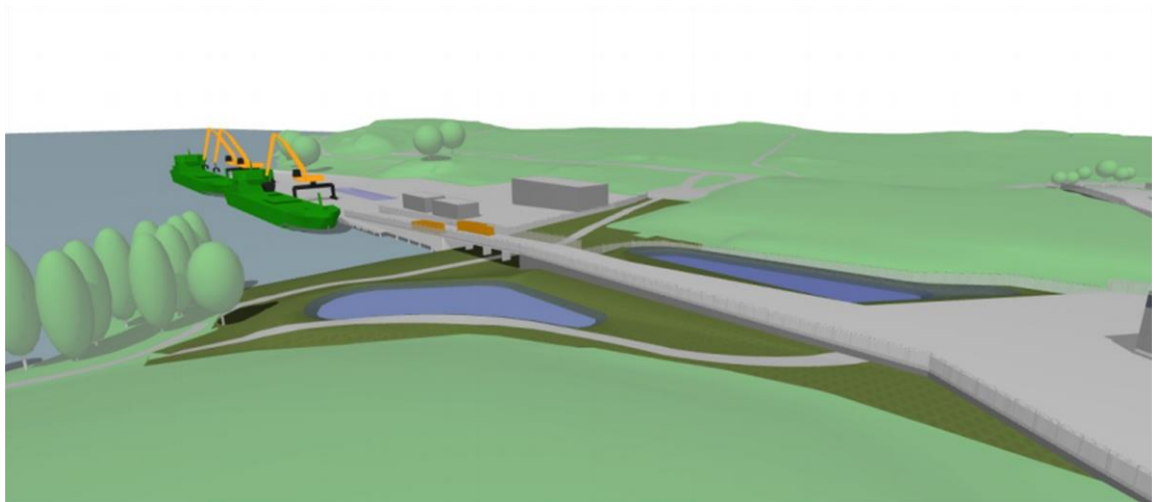


Brandriskreducerande åtgärder vid fartygstransport

Brandriskreducerande åtgärder för lastfartyg Lövsta Kraftvärme LKV, komplettering MKB

Slutgiltig

2021-10-15



Dokumenttyp: Brandriskreducerande åtgärder vid fartygstransport

Uppdragsnamn: Brandriskreducerande åtgärder för lastfartyg Lövsta Kraftvärme LKV,
komplettering MKB
Stockholm Exergi

Uppdragsnummer: 501912

Datum: 2021-10-15

Status: Slutgiltig

Uppdragsledare: Thomas de Korostenski

Handläggare: Thomas de Korostenski
Tel: 08-588 188 65
E-post: thomas.korostenski@brandskyddslaget.se

Alexander Elias
Tel: 08-588 188 04
E-post: alexander.elias@brandskyddslaget.se

Uppdragsgivare: Stockholm Exergi

| Datum | Egenkontroll | Internkontroll | Revidering avser |
|------------|--------------|--------------------------|--|
| 2020-09-25 | AES/TKI | MUU, WSP B&R | Första versionen |
| 2020-09-27 | AES/TKI | MUU, WSP B&R | Mindre justering avseende Heta arbeten i hamn. |
| 2021-10-15 | TKI | Martin Uulas, WSP B&R | |

Revideringar i förhållande till föregående version markeras i marginalen.

Sammanfattning

I förestående handling genomförs en analys för att identifiera brandriskreducerande åtgärder vid fartygstransport av balat avfall (RDF), RT-flis samt skogsbränsle till det planerade kraftvärmeverket vid Lövsta, Stockholm.

Syftet med denna analys är identifiera de åtgärder som kan vidtas för att reducera konsekvenserna vid en eventuell brand på fartyg. Målet är att, baserat på identifierade risker, framställa lämpliga riskreducerande åtgärder för fortsatt projektering av anläggningen. Således ämnar förestående analys utreda nedanstående:

Tydliggöra vilka rutiner och åtgärder som bör vidtas för att minimera risken för brand samt konsekvenser av brand i samband med fartygstransporter eller på fartyg vid kaj.

Tydliggöra vilka rutiner och åtgärder som bör vidtas för att minimera spridning av föroreningar vid brand i fartyg i anslutning till anläggningen eller invid kaj.

Aktuell anläggning planeras att åstadkomma en sammanlagd effekt om ca 400 MW värme. Detta sker genom förbränning av RDF-bränsle, RT-flis eller skogsbränsle som i första hand transporteras till anläggningen via fartyg. RDF-bränslet är torrt och kommer packat och inplastat i balar. RT-flis och skogsbränsle är dock ej balat och inplastat utan transporteras i lös form. Bränsletransporter till Lövsta Kraftvärmeverk uppskattas till ca 250-300 fartyg per år och sker i huvudsak med bulkfartyg med en längd av 90-110 m. Då aktuell farled medför att lastfartygen passerar ett antal vattentäktssområden på sin väg genom Mälaren beaktas särskilt en brands möjliga påverkan i form av utsläpp till vattnet.

Det förväntade brandförloppet i balat RDF-bränsle, kompakterat RT-flis eller skogsbränsle är en långsam process och ej ett snabbt explosionsartat brandförlopp. En eventuell brand i dessa bränslen pga. självantändning kännetecknas av en glödbland i stacken. Den ytbrand som i sällsynta fall kan förväntas på RT-flis eller skogsbränsle ger flamhöjder mellan 1 - 2 m. Aktuella bränsletyper transporteras i fartygens relativt täta lastutrymmen samt under skyddande ställuckor. Detta medför att syrenivåerna i lastutrymmena snabbt sjunker till låga nivåer vilket ytterligare försvårar självantändning och upprätthållande av ett brandförlopp.

Det långsamma brandförloppet ger möjligheten att en eventuell brand i bränslet kan hanteras på fast mark istället för på öppet vatten. Lämpning bedöms därmed vara det mest rimliga tillvägagångssättet vid brandsläckning då pyrande bränder i laster med kompakterade brännbara material kan vara mycket svårsläckta. För att kunna släcka effektivt och med så liten vattenåtgång som möjligt krävs alltså att man lossar lasten innan släckningsarbete. Släckinsats ska vidare ske på fördefinierad yta invid kajen. Inom denna yta ska åtgärder och system finnas för säkerställa att uppsamling av kontaminerat släckvatten kan ske på ett effektivt vis. Det kommer att finnas en förberedd volym i Lövsta för omhändertagande av kontaminerat släckvatten. Denna volym kan även användas för att sänka ner det branddrabbade bränslet i för att effektivt kunna släcka det. Vid brand på fartyg i ett lastskott är det vidare möjligt att skumfylla ett lastskottet med lättskum, se kapitel 11.

De risker som beaktas i förestående analys är förknippade med plötsligt inträffade händelser (olyckor) och inkluderar inte överlagda handlingar. De risker som hanteras involverar olika typer av brandförlopp som kan ha en negativ påverkan på närliggande miljö.

I korthet kan det utifrån genomförd analys konstateras att den kravställning utifrån SOLAS-konventionen som åligger alla fartygskonstruktörer och redare att följa medger en god nivå av grundskydd mot olyckshändelser i form av brand. I analysarbetet har inga oacceptabla risker identifierats. För att ändå beakta risken för uppkomst av brand längs fartygens planerade rutt, eller vid tillfälle då fartyg ligger invid kaj rekommenderas nedanstående säkerhetshöjande och konsekvensreducerande åtgärder.

Följande rutiner och åtgärder skall följas för att minimera risken för brand:

- Kontroll av balarnas kvalitet vid lastning, att de är hela etc. Avser RDF-bränsle.
- Kontroll av lasten innan infart genom Södertälje sluss. Avser samtliga bränslen
- Ha lasten under stängda luckor under hela transporten. Avser samtliga bränslen
- Säkerställa bränslets totala lagringstid innan det lastas. Avser samtliga bränslen
- Kontrollera temperaturer i stackar innan lastning. Avser RT/SF-bränsle.
- Kontroll av last fortlöpande under transporten, temperaturmätning, detektering av brandgaser, etc. Avser samtliga bränslen.

Konsekvenser av brand under transport eller vid kaj:

- Om inga avvikande händelser noteras vid kontroll innan inkörning till Mälaren är sannolikheten för en större brand som behöver tas om hand under färd väldigt låg när det gäller brand i lasten. Släckning av eventuell brand i bränslet hanteras vid Lövstakajen.
- För att ha en beredskap i de fall då mottagande av fartyg i Lövsta bedöms som olämpligt ska alternativa hamnplatser och rutiner finnas.
- Det ska finnas tillgänglig omlastningsyta med bassäng invid kajen som är avsedd för att omhänderta brandutsatt bränsle samt kontaminerat släckvatten.

Rutiner och åtgärder för att minimera spridning av föroreningar:

- Fördjupad insatsinformation och beredskap ska finnas vid Lövsta Kraftvärmeverk för att hantera släckinsats mot brand i bränsle och för att minimera risk för utsläpp av kontaminerat släckvatten.
- Kajdäcket skall vara försett med hög kant mot Mälaren och ska ha självfall från kajkant mot dagvattenbassäng.
- Rutin för att lyfta på en schaktmaskin som frilägger brandhärden och ger möjlighet för släckinsats med vattenkanon från kajen.
- Låta luckorna vara stängda och bekämpa branden genom att fylla brandutsatt lastskott med PFAS-fritt skum.
- Efter att branden släckts med skum så kan skummet tas om hand genom att slamsugas upp från lastskottet.
- Krisbåt med skadereducerande utrustning som vid behov kan lägga ut länsar etc. skall finnas.
- Ha god kontroll om hur de aktuella fartygens brandskydd och geometri ser ut så man förstår konsekvenserna av olika bekämpningsinsatser och välja det bästa ur släcknings- och miljösynpunkt.

Innehållsförteckning

| | |
|--|-----------|
| SAMMANFATTNING | 3 |
| 1. INLEDNING | 6 |
| 1.1 Syfte | 6 |
| 2. OBJEKTSBESKRIVNING | 6 |
| 2.1 Anläggningen | 6 |
| 2.2 Omgivning | 7 |
| 2.3 Transporter | 7 |
| 2.4 Bränsletyper | 8 |
| 3. ANALYSENS OMFATTNING | 11 |
| 3.1 Övergripande olycksscenarion | 12 |
| 4. ALLMÄNT OM RISKANALYS | 12 |
| 4.1 Riskanalysmetodik | 12 |
| 5. BESKRIVNING AV AKTUELLA FARTYGSTYPERS BESKAFFENHET I GRUNDUTFÖRANDE | 14 |
| 5.1 Styrande dokument | 14 |
| 5.2 Fasta släcksystem | 16 |
| 5.3 Branddetektionssystem | 17 |
| 5.4 Termiska och strukturella indelningar | 17 |
| 5.5 Organisation och egenförmåga | 18 |
| 6. SAMVERKAN VID FARTYGSOLYCKA | 19 |
| 7. STATISTISKT UNDERLAG | 20 |
| 8. GROVRISKANALYS | 21 |
| 8.1 Riskidentifiering – fartyg längs planerad rutt eller invid kaj | 22 |
| 8.2 Riskidentifiering – fartyg förtöjt invid kaj | 24 |
| 9. RISKVÄRDERING | 26 |
| 10. VIDARE ANALYS AV RELEVANTA OLYCKSSCENARION | 27 |
| 10.1 Brand i lastutrymme med brandspridning utanför startutrymme eller startsektion | 27 |
| 10.2 Brand inom övriga delar av fartyget med brandspridning utanför startutrymme | 30 |
| 11. DISKUSSION OCH SLUTSATS | 31 |
| REFERENSER | 36 |
| BILAGA A | 38 |

1. Inledning

Brandskyddslaget har av Stockholm Exergi fått i uppdrag att upprätta en analys för att identifiera brandriskreducerande åtgärder vid fartygstransport av bränsle i form av balat avfall (RDF), RT-flis samt skogsbränsle till det planerade Lövsta Kraftvärmeverk, Stockholm.

Förestående handling utgör kompletterande uppgift till projektets Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) och ska ligga till grund för bedömning av den planerade anläggningens påverkan på omgivningen vid händelse av brand i lastfartyg, samt möjliga riskreducerande åtgärder som kan vidtas i projektering och drift av anläggningen.

Revidering av analysen ska ske kontinuerligt vartefter fastställande av processteg och utformning sker.

1.1 Syfte

Syftet med denna analys är identifiera de åtgärder som kan vidtas för att reducera konsekvenserna vid en eventuell brand på fartyg. Målet är att, baserat på identifierade risker, framställa lämpliga riskreducerande åtgärder för fortsatt projektering av anläggningen.

