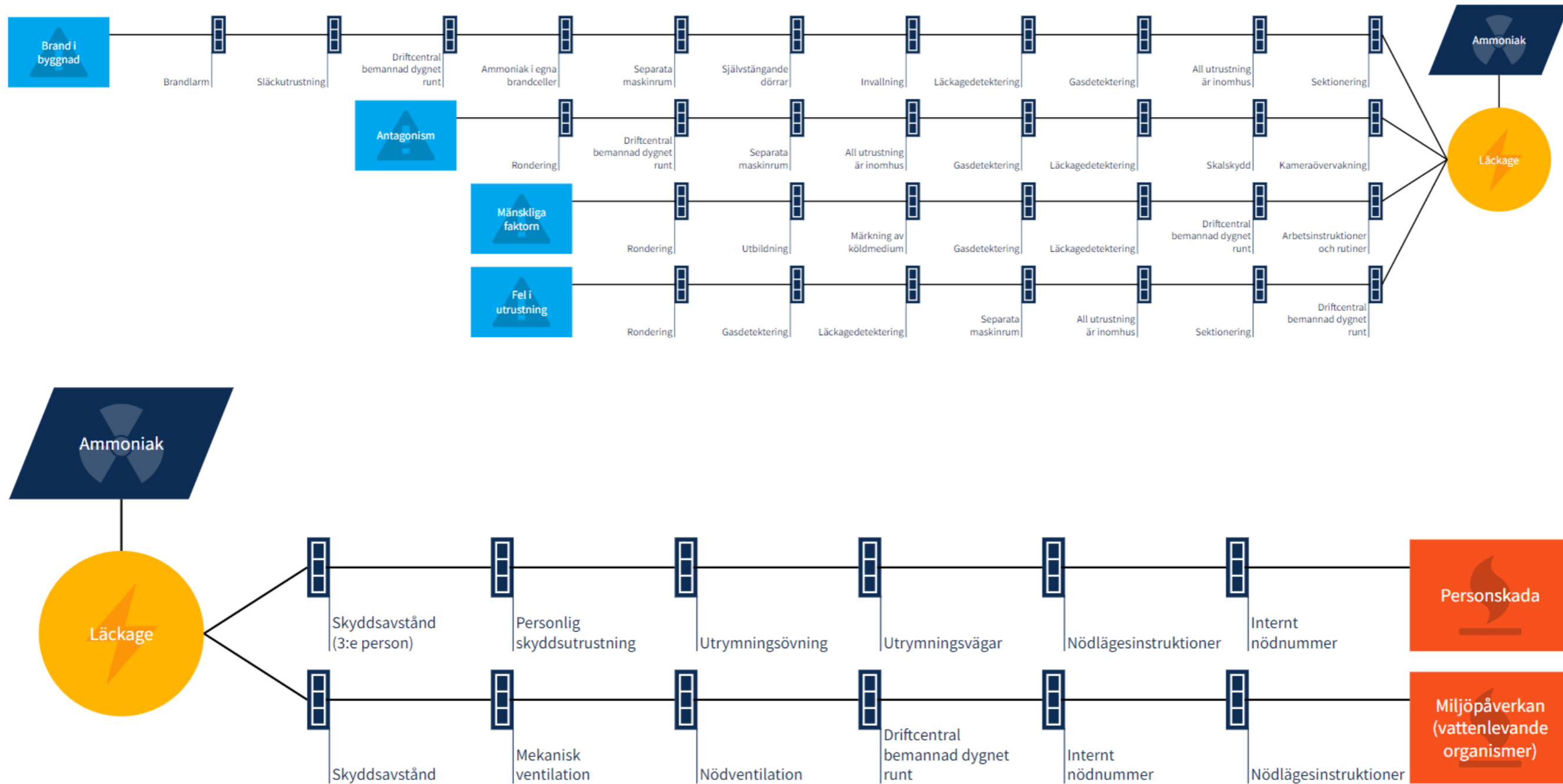
Figur 31. Olycksfjäril avseende rörledning med flytande koldioxid som brister.

#### 5.4.4 Typscenari 4 – Läckage av flytande koldioxid från lastarm



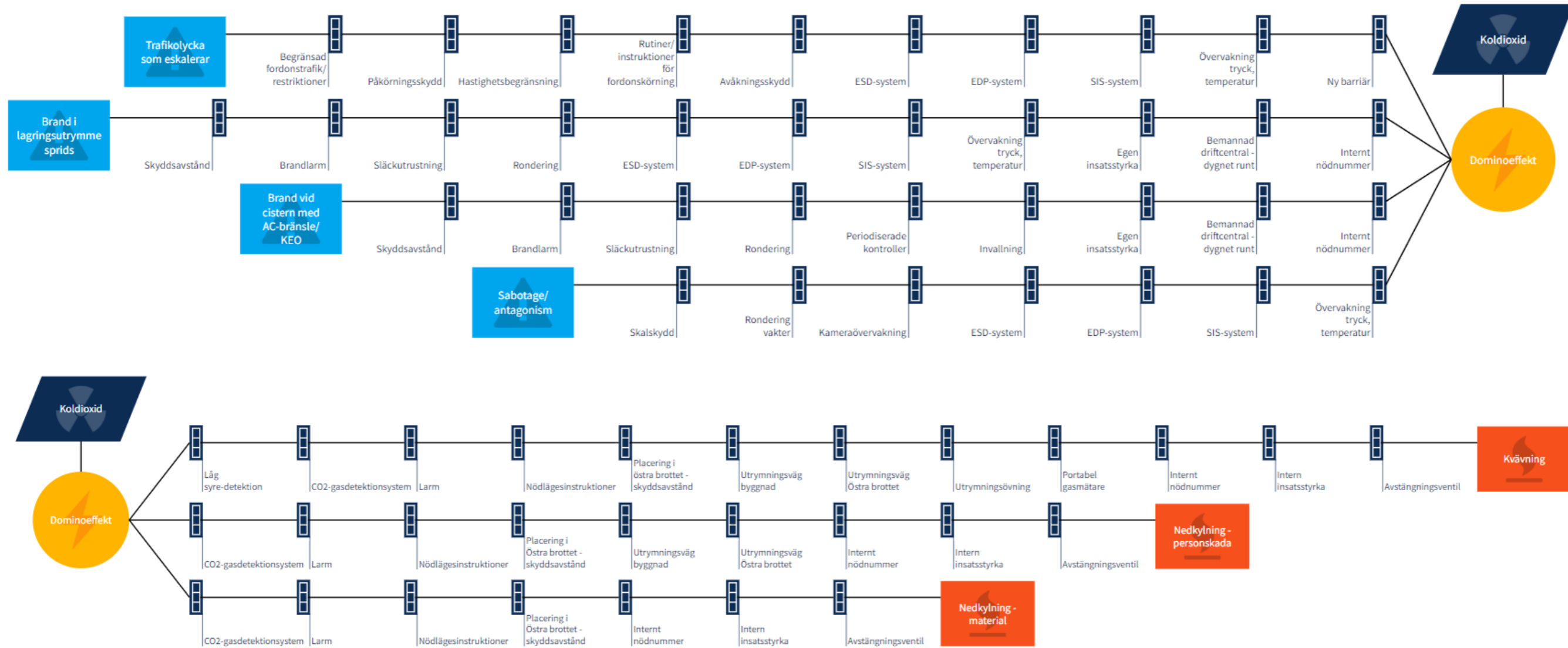
Figur 32. Olycksfjäril avseende läckage av flytande koldioxid från lastarm.

5.4.5 Typscenario 5 – Olycka med kylkrets medför utsläpp av vattenfri ammoniak



Figur 33. Olycksfjärril avseende olycka med kylkrets medför utsläpp av ammoniak.

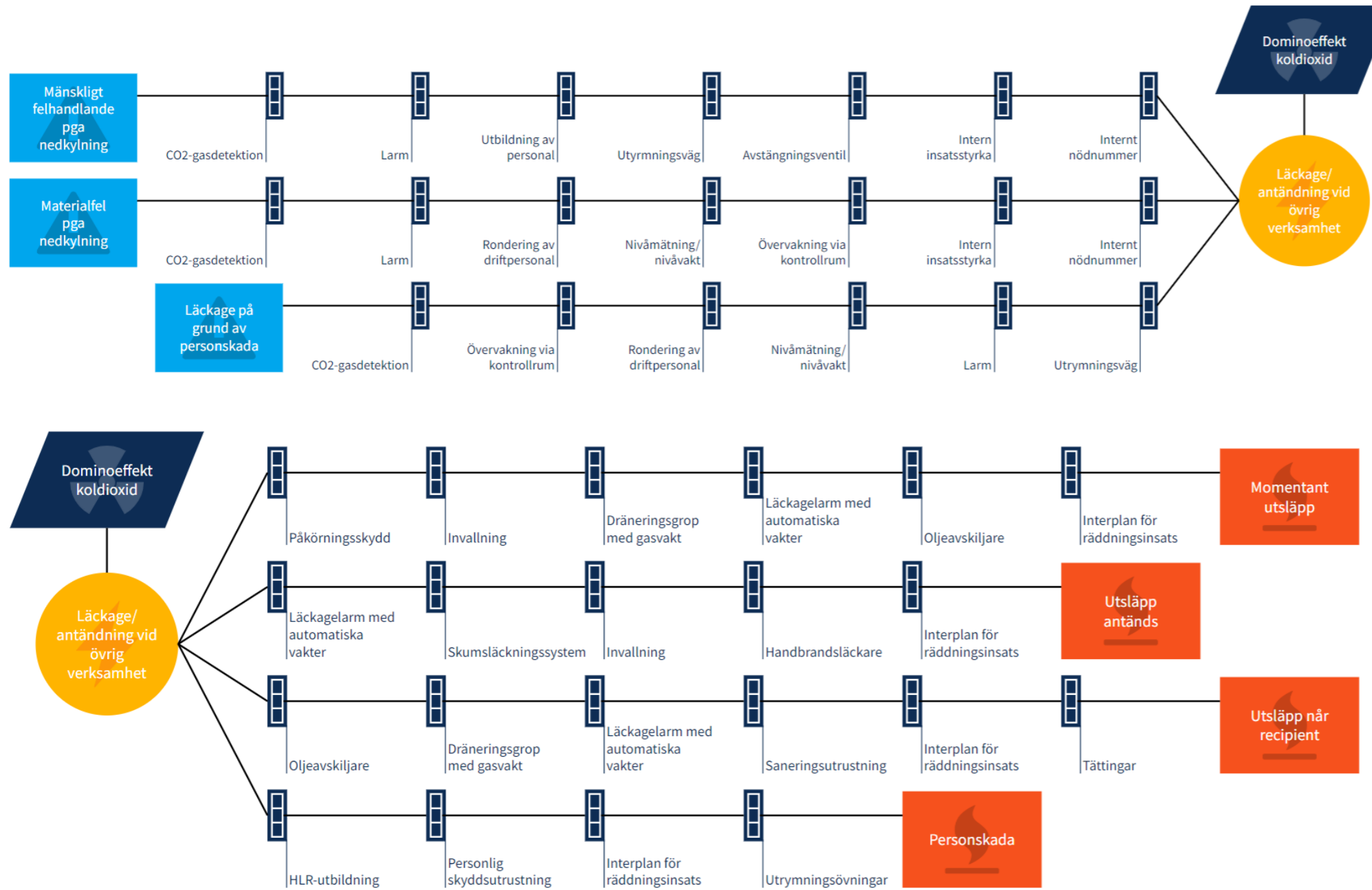
5.4.6 Typscenario 6 – Utsläpp av flytande koldioxid till följd av dominoeffekter



Figur 34. Olycksfjäril avseende utsläpp av flytande koldioxid till följd av dominoeffekter.

