



Konsekvensberäkningar Adesso BioProducts AB
Stenungsund

Adesso BioProducts AB

Rapport: 242015-03
Version 1.0

Utgiven: 2024-10-15



Handling
Konsekvensberäkningar Adesso
BioProducts AB Stenungsund

Uppdragsgivare
Adesso BioProducts AB

Datum
2024-10-15

Status
Version 1.0

Uppdragsnummer
242015-03

Uppdragsansvarig
Christoffer Käck

Adesso BioProducts AB

Titel: Konsekvensberäkningar Adesso BioProducts AB Datum: 2024-10-15
Stenungsund

Distribution: Distribueras enligt kundens anvisning

Rapport nr: 242015-03 Rev: 1.0

Utförd av: Granskad av:
Christoffer Käck Viktor Sturegård

Kontorsadress:

ProSa Process Safety Consulting AB
Cisterngatan 7
418 34 Göteborg

Kontaktperson ProSa:

Christoffer Käck
e-post: christoffer.kack@prosaconsult.se

Ver	Datum	Beskrivning / ändringar	Utfört av
1.0	2024-10-15	Första version	Christoffer Käck

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING.....	4
1.1	Avgränsningar.....	4
1.2	Styrande dokument.....	4
1.2.1	Sevesolagstiftningen	4
1.2.2	Plan- och bygglagen (2010:900)	5
1.2.3	Miljöbalken (1998:808).....	5
1.2.4	Lag (2003:778) om skydd mot olyckor, LSO.....	5
1.2.5	Lag (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor, LBE	5
2	ÖVERGRIPANDE OM RISKHANTERING	6
2.1	Allmänt om kriterier för riskvärdering.....	7
2.2	Risker för tredje man	8
2.3	DNV:s föreslagna kriterier.....	8
3	OMRÅDES- OCH VERKSAMHETSBESKRIVNING.....	10
3.1.1	Bioetenproduktion.....	11
3.1.2	Biogasproduktion	11
3.2	Närliggande verksamheter och trafiksystem	12
3.2.1	Perstorp Oxo AB	13
3.2.2	Renova återvinningstation.....	14
3.2.3	Reningsverk Stråvliden.....	14
3.2.4	NCC Ballast (Gategårdstakten).....	14
3.2.5	Stenungsunds Kraftverk (Vattenfall)	14
4	FÖRUTSÄTTNINGAR OCH ANTAGANDEN FÖR KONSEKVENSBERÄKNINGAR.....	15
4.1	Undersökta skademekanismer	15
4.1.1	Gasmolnsbrand	15
4.1.2	Jetbrand	15
4.1.3	Pölbrand.....	15
4.1.4	Gasmolnsexplosion (VCE).....	16
4.1.5	BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).....	16
4.1.6	Toxicitet (ammoniak)	16
4.2	Konsekvenskriterier	16
4.3	Väderförhållanden	18
5	STUDERADE OLYCKSSCENARION	20
5.1	Processdata och antaganden avseende olycksscenario	20
6	RESULTAT KONSEKVENSBERÄKNINGAR	22
6.1	Biogasanläggning.....	24
6.1.1	Mindre läckage av LBG (rörbrott/slangbrott).....	24
6.1.2	Större läckage av LBG (tankhaveri)	31
6.1.3	BLEVE LBG-tank	37
6.1.4	Läckage av ammoniak (upp till 100 kg)	39
6.2	Eten-anläggning.....	41
6.2.1	Brand i invallning med etanol-tankar	42



Handling
Konsekvensberäkningar Adesso
BioProducts AB Stenungsund

Uppdragsgivare
Adesso BioProducts AB

Datum
2024-10-15

Status
Version 1.0

Uppdragsnummer
242015-03

Uppdragsansvarig
Christoffer Käck

6.2.2	Cisternbrand etanol-tankar	44
6.2.3	Läckage av förgasad etanol (rörbrott)	46
6.2.4	Mindre läckage av kondenserad eten (rörbrott)	47
6.2.5	Större utsläpp av kondenserad eten (tankhaveri).....	50
6.2.6	BLEVE eten-tank.....	55
6.3	Oantänt utsläpp från fackla	58
6.4	Sammanställning avseende omgivningspåverkan	59
7	RISKBEDÖMNING.....	62
7.1	Mindre läckage av LBG (rörbrott/slangbrott)	62
7.2	Större läckage av LBG (tankhaveri).....	63
7.3	BLEVE LBG-tank.....	64
7.4	Läckage av ammoniak.....	65
7.5	Större läckage av kondenserad eten (tankhaveri)	65
7.6	BLEVE eten-tank	65
8	BARRIÄRER	66
9	SLUTSATS	70
10	REFERENSER	71

1 Inledning

Huvudsyfte med denna utredning är att genomföra konsekvensmodellering för att hjälpa till att fastställa eventuell påverkan på tredje man. Rapporten redovisar beräkningar som har genomförts för att visa konsekvensen av läckage från eller andra olycksscenarion i anläggningen vilka sedan ligger till grund för en kvalitativ riskbedömning baserad på sannolikhetsbaserade resonemang.

1.1 Avgränsningar

Utredningen är avgränsad till att bedöma risknivån för de scenarier som valts baserat på genomförd grovriskanalys och kommits överens om tillsammans med Adesso BioProducts AB. Resultaten från genomförda konsekvensberäkningar bör användas med försiktighet vid projektering då de är worst case och bedöms vara mycket osannolika. Generellt har barriärer inte beaktats vid genomförda konsekvensberäkningar.

Analysen avgränsas till att bedöma risker som kan uppkomma i den planerade verksamheten och som bedöms kunna få påverkan på tredje man eller innebära dominoeffekter för kringliggande verksamheter. Risker från omgivningen mot Adesso BioProducts ABs planerade anläggning beaktas generellt inte i denna riskanalys, men en övergripande bedömning av dominoeffekt från Perstorp Oxo ABs anläggning görs baserat på Perstorp Oxo ABs säkerhetsrapport.

1.2 Styrande dokument

1.2.1 Sevesolagstiftningen

Lag (1999:381) och förordning (2015:236) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor är en del av Sveriges implementering av det så kallade "Seveso III-direktivet" som beslutats av EU. Syftet med lagen är att förebygga allvarliga kemikalieolyckor och att begränsa följderna av sådana olyckor för människors hälsa och miljön. Ansvaret för att uppfylla dessa lagkrav vilar på verksamhetsutövaren.

Sevesolagstiftningen omfattar följande lagar, förordningar och föreskrifter:

- Lag (1999:381), förordning (2015:236) och föreskrifterna (MSBFS 2015:8) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor.
- Plan- och bygglagen (2010:900)
- Miljöbalken (1998:808)
- Lagen om skydd mot olyckor (2003:778)

Enligt 5 § lag (1999:381) ska verksamhetsutövaren förebygga riskerna för allvarliga kemikalieolyckor. Förordning (2015:236) anger att faktorer som kan ge upphov till en allvarlig kemikalieolycka eller förvärra följderna av en sådan inklusive omständigheter som kan innebära förhöjd risk för påverkan på omgivningen ska beskrivas.

Sevesoanläggningar är verksamheter där det hanteras stora mängder kemikalier som kan ge upphov till skada på människor eller miljön. Beroende på vilka kemikalier som hanteras och i vilka mängder kan en verksamhet omfattas av en lägre respektive högre kravnivå i Sevesolagstiftningen. Gränsmängderna varierar beroende på de olika kemikaliernas egenskaper.

1.2.2 Plan- och bygglagen (2010:900)

Plan- och bygglagen (2010:900) anger att bebyggelse och byggnadsverk ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till bland annat människors hälsa och säkerhet. Vidare ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som ger lämpligt skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser.

1.2.3 Miljöbalken (1998:808)

De allmänna hänsynsreglerna i miljöbalkens (1998:808) andra kapitel gäller alla verksamhetsutövare och syftar framför allt till att förebygga skada på människors hälsa och miljön. Det är i dessa regler som övriga miljökrav i miljöbalken har sin grund, därför ska hänsynsreglerna användas i alla de sammanhang där miljöbalkens bestämmelser gäller. Riskutredning av en verksamhet är ett viktigt verktyg för att uppfylla de allmänna hänsynsreglerna, som bland annat handlar om att lokalisera verksamheten till mest lämplig plats, vidta åtgärder för att minska negativ påverkan på människor och miljön, använda bästa möjliga teknik samt sträva efter att undvika en hantering av produkter är skadliga för miljön.

MSB har tagit fram publikationen *Olycksrisker och MKB* vilket är en vägledning avseende hur olycksrisker skall hanteras i MKB processen. Publikationen syftar till att bidra till ett systematiskt arbete med risk och säkerhetsfrågor i processen för miljökonsekvensbedömning av verksamheter. En vedertagen process bidrar till att öka förståelsen för frågorna och kvaliteten i MKB dokumenten. En ökad förståelse och kunskap bidrar förhoppningsvis också till att effektivisera processen och minska risken för att riskfrågor förbises.

1.2.4 Lag (2003:778) om skydd mot olyckor, LSO

I lag (2003:778) om skydd mot olyckor 2 kap. 2 § står att:

”Ägare eller nyttjanderättshavare till byggnader eller andra anläggningar ska i skäligen omfattning hålla utrustning för släckning av brand och för livräddning vid brand eller annan olycka och i övrigt vidta de åtgärder som behövs för att förebygga brand och för att hindra eller begränsa skador till följd av brand.”

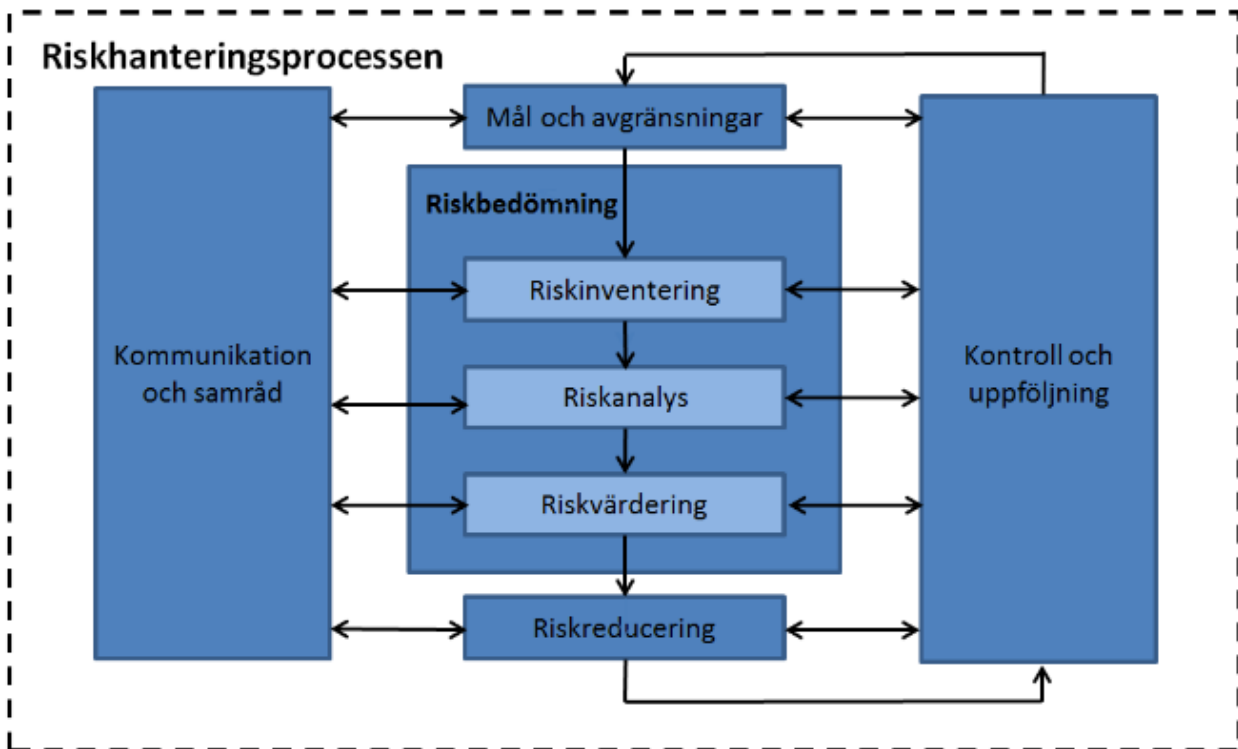
Ovanstående krav gäller alla anläggningar och nyttjanderättshavare i Sverige.

1.2.5 Lag (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor, LBE

Lag (2010:2011) om brandfarliga och explosiva varor reglerar i vilka mängder och på vilket sätt de brandfarliga ämnena inom anläggningen ska hanteras. Verksamheten omfattas av denna lagstiftning och de volymer som hanteras på anläggningen medför krav på LBE-tillstånd.

2 Övergripande om riskhantering

Riskhantering innebär ett systematiskt och kontinuerligt arbete för att inom ett givet system, kontrollera eller minska olycksriskerna. Att hantera risker är en kontinuerlig process som innebär att inventera, analysera, värdera och vidta säkerhetsåtgärder samt uppföljning och kommunikation till berörda parter. Schematiskt kan processen beskrivas enligt Figur 2-1.



Figur 2-1: Riskhanteringsprocessen enligt ISO 31000.

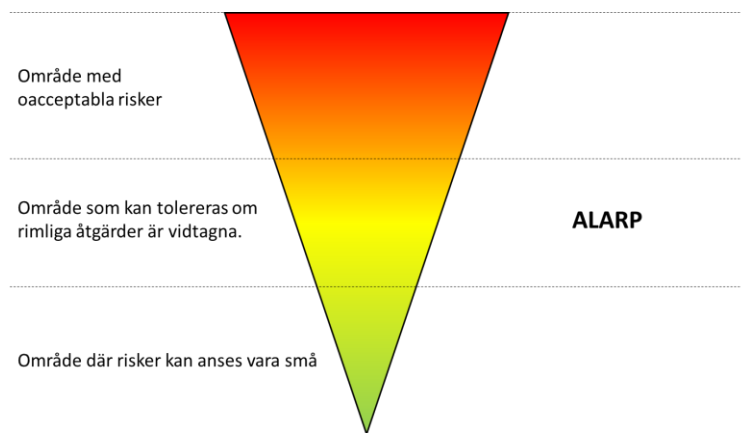
Arbetsgången i denna riskutredning har utgått från de rekommendationer som MSB har tagit fram för riskutredningar för farliga verksamheter och säkerhetsrapporter:

- Etablering av kontext – Genomgång och beskrivning av syfte, mål och omfattning samt fastställande av värderingskriterier att använda för verksamheten.
- Genomgång av befintliga riskanalyser och relevanta myndighetsutlåtande.
- Beskrivning av verksamheten och dess omgivning.
- Riskidentifiering – Inventering av potentiella riskkällor baserad på befintliga riskanalyser, närliggande verksamheter och trafikinfrastruktur, hantering av kemikalier samt generella byggrisker
- Fördjupad riskanalys för allvarliga scenarion.
- Riskvärdering – Bedömning av om riskerna är acceptabla eller inte.

- Framtagande av relevanta riskreducerande åtgärder – Upprättande av lista med riskhanterande åtgärder.

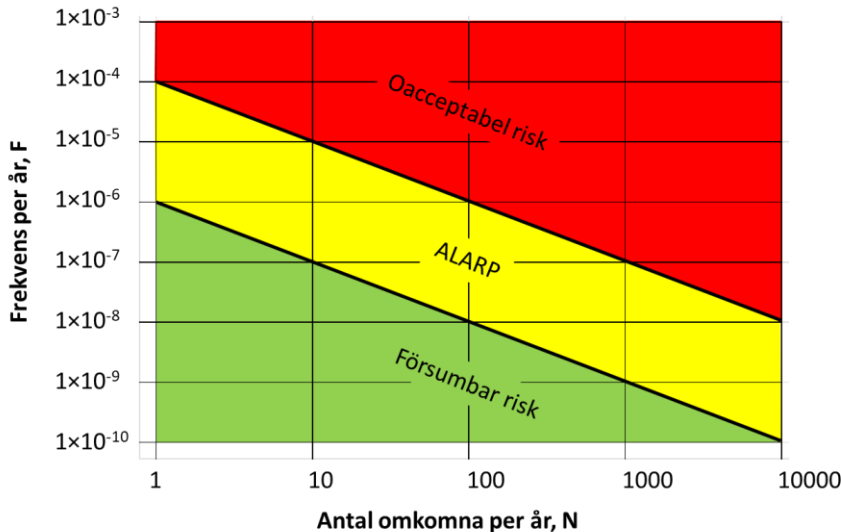
2.1 Allmänt om kriterier för riskvärdering

För att avgöra om risknivån är acceptabel eller ej används olika acceptanskriterier för riskvärdering. Dessa acceptanskriterier är uttryckta som en maximalt tillåten sannolikhet för att en olycka med en given konsekvens skall få tillåtas inträffa. Vidare är acceptanskriterierna definierade utifrån tre olika nivåer där en risk kan vara antingen acceptabla, acceptabla med restriktioner/åtgärder eller oacceptabla. Denna princip för riskvärdering åskådliggörs i Figur 2-2 nedan [1].



Figur 2-2. Princip för uppbyggnad av riskvärderingskriterier [1].

En risk anses vara acceptabel med restriktioner/åtgärder då risknivån hamnar inom ett område som vanligtvis benämns "ALARP" vilket står för "As Low As Reasonably Practicable". I de fall en risk för en olycka hamnar inom detta område bör mer restriktioner/åtgärder vidtas för att reducera risken så mycket som möjligt förutsatt att restriktionerna/åtgärderna är rimliga utifrån både ett praktiskt och ett samhällsekonomiskt perspektiv. Konkret innebär detta en kombination av olika säkerhetshöjande restriktioner/åtgärder kan rekommenderas efter en avvägning avseende riskreduktionen i förhållande till restriktionens/åtgärdens kostnad. I Figur 2-3 redovisas hur ALARP-zonen kan definieras med kvantitativa mått vid bedömning av samhällsrisk.



Figur 2-3. Illustration av ALARP-zonen för samhällsrisk med exempel på riskvärderingskriterier [1].

2.2 Risker för tredje man

När man genomför en riskvärdering eller diskuterar en olyckshändelse utifrån kriterier för risktolerans är det viktigt att beakta graden av frivillighet för en individ att exponeras för den aktuella risken. Med anledning av detta så skiljer man på personer som har en anknytning till den aktuella riskkällan, t.ex. personer som arbetar vid riskkällan, och personer ur allmänheten, ofta benämnda som "tredje man". Denna uppdelning grundar sig i den fördelningsprincip som menar att enskilda individer inte ska utsättas för oproportionerligt stora risker i förhållande till den nytta som riskkällan medför till dem.

För verksamheter utgörs tredje man vanligtvis av utomstående personer som inte är inblandade i verksamhetens riskbild men som ändå riskerar att påverkas negativt i händelse av en olycka. Den risknivå som kan tolereras för tredje man bör vara mycket låg eftersom dessa personer vanligtvis endast har liten, eller ingen, nytta av den risk som verksamheten medför. För att risknivån ska bli tolerabel med avseende på tredje man kan därför säkerhetshöjande åtgärder bli nödvändiga.

2.3 DNV:s föreslagna kriterier

Det finns för närvarande inget nationellt fastställt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska användas vid riskvärdering för verksamheter i Sverige. Praxis är dock att vid riskvärdering använda sig utav "Det Norske Veritas" (DNV) förslag på riskkriterier för individ- och samhällsrisk [1].

För *individrisk* föreslog DNV följande kriterier:

- Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar, kan accepteras: 10^{-5} per år.
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: 10^{-7} per år.

För *samhällsrisk* föreslog DNV följande kriterier:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N -kurva: -1.



Handling
Konsekvensberäkningar Adesso
BioProducts AB Stenungsund

Uppdragsgivare
Adesso BioProducts AB

Datum
2024-10-15

Status
Version 1.0

Uppdragsnummer
242015-03

Uppdragsansvarig
Christoffer Käck

- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1.