Således ämnar förestående analys utreda nedanstående:

Tydliggöra vilka rutiner och åtgärder som bör vidtas för att minimera risken för brand samt konsekvenser av brand i samband med fartygstransporter eller på fartyg vid kaj.

Tydliggöra vilka rutiner och åtgärder som bör vidtas för att minimera spridning av föroreningar vid brand i fartyg i anslutning till anläggningen eller invid kaj.

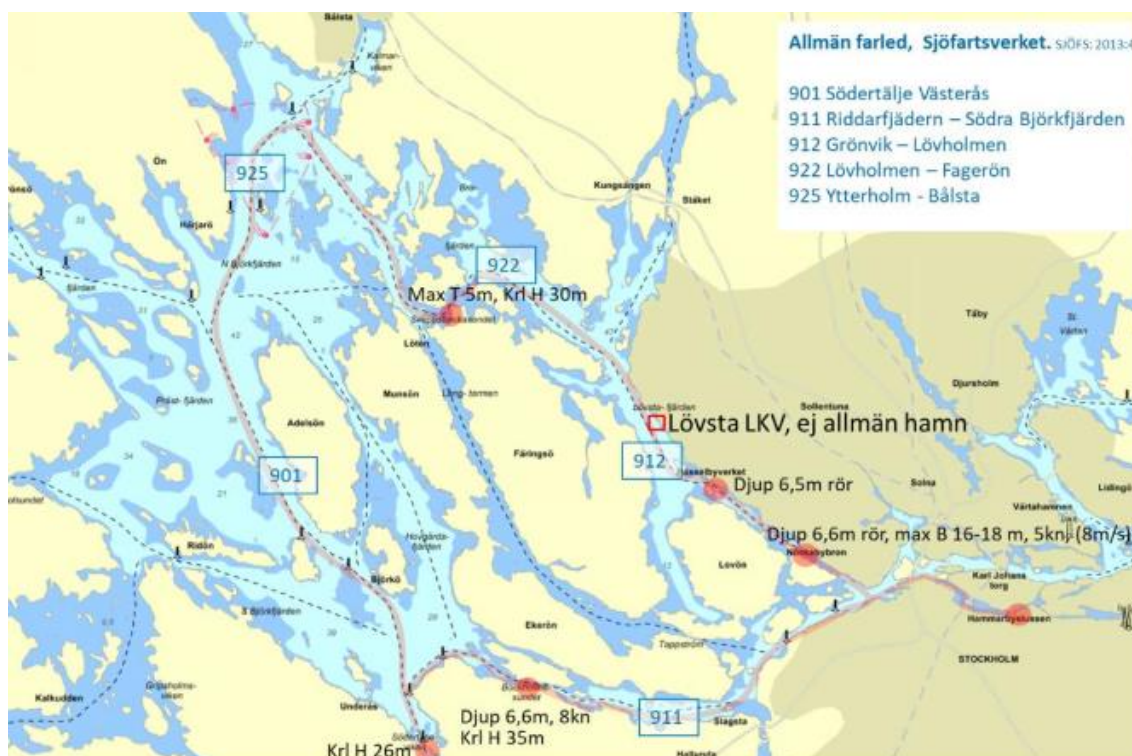
2. Objektsbeskrivning

2.1 Anläggningen

Stockholm Exergi har utfört en lokaliseringsanalys för ett nytt kraftvärmeverk där man utreder ett flertal olika alternativ [1]. Då det är mest fördelaktigt med fartygstransport är det aktuella förslaget lokaliserat till Lövsta. Detta medför att sjötrafikbilden i området mellan Södertälje och Lövsta förändras då transporter av bränsle sker med fartyg.

Anläggningen planeras att åstadkomma en sammanlagd effekt av 400 MW värme. Pannan ska använda väl sorterat och förbehandlat avfall som bränsle s.k. RDF (Refuse Derived Fuel). RDF-bränslet är torrt och kommer packat i balar. Vid anläggningen ska man även kunna använda trä i form av biobränslen som grot, bark, spån och likvärdiga bränslen samt RT-flis [2].

Anläggningen är förberedd för att kunna ta hand om dagvatten samt kontaminerat släckvatten. Utloppet från uppsamlingsvolymerna kan stängas för att inte vattnet ska komma vidare till Mälaren. Vid tillfällen då volymerna stängs slamsugs det kontaminerade släckvattnet och transporteras bort för destruktion. Se illustration över de olika ytorna i Figur 1.



Figur 2 Farled från Södertälje till Lövsta (röd linje). Två alternativa rutter. [4]

Enligt tidigare utförd analys [4] bedöms farlederna uppfylla de säkerhetskrav som sjösäkerhetsmyndigheter ställer för denna typ av trafik i en allmän farled. Då farlederna utgör dricksvattentäkt bedöms det att utsläppsriskerna är av särskilt stor vikt att beakta.

2.4 Bränsletyper

2.4.1 RDF-bränsle

Det bränsle som kommer att transporteras med fartyg till Lövsta kraftvärmeverk är RDF-bränsle (Refuse Derived Fuel). En av riskerna med RDF-bränsle är självantändning. Även om risken för självantändning är lägre i denna typ av bränsle än i t.ex. biobränsle från skogen som transporteras i öppen form, under stängda luckor, finns fortfarande en viss om än mycket liten risk för självantändning [5]. RDF-bränslet är inplastat i ca 1,5 m³ stora balar. Inplastningen reducerar möjligheten för syre att tränga in i bränslet och därmed initiera en självantändning [6].

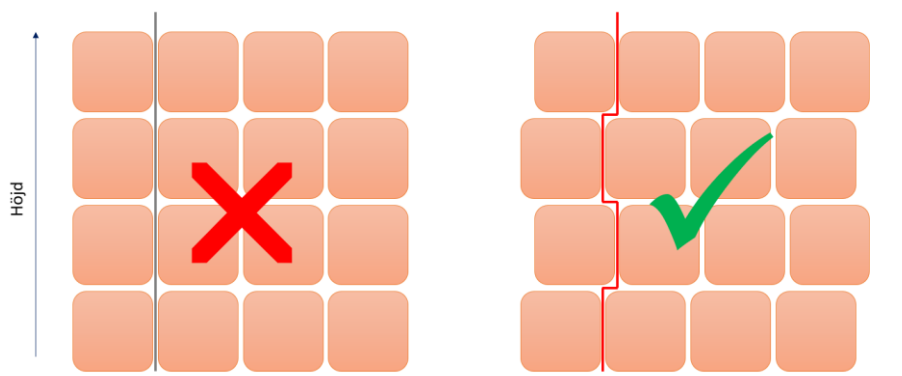
Vid löst lagrat RDF-bränsle har försök visat på att antändningstemperaturen sänks vid högre stackar [7]. Temperaturmätning av bränslet i lösa stackar kan ske med en lans. Detta är svårt att applicera på bränsle som är paketerat och balat. Det är möjligt att mäta yttemperaturen på det balade bränslet för att upptäcka en självantändningsprocess. Uppvärmningen visar sig oftast på ytan inom 24 timmar [8] och den kritiska yttemperaturen för detta sätts normalt till 50°C.

RDF-bränsle kan komma från olika verksamheter (brännbara fraktioner ur avfall från kommersiell, industriell eller kommunal verksamhet) och utgörs exempelvis av bygg- och rivningsavfall, plast, papper etc. Industriavfall, vilket ska användas i Lövsta, har ofta en homogenare sammansättning med lägre fukthalt och därmed är risken för självantändning lägre än om bränslet kommer från hushåll. Aktuell bränslesammansättning innehåller inte några fraktioner utav hushållsavfall.

Som ovan nämnt är det transporterade bränslet inplastat i balar. För att reducera självantändningsrisken, som orsakas av inträngning av syre, kan balen lindas runt tvärgående vilket kommer göras för aktuellt bränsle. Det lindas med ca 10-12 lager plast för att säkerställa balens integritet. Det rekommenderas att balat RDF-bränsle inte lagras mer än 3 månader och maximalt 6 månader [8]. Det är av vikt att Stockholm Exergi vet hur länge bränslet har lagrats innan det transporteras till Lövsta för att ta med det i den totala möjliga lagringstiden.

För att än mer minska sannolikheten för brand till följd av självantändning eller påverkan från yttre tändkälla transporteras balarna i lastutrymmen med slutna luckor. Denna inneslutning medför att syrenivåerna i lasten hålls på en låg nivå under transport. Sådana lastluckor öppnas normalt ej under transportens gång. Enda tillfällena då lastutrymmena är helt öppna är således under stuvning och lossning.

Vid transport på fartyg bör man vidare eftersträva att lagra balarna om vartannat för att minska brandspridningen mellan balarna. Detta för att undvika möjlig skorstenseffekt mellan det balade materialet. Se principillustration nedan.



Figur 3 Illustration av fördelaktig lagring av balat RDF-bränsle.

Vid släckförsök har det visat sig att vatten har svårt att penetrera in i stacken eller det balade bränslet. Detta beror bland annat av att smält plast stelnar i det branddrabbade området när vatten kylar plasten och på detta sätt skapar en barriär för att vatten ska kunna fortsätta tränga in i balen [9]. Rekommendationen är att kunna omfördela bränslet på en lämplig yta för att där kunna släcka det [10]. Då brandförloppet, enligt utförda försök [9], i det balade bränslet inte förväntas ha en snabb effektutveckling och snabbt bli en storskalig brand är det lämpligt att från fartyget kunna lasta av den utsatta balen på fast mark och där genomföra släckning. På detta sätt hindrar man fortsatt brandspridning till intilliggande balar. På kajen i Lövsta kommer det finnas uppsamlingsvolymmer för släckvatten. Det är en möjlig släcktaktik att sänka ner balarna i detta för att släcka balen effektivt.

2.4.2 RT-flis

Returträ, RT-flis eller "återvunnet träbränsle" definieras som träbränsle som tidigare har haft annan användning t.ex. rivningsvirke [11] [12]. RT-flis klassas normalt i tre grupper (1) Vitt, (2) målat och (3) impregnerat. RT-flis innehåller normalt 1-2% mekaniska föroreningar. Kan även innehålla icke magnetiska metaller och sten.

Fukthalt 12-25% där den torrare delen bedöms komma från England.

Returträ kan vara förorenat av bl.a. färg, plast, metaller och kemikalier i form av olika träskyddsmedel. RT-flis innehåller en betydande andel finfraktion. Fraktioner mindre än 4 mm utgör i många fall 25-40% av bränslemängden. Risken för dammexplosion är beroende av kombinationen fukthalt och andel finfraktion.

En temperaturövervakning inom stackarna kan ge tidig varning om aktivitet som kan leda till självantändning och därmed kan förloppet hindras i tid [13].

Olika parametrar påverkar hur uppkomst av brand kan ske. De mest aktuella redovisas nedan:

- Glödbrand som beror på biologisk- och kemisk nedbrytning
- Katalysatorer i bränslet så som metallpartiklar och främmande material
- Olika bränslesorter med olika fukthalter blandas
- Högre packning i stacken pga lastfordon som trafikerar bränslet
- Ansamling av vatten i stacken vilket leder till förhöjd fuktvandring

Det finns fler parametrar som påverkar uppkomst av brand men som inte är aktuella vid transport på fartyg. Dessa redovisas nedan:

- Högre lagringshöjder än rekommenderat
- Lagringstider över det rekommenderade
- Lastfordon som antänder bränslet

För att än mer minska sannolikheten för brand till följd av självantändning eller påverkan från yttre tändkälla transporteras bränslet i lastutrymmen med slutna luckor. Denna inneslutning medför att syrenivåerna i lasten hålls på en låg nivå under transport. Sådana lastluckor öppnas normalt ej under transportens gång. Enda tillfällena då lastutrymmena är helt öppna är således under stuvning och lossning. Under själva lastningen och lossningen finns det en luckbas som kontrollerar i- och urlastning under hela förloppet.

Dammexplosioner

RT-flis är ett relativt torrt bränsle. Då bränslet ligger still och inte förflyttas under fartygstransporten är risken för dammexplosioner låg. Riskreducerande åtgärder, avseende dammexplosioner, vid lossning hanteras vid detaljprojektering av anläggningen.

2.4.3 Trä i form av biobränslen som grot, bark, spån och likvärdiga bränslen
Eftersom trä i form av biobränslen är ett brännbart organiskt material kan värmen som inte leds bort, utan ackumuleras i materialet, skapa sådana förhållanden att självantändning uppstår, dvs. den mängd energi som produceras är större än den mängd som leds bort. Detta är principen för självantändning.