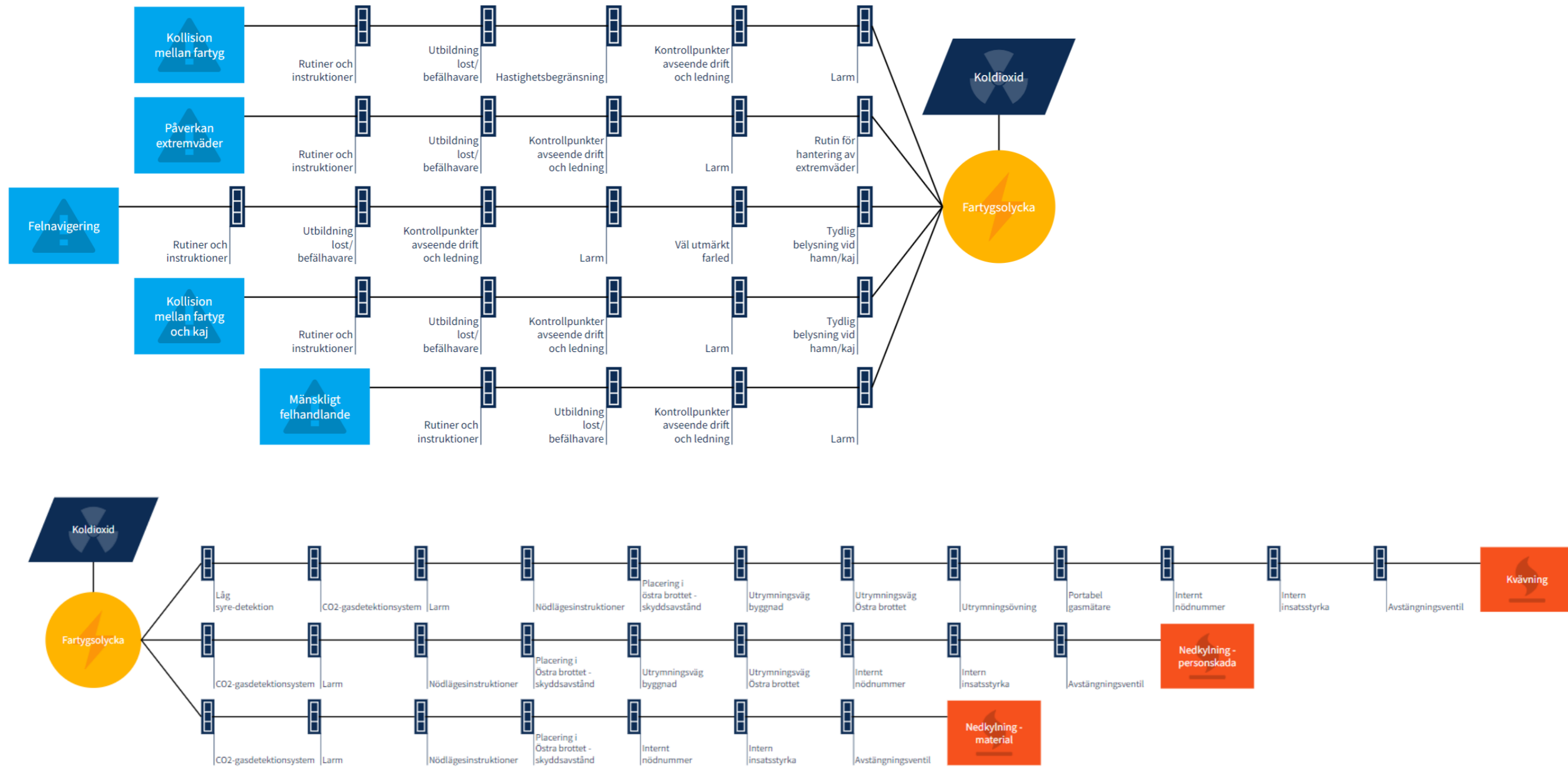


### 5.4.7 Typscenario 7 – Dominoeffekt med koldioxid som påverkar övrig verksamhet



Figur 35. Olycksfjäril avseende dominohändelse med koldioxid som påverkar övrig verksamhet.

### 5.4.8 Typscenario 8 – Fartygsolycka med koldioxidutsläpp



Figur 36. Olycksfjäril avseende fartygsolycka med koldioxidutsläpp

#### 5.4.9 Olycksförebyggande barriärer och riskvärdering

Baserat på upprättade olycksfjärlar ges nedanstående kommentarer avseende barriärer, typ av barriärer och riskvärdering givet beskrivna barriärer.

Det analyseras om barriärer av olika typer finns, om barriärer som är förebyggande finns och om barriärer som är skadebegränsande finns. Om samtliga barriärer ska redovisas blir läsbarheten i denna typ av rapport mycket låg. Vidare är inte den exakta utformningen av varje enskild barriär fastställd i nuläget, utan det kommer att ske succesivt under kommande detaljprojektering, med stöd av exempelvis fördjupade HAZOP-analyser. För ytterligare information se den tekniska beskrivningen.

#### Olycksförebyggande barriärer – tekniska åtgärder

De olycksförebyggande åtgärderna avseende koldioxid innefattar så väl organisatoriska, personella som tekniska åtgärder. Avseende de tekniska åtgärderna är de här beskrivna i övergripande termer, exempel på detta är systemet för nödavstängning ESD-systemet (Emergency Shut Down). ESD-system har en hög tillförlitlighet när det kommer till att isolera ett utsläpp av koldioxid, samt stänga ned aktuell del av systemet på ett systematiskt och korrekt vis. Systemet för nödlägesavstängning omfattar hela CCS-anläggningen, lagringstankar och rörledning till hamn.

Ett annat exempel på tekniska åtgärder är systemet för tryckavlastning, EDP-system (Emergency Depressurisation system). Detta säkerhetssystem används i anslutning till de delar av CCS-anläggningen som hanterar trycksatt koldioxid. När systemet aktiveras, i händelse av en olycka exempelvis, kan infångad koldioxid släppas ut vid en förutbestämd ventil och därigenom undvika tryckupbyggnad och eskalerande händelsekedjor.

Ytterligare exempel på tekniska åtgärder som anges i olycksfjärlarna är SIS-systemet (Safety Instrumented Strategy). Ett SIS är avsett att utföra specifika kontrollfunktioner för att förhindra osäkra processoperationer när oacceptabla eller farliga förhållanden uppstår. På grund av dess kritiska betydelse måste SIS vara oberoende av alla andra kontrollsystem som styr samma utrustning, för att säkerställa att SIS-funktionaliteten inte komprometteras.

Ett sista exempel är att ammoniakanläggningen ska utformas i enlighet med standarden SS-EN-378, vars hela innehåll inte illustreras i olycksfjärlarna – däremot anges exempel från standarden så som sektionering för att minska utsläppsmängd, installation av säkerhetsventiler och märkning av köldmedium.

Den exakta utformningen av de tekniska åtgärderna, de specifika lösningarna, val och exakt placering av utrustning osv behöver genomföras i kommande detaljprojektering av anläggningen. I samband med detaljprojekteringen måste även adekvata HAZOP-analyser genomföras som säkerställer de tekniska lösningarnas funktionalitet och tillförlitlighet.

#### Olycksförebyggande barriärer – personella och organisatoriska åtgärder

För att uppnå god robusthet i anläggningen är det viktigt att inte enkom förlita sig på tekniska åtgärder utan även säkerställa att organisation och medarbetare är en del i säkerhetslösningen. Av olycksfjärlanalysen kan det konstateras att det finns flertalet organisatoriska och personella lösningar på plats. Dessa innefattar exempelvis rondering, arbetsinstruktioner, periodiserade kontroller, rutiner och utbildning.

Här är det viktigt att det säkerhetsledningssystem som Heidelberg Materials redan har byggt upp beaktas och att erfarenheter därifrån nyttjas. Vidare behöver efterlevnaden av rutiner, instruktioner osv följas upp. Då befintlig verksamhet omfattas av kraven i Sevesolagstiftningen finns redan krav på detta och erfarenheter som kan nyttjas även för den tillkommande verksamheten.

### Skadebegränsande barriärer – tekniska åtgärder

Avseende koldioxid och ammoniak är tidig upptäckt av ett utsläpp viktigt för att begränsa skadorna av en olycka. Därför finns omfattande detektionssystem och larmsystem som tidigt varnar för ett utsläpp. Det finns även portabla gasmätare som kan nyttjas.

Gällande CCS-anläggningen är även dess placering ett tydligt exempel på en robust och passiv åtgärd som innebär såväl att anläggningen skyddas från övrig verksamhet och att omgivningen skyddas till följd av det skyddsavstånd och den höjdskillnad som placeringen av anläggningen i Östra brottet medför.

Längs med rörledningen finns fler risker som kan medföra ett utsläpp av koldioxid. Detta då rörledningen utsätts för dominoeffekter från befintlig verksamhet, passerar transportvägar och även områden där allmänheten kan vistas. Till följd av detta bedöms det rimligt att begränsa mängden flytande koldioxid som kan släppas vid en olycka. Detta kan ske på flera olika vis, se avsnitt 5.1.3.

Gällande ammoniak så är det vitalt att ett utsläpp kan kvarstå inomhus, varvid hela ammoniakhanteringen är inkapslad och ingen del av kylanläggningen återfinns utomhus. Då skador för 3:e person teoretiskt sett endast kan uppstå om en stor mängd ammoniak ventileras ut bedöms det rimligt att ytterligare vidta åtgärder för att begränsa utsläppsmängden, se avsnitt 5.2.3.

### Skadebegränsande barriärer – personella och organisatoriska åtgärder

Här blir det extra tydligt att Heidelberg Materials har en uppbyggd och fungerande organisation för att hantera olyckor och tillbud. Exempelvis finns en egen första insatsstyrka som kan nyttjas vid olyckor, det finns dygnet runt övervakning via driftcentralen, eget nödnummer med mera. För att ytterligare stärka den personella förmågan bör regelbundna övningar genomföras, såväl interna som samarbetsövningar med räddningstjänsten.

För CCS-anläggningen så är det en fördel för omgivningen att anläggningen är placerad i Östra brottet, men det innebär också att personal som befinner sig i Östra brottet måste kunna sätta sig i säkerhet i händelse av en olycka. Därför är det viktigt att både säkerställa att utrymningsvägar från byggnad samt från Östra brottet fungerar som tänkt samt att utrymning övas med regelbundenhet.

Verksamheten har idag en intern plan för räddningsinsats, de tillkommande nödlägesinstruktioner som upprättas för CCS-anläggningen och hanteringen av koldioxid bör införlivas i den interna planen för räddningsinsats.

## Risikvärdering – robusthetsanalys med olycksfjärlismetodik

I nedanstående tabell sker en sammanställning av genomförd riskvärdering avseende upprättade olycksfjärlar och bedömd robusthet.

Tabell 6. Riskvärdering av robusthetsanalys med olycksfjärlismetodik.

Typscenario	Förebyggande åtgärder	Skadebegränsande åtgärder	Möjlig påverkan på människor (3:e person) och/eller miljö	Föreslås ytterligare åtgärder <sup>12</sup>	Risiknivå givet barriärer samt ytterligare förslagna åtgärder
Typscenario 1: Läckage CO <sub>2</sub> anslutning lagringstank	Ja	Ja	Nej	Ja	Acceptabel
Typscenario 2: Lagringstank CO <sub>2</sub> rämnrar	Ja	Ja	Nej	Ja	Acceptabel
Typscenario 3: Läckage CO <sub>2</sub> rörledning	Ja	Ja	3:e person	Ja	Acceptabel
Typscenario 4: Läckage CO <sub>2</sub> lastarm	Ja	Ja	3:e person	Ja	Acceptabel
Typscenario 5: Läckage ammoniak	Ja	Ja	3:e person, Miljö	Ja	Acceptabel
Typscenario 6: Utsläpp CO <sub>2</sub> pga dominoeffekt	Ja	Ja	3:e person	Ja	Acceptabel
Typscenario 7: Dominoeffekt CO <sub>2</sub> som påverkar övrig verksamhet	Ja	Ja	3:e person, Miljö	Ja	Acceptabel
Typscenario 8: Läckage CO <sub>2</sub> fartygsolycka	Ja	Ja	3:e person, Miljö	Nej	Acceptabel

<sup>12</sup> Se kapitel 6.



## 6 DISKUSSION

I detta kapitel redovisas en allmän diskussion om rapportens avgränsningar, riskreducerande åtgärder och osäkerheter.

### 6.1 ALLMÄNT

Denna rapport fokuserar på att beskriva risker kopplade till den planerade verksamheten. Även om denna rapport är fristående så rekommenderas läsaren att även orientera sig kring de förutsättningar och slutsatser som redovisas i exempelvis, släckvattenutredning, säkerhetsrapport, teknisk beskrivning och MKB.