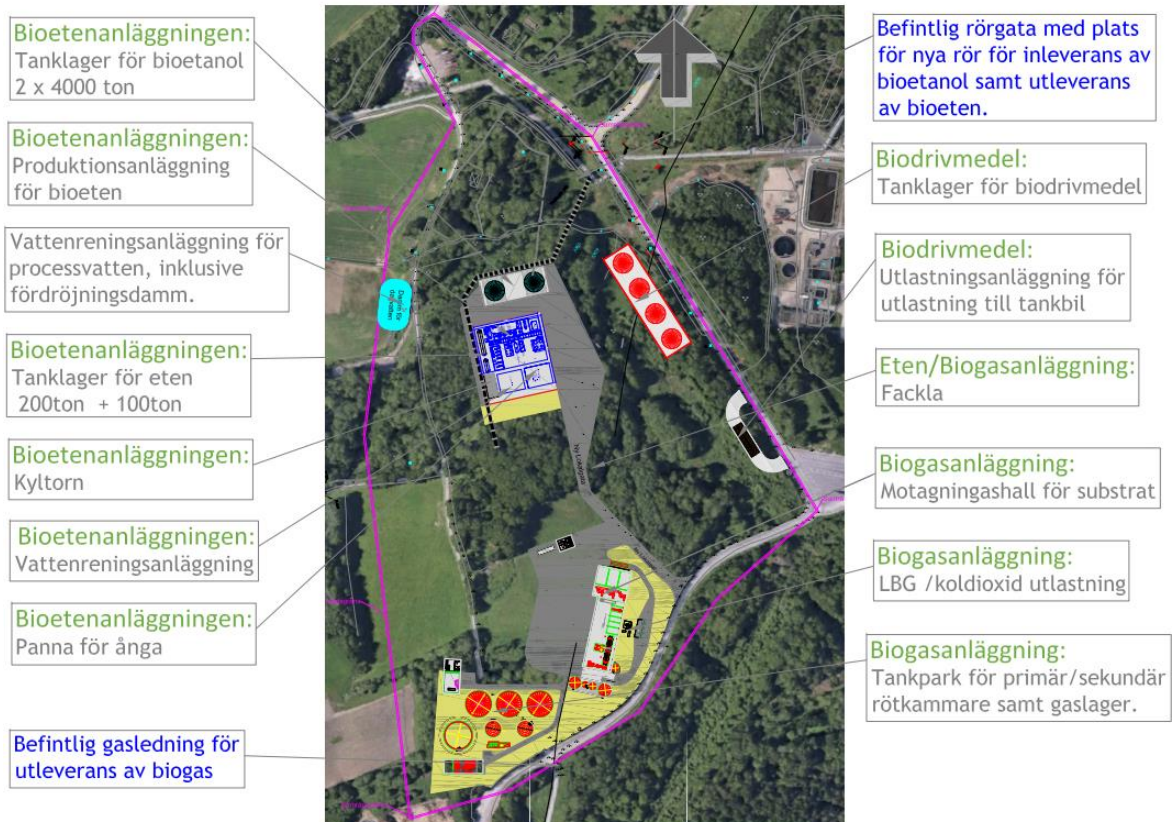
3 Områdes- och verksamhetsbeskrivning

Adesso BioProducts AB planerar att uppföra en anläggning för produktion av bioeten och biogas i Kläppområdet, cirka fem kilometer norr om Stenungsunds centrum. Kläppområdet ligger mellan Perstorp Oxo ABs kemianläggning och Renova återvinningstation och kommunens Reningsverk Strävliden, se Figur 3-1.



Figur 3-1: Det planerade verksamhetsområdets lokalisering.

Den layout som låg till grund för riskanalysen presenteras i Figur 3-2. Notera att denna är framtagen i ett tidigt skede och ett preliminärt förslag. Den kan därför komma att ändras i senare skeden av projektet.



Figur 3-2: Preliminärt förslag till layout

3.1.1 Bioetenproduktion

På anläggningen kommer eten att produceras genom en katalytisk process som omvandlar etanol till eten, en nyckelkomponent i petrokemisk industri. Den årliga produktionen av eten beräknas till 160 000 ton.

Den huvudsakliga insatsvaran, etanol, kommer framför allt att levereras med tankbåt från producenter, och levereras upp till anläggningen via befintlig rörgata från PetroPort.

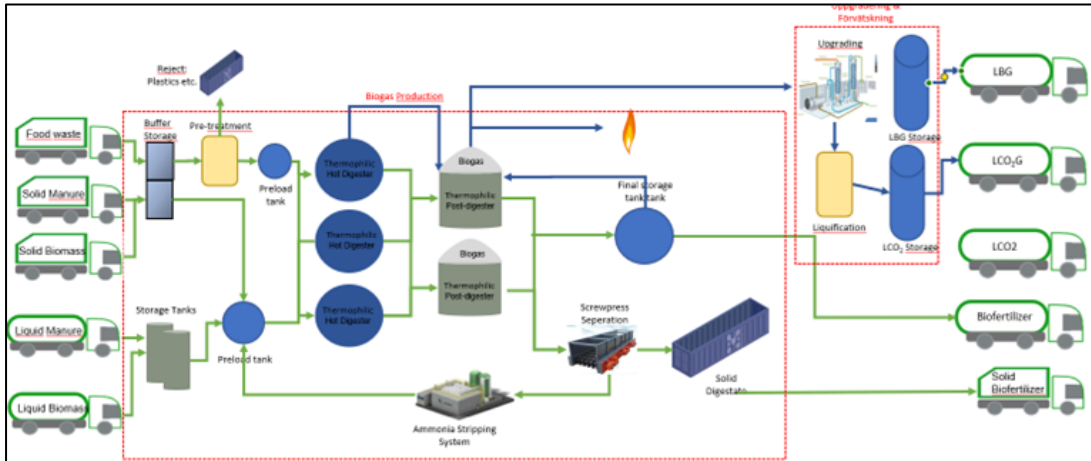
Anläggningen kan antas innehålla följande funktioner, men vissa funktioner kan falla bort eller tillkomma i senare detaljprojektering:

- Mottagningsstankar för inkommande etanol
- Etanol förbehandling och förångning
- Kemisk omvandling av etanol till eten i reaktorer med fasta katalysatorbäddar
- Kolonner för vattenavskiljning och etenupparbetning
- Lagertank för eten
- Gassystem med fackla
- Energiförsörjning via el alternativt ånga

3.1.2 Biogasproduktion

Verksamheten vid den planerade biogasanläggningen omfattar samtliga aktiviteter från mottagning av råvara till utleverans av biogas samt biogödsel. I Figur 3-3 visas översiktligt de ingående komponenterna samt det

planerade produktionsflödet som används för att omvandla råvaror till slutprodukter. Kapaciteten i de ingående komponenterna dimensioneras för att vara flexibla för variationer i tillgång på råvarumarknaden.



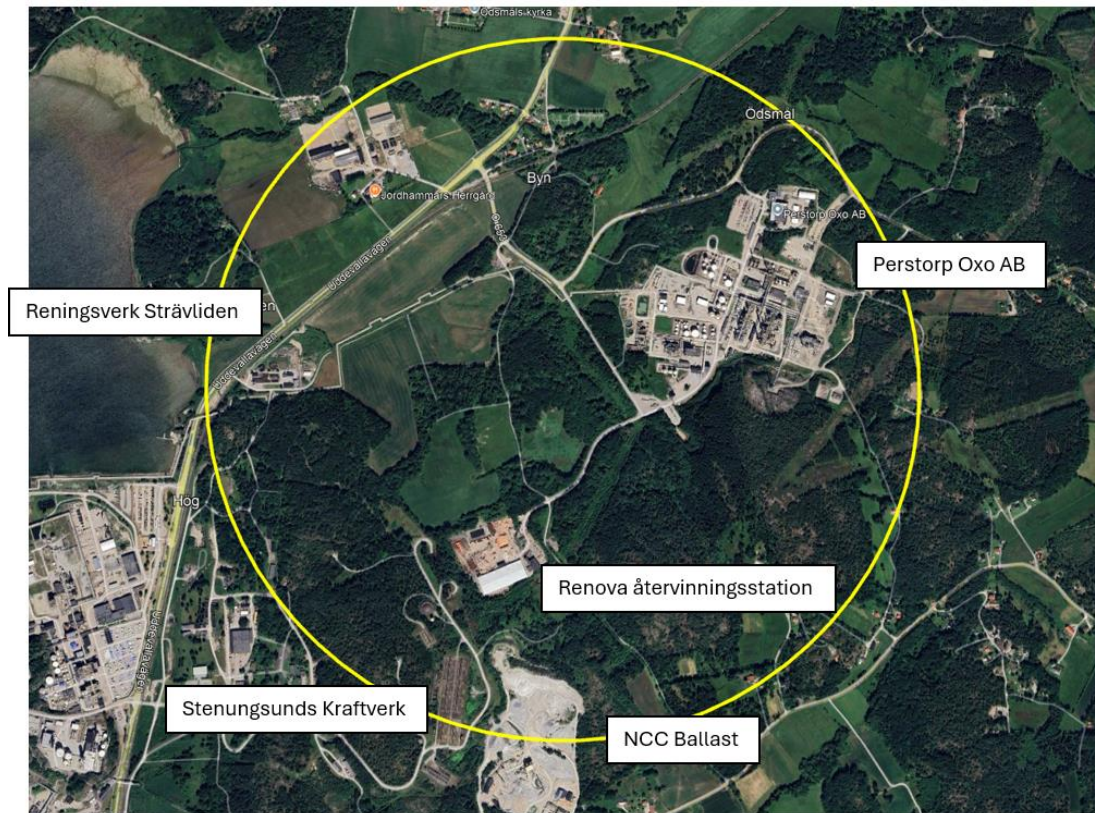
Figur 3-3: Översiktligt flödesschema för biogasanläggningen.

Anläggningen kan antas innehålla följande huvudfunktioner, men vissa funktioner kan falla bort eller tillkomma i senare detaljprojektering:

- Mottagning av råvaror och kemikalier
- Förbehandling och rötchammare
- Efterrötchammare med gaslager
- Gassystem med fackla
- Uppgradering och kondensering till flytande metan och koldioxid
- Lager för flytande metan inklusive utlastning
- Lagring av flytande koldioxid inklusive utlastning
- Tankstation för LBG/CBG
- Efterbehandling och lagring av biogödsel

3.2 Närliggande verksamheter och trafiksystem

Inom en radie av 1 km från mittpunkten av det planerade verksamhetsområdet ligger idag ett fåtal verksamheter, se Figur 3-4.



Figur 3-4: Verksamheter i närområdet.

Utöver identifierade verksamheter ligger också ett 30-tal bostadsfastigheter samt en större gård med restaurang inom 1 km från området. Norr om området löper Uddevallavägen.

3.2.1 Perstorp Oxo AB

Direkt öster om det planerade verksamhetsområdet ligger Perstorp Oxo AB. På Perstorp Oxo ABs anläggning i Stenungsund produceras aldehyder, alkoholer, karboxylsyror och estrar från naturgas.

Genom partiell oxidation av naturgas med syrgas erhålls syntesgas som är ett samlingsnamn för blandningar av kolmonoxid och vätgas. Aldehyder tillverkas sedan i en kontinuerlig process genom reaktion mellan syntesgas och, beroende på slutprodukt, eten, propen eller buten. Aldehyderna ingår sedan som råvara vid tillverkning av alkoholer, karboxylsyror och ftalater med en mängd olika användningsområden i samhället, som till exempel beståndsdelar i vattenbaserad färg och lack samt pulverlack. Andra viktiga applikationer är till säkerhetsglas, livsmedels- och jordbruksindustrin, mjukgjorda vinylprodukter samt drivmedlet RME (rapsmetylester).

Verksamheten omfattas av lag (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvariga kemikalieolyckor enligt den högre kravnivån då hantering av i lagstiftningen relevanta kemikalier sker i stor omfattning. Perstorp Oxo AB hanterar ett stort antal brandfarliga ämnen, som till exempel propen, aldehyder och alkoholer. Även andra typer av farliga kemikalier hanteras men då i mindre mängder.

3.2.2 Renova återvinningstation

Renovas återvinningstation ligger ca 120 meter sydöst om det planerade verksamhetsområdet. Vid återvinnings hanteras och lagras avfall i form av plast, flis, möbler etc. Den väg som används för transport till och från återvinningstationen passerar precis öster och söder om det planerade verksamhetsområdet.

3.2.3 Reningsverk Strävliden

Reningsverket Strävliden ligger ca 600 meter från det planerade verksamhetsområdet.

Ungefär 60 pumpstationer pumpar avloppsvatten till Strävliden. Vattnet kommer från Timmervik, Jörlanda, Stora Höga, Sävelycke, Stenungsund och Ödsmål. Cirka 16 500 personer får sitt avloppsvatten renat i verket.

Först renas vattnet mekaniskt, då det fasta materialet tas bort. Sedan följer en biologisk rening där mikroorganismer hjälper till att bryta ner organiska ämnen. Kemikalier tillsätts om behov finns. Det renade vattnet släpps ut i Askeröfjorden.

3.2.4 NCC Ballast (Gategårdstäkten)

NCC Ballast är en bergtäkt för brytning av sand-, grus-, jord- och krossprodukter. Täkten har varit verksam sedan 80-talet och i det nuvarande tillståndet omfattas verksamheten av brytning av berg, mobil krossning och sortering, samt mellanlagring och återvinning av betong.

Brytning av berg sker inom verksamheten genom sprängning. Vid bergtäkten kan explosiva ämnen, oxiderande ämnen och brandfarliga ämnen förekomma. Explosiva ämnen förekommer främst i form av borrhål laddade med bulk-emulsion som har explosiva egenskaper först i samband med injekteringen i borrhålen. Explosiva ämnen förekommer även i form av patronerade sprängämnen och sprängkapslar vid laddning av borrhål.

3.2.5 Stenungsunds Kraftverk (Vattenfall)

Stenungsunds Kraftverk planerades från början till att vara ett reservkraftverk. Efter att den första enheten togs i bruk 1959 användes kraftverket framförallt under 70-talet, medan det under 80- och större delen av 90-talet endast var i drift i begränsad omfattning.

Anläggningen omfattar fyra bergrumsförlagda block, gasturbin, oljelager i berg, vattenbehandlingsanläggningar, kylvattenanläggning samt reningsutrustning för oljeblandat vatten. I hamnen hanteras, förutom de ämnen som kringliggande industrier använder, oljor så som lättolja, WRD och tjockolja. Olja är en brandfarlig vätska som är hälsovådlig och kan orsaka stor miljöskada.

Vid kraftverket hanteras även Jet A-1 (flygfotogen) och levoxin. Produkten är brandfarlig och hälsovådlig att inandas. Levoxin används för att reducera syreinnehållet i kraftverkets processvatten. Kemikalien är en starkt frätande vätska som dessutom är giftig och brandfarlig.

4 Förutsättningar och antaganden för konsekvensberäkningar

Syftet med beräkningarna i rapporten är att visa konsekvensen av identifierade scenarion för läckage från processen eller andra katastrofala händelser så som BLEVE. De scenarion som valts har utgått från Seveso-perspektivet, dvs. storskaliga kemikalieolyckor med risk för påverkan på tredje man.

För konsekvensberäkningarna har DNV:s programvara PHAST 9.0 använts. Beräkningsmodellerna i verktyget är semiempiriska, det vill säga verifierade mot experimentella data och kunskap om konsekvenser från faktiska händelser.

Grundförutsättningar i form av bland annat vindhastighet, atmosfärisk stabilitet, temperaturer, ytråhet är ansatta enligt de beräkningar som erfarenhetsmässigt ger längst konsekvensavstånd.

4.1 Undersökta skademekanismer

Beräkningar har genomförts för att hitta det längsta avstånd som kan medföra konsekvenser. Avstånd för följande konsekvenser har undersökts (i relevanta fall):

- Gasmolnsbrand
- Jetbrand
- Pölbrand
- Gasmolnsexplosion (VCE)
- BLEVE
- Toxicitet (ammoniak)

4.1.1 Gasmolnsbrand

En gasmolnsbrand inträffar när en brandfarlig gas, som exempelvis metan eller eten, läcker ut och bildar ett brännbart gasmoln. Om molnet når en antändningskälla (till exempel en gnista, het yta eller låga), kan molnet antändas. Förbränningen sprids genom molnet, och eftersom gasen är blandad med luft (syre), sker en kontinuerlig och ofta intensiv förbränning. Gasmolnsbränder kännetecknas vanligtvis av en "eldklot" ("fireball") eller en snabb spridning av elden över ett stort område. Gasmolnsbranden är ofta snabbt övergående då den brinner tillbaka till sin källa och kan där ofta övergå till en jetbrand eller pölbrand, beroende på hur gasmolnet uppkommit (läckage av trycksatt gas eller avångning från vätskepöl).

4.1.2 Jetbrand

En jetbrand uppstår när en brandfarlig gas under tryck läcker ut genom en liten öppning, som exempelvis en spricka i en rörledning eller läckande fläns. När gasen strömmar ut bildas en koncentrerad gasstråle som omedelbart kan antändas. Detta leder till en intensiv och riktad flamma. Jetbranden har ofta en långvarig, stark flamma som liknar en blåslampa och kan ge upphov till lokalt hög värmestrålning.

4.1.3 Pölbrand

En pölbrand inträffar när en brandfarlig vätska eller kylkondenserad gas, exempelvis LBG, läcker ut och sprider sig på marken i form av en pöl. När denna pöl antänds brinner vätskan, vilket leder till en spridning av lågorna över vätskans yta. Branden kan vara relativt långvarig beroende på den utläckta vätskans volym och bränslets egenskaper. En pölbrand kan ge upphov till hög värmestrålning i brandens närområde.

4.1.4 Gasmolnsexplosion (VCE)

Om ett gasmoln sprids och antänds inom ett helt eller delvis inneslutet och tätt utrymme kan utfallet bli en gasmolnsexplosion (Vapor Cloud Explosion, VCE). Det täta utrymmet kan bidra till en acceleration av flamfronten som är tillräcklig för att skapa signifikanta övertryck (gasmolnsexplosion). Storleken av övertryck avtar exponentiellt med avståndet från explosionens centrum. Om personer, byggnader och/eller utrustning befinner sig inom ett område där tillräckligt stora övertryck skapas kan detta resultera i skada av olika allvarlighetsgrad beroende på övertryckets magnitud.

4.1.5 BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)

En BLEVE uppstår när en tank, innehållande en vätska som ligger över sin kokpunkt och under tryck, fallerar på ett katastrofalt sätt. Detta förhållande kan uppkomma om man under lång tid värmer upp en trycksatt tank med yttre påverkan, exempelvis en pölbrand under tanken eller en jetflamma som ligger emot ytan. När tanken fallerar faller trycket omedelbart till atmosfärstryck. Den heta vätskan börjar då koka våldsamt och genererar en stor mängd ånga. Skadan uppstår av tryckvågen från den snabba expansionen av frisläppt ånga och att tank- och rördelar flyger iväg. Om materialet är lättantändligt, kan denna antändas och ett stort eldklot skapas.

4.1.6 Toxicitet (ammoniak)

Ammoniak är en giftig och frätande gas som kan vara skadlig vid inandning eller kontakt med hud och ögon. Vid inandning av ammoniak kan luftvägarna skadas, vilket orsakar hosta, andningssvårigheter och i allvarliga fall lungödem. Vid kontakt med huden kan ammoniak orsaka frätskador, medan kontakt med ögonen kan leda till svåra ögonskador eller till och med blindhet. Höga koncentrationer kan vara livshotande.

4.2 Konsekvenskriterier

Effekter av explosionstryck redovisas i Tabell 4-1 nedan uppdelat i skada på person och skada på utrustning eller byggnader utifrån ett antal explosionsövertryck uttryckta i bar(g). För bedömning av storskaliga olyckors konsekvenser sätts det primära skadekriteriet för explosionsövertryck i denna rapport till 0,14 bar(g) för personskada och 0,21 bar(g) för skada på utrustning (dvs. dominoeffekter).

Generellt tål personer högre övertryck än byggnader innan dödsfall uppkommer. Skada på byggnader har dock även bäring på skada på person då många personer ofta omkommer på grund av att byggnaden har blivit skadad eller rasat samtidigt som personer hade klarat motsvarande tryck om de stod ute i det fria. Även om det inte finns några bostadsområden i verksamhetsområdets direkta närhet antas i detta skede dock något mer strikta kriterier avseende personskada, då en allvarlig kemikalieolycka inte enbart definieras som dödsfall utan även skada på tredje man.