Det finns tre klart urskiljningsbara processer som leder till självantändning:

- biologiska
- fysikaliska
- kemiska

En biologisk initialprocess kan uppstå genom att bakterier producerar värme då de "arbetar". Detta kan ge en uppvärmning av organiskt material till 60 - 70°C. Härigenom ökar reaktionshastigheten kraftigt och en kemisk eller fysikalisk process fortsätter uppvärmningen till självantändning.

Fysikaliska processen innebär värmeutveckling i samband med fukttransport i bränslet. Fenomenet är känt från boardindustrin där självantändning i porösa fiberplattor förekommer och har dokumenterats utförligt.

Det kemiska förloppet kännetecknas av att det finns material i bränslet som är oxiderande, dvs. det förekommer en kemisk reaktion som avger värme. Oxidation katalyseras av vissa främmande metallföremål.

För organiska material gäller följande: normalt ökar risken för självantändning vid långa lagringstider och vid höga fukthalter. Erfarenheter visar också att blandning av material (icke-homogent) ökar risk för självantändning. Självantändningsprocessen kan övervakas genom att kontinuerligt mäta temperatur, fukthalt och andra viktiga egenskaper hos bränslet. De rekommendationer som finns avseende lagringshöjder i sönderdelat material varierar mellan 7-15 m [14]. Planerad transport erfordrar inte högre stackar än detta och ej heller under en tid som är längre än 3 månader varvid denna påverkansfaktor bedöms som låg.

För att än mer minska sannolikheten för brand till följd av självantändning eller påverkan från yttre tändkälla transporteras bränslet i lastutrymmen med slutna luckor. Denna inneslutning medför att syrenivåerna i lasten hålls på en låg nivå under transport. Sådana lastluckor öppnas normalt ej under transportens gång. Enda tillfällena då lastutrymmena är helt öppna är således under stuvning och lossning. Under själva lastningen och lossningen finns det en luckbas som kontrollerar in- och urlastning under hela förloppet.

Bränder i bränslestackar består antingen av glödbland inne i stackarna och/eller en ytbrand med ca 1 – 2 m höga lågor.

Vid släckinsatser mot löst lagrat biobränsle är rekommendationerna att separera brandhärden från intilliggande lagrat material. På avsedd yta bekämpa det lokalt med vatten som kan omhändertagas för att inte kontaminera omgivningen [15].

3. Analysens omfattning

De risker som beaktas i förestående analys är förknippade med plötsligt inträffade händelser (olyckor) och inkluderar inte överlagda handlingar. De risker som hanteras involverar olika typer av brandförlopp som kan ha en negativ påverkan på närliggande miljö.

I analysen har hänsyn inte tagits till långsiktiga effekter av hälsofarliga ämnen eller miljöfarliga utsläpp.

Då de farleder som är aktuella för nyttjande vid bränsletransport passerar i närheten av råvattenintag till olika vattenverk är risker relaterade till utsläpp av skadliga ämnen från passerande fartyg särskilt kritiska. Bedömningar av utsläppsmängder, drift och spridning på vattenytan samt koncentrationsfördelning i vattenvolymer omfattas ej av förestående rapport.

3.1 Övergripande olycksscenario

Nedanstående listas de övergripande sluhändelser som bedöms vara intressanta att beakta vidare genom riskanalys avseende sannolikhet för uppkomst samt grad av olyckskonsekvens ur ovan nämnda aspekter. Således avgränsas rapporten såväl geografiskt som scenariomässigt enligt nedan.

- Brand i fartygs driftutrymmen längs planerad rutt från inträde i Mälaren till Lövsta
- Brand i fartygs lastutrymme längs planerad rutt från inträde i Mälaren till Lövsta
- Brand i fartygs driftutrymme då fartyg är förtöjt invid kaj vid lossningsarbete
- Brand i fartygs lastutrymme då fartyg är förtöjt invid kaj vid lossningsarbete

För scenarion relaterade till brand eller olyckshändelse i kraftvärmeverkets anläggning hänvisas till tidigare upprättad brandriskanalys för anläggningen som sådan [16].

4. Allmänt om riskanalys

I detta avsnitt redogörs kortfattat för den riskanalysmetodik som nyttjats vid framtagande av denna rapport.

4.1 Riskanalysmetodik

I nedanstående avsnitt redovisas tillämpad riskanalysmetodik, vilken bygger på metodiken Formal Safety Assessment (FSA) som tagits fram och regleras av International Maritime Organization (IMO) [17].

En riskanalys enligt FSA-metodiken ska enligt IMO i korthet omfatta följande steg:

1. Identifiering av risker
2. Riskanalys
3. Utredning av möjliga olycks- och skadeförebyggande åtgärder
4. Kostnad/ nytto-analys av åtgärder
5. Slutsatser, beslut och rekommendationer

4.1.1 Riskinventering

Riskinventeringen syftar till att, i så omfattande grad som möjligt, kartlägga tänkbara olycksscenarioer och negativa konsekvensutfall. Detta görs genom att betrakta systemets ingående delar, både som fristående enheter men även ur ett holistiskt perspektiv där samverkan mellan olika systemnivåer kan ge upphov till oönskade utfall.

Aktuell riskinventering utförs i form av workshop/gruppdiskussion med utvalda personer besittande relevant kompetens inom riskanalys eller sjöfart respektive verksamhetsutövande vid kraftvärmeverk.

4.1.2 Riskbedömning

Utifrån ovan beskriven riskinventering genomförs en riskbedömning av de identifierade olycksscenarioerna. Detta görs genom att för respektive olycksscenario väga antaganden om sannolikheten för att olyckan ska inträffa mot de negativa konsekvensernas storlek. På så vis erhålls en samlad riskbild.

Som bakgrund till denna riskbedömning nyttjas orsakskartläggning och sannolikhetsbedömning respektive konsekvensanalys enligt nedan.

Orsakskartläggning och sannolikhetsbedömning

I orsakskartläggningen bearbetas en given sluthändelse (ex. Brand i lastutrymme) framtagen vid riskinventeringen utifrån händelsens möjliga bakomliggande faktorer. Detta innebär att de faktorer som krävs för att olyckshändelsen ska inträffa identifieras (ex. den mänskliga faktorn). För att vidare bryta ner händelsekedjan till en nivå som är möjlig att bearbeta förgrenas därefter respektive olycksfaktor ut i enskilda förlopp (ex. heta arbeten).

När dessa enskilda förlopp identifierats analyseras vart och ett utav dessa genom gruppdiskussioner vid en risk-workshop, vid vilken relevanta kompetenser finns representerade. Denna övning mynnar sedan ut i en skattning av sannolikheten för att respektive förlopp ska kunna inträffa samt vilka bakomliggande faktorer som medför att erforderade skyddsbarriärer ej finns på plats eller felfungerar.

Konsekvensanalys

I detta moment behandlas respektive olyckshändelse (ex. brand i lastutrymme) negativa effekter i förhållande till de uppställda målen. I aktuellt fall görs således bedömning avseende en inträffad händelses påverkan på spridning av föroreningar vid brand.

I denna analys tas hänsyn till den grundnivå av skyddsbarriärer som finns i det drabbade systemet (samverkan mellan fartyg, hamn och närmiljö) samt robustheten i denna.

4.1.3 Riskvärdering

Utifrån riskbedömningen beskriven ovan genomförs sedan en värdering av de uppkomna olyckshändelserna. Detta utförs i aktuell analys genom att placera in respektive händelse, inkl. förgreningar ner till enskilda förlopp i en riskmatris med femgradig skala avseende sannolikhet respektive konsekvens.

Värdering av huruvida ett olycksscenario kan anses vara acceptabelt eller ej utgår från scenariots placering inom riskmatrisen. I denna bedömning anses risker inom det röda området som oacceptabla och ska därmed reduceras genom skadeavverkande åtgärder. Risker inom det gröna området bedöms däremot som acceptabla utan vidare åtgärder. Det gulmarkerade området däremellan benämns som ALARP-området (As Low As Reasonably Practicable). De risker som placeras inom detta område ska omprövas och om möjligt reduceras genom skadeavverkande åtgärder.

Nedan redovisas den riskmatris som nyttjas för bedömning av olyckshändelser i förestående analys.

Tabell 1. Riskmatris vilken nyttjas för värdering av risk utifrån de identifierade olyckshändelsernas inplacering.

| Konsekvens | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|
| Katastrof | 5 | | | | | |
| Mycket allvarlig händelse | 4 | | | | | |
| Allvarlig händelse | 3 | | | | | |
| Mindre allvarlig händelse | 2 | | | | | |
| Händelse med liten säkerhetspåverkan | 1 | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | Sannolikhet för händelsen | Extremt osannolik | Extremt avlägsen | Avlägsen | Sannolik | Frekvent |
| | Kvalitativ definition | Kommer sannolikt aldrig att inträffa | Kommer sannolikt inte att inträffa men kan anses som möjlig | Kommer sannolikt inte att inträffa men kan hända ett antal gånger | Kan inträffa en eller ett par gånger | Kan inträffa en eller flera gånger |

5. Beskrivning av aktuella fartygstypers beskaffenhet i grundutförande

Nedanstående presenteras kortfattat de krav som föreligger gällande aktuell typ av godsfartygs beskaffenhet avseende brandskydd.

5.1 Styrande dokument

Nedan redogörs i grova drag för de gällande lagrum, standarder och internationella överenskommelser som utgör styrande ramverk gällande storskalig transport av gods inom sjöfart. Nedanstående utgörs av relevanta dokument med koppling till riskhantering, skydd mot olyckor samt brandskydd.

Det övergripande regelverket för säkerheten ombord på fartyg styrs av den internationella konventionen för säkerhet för människoliv till sjöss (SOLAS) [18]. I denna konvention regleras brandsäkerhet mer ingående under avsnitt II-2.

SOLAS är tvingande för fartyg som trafikerar svenska farvatten och kontrolleras av Transportstyrelsens Hamnstatskontroller [19]. Syftet med SOLAS avsnitt II-2 är att:

1. minimera risken för att bränder och explosioner uppstår,
2. minimera risken för personskador,
3. minimera risken för skador på fartyget, dess last och miljön,
4. maximera möjligheten att innesluta, kontrollera och kväva bränder och explosioner i de utrymmen där de uppstår, och
5. ge tillräckliga och lättillgängliga utrymningsmöjligheter åt de ombordvarande.

Detta uppnås genom:

1. Indelning av fartyget i vertikala och horisontella zoner genom termiska och strukturella avspärningar.
2. Strukturell och termisk separering av bostadsutrymmen från övriga utrymmen i fartyget.
3. Begränsad användning av material.
4. Snabb detektering av brand.
5. Begränsning och släckning av brand i det utrymme där den uppstått.
6. Skydd av utrymningsvägar och tillträdesvägar för brandbekämpning.
7. Omedelbar tillgång till brandsläckningsutrustning.

Regelverk gällande brandskydd för godsartyg utgår som regel från SOLAS, men anpassas till lämplig kontext genom lokala och globala tolkningar och förtydliganden. Styrande dokument rörande brandskydd vid storskalig sjöfart utgörs bl.a. av nedanstående:

- The International Code for Fire Safety Systems (FSS CODE) [20]
- Transportstyrelsens författningssamling (TSFS) 2009:98 som endast gäller för svenskflaggade fartyg [21]

I International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code [22] redogörs i ytterligare detalj för hur stuvning och hantering av olika typer av last ska ske för att uppnå en god nivå av säkerhet.

SOLAS ger tre olika alternativa brandskyddsmetoder ombord på fartyg: Metod IC, IIC respektive IIIC. Dessa återges i Figur 4 nedan.

| Metod | Fasta släcksystem | Detektionssystem | Termiska och strukturella indelningar |
|-------|--|---|---|
| I C | | Rökdetektorer i alla korridorer, trapphus och utrymningsvägar inom bostadsutrymmen. | Alla inre indelningsskott ska vara obrännbara indelningar. |
| II C | Ett automatiskt sprinkler- och brandlarmsystem i alla bostads- och arbetsutrymmen, utom i utrymmen med låg eller obefintlig brandrisk. | Rökdetektorer i alla korridorer, trapphus och utrymningsvägar inom bostadsutrymmen. | |
| III C | | Ett brandlarmsystem som upptäcker varje brand i alla bostads- och arbetsutrymmen, utom i utrymmen med låg eller obefintlig brandrisk. I korridorer, trapphus och utrymningsvägar i bostadsutrymmen ska detekteringen ske med rökdetektorer. | Arean av något eller några bostadsutrymmen som innesluts av klass A- eller B-indelningar får inte överstiga 50 m ² . I allmänna utrymmen får denna area vara högst 75 m ² . |

Figur 4. Alternativa brandskyddsmetoder ombord på fartyg, ur SOLAS [19].