En viktig avgränsning har varit att denna rapport i huvudsak beaktar hantering av koldioxid och vattenfri ammoniak samt, i viss mån, olyckor kopplade till Oljeberget. Övrig hantering av farliga ämnen på siten riskbedöms inom ramen för andra utredningar.

### 6.2 OSÄKERHETER

Riskbedömningar är alltid förknippade med osäkerheter, om än i olika stor utsträckning. Osäkerheter som påverkar resultatet kan vara förknippade med bl.a. det underlagsmaterial och de beräkningsmodeller som analysens resultat är baserat på.

För att hantera de osäkerheter som ofrånkomligen uppkommer i samband med riskbedömningar har i denna rapport, med tillhörande fördjupade riskbedömningar, ett antal strategier används för att så långt det är möjligt undvika att underskatta risken.

Avseende hanteringen av koldioxid är den enskilt viktigaste strategin den konservativa ansatsen i Rambolls QRA. De två antaganden som säkerställer att risken med god marginal överskattas är:

- Modellering med steady state som innebär ett statiskt utsläpp om 30 minuter utan hänsyn till riskreducerande åtgärder så som ESD-system.
- Att rörledningen är indelad i 100 meters segment som innebär att risken vid varje utsläppspunkt överskattas.

Gällande ammoniak är ansatsen konservativ i den bemärkelse att även om upprättad QRA av Ramboll redovisar att ett utsläpp av ammoniak inte tillför någon signifikant risk till vare sig individ- eller samhällsrisknivåerna så upprättas ändå spridningsberäkningar som enkom tar hänsyn till skadan av ett utsläpp. Vidare har redovisade spridningsberäkningar genomgående tagits fram med konservativa antaganden utifrån placering av utsläpp, mängd, väderförhållande etc.

### 6.3 ALLMÄNT OM RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

För de riskreducerande åtgärder som beskrivs som barriärer i de olycksfjärilar som presenteras i Kapitel 5 är det viktigt att notera att varje enskild barriär inte beskrivs i denna rapport. Snarare beskrivs olika typer av barriärer och tillräckligt många för att risken ska kunna bedömas som erforderligt hanterad eller inte.

Gällande koldioxidhantering anser WSP baserat på Rambolls QRA och genomförd robusthetsanalys att riskreducerande åtgärder avseende rörledningen med flytande koldioxid från lagringstanken till utlastningen som innebär en utformning där mängden utsläppt flytande koldioxid vid en olycka begränsas. Detta kan ske på flera olika vis, se avsnitt 5.1.3, men bedöms nödvändigt för att uppnå en acceptabel risknivå för 3:e person. Då framtagna analyser bedöms vara mycket konservativa och överskattar risken bedöms införande av en begränsning av utsläppsmängden som en åtgärd som även säkerställer en mycket robust anläggning med en hög inneboende säkerhet då mängden utsläppt ämne begränsas, samt att robusthetsanalysen visar på en stor variation av barriär som även har en hög grad av oberoende.

Med samma motivering som stycket ovan anser WSP att även den totala mängden ammoniak i händelse av en olycka ska begränsas. Flera alternativ finns tillgängliga och diskuteras i avsnitt 5.3.3. Även om risknivån avseende ammoniak redan är acceptabel för 3:e person till följd av hanteringen inomhus och redan vidtagna säkerhetsåtgärder så bedöms ovanstående åtgärd ändå som ett rimligt komplement. Detta eftersom det skulle innebära en kraftigt minskad konsekvens i händelse av en olycka och även minska beroendet av andra åtgärder och därigenom skapas en robust anläggning.

Den tillkommande verksamheten är omfattande och kommer regleras via många nya rutiner och instruktioner. Redan i projektets förstudie har en struktur för säkerhetsarbetet tagits fram (11). Samtidigt finns ett utförligt organisatoriskt säkerhetsarbete vid Heidelberg Materials befintliga verksamhet då denna omfattas av Sevesologstiftningen och verksamheten har ett utarbetat säkerhetsledningssystem. Det är en stark rekommendation att de tillkommande rutinerna och instruktionerna på sikt införlivas i säkerhetsledningssystemet så att verksamheten arbetar enhetligt och med ett ledningssystem.

Heidelberg Materials planerar för att delar av personalen kommer att utbildas och utrustas för att kunna utgöra en första insatsstyrka som kan agera initialt vid olika typer av larm. Heidelberg Materials planerar även för kontinuerlig samverkan, orientering, övning och kontakt med den lokala räddningstjänsten. Inledande steg till detta har tagits i samband med den samrådsprocess som genomförs som underlag till ansökan. WSP vill särskilt lyfta fram vikten av god och kontinuerlig samverkan med den lokala räddningstjänsten, samt ett aktivt arbete för att säkerställa att insatsplaner, intern plan för räddningsinsats etc. hålls aktuella.

## 6.4 SÄKERSTÄLL FÖRMÅGA ATT HANTERA EXTREMVÄDER

Specifikt kan nämnas att det bedöms viktigt att instruktioner och rutiner för hantering av extremväder etableras. Detta eftersom pågående klimatförändringar medför att vädret blir mer extremt och att det extremväder som var ytterst ovanligt tidigare blir vanligare redan nu och i framtiden. Till följd av detta bör verksamheten säkra upp en god förmåga att hantera olika former av extremväder.

Heidelberg Materials site har en god lokalisering ur flera perspektiv. Lokaliseringen innebär att verksamheten inte bedöms vara känslig för stigande havsnivåer. Däremot kan andra extremväder, så som höga vindstyrkor, skyfall, fukt som leder till korrosion eller väder med ovanligt hög/låg temperatur, påverka såväl sannolikheten för som skadan av en olycka.

Det är viktigt att Heidelberg Materials arbete med dessa frågor fortsätter kontinuerligt, då den samlade nationella och internationella erfarenhetsbanken succesivt utökas och möjligheten att dra lärdom från andra när det kommer till deras inträffade händelser ökar därför. En handlingsplan för detta arbete bör upprättas. Exempel på identifierade åtgärder listas nedan:

- Detaljerad bedömning av lågpunkter bör genomföras i samband med detaljprojekteringen av den ansökta verksamheten.
- Markegenskaper samt brottets väggar och kanter ska kontinuerligt bevakas så att faktorer som kan medföra ras, skred eller erosion kan upptäckas och förhindras i tidigt skede.
- Omvärldsbevakning bör omfattas av rutiner för att säkerställa att anläggningen är redo inför eventuella stormar och att exempelvis lösa plåtar eller upplag av material säkras.
- Om särskilt känsliga säkerhetskritiska komponenter, som kan påverkas av solstorm, identifieras under projekteringen ska dessa utföras med redundans.
- Regelbundna kontroller och underhåll ska genomföras med avseende på risken för korrosion.
- Rutiner för drift av anläggningen bör ta hänsyn till arbete under extremväder, exempelvis mycket höga eller låga temperaturer.

## 6.5 FORTLÖPANDE RISKHANTERING

Då Heidelberg Materials är en Sevesoanläggning enligt den högre kravnivån kommer ett antal krav på kontinuerlig riskhantering att vara gällande. Exempel på detta är återkommande uppdatering av säkerhetsrapporten och handlingsprogrammet samt att rutiner, kontroller med mera kan hanteras via ett säkerhetsledningssystem. Det finns också krav som styr att betydande ändringar i verksamheten eller hantering av berörda farliga ämnen måste anmälas till och redovisas för Länsstyrelsen. Här rekommenderas att även tillkommande verksamhet införlivas i det fortlöpande riskhanteringsarbetet. Även om inte koldioxid omfattas av kraven i Sevesolagstiftningen så gör vattenfri ammoniak det.

## 6.6 JÄMFÖRELSE MELLAN NULÄGE, NOLLALTERNATIV OCH ANSÖKT VERKSAMHET

För att utgöra underlag till MKB:n ska riskbedömningen även innefatta en jämförelse av den totala risknivån vid nuläge, nollalternativ respektive sökt verksamhet.

Avseende risker som kan påverka 3:e person, är nollalternativet detsamma som nuläget och innebär att verksamheten under överskådlig framtid fortsätter bedrivas i enlighet med befintligt miljötillstånd från 2007. Det innebär fortsatta utsläpp av koldioxid från cementproduktionen då CCS-anläggningen inte kommer byggas.

Följande aspekter av sökt verksamhet bedöms ge en skillnad med avseende på olycksrisker jämfört med nuläge/nollalternativ:

- Den nya CCS-anläggningen med tillkommande hantering av koldioxid och vattenfri ammoniak. Risknivån med avseende på möjlig påverkan på *miljön* (i form av olycksrisker som kan ge skada på exempelvis naturmiljö) bedöms inte påverkas nämnvärt genom införandet av den nya CCS-anläggningen.

Både koldioxid och vattenfri ammoniak är i huvudsak hälsofarliga och även större utsläpp förväntas inte ge mer än en ringa lokal miljöpåverkan. Påverkan på miljön bedöms bli obetydlig jämfört med nuläge/nollalternativ.

Stora utsläpp av koldioxid eller vattenfri ammoniak medför en risk för *människors liv och hälsa*. Genomförda fördjupade analyser påvisar att påverkan vid olycka i CCS-anläggningen främst kan ske på personer som befinner sig i, eller i direkt anslutning till Östra brottet. Vid olycka på transportledning för koldioxid ned till hamnen förekommer ökad risk för personer som befinner sig i anslutning till Storgatan samt delar av de byggnader som allmänheten kan vistas vid. CCS-anläggningen bedöms ge liten negativ påverkan på människors liv och hälsa jämfört med nuläge/nollalternativ.

- Ökad användning och lagring av bränslen kommer att medföra att nya lagerhallar uppförs. Ökad volymhantering av bränslen kan å ena sidan ge en viss ökad risk för brand (inklusive uppkomst av förorenat släckvatten) men å andra sidan projekteras de nya bränslehallarna med flertalet riskreducerande åtgärder samt att en släckvattenutredning för hela fabriken tas fram. Påverkan på miljön respektive människors liv och hälsa bedöms bli obetydlig jämfört med nuläge/nollalternativ.
- Utbyggnad av hamnen, fler och större fartyg, nya pিরer och utbyggda kajer samt nya lagerhallar. En utbyggd hamn med ökad aktivitet medför en ökad risk för olyckshändelser av olika slag. Majoriteten av dessa bedöms i huvudsak enbart kunna påverka de som arbetar i hamnen eller på fartyg och vara av arbetsmiljö-karaktär. Hamnen och all tillhörande verksamhet och infrastruktur kommer att projekteras med detta i åtanke. Antalet fartygsanlöp per år kommer att öka med ansökt verksamhet. Samtidigt byggs både hamnen och farleden ut för att möta behoven från ökad trafik och större fartyg. Utbyggnaden av hamnen och den ökade trafiken bedöms ge liten negativ påverkan på miljön respektive människors liv och hälsa.
- Rivning av gammal utrustning för att ge plats åt ny, uppförandet av nya byggnader och nya transportsystem samt viss ökning av transporter på land (dock inget farligt gods) bedöms i huvudsak utgöra en ökad risk under byggskedet och sammantaget ge obetydlig påverkan på miljön respektive människors liv och hälsa.

Sammantaget bedöms risknivån med avseende på möjlig påverkan på människors liv och hälsa att öka något (liten negativ påverkan) genom den ansökta verksamheten, jämfört med nuläge/nollalternativ. Det bör dock noteras att detta i huvudsak rör fabriken anställda och entreprenörer (1:a och 2: person). Riskerna förknippade med koldioxid och vattenfri ammoniak hanteras genom införandet av ett stort antal riskreducerande åtgärder.

Riskenivån med avseende på möjlig påverkan på miljön bedöms inte förändras på något betydande vis genom den ansökta verksamheten, jämfört med nuläge/nollalternativ.

Utifrån upprättade riskbedömningar bedöms säkerheten vara erforderlig för den sökta verksamheten.