Tabell 4-1: Effekter av explosionstryck på människa och egendom [2] [3].

Explosionsövertryck (bar(g))	Skada på utrustning	Skada på person
2,1	-	Nära 100 % sannolikhet för dödsfall på grund av lungödem
0,69	Total ödeläggelse av industribyggnader, även tunga maskiner flyttas eller skadas allvarligt	Nära 100 % sannolikhet av dödsfall från splitter
0,21 (3 psi)	Allvarlig ödeläggelse av industribyggnader och omfattande skador på utrustning	Personer slås till marken, dödsfall möjligt
0,14 (2 psi)	Delvis ödeläggelse av bostadshus och endast mindre skador på utrustning	Personer kan kastas omkull, personskador från splitter
0,07 (1 psi)	Stora och små fönster splittras; viss skada på fönsterinfästningar.	Hörselskador men inga yttre skador
0,021	Endast mindre skador och undre gräns för krossning av fönster. Cirka 10% fönsterkross.	-

Effekter av värmestrålning redovisas i Tabell 4-2 nedan utifrån ett antal strålningsnivåer uttrycka i kW/m². För bedömning av storskaliga olyckors konsekvenser sätts det primära skadekriteriet med avseende på värmestrålning i denna rapport till 6 kW/m² för personskada och 37,5 kW/m² för utrustning (dvs. dominoeffekter).

För det eldklot ("Fireball") som uppkommer vid BLEVE antags dock en strålningsnivå om 12,5 kW/m² som kriterie, då eldklotet förvisso är stort men snabbt stigande och därmed även snabbt övergående. Även om 12,5 kW/m² är att betrakta som en hög strålningsnivå blir den tid man utsätts kort (ca 10-15 sekunder), vilket i denna rapport antas leda till allvarlig skada men inte dödsfall för människor. Avseende dominoeffekt bedöms värmestrålningen från en BLEVE inte vara en sannolik mekanism, utan att det snarare explosionsövertrycket är som leder till dominoeffekt vid en BLEVE.

Tabell 4-2: Effekter av värmestrålning på människa och egendom [4] [5] [6].

Termisk värmestrålning (kW/m ²)	Konsekvensbeskrivning
1,2	Solinstrålning på sommaren då solen står som högst.
2	Lägsta nivå för smärta efter 1 minut.
4	Smärta på naken hud.
< 5	Smärta inom 15 - 20 sekunder och skada efter 30 sekunders exponering. Möjlighet att fly
> 6	Smärta inom ca 10 sekunder. Endast snabb flykt är möjlig.
12,5	Stor sannolikhet för dödsfall vid längre tids exponering (hindrad att fly) Kan orsaka strukturell skada på stålkonstruktion i byggnader.
15	Boverket; antändning av träbyggnad efter 30 minuters exponering.
25	Stor sannolikhet för att personer omkommer efter kortare tids exponering. Trä antänder spontant efter längre exponering. Oskyddad stålkonstruktion felar strukturellt.
35	Cellulosamaterial antänder med hjälp av pilotlåga efter ca 1 minuts exponering. Signifikant sannolikhet för dödsfall och skada på utrustning.
37,5	Allvarlig skada på processutrustning

Beräknade avstånd för gasmolnsbrand utgår från 100% av LEL, dvs. 50 000 ppm för metan och 27 500 ppm för eten.

Beräknade konsekvensavstånd för toxiska effekter vid spridning av ammoniak utgår från värden för AEGL-2 med 30 minuters exponering vilket uppgår till 220 ppm. AEGL-2 är den luftburna koncentrationen av ett ämne över vilken man beräknat att befolkningen, inklusive känsliga individer, kan få irreversibla eller andra allvarliga och långvariga hälsoeffekter eller en nedsatt förmåga att fly från exponeringen.

4.3 Väderförhållanden

Med väderförhållanden avses inte bara vindstyrka och vindriktning utan även faktorer som exempelvis temperatur, luftfuktighet och den atmosfäriska stabilitet som råder vid utsläppstillfället. Den atmosfäriska stabiliteten bestäms främst av temperaturskillnader mellan luft och mark och påverkar spridningen av ett gasmoln.

Vid instabil skiktning tunnas gasmolnet snabbt ut och sprider sig i hela atmosfären. Vid den andra ytterligheten, inversion, bildar ett varmare luftskikt i princip ett lock och förhindrar spridning upp i atmosfären. Gasmolnet tvingas kvar vid låg höjd vilket kan ge upphov till allvarligare effekter vid marknivå än vid andra typer av atmosfärisk stabilitet.

Olika typer av stabilitet kan modelleras genom att dela upp vädertyperna i olika klasser. Nedan i Tabell 4-3 anges den vanligaste klassindelningen för atmosfärisk stabilitet enligt Pasquill. Valet av väderklass bestäms

bland annat av vindhastighet, grad av solsken under dagen och molntäckets utbredning under natten. Valet av stabilitetsklass styr sedan valet av dispersionskoefficienter i spridningsberäkningen.

Tabell 4-3: Stabilitetsklasser [7]

Vindhastighet (10 m över mark)	Solinstrålning (dagtid, ingen eller liten molnighet) (*)			Molnigt och/eller natt	
	Stark; solhöjd >60°	Måttlig; solhöjd 35-60°	Svag; solhöjd <35°	8/8 tunn/låg >4/8 låg	≤3/8 molnighet
0-2 m/s	A	A-B	B	F	F
2-3 m/s	A-B	B	C	E	F
3-4 m/s	B	B-C	C	D	E
4-6 m/s	C	C-D	D	D	D
>6 m/s	C	D	D	D	D

(*) Med molnighet avses hur många åttondelar av himlen som är täckta av moln och med tunna moln avses moln genom vilka man kan se starkare stjärnor; 8/8 låga moln ska alltid ge D (både dag och natt).

De väderförhållanden som beaktats i denna rapport är;

- 2 m/s, stabilitetsklass F
- 5 m/s, stabilitetsklass D

2/F och 5/D är de väderförhållanden som vanligtvis kravställs av myndigheter vid genomförande av konsekvensberäkningar och motsvarar då ”stabila väderförhållanden” och ”normala väderförhållanden”.

Utomhustemperaturen har antagits till 10 °C, vilket anses vara en representativ genomsnittlig temperatur över året.

5 Studerade olycksscenarion

De scenarier för vilka konsekvensberäkningar genomförts i denna rapport är hämtade från den inledande HAZID som genomförts inom projektet [8].

Följande typ-scenarier bedöms relevanta att beakta i denna rapport. Referens till analysprotokoll i Appendix A av grovanalysrapporten sker i formen A.B.C.D där A = Nod, B = Guideord, C = Skadehändelse och D = Orsak.

Biogasanläggning

- a) Mindre läckage av LBG (rörbrott/slangbrott) – 2.3.2.1, 3.3.1.1, 4.3.1.1
- b) Större läckage av LBG (tankhaveri) – 3.3.1.2
- c) BLEVE LBG-tank - 3.13.1.1, 4.13.1.1
- d) Läckage av ammoniak (upp till 100 kg) – 2.3.3.1

Etenanläggning

- a) Brand i invallning med etanol-tankar – 6.3.1.1, 6.3.2.1, 6.3.3.1
- b) Cisternbrand etanol-tankar – 6.13.1.1, 6.13.2.1
- c) Läckage av förgasad etanol (rörbrott) – 7.1.1.1
- d) Mindre läckage av kondenserad eten (rörbrott) – 7.3.2.1, 8.3.1.1
- e) Större utsläpp av kondenserad eten (tankhaveri) – 8.3.1.2
- f) BLEVE eten-tank – 7.13.1.1, 8.13.1.1

Fackla

- a) Oantänt utsläpp från fackla

De scenarion som studeras i denna rapport är de scenarier vilka bedömts vara relevanta ur Seveso-perspektivet, dvs. kunna leda till storskaliga kemikalieolyckor. I denna rapport redovisas resultatet från samtliga konsekvensberäkningar som genomförts, även för de av ovan scenarier som efter genomförda beräkningar inte visat sig kunna ge påverkan utanför verksamhetsområdet.

5.1 Processdata och antaganden avseende olycksscenarion

I Tabell 5-1 beskrivs de antaganden och den processdata som legat till grund för genomförda konsekvensberäkningar. Målet har varit att definiera rimliga worst case scenario varför exempelvis rörbrott antagits utgöra en skada motsvarande 1/3 av rördiametern snarare än fullständigt rörbrott. Vidare har tankhaveri antagits innebära en skada som leder till att hela tankens volym töms ut under 10 minuter. Samtliga rör-/slangbrott har låtits nå steady state utan hänsyn till aktivering av ESD (Emergency ShutDown) vilken i realiteten kan antas vara kopplad till automatiska funktioner och därmed i stoppa ett läckage innan

steady state uppnås för flera skademekanismer. Om ESD beaktats i genomförda konsekvensberäkningarna bedöms resulterade påverkansavstånd bli avsevärt kortare än de som presenteras i denna utredning.

Tabell 5-1: De antaganden och den indata som legat till grund för beräkning av respektive scenario

Scenario	Beskrivning / kommentar	Processdata
Biogasanläggning		
Mindre läckage av LBG (rörbrott/slangbrott)	Rörbrott eller slangbrott på lossningsledning. Skadan antas utgöra hål motsvarande 1/3 av rör-/slangdiameter.	<ul style="list-style-type: none"> • Drifttryck: 5 bar(g) • Rör/slangdimension: 3" (75 mm) • Temperatur: -162 °C
Större läckage av LBG (tankhaveri)	Allvarlig skada på LBG-tank. Skadan antas vara av sådan karaktär att hela innehåller läcker ut under 10 minuter.	<ul style="list-style-type: none"> • Drifttryck: 9 bar(g) • Temperatur: -162 °C
BLEVE LBG-tank	-	<ul style="list-style-type: none"> • Designtryck tank: 12 bar(g) • Ingående massa: 68 ton (fyllnadsgrad: 80%)
Läckage av ammoniak	Rörbrott. Skadan antas utgöra hål motsvarande 1/3 av rördiameter.	<ul style="list-style-type: none"> • Drifttryck: 6 bar(g) • Temperatur: 10 °C • Total massa i systemet: 100 kg
Etenanläggning		
Brand i invallning med etanol-tankar	Modelleras som cirkulär pöl i Phast	<ul style="list-style-type: none"> • Invallningens area: 1729 m²
Cisternbrand etanol-tankar		<ul style="list-style-type: none"> • Tankdiameter: 18 meter
Läckage av förgasad etanol (rörbrott)	Rörbrott. Skadan antas utgöra hål motsvarande 1/3 av rördiameter.	<ul style="list-style-type: none"> • Drifttryck: 7 bar(g) • Rördimension: 4" (100 mm) • Temperatur: 400 °C
Mindre läckage av kondenserad eten (rörbrott)	Rörbrott. Skadan antas utgöra hål motsvarande 1/3 av rördiameter.	<ul style="list-style-type: none"> • Drifttryck: 30 bar(g) • Rördimension: 2" (50 mm) • Temperatur: -40 °C
Större läckage av kondenserad eten (tankhaveri)	Allvarlig skada på eten-tank. Skadan antas vara av sådan karaktär att hela innehåller läcker ut under 10 minuter.	<ul style="list-style-type: none"> • Drifttryck: 30 bar(g) • Temperatur: -40 °C
BLEVE eten-tank	-	<ul style="list-style-type: none"> • Designtryck tank: 35 bar(g) • Ingående massa: 160 ton (fyllnadsgrad: 80%)
Fackla		
Gasmolnsspridning vid slocknad fackla	-	<ul style="list-style-type: none"> • Höjd fackelheader: 65 meter • Flöde: 12 500 kg/h • Flödeshastighet: 25 m/s • Sammansättning: 100% eten

6 Resultat konsekvensberäkningar

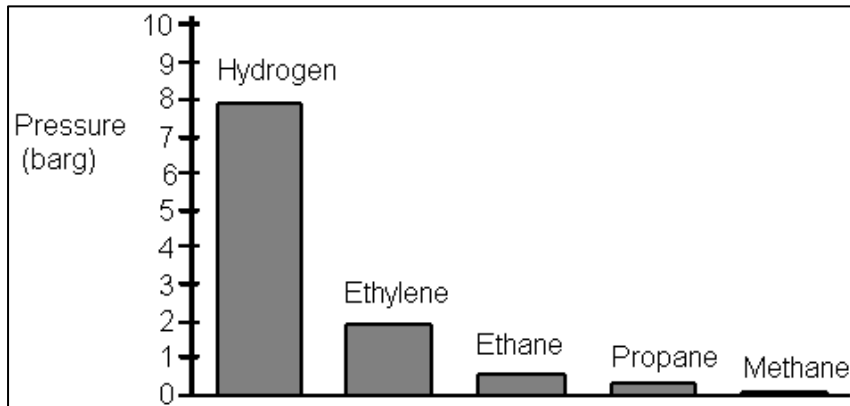
I detta avsnitt redovisas resultatet från konsekvensberäkningarna. I den använda beräkningsmjukvaran (Phast) beräknas vilka skademekanismer som kan uppkomma baserat på ingående parametrar så som studerat ämne, tryck, hålstorlek, temperatur etc. De skademekanismer som i Phast anges kunna uppkomma för respektive scenario redovisas i Tabell 6-1.

Tabell 6-1: De skademekanismer för vilka det erhållits resultat i beräkningsmjukvaran (Phast).

Scenario	Pölbrand	Gasmolns- brand	Gasmolns- explosion	Jetbrand	BLEVE	Toxisk- påverkan
Biogasanläggning						
Mindre läckage av LBG (rörbrott/slangbrott)	X	X	X	X	-	-
Större läckage av LBG (tankhaveri)	X	X	X	X	-	-
BLEVE LBG-tank	-	-	-	-	X	-
Läckage av ammoniak	-	-	-	-	-	X
Etenanläggning						
Brand i invallning med etanol-tankar	X	-	-	-	-	-
Cisternbrand etanol-tankar	X	-	-	-	-	-
Läckage av förgasad etanol (rörbrott)	-	-	-	X	-	-
Mindre läckage av kondenserad eten (rörbrott)	-	-	X	X	-	-
Större läckage av kondenserad eten (tankhaveri)	-	X	X	X	-	-
BLEVE eten-tank	-	-	-	-	X	-
Fackla						
Gasmolnsspridning vid slocknad fackla	-	X	X	-	-	-

Gasmolnsexplosion vid utsläpp av LBG

Avstånd till valda acceptanskriterier redovisas i avsnitt nedan för samtliga skademekanismer. Det bör dock nämnas att baserat på tidigare erfarenhet och studier är det konstaterat att metan brinner relativt långsamt, 3,5 m/s. Detta kan jämföras med ex. vätgas som har en flamhastighet av 28 m/s. I och med den låga flamhastigheten genereras också relativt låga övertryck. Detta tydliggörs av fullskaletest som genomförts för olika bränslen, se Figur 6-1.

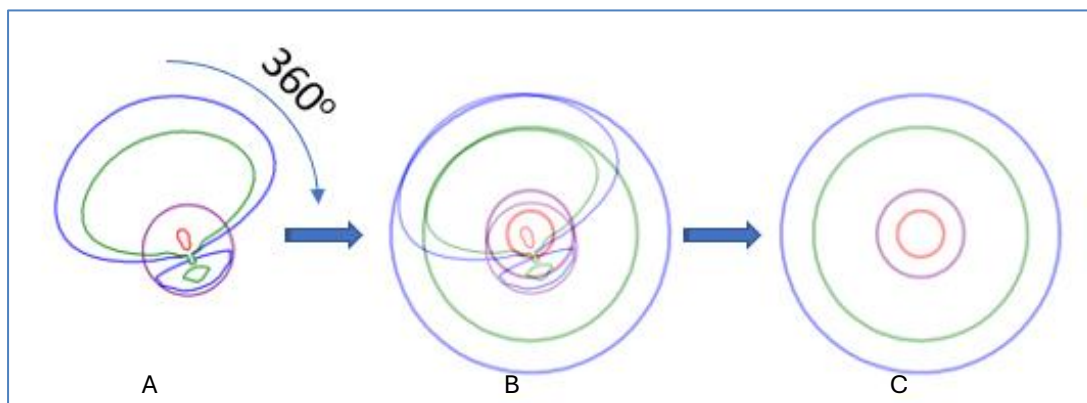


Figur 6-1: Resultat av fullskaletest där man provat explosionsövertryck för olika bränslen.

En kombination av långsam förbränning för metan och ett utsläpp utomhus där gasen inte är innesluten anses vanligtvis inte leda till en gasmolnsexplosion med farliga övertryck för metan. Trots detta redovisas resultat för gasmolnsexplosion i biogasanläggningen i kommande avsnitt.

Redovisning av resultat

Konsekvensbilderna i kommande avsnitt visas som hela det möjliga påverkansområdet oberoende vind- eller utsläppsriktning. Detta förklaras i exemplet för en gasplym i Figur 6-2, som visar hur en gasplym roterad 360° i horisontalplanet resulterar i en spridningsbild som visar området som påverkas av plymen oberoende av vindriktning.



Figur 6-2 : Påverkat område oberoende av vindriktning

I figuren visar:

- A - plymen i den angivna vindriktningen
- B - plymen i den angivna vindriktningen och hela det möjliga påverkansområdet oberoende vindriktning
- C - endast hela det möjliga påverkansområdet oberoende vindriktning

Det faktum att hela det möjliga påverkansområdet redovisas innebär att konsekvensen av en olycka kan framstå som allvarigare än vad den i själva verket är då samtliga vindriktningar redovisas i en och samma figur.

Notera att utsläppsriktningen är av större betydelse än vindriktningen för vissa scenarier, ex. jetbrand.

6.1 Biogasanläggning

I detta avsnitt presenteras beräkningsresultaten för olyckor i biogasanläggningen. För respektive skademekanism har det längsta avståndet där valt acceptanskriterie med avseende på personskada och risk för dominoeffekt markerats; Personskada är markerat med orange medan dominoeffekt är markerat med blått. Blå markering innebär inte att scenariot kan ge upphov till dominoeffekt utan att dominoeffekt hade kunnat uppkomma om det inom detta avstånd funnits andra anläggningar vilken vid påverkan från scenariot kunna innebära dominoeffekt-

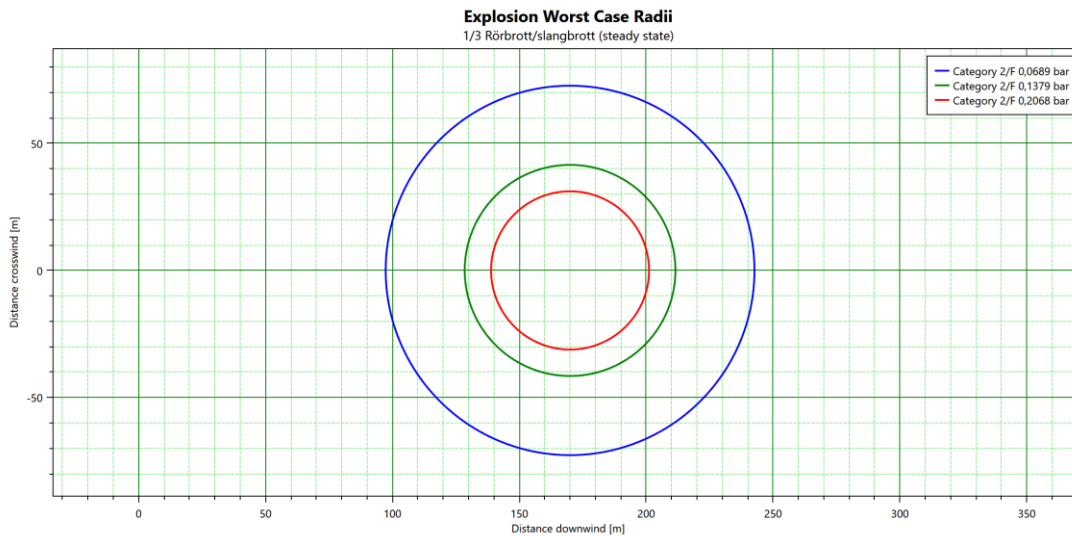
6.1.1 Mindre läckage av LBG (rörbrott/slangbrott)

I Tabell 6-2 presenteras beräkningsresultat för ett rör-/slangbrott i biogasanläggningen.