Utöver ovanstående skyddsåtgärder gäller även nedanstående, dvs. oaktat vilken metod som det aktuella fartyget konstruerats efter.

5.2 Fasta släcksystem

Enligt funktionskrav i 6§, TSFS 2009:98, som gäller för svenskflaggade fartyg ska:

Bränder ska kunna begränsas och släckas i det utrymme där de uppstår. Vidare ska släcksystemet uppfylla de krav som ställs i FSS-koden.

Gällande transportfartyg gäller följande enligt SOLAS avsnitt II-2 samt kap 7.1.3 i Bilaga 1, TSFS 2009:98:

Lastutrymmen på lastfartyg med en bruttodräktighet av minst 2 000 ska vara skyddade med antingen ett gasläckningssystem eller ett brandsläckningssystem som ger likvärdig säkerhet. Gassystemen ska uppfylla kraven i FSS-koden.

Beroende på klassning på lasten (RDF-balat bränsle) kan kravet på släcksystem slopas på fartyg som endast transporterar RDF-bränsle i enlighet med kap 7.1.4 i TSFS 2009:98 och SOLAS avsnitt II-2.

För lastutrymmen på lastfartyg som är konstruerade och enbart avsedda för transport av malm, kol, spannmål, otorkat virke och obrännbara laster eller annan last som har låg brandrisk enligt uppräknigen i MSC/Circ.671 och MSC.1/1395 kan Transportstyrelsen medge undantag från kraven i 7.1.3 och 7.2. Detta gäller under förutsättning att fartyget är utrustat med täckluckor av stål och effektiva stängningsanordningar för alla ventilationsöppningar och andra öppningar som leder till lastutrymmena.

Balat avfall finns inte omnämnt i varken IMSBC-koden eller IMDG-koden (SOLAS) och behandlas inte som särskilda brandrisker. Därmed ställs inga särskilda krav transport av denna typ av balat bränsle.

Avseende RT-flis anges några av de risker som är förknippade med transport på fartyg i IMSBC-koden (sid 357) [22]. De risker som noteras är risken för låg syrenivå i lastutrymmen samt att vid torra bränslen finns risk för friktionsbrand. Genom att hålla luckorna till lastutrymmet stängda reduceras syrenivån i utrymmet vilket reducerar risken för uppkomst av brand. Det är viktigt att luckorna hålls stänga om brand i lastutrymmet noteras.

Ovanstående innebär att aktuell fartygstyp som enbart transporterar RDF-bränsle i lastutrymmen med stålluckor ej kan förväntas vara utrustade med automatiska släcksystem inom lastutrymmen. Dock förekommer i flera fall fasta släckanläggningar i form av ex. CO₂-system (se intervju med Wagenborg Shipping som bilaga till denna handling). Detta då de flesta rederier nyttjar samma fartyg för bulktransport av olika typer av last. Det finns dock ingen garanti för att släcksystem finns installerat enligt ovan.

Avseende fartyg för transport av RT-flis och skogsbränsle föreligger krav enligt citerad text ovan på att dessa ska vara utrustade med fast släcksystem inom lastutrymmena. Släcksystemet ska vidare utgöras av ett gasläcksystem (CO₂) eller annat system som ger likvärdig säkerhet. Detta utgör således en förutsättning för alla de fartyg som kan komma att leverera RT-flis och skogsbränsle till anläggningen i Lövsta. Dessa fartyg är likt vid transport av RDF-bränsle försedda med stålluckor.

I enlighet med SOLAS och Figur 4 ovan kan fast släcksystem i bostads- och arbetsutrymmen förekomma om fartyget är konstruerat enligt metod IIC [19].

Maskinrum inom fartyg ska dock enligt kravställning i SOLAS vara utrustade med fast släckanläggning. Sådan släckanläggning är normalt utförd med släckmedel i form av CO₂, inert gas eller vattendimma [19].

5.3 Branddetektionssystem

Enligt funktionskrav 6§ i TSFS 2009:98 ska:

- Bränder ska kunna upptäckas i den zon där de uppstår.
- Utrymnings- och tillträdesvägar för brandbekämpning ska skyddas.

Även SOLAS ställer krav på att fartyg ska vara utförda med system för tidig upptäckt av brand. Utifrån dessa direktiv kan det konstateras att följande utrymmen är utrustade med branddetektion [19]:

- Maskinrum
- Korridorer, trapphus och utrymningsvägar inom bostadsområden

5.4 Termiska och strukturella indelningar

Enligt SOLAS avsnitt II-2 samt 6§ i TSFS 2009:98 ska fartyget sektioneras i vertikala och horisontella huvudbrandzoner med termiska och strukturella avgränsningar.

Fartygets skott och däck bör uppnå en viss brandintegritet i enlighet med de krav som ställs i Bilaga 1, regel 9, kap 2.3 i TSFS 2009:98.

Detta innebär att risken för spridning av en brand som uppstår i ett utav fartygets utrymmen till intilliggande utrymme begränsas. Branden begränsas därmed under viss tid (vanligen ca 60 minuter) till startutrymmet.

I korthet ska följande utrymmen i enlighet med SOLAS vara avgränsade av brandtåliga klass A-skott [19] (obrännbara material, förhindrar brand- och brandgasspridning i minst 60 minuter):

- Utrymmen som innehåller nödkraftkällor för kraft och belysning
- Styrhytt och navigationshytt
- Utrymmen som innehåller fartygets radioutrustning
- Brandkontrollstation
- Kontrollrum för framdrivningsmaskinerier som är belägna utanför maskineriutrymmet
- Utrymmen som innehåller centraliserat brandlarm
- Trappor
- Maskinrum
- Lastutrymmen
- Arbetsutrymmen med hög brandrisk

5.5 Organisation och egenförmåga

Nedan presenteras de rekommendationer och krav som föreligger fartygets organisation och vilken egenförmåga som krävs för att upprätthålla en god brandsäkerhet i enlighet med TSFS och SOLAS.

I TSFS 2009:98 står det:

Instruktionshandboken ska innehålla information om besättningens ansvar för brandsäkerheten på fartyget vid lastning och lossning och då fartyget är under gång. Den ska också förklara de nödvändiga brandsäkerhetsåtgärderna vid hantering av styckegods. På fartyg som transporterar farligt gods och flambara bulklaster ska instruktionshandboken innehålla hänvisningar till relevanta brandbekämpnings- och lasthanteringsinstruktioner i följande internationella dokument:

- IBC-koden
- IGC-koden
- IMDG-koden
- IMSBC-koden

Utifrån ovanstående, samt reglerat i SOLAS avsnitt II-2 ska besättningen ombord på ett fartyg ha erforderlig utbildning i brandbekämpning och brandövningar ombord ska hållas regelbundet.

Avseende tillgång till brandsläckningsmateriel ska finnas ett brandvattensystem bestående av brandpumpar, huvudbrandledning, brandposter, brandslangar och munstycken ombord. Det ska vidare finnas minst två brandpumpar som skall drivas av egna motorer.

Utöver detta ska det även i regel finnas minst en handbrandsläckare att tillgå för varje påbörjat 250-tal m² [19].

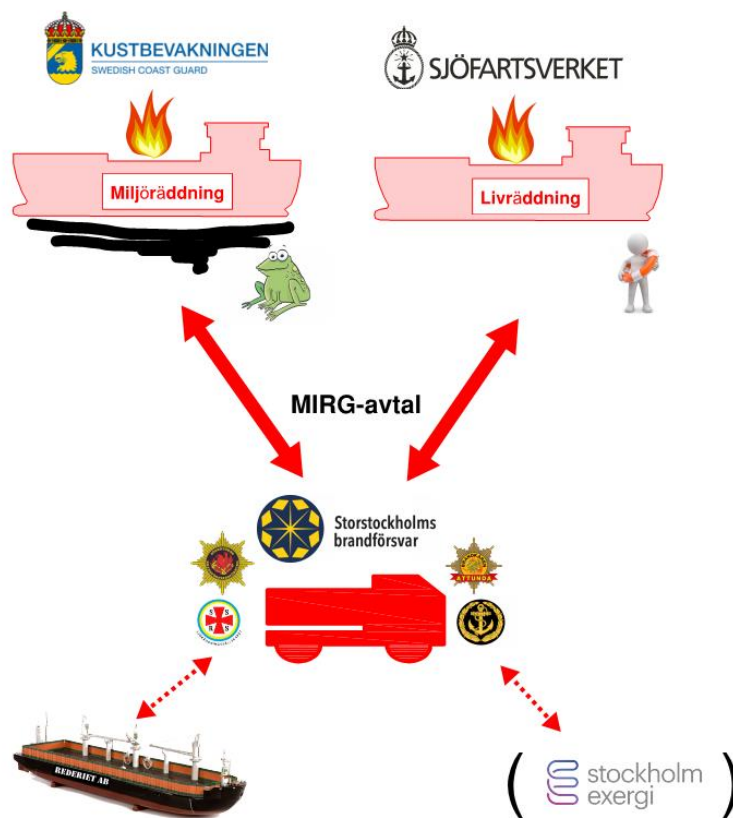
6. Samverkan vid fartygsolycka

Avseende ansvars- och resursförhållanden vid brandbekämpning till sjöss är strukturerna relativt komplexa, med flertalet aktörer involverade. Vem som är huvudansvarig för räddningsinsatsen beror i första hand på vilken typ av insats som situationen kräver, dvs. om det gäller livräddning (Sjöfartsverket) eller miljöräddning (Kustbevakningen). Dessa organisationer har även möjlighet att, genom MIRG-avtal (Maritime Incident Response Group) åberopa resurser och kapacitet från den kommunala räddningstjänstens specialutbildade insatsstyrkor.

Utöver detta krävs även samverkan med fartygets egen räddningsorganisation och samverkan kring tillgängliga redskap för liv- och miljöräddning. Det är även viktigt att uppmärksamma att särskilda omständigheter råder vid insatser ombord på fartyg. Detta då ett fartygs befälhavare har det yttersta ansvaret för fartyget.

Möjlighet till samverkan med verksamheten som sådan (Stockholm Exergi) finns även. Detta gäller dock framförallt vid olyckor då fartyg ligger förtöjda invid kaj. Det är dock viktigt att Stockholm Exergi har en utarbetad plan för vilka alternativ som finns vid en eventuell händelse. Planen bör innehålla bl.a. resurser, strategiska val om alternativ lämplig hamn att omdirigera fartyget till samt vilken släckmetod som är lämpligast att använda.

I nedanstående figur tydliggörs huvuddragen i den ansvarsfördelning som gäller vid räddningsinsatser till sjöss.



Figur 5. Schablonmässig beskrivning av samverkan vid insats mot fartygsbrand till sjöss.

Avseende kapacitet för insats finns räddningsfartyg och brandbekämpningsmateriel hos flera av de aktuella aktörerna. I grovt rangordnad storleksordning avseende förmåga listas dessa nedan:

Kustbevakningen – Har god kapacitet för insats avseende såväl brandbekämpning som vid miljöolyckor. Resursmässigt finns ett flertal båtar, från mindre båtar för snabba insatser till större fartyg med brandpumpar och möjlighet till inblandning av skumsläckmedel¹.

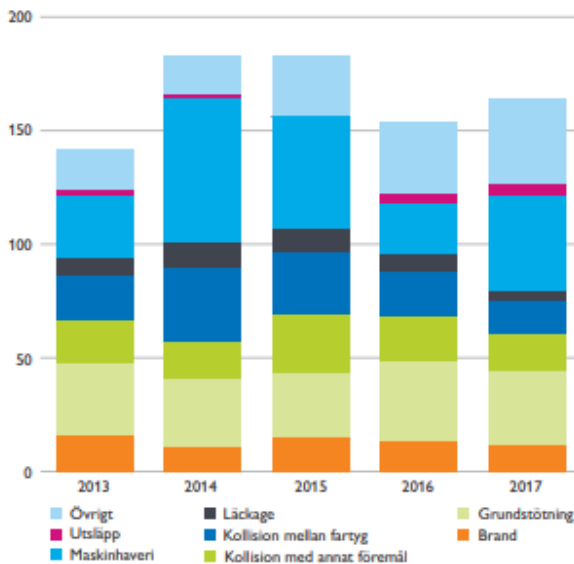
Räddningstjänst (i huvudsak Storstockholms Brandförsvär, men även de samverkande räddningstjänsterna Södertörns Brandförsvärsförbund och Brandkåren Attunda) – Den kommunala räddningstjänsten har beredskap och förmåga i form av specialutbildade MIRG-styrkor. Man har även tillgång till flertalet mindre båtar för snabb insats samt ett större fartyg (bygger på en modell av stridsbåt 90) med brandpump och möjlighet till inblandning av skumsläckmedel.