## 6.7 RISKER UNDER ANLÄGGNINGSSKEDET

Ett anläggningsskede innebär alltid att en systematisk riskhantering behöver genomföras till följd av de arbeten som oundvikligen måste utföras. Bolaget har lång erfarenhet av att hantera olika byggprojekt inom sin verksamhet och det finns rutiner för styrning av större förändringar.

När projektering och lokalisering av tillkommande byggnader, strukturer, processutrustning, lager, pিরer och kajer med mera är fastställda, ska en detaljerad riskbedömning för anläggningsskedet genomföras.

De specifika risker som identifieras för valda utformningar och lokaliseringar ska sedan hanteras inom ramen för det risk- och säkerhetsarbete som är befintligt vid bolagets verksamhet i samband med större byggprojekt. En särskilt viktig faktor att hantera är det faktum att byggnationer kommer att pågå under en lång tid, på flera ställen samtidigt samt i direkt anslutning till befintlig och pågående verksamhet.

Vidare behöver kravställning avseende entreprenörers risk- och säkerhetsarbete ske i samband med upphandling samt stickkontroller genomföras för att säkerställa att dessa krav efterlevs genom hela anläggningsskedet. Det är även viktigt att riskbedömningen upprättas utifrån möjlig påverkan på människors liv och hälsa samt på miljön för byggskedet.

Anläggningsarbetet för den tillståndssökta verksamheten kommer bland annat att innefatta uppförandet av ny infrastruktur för transport av koldioxid, iordningställande av uppställningsytor, uppförande av lagerbyggnader inklusive markarbeten, rivning av gamla strukturer och byggnader samt pir, uppförande av CCS-anläggningen, transporter av material, tillfällig uppställning av material, nya och tillfälliga transportvägar, nya och tillfälliga gångstråk, användandet av lyftkranar, schaktning, sprängning med mera.

Nedan följer generella beskrivningar av de risker som bedöms bli aktuella att hantera för byggskedet, samt ges exempel på riskreducerande åtgärder som kan komma att krävas.

### **6.7.1 Utsläpp av farliga ämnen**

Kollision mellan fordon eller påkörning av fast struktur kan leda till eventuellt läckage av farligt gods från transport. Läckage av drivmedel kan inträffa från alla typer av vägfordon som är inblandade i en olycka. Utsläpp kan även ske från tillfälligt uppställda cisterner med exempelvis drivmedel till arbetsfordon.

Vid eventuella schaktningsarbeten finns risk för att stöta på föroreningar. Föroreningarna kan exempelvis bestå av brandfarliga och giftiga ämnen i såväl gas- som vätskeform och fast form. Föroreningar i byggnader omfattar material som är inbyggda och kan exempelvis vara kvicksilver i utrustning och lampor eller asbest och bly i rör och ledningar.

Följande riskreducerande åtgärder kan bli aktuella för att minska risken relaterad till utsläpp av farliga ämnen:

- Personalen får information om befintliga handlingsplaner för hantering av förorenad mark och byggnader.
- Trafiksäkerhetsåtgärder för att minska sannolikheten för kollision mellan fordon.

### **6.7.2 Brand och explosion**

Brand kan uppstå i fordon, maskiner och aggregat till följd av bland annat elfel, överhettning eller krock. Brand kan också uppstå i elektrisk utrustning på grund av mekanisk åverkan och glappkontakter, felaktigt säkrade kablar och isolationsfel.

Under ett byggskede tillkommer, utöver arbetsfordon och maskiner, förvaringsplatser för byggmaterial vilket bidrar till en ökad brandbelastning. Vid heta arbeten som svetsning, skärning och slipning ökar risken för att brännbart material antänds. Brand i byggnad kan få extra stora skador om aktiva och passiva brandskyddsåtgärder inte har hunnit komma på plats.



I händelse av brand och/eller explosion kan den ökade mängden fordon på området påverka räddningstjänstens framkomlighet och om en brand skulle uppstå finns det risk för spridning av skadliga ämnen via släckvatten.

Följande riskreducerande åtgärder kan bli aktuella för att minska risken relaterad till brand och explosion:

- Ett effektivt och systematiskt brandskyddsarbete bedrivs på arbetsplatsen.
- "Brandskydd under byggtid" ska projekteras och dokumenteras.
- Samråd med räddningstjänst genomförs inför byggstart och efter behov.

### **6.7.3 Olyckor relaterade till gränssnitt**

Generellt kan gränssnitt innebära otydligheter som kan medföra risker i samband med byggskedet. Det kan dels vara fysiska gränssnitt, som till exempel den planerade CCS-anläggningen i förhållande till befintligt fabriksområde, dels organisatoriska gränssnitt som exempelvis mellan bolagets personal och de entreprenörer som verkar inom området. Risken för att en olycka inträffar är särskilt stor vid bristande samordning.

Följande riskreducerande åtgärder kan bli aktuella för att minska risken relaterad till gränssnitt:

- Tidig identifiering av kritiska gränssnitt.
- Barriärer som förhindrar eller minskar risken för felaktiga beslut och ageranden och som begränsar deras effekt.
- Tydlig kommunikation.
- Tydliga rutiner för agerande mellan olika parter.
- Återkommande platsmöten (samordningsmöten).

### **6.7.4 Övriga generella åtgärder relevanta för anläggningsskede**

Nedan listas exempel på övriga riskreducerande åtgärder som kan komma att bli aktuella efter detaljerad riskbedömning för anläggningsskedet:

- Säkerställ att det finns kapacitet hos Bolagets personal att utbilda och informera, samt att granska och analysera riskerna under byggskedet.
- Samråd med räddningstjänst innan byggskedet inleds. Därefter kontinuerlig kommunikation för att hålla räddningstjänsten uppdaterad.
- Så långt det går ska den vanliga verksamheten avskiljas från byggverksamheten, detta gäller även vid arbeten i vattenområdet.
- Byggarbetsplatsen förses med uppmärkta utrymningsvägar.
- Tillämpa SSG-entré<sup>13</sup> eller liknande, vilket förhindrar tillträde till hamnen om personen inte har godkänd säkerhetsutbildning. Bolaget kan ta fram en separat tilläggsutbildning för en specifik entreprenad, alternativt bedöma att sådan inte behövs.

<sup>13</sup> Branschstandard för säkrare arbetsmiljö på industrianläggningar, framtagen av Standard Solutions Group.

- Gemensamma säkerhets- och skyddsronder bör genomföras veckovis eller tätare.
- Varningssignaler (utrymning, brand- och gaslarm etcetera) ska höras även på byggarbetsplatsen, om personer på byggarbetsplatsen kan riskera att utsättas för risker kopplade till larmfunktionerna.
- Ta fram dedikerad yta för att lagra material som ska till byggarbetsplatsen i ett senare skede. Ytan bör vara inhägnad.
- Kontroll av över vilka områden kran/kranar kan nå mot verksamheten (lås kran mot farliga områden) ska ingå i arbetsmiljöplanen för byggarbetsplatsen.
- För alarmering och kommunikation i nödlägen ska nödvändiga radio- och telesystem installeras vid behov. Instruktion för larmrutiner ska finnas anslagen.
- Arbetsberedning ska göras för arbeten som kan innebära risk mot tredje man. Kommunikation om planerade arbeten ska ske i god tid.
- Identifierade risker uppdateras och kompletteras i samband med upphandling med entreprenör samt när entreprenör är på plats och därigenom införlivas i entreprenörens eget riskhanteringsarbete.

I samband med ett byggskede finns alltid ett behov av en god riskhantering. Det är viktigt att det riskhanteringsarbete som har påbörjats via denna inledande riskidentifiering fortsätter i samverkan med entreprenör och att listan över risker revideras, att riskerna värderas och att de åtgärder som bedöms som relevanta inarbetas i aktuella handlingar och instruktioner.

Givet Bolagets långa erfarenhet av att driva och genomföra byggprojekt, samt etablerade rutiner kring riskhantering och entreprenörssamordning, bedöms förutsättningarna goda för att uppnå en betryggande säkerhet avseende människors liv och hälsa i samband med byggskedet för aktuella ändringar i verksamheten.

## 7 SLUTSATSER

För den tillkommande verksamheten har utförliga riskbedömningar genomförts. WSP:s bedömning baserat på denna riskbedömning med tillhörande fördjupningar sammanfattas i nedanstående tabell.

Tabell 7. Riskvärdering av robusthetsanalys med olycksfjärlismetodik.

<b>Typscenario</b>	<b>Förebyggande åtgärder</b>	<b>Skadebegränsande åtgärder</b>	<b>Påverkan på människor (3:e person) och/eller miljö</b>	<b>Föreslås ytterligare åtgärder<sup>14</sup></b>	<b>Risknivå givet barriärer samt ytterligare förslagna åtgärder</b>
Typscenario 1: Läckage CO <sub>2</sub> anslutning lagringstank	Ja	Ja	Nej	Ja	Acceptabel
Typscenario 2: Lagringstank CO <sub>2</sub> rämnar	Ja	Ja	Nej	Ja	Acceptabel
Typscenario 3: Läckage CO <sub>2</sub> rörledning	Ja	Ja	3:e person	Ja	Acceptabel
Typscenario 4: Läckage CO <sub>2</sub> lastarm	Ja	Ja	3:e person	Ja	Acceptabel
Typscenario 5: Läckage ammoniak	Ja	Ja	3:e person, Miljö	Ja	Acceptabel
Typscenario 6: Utsläpp CO <sub>2</sub> pga dominoeffekt	Ja	Ja	3:e person	Ja	Acceptabel
Typscenario 7: Dominoeffekt CO <sub>2</sub> som påverkar övrig verksamhet	Ja	Ja	3:e person, Miljö	Ja	Acceptabel
Typscenario 8: Läckage CO <sub>2</sub> fartygsolycka	Ja	Ja	3:e person, Miljö	Nej	Acceptabel

<sup>14</sup> Se kapitel 6.

De åtgärder som WSP föreslår för att uppnå en acceptabel risknivå är:

- Rörledningen för lossning av koldioxid förses med dubbelmantling och vakuumisolering. Alternativt att annan åtgärd implementeras som medför samma sänkning av risknivån för 3:e person.
- Sektionering av rörledning med koldioxid införs med ESD-ventiler. Avstånd för sektionering bör fastställas i kommande detaljprojektering och med stöd av detaljerade HAZOP-analyser, givet nuvarande information föreslås var 100 meter.
- Utvändigt påkörningsskydd av rörledning med koldioxid där trafik återfinns eller där ledningen kan utsättas för extern påverkan.
- Riskreducerande åtgärder implementeras som säkerställer att mängden och flödet av ammoniak i händelse av olycka begränsas så att gränsvärden för AEGL-2 inte kan uppnås där 3:e person vistas. Detta kan åstadkommas med skrubber, avstängning av ventilation eller annan lösning. Oavsett val av lösning ska funktionen verifieras och säkerställas i kommande detaljprojektering.
- Att de säkerhetsinstruktioner som upprättas kopplat till CCS-anläggningen införlivas i befintligt säkerhetsledningssystem.
- Att det säkerställs att en kontinuerlig samverkan sker med den lokala räddningstjänsten innefattande övningar och utbildning kring den tillkommande verksamheten.
- Till följd av klimatförändringar ska instruktioner och rutiner för hantering av extremväder etableras.

Givet att ovanstående åtgärder hanteras på ett erforderligt vis bedöms risknivån för den tillkommande verksamheten vara acceptabel.