Tabell 6-2: Beräkningsresultat för ett rör-/slangbrott i biogasanläggningen. I tabellen anges avstånd i meter.

Skademekanism	Pölbrand		Gasmolnsbrand		Gasmolnsexplosion		Jetbrand	
	2/F	5/D	2/F	5/D	2/F	5/D	2/F	5/D
Eldklot/flamma	33	35	-	-	-	-	42	32
4 kW/m ²	102	80	-	-	-	-	62	55
6 kW/m ²	87	70	-	-	-	-	56	49
12,5 kW/m ²	65	54	-	-	-	-	47	42
37,5 kW/m ²	38	37	-	-	-	-	42	33
0,5* LEL	-	-	172	70	-	-	-	-
LEL	-	-	83	50	-	-	-	-
1 Psi (0,07 bar(g))	-	-	-	-	242*	93*	-	-
2 Psi (0,14 bar(g))	-	-	-	-	211	79*	-	-
3 Psi (0,21 bar(g))	-	-	-	-	201	74*	-	-

Det längsta konsekvensavståndet uppkommer vid en gasmolnsexplosion. Att det beräknade avståndet för gasmolnsexplosion blir förhållandevis långt beror på att gasmolnet har förflyttats ca 160 meter från utsläppspunkten när det når sin största massa och antänds, se Figur 6-3.



Figur 6-3: Avstånd till beräknad gasmolnexplosion för scenariot rörbrott/slangbrott i biogasanläggningen. Väderförhållande 2/F.

Då Phast inte tar hänsyn till hinder i terrängen som kan stoppa upp gasmolnet eller blanda in luft i det är konsekvensavståndet med avseende på både gasmolnsbrand och en eventuell gasmolnexplosion sannolikt överskattat. Vidare förutsätter konsekvensberäkningen en sen antändning vid exakt det tillfälle där gasmolnexplosionen ger störst konsekvensområde.

Det möjliga påverkansområdet av en gasmolnexplosion redovisas oberoende av vindriktning i Figur 6-4 (väder 2/F) och Figur 6-5 (väder 5/D).



Figur 6-4: Möjligt påverkansområde för gasmolnsexplosion för väderförhållande 2/F. Röd ring = 0,21 bar(g), grön ring = 0,14 bar(g).



Figur 6-5: Möjligt påverkansområde för gasmolnsexplosion för väderförhållande 5/D. Grå ring = 0,21 bar(g), röd ring = 0,14 bar(g).

Det möjliga påverkansområdet av en pölbrand redovisas oberoende av vindriktning i Figur 6-6 (väder 2/F) och Figur 6-7 (väder 5/D).



Figur 6-6: Möjligt påverkansområde för pölbrand för väderförhållande 2/F. Lila ring = 6 kW/m², röd ring = 37,5 kW/m².



Figur 6-7: Möjligt påverkansområde för pölbrand för väderförhållande 5/D. Orange ring = 6 kW/m², rosa ring = 37,5 kW/m².

Det möjliga påverkansområdet av en gasmolnsbrand redovisas oberoende av vindriktning i Figur 6-8 (väder 2/F) och Figur 6-9 (väder 5/D). Avstånd till 100% av LEL, dvs. 50 000 ppm redovisas.



Figur 6-8: Möjligt påverkansområde för gasmolnsbrand för väderförhållande 2/F. Avstånd till 50 000 ppm visas.



Figur 6-9: Möjligt påverkansområde för gasmolnsbrand för väderförhållande 5/D. Avstånd till 50 000 ppm visas.

Det möjliga påverkansområdet av en jetbrand redovisas oberoende av vindriktning i Figur 6-10 (väder 2/F) och Figur 6-11 (väder 5/D).



Figur 6-10: Möjligt påverkansområde för jetbrand för väderförhållande 2/F. Lila ring = 6 kW/m², röd ring = 37,5 kW/m².



Figur 6-11: Möjligt påverkansområde för jetbrand för väderförhållande 5/D. Orange ring = 6 kW/m², rosa ring = 37,5 kW/m².

Beräkningarna ovan visar att konsekvensområdet för scenariot med mindre läckage av LBG kan påverka personer utanför verksamhetsområdet då vissa av konsekvenserna når den väg som används för transport

till och från Renovas närliggande avfallsanläggning. Scenariot bedöms inte kunna ge upphov till dominoeffekter mellan biogasanläggningen och etenanläggningen eller Perstorp Oxo AB.

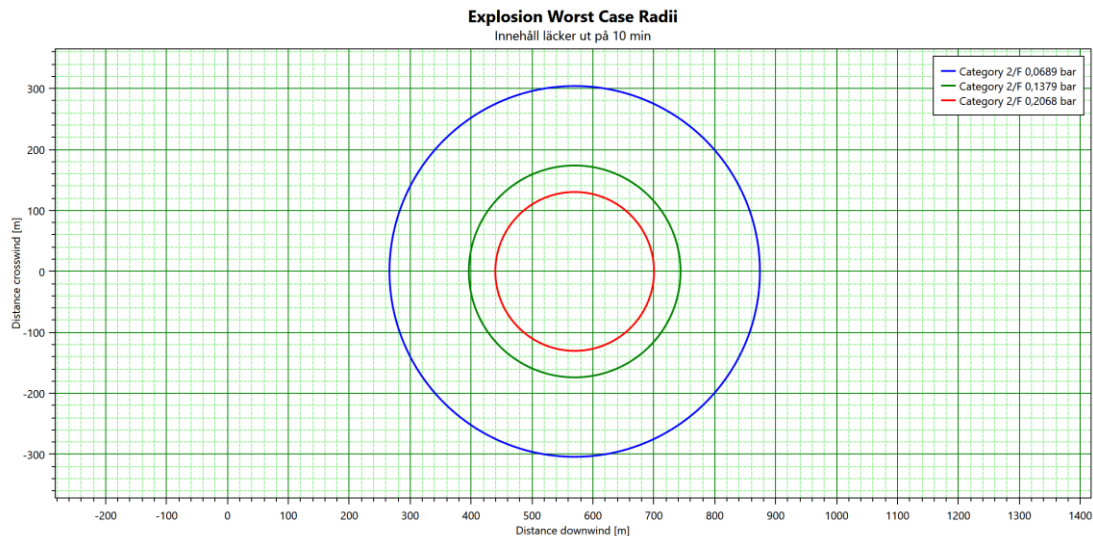
6.1.2 Större läckage av LBG (tankhaveri)

I Tabell 6-3 presenteras beräkningsresultat för ett tankhaveri i biogasanläggningen.

Tabell 6-3: Beräkningsresultat för ett tankhaveri i biogasanläggningen. I tabellen anges avstånd i meter.

Skademekanism	Pölbrand		Gasmolnsbrand		Gasmolnsexplosion		Jetbrand	
	2/F	5/D	2/F	5/D	2/F	5/D	2/F	5/D
Eldklot/flamma	74	64	-	-	-	-	146	114
4 kW/m ²	189	106	-	-	-	-	246	220
6 kW/m ²	164	97	-	-	-	-	224	198
12,5 kW/m ²	129	82	-	-	-	-	191	165
37,5 kW/m ²	87	66	-	-	-	-	152	128
0,5* LEL	-	-	582	405	-	-	-	-
LEL	-	-	375	274	-	-	-	-
1 Psi (0,07 bar(g))	-	-	-	-	874	551	-	-
2 Psi (0,14 bar(g))	-	-	-	-	743	469	-	-
3 Psi (0,21 bar(g))	-	-	-	-	700	442	-	-

Det längsta konsekvensavståndet för både personskador och dominoeffekter uppkommer även vid tankhaveri vid en gasmolnsexplosion. Gasmolnet har förflyttats ca 580 meter från utsläppspunkten när det når sin största massa och antänds, se Figur 6-12.



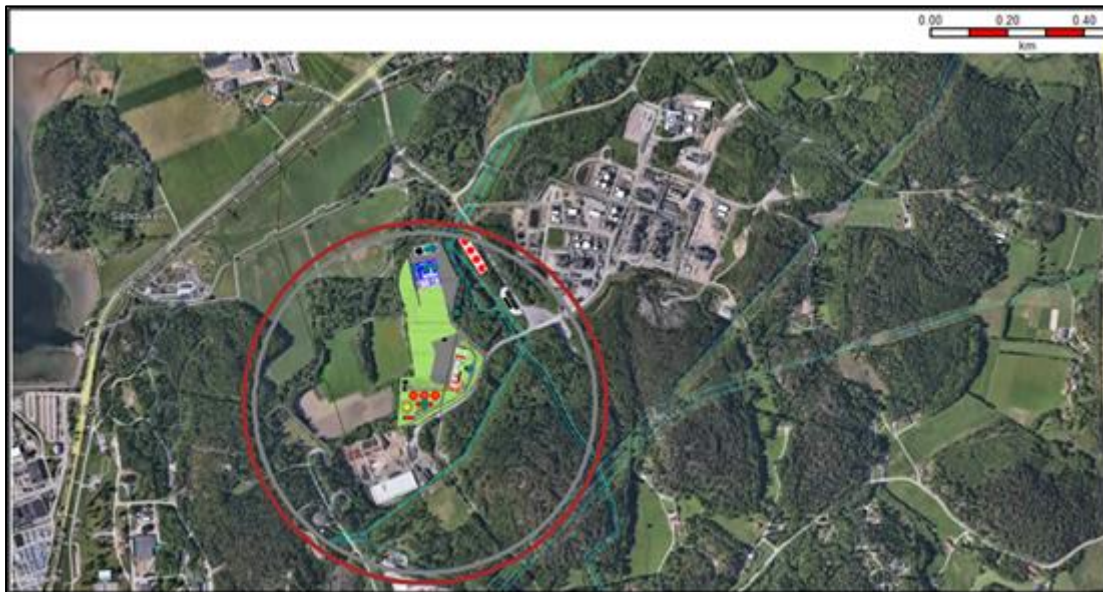
Figur 6-12: Avstånd till beräknad gasmolnexplosion för scenariot tankhaveri i biogasanläggningen.

Då Phast inte tar hänsyn till hinder i terrängen som kan stoppa upp gasmolnet eller blanda in luft i det är konsekvensavståndet med avseende på både gasmolnsbrand och en eventuell gasmolnexplosion sannolikt överskattat. Vidare förutsätter konsekvensberäkningen en sen antändning vid exakt det tillfälle där gasmolnexplosionen ger störst konsekvensområde.

Det möjliga påverkansområdet av en gasmolnexplosion redovisas oberoende av vindriktning i Figur 6-13 (väder 2/F) och Figur 6-14 (väder 5/D).

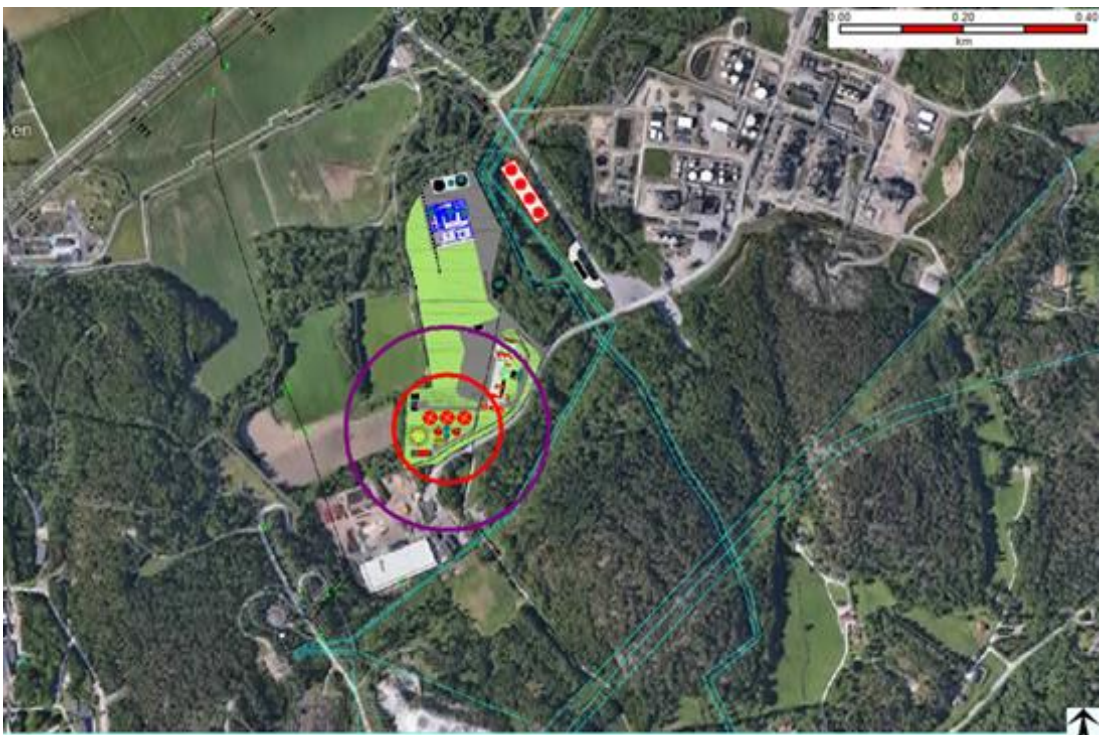


Figur 6-13: Möjligt påverkansområde för gasmolnexplosion för väderförhållande 2/F. Röd ring = 0,21 bar(g), grön ring = 0,14 bar(g).



Figur 6-14: Möjligt påverkansområde för gasolnsexplosion för väderförhållande 5/D. Grå ring = 0,21 bar(g), röd ring = 0,14 bar(g).

Det möjliga påverkansområdet av en pölbrand redovisas oberoende av vindriktning i Figur 6-15 (väder 2/F) och Figur 6-16 (väder 5/D).

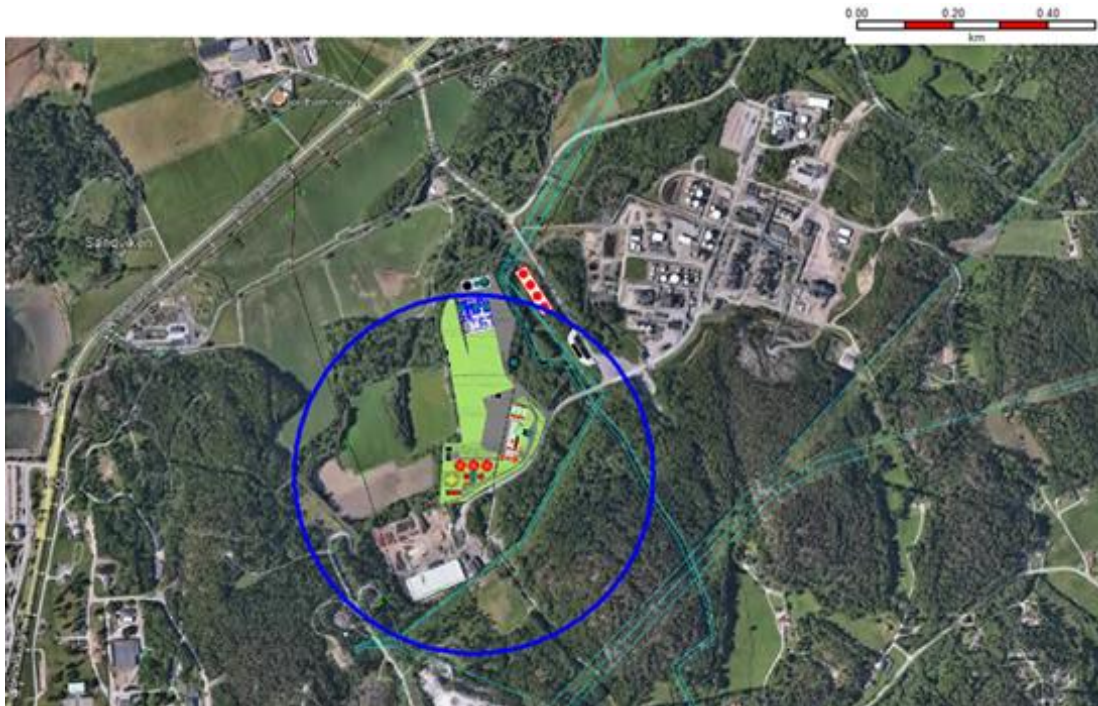


Figur 6-15: Möjligt påverkansområde för pölbrand för väderförhållande 2/F. Lila ring = 6 kW/m², röd ring = 37,5 kW/m².

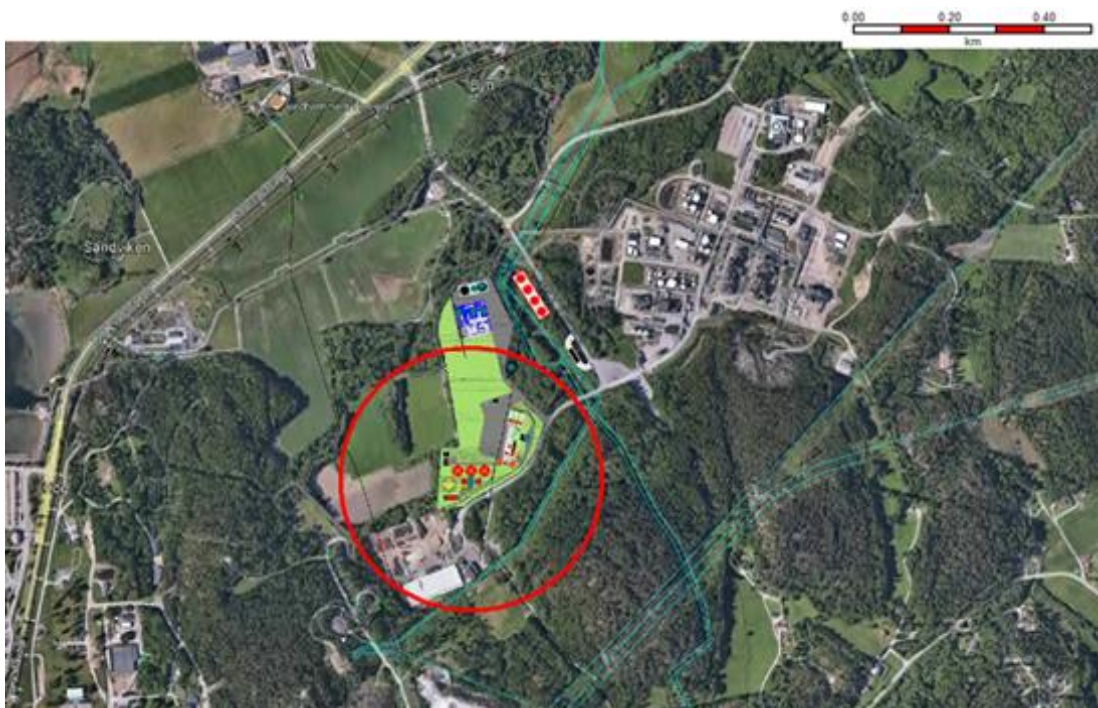


Figur 6-16: Möjligt påverkansområde för pölbrand för väderförhållande 5/D. Orange ring = 6 kW/m², rosa ring = 37,5 kW/m².

Det möjliga påverkansområdet av en gasmolnsbrand redovisas oberoende av vindriktning i Figur 6-17 (väder 2/F) och Figur 6-18 (väder 5/D). Avstånd till 100% av LEL, dvs. 50 000 ppm redovisas.



Figur 6-17: Möjligt påverkansområde för gasmolnsbrand för väderförhållande 2/F. Avstånd till 50 000 ppm visas.

