

Samhällsekonomiska analyser och effektsamband för sjösäkerhet med fokus på AI-baserad trafikövervakning

VTI Working Paper 2022:5

Henrik Sjöstrand & Inge Vierth

Transport Economics, VTI, Swedish National Road and Transport Research Institute

Abstract

Förekomsten av sjöolyckor med potentiellt stora konsekvenser utanför VTS-områden (Vessel Traffic Service) men på svenskt vatten kan tyda på att det är lönsamt för samhället att utöka övervakningen av sjötrafiken. En fråga är hur en AI-baserad trafikövervakning kan användas för att upptäcka och hantera trafikavvikelse och att ge stöd till beslutsfattande och om en sådan lösning skulle vara samhällsekonomiskt lönsamt. De viktigaste datakällor, riktlinjer för samhällsekonomiska analyser och effektsamband analyseras ur ett svenskt perspektiv. Följande utvecklingsbehov identifieras:

- Analysmetoder för nya/förändrade regelverk och tekniska lösningar behöver utvecklas. Det finns behov av att hantera sjöolyckornas skador på fartyg, last, infrastruktur och natur, som är av större betydelse än för vägtransporter (där personskador har störst betydelse).
- Robusta effektsamband för sjösäkerhet saknas. Den befintliga olycksstatistiken och data som tas fram i forskningsprojekt, t ex om vilka farliga trafiksituationer som kan undvikas med hjälp av AI-baserad trafikövervakning, bör utnyttjas för att ta fram effektsamband.
- Det bör undersökas på vilket sätt FSA-metoden (Formal Safety Assessment) som rekommenderas av IMO (International Maritime Organization) för att utvärdera regleringar som påverkar sjösäkerheten och marina miljöer kan/bör användas i Sverige.

Keywords

Sjöfart; trafiksäkerhet; effektsamband; samhällsekonomisk analys

JEL Codes

O38; R41;



Samhällsekonomiska analyser och effektsamband för sjösäkerhet med fokus på AI-baserad trafikövervakning

Henrik Sjöstrand (henrik.sjostrand@vti.se), Inge Vierth (inge.vierth@vti.se)

Additional contact information

Abstract

Förekomsten av sjöolyckor med potentiellt stora konsekvenser utanför VTS-områden (Vessel Traffic Service) men på svenskt vatten kan tyda på att det är lönsamt för samhället att utöka övervakningen av sjötrafiken. En fråga är hur en AI-baserad trafikövervakning kan användas för att upptäcka och hantera trafikavvikelse och att ge stöd till beslutsfattande och om en sådan lösning skulle vara samhällsekonomiskt lönsamt. De viktigaste datakällor, riktlinjer för samhällsekonomiska analyser och effektsamband analyseras ur ett svenskt perspektiv.

Följande utvecklingsbehov identifieras:

- Analysmetoder för nya/förändrade regelverk och tekniska lösningar behöver utvecklas. Det finns behov av att hantera sjöolyckornas skador på fartyg, last, infrastruktur och natur, som är av större betydelse än för vägtransporter (där personskador har störst betydelse).
- Robusta effektsamband för sjösäkerhet saknas. Den befintliga olycksstatistiken och data som tas fram i forskningsprojekt, t ex om vilka farliga trafiksituationer som kan undvikas med hjälp av AI-baserad trafikövervakning, bör utnyttjas för att ta fram effektsamband.
- Det bör undersökas på vilket sätt FSA-metoden (Formal Safety Assessment) som rekommenderas av IMO (International Maritime Organization) för att utvärdera regleringar som påverkar sjösäkerheten och marina miljöer kan/bör användas i Sverige.