## BILAGA A. LITTERATURFÖRTECKNING

1. **Sweco.** *Underlag för samråd enligt miljöbalken inför ansökan om tillstånd till cementproduktion, hamn m.m. i Slite.* Göteborg : Heidelberg Materials, 2023-08-30.
2. **WSP Sverige AB.** *Säkerhetsrapport Slitefabriken - Heidelberg Materials Cement Sverige AB.* 2024-04-02. Uppdragsnummer 10355396.
3. **Heidelberg Materials Cement Sverige AB.** *Teknisk beskrivning - Ansökan om tillstånd till cementproduktion, hamn m.m. i Slite.* Slite : Heidelberg Materials Cement Sverige AB, 2024-04-15.
4. **Ramboll.** *Quantitative Risk Assessment - Carbon Capture Facility for Slite Cement Plant.* Köpenhamn : Ramboll, April, 2024.
5. **RISE/SSPA Maritime Center.** *Nautisk riskbedömning utbyggnad av Slite hamn.* u.o. : RISE/SSPA Maritime Center, 2024.
6. **Brandskyddsföreningen.** *Farligt gods: Koldioxid kyld vätska. Kortnr:369.* [Online] [Citat: den 30 10 2023.]
7. **Cementa, Heidelberg Cement Group.** *Säkerhetsrapport Enligt lag (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor.* Slite : u.n.
8. **Vattenfall Värme Sverige.** *Handlingsprogram storskalig kemikaliehantering inom Värme Sveriges gasturbinanläggning i Slite.* 2022-05-16.
9. **Vattenfall/GEAB.** *Riskbedömning Slite gasturbiner.* 20220915.
10. **Heidelberg Materials.** *Krishantering Slitefabriken.* Slite : Heidelberg Materials, 2023.
11. **Ramboll.** *Safety Philosophy - Carbon capture of Slite cement plant.* Köpenhamn : Ramboll, 2023.
12. **MSB.** *Säkerhetsrapport - Ett stöd vid det systematiska arbetet.* [PDF] u.o. : MSB, 2016. ISBN 978-917383-703-3.
13. **Laurin, Emelie och Selin, Henrik.** *Studie – Helhetsbild av risk inom industriparker.* Karlstad : Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2015.
14. **Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.** *Riskbedömning av naturliga omgivningsfaktorer.* Karlstad : Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2017.
15. **Ramboll.** *HAZID REPORT.* Esbjerg : Ramboll, 2023.
16. —. *HAZID - Steam generating heat pumps and ammonia.* Köpenhamn : u.n., 2024.
17. **IPS.** *QRA Del 2.* u.o. : IPS, 2022.
18. **Davidsson, Göran, Lindgren, Mats och Mett, Liane.** *Värdering av risk. FoU rapport - DNV.* u.o. : Statens Räddningsverk, 1997.
19. **Länsstyrelsen Hallands län.** *Risikanalys av farligt gods i Hannalds län, Meddelande 2011:19.* 2011.
20. **DNV.** *Guidance on CCS CO2 Safety and Environment Major Accident Hazard Risk Management.* London : DNV, 2021.
21. **HSE (UK).** *Failure rate and event data for use within risk assessments.* u.o. : HSE (UK), 2012.



22. **RIVM**. *Reference Manual Bevi Risk Assessments version 3.2*. u.o. : RIVM, 2021.
23. **Ramboll**. *Comparison of Refrigerants for HTHP*. Köpenhamn : Ramboll, 2024.
24. **RISE Research Institute of Sweden AB**. *Nautisk riskbedömning utbyggnad av Slite hamn*. 2024-03-26. Nr 50496480.
25. **IEC**. International Standard 60300-3-9. *Dependability management - Part 3: Application guide - Section 9: Risk analysis of technological systems*. Geneve : International Electrotechnical Commission, 1995.
26. **ISO**. Risk management - Vocabulary . *Guidelines for use in standards, Guide 73*. Geneva : International Organization for Standardization, 2002.
27. **Mattsson, B**. Riskhantering vid skydd mot olyckor. *Problemlösning och beslutsfattande*. Karlstad : Räddningsverket, 2000.
28. **Räddningsverket**. Handbok för riskanalys. Karlstad : Räddningsverket, 2003.
29. **Nystedt, Fredrik**. Riskanalysmetoder. Lund : Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
30. **MSB**. *Händelser med farliga ämnen 2006-2010 - En sammanställning av verksamhetsutövers inrapporterade händelser enligt LSO och LB*. u.o. : MSB, 2011.
31. —. *Händelser med farliga ämnen 2015-2016 - En sammanställning av verksamhetsutövers inrapporterade händelser enligt LSO och LBE*. u.o. : MSB, 2017.
32. —. *Händelser med farliga ämnen 2015-2016 - En sammanställning av verksamhetsutövers inrapporterade händelser enligt LSO och LBE*. Karlstad : MSB, 2017.
33. **SVT**. SVT Nyheter. [Online] den 05 04 2017. [Citat: den 30 10 2023.]  
<https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vasterbotten/lastbilsolycka-kan-vara-lastad-med-farligt-gods>.
34. **American Institute of Chemical Engineers**. [Online] 06 2023. [Citat: den 30 10 2023.]  
<https://www.aiche.org/resources/publications/cep/2023/june/carbon-dioxide-major-accident-hazards-awareness>.

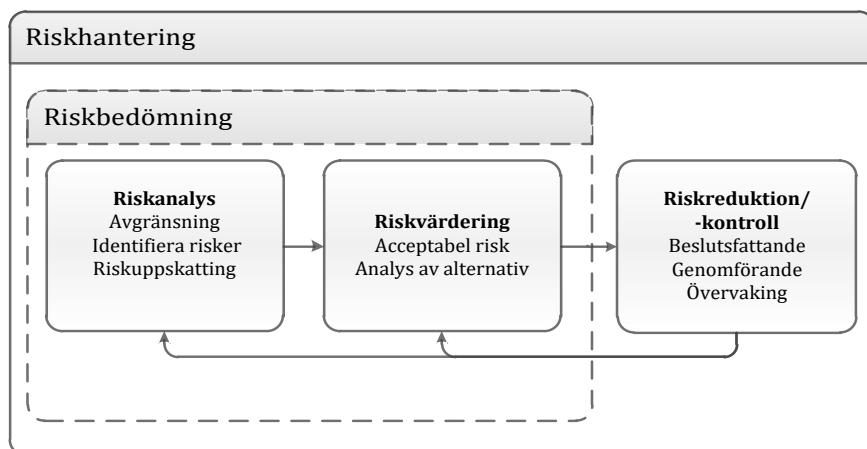
## BILAGA B. RISKHANTERINGSPROCESSEN

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

### B.1. BEGREPP OCH DEFINITIONER

Begreppet risk avser kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser. Sannolikhet och frekvens används ofta synonymt, trots att det finns en skillnad mellan begreppen. Frekvensen uttrycker hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, t.ex. antalet bränder per år och kan därigenom anta värden som är både större och mindre än 1. Sannolikheten anger istället hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och anges som ett värde mellan 0 och 1. Kopplingen mellan frekvens och sannolikhet utgörs av att den senare kan beräknas om den första är känd.

Riskanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system (25) (26), riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 32. Riskidentifieringen är en inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser, medan riskuppskattningen omfattar en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.



Figur 37. Riskhanteringsprocessen.

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

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

## B.2. RISKANALYSMETODER

Vad gäller riskanalysmetoder skiljer man ofta på kvalitativa, semi-kvantitativa och kvantitativa metoder enligt nedan. I denna rapport tillämpas både kvalitativa, semi-kvantitativa och kvantitativa metoder.

### **B.2.1** *Kvalitativa metoder*

I kvalitativa metoder används beskrivningar av typen stor, mellan eller liten. Eftersom det primära syftet med klassificeringen är att jämföra riskerna med varandra, görs inget försök att närmre precisera sannolikheter för olika utfall. Inom de kvalitativa metoderna ryms även logiska resonemang.

### **B.2.2** *Semi-kvantitativa metoder*

De semi-kvantitativa metoderna är mer detaljerade än de renodlat kvalitativa metoderna och innehåller delvis numeriska riskmått. De numeriska måtten behöver inte vara precisa, utan kan beteckna storleksordningar för att jämföra olika alternativ. En riskmatris är ett exempel på ett semi-kvantitativt verktyg (27).

Riskmatriser är vanligt förekommande riskhanteringsverktyg och de kan vara av både kvalitativ och kvantitativ karaktär. En riskmatris gör det möjligt att grovt rangordna olika skadehändelsers risknivåer. De skadehändelser som finns i matrisens övre högra hörn, d.v.s. de händelser som har hög sannolikhet och allvarliga konsekvenser, utgör stora risker som bör reduceras omedelbart. De skadehändelser som återfinns i matrisens nedre vänstra hörn utgör mindre allvarliga eller obetydliga risker som troligen inte behöver åtgärdas. Nivån på de risker som accepteras bör naturligtvis stämma överens med myndigheters och företagets eller organisationens övergripande nivå för acceptabla risker, om sådana finns formulerade (28).

### **B.2.3** *Kvantitativa metoder*

Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år (29).

## BILAGA C. RISKREGISTER

Nedanstående tabell utgör en sammanfattning av de riskidentifieringar som har gjorts och som ligger till grund för upprättade riskbedömning. Notera att nedanstående utgör rådata och därför är formuleringar ej fullständiga, vissa risker/grundorsaker upprepas då de identifierats med olika infallsvinklar eller vid olika tillfällen. Tabellen nedan ska snarast ses som en indikation på det omfattande underlagsarbete som ligger till grund för den upprättade riskbedömningen och de tillhörande fördjupade riskbedömningarna. Av tabellen görs också en koppling till hur de olika riskerna har hanterats vidare. När det i tabellen anges att en grundorsak/risk "bedöms ej ha betydande påverkan" åsyftas här att risken inte bedöms ha en betydande påverkan utifrån mål och avgränsningar i denna rapport. Däremot kan risken ha en betydande påverkan i andra sammanhang där den hanteras vidare.

Risk-ID	Grundorsak	Kategori	Kommentar
CC1.1_001	Lösningsmedelstankar och dess rörsystemanslutningar - Spill och läckage från tankarna på grund av intern korrosion eller extern brandrisk från närliggande bränsletankar.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärlilar och/eller fördjupade bedömningar
CC1.1_002	AC-bränsletank - läckage av brandfarlig vätska.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärlilar och/eller fördjupade bedömningar
CC1.1_003	Lösningsmedelsläckor från rörledningar och kärl i det invallade området runt absorberingsenheten.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
CC1.1_004	Personal som faller eller föremål som faller från gångbron nära absorberingsenheten.	Driftrelaterade orsaker	Hanteras via arbetsmiljö-lagstiftningen
CC1.1_005	Felaktig rutt för rörsystemdesignen för bypassröret (avgas).	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
CC1.1_006	Kollisionsrisk från fordon som passerar vägarna runt rörhyllorna och processområdena.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärlilar och/eller fördjupade bedömningar
CC1.1_007	Operation av mobila kranar - Fallande föremål på de exponerade processområdena.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärlilar och/eller fördjupade bedömningar
CC1.1_008	Översvämning vid stenbrottet - påverkar området runt absorberingsenheten.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärlilar och/eller fördjupade bedömningar

Risk-ID	Grundorsak	Kategori	Kommentar
CC1.1_009	Ammoniakvattentank - läckage från ammoniakvattentanken.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
CC1.1_010	Fallande fordon och lastbilar från vägen ovanför stenbrottet på grund av osäkra körförhållanden, hala vägar och brist på kollisionsskyddsräcken på vägen.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärlar och/eller fördjupade bedömningar
CC1.1_011	Snöbelastning och isbildning på processutrustning och rörledningar.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärlar och/eller fördjupade bedömningar
CC1.1_012	Damm från cementfabriken.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
CC1.1_013	Risk för belysning på grund av extremt väder på Gotland.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
CC1.1_014	Återflöde/bakåtlöde av rökgas - på grund av processavstängning.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
CC1.1_015	Absorberingskolumn/Absorberingstorn - trappor och åtkomst.	Driftrelaterade orsaker	Hanteras via arbetsmiljö-lagstiftningen
CC1.1_016	Obehörig åtkomst från allmän väg till stenbrottsområdet.	Yttre påverkan	Beaktas i upprättade olycksfjärlar och/eller fördjupade bedömningar
CC1.1_017	Läckage SCR-tank.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
CC1.1_018	Fast lösningsmedel i absorber på grund av det kalla vädret i stenbrottsområdet.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
CC1.2_001	Utsläpp av hett lösningsmedel och läckage från utrustningen och rörledningarna i byggnad för koldioxidinfångning.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
CC1.2_002	Kolväteläckage från värmepumpar.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
CC1.2_003	Utsläpp av lösningsmedel - het ånga från lösningsmedel.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan

Risk-ID	Grundorsak	Kategori	Kommentar
CC1.2_004	Utsläpp av lösningsmedel - Kallt utsläpp från kondensatoraggregatet.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
CC1.2_005	Utformning - kritiskt avstånd mellan flyktvägar och säkra områden - inomhus/utomhus.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärlar och/eller fördjupade bedömningar
CC1.2_006	Utsläpp av lågtryckskoldioxid från toppen av avdunstaren.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
CC1.2_007	Utsläpp av het ånga - från värmepumpar och ångfläktar, från ångledningen till ångkokaren.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
CC1.2_008	Projektiler och flygande föremål från roterande utrustning såsom kompressorer och pumpar.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärlar och/eller fördjupade bedömningar
CC1.2_009	Hydrauloljeläckage från pumpar och kompressorer.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
CC1.2_010	Läckage från återvinnarens avfallstank / Läckage kan inträffa från ett slutet system.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
CC1.2_011	Kollisionsrisk - rörledning från återvunnet ämne/material till slamförvaringstank.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärlar och/eller fördjupade bedömningar
CC1.2_012	Elavbrott.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärlar och/eller fördjupade bedömningar
CC1.2_013	Läckage av lösningsmedel i "stripperrummet".	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
CC1.2_014	Begränsad tillgång för brandkåren till byggnaden.	Yttre påverkan	Beaktas i upprättade olycksfjärlar och/eller fördjupade bedömningar
COMP_001	CO <sub>2</sub> -läckage i MVR-rummet.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
COMP_002	Projektiler från kompressorer - explosion i kompressorummet.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärlar och/eller fördjupade bedömningar



Risk-ID	Grundorsak	Kategori	Kommentar
COMP_003	Brand i kompressorummet.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
COMP_004	Mekanisk skada i MVR-rummet.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
PUR_001	Ammoniaksläpp från rör och pumpar.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
REFR_001	Utsläpp av flytande koldioxid från destillationskolonnen på grund av komponentfel och inre korrosion.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
REFR_002	Läckage av flytande koldioxid från rörledningar.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
STOR_001	Brand i transformatorbyggnaden som påverkar lagringstankarna på grund av lågexponering och värme från brand.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
STOR_002	Koldioxidläckage från BOG-röret, på grund av tryckökning öppnar säkerhetsventilen.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
STOR_003	Läckage av koldioxid från röret vid botten av lagringstanken - övervägande av rördimension.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
STOR_004	Extern skada - klippblock glider från stenbrottsväggen.	Yttre påverkan	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
STOR_005	Tappat/tappade föremål under lyftoperation.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
STOR_006	Översvämning i stenbrottet eller kraftigt regnvatten i stenbrottet.	Naturliga omgivningsfaktorer	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
STOR_007	Kollisionsrisk från lastbilar eller stora fordon.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar

Risk-ID	Grundorsak	Kategori	Kommentar
STOR_008	Brand och explosion vid kompressorummet.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
STOR_009	Fundamentfel på grund av låg temperatur från utsläpp av flytande koldioxid.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
STOR_010	Byggande av nya lagringstankar i nästa fas - all utbyggnad av platsen.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
EAI_001	Extern skada på nätkabeln på grund av schaktning och markens rörelser.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
EAI_002	Avsiktlig grävning på kabel. Säkerhetshot.	Yttre påverkan	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
EAI_003	Elektrisk utrustning eller bilar påverkas av det magnetiska fältet nära kablarna.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
EAI_004	Risk för blixurladdningar pga extrema väderförhållanden vid Gotland.	Naturliga omgivningsfaktorer	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
EAI_005	Felanslutna kablar.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
EAI_006	Strömledning ovanför kabelgången.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
EAI_007	Brand och explosioner vid transformatorerna.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
EAI_008	Kortslutning/elektriskt fel i transformatorer inne i EI-byggnaden. Transformatorhaveri.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
EAI_009	Strömavbrott.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
EAI_010	Transformatorer kan läcka olja.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan

Risk-ID	Grundorsak	Kategori	Kommentar
EAI_011	Översvämning och regnvatten i "kabeldiket".	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
EAI_012	Kombinationen av gnista och antändbara molekyler kan uppstå vid kopplingsutrustningarna.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
EAI_013	Elektrisk utrustning exponeras för kall koldioxidånga.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
LOAD_001	Höga vågor och extremt väder vid bryggområdet.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
LOAD_002	Fel på lastarmen på grund av överdriven rörelse av fartyget.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
LOAD_003	Läckage i lastningsröret.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
LOAD_004	Dominoeffekten från de närliggande rören i samma rörställ.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
LOAD_005	Cirkulation i lastningsröret och bakåtlöde i röret.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
LOAD_006	Hamring av flytande koldioxid.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
LOAD_007	Koldioxidexportröret kan generera hammarslående ljud.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
LOAD_008	Snö och isansamling på lastarmen.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
LOAD_009	Havssalt och fuktighet i brygghamnen ökar korrosionen.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
LOAD_010	Kollision mellan ett cementfartyg och koldioxidskeppet i hamnen.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar

Risk-ID	Grundorsak	Kategori	Kommentar
LOAD_011	Koldioxidläckage från lastning/ledning och lastarm.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
LOAD_012	Strömavbrott.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
LOAD_013	Brand på ett närliggande fartyg, till exempel ett AC-bränsle eller på piren.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
LOAD_014	Arbete med lastning, arbetare exponeras under pågående drift.	Driftrelaterade orsaker	Hanteras via arbetsmiljö-lagstiftningen
LOAD_015	Lastbilkollision.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
LOAD_016	Farlig händelse på piren, kan vara LOC/läckage eller brand.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
LOAD_017	Brandbil och/eller kran som används för underhåll och tunga maskiner kan kollidera med pir-rör och lastarm.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
LOAD_018	Brand vid lastarmarna.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
LOAD_019	Rör exponerade för brand vid lastbilarna.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
LOAD_020	Pirens väglag är snöigt och isigt, halt väglag.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
LOAD_021	Arbete på pir.	Driftrelaterade orsaker	Hanteras via arbetsmiljö-lagstiftningen
LOAD_022	Manuellt arbete på piren.	Driftrelaterade orsaker	Hanteras via arbetsmiljö-lagstiftningen
LOAD_023	Läckande ventil.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar

Risk-ID	Grundorsak	Kategori	Kommentar
LOAD_024	Koldioxid-läckage i hamnen.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
PIPE_001	Skredrisk från stenbrottet.	Naturliga omgivnings-faktorer	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
PIPE_002	Översvämning i stenbrottet.	Naturliga omgivnings-faktorer	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
PIPE_003	Tappat föremål från bandgång.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
PIPE_004	Isformationer på rörställning.	Naturliga omgivnings-faktorer	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
PIPE_005	Oljeledning i samma rörställning.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
PIPE_006	Kall koldioxidjetstråle nära tankarna.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
PIPE_007	Koldioxidläckage från röret.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
PIPE_008	Koldioxidläckage i hamnområdet.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
PIPE_009	Koldioxidrörbrott.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
PIPE_010	Under normal drift kan större klumpar av cement ansamlas på toppen av silotaket.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
PIPE_016	Projektrisk: Ledningen är utformad över GEAB-fastigheten.	Yttre påverkan	Bedöms ej ha betydande påverkan

Risk-ID	Grundorsak	Kategori	Kommentar
PIPE_011	Kontaminationsförlust (koldioxid).	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
PIPE_012	Trafik / maskin inom anläggningen.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
PIPE_013	Brand i kompressorummets byggnad påverkar rörledningen.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
PIPE_014	Rörställningen är för närvarande ritad över cementlastnings- och exportverksamhet och i närheten av lastning av eldningsolja.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
PIPE_015	Koldioxidläcka från röret.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
BB_001	Läckage av varm och trycksatt olja från rör / termisk olja och mineralolja.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
BB_002	Läckage av varm och trycksatt olja från rör / termisk olja och mineralolja.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
BB_003	Het olja i rörstället, utomhus.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
BB_004	Oljecistern.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
BB_005	Förorenat vatten med olja.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
BB_006	Brännbar/brandfarlig olja i oljepannan antänds.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
BB_007	Brand i pannrummet som är placerat nära koldioxidledningen i stenbrottet.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
BB_008	Brand i pannrummet som är placerat i närheten av koldioxidlagringen i stenbrottet.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar



Risk-ID	Grundorsak	Kategori	Kommentar
BB_009	Pannor som placeras i närheten av rörställningen kan utgöra en brandrisk i pannrummet på grund av oljepannor.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
BB_010	Strömförlust för cirkulation av hetvattenpanna.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
BB_011	Elektriska ångpannor.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
SEA_001	Kylvattenförlust.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
SEA_002	Kylvattenskvalitet.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
ARU_001	Ammoniak-kondensatorfel kan uppstå på grund av korrosion, vibration eller tillverkningsfel.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
ARU_002	Havsvatten-värmeväxlarfel kan uppstå på grund av korrosion, vibration eller tillverkningsfel.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
ARU_003	CO <sub>2</sub> -kondensator/ammoniak-ångarfel kan uppstå på grund av korrosion, vibration eller tillverkningsfel. Ett sådant fel kan leda till att CO <sub>2</sub> hamnar i ammoniakcykeln.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
ARU_004	Förlust av oljeinneslutning från kylsystemet.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
ARU_005	Förlust av inneslutning (ammoniak) i rummet.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
ARU_006	Obehörig personal i maskinrummet.	Yttre påverkan	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
ARU_007	Felaktig funktion av luftskrubbern för ventilerad luft.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan

Risk-ID	Grundorsak	Kategori	Kommentar
ARU_008	Olje-kylarfel kan uppstå på grund av korrosion, vibration eller tillverkningsfel.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
ARU_009	Strömavbrott, förlust av ström till ventilationen i maskinrummet som innehåller ammoniak.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
ARU_010	NH <sub>3</sub> -avloppssystemet är separat från det normala avloppssystemet.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
ARU_011	Förlust av inneslutning/innehåll, ammoniak.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
STEAM_001	Förlust av inneslutning, högflamligt kylmedel (hydrokolväte).	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
STEAM_002	Förlust av inneslutning, kallt kylmedel, frostsador på människor (hydrokolväte).	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
STEAM_003	Läckage från för-ångaren kan bero på korrosion, vibration eller tillverkningsfel.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
STEAM_004	Läckage från kondensorn orsakat av t.ex. korrosion, vibration eller tillverkningsfel.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
STEAM_005	Läckage från kondensorn orsakat av t.ex. korrosion, vibration eller tillverkningsfel.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
STEAM_006	Läckage från kondensorn orsakat av t.ex. korrosion, vibration eller tillverkningsfel.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
STEAM_007	Brandfarligt kylmedel.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
STEAM_008	Brandfarligt kylmedel.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
STEAM_009	Impellerfel, vilket kan orsaka att projektiler kommer från kompressorn.	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar

Risk-ID	Grundorsak	Kategori	Kommentar
STEAM_010	Brusten ångledning.	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
WSP_1	Dominoeffekt koldioxid påverkar övrig verksamhet	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
WSP_2	Dominoeffekt från övrig verksamhet påverkar koldioxidhanteringen	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
WSP_3	Mänskligt felhandlande – koldioxidhantering	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
WSP_4	Mänskligt felhandlande – ammoniakhanternig	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
WSP_5	Materialfel/brister – generellt	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
WSP_6	Utsläpp ammoniak påverkar 3:e person	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
WSP_7	<p>Påverkan naturliga omgivningsfaktorer</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Höga vattennivåer (översvämning och skyfall)</li> <li>– Ras, skred och erosion</li> <li>– Åska</li> <li>– Höga vindstyrkor (stormar)</li> <li>– Solstorm</li> <li>– Snöstorm och snödrev</li> <li>– Dimma och fuktig miljö</li> <li>– Isbildning</li> <li>– Skogsbrand eller gräsbrand</li> <li>– Extrema temperaturer</li> <li>– Jordbävning</li> </ul>	Naturliga omgivningsfaktorer	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar

Risk-ID	Grundorsak	Kategori	Kommentar
WSP_8	Kollision mellan fartyg	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
WSP_9	Kollision fartyg/kaj	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
WSP_10	Felnavigering fartyg	Driftrelaterade orsaker	Beaktas i upprättade olycksfjärilar och/eller fördjupade bedömningar
WSP_11	Risk nya lagringsytor	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan
WSP_12	Risk förändringar i hamnen	Driftrelaterade orsaker	Bedöms ej ha betydande påverkan

## BILAGA D. TIDIGARE INTRÄFFADE OLYCKOR

I detta stycke beskrivs exempel på olyckor som har inträffat på liknande anläggningar och vid hantering av koldioxid inom Sverige och i Europa. Exempel på händelser har hämtats från MSB:s olika rapporter om inträffade kemikalieolyckor i Sverige under 2006–2010 och 2015–2016 där olyckor sammanställts i rapporter om verksamhetsutövares inrapporterade händelser enligt LSO och LBE (30) (31).