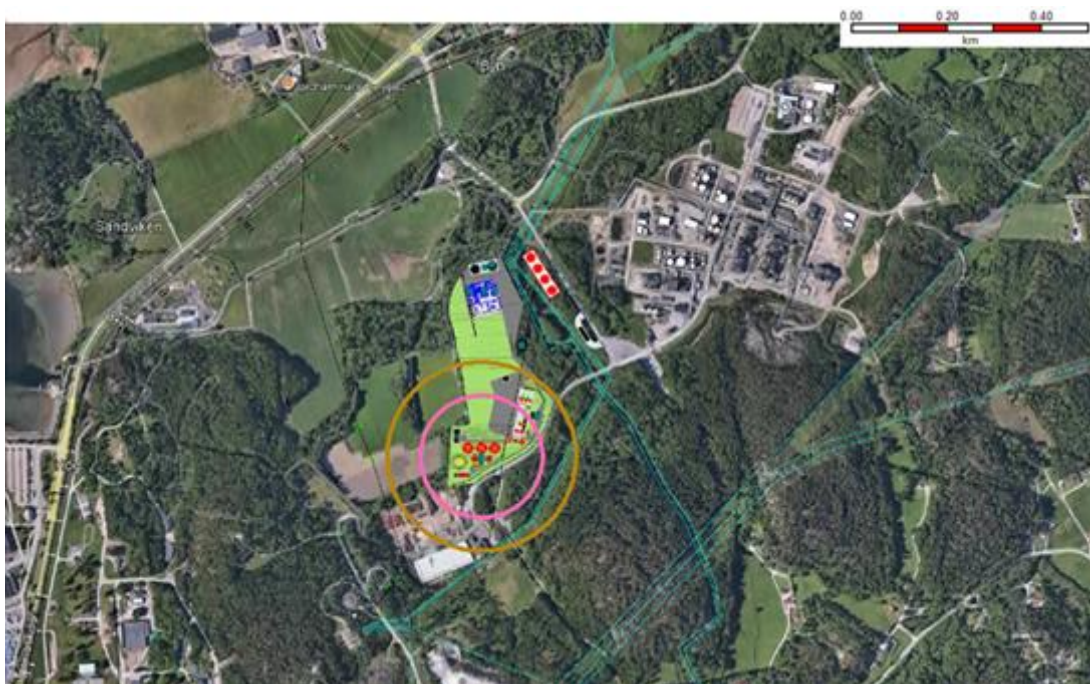


Figur 6-18: Möjligt påverkansområde för gasmolnsbrand för väderförhållande 5/D. Avstånd till 50 000 ppm visas.

Det möjliga påverkansområdet av en jetbrand redovisas oberoende av vindriktning i Figur 6-19 (väder 2/F) och Figur 6-20 (väder 5/D).



Figur 6-19: Möjligt påverkansområde för jetbrand för väderförhållande 2/F. Lila ring = 6 kW/m², röd ring = 37,5 kW/m².



Figur 6-20: Möjligt påverkansområde för jetbrand för väderförhållande 5/D. Orange ring = 6 kW/m², rosa ring = 37,5 kW/m².

Beräkningarna ovan visar att konsekvensområdet för scenariot med stort läckage av LBG (tankhaveri) kan påverka personer utanför verksamhetsområdet då vissa av konsekvenserna når utanför verksamhetsområdet. Scenariot bedöms även kunna ge upphov till dominoeffekter mellan biogasanläggningen och etenanläggningen, Perstorp Oxo AB och/eller lagringstankar för biodiesel då det beräknade konsekvensavståndet för gasmolnsexplosion når samtliga anläggningar.

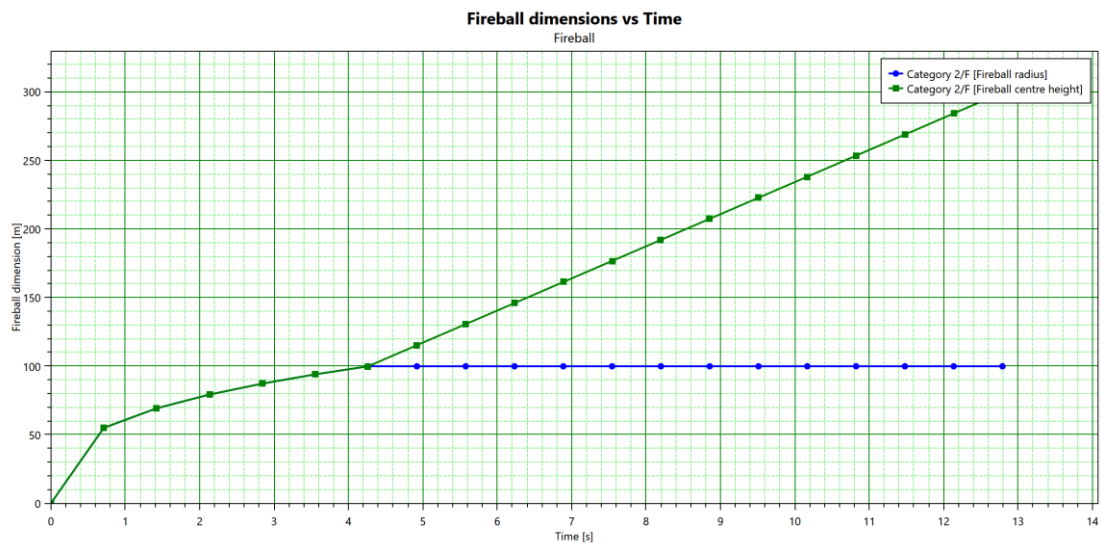
6.1.3 BLEVE LBG-tank

I Tabell 6-4 presenteras beräkningsresultat för en BLEVE i biogasanläggningen.

Tabell 6-4: Beräkningsresultat för en BLEVE i biogasanläggningen. I tabellen anges avstånd i meter.

Skademekanism	BLEVE (eldklot)		BLEVE (övertryck)	
	2/F	5/D	2/F	5/D
Eldklot/flamma	99	99	-	-
4 kW/m ²	745	745	-	-
6 kW/m ²	616	616	-	-
12,5 kW/m ²	433	433	-	-
37,5 kW/m ²	249	249	-	-
1 Psi (0,07 bar(g))	-	-	48	48
2 Psi (0,14 bar(g))	-	-	30	30
3 Psi (0,21 bar(g))	-	-	23	23

De olika väderfallen har ingen påverkan på konsekvensavståndet vid BLEVE då händelsen är ett momentant frigörande av energi. Det längsta konsekvensavståndet med avseende på skada på människor uppkommer för det eldklot som kan förväntas bildas vid BLEVE. Eldklotet har ett beräknat konsekvensområde om 433 meter. Eldklotet vid BLEVE är relativt kortvarigt (ca 13 sekunder) och stiger snabbt uppåt, se Figur 6-21 där blå linje representerar eldklotets horisontella radie och grön linje höjden för eldklotets centrum vid olika tidpunkter.



Figur 6-21: Utbredning av eldklot vid BLEVE i biogasanläggningen. Blå linje representerar eldklotets horisontella radie och grön linje höjden för eldklotets centrum vid olika tidpunkter.

Kriteriet för personskada har på grund av den korta exponeringstiden satts till $12,5 \text{ kW/m}^2$ för BLEVE. Utifrån eldklotets korta exponeringstid antas värmepåverkan inte heller leda till dominoeffekter.

I Figur 6-22 presenteras det beräknade övertrycket från en BLEVE i biogasanläggningen.



Figur 6-22: Övertrycket från en BLEVE i biogasanläggningen. Grön ring = $0,14 \text{ bar(g)}$, röd ring = $0,21 \text{ bar(g)}$.

Beräkningarna ovan visar att konsekvensområdet för scenariot med stort BLEVE i biogasanläggningen kan påverka personer utanför verksamhetsområdet då konsekvensen av eldklot når utanför

verksamhetsområdet (Renova). Scenariot bedöms inte kunna ge upphov till dominoeffekter mellan biogasanläggningen och etenanläggningen eller Perstorp Oxo AB då det beräknade konsekvensavståndet för BLEVE (övertryck) har ett förhållandevis litet konsekvensområde och inte når någon av de nämnda anläggningarna.

6.1.4 Läckage av ammoniak (upp till 100 kg)

I Tabell 6-3 presenteras beräkningsresultat för ett läckage av ammoniak i biogasanläggningen. I beräkningen antas vattenfri ammoniak hanteras i anläggningen.

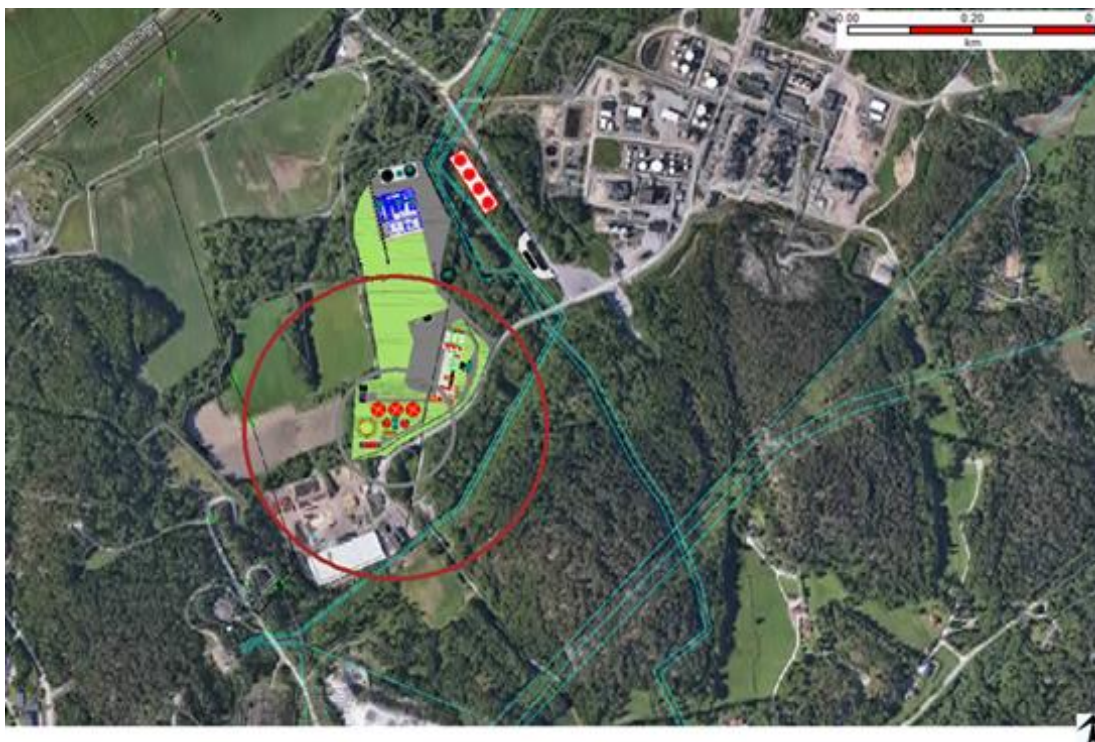
Tabell 6-5: Beräkningsresultat för ett läckage av ammoniak i biogasanläggningen. I tabellen anges avstånd i meter.

Skademekanism	Toxicitet	
	2/F	5/D
AEGL-2 30 min (220 ppm)	194	240
AEGL-3 30 min (1600 ppm)	123	93
0,1% omkommer	78	58
1% omkommer	62	47

Det möjliga påverkansområdet av ett läckage av ammoniak redovisas oberoende av vindriktning i Figur 6-23 (väder 2/F) och Figur 6-24 (väder 5/D).

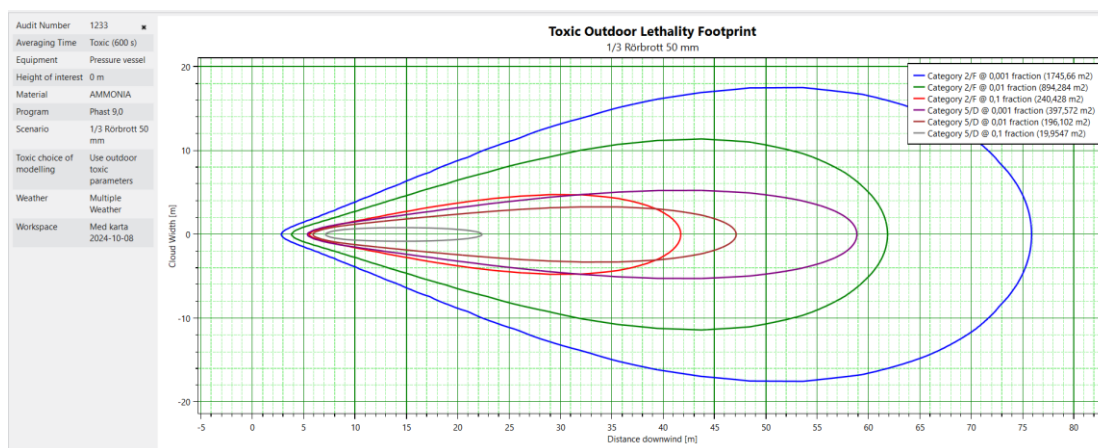


Figur 6-23: Det möjliga påverkansområdet för läckage av ammoniak för väderförhållande 2/F. Blå ring = AEGL-2 (220 ppm), grön ring = AEGL-3 (1600 ppm).



Figur 6-24: Det möjliga påverksområdet för läckage av ammoniak för väderförhållande 5/D. Röd ring = AEGL-2 (220 ppm), grå ring = AEGL-3 (1600 ppm).

Man skall notera att toxisk påverkan är beroende av dos-effekt samband vilket inte är att likställa med koncentration-effekt samband. Då den totala mängden i systemet är relativt liten, runt 100 kg, kommer dosen man kan utsättas för att bli låg. Det av Phast beräknade avstånd inom vilket olika fraktioner av befolkningen antas kunna omkomma, baserat på dos-effekt samband, redovisas i Figur 6-25.



Figur 6-25: Det beräknade avstånd inom vilket olika fraktioner av befolkningen antas kunna omkomma baserat på dos-effekt samband. Blå markering = 0,1% omkomna vid väder 2/F, grön markering = 1% omkomna vid väder 2/F, röd markering = 10% omkomna vid väder 2/F, röd markering = 0,1% omkomna vid väder 5/D, lila markering = 1% omkomna vid väder 5/D, grå markering 10% omkomna vid väder 5/D.

Avstånd till 0,1%, 1% respektive 10% omkomna redovisas i Figur 6-26 (väder 2/F) och Figur 6-27 (väder 5/D).



Figur 6-26: Beräknat avstånd till olika fraktioner av dödsfall vid väder 2/F. Blå ring = 0,1%, grön ring = 1 %, röd ring = 10%.



Figur 6-27: Beräknat avstånd till olika fraktioner av dödsfall vid väder 5/D. Lila ring = 0,1%, röd ring = 1 %, grå ring = 10%.

Beräkningarna visar att AEGL-2 och 3 30 minuter kan uppnås utanför anläggningen, i Renovas verksamhet. En beräkning av dos-effektsamband visar dock det är osannolikt att dödsfall uppstår utanför anläggningen.

6.2 Eten-anläggning

I detta avsnitt presenteras beräkningsresultaten för olyckor i etenanläggningen. För respektive skademekanism har det längsta avståndet där valt acceptanskriterie med avseende på personskada och risk för dominoeffekt markerats; Personskada är markerat med orange medan dominoeffekt är markerat med blått.

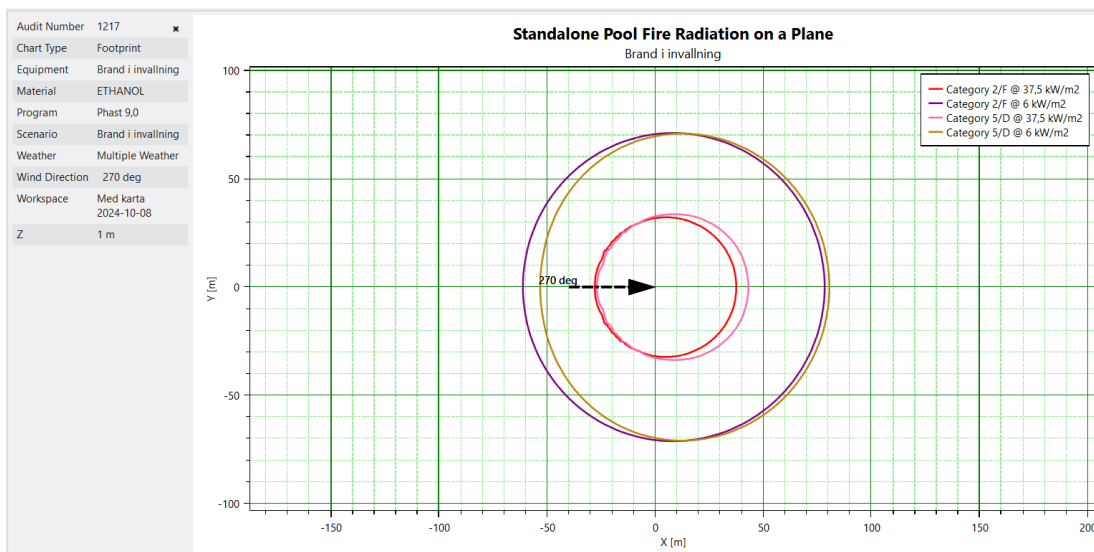
6.2.1 Brand i invallning med etanol-tankar

I Tabell 6-6 presenteras beräkningsresultat för en brand i invallning för etanoltankar. Notera att beräkningen utgår från en cirkulär pölbrand och att angivna avstånd mäts från pölbrandens mitt.

Tabell 6-6: Beräkningsresultat för en brand i invallning med etanoltankar. I tabellen anges avstånd i meter.

Skademekanism	Pölbrand	
	2/F	5/D
Eldklot/flamma	-	-
4 kW/m ²	91	92
6 kW/m ²	78	80
12,5 kW/m ²	59	63
37,5 kW/m ²	37	43

I Figur 6-28 presenteras hela det möjliga påverkansområdet för pölbrand i invallning för väder 2/F och 5/D.



Figur 6-28: Påverkansområdet för pölbrand i invallning för väder 2/F och 5/D. Lila markering = 6 kW/m² vid väder 2/F, röd ring = 37,5 kW/m² vid väder 2/F, orange markering = 6 kW/m² vid väder 5/D, rosa ring = 37,5 kW/m² vid väder 5/D.

I Figur 6-29 redovisas påverkansområdet för en strålningsintensitet om 6 kW/m² för väder 2/F respektive 5/D.



Figur 6-29: Påverkansområdet för pölbrand i invallning för väder 2/F och 5D. I figuren visas endast avstånd till 6 kW/m². Grön markering = 6 kW/m² vid väder 5/D, blå markering = 6 kW/m² vid väder 2/F.

I Figur 6-30 redovisas påverkansområdet för en strålningsintensitet om 37,5 kW/m² för väder 2/F respektive 5/D.



Figur 6-30: Påverkansområdet för pölbrand i invallning för väder 2/F och 5/D. I figuren visas endast avstånd till 37,5 kW/m². Grön markering = 37,5 kW/m² vid väder 5/D, blå markering = 37,5 kW/m² vid väder 2/F.

Beräkningarna visar ingen påverkan på de närliggande verksamheter som studerats i denna rapport.

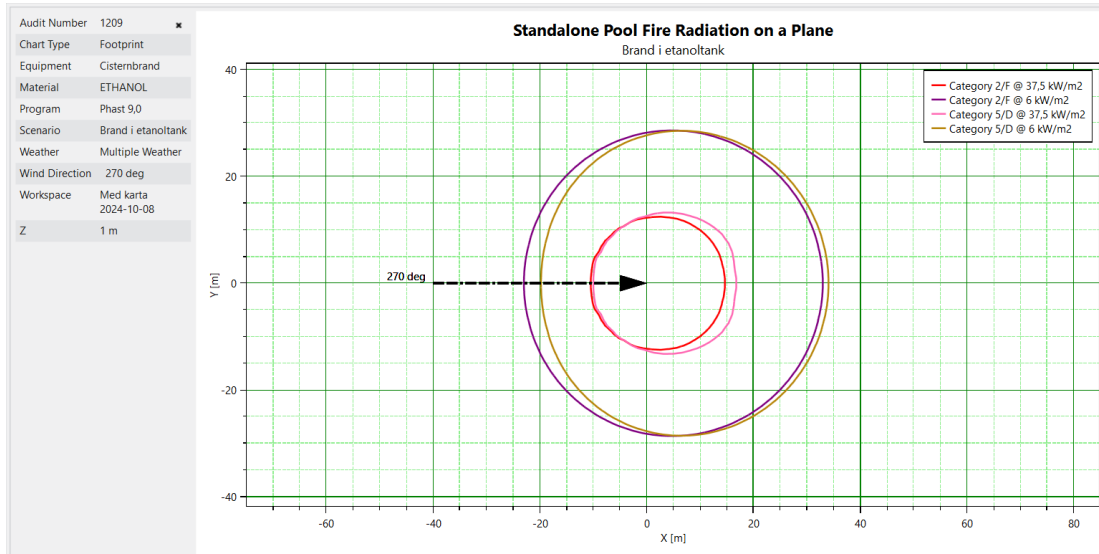
6.2.2 Cisternbrand etanol-tankar

I Tabell 6-7 presenteras beräkningsresultat för en cisternbrand med etanoltankar. Notera att angivna avstånd mäts från pölbrandens mitt.