Sjöräddningssällskapet (SSRS) – Goda resurser för livräddning finns. Några utav SSRS båtar är utrustade med brandpumpar och annan manuell släckutrustning. Okänt om släckresurs med möjlighet till inblandning av skumsläckmedel finns.

Sjöpolisen i Nacka – Viss kapacitet att bidra vid insats finns genom Sjöpolisens båtar i Nacka. Flertalet utav dessa är utrustade med släckutrustning. Tillgänglighet till Polisens resurser beror dock på omfattning av deras egen verksamhet samt avgränsning i olika lagstiftningar.

7. Statistiskt underlag

För perioden 1998 – 2018 finns totalt 230 rapporterade fartygsincidenter inom det aktuella området [4]. Tillgänglig statistik inom Sverige är uppdelad med olika olyckstyper som inträffat vilka sammanställs av Transportstyrelsen. Det finns åtta olika olyckstyper representerade varav brand är en. Antal olyckor mellan 2013-2017 redovisas i Figur 6. Denna figur redovisar alla rapporterade händelser oavsett storlek på fartyg eller var branden inträffade.



Figur 6 Redovisning av antal olyckor 2013-2017, uppdelat efter olyckstyp. [23]

¹ Enligt [27] nyttjar Kustbevakningen skumvätska av icke-miljöskadlig typ (PFAS-fri skumvätska).

Vid sammanställning av statistik involverande lastfartyg inom Sverige rapporterades 46 brandincidenter under perioden 1985-2019 på lastfartyg [24]. De typer av händelser som har rapporterats är:

- Brand i elektriska installationer, 8 st.
- Brand i lastutrymmen, 14 st.
- Brand i maskinrum, 16 st.
- Brand i övriga utrymmen, 8 st.

Fyra utav dessa 46 har rapporterats som allvarlig olycka. Det går att utläsa från statistiken ovan att vanligast förekommande är brand i maskinrum följt av brand i lastutrymme. Dock visar inte statistiken på hur stor branden i lastutrymmet har varit och om fartygets egna resurser har hanterat branden. Under samma period (1985-2019) har sammantaget 7100 olyckshändelser rapporterats.

Den statistik som finns tillgänglig och som visar på vilken typ av last som varit aktuell vid en brandincident visar att 14 av 105 bränder inträffade på torrlastfartyg under perioden 1991-2000 [25]. De balar som utgör huvuddelen av det bränsle som ska transporteras till Lövsta är väl förpackade och inneslutna. Detta är inte bara för att reducera möjligheten till syreinträngning och initiering av självantändningsprocessen utan även av andra skäl bl.a. att inte sprida rester från balarna vid transport och därmed minimera mängden löst bränsle som lättare antänds av yttre tändkällor [6].

8. Grovriskanalys

Riskinventeringen utfördes i form av workshop/ gruppdiskussion där möjliga risker i förhållande till aktuell transportverksamhet identifierades. Underlag för workshop har utgjorts av utkast till riskkatalog (avsnitten 8.1 och 8.2).

Närvarande vid workshop-tillfället var:

- Alexander Elias (Brandskyddslaget)
- Christian Karnik (JD-Gruppen)
- Linn Arvidsson (Sweco)
- Martin Uulas (WSP)
- Niklas Sundén (Stockholm Exergi)
- Rainer Korkiamaki (Stockholm Exergi)
- Thomas de Korostenski (Brandskyddslaget)

I nedanstående avsnitt 8.1 samt 8.2 redovisas och beskrivs identifierade risker kortfattat i en riskkatalog. Uppdelning har gjorts mellan risker hänförliga till fartyg längs planerad rutt och fartyg förtöjt invid kaj. Observera att olyckor som likväl kan inträffa vid fartygets framdrift som invid kaj beaktas under avsnitt 8.1. Olyckor som endast bedöms kunna inträffa då fartyg är angjort mot kaj hänförs till avsnitt 8.2.

8.1 Riskidentifiering – fartyg längs planerad rutt eller invid kaj

I nedanstående tabell redovisas de identifierade olyckshändelser som bedöms kunna inträffa oaktat fartygets geografiska position (längs rutt eller invid kaj). Respektive händelse tilldelas i tabellen en storlek på konsekvens (K) och respektive orsak bakom inträffande av olyckshändelsen tilldelas en sannolikhet (S).

Tabell 2. Riskkatalog. Risker i denna tabell bedöms kunna inträffa såväl längs den planerade ruten i Mälaren som invid kaj.

| Händelse | Olycksfaktor | Orsak | Befintligt skydd | K | S | ID-nr. | |
|-----------------|--|-------------------------------------|---|--|-----|--------|-----|
| 1 | Brand i lastutrymme med RDF-bränsle, begränsad till startutrymme/-sektion | Mänsklig faktor | Rökning | Brandsektionering/ brandmotstånd i skott eller däck. | 2 | 3 | 1.1 |
| | | | Anlagd brand | "-" | 2 | 1 | 1.2 |
| | | | Mobila maskiner (handhållna elverktyg eller dylikt) | "-" | 2 | 2 | 1.3 |
| | | | Heta arbeten | "-" | 2 | 3 | 1.4 |
| | Tekniskt fel i utrustning antänder last | Elfel i lastutrymme | Elfel i lastutrymme | "-" | 2 | 3 | 1.5 |
| | | | Felaktig stuvning | "-" | 2 | 3 | 1.6 |
| | Sot-/ flygbränder från förbränningsmotor | Ej täckt last/ felaktig stuvning | "-" | 2 | 2 | 1.7 | |
| Självantändning | Felaktig stuvning/ balning | "-" | 2 | 1 | 1.8 | | |
| 2 | Brand i lastutrymme med RDF-bränsle, spridning utanför startutrymme/-sektion | Likvärdig som 1. | Likvärdig som 1. + Brandsektionering/ brandmotstånd i skott eller däck fallerar | 4 | 1 | 2.1 | |
| 3 | Brand i lastutrymme med RT-flis eller skogsbränsle, begränsad till startutrymme/-sektion | Mänsklig faktor | Rökning | Brandsektionering/ brandmotstånd i skott eller däck. Fast släcksystem. | 3 | 3 | 3.1 |
| | | | Anlagd brand | "-" | 3 | 1 | 3.2 |
| | | | Mobila maskiner (handhållna elverktyg eller dylikt) | "-" | 3 | 2 | 3.3 |
| | | | Heta arbeten | "-" | 3 | 3 | 3.4 |
| | | Elfel i lastutrymme | "-" | 3 | 3 | 3.5 | |

| | | | | | | | |
|----------|---|--|---|--|---|---|------------|
| | | Tekniskt fel i utrustning antänder last | Felaktig stuvning | -"- | 3 | 3 | 3.6 |
| | | Sot-/ flygbränder från förbränningsmotor | Ej täckt last/ felaktig stuvning | -"- | 3 | 2 | 3.7 |
| | | Självantändning | Felaktig stuvning/ balning | -"- | 3 | 1 | 3.8 |
| 4 | Brand i lastutrymme med RT-flis eller skogsbränsle, spridning utanför startutrymme/-sektion | Likvärdig som 1. | Likvärdig som 1. + Brandsektionering/ brandmotstånd i skott eller däck fallerar | -"- | 4 | 1 | 4.1 |
| 5 | Brand i maskinrum, begränsad till startutrymme | Mänsklig faktor | Rökning | Brandsektionering/ brandmotstånd i skott eller däck. Branddetektering. Fast släcksystem. | 1 | 2 | 5.1 |
| | | | Anlagd brand | -"- | 1 | 1 | 5.2 |
| | | | Mobila maskiner (handhållna elverktyg eller dylikt) | -"- | 1 | 2 | 5.3 |
| | | | Heta arbeten | -"- | 1 | 3 | 5.4 |
| | | Tekniskt fel i utrustning | Elfel i maskinrum | -"- | 1 | 3 | 5.5 |
| | | | Varmgång | -"- | 1 | 3 | 5.6 |
| | | | Oljeläckage | -"- | 1 | 3 | 5.7 |
| 6 | Brand i maskinrum, spridning utanför startutrymme | Likvärdig som 3. | Likvärdig som 3. + Brandsektionering/ brandmotstånd i skott eller däck fallerar | -"- | 3 | 1 | 6.1 |
| 7 | Brand inom övriga delar av fartyget, begränsad till startutrymme | Mänsklig faktor | Rökning | Brandsektionering/ brandmotstånd i skott eller däck. Branddetektering. | 2 | 4 | 7.1 |
| | | | Anlagd brand | -"- | 2 | 3 | 7.2 |
| | | | Mobila maskiner (handhållna elverktyg eller dylikt) | -"- | 2 | 2 | 7.3 |

| | | | | | | | |
|----------|---|---------------------------|---|-----|---|---|------------|
| | | | Heta arbeten | -"- | 2 | 2 | 7.4 |
| | | Matlagning | Torrkokning, vidbränning, gasolläckage | -"- | 2 | 2 | 7.5 |
| | | Tekniskt fel i utrustning | Belysning, elinstallationer och dylikt. | -"- | 2 | 2 | 7.6 |
| | | Påkänning | Väderförhållanden, felaktigt markerad farled, trafiksituation | -"- | 2 | 1 | 7.7 |
| 8 | Brand inom övriga delar av fartyget, spridning utanför startutrymme | Likvärdig som 5. | Likvärdig som 5. + Brandsektionering/ brandmotstånd i skott eller däck fallerar | -"- | 3 | 2 | 8.1 |

8.2 Riskidentifiering – fartyg förtöjt invid kaj

I nedanstående tabell redovisas identifierade olycksscenarion som bedöms vara direkt hänförliga till förutsättningar som råder då fartyg har angjort kaj. Respektive händelse tilldelas i tabellen en storlek på konsekvens (K) och respektive orsak bakom inträffande av olyckshändelsen tilldelas en sannolikhet (S).

Tabell 3. Riskkatalog. Inträffande av risker i denna tabell bedöms vara direkt hänförliga till tillfällena då fartyg ligger invid kaj.

| Händelse | Olycksfaktor | Orsak | Befintligt skydd | K | S | ID-nr. | |
|-----------|--|---|---|--|---|--------|-------------|
| 9 | Brand i lastutrymme med RDF-bränsle, begränsad till startutrymme/-sektion | Tekniskt fel i lossnings utrustning/ mekaniskt fel vid lossning | El- eller hydrauliskt fel i kranarm/ balgrep | Brandsektionering/ brandmotstånd i skott eller däck. | 2 | 2 | 9.1 |
| | | | Friktion/ gnistbildning | -"- | 2 | 2 | 9.2 |
| 10 | Brand i lastutrymme med RDF-bränsle, spridning utanför startutrymme/-sektion | Likvärdig som 7. | Likvärdig som 7. + Brandsektionering/ brandmotstånd i skott eller däck fallerar | -"- | 4 | 1 | 10.1 |
| 11 | | | El- eller hydrauliskt fel i kranarm/ gripklo | Brandsektionering/ brandmotstånd i skott eller däck. Fast släcksystem. | 3 | 2 | 11.1 |

| | | | | | | | |
|-----------|---|---|---|--|---|---|-------------|
| | Brand i lastutrymme med RT-flis eller skogsbränsle, begränsad till startutrymme/-sektion | Tekniskt fel i lossnings utrustning/ mekaniskt fel vid lossning | Friktion/ gnistbildning | -"- | 3 | 2 | 11.2 |
| 12 | Brand i lastutrymme med RT-flis eller skogsbränsle, spridning utanför startutrymme/-sektion | Likvärdig som 7. | Likvärdig som 7. + Brandsektionering/ brandmotstånd i skott eller däck fallerar | -"- | 4 | 1 | 12.1 |
| 13 | Brand i maskinrum, begränsad till startutrymme | Likvärdig som 3. | Likvärdig som 3. | Brandsektionering/ brandmotstånd i skott eller däck. Branddetektering. Fast släcksystem. | 1 | 2 | 13.1 |
| 14 | Brand i maskinrum, spridning utanför startutrymme | Likvärdig som 3. | Likvärdig som 3. + Brandsektionering/ brandmotstånd i skott eller däck fallerar | -"- | 3 | 1 | 14.1 |
| 15 | Brand inom övriga delar av fartyget, begränsad till startutrymme | Sabotage av extern person | Anläggningens skalskydd fallerar | Brandsektionering/ brandmotstånd i skott eller däck. Branddetektering. | 2 | 2 | 15.1 |
| | | Brandspridning från intilliggande byggnader | Anläggningens brandskydd fallerar | -"- | 2 | 2 | 15.2 |
| 16 | Brand inom övriga delar av fartyget, spridning utanför startutrymme | Likvärdig som 10. | Brandsektionering/ brandmotstånd i skott eller däck fallerar | -"- | 3 | 1 | 16.1 |