### Inträffade olyckor i Sverige

Efter noggrann sökning och genomgång av flertalet rapporter (bland annat från MSB) hittades ingen inträffad olycka som inträffat inom en liknande verksamhet som Heidelberg Materials, men däremot hittades två fall av olyckor vari koldioxid och flytande koldioxid varit involverat i olyckshändelse på olika sätt. Dessa kan utläsas i tabellen nedan.

Tabell: 8. Inträffade olyckor med koldioxid och flytande koldioxid i Sverige inom industriverksamheter.

År	Ämne/process	Händelse
2015	Borttagande av koldioxid under produktion av fordonsgas (32).	Brand i lastmaskin på biogasanläggning: På anläggningen bedrivs produktion av fordonsgas. Substrat (växtmassa) skickas till en röttkammare som bryter ner det organiska innehållet till biogas, som renas till fordonsgas via borttagande av koldioxid. Branden inträffade i lastmaskinen som används i det dagliga arbetet. Lastmaskinen parkeras inne i mottagningshallen kvälls- och nattetid. Arbetet med maskinen avslutades kring kl. 16 och då ställdes maskinen in i mottagningshallen innanför norra porten. Strax efter klockan 20 upptäcks skenet av lågor och rök från mottagningshallen. Driftteknikern larmar 112 som snabbt är på plats och får kontroll på branden. Två gasflaskor och en traktor tas ut. Porten fick destrueras då branden slagit ut den delen av elen som styr portarna. Skador av olyckan: Materiella skador, produktions-bortfall. Vidtagna åtgärder: Utredning sker om parkering av lastmaskin skall ske i separat hall.
2017	Lastbil med flytande koldioxid i trafikolycka (33)	Längs med en vägsträcka på E4:n norr om Skellefteå inträffade en trafikolycka där en lastbil lastad med flytande koldioxid välte och blockerade körfält i norrgående riktning. Lastbilen låg i norrgående körfält vid avfarten till Björkhammar, norr om Skellefteå. Inget större läckage rapporterades efter den inträffade olyckan. Trafikverket meddelade i samband med att olyckan hade inträffat att vägen stängdes av under räddningsarbetet. Detta orsakade störningar under flera dygn för trafiken längs med vägen. En liknande lastbil kom till olyckplatsen och tog upp koldioxiden från den välta lastbilen.

### Inträffade olyckor i Europa och resten av världen

I detta stycke beskrivs exempel på olyckor som har inträffat på industrianläggningar och vid hantering av flytande koldioxid inom Europa och i övriga världen. Exempel på händelser har hämtats från de internationella databaserna ARIA (Franska miljödepartementets olycksdatabas) och eMARS (EU:s databas för Sevesorelaterade händelser). Begränsning i sökningen efter relevanta inträffade olyckor i databaserna gjordes med söknings-termerna "liquid carbon dioxide", "Carbonic anhydride", "Carbonic dioxide", "Carbonic oxide", "Carbon(IV) oxide", "Methanedione", "R-744 (refrigerant)", "R744 (refrigerant)" och "Dry ice" för att få fram de mest relevanta inrapporterade inträffade olyckorna med koppling till hantering och förvaring av flytande koldioxid inom en specifik industriell verksamhet.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA) databas över brandskyddssystem. CO<sub>2</sub> är ett av de mest använda släckningsmedlen för inertgas. EPA gjorde en omfattande granskning av CO<sub>2</sub>-incidenter att relaterade till dess användning i brandskydd (6). Från 1975 till 2000 rapporterade totalt 51 incidenter 72 dödsfall och 145 skador från CO<sub>2</sub>-utsläpp från brandsläckningssystem. Denna studie rapporterade att de flesta av incidenterna inträffade under underhåll på eller nära CO<sub>2</sub>-brandskyddssystemet. Det är värt att framhålla att mängden CO<sub>2</sub> som ska släppas ut av ett brandsläckningssystem kommer att bero på området som täcks, men skulle troligen vara i storleksordningen ton. Dessa utsläppsincidenter visar de potentiella skadorna när CO<sub>2</sub> bildar ett farligt moln och andas in av människor och djur. Det bör noteras att skadorna som vanligtvis är förknippade med alla typer av utsläpp är mycket beroende av källan till utsläppet (inklusive systemets driftsförhållanden), inventeringen som frigörs, arrangemanget av omgivningen (till exempel omgivande populationer), marktopografi, väderförhållanden, potentiell inneslutning av byggnader eller slutna utrymmen och andra faktorer.

I tabellen nedan kan exempel från Tyskland och USA utläsas som involverar inträffade olyckor med flytande koldioxid (34).

Tabell: 9. Inträffade olyckor i Europa och USA där flytande koldioxid varit involverat i oönskade händelser.



År	Plats	Ämne/ process	Händelse
1988	Worms, Tyskland.	Koldioxid	En CO <sub>2</sub> -tank med kapacitet på 30 ton i Worms i Tyskland drabbades av ett katastrofalt kärllhaveri till följd av att en kall CO <sub>2</sub> -kokande vätska som expanderade till att utlösa en ångexplosion (BLEVE). Tanken splittrades och tankfragment slängdes iväg ca 300 m ifrån tanken, vilket resulterade i tre dödsfall och omfattande skador.
2008	Mönchengladbach, Tyskland.	Koldioxid	Ca 15 ton CO <sub>2</sub> släpptes av misstag från en brandsläckningsanläggning i Mönchengladbach i Tyskland. Den frigjorda koldioxiden hölls inte inne i byggnaden på grund av att en dörr inte kunde stängas. CO <sub>2</sub> spred sig utanför där luftförhållandena var mycket stabila med lite vind. Även om inga dödsfall rapporterades i samband med denna incident, drabbades 107 personer (varav 19 blev inlagda på sjukhus). Eftersom CO <sub>2</sub> är osynligt var det svårt för de räddningstjänsten att bedöma omfattningen av faran.
2020	Satartia, Mississippi, USA.	Flytande koldioxid	En 24-tums. begravnings rörledning som transporterar flytande CO <sub>2</sub> sprack nära Satartia, Mississippi, USA. Ett svetsfel i omkretsen genererade en CO <sub>2</sub> -plym som färdades mot omgivande befolkningar. Protokoll för nödevakuering aktiverades och cirka 200 invånare evakuerades. Inga dödsfall inträffade, men 45 personer sökte läkarvård. Rörledningen havererade på en brant vall. Kraftigt regn orsakade sättningar i marken, vilket skapade axiell spänning på rörledningen som resulterade i ett svetsfel på ledningen som sedermera brast. "U.S. Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration" (PHMSA) genomförde en utredning som resulterade i en rapport med redogörelse för flera bidragande faktorer till incidenten, varav en av dessa var att geotekniska risker inte togs itu med i planerings- och procedur-dokument, samt att underskattning skedde av de potentiellt drabbade områdena i en spridningsmodell och att inte meddela lokal räddningstjänst om potentiella brister/felaktigheter i systemet.

## BILAGA E. SAMMANFATTNING CFD

Nedan sker en kortfattad sammanfattning av Rambolls CFD-simuleringar, antaganden och metodik.

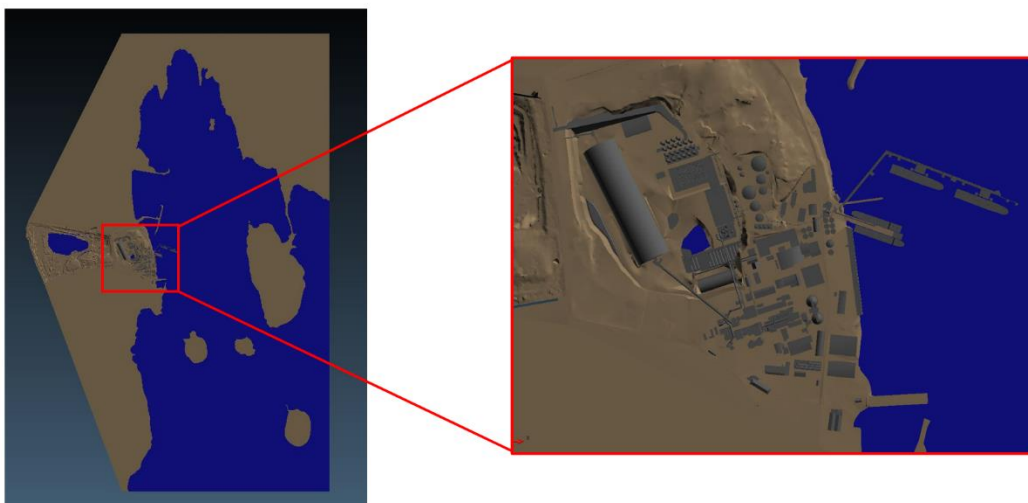
CFD (Computational Fluid Dynamics) är en beräkningsmetod för att beräkna fluidmekaniken vid t ex en brand, vilket möjliggör analys av förbränning, temperaturspridning och spridning av brandgaser från en brand. I den programvara som används vid simuleringar byggs en beräkningsdomän upp inom vilken det studerade byggnadsverket eller miljön som studeras skapas. Inom domänen ansätts även den indata som utgörs av t ex branden, vindlaster, ventilationsflöden m.m. Beräkningarna genomförs sedan inom domänen vilket resulterar i att flöden kan beräknas av brandgaser, transport av värme, massa, strålning och slutligen den kemiska reaktionen av en brand, CFD kan även beräkna spridning av gaser i luft t ex vid utsläpp.

CFD är ett kraftfullt verktyg för analys av flöden. Det är en datorbaserad simuleringsteknik som ger en 3D-lösning på ekvationerna som styr flöden. Tekniken kännetecknas av att dela upp det område som ska analyseras i ett stort antal domäner, en grid, rutnätsceller, där detta sammankopplas till en beräkningsdomän. Komplexa geometrier och flöden över tidsperioden som studeras kan därigenom hanteras alternativt studeras ett jämviktsförhållande så kallat steady state. Resultatet av simuleringarna består av värden på flödesparametrar t ex hastighet, brandgasernas densitet/koncentration, temperatur och strålningsnivåer. Utdata kan fås för varje tidssteg som simuleras i varje del av griden.

Genomförda CFD-simulering består av två olika studier:

- Gasdispersionsstudie: Denna härleds från QRA-analysen. Den CFD-programvara som används är det kommersiella CFD-programmet InFlux ver. 3.11.
- Analys av tankruptur (BLEVE): Här används det kommersiella CFD-programmet STAR-CCM ver. 2310.

Den fullständiga 3D-modellen visas i figuren nedan, liksom det område av anläggningen som är relevant för analysen. Hela modellen anses kunna simulera flödet som skapas av vindförhållandena med hög noggrannhet. De olika gränsvillkoren beskrivs nedan.