Tabell 6-7: Beräkningsresultat för en cisternbrand med etanoltankar. I tabellen anges avstånd i meter.

Skademekanism	Pölbrand	
	2/F	5/D
Eldklot/flamma	-	-
4 kW/m ²	38	39
6 kW/m ²	33	34
12,5 kW/m ²	25	27
37,5 kW/m ²	15	19

I Figur 6-31 presenteras hela det möjliga påverkansområdet för pölbrand i cistern för väder 2/F och 5/D.



Figur 6-31: Påverkansområdet för cisternbrand för väder 2/F och 5D. Lila markering = 6 kW/m² vid väder 2/F, röd ring = 37,5 kW/m² vid väder 2/F, orange markering = 6 kW/m² vid väder 5/D, rosa ring = 37,5 kW/m² vid väder 5/D.

I Figur 6-32 redovisas påverkansområdet för en strålningsintensitet om 6 kW/m² för väder 2/F respektive 5/D. En strålningsintensitet om 37,5 kW/m² når knappt utanför tankens area och redovisas inte.



Figur 6-32: Påverkansområdet för cisternbrand för väder 2/F och 5D. I figuren visas endast avstånd till 6 kW/m². Grön markering = 6 kW/m² vid väder 5/D, blå markering = 6 kW/m² vid väder 2/F.

Beräkningarna visar ingen påverkan på de närliggande verksamheter som studerats i denna rapport.

6.2.3 Läckage av förgasad etanol (rörbrott)

I Tabell 6-8 presenteras beräkningsresultat för ett läckage av förgasad etanol. Notera att Phast inte beräknade något resultat för strålningsintensitet 37,5 kW/m².

Tabell 6-8: Beräkningsresultat för ett läckage av förgasad etanol. I tabellen anges avstånd i meter.

Skademekanism	Jetbrand	
	2/F	5/D
Eldklot/flamma	9	9
4 kW/m ²	11	11
6 kW/m ²	10	10
12,5 kW/m ²	9	9
37,5 kW/m ²	-	-

Det möjliga påverkansområdet av en **jetbrand** redovisas oberoende av vindriktning i Figur 6-33 (väder 2/F och 5/D). Endast avstånd till 6 kW/m² redovisas i figuren då beräkning i Phast inte ger resultat för 37,5 kW/m².



Figur 6-33: Möjligt påverkansområde för **jetbrand** för väderförhållande 2/F och 5/D. Endast avstånd till 6 kW/m² redovisas i figuren och båda väderförhållandena leder till samma resultat varför det inte är möjligt att särskilja resultaten i figuren.

Beräkningarna visar ingen påverkan på de närliggande verksamheter som studerats i denna rapport.

6.2.4 Mindre läckage av kondenserad eten (rörbrott)

I Tabell 6-9 presenteras beräkningsresultat för ett rörbrott i etenanläggningen.

Tabell 6-9: Beräkningsresultat för ett rörbrott i etenanläggningen. I tabellen anges avstånd i meter.

Skademekanism	Gasmolnsexplosion		Jetbrand	
	2/F	5/D	2/F	5/D
Eldklot/flamma	-	-	20	15
4 kW/m ²	-	-	33	30
6 kW/m ²	-	-	30	27
12,5 kW/m ²	-	-	25	22
37,5 kW/m ²	-	-	20	15
1 Psi (0,07 bar(g))	35	33	-	-
2 Psi (0,14 bar(g))	28	27	-	-
3 Psi (0,21 bar(g))	26	25	-	-

Det möjliga påverkansområdet av en gasmolnsexplosion redovisas oberoende av vindriktning i Figur 6-34 (väder 2/F) och Figur 6-35 (väder 5/D).



Figur 6-34: Möjligt påverkansområde för gasmolnexplosion för väderförhållande 2/F. Röd ring = 0,21 bar(g), grön ring = 0,14 bar(g).



Figur 6-35: Möjligt påverkansområde för gasmolnexplosion för väderförhållande 5/D. Grå ring = 0,21 bar(g), röd ring = 0,14 bar(g).

Det möjliga påverkansområdet av en jetbrand redovisas oberoende av vindriktning i Figur 6-36 (väder 2/F) och Figur 6-37 (väder 5/D).



Figur 6-36: Möjligt påverkansområde för jetbrand för väderförhållande 2/F. Lila ring = 6 kW/m², röd ring = 37,5 kW/m².



Figur 6-37: Möjligt påverkansområde för jetbrand för väderförhållande 5/D. Orange ring = 6 kW/m², rosa ring = 37,5 kW/m².

Beräkningarna ovan visar att scenariot endast får lokal påverkan inom verksamheten.

6.2.5 Större utsläpp av kondenserad eten (tankhaveri)

I Tabell 6-10 presenteras beräkningsresultat för ett tankhaveri i etenanläggningen.

Tabell 6-10: Beräkningsresultat för ett tankhaveri i etenanläggningen. I tabellen anges avstånd i meter.

Skademekanism	Gasmolnsbrand		Gasmolnsexplosion		Jetbrand	
	2/F	5/D	2/F	5/D	2/F	5/D
Eldklot/flamma	-	-	-	-	164	128
4 kW/m ²	-	-	-	-	298	270
6 kW/m ²	-	-	-	-	271	243
12,5 kW/m ²	-	-	-	-	233	204
37,5 kW/m ²	-	-	-	-	191	162
0,5* LEL	492	611	-	-	-	-
LEL	255	284	-	-	-	-
1 Psi (0,07 bar(g))	-	-	678	789	-	-
2 Psi (0,14 bar(g))	-	-	597	712	-	-
3 Psi (0,21 bar(g))	-	-	570	686	-	-

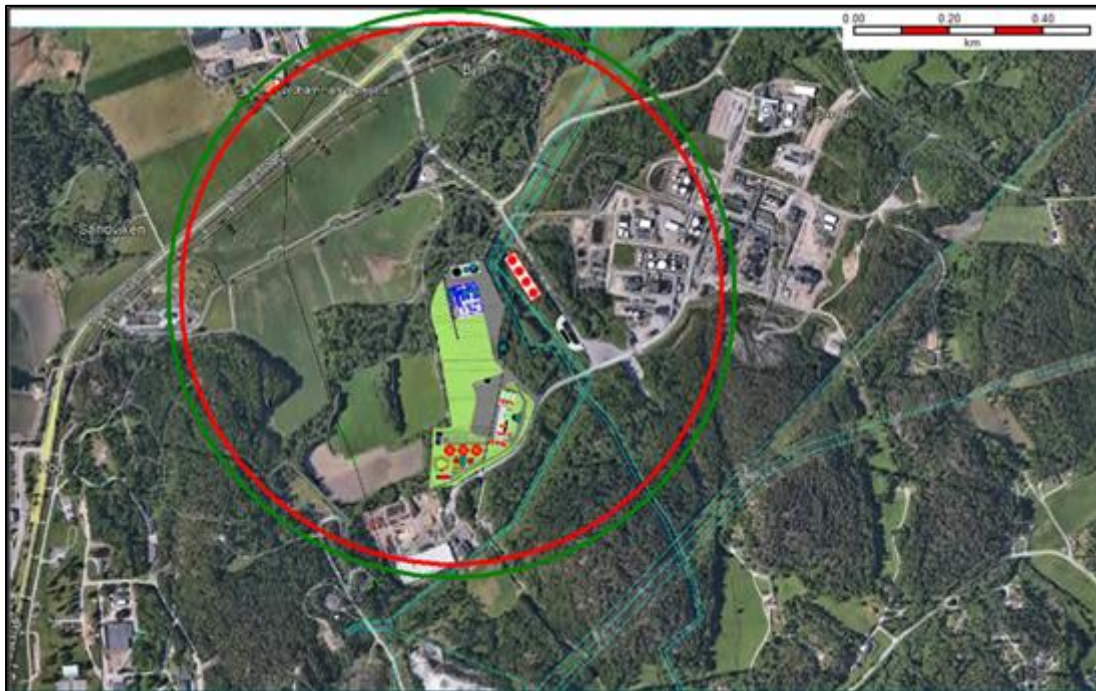
Det längsta konsekvensavståndet för både personskador och dominoeffekter uppkommer vid en gasmolnsexplosion. Att det beräknade avståndet för gasmolnsexplosion blir förhållandevis långt beror på att gasmolnet har förflyttats ca 620 meter från utsläppspunkten när det når sin största massa och antänds, se Figur 6-38.



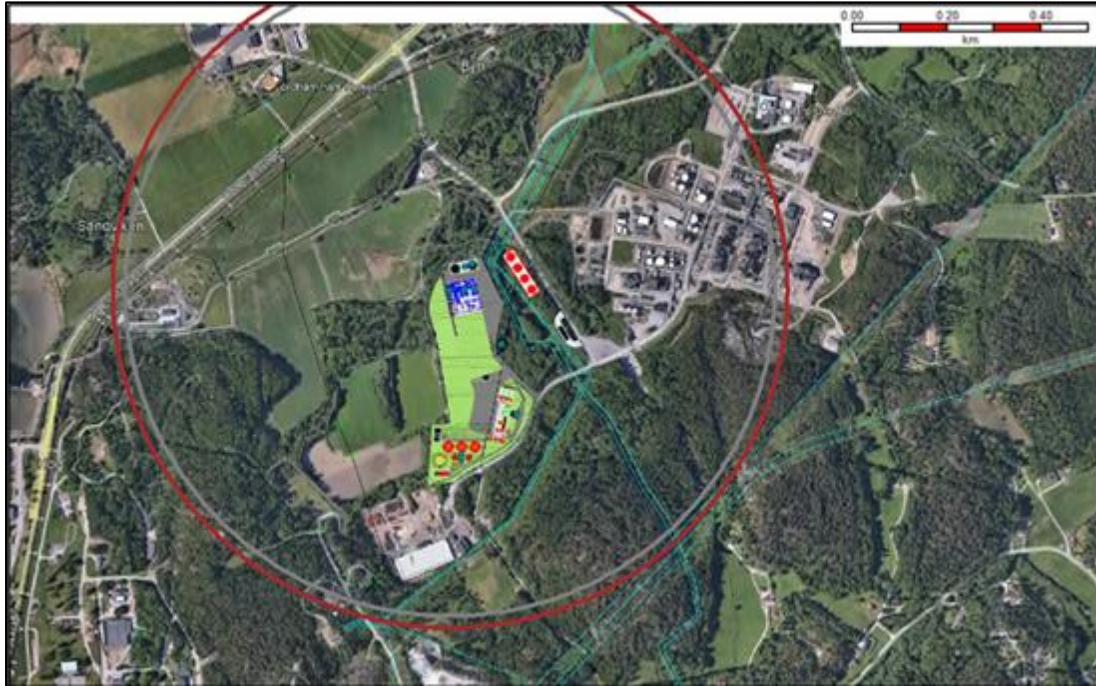
Figur 6-38: Avstånd till beräknad gasmolnsexplosion för scenariot tankhaveri i etenanläggningen.

Då Phast inte tar hänsyn till hinder i terrängen som kan stoppa upp gasmolnet eller blanda in luft i det är konsekvensavståndet med avseende på både gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion sannolikt överskattat. Vidare förutsätter konsekvensberäkningen en sen antändning vid exakt det tillfälle där gasmolnsexplosionen ger störst konsekvensområde.

Det möjliga påverkansområdet av en gasmolnsexplosion redovisas oberoende av vindriktning i Figur 6-39 (väder 2/F) och Figur 6-40 (väder 5/D).

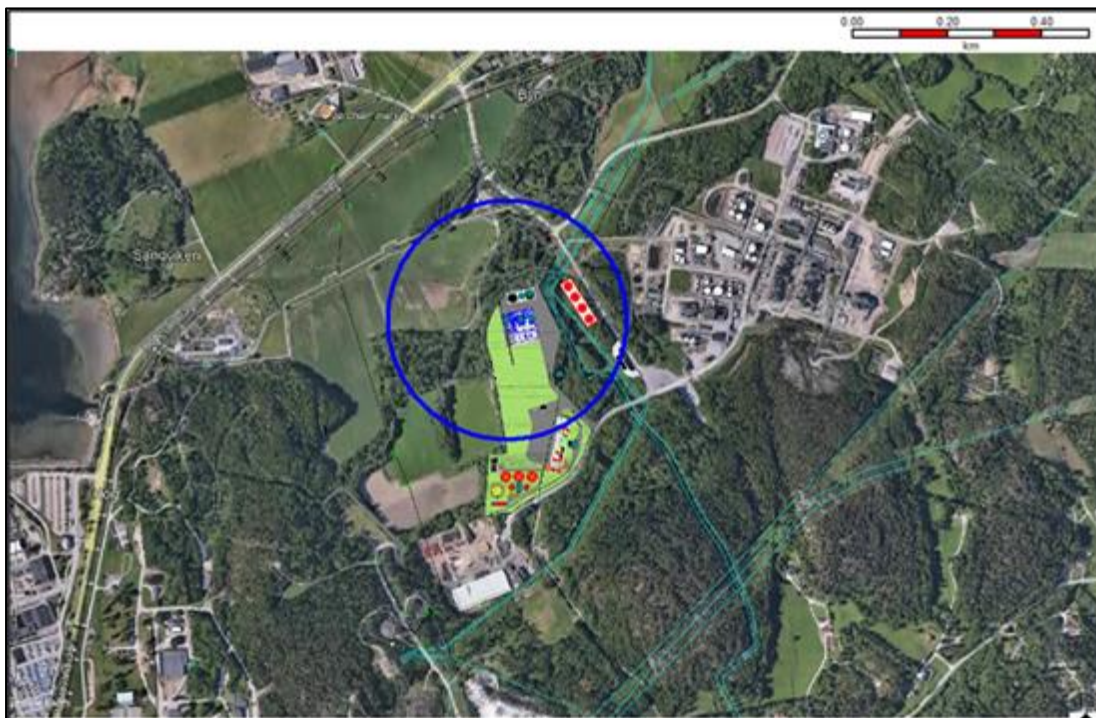


Figur 6-39: Möjligt påverkansområde för gasmolnsexplosion för väderförhållande 2/F. Röd ring = 0,21 bar(g), grön ring = 0,14 bar(g).

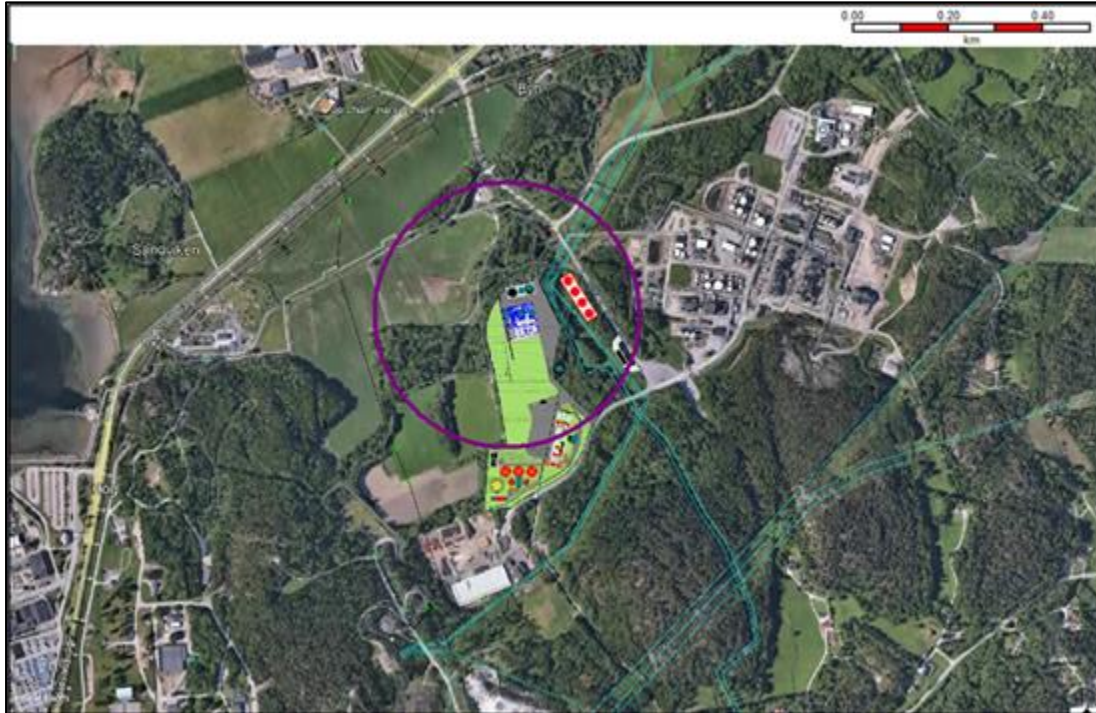


Figur 6-40: Möjligt påverkansområde för gasmolnexplosion för väderförhållande 5/D. Grå ring = 0,21 bar(g), röd ring = 0,14 bar(g).

Det möjliga påverkansområdet av en gasmolnsbrand redovisas oberoende av vindriktning i Figur 6-41 (väder 2/F) och Figur 6-42 (väder 5/D). Avstånd till 100% av LEL, dvs. 27 500 ppm redovisas.

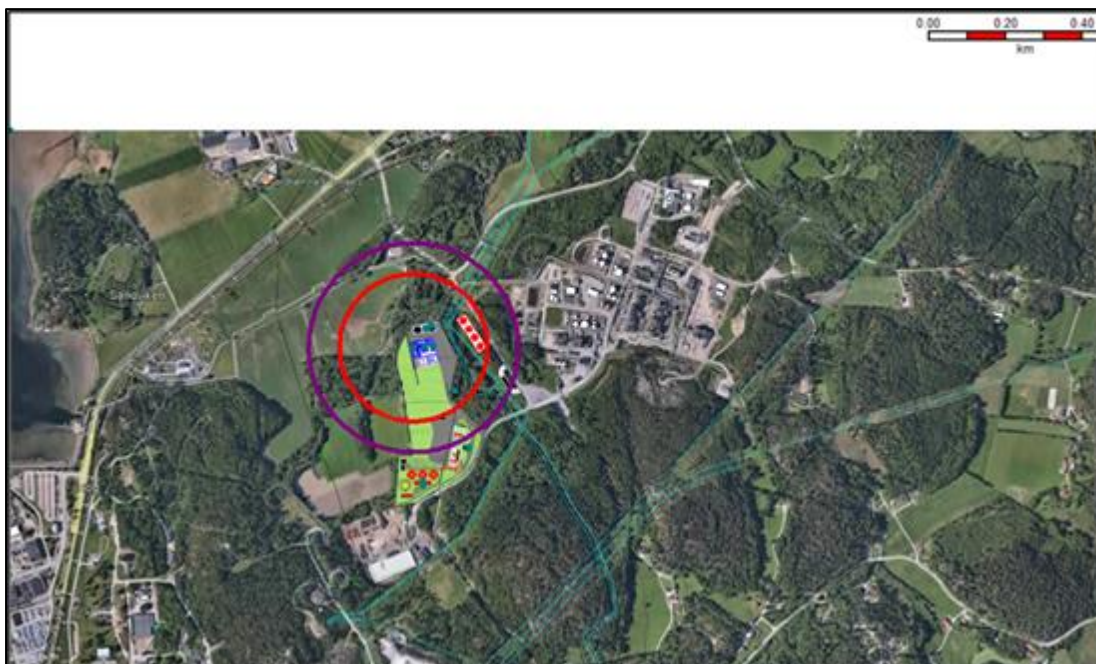


Figur 6-41: Möjligt påverkansområde för gasmolnsbrand för väderförhållande 2/F. Avstånd till 27 500 ppm visas.