Utifrån den kvalitativa bedömningen av sannolikheter och konsekvenser för respektive olycksförlopp kan dessa placeras in i riskmatrisen enligt nedan.

| Konsekvens | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|
| Katastrof | 5 | | | | | |
| Mycket allvarlig händelse | 4 | 2.1/ 4.1/ 10.1/ 12.1 | | | | |
| Allvarlig händelse | 3 | 3.2/ 3.8/ 6.1/ 14.1/ 16.1 | 3.1/ 3.3/ 3.7/ 8.1/ 11.1/11.2 | 3.4/ 3.5/ 3.6 | | |
| Mindre allvarlig händelse | 2 | 1.2/ 1.8/ 7.7 | 1.3/ 1.7/ 7.3/ 7.4/ 7.5/ 7.6/ 9.1/ 9.2/ 15.1/ 15.2 | 1.1/ 1.4/ 1.5/ 1.6/ 7.2 | 7.1 | |
| Händelse med liten säkerhetspåverkan | 1 | 5.2 | 5.1/ 5.3/ 13.1 | 5.4/ 5.5/ 5.6/ 5.7 | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | Sannolikhet för händelsen | Extremt osannolik | Extremt avlägsen | Avlägsen | Sannolik | Frekvent |
| | Kvalitativ definition | Kommer sannolikt aldrig att inträffa | Kommer sannolikt inte att inträffa men kan anses som möjlig | Kommer sannolikt inte att inträffa men kan hända ett antal gånger | Kan inträffa en eller ett par gånger | Kan inträffa en eller flera gånger |

Figur 7. Riskmatris med identifierade olyckshändelser inplacerade.

9. Riskvärdering

Utifrån ovanstående analys av potentiella olycksscenarion kan det konstateras att inga oacceptabla scenarion påträffats. Dock återfinns ett antal av de studerade scenarierna inom ALARP-området i riskmatrisen och är således inte att betrakta som acceptabla utan att möjliga riskreducerande åtgärder först övervägs. Vid sammanvägning av dessa påträffade olycksscenarion och den beräknade olycksfrekvensen för aktuella fartyg kan det således konstateras att skadeavverkande åtgärder ska vidtas. Detta gäller som ovan nämnt primärt de olycksscenarion som är placerade inom det så kallade ALARP-området, men det kan även vara aktuellt att undersöka om skadeavverkande åtgärder kan vara rimliga även för de olycksscenarion som är placerade inom det acceptabla området.

Skadeavverkande åtgärder ska vidtas i de fall då åtgärderna är rimliga utifrån en bedömning av åtgärdens skadeavverkande nytta och de kostnader som är förknippade med genomförandet av åtgärden.

Det kan konstateras att de skyddssystem som erfordras i och med kravställningen i SOLAS resulterar i ett gott grundskydd. Detta medför att endast ett antal av de identifierade olyckshändelserna är behäftade med en sannolikhet eller konsekvens som innebär att händelsen bedöms behöva analyseras vidare i denna handling.

10. Vidare analys av relevanta olycksscenario

De olycksscenario som utifrån genomförd analys bedömts kunna utgöra en risk för systemet (belägna inom ALARP-området) analyseras vidare under respektive rubrik nedan.

10.1 Brand i lastutrymme med brandspridning utanför startutrymme eller startsektion

Olyckshändelsen brand i lastutrymmet kan ha ett flertal olika startorsaker. De som behandlats i denna handling är de som bedömts som mest sannolika utifrån diskussioner vid den genomförda risk-workshopen (se avsnitt 8), deltagarnas erfarenheter från jämförbara verksamheter samt tillgänglig statistik [24, 25, 23].

10.1.1 Mänskliga faktorer

Utav de identifierade orsakerna till att olyckshändelsen *Brand i lastutrymme* ska kunna inträffa utgör den mänskliga faktorn en såväl relevant som svårkvantifierad och -reglerad grundfaktor. Inom denna kategori faller olika typer av felhandlande från besättningen eller annan ombordvarande personal. I enlighet med SOLAS ska en besättning på ett fartyg vara välutbildade i såväl brandskydd som brandbekämpning ombord, och krav finns på regelbundna övningar. Detta i sig är att betrakta som en riskreducerande faktor, men då det i slutändan handlar om människor och deras agerande kan risken givetvis aldrig helt elimineras.

Inom olycksfaktorn mänskligt felhandlande återfinns exempelvis rökning, anlagd brand samt antändning via mobila maskiner (batteridrivna handverktyg och liknande).

Avseende rökning ska detta i regel ske på anvisad plats ombord på fartyg, och får ej ske inuti lastutrymmet. Utifrån dessa förutsättningar, samt bränslets beskaffenhet avseende antändlighet bedöms det vara högst osannolikt att en osläckt cigarett eller liknande ska kunna generera en tillräckligt stor energiimpuls för att starta en exoterm reaktion eller antändning. Dock är scenariot ej omöjligt varför åtgärder bör vidtas. Då Stockholm Exergi har begränsade möjligheter att reglera denna olycksorsak ombord på speditörers fartyg är det rimligt att sådana åtgärder syftar till att utforma anläggningen vid Lövsta med sådan beredskap att konsekvenserna av denna händelse kan begränsas, båda avseende brandförlopp och skadliga utsläpp till vattentäktssområde.

Avseende mobila maskiner, handhållna elverktyg och batteridrivna apparater kan dessa potentiellt utgöra en möjlig tändkälla om dessa felar tekniskt samtidigt som de lämnas oövervakade och i anslutning till brännbart material i lastutrymme. Möjliga orsaker till antändning av bränslet är exempelvis termisk rusning i Li-jon batteri vid laddning av handverktyg som nyttjats vid underhållsarbete. Det bedöms dock som osannolikt att laddning sker inuti lastutrymmet och sannolikheten för att sådana maskiner lämnas oövervakade i direktkontakt med den brännbara lasten bedöms som mycket låg, men dock ej obefintlig. Inte heller denna olycksorsak är direkt möjlig för Stockholm Exergi att reglera, varför det återigen är konsekvensreducerande åtgärder som kan vara relevanta att vidta.

Den sista olycksfaktorn i kategorin mänskliga faktorer utgörs av anlagd brand i lastutrymme. Vad gäller risken för att brand uppsåtligen ska anläggas av ombordvarande personal under ett fartygs gång bedöms detta som osannolikt, och det finns heller inga direkta åtgärder som Stockholm Exergi kan vidta för att minska sannolikheten för sådan händelse.

Brand anlagd av utomstående person bedöms som något mer sannolik, om än ej särskilt sannolik. Vid tillfällen då lastfartyg ligger förtöjda invid kaj är det av stor vikt att anläggningen vid Lövsta har ett gott skalskydd samt bevakning dygnet runt. Utöver detta antas även fartygen i sig ha ett gott skalskydd samt reglering av ombordstigning av okända personer. Kajområdet vid Lövsta kommer att vara ett ISPS-klassat området vilket gör att ett begränsat antal personer kommer ha tillträde dit.

Det kan alltså konstateras att brand i lastutrymme till följd av den mänskliga faktorn ej är en risk som Stockholm Exergi har möjlighet till fullständigt ägande av, varför åtgärder bör utformas som konsekvensreducerande snarare än sannolikhetsreducerande.

10.1.2 Tekniskt fel i utrustning antänder last

Inom denna kategori faller olycksorsaker där teknisk utrustning och elektiska installationer utgör tändkällor för det transporterade bränslet. Installationer som bedöms kunna vara startorsak till en brand i lastutrymmet utgörs av exempelvis belysningsarmaturer, eventuella reläer, kablage eller elektrisk utrustning för tank- och ballastvattenhantering etc. Elfel kan medföra uppkomst av ljusbågar eller kraftig upphettning av den felande komponenten. Om detta sker i direkt anslutning till det transporterade bränslet skulle ett sådant fel kunna vara starthändelse för en brand.

Inom kategorin faller även felaktig stuvning, vilket i sig inte utgör något tekniskt fel som sådant. Detta lyfts som en olycksorsak då felaktig stuvning av last kan medföra att det transporterade bränslet stuvats i direkt kontakt med värmealstrande belysningsarmaturer (ex. halogenlampor). Vid långvarig exponering för sådan värme finns risk att antändning sker, vilket i sin tur kan leda till brand i lastutrymmet.

Ingen utav ovanstående olycksorsaker är direkt påverkansbara av Stockholm Exergi, och sannolikheten för uppkomst av brand vid normal laststuvning i ett lastutrymme ombord på ett fartyg som genomgår normal drift och underhåll bedöms som liten. Detta medför att åtgärder bör utformas som konsekvensreducerande snarare än sannolikhetsreducerande.

10.1.3 Sot eller flygbränder från förbränningsmotor antänder last

Beroende på vilken sorts bränsle som nyttjas vid framdrift av lastfartyg finns en viss risk för att varm sot eller mindre flygbränder uppstår och släpps ut från förbränningsmotorn med avgaserna, särskilt vid nyttjande av tyngre bränsleoljor och vid uppstart av kall motor [26]. Om dessa tändkällor kommer i kontakt med det lastade bränslet finns en viss risk för att brand ska uppstå. Dock bedöms denna risk som liten av två skäl. För det första bedöms producerade flygbränder inte innehålla den mängd energi som krävs för att starta en brand i det transporterade bränslet, och för det andra är lastutrymmena under fartygs gång skyddade under kraftiga ställuckor.

Med anledning av detta bedöms risken för antändning genom flygbrand från förbränningsmotor som liten. Risken är heller ej direkt påverkansbar av Stockholm Exergi, varför åtgärder bör utformas som konsekvensreducerande snarare än sannolikhetsreducerande.

10.1.4 Självantändning av transporterat bränsle

Enligt tidigare avhandlat under avsnitt 2.4 är risken för självantändning av balat RDF-bränsle, RT-flis samt skogsbränsle generellt liten i den aktuella kontexten [5]. Detta till följd av ett flertal faktorer som exempelvis det faktum att det rör sig om relativt homogent bränsle från verksamheter och industri och ej uppblandat hushållsavfall. Avseende RDF-bränslet är detta i aktuellt fall balat, dvs. inplastat i ca 1,5 m³ stora balar. Denna inplastning utgör i sig en säkerhetshöjande åtgärd till skydd mot självantändning då den hindrar syre från att tränga in i balen och bidra till en exoterm reaktion. Utöver detta förvaras balarna under transport i lastutrymmen som hålls tillslutna längs hela rutten, vilket ytterligare bidrar till en lägre syrenivå i lastutrymmet (se intervju med Wagenborg Shipping som bilaga till denna handling).

Bränslets packform tillsammans med lastutrymmets tillslutna volym medför att ett eventuellt brandförlopp utvecklas långsamt [9]. En glödbrand som sakta pyr är mer sannolikt att vänta än storskalig brand i lasten om självantändning skulle ske. Större bränder i last likt RDF uppkommer snarare när en pågående glödbrand vid lossning kommer i kontakt med syre och blossar upp. Det är därför viktigt att god beredskap hålls vid lossningsarbete samt att goda förutsättningar finns att säkert kunna bekämpa en bränslebrand på kajen.

Ovanstående gäller generellt även för bränsle i form av RT-flis samt skogsbränsle som dock normalt ej transporteras i plastade balar utan i öppna stackar under slutna luckor. Enligt beskrivet i avsnitt 2.4 föreligger viss risk för självantändning i dessa bränsletyper. Det kan dock konstateras att flertalet av de förutsättningar som krävs för att starta en exoterm reaktion i bränslet är reducerade. Detta till följd av att lagringstiden vid transporten är relativt begränsad, bränslestackarna är relativt små (låga) i jämförelse med de som förekommer vid längre tids förvaring samt att inga arbetsfordon kör i stackarna under transporten.

Om brand ändå skulle uppstå i bränsle av typen RT-flis eller skogsbränsle är, även i dessa fall ett långsamt brandförlopp att vänta. En brand i lastutrymmet bedöms i första hand utgöras av långsamt pyrande glödbrand eller möjligen ytbränder av mindre omfattning.

Utöver detta kan det vidare konstateras att det enligt SOLAS krävs ett fast installerat släcksystem inom lastutrymmen i fartyg som är avsedda för transport av last likt RT-flis och skogsbränsle. Vanligast förekommande i dessa fall är släcksystem med gas (CO₂), vilket effektivt bekämpar eller begränsar bränder i avgränsade utrymmen.

Ovanstående behandlar olycksfaktorer som kan inträffa antingen under fartygets gång eller då detta ligger förtöjt invid lossningskaj. Dock ska det uppmärksammas att en viktig del av det förebyggande arbetet för att minimera risken för uppkomst av brand sker redan vid stuvning i exporthamnen. Vid detta moment är det av yttersta vikt att lasten kontrolleras avseende bränslebalars eller bränslestackars kvalitet och att emballaget är helt, avvikande temperaturer i bränsle etc. Sådan kontroll utav lasten redan innan påbörjad transport bidrar till att minska sannolikheten för uppkomst av självantändning.

Sammantaget bedöms således risken för självantändning som liten. Det är heller ej möjligt för Stockholm Exergi att direkt påverka sannolikheten för självantändning, varför åtgärder som vidtas bör syfta till att skapa god förmåga att hantera konsekvenserna samt att skapa beredskap och kännedom om lastens status innan lossning.

10.1.5 Heta arbeten

Heta arbeten är en välkänd brandstiftare både till sjöss och i land. I aktuellt fall bedöms det som osannolikt att heta arbeten (ex. svetsning, skärning, kapning etc.) utförs inom lastutrymme vid tillfälle då detta är fyllt med gods. Ett mer troligt scenario är att denna olycksfaktor inträffar då fartyg ligger förtöjt vid kaj efter lossning om underhållsarbete pågår. Vid sådant tillfälle finns inga stora mängder brännbar last närvarande i lastutrymmet vilket bör medföra att en eventuell brand ej blir omfattande.

Risken för brand i lastutrymmet till följd av utförande av heta arbeten bedöms således som liten. Eventuella Heta arbeten som ska utföras när fartyget ligger förtöjt vid kaj ska meddelas och samordnas med Stockholm Exergi. Detta medför att säkerställande av rutiner och säkert arbete kan följas upp.

10.1.6 Risk för brandspridning utanför startutrymme/ -sektion

Rent generellt kan det konstateras att ett brandförlopp i aktuella bränsletyper har mycket långsamma förlopp [9, 15], och det mest sannolika utifrån aktuella förutsättningar (avfallet är i de flesta fall balat och transporteras i slutna lastutrymmen med begränsad syretillförsel) är att en antändning resulterar i en begränsad glödbrand som kan ligga och pyra länge utan att blossa upp. Möjligheten finns att en brand tar sig i samband med lossning då lastutrymmenas luckor öppnas och bränsle lyfts ut, vilket medför att syre kan komma i kontakt med glödbranden. Vid konstaterad glödbrand i lasten finns alltså gott om tid att lägga upp en plan för det släckningsarbete som kommer krävas då lastutrymmenas luckor öppnas och syre når glödbranden.

Utifrån ovanstående tänkbara brandförlopp bedöms det som högst osannolikt att en brand i ett lastutrymme ska tränga genom de brandsäkra skott (klass A-skott) som omger lastutrymmet och sprida sig till hela lasten eller intilliggande utrymmen.

10.2 Brand inom övriga delar av fartyget med brandspridning utanför startutrymme

Avseende olycksfaktorer som bedöms kunna resultera i sluthändelsen *brand inom övriga delar av fartyget* kan det konstateras att flera möjliga orsaker kan utgöra starthändelser. Utav dessa bedöms dock den mänskliga faktorn utgöra den mest sannolika olycksfaktorn.

10.2.1 Mänskliga faktorer

Med *övriga delar av fartyget* åsyftas alla de utrymmen till vilka besättningen har tillgång och arbetar inom, utöver lastutrymmen och maskinrum. Detta medför att förutsättningarna för brand att få fäste och sprida sig, givet antändning, varierar beroende på typ av utrymme.

I genomförd workshop bedömdes rökning vara en utav de olycksorsaker som kan förknippas med störst sannolikhet för uppkomst av brand. Detta då ett fartyg av aktuell storlek har en anseelig besättningsstorlek och relativt omfattande ytor för boende och vistelse. Vädret till sjöss uppmuntrar heller inte alltid till att gå ut på däck för att röka, varför det kan vara tänkbart att rökning, trots förbud, kan ske i något utav fartygets utrymmen.

Övriga tänkbara brandstiftare inom dessa utrymmen utgörs av heta arbeten (underhållsarbeten involverande kapning, svetsning och liknande), anlagda bränder samt elektriska handverktyg och annan utrustning. Inom ramarna för dessa olycksorsaker kan antändning ske vid kontakt mellan varma ytor eller gnistor och brännbart material vid underhållsarbeten, eltekniska fel eller termisk rusning vid laddning av batterier till handhållna elverktyg (eller mobiltelefoner o.dyl.). Gemensamt för alla dessa händelser är att de generellt kan sägas ske i eller i anslutning till något utav de utrymmen som enligt SOLAS ska förses med branddetektionssystem, samt inom ytor där personer normalt rör sig. Detta medför att tidig upptäckt av brand är sannolik varpå tidig släckinsats kan ske innan branden tillväxt i storlek.

Sannolikheten för att en sådan brand ska sprida sig utanför startutrymmet bedöms därmed som relativt låg, dock om ej otrolig varför säkerhetshöjande åtgärder mot risker förknippade med brand inom övriga delar av fartyget bör vidtas. Att rutiner vid Heta arbeten följs är av största vikt och att arbetet samordnas med Stockholm Exergi.

11. Diskussion och slutsats

Analysen har utrett olika brandincidenter kopplade till transport av balat RDF-bränsle, RT-flis samt skogsbränsle till Lövsta Kraftvärmeverk i Stockholm. Bedömning av riskerna utgörs av både sannolikheten att branden ska starta samt att vad konsekvenserna av detta scenario blir. Då bränslet i flertalet av analyserade scenarion består av väldigt specifika produkter, balat RDF-bränsle, RT-flis eller skogsbränsle, behöver detta beaktas i analysen. Att använda tillförlitlig statistik är fördelaktigt för analysens slutsats då det är direkt relaterat till värderingen av risken. Detaljerad statistik och data för balat RDF-bränsle har saknats vid analysens utförande och att jämföra detta bränsle med alla typer av skogsbiobränslen vore att dra en felaktig slutsats. Det har dock framkommit att RDF-bränsle har en lägre sannolikhet för självantändning än transport av biobränsle från skogen som transporteras i öppen form. Då bränslet även är industriavfall, och inte hushållsavfall, är sannolikheten än en gång lägre. Är bränslet dessutom vid balning virat korsdiagonalt har det visat sig att risken för självantändning sänks ytterligare.

Trots att sannolikheten för självantändning är något högre (om än fortfarande inte hög) gällande bränslen i form av RT-flis och skogsbränsle kan det konstateras att det förväntade brandförloppet är en långsam process och ej ett snabbt explosionsartat brandförlopp. Detta ger möjligheten att en eventuell brand i bränslet hanteras på fast mark istället för på öppet vatten. Eftersom sannolikheten inte är obefintlig har vidare analys av brand i bränsle utretts och resulterat i olika typer av konsekvensreducerande åtgärder.

Vid transport till havs finns ett övergripande regelverk, varav en del har till syfte att reducera sannolikheten och konsekvensen vid en brand. Det är av största vikt att alla dessa rutiner och krav efterlevs. Detta gäller både installationer av teknisk karaktär och organisatoriska krav på speditören. Alla dessa riskreducerande åtgärder ska följas och uppfyllas.

Brand som startar i en fartygsskott och sprider sig till intilliggande skott har bedömts med hög konsekvens och låg sannolikhet. För att få ner konsekvensen behöver skadebegränsande rutiner finnas. Dessa rutiner kan bestå av att:

- Säkerställa att lastluckorna är täta och stängda vid transport.
- Vid konstaterad brand i något av lastutrymmena tillförs lättskum, utan PFAS, via inspektionslucka.
- När lastutrymmet är skumfyllt öppnas luckorna för att påbörja lämpning av lasten till kaj och släckvattenbassänger.

Ovanstående redovisas i den insatsplan och de insatskort som blir aktuella när anläggningen är i drift. Med ovanstående rutiner och åtgärder reduceras konsekvensen väsentligt. Se nedanstående foton som exempel.



Bild 1 Påföring av skum till lastutrymmet. ©Martin Uulas



Bild 2 Skumfyllt lastutrymme. © Martin Uulas

Inom svenska farvatten agerar olika myndigheter och instanser med olika ansvar. Det är därför ej helt enkelt att förutse exakt i vilken grad externa resurser kan bidra med insatsförmåga och vilka resurser som står till förfogande vid en potentiell olyckshändelse. Vid en eventuell händelse är det viktigt att Stockholm Exergi själva har tydligt utarbetade rutiner för att snabbt och effektivt kunna arbeta skadebegränsande. Utöver vissa tekniska hjälpmedel bör alternativa hamnplatser och en lämpningsstrategi finnas med i rutinerna.

Nedan redovisas olika förslag till olycks- och skadeförebyggande arbete.

1. Utökad kontroll av fartyg och last vid ankomst till Södertälje kanal

Kontroll av bränslet sker när fartyget lastas i lastningshamnen. Efter en viss tid till havs bör man säkerställa att inga förhöjda temperaturer i lasten finns vid ankomst till Södertälje. Detta för att säkerställa att ingen självantändningsprocess är aktiv. Om inga tecken på pågående uppvärmningsprocess eller självantändning identifieras vid denna extra kontroll är sannolikheten att sådant förlopp ska utvecklas under de sista timmarna in till Lövsta hamn mycket liten. Kontrollen kan ske med hjälp av olika tekniska hjälpmedel. Kontrollen omfattar även maskinrum och tillhörande utrymmen och att luckorna över lasten är säkrade. Normalt ger skepparen en "Notice of readiness (NOR)" där denne anger att man är i god ordning att leverera godset. Resultat från föreslagen kontroll kan med fördel meddelas Stockholm Exergi i samband med denna kommunikation.

Syfte: En sista kontroll av fartyg och last för att reducera sannolikheten för uppkomst av brand inom ett känsligare område. Eventuell brand kan således hanteras utanför Mälaren, utan att risk för påverkan på vattentäktsområden föreligger.

2. Fördjupad insatsinformation och beredskap vid Lövsta Kraftvärmeverk för att hantera brand i bränsle

Tydligt definiera vilka aktiva åtgärder som ska vidtas vid identifierad brand. Vid kajplats i Lövsta ska det finnas yta som är avsedd för lämpning av brandskadat bränsle. Denna yta används för vidare släckning av bränslet. Då aktuellt tilltänkt yta i normalfallet nyttjas som dagvattenbassäng finns goda möjligheter att kontrollera och omhänderta kontaminerat släckvatten. Dränering av ytan utförs därmed på säkert vis så att släckvatten kan omhändertas och förhindras att läcka ut till vattentäktområdet. Bassängen kan även användas för att sänka ner det branddrabbade bränslet i för att effektivt kunna släcka det. Lämpning av bränsle sker rimligtvis med ordinarie balgrep (nyttjas i normalfallet för att lossa RDF-balar) eller gripklo, varför dessa bör utformas för att kunna nyttjas vid förhöjd temperatur.

För att ha en beredskap i de fall då mottagande av fartyg i Lövsta ej kan ske, ex. till följd av att kajen är blockerad av annat fartyg som ej har möjlighet att lägga ut i tid, ska alternativa platser för att hantera det ankommande fartyget och rutiner för omdirigering finnas. Detta innebär bland annat att lista ska finnas över alternativa hamnar där det brandskadade materialet kan lastas av från fartyget och omhändertas. *Syfte: Säkerställa god beredskap inför varierande olyckshändelser och brandscenarion. På så sätt bekämpas brand på effektivaste möjliga vis, samtidigt som potentiella utsläpp omhändertas och hindras från att nå skyddsvärda vattentäktområden.*

3. Beredskap och utrustning för hantering av brand på fartyg när det är förtöjt i hamnen

Stockholm Exergi kommer att ha vattenkanoner placerade på kajen. Dessa kanoner är försedda med möjlighet att applicera en finare dimma istället för slutna stråle. Den finare dimman kan tränga in i lastutrymme och fartygets övriga utrymmen utan att stor mängd vatten används för att äventyra fartygets stabilitet. Det är viktigt att personal är väl medvetna om handhavandet av dessa vattenkanoner. Rutin för detta upprättas vid idrifttagande av anläggningen. Vid händelse av brand som behöver bekämpas i fartyget ska även förebyggande konsekvensreducerande åtgärder enl. punkt 4 nedan vidtas omedelbart.