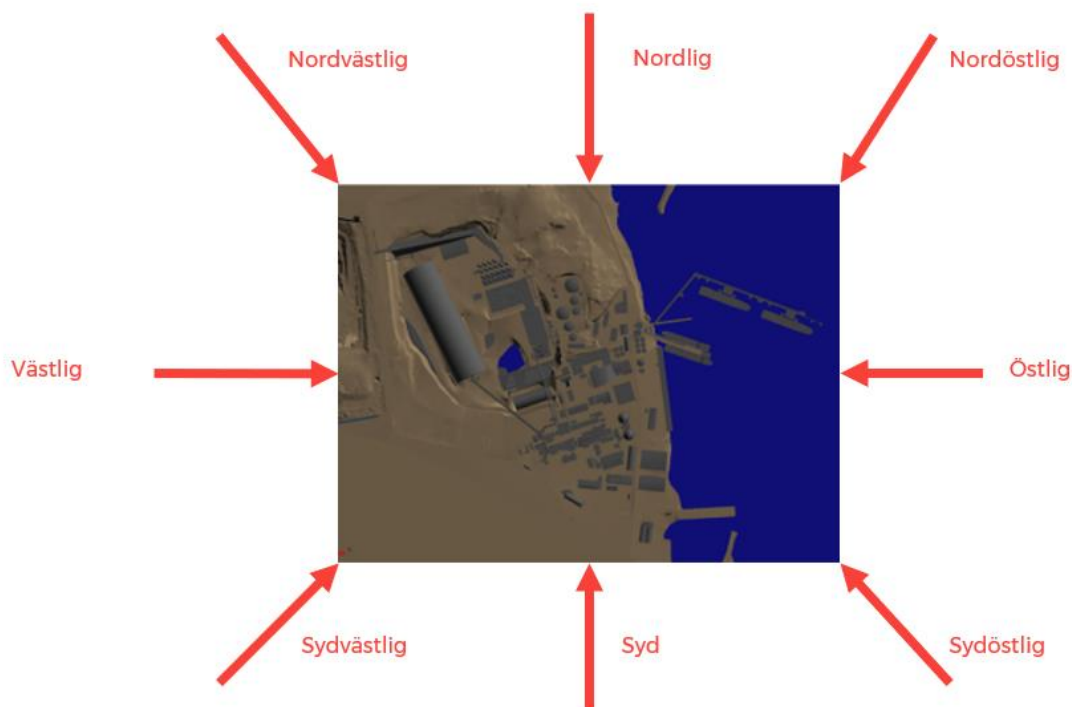


Figur 38. 3D-modellen.

## Vindförhållanden

På de yttre gränserna av domänen ansätts en vindlast som utgör omgivningsflödet av vinden. När flödet passerar havet eller marken skapas en hastighetsprofil på grund av friktion med markytan, där hastigheten är noll vid havs-/marknivå och gradvis ökar med höjden över havs-/marknivå.

Referenshastigheten av vinden är hastigheten 10 m ovanför havsytan. Totalt 8 vindriktningar visas i figur nedan.

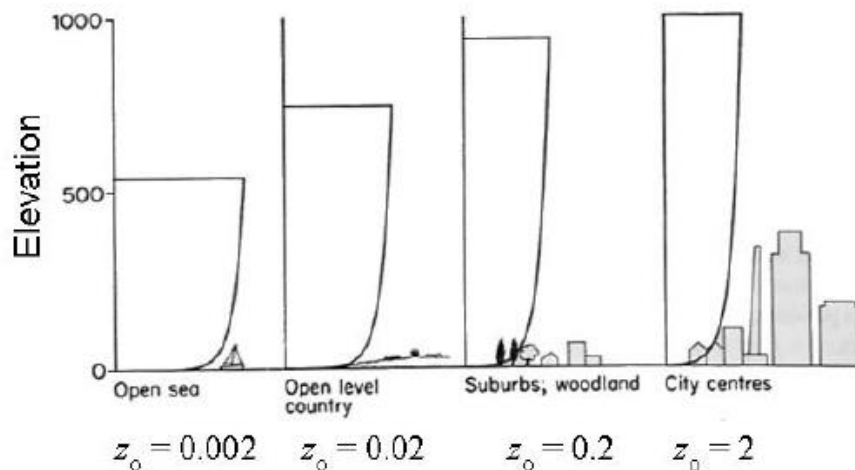


Figur 39. Vindriktningar i simuleringarna.

För att minska påverkan från övre domängräns används ett fritt friktionsvillkor.

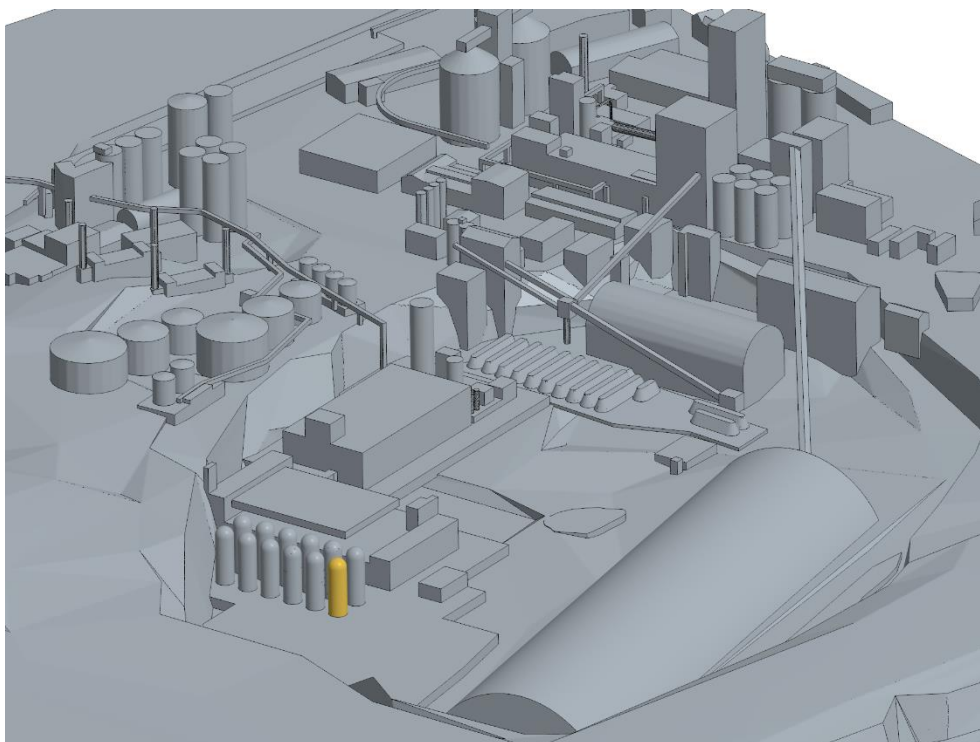
## Havs- och markytor

Havs och markytorna behandlas som grova ytor med 0,01 m respektive 0,1 m i ytgrovhet. Ett exempel på hur ytgrovhet påverkar vindprofilen visas i figuren nedan.



Figur 40. Ytgrovheten för olika typer av landskap och tillhörande vindprofil.

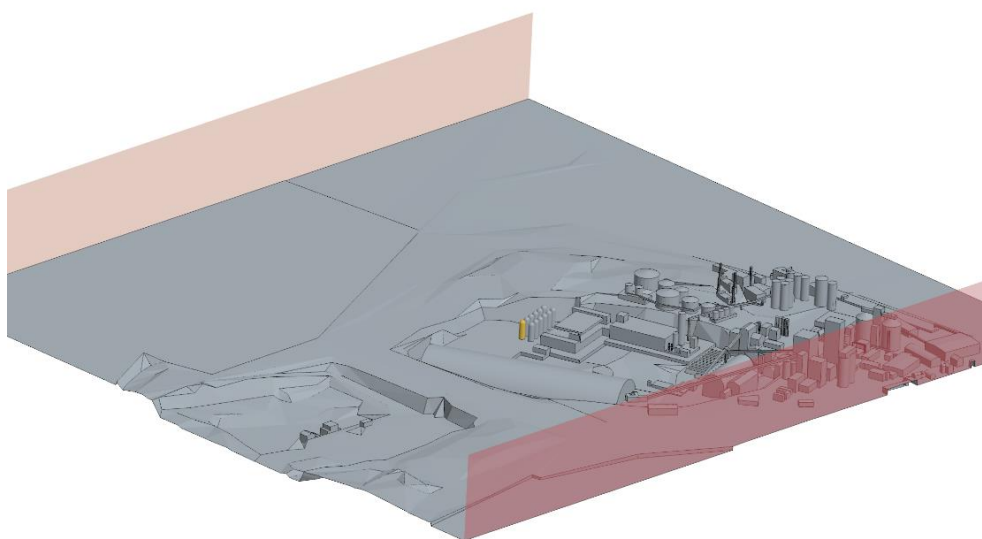
En dynamisk, beräkningar med tidssteg, CFD-modell har skapats för scenariot med full tankruptur i programvaran STAR-CCM+. Indata till beräkningarna är identiska med den beräkningar som genomförs med stationära förhållande, jämvikts beräkningar, CFD-analysen. Beräkningsdomän som används finns redovisad i figur 35. Inom beräkningsdomänen har en vindlast från söder påförts, med hastigheten 5 m/s. Gulmarkerad tank utgör den som läcker i genomförda simuleringar. Simuleringsgeometrin inkluderar detaljerade utformning av byggnader, hinder och tankar, som illustreras i figur 35.



Figur 41. Översikt över domänen. Rupturtanken har markerats med gult.

Det är viktigt att införa adaptiva rutnät i ruptur-scenariot, särskilt med avseende på tryckvågen (chockvågen). Adaptiva rutnät (AMR) möjliggör dynamisk förfining, vilket ger högre upplösning av beräkningarna.

I kontexten av rupturscenariot kan den tryckvåg som genereras under händelsen uppvisa komplexa beteenden som kräver detaljerad upplösning för en korrekt simulering. Utan AMR kan simuleringen misslyckas med att fånga viktiga skador vid en tryckvåg, vilket leder till inkorrektheter i tryckfördelningen och därmed riskbedömningen. Därför förbättrar användandet av AMR simuleringen, vilket säkerställer en mer realistisk representation av tryckvågens effekter, vilket är avgörande för en omfattande säkerhetsanalys och riskhanteringsstrategier.



Figur 42. Beräkningsdomän i dynamisk CFD-simulering.

### Tryckberäkningar från CO<sub>2</sub>-lagringstank på bostadsområden

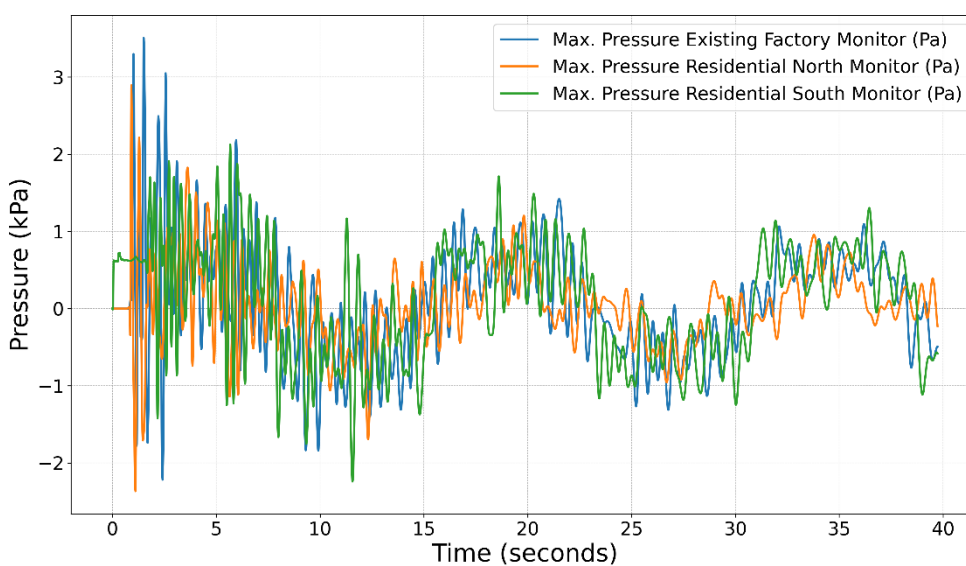
Mellanlagringen av koldioxid redovisas i figuren 37 som också inkluderar tre mätpunkter som är strategiskt placerade för att mäta tryckfluktuationer som uppstår vid tankruptur. Dessa punkter är placerade i det norra bostadsområdet, det södra bostadsområdet och intill den befintliga anläggningen.



Figur 43. Domän med mätpunkter i det norra och södra bostadsområdet. En mätpunkt vid den befintliga anläggningen har också lagts till.

Figur 44 redovisar resultatet av tryckberäkningarna från mätpunkterna.

Vid rupturens början observeras en skarp tryckökning, vilket tillskrivs spridningen av en tryckvåg vid tankens bristning. Det förhöjda trycket minskar dock snabbt och stabiliserar sig i ett oscillationsmönster som varierar mellan -1 kPa och 1 kPa.



Figur 44. Tryckberäkningar från koldioxidlagringstankens bristning vid de angivna mätpunkterna.