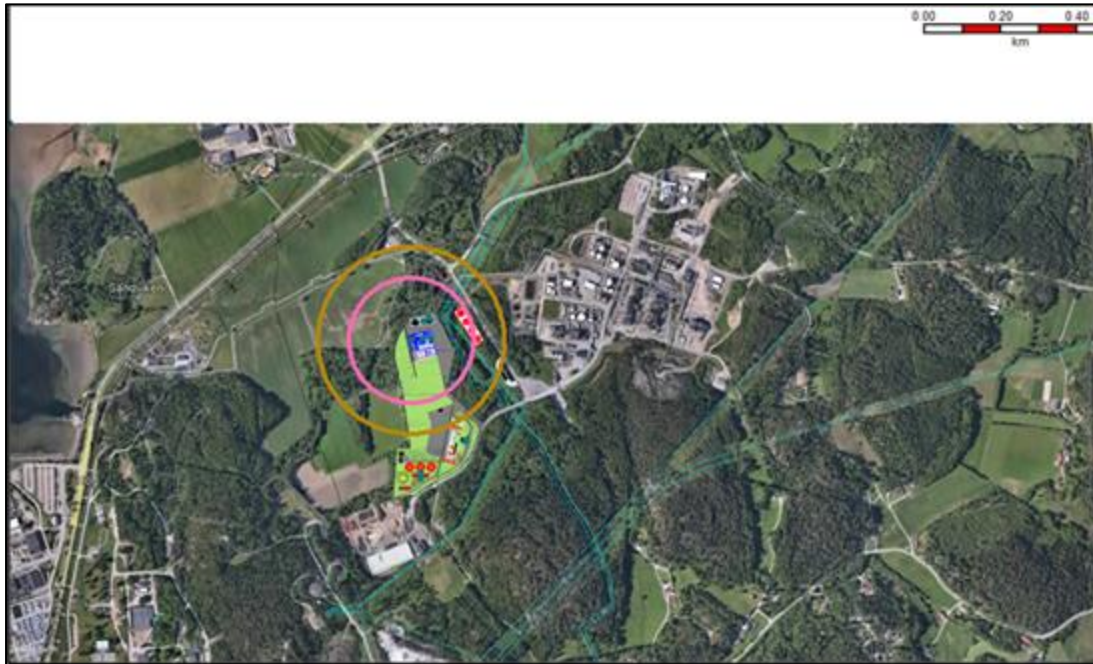


Figur 6-42: Möjligt påverkansområde för gasmolnsbrand för väderförhållande 5/D. Avstånd till 27 500 ppm visas.

Det möjliga påverkansområdet av en jetbrand redovisas oberoende av vindriktning i Figur 6-43 (väder 2/F) och Figur 6-44 (väder 5/D).



Figur 6-43: Möjligt påverkansområde för jetbrand för väderförhållande 2/F. Lila ring = 6 kW/m², röd ring = 37,5 kW/m².



Figur 6-44: Möjligt påverkansområde för jetbrand för väderförhållande 5/D. Orange ring = 6 kW/m², rosa ring = 37,5 kW/m².

Beräkningarna ovan visar att konsekvensområdet för scenariot med stort läckage av eten, motsvarande tankhaveri, kan påverka personer utanför verksamhetsområdet då vissa av konsekvenserna har stora påverkansområden. Scenariot bedöms kunna ge upphov till dominoeffekter mellan etenanläggningen och biogasanläggningen, Perstorp Oxo AB och/eller lagringstankar för biodiesel då det beräknade konsekvensavståndet för gasmolnsexplosion överskrider acceptanskriteriet för dominoeffekt för dessa anläggningar.

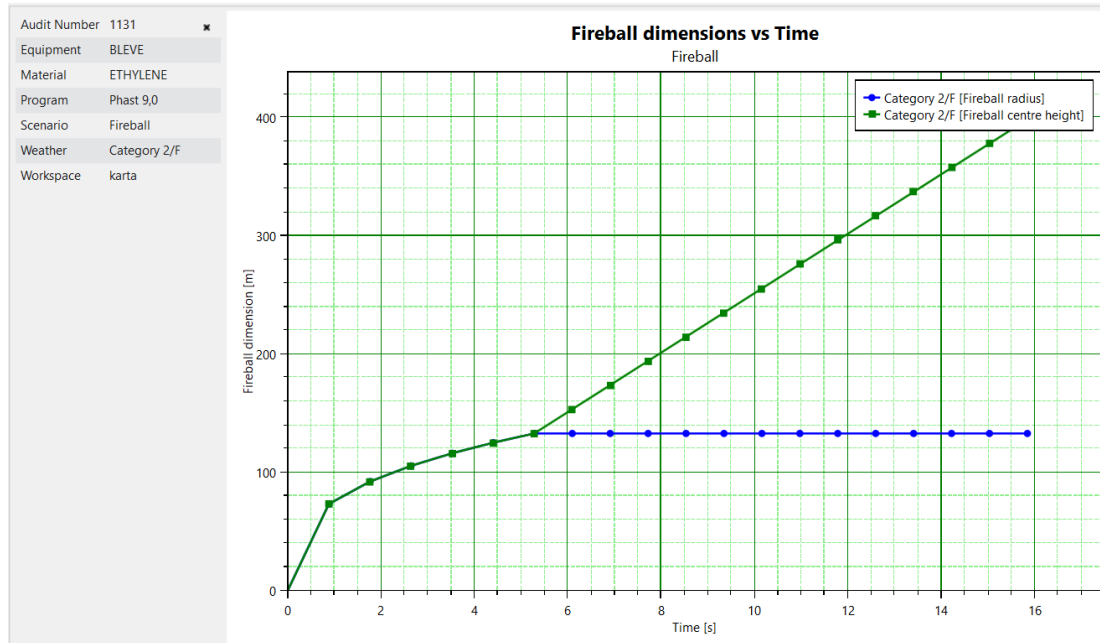
6.2.6 BLEVE eten-tank

I Tabell 6-11 presenteras beräkningsresultat för en BLEVE i etenanläggningen.

Tabell 6-11: Beräkningsresultat för en BLEVE i etenanläggningen. I tabellen anges avstånd i meter.

Skademekanism	BLEVE (eldklot)		BLEVE (övertryck)	
	2/F	5/D	2/F	5/D
Eldklot/flamma	132	132	-	-
4 kW/m ²	970	970	-	-
6 kW/m ²	802	802	-	-
12,5 kW/m ²	565	565	-	-
37,5 kW/m ²	326	326	-	-
1 Psi (0,07 bar(g))	-	-	263	263
2 Psi (0,14 bar(g))	-	-	169	169
3 Psi (0,21 bar(g))	-	-	133	133

De olika väderfallen har ingen påverkan på konsekvensavståndet vid BLEVE då händelsen är ett momentant frigörande av energi. Det längsta konsekvensavståndet med avseende på skada på människor uppkommer för det eldklot som kan förväntas bildas vid BLEVE. Eldklotet har ett beräknat konsekvensområde om 565 meter. Eldklotet vid BLEVE är relativt kortvarigt (ca 16 sekunder) och stiger snabbt uppåt, se Figur 6-45 där blå linje representerar eldklotets horisontella radie och grön linje höjden för eldklotets centrum vid olika tidpunkter.



Figur 6-45: Utbredning av eldklot vid BLEVE i etenanläggningen. Blå linje representerar eldklotets horisontella radie och grön linje höjden för eldklotets centrum vid olika tidpunkter.

Kriteriet för personskada har på grund av den korta exponeringstiden satts till $12,5 \text{ kW/m}^2$ för BLEVE. Utifrån eldklotets korta exponeringstid antas värmepåverkan inte heller leda till dominoeffekter.

I Figur 6-46 presenteras det beräknade övertrycket från en BLEVE i etenanläggningen där brun ring motsvarar ett explosionsövertryck av $0,14 \text{ bar(g)}$ (antaget kriteriet för personskada) och rosa ring motsvarar $0,21 \text{ bar(g)}$ (antaget kriterie för dominoeffekt).



Figur 6-46: Övertrycket från en BLEVE i etenanläggningen. Grön ring = 0,14 bar(g), röd ring =0,21 bar(g).

Beräkningarna ovan visar att konsekvensområdet för scenariot med BLEVE i etenanläggningen kan påverka personer utanför verksamhetsområdet då konsekvensen av ett eldklot når utanför verksamhetsområdet. Scenariot bedöms inte kunna ge upphov till dominoeffekter mellan etenanläggningen och biogasanläggningen, Perstorp Oxo AB och/eller lagringstankar för biodiesel då det beräknade konsekvensavståndet för BLEVE (övertryck) inte når någon av de nämnda anläggningarna.

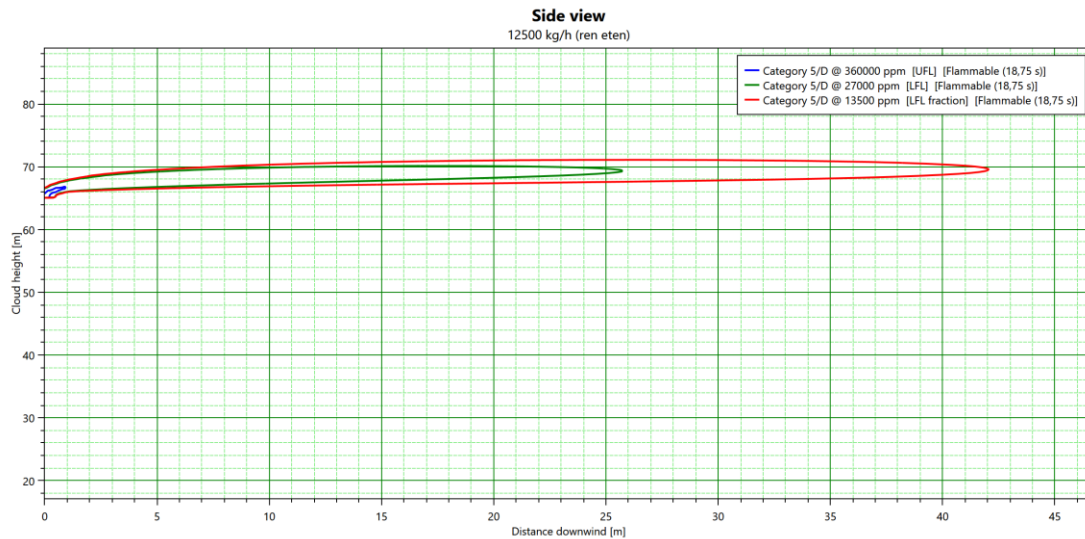
6.3 Oantänt utsläpp från fackla

I Tabell 6-12 presenteras beräkningsresultat för ett oantänt utsläpp från facklan.

Tabell 6-12: Beräkningsresultat för ett oantänt utsläpp från facklan. I tabellen anges avstånd i meter.

Skademekanism	Gasmolnsbrand		Gasmolnsexplosion	
	2/F	5/D	2/F	5/D
0,5* LEL	49	42	-	-
LEL	23	26	-	-
1 Psi (0,07 bar(g))	-	-	68	65
2 Psi (0,14 bar(g))	-	-	56	55
3 Psi (0,21 bar(g))	-	-	52	51

I Figur 6-47 presenteras spridning av ett gasmoln från ett oantänt utsläpp från facklan. Det skall noteras att utsläppet sker på 65 meters höjd varför ingen påverkan på människor förväntas.



Figur 6-47: Spridning av ett gasmoln från ett oantänt utsläpp från facklan. Notera att utsläppet sker på 65 meters höjd varför ingen påverkan på människor förväntas.

Beräkningarna ovan visar att konsekvensområdet för scenariot med oantänt utsläpp från facklan inte kan påverka personer utanför verksamhetsområdet. Scenariot bedöms inte heller kunna ge upphov till dominoeffekter inom verksamheten eller Perstorp Oxo AB.

6.4 Sammanställning avseende omgivningspåverkan

I Tabell 6-13 redovisas en sammanställning av respektive scenarios möjliga påverkan på omgivningen.

Tabell 6-13: I tabellen summeras möjlig påverkan från respektive scenario.

Scenario	Perstorp Oxo AB	Renova inkl. lokalväg	Reningsverk Stråvliden	NCC Ballast	Stenungsunds kraftverk	Bostäder
Biogasanläggning						
Mindre läckage av LBG (rörbrott/slangbrott)	Nej	Ja, flera skademekanismer kan nå lokalväg	Nej	Nej	Nej	Nej
Större läckage av LBG (tankhaveri)	Ja, gasmolnexplosion. Risk för dominoeffekt	Ja, flera skademekanismer kan nå verksamhet	Ja, gasmolnexplosion kan nå verksamheten	Ja, gasmolnexplosion kan nå verksamheten	Ja, gasmolnexplosion kan nå verksamheten	Ja, gasmolnexplosion kan nå ett fåtal bostäder
BLEVE LBG-tank	Nej	Ja, eldklot kan nå verksamheten	Nej	Nej	Nej	Nej
Läckage av ammoniak	Nej	Ja, AEGL-2 och AEGL-3	Nej	Nej	Nej	Nej
Etenanläggning						
Brand i invallning med etanol-tankar	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Cisternbrand etanol-tankar	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Läckage av förgasad etanol (rörbrott)	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Mindre läckage av kondenserad eten (rörbrott)	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Större läckage av kondenserad eten (tankhaveri)	Ja, gasmolnexplosion. Risk för dominoeffekt	Ja, gasmolnexplosion kan nå verksamheten	Ja, gasmolnexplosion kan nå verksamheten	Nej	Nej	Ja, gasmolnexplosion kan nå ett 20-tal bostäder
BLEVE eten-tank	Ja, eldklot. Ej risk för dominoeffekt	Ja, eldklot	Nej	Nej	Nej	Ja, eldklot kan nå ett fåtal bostäder
Fackla						
Gasmolnsspridning vid slocknad fackla	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej



Handling
Konsekvensberäkningar Adesso
BioProducts AB Stenungsund

Uppdragsgivare
Adesso BioProducts AB

Datum
2024-10-15

Status
Version 1.0

Uppdragsnummer
242015-03

Uppdragsansvarig
Christoffer Käck

Endast sex scenarier kan enligt genomförda beräkningar innebära påverkan på omgivningen. Dessa är;

- Mindre läckage av LBG (rörbrott/slangbrott)
- Större läckage av LBG (tankhaveri)
- BLEVE LBG-tank
- Läckage av ammoniak
- Större läckage av kondenserad eten (tankhaveri)
- BLEVE eten-tank

7 Riskbedömning

I detta avsnitt redovisas en riskbedömning för respektive scenario som enligt beräkningar i avsnitt 6 visat sig kunna orsaka omgivningspåverkan.

Det som avses med risk i denna utredning är kombinationen av en önskad händelses sannolikhet multiplicerat med omfattningen av denna önskade händelses konsekvens. Denna kombination kan vara kvalitativt och/eller kvantitativt bestämda. I denna utredning bedöms individrisken för respektive scenario kvalitativt med stöd av sannolikhetbaserade resonemang. Då det närliggande området är gleset befolkat bedöms samhällsrisken generellt vara låg.

I de konsekvensberäkningar som redovisas i avsnitt 6 har varken sannolikheten för att ett visst olycksscenario skall uppkomma, barriärers effekt på denna sannolikhet eller yttre faktorer som kan påverka sannolikheten för en allvarlig konsekvens beaktats. Yttre faktorer av vikt för sannolikheten för påverkan på tredje man eller andra verksamheter utgörs av exempelvis;

- Vind-/utsläppsriktning – utsläppet måste riktas mot eller driva mot ett område vilket tredje man frekventerar eller där en annan verksamhet ligger för att överhuvudtaget utgöra en risk för påverkan.
- Vindhastigheten – vindhastigheten är avgörande för påverkansavstånd, främst för spridning av gasmoln, där lägre vindhastigheter generellt sett leder till längre avstånd.
- Dag och tid på dygnet – antalet personer som vistas i verksamheter eller på allmän plats varierar över veckan och dygnet. Generellt sett så kan det exempelvis förväntas vistas fler personer vid Renovas anläggning och på den lokala vägen till denna på vardagskvällar och under dagen på helger än övrig tid.
- Antändning – om ett gasmoln antänds direkt kommer en pölbrand, jetflamma eller lokal explosion att uppkomma. Om det sker en sen antändning kan ett gasmoln driva med vinden innan det antänds, vilket kan leda till konsekvenser på längre avstånd från verksamheten.

En ytterligare faktor som påverkar riskbedömningen är de inbyggda begränsningar som finns i de programvaror som används för att simulera konsekvensen av ett olycksscenario, i denna utredning Phast från DNV. Då programvaran överhuvudtaget inte beaktar topografi eller större hinder så som byggnader, träd etc. så är de beräkningar som redovisas i avsnitt 6 i de flera fall kraftigt överskattade. Detta gäller främst för spridning av gasmoln där hinder, exempelvis en skog, i realiteten kan antas skapa en stor inblandning av luft i gasmolnet vilket minskar det avstånd inom vilka toxiska eller brännbara koncentrationer i realiteten kan uppkomma. Vidare så kan terräng eller byggnader hindra jetflammar från att nå bakomvarande verksamheter. Detta beaktas inte i de redovisade konsekvensavstånden i avsnitt 6, men diskuteras i relevanta fall i avsnitt 7.1 till 7.6. Den använda beräkningsmodellen antar att konsekvenserna sprids på ett i princip öppet fält utan större hinder som hindrar eller påverkar effekten.

Slutligen så har samtliga scenarion tillåtits nå steady state, dvs. effekten av ESD har inte beaktats. Normalt antas detektering av utsläpp med efterföljande aktivering av ESD ske inom 30 till 60 sekunder, vilket kraftigt påverkar påverkansområdet av ett utsläpp.

7.1 Mindre läckage av LBG (rörbrott/slangbrott)

Små läckage av LBG kan i princip uppkomma var som helst i anläggningen, exempelvis i form av läckande flänsar eller ventiler. Denna typ av mycket små läckage kan förväntas vara relativt frekvent förekommande och risken för dessa hanteras med zon-klassning enligt ATEX-direktivet. Den läckagestorlek som ansatts

som ett "mindre läckage" för att beräkna risken för påverkan i denna utredning antas utgöras av ett rör-/eller slangbrott, vilket skulle kunna anses vara ett relativt stort läckagescenario. Rör- och slangbrott är betydligt mindre sannolika än packnings- eller ventilläckage som nämns ovan.

Den svagaste punkten i ett system med utlastning till fordon är generellt sett slangar då dessa är rörliga, innebär ett mått av manuell hantering samt kopplas till rörliga fordon för transport av produkt.

Konsekvensen av ett slangbrott i LGB-utlastningen kan nå den lokala vägen till Renova, se avsnitt 6.1.1. Scenariot innebär ingen risk för dominoeffekter för närliggande anläggningar.

Enligt HSE [9] kan sannolikheten för allvarlig skada (giljotinbrott) på slang uppskattas till $2E-07$ per lastning för moderna anläggningar utrustade med breakaway-koppling¹. Om det antas att det sker 200 lastningar av LBG per år vid biogasanläggningen innebär detta en uppskattad grundfrekvens för slangbrott om $4E-05$ per år.

Även utan beaktande av skyddsåtgärder, utöver breakaway-koppling, så bedöms individrisknivån på grund av ett slangbrott i LBG-utlastningen vara i den lägre delen av ALARP-området enligt DNV's föreslagna kriterier, se avsnitt 2.3, om man beaktar de generella yttre faktorer som redovisas i inledande stycke avsnitt 7.

För att nå en tolerabel risknivå bedöms det dock att det kan komma att krävas ytterligare skyddsåtgärder i anläggningen. Vilka åtgärder som implementeras behöver bestämmas i detaljprojektering av anläggningen, men förslag på vanliga åtgärder för denna typ av anläggning redovisas exempelvis i LNGA 2020 [10]. Möjliga åtgärder inkluderar detektion av läckage och brand med automatisk aktivering av ESD, gropar för uppsamling av LBG-läckage samt manuella nödstopp/död mans grepp för chaufför av LBG-lastbil.

Individrisknivån med avseende på slangbrott i LBG-utlastningen bedöms vara tolerabel efter införande av "standardmässiga" åtgärder enligt ovan.

7.2 Större läckage av LBG (tankhaveri)

Ett tankhaveri innebär en momentan stor skada på en tank vilket leder till att hela tankens innehåll läcker ut. Orsaker till tankhaveri kan vara yttre påverkan, exempelvis tappad last, påkörning etc, korrosion, utmattning av material över tid eller att designkriterier överskrids pga avvikelser i processen.