Syfte: Säkerställa att personalen som befinner sig vid kajen har full förståelse för vilka brandskyddstekniska system som finns installerade och hur de fungerar samt att möjliggöra effektiv släckinsats utan behov av skuminblandning.

4. Krisbåt vid anläggningen i Lövsta

En båt vid kajen som bistår vid utläggning av länsar och andra skadebegränsande utrustning för att snabbt kunna göra en insats mot fartyget. Det kan även vara lämpligt att lägga ut läns innan lossning sker i förebyggande syfte. Skadebegränsande utrustning ska finnas inom fördefinierad yta.

Syfte: Att personalen snabbt ska kunna påbörja en skadereducerande insats.

5. Tydliga rutiner för hantering av fartyg vid brand i Lövsta Kraftvärmeverks anläggning

Avseende risker för uppkomst av brand i själva anläggningen vid Lövsta samt medel för att hantera detta hänvisas till den brandrisikanalys som upprättats för anläggningen som sådan [16]. Rutiner ska dock finnas gällande hantering av fartyg som ligger förtöjt vid kaj vid händelse av brand i anläggningen.

Vid sådan olyckshändelse ska fartyg, efter övergripande kontroll att detta ej är branddrabbat, kasta loss och bege sig ut på behörigt skyddsavstånd från Lövsta Kraftvärmeverk.

Syfte: Att tydliga direktiv ska finnas på plats för hantering av fartyg vid kaj vid händelse av brand i anläggningen.

6. Tydliga rutiner och lättolkad information för en robust organisatorisk beredskap

Ta fram rutiner som ska vara anpassade efter de olika fartyg som kan anlända. Information om deras installerade skyddssystem. Detta kan redovisas i ett appendix till en s.k. "Port booklet".

Syfte: Att alla inom området ska vara fullt medvetna om det säkerhetstekniska system som finns tillgängliga.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att svårigheter i att begränsa sannolikhet för uppkomst av olyckshändelse finns. Detta då Stockholm Exergis möjlighet att kravställa ytterligare säkerhetshöjande installationer och konstruktioner mot speditörer, utöver de som återfinns i SOLAS är små. Således är det av yttersta vikt att det säkerhetshöjande arbetet utformas som konsekvensreducerande och att den största delen av förmåga och beredskap för att hantera olyckshändelser bör innehåsas av Stockholm Exergi själva vid Lövsta-anläggningen.

Sådan beredskap och förmåga som omnämns ovan åsyftar såväl organisatorisk beredskap, som tekniska installationer och infrastruktur för hantering av olyckor. Avseende organisatorisk beredskap är det av stor vikt att personal har erforderlig utbildning, kompetens och kännedom om rutiner för att hantera rimligt förutsägbara olyckshändelser. För att stötta operativ personal vid hantering av olycka bör det vidare finnas tydliga och enkla hjälpmedel i form av manualer (handhavande av utrustning, "Port booklet" osv.), nedskrivna och standardiserade rutiner (ex. checklistor eller åtgärdsplaner som kan nyttjas både inför lossning samt vid olyckshändelse).

Vid Lövsta Kraftvärmeverk ska det vidare finnas förmåga att hantera konsekvenser av troliga brandscenarion inklusive potentiella påfrestningar på anläggningens säkerhetshöjande system (redundant utformade installationer). I detta omfattas att anläggningen ska ha såväl fasta vattenkanoner invid lossningsplats som mer mobilt brandsläckningsmateriel (brandpostuttag med slang och strålrör) och möjlighet att med balgrep eller gripklo lämpa glödande eller brinnande last på särskilt avsedd yta. Lämpning bedöms vara det mest rimliga tillvägagångsättet vid brandsläckning då pyrande bränder i laster med fibrösa material kan vara mycket svårsläckta i packat bränsle. För att kunna släcka effektivt och med så liten vattenåtgång som möjligt krävs alltså att man lossar lasten innan släckningsarbete. Släckinsats ska enligt rutiner i första hand ske på denna definierade yta invid kajen (dagvattenbassäng) för att säkerställa att uppsamling av kontaminerat släckvatten kan ske på ett effektivt vis. På så vis kan släckningsarbetet ske med minimal vattenåtgång samtidigt som det kontaminerade släckvattnet kontrolleras. Vid anläggningen ska även ytterligare konsekvensreducerande utrustning och rutiner finnas, ex. i form av krisbåt med möjlighet att med kort varsel lägga ut läns runt hamnområdet och på så vis skydda närliggande dricksvattenintag.

Om ett scenario uppstår där man bedömer det som olämpligt att ta emot och hantera en brand vid anläggningen i Lövsta ska kännedom finnas om alternativa hamnar där situationen kan hanteras på säkert vis, utan risk för människa eller miljö.

Genom att utföra utökade kontroller av den transporterade lasten innan fartygs inpassage i Mälaren kan informerade beslut om hantering av en eventuell olyckshändelse fattas redan innan fartyget är inom särskilt skyddsvärt vattenområde. Det bör dock särskilt noteras att temperaturmätning i balat RDF-bränsle med lans bör undvikas då detta riskerar att introducera syre i bränslemassan och öka risken för en självantändningsprocess.

Möjligheten att bedriva verksamheten på ett tryggt sätt avseende reduktion av potentiella konsekvenser vid brand, och samtidigt minimera risk för spridning av föroreningar till följd av brand på fartyg eller vid kaj kan således konstateras bygga på en kombination av organisatorisk beredskap, materiell beredskap och robust infrastruktur för hantering av olyckshändelse. För att uppnå ovanstående bedöms arbete behöva utgå från de sex konsekvensreducerande punkterna som redovisats tidigare i detta avsnitt.

Referenser

- [1] Stockholm Exergi AB, "Bilaga E2 - Lokaliseringsutredning," Stockholm Exergi AB, Stockholm, 2019.
- [2] L. Arvidsson, J. Wolsing och L. Grahn, "Bilaga E22 - Sammanfattning av risker vid det planerade Lövstaverket," Sweco Environment AB, Karlstad, 2019 rev. 2020.
- [3] Stockholm Exergi AB, Varför ett kraftvärmeverk i Lövsta, Stockholm: Stockholm Exergi AB, 2020.
- [4] J. Linder och B. Forsman, "Förändrad sjötrafikbild av fartygstransporter med bränsle till nytt kraftvärmeverk i Lövsta, Rapport Nr: RE20199091-01-00-B," SSPA Sweden AB, Göteborg, 2019.
- [5] A. Lönnermark, H. Persson, P. Blomqvist och W. Hogland, "Biobränslen och avfall - Brandsäkerhet i samband med lagring," SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (nuvarande RISE), Borås, 2008.
- [6] Svenska Renhållningsverksföreningen (RVF), "Avfallsbränslelagring och dess inverkan på förbränningssegenskaper och arbetsmiljö," RVF Service AB, Malmö, 2001.
- [7] L. Gao, T. Tsaruda, T. Suzuki, Y. Ogawa, C. Liao och Y. Saso, "Possibility of Refuse Derived Fuel Fire Inception by Spontaneous Ignition," *International Association for Fire Safety Science*, 2004.
- [8] RDF Industry Group, "Residual waste fire prevention plan (FPP) guidance," RDF Industry Group, 2019.
- [9] T. Suzuki, T. Tsuruda, Y. Ogawa och C. Liao, "A study on Extinction of RDF (Refuse Derived Fuel) Pile," *Fire safety Science*, pp. 789-800, 2005.
- [10] A. Sangster, "Testing a theory," International Fire Consultants Group, 02 11 2018. [Online]. Available: <https://www.ifcgroup.com/2018/11/waste-fires/>. [Använd 11 09 2020].
- [11] SIS, Vägledning för anläggningar avsedda för eldning med fasta bränslen (VFB), SIS, 2011.
- [12] B. Strömber och S. Herstad Svärd, "Bränslehandboken 2012," Värmeforsk, Stockholm, 2012.
- [13] J. Englund, K. Sernhed, O. Nyström och F. Gravéus, "Bränslerisker A08-829," Värmeforsk Service AB, Stockholm, 2012.
- [14] L. Lehtikangas, "Lagringshandbok för trädbränslen," SLU, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, 1999.
- [15] F. Gravéus och A. Sutinen, "Analys av riktlinjer för utomhuslagring av trädbaserat biobränsle till kraftvärmeverk," Brandteknik Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2015.
- [16] Brandskyddslaget, "Brandriskanalys yttre bränslehantering Lövsta Kraftvärme LKV," Stockholm Exergi, 2019.

- [17] International Maritime Organization (IMO), "Revised Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA)," International Maritime Organization (IMO), London, 2018.
- [18] IMO, "SOLAS Convention (International Convention for the Safety of Life at Sea)," IMO, 1974.
- [19] Maritime Training and Consultancy, "Brandskydd, branddetektering och brandsläckning på fartyg som kommer att användas för transporter till och från den framtida rdf- bales trafiken på Lövsta som kommer innefatta torrlastfartyg om 4 – 8,000 dwt," MariTrain AB, Göteborg, 2020.
- [20] IMO, "FSS Code (International Code for Fire Safety Systems)," IMO, 2015.
- [21] Transportstyrelsen, "TSFS 2009:98 med ändringar t.o.m. TSFS 2019:7(Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om brandskydd, branddetektering och brandsläckning på SOLAS-fartyg byggda den 1 juli 2002 eller senare)," transportstyrelsen, 2009.
- [22] IMO, "IMSBC (International Maritime Solid Bulk Cargoes Code)," IMO/ MSC, 2008.
- [23] Transportstyrelsen, "Transportstyrelsens säkerhetsöversikt, Luftfart och sjöfart," Transportstyrelsen, 2018.
- [24] Sjöfartsverket, "Utdrag ut Sjö Olycks Systemet (SOS)," 1985-2019.
- [25] Sjöfartsinspektionen, "Sjöolyckor i svenska farvatten år 2000," Sjöfartsinspektionen, 2001.
- [26] Räddningsverket, "Räddningstjänst - Fartyg," Räddningsverket, 2000.
- [27] SSPA Sweden AB, "Identifiering av nautiska risker," Stockholm Exergi, Stockholm, 2019.
- [28] C. Vasconcelos, R. Barros Silva och S. Martins-Dias, "Insight on the self-ignition behaviour of RDF components," *Energy and Environmental Engineering Research Group*, 2014.
- [29] SOLAS, "International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code," 2011.

Bilaga A

Mailkorrespondens med Wagenborg Shipping (2020-05-28)

Alla våra fartyg är certifierade och utrustade baserat på alla regler och lagar som IMO kräver, vilket betyder att alla fartyg är utrustade med brandskydd och brandsläckningsutrustning enligt SOLAS, FSS Code (International Code for Fire Safety Systems) som finns i SOLAS Convention. Detta finns i skrift ombord och innehåller totalt 15 kapitel som beskriver standarden som krävs ombord samt antal och produktkrav av utrustning som behövs för att säker operation av fartyget. Ibland kräver lagar att extra utrustning finns som ombord så som extra brandkämpningskläder eller annat plagg som besättningen har på sig.

Baserat på typ av last och typ av hamn, anpassar besättningen brandpatruller ombord men följer hela tiden SOLAS Convention som nämner:

- Number of fire hoses on board per type of ship*
- Number of fire-fighting trainings for the crew*
- Number of lifebuoys on boars*
- Number of fire extinguishers*
- Number of life rafts*
- Number of fire detectors*

Nedan kommentarer från en av våra kaptener:

Measures for 3 stages

- Before- during loading*
- During transportation*
- During discharging/ alongside*

During loading- follow MSDS and strictly Shippers Declaration, check TML (mentioned in Shippers Declaration), add sufficient quantity of water.

During transportation-

- 1) Keep all openings closed, fire risk reduced because cargo is oxygen depleting.*
- 2) Check temperature on regular basis (use sample point and temp. sensors)*

In case of fire, we can release CO2 only.

- 3) Minimize heating of adjacent space, BLKHDs, Fuel tanks, etc.*

During discharging:

- Prevention measures:*

- 1) prepare and keep standby sufficient numbers of fire hoses (to be ready for immediate use).*
- 2) Keep constant watch/ monitoring of cargo spaces.*

- Quick communication ship-shore to be established (For example- a special alert device for quick information, supplied by shore during port stay).

- To minimize the risk of fire spread, ship/shore, or shore/ship- Leave the berth asap in any case. In case of ship fire- start fire pump and feed water to the hold.