Key words: Sjöfart, trafiksäkerhet, effektsamband, samhällsekonomisk analys

JEL-codes

Language: Swedish

Innehåll

1. Inledning	3
1.1 Bakgrund	3
1.2 Syfte, metod och avgränsningar	4
2. Datakällor och analys	5
2.1. AIS-data	5
2.2 Transportstyrelsens sjöolyckssystem (SOS)	6
2.3 VTS-statistik över olyckor och tillbud	7
2.4 Olyckor i VTS-områden och övrigt svenskt territorialvatten	7
3 Riktlinjer, deras tillämpning och maximala nyttor av säkerhetsåtgärder	10
3.1 Globalt	10
3.2 EU.....	11
3.3 Sverige.....	11
3.3.1 Trafikverket.....	11
3.3.2 Transportstyrelsen.....	13
3.3.3 Sjöfartsverket	13
3.4. Slutsatser angående riktlinjer.....	14
4 Maximala nyttor av säkerhetsåtgärder	14
5. Effektsamband för sjösäkerhet	16
5.1 Kunskapsläget om effektsamband för sjösäkerhet	16
5.1.1. Litteratur	17
5.1.2. Riktlinjer	19
5.1.3. Tidigare genomförda analyser med koppling till effektsamband.....	20
5.1.4 Sammanfattning	23
5.2. Aktuell forskning vid VTI	24
5.3. Trafikövervakning inom luftfarten	25
5.4. Automons bidrag till utveckling av effektsamband	25
5.5. Slutsatser ang. effektsamband	26
6. Diskussion	27
Referenser	29

1. Inledning

1.1 Bakgrund

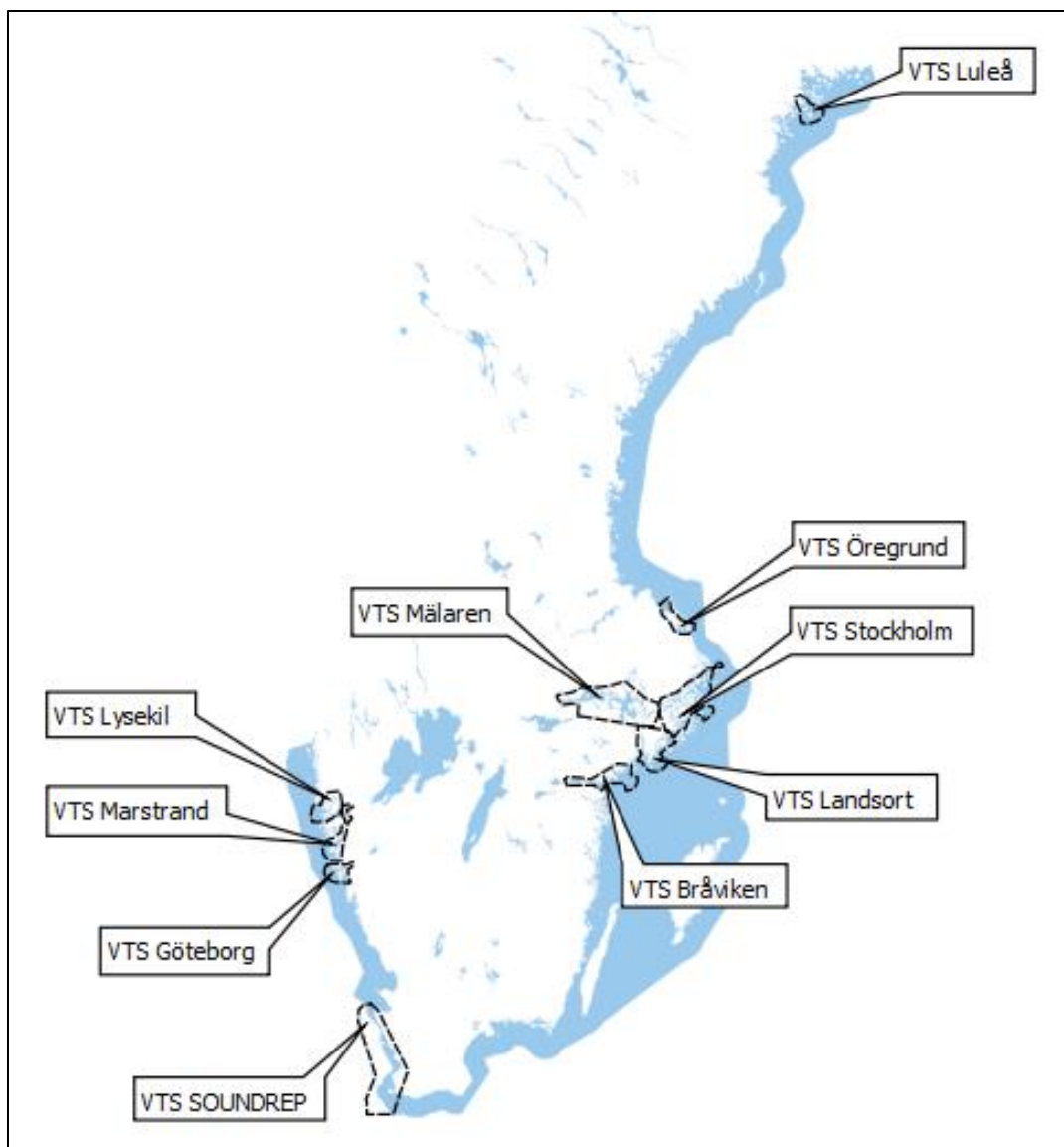
Förekomsten av fartygsolyckor och -incidenter, med potentiellt stora konsekvenser för människor, fartyg, last, infrastruktur och miljön utanför Sjöfartsverkets VTS-områden¹ kan tyda på behovet av utökad övervakning av sjötrafiken i svenska farvatten för att möjliggöra proaktiva åtgärder för att förbättra sjösäkerheten. Automon-projektet (Automatisk trafikövervakning genom AI², AT) i svenska farvatten) undersöker hur en hög nivå av automation kan användas för att upptäcka och hantera trafikavvikelser (anomalier som baseras på algoritmer) på svenskt vatten samt ge möjlighet till "situational awareness" över hela dess yta, samtidigt som stöd för centralt eller distribuerat beslutsfattande ges. Automon-projektet har koordinerats av Linköpings universitet, övriga projektparter var Sjöfartsverket, Luftfartsverket och SAAB.

I Sverige omfattar övervakningen fartyg med en bruttodräktighet över 300³ eller en längd över 50 meter i VTS-områdena-. Fartyg ska, före ingång i ett VTS-område och före avgång från kaj eller ankarplats, anmäla sig via VHF-radio och lämna uppgifter om bland annat fartygsnamn, avsedd färdväg, destination och aktuellt djupgående. VTS-operatörer informerar fartyg då de anmäler sig, vid bestämda tidpunkter, vid behov eller när fartyget begär det. Genom VTS kan fartyg få varningar om situationer som kan leda till olyckor i form av grundstötningar och kollisioner och även få information om övriga fartyg i området, begränsningar i framkomligheten och väderförhållanden. VTS har endast en rådgivande funktion (TSFS 2009:56) och ansvaret ligger alltid hos fartygets befälhavare. Det finns tio VTS-områden i Sverige: Luleå, Öregrund, Stockholm, Landsort, Mälaren, Bråviken, Malmö (Sound VTS), Göteborg, Marstrand och Lysekil (TSFS 2009:56), se Figur 1.

¹ VTS står för Vessel Traffic Service och är Sjöfartsverkets trafikcentraler som ger trafikinformation och annan service till fartyg vid några av landets mest trafikerade havsområden. Ca. åtta till tio procent av svenskt vatten täcks av VTS; ca 43 procent av alla kollisioner och grundstötningar under perioden 1985 - 2020 inträffade utanför VTS-områdena.

² AI = artificiell intelligens

³ Ett enhetslöst mått på ett fartygs totala inneslutna volym



Figur 1. Översiktbild av samtliga VTS-områden. Källa: TSFS 2009:56. Kartan är framtagen av Lantmäteriet.

1.2 Syfte, metod och avgränsningar

Detta working paper avser Automon-projektets arbetspaket 4 *Samhällsekonomiska analyser* och hålls på en övergripande nivå eftersom den exakta tekniska utformningen av Automon-lösningen håller på att utvecklas i arbetspaket 1 och 2 i slutfasen av projektet. En fördel med den AI-baserade trafikövervakningen är att ett större område än dagens VTS-områden övervakas. När detta papper skrivs är det inte klart hur Automon-lösningen ska se ut och hur den ska implementeras, dvs. om den framtagna informationen ska användas av VTS-operatörerna eller specifika Automon-operatörer och på vilket sätt och i vilka tidsavstånd information ska ges, om Automon-lösningen kompletterar eller ersätter det befintliga VTS-systemet och huruvida det skulle vara frivilligt eller obligatoriskt att använda Automon-lösningen, i/för vilka områden lösningen skulle tillämpas (om det t ex inkluderas att fartygens planerade rutt går för nära land i VTS-områden), vad den skulle kosta i termer av

investerings- och driftkostnader (jämfört med dagens lösning⁴) och hur implementeringen av Automon-lösningen antas påverka olycksrisker, antalet olyckor och olyckornas allvarlighet. I enlighet med Automon-projektets avgränsningar inkluderas som olyckor endast kollisioner och grundstötningar i svenskt territorialvatten, och endast fartyg med en bruttodräktighet över 300 eller med en längd över 50 meter.

Målsättningen med detta papper är att inventera de viktigaste datakällorna på området i Sverige och att undersöka förekomsten av olyckor i och utanför dagens VTS-områden (se avsnitt 2), att analysera tillgängliga riktlinjer för samhällsekonomiska analyser⁵ av säkerhetshöjande åtgärder på global nivå, EU-nivå och nationell nivå och hur de tillämpas i Sverige (se avsnitt 3), att grovt uppskatta de samlade åtgärdernas nyttorna (inkl. automatisk AI-baserad trafikövervakning) av att eliminera de 33 kollisioner och 21 grundstötningar som sker i genomsnitt per år på Sveriges sjöterritorium (se avsnitt 4), att diskutera hur effektsamband kan utvecklas bl. a genom att använda data som produceras i och med trafikövervakningen á la Automon (se avsnitt 5). Pappret avslutas med en diskussion av utvecklingsbehoven i avsnitt 6.

2. Datakällor och analys

I detta avsnitt följer en beskrivning av de viktigaste datakällorna i Sverige.

2.1. Datakällor

2.1.1. AIS-data

AIS utvecklades på 1990-talet bl. a. med syftet att förhindra fartygskollisioner och öka sjösäkerheten (IALA 2004). Kommunikationen sker med VHF-radio mellan fartyg och med sjöfartsmyndigheter. I Sverige används AIS av Sjöfartsverkets sjötrafikinformation (VTS). IMO (International Maritime Organization) kräver sedan 2008 att internationella fartyg över 300 i bruttodräktighet, fraktfartyg över 500 i bruttodräktighet som inte är en del av den internationella sjöfarten samt alla passagerarfartyg är utrustade med en AIS-sändare (Robards et al. 2016).

Till en början hade AIS bara lokal täckning och uppgifterna var därför svåra att samla in. Kommunikationen var begränsad till mycket höga frekvenser vilket innebar att signalen bara nådde 10–20 sjömil. Sedan 2008 har satelliter utrustade med AIS-mottagare möjliggjort mottagande av AIS-uppgifter över hela världen (Yang et al. 2019). Det finns två typer av AIS-sändare, typ A som kan

⁴ Enligt Sjöfartsverket (2021) uppgick de direkta rörelsekostnaderna för VTS och Sweden Traffic, som sköter utsändningarna av navigationsvarningar och felrapporteringar i farledssystemet samt incidentrapportering och sjöövervakning enligt EU:s övervakningsdirektiv till 67 miljoner per år.

⁵ Syftet med samhällsekonomiska analyser är att bidra till beslut som maximerar den totala välfärden i ett samhälle. Eftersom samhällets resurser är ändliga bör helst åtgärder där nyttan överstiger kostnaden genomföras. Vidare bör åtgärden med den största netto nyttan genomföras till förmån för andra åtgärder med lägre netto nytta. Ambitionen i en samhällsekonomisk analys är att ta hänsyn till samtliga konsekvenser av åtgärden i fråga, både för de som är direkt berörda av åtgärden och för samhället i stort.

hantera elva olika datafält och typ B-sändare som omfattar färre uppgifter. Handelsfartyg och passagerarfartyg är utrustade med en typ A-sändare. Vissa uppgifter rapporteras dock manuellt.

Tabell 1: Uppgifter som rapporteras med AIS typ A-sändare (Yang et al. 2019)

<i>Datafält</i>	<i>Typ</i>	<i>Beskrivning</i>
AIS-identitet och position	Statisk	MMSI-nummer och AIS-antennens position
Identitet	Statisk	Namn, IMO-nummer, fartygstyp, anropssignal
Storlek	Statisk	Längd och bredd
Position	Dynamisk	Koordinater
Hastighet	Dynamisk	Från 0 till 102 knop med 0,1 knops noggrannhet
Girhastighet	Dynamisk	Höger eller vänster, från 0 till 720 grader per minut
Navigationsriktning	Dynamisk	Kurs och bäring
Tidsstämpel	Dynamisk	Tid när uppgifterna genereras
Navigationsstatus	Dynamisk	Ankring, segling eller inaktiv
Destination och ETA	Reserelaterad	Destinationshamn och uppskattad ankomsttid
Djupgående	Reserelaterad	Från 0,1 till 25,5 meter

Datafälten kategoriseras som dynamisk information, statisk information eller reserelaterad information. Den statiska informationen rapporteras manuellt. För typ A-sändare skickas den dynamiska informationen ut varannan till var tionde sekund bland annat beroende på fartygets fart, och var tredje minut när fartyget är ankrat. Statisk information och reseinformation skickas var sjätte minut oavsett om fartyget är ankrat eller ej. Typ B-sändare skickar ut information mer sällan.

AIS-data kan i vissa fall vara felaktig och bortfall förekommer. Flest fel finns i den information som rapporteras manuellt. I en studie från 2010 bedöms 28 procent av observationerna innehålla felaktigheter, men under de senaste åren anses kvaliteten ha förbättrats markant (Robards, et al. 2016; Zhang, et al. 2015). Även data som genereras automatiskt kan innehålla felaktigheter, exempelvis kan AIS rapportera fel position om positionssystemet inte fungerar som det ska eller om det inte är korrekt sammankopplat med AIS-utrustningen. I extrema fall kan det också hända att fartyg stänger av sin AIS-sändare. När AIS-data används i analyser är det därför viktigt att om möjligt filtrera bort felaktig information (Yang, et al., 2019). Något som också kan innebära problem när AIS-data ska användas inom forskningen, är att AIS-signalerna kan ha svårt att nå fram i områden med mycket trafik. Det kan innebära bortfall i den information som hämtas från systemet (Robards, et al. 2016).

2.1.2. Transportstyrelsens sjöolyckssystem (SOS)

Transportstyrelsen ansvarar för ett olycksregistret för yrkessjöfarten (TSFS 2016:121). Befälhavare är enligt sjölagen och Transportstyrelsens föreskrifter skyldiga att rapportera tillbud och olyckor inom yrkessjöfarten. I registret finns från 1985 uppgifter om olyckor, vissa tillbud och omständigheterna

kring dessa. Rapporteringsskyldigheten gäller för befälhavare på svenska handelsfartyg, fiskefartyg och statsfartyg samt för utländska handels- och fiskefartyg på svenskt sjöterritorium. Rapporteringen omfattar inte fritidsfartyg eller militära fartyg.

Enligt Transportstyrelsen kan bortfallet i registret vara ganska stort, särskilt när det handlar om tillbud och mindre allvarliga olyckor. För allvarliga olyckor är uppfattningen att de flesta rapporteras.⁶ I DNV GL (2015) framgår att flera studier visar på att motsvarande norsk olycksstatistik har ett bortfall på upp till 60 procent. Olycksstatistiken bör därför tolkas med viss försiktighet. Detta tillsammans med att de rapporterade olyckorna och tillbudena är relativt få gör att det inte är möjligt att endast utgå från denna statistik i kvantitativa analyser av olika åtgärders effekter på sjösäkerheten.

2.1.3. VTS-statistik över olyckor och tillbud

VTS-operatörer registrerar inträffade olyckor och tillbud i VTS-områden. Under perioden 2016–2019 registrerades 24 grundstötningar och kollisioner⁷, då betydligt fler grundstötningar och kollisioner i VTS-områden rapporterades till Transportstyrelsen under denna period är det tydligt att många kollisioner och grundstötningar inte rapporteras av VTS-operatörerna. När det gäller tillbud registreras tillbudstyperna ”nödankring”, ”kurs mot grunt vatten”, ”nära kollision”, ”ej under befäl”, ”överträdelse av lotsbestämmelser”, ”överträdelse av rapporteringsskyldigheter”, ”fartyget överskrider farledens tillåtna dimensioner” och ”andra former av tillbud”. Totalt har 357 tillbud rapporterats under perioden 2016–2019.⁸ Här bör det påpekas att det inte finns några kriterier för vad som ska klassas som ett tillbud, det är upp till den enskilda VTS-operatören att avgöra vad som är att betrakta som exempelvis ”nära kollision” eller ”kurs mot grunt vatten” (Lundkvist 2010).

2.2 Olyckor i VTS-områden och övrigt svenskt territorialvatten

Nedan följer en redovisning av Transportstyrelsens sjöolycksstatistik för perioden 1985 till början av 2020⁹, med fokus på skillnader i olycksfrekvens mellan VTS-områden och övrigt svenskt territorialvatten som kan komma att täckas av AT (även VTS-områden avses omfattas av AT). Detta görs för att få en första uppfattning om potentiella nyttor med en automatisk trafikövervakning av hela det svenska territorialvattnet. Om många olyckor inträffar utanför VTS-områden indikerar det att AT kan bidra till att sjösäkerheten förbättras. Detta eftersom AT framför allt syftar till att övervaka områden som idag inte täcks av VTS.

I enlighet med Automon-projektets avgränsningar¹⁰ rapporterades totalt 1871 olyckor i svenska vatten under perioden från 1985 till början av 2020 (svenskt vatten motsvaras i stort av det blåfärgade området i kartorna nedan, de olyckor som har inträffat utanför detta område är alltså inte

⁶ Egil Wright, handläggare Transportstyrelsen, 21 april 2020.

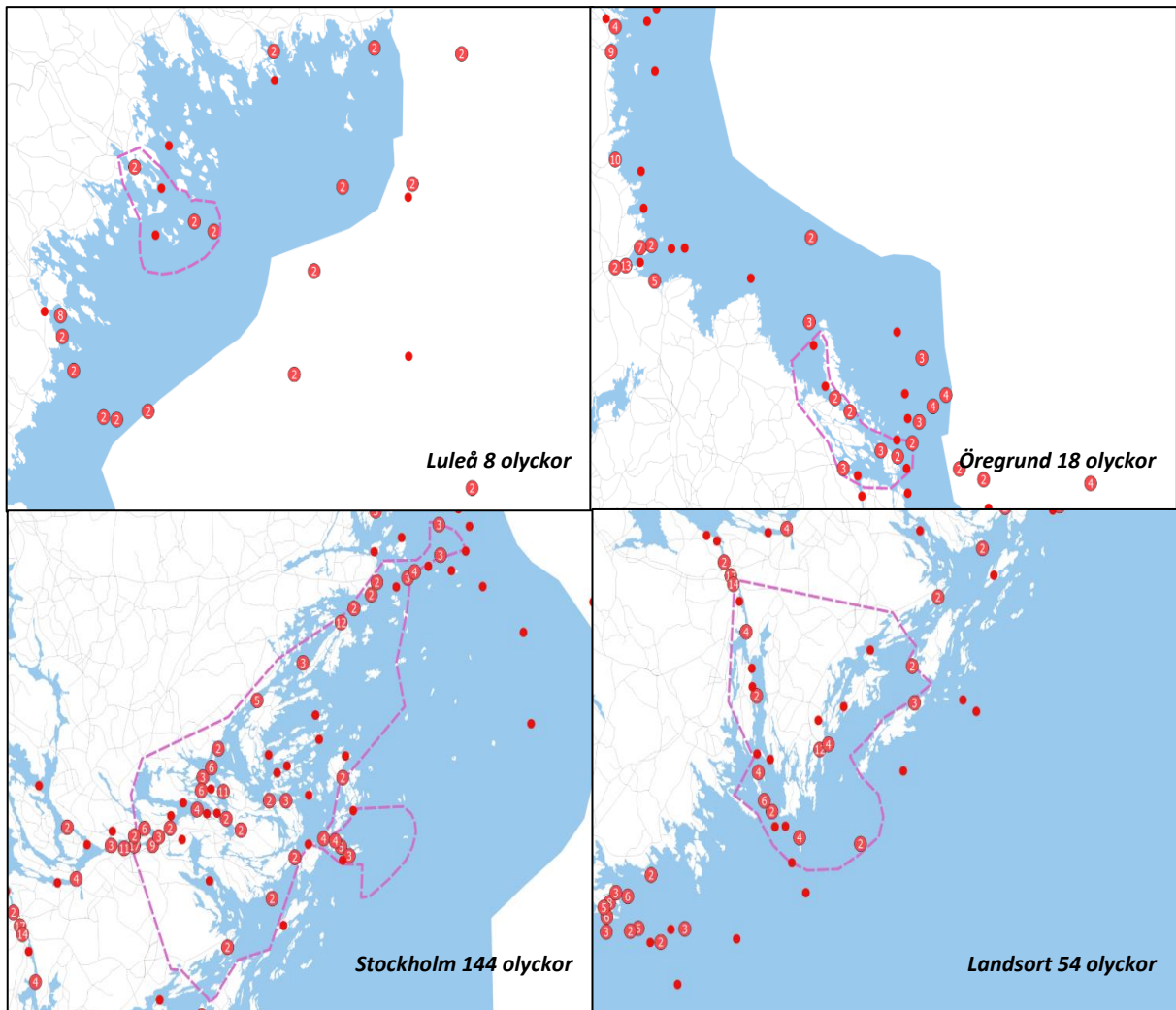
⁷ Uppgifterna om kollisioner och grundstötningar under perioden 2016-2019 tillhandahölls av Sjöfartsverket den 12 mars 2020, uppgifterna för perioden 2020-2021 hämtades från Sjöfartsverkets årsredovisning för 2021.

⁸ Uppgifterna tillhandahölls av Sjöfartsverket den 12 mars 2020.

⁹ Uppgifterna är hämtade från Transportstyrelsens Sjöolyckssystem och delgavs VTI den 13 mars 2020. Statistiken omfattar olyckor inom yrkessjöfarten.