Enligt beräkningar i avsnitt 6.1.2 kan ett tankhaveri leda till omgivningspåverkan på stora avstånd från anläggningen. Flertalet skademekanismer kan nå Renovas anläggning och den lokala vägen till denna vilket innebär risk för tredje man. Endast gasmolnexplosion kan nå övriga verksamheter och skapa dominoeffekter. Man bör dock notera att det kan ifrågasättas om det överhuvudtaget kan uppkomma en gasmolnexplosion med farliga övertryck vid läckage av metan i en "icke-tät"² miljö i det fria, se inledning av avsnitt 6.

¹ Breakaway-koppling innebär att en ventil stänger automatiskt om slangen utsätts för en viss dragkraft.

² Engelskans "ungcongested" eller "unconfined"

Enligt BEVI [5] kan grundfrekvensen för tankhaveri uppskattas till $5E-07$ per år. Detta innebär att individrisknivån, utan hänsyn till yttre faktorer så som vindförhållanden, tid på dygnet etc. är i den lägre delen av ALARP-området enligt DNV's kriterier.

Vid beaktande av yttre faktorer så bedöms individrisknivån vara tolerabel enligt DNV's kriterier.

Risken för dominoeffekt beror utöver yttre faktorer så som vindförhållanden, till stor grad på när antändning sker och det närliggande områdets topografi samt förekomst av objekt som skapar inblandning av luft i molnet. De redovisade beräkningarna i avsnitt 6.1.2 antar att antändning sker i exakt det ögonblick när gasmolnets explosiva massa resulterar i det längsta möjliga påverkansavståndet för den aktuella skademekanismen för scenariot. Vidare beaktar inte beräknade påverkansavstånd omgivningens topografi, vilket beskrivits i inledningen av avsnitt 7. Givet den redan låga grundfrekvensen för tankhaveri ($5E-07$ per år) bedöms risken för dominoeffekter mot kringliggande verksamheter vara mycket låg.

Ovanstående bedömningar innebär inte att "standardmässiga" barriärer för denna typ av system kan bortses från i projekteringen av anläggningen. Detta innebär bland annat att rutiner för säkra lyft, påkörningsskydd runt tankar, genomförande av HAZOP inkl. SIL-bedömning av processsystemet samt återkommande inspektioner av tankar skall implementeras/genomföras.

7.3 BLEVE LBG-tank

En BLEVE uppstår när en tank, innehållande en vätska som ligger över sin kokpunkt och under tryck, fallerar på ett katastrofalt sätt. Detta förhållande kan uppkomma om man under lång tid värmer upp en trycksatt tank med yttre påverkan, exempelvis en pölbrand under tanken eller en jetflamma som ligger emot ytan.

Enligt beräkningar i avsnitt 6.1.3 kan eldklotet från en BLEVE i biogasanläggningen leda till påverkan på tredje man i Renovas anläggning. Övertrycket från BLEVE i biogasanläggningen når inte utanför verksamhetsområdet. Någon dominoeffekt kan inte uppkomma för scenariot.

Enligt BEVI [5] kan grundfrekvensen för BLEVE uppskattas till $2,5E-07$ per år³. Detta innebär att individrisknivån, utan hänsyn till yttre faktorer så som tid på dygnet etc. är i den lägre delen av ALARP-området enligt DNV's kriterier. Notera att vindförhållanden inte påverkar konsekvensen vid BLEVE.

Barriärer som minskar risken för BLEVE är mekaniska säkerhetsventiler dimensionerade för att hantera tryckuppbyggnad vid yttre brandpåverkan, krav på flänsorientering i närheten av tankar⁴ samt tillgång till kylvatten. Då BLEVE ofta är ett utdraget förlopp, där en tank behöver utsättas för yttre värmepåverkan under en längre tid, bedöms det även i många fall finnas möjlighet att utrymma närområdet innan den farliga konsekvensen uppstår.

Vid beaktande av yttre faktorer samt "standardmässiga" barriärer bedöms individrisknivån vara tolerabel enligt DNV's kriterier.

³ Frekvensen gäller LPG tankar

⁴ MSBFS 2020:1- 4 kap. 3 §

7.4 Läckage av ammoniak

Läckage av ammoniak kan uppkomma på grund av ex. rörbrott, läckage i värmeväxlare eller liknande. Rörbrott bedöms vara den mekanism som är mest relevant att riskbedöma. Grundsannolikheten för rörbrott anges av HSE [9] till $5E-07$ per meter per år. Med tanke på den begränsade mängden ammoniak (100 kg) bedöms även antalet rörmeter vara begränsat och antas till 20 meter. Resulterande grundfrekvens för läckage av ammoniak blir med dessa antaganden $1E-05$ per år.

I avsnitt 6.1.4 redovisas avstånd till AEGL-2 30 minuter och AEGL-3 30 minuter, vilka antyder ett förhållandevis långt påverkansavstånd med risk för påverkan både på Renovas anläggning samt den lokala vägen till Renova. Den begränsade mängden ammoniak i systemet (100 kg) innebär dock att exponeringen inte kommer att pågå i 30 minuter, varför studerade AEGL-värden bedöms ha mindre relevans för denna riskbedömning.

Utöver AEGL-värden, redovisas i avsnitt 6.1.4 även det avstånd vid vilket Phast, baserat på dos-effekt sambandet vid ett utsläpp av 100 kg ammoniak, anger att 0,1%, 1% respektive 10% av utsatta personer kan förväntas omkomma.

Dessa beräkningar visar att risken för dödsfall i Renovas anläggning baserat på detta scenario är lägre än $1E-08$ per år och därmed tolerabel enligt DNV's kriterier även utan att beakta barriärer eller yttre faktorer så som vindförhållanden, tid på dygnet etc.

Individrisken för personer på den lokala vägen kan uppskattas till $1E-06$ per år för detta scenario. Detta innebär att risknivån innan beaktande av barriärer eller yttre faktorer så som vind, tid på dygnet etc. hamnar inom ALARP-området enligt DNV's kriterier. Vid beaktande av yttre faktorer bedöms individrisknivån sjunka till tolerabla nivåer. Detta innebär inte att "standardmässiga" barriärer för denna typ av system kan bortses från i projekteringen av anläggningen.

Scenariot innebär ingen risk för dominoeffekter för närliggande anläggningar.

7.5 Större läckage av kondenserad eten (tankhaveri)

Riskbedömningen för detta scenario överensstämmer i stort med den för tankhaveri i biogasanläggningen, se avsnitt 7.2, med den skillnad att påverkansområdet från gasmolnsexplosion inte når NCC Ballast eller Stenungsunds Kraftverk och att endast skademekanismen gasmolnsexplosion kan nå Renovas anläggning, se avsnitt 6.2.5.

Risken med avseende på tankhaveri i etenanläggningen bedöms vara tolerabel med avseende på tredje man och risken för dominoeffekter mot närliggande anläggningar bedöms vara mycket låg.

Ovanstående bedömningar innebär inte att "standardmässiga" barriärer för denna typ av system kan bortses från i projekteringen av anläggningen. Detta innebär bland annat att rutiner för säkra lyft, påkörningsskydd runt tankar, genomförande av HAZOP inkl. SIL-bedömning av processsystemet samt återkommande inspektioner av tankar skall implementeras/genomföras.

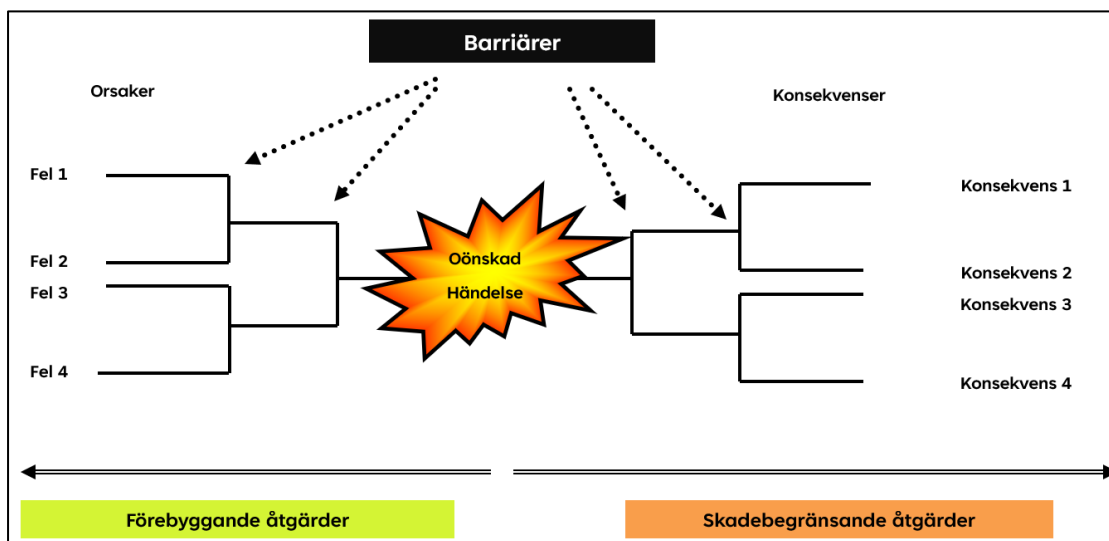
7.6 BLEVE eten-tank

Riskbedömningen för detta scenario överensstämmer med den för BLEVE i biogasanläggningen, se avsnitt 7.3.

8 Barriärer

De konsekvenser som har beräknats i avsnitt 6 har varken beaktat förebyggande eller skadebegränsande åtgärder och bör därmed ses som mycket konservativa. I avsnitt 7 diskuteras barriärer på en övergripande nivå.

Barriärer syftar till att minska risknivån i en verksamhet genom att agera förebyggande eller skadebegränsande, se Figur 8-1.



Figur 8-1: Barriärer kan vara förebyggande eller skadebegränsande.

Förebyggande åtgärder syftar till att minska sannolikheten för att en oönskad händelse uppkommer medan skadebegränsande barriärer syftar till att minska konsekvensen av en oönskad händelse.

I Tabell 8-1 redovisas på en övergripande nivå planerade och möjliga skyddsåtgärder för att minska riskerna i anläggningen. Implementering och exakt utformning av åtgärder skall beaktas i detaljprojekteringen av anläggningen.

Tabell 8-1: Skyddsåtgärder för att minska risken för en olycka i anläggningen

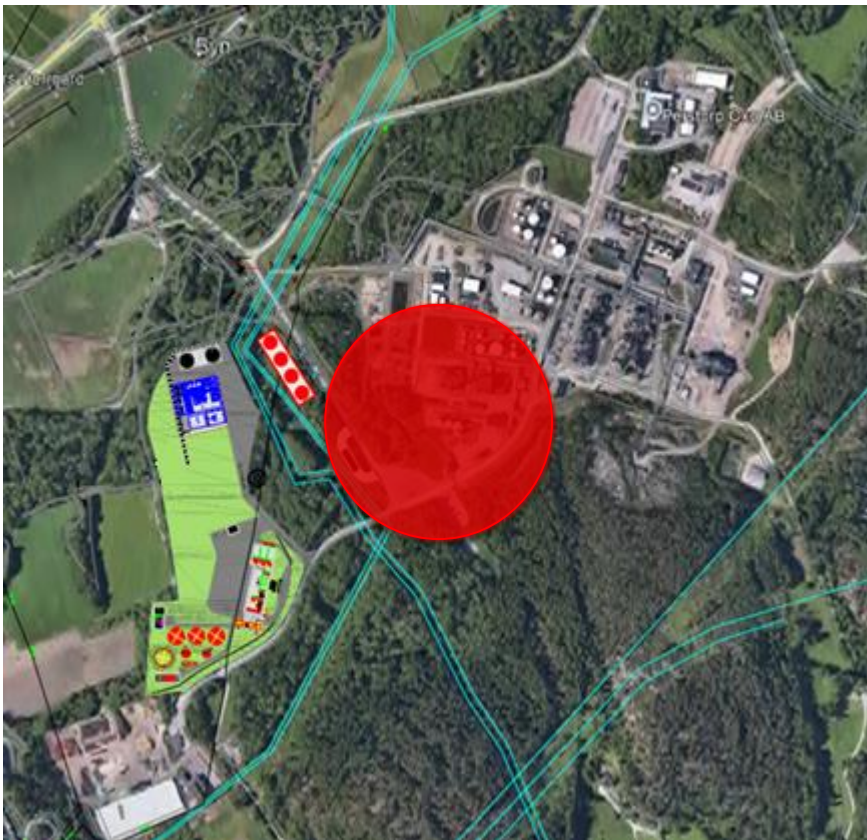
Förebyggande åtgärder	Skadebegränsande åtgärder
Designen uppfyller relevanta lagar och standarder	Utbildning av personal i nödlägeshantering
Utbildning av personal i drift av anläggningen inkl. de risker som föreligger	Passiva och/eller aktiva brandsskyddssystem inkl. tillgång till kyl- och brandvatten (baserat på identifierade behov under designfasen)
Kvalitets- och säkerhetsledningssystem inkl. tillståndshanteringssystem	Ett eller flera detektionssystem (ex. gasdetektion, branddetektion etc.) med operatörsåtgärd och/eller automatiska åtgärder inkl. ESD-funktioner
Förebyggande underhåll, tillsyn (skyddsrondering) och besiktningar genomförs löpande	Manuella nödstopp
Skydd mot mekanisk påverkan så som ex. påkörning, tappad last etc. där behov identifieras under detaljprojektering	Invallning kring tankar med flytande kemikalier och brandfarlig vara där så bedöms nödvändigt. Uppsamlingsgruppar för LBG-läckage där så bedöms nödvändigt
Säker processdesign. Säker processdesign uppnås genom robusta system med inneboende säkerhet där så är möjligt. Detaljerade processsäkerhetsanalyser (HAZOP och LOPA/SIL) genomförs under designfasen, där behov för säkerhetskritisk instrumentering, trippar, avsäkringar etc. identifieras och implementeras	Separationsåtgärder för att säkerställa erforderliga avstånd mellan anläggningsdelar och utrustning samt åtkomst för Räddningstjänst
Det kommer att finnas tillgång till kylvatten på site (förebyggande åtgärd för att förhindra BLEVE)	Hårdgjorda ytor och släckvattendamm med stängventil på utloppet för att möjliggöra uppsamling av spill, läckage samt släckvatten
Klassningsplan i enlighet med ATEX-direktivet	Rutin för kommunikation och kontakt med närliggande verksamheter samt Räddningstjänst vid olycka

9 Risk avseende närhet till Perstorp Oxo AB

Direkt öster om det planerade verksamhetsområdet ligger Perstorp Oxo AB. På Perstorps anläggning i Stenungsund produceras aldehyder, alkoholer, karboxylsyror och estrar från naturgas. Verksamheten omfattas av lag (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor enligt den högre kravnivån då hantering av i lagstiftningen relevanta kemikalier sker i stor omfattning.

Bedömning av risk för påverkan på Adesso BioProducts ABs planerade anläggning (dominoeffekt) utgår från Perstorp Oxo ABs säkerhetsrapport. I denna redovisas de scenarier för storskaliga olyckor som verksamheten identifierat och bedömt.

Det scenario inom Perstorps Oxo ABs anläggning som enligt företagets säkerhetsrapport ger längst konsekvensavstånd är ett stort utsläpp av propan, totalt 7 m³ under 3 minuter. Detta scenario kan enligt beräkningar som genomförts av Perstorp Oxo AB ge upphov till ett explosionsövertryck av 0,1 bar(g) på ett avstånd av upp till 175 meter från källan. Det framgår inte av företagets säkerhetsrapport exakt var propantanken är placerad inom anläggningen, men inte ens om det antas att propantanken är den tank som är placerad närmast Adesso BioProducts AB när påverkansområdet utrustning inom Adesso BioProducts ABs planerade anläggning, se Figur 9-1. Notera att de tankar som är placerade närmast Adesso BioProducts AB sannolikt är tankar för flytande produkt varför antagandet i figuren är mycket konservativt.



Figur 9-1: Angivet påverkansområde vid ett stort utsläpp av propan givet antagande att denna tank är den tank som är placerad närmast Adesso BioProducts ABs planerade verksamhet.



Handling
Konsekvensberäkningar Adesso
BioProducts AB Stenungsund

Uppdragsgivare
Adesso BioProducts AB

Datum
2024-10-15

Status
Version 1.0

Uppdragsnummer
242015-03

Uppdragsansvarig
Christoffer Käck

I övrigt kan det noteras att Perstorp Oxo AB har beaktat ESD-aktivering eller manuell nedstängning i flertalet av de redovisade scenarierna, vilket sannolikt påverkar det beräknade påverkansområdet.

10 Slutsats

Den riskbedömning som genomförts i denna utredning har utgått från ett beräknat möjligt påverkansområde för ett antal scenarier. Studerade scenarier har hämtats från den grovanalys som genomförts för anläggningen i ett tidigt skede. De scenarier som studerats är samtliga att betrakta som allvarliga scenarier och bedömdes inledningsvis kvalitativt att kunna utgöra risk för tredje man eller ge upphov till dominoscenarier i kringliggande verksamheter.

Beräknade påverkansområden bedöms vara mycket konservativa då de tillåtits gå till steady state, dvs. beaktar in möjlighet att stänga av utflöde med automatiska ESD-funktioner eller genom manuell nedstängning. Vidare beaktar genomförda beräkningar inte heller topografiska förutsättningar och hinder i terrängen så som byggnader eller objekt som skapar luftinblandning i gasmolnen. De beräkningar som redovisas i denna rapport bör betraktas som mycket konservativa.

Baserat på det beräknade påverkansområdet för respektive scenario valdes sex scenarier ut för att riskbedömas med avseende på risknivå, dvs. att utöver möjlig konsekvens/påverkansområde även beakta sannolikheten för scenariot. De scenarier som riskbedömts är de som enligt genomförda konsekvensberäkningar kan nå utanför verksamhetsområdet och utgöra risk för tredje man eller dominoeffekter i närliggande anläggningar. Följande scenarier har valts:

- Mindre läckage av LBG (rörbrott/slangbrott)
- Större läckage av LBG (tankhaveri)
- BLEVE LBG-tank
- Läckage av ammoniak
- Större läckage av kondenserad eten (tankhaveri)
- BLEVE eten-tank

Merparten av de värderade scenarierna bedöms vara mycket osannolika när man endast beaktar dess grundfrekves, dvs även utan beaktande av barriärer och yttre faktorer så som vindförhållanden (hastighet och riktning), tid på dygnet osv. När barriärer och yttre förhållanden beaktas bedöms risknivån kunna reduceras betydligt för de studerade scenarierna.

Med införande av relevanta och effektiva barriärer vid detaljprojektering av anläggningen bedöms risken för de studerade scenarierna reduceras till en nivå som innebär att risknivån för omgivningen kan anses vara tolerabel. Implementering och exakt utformning av åtgärder skall beaktas i detaljprojekteringen av anläggningen, men denna utredning har förutsatt att sådana skyddsåtgärder som kan anses "standardmässiga" i denna typ av anläggningar kommer att implementeras.

Risken för påverkan från Pertorp Oxo ABs anläggning (dominoeffekter) bedöms vara mycket lågt baserat på de scenarier som redovisas i bolagets säkerhetsrapport.



Handling
Konsekvensberäkningar Adesso
BioProducts AB Stenungsund

Uppdragsgivare
Adesso BioProducts AB

Datum
2024-10-15

Status
Version 1.0

Uppdragsnummer
242015-03

Uppdragsansvarig
Christoffer Käck

11 Referenser

- [1] Räddningsverket, "Värdering av risk," Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [2] Clancey, "Diagnostic Features of Explosion Damage," *6th International Meeting on Forensic Sciences*, 1972.
- [3] Health and Safety Executive UK, "Planning Case Assessment Guide," 2004, p. Chapter 3A.
- [4] Boverket, *Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd.*, 2023.
- [5] RIVM, *Reference Manual Bevi Risk Assessments version 3.2*, National Institute of Public Health and the Environment RIVM, 2009.
- [6] Technica Ltd, *Techniques for assessing industrial hazards A manual*, World Bank, 1988.
- [7] FOA, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser, metoder för bedömning av risker," 1998.
- [8] ProSa Process Safety Consulting AB, "Rapport Grovanalys Adesso BioProducts Stenungsund ver. 2.0," 2024.
- [9] HSE UK, "Failure Rate and Event Data for use within risk assessments," 2017.
- [10] Energigas Sverige, "LNGA 2020 - Anvisning för anläggningar av flytande metan," 2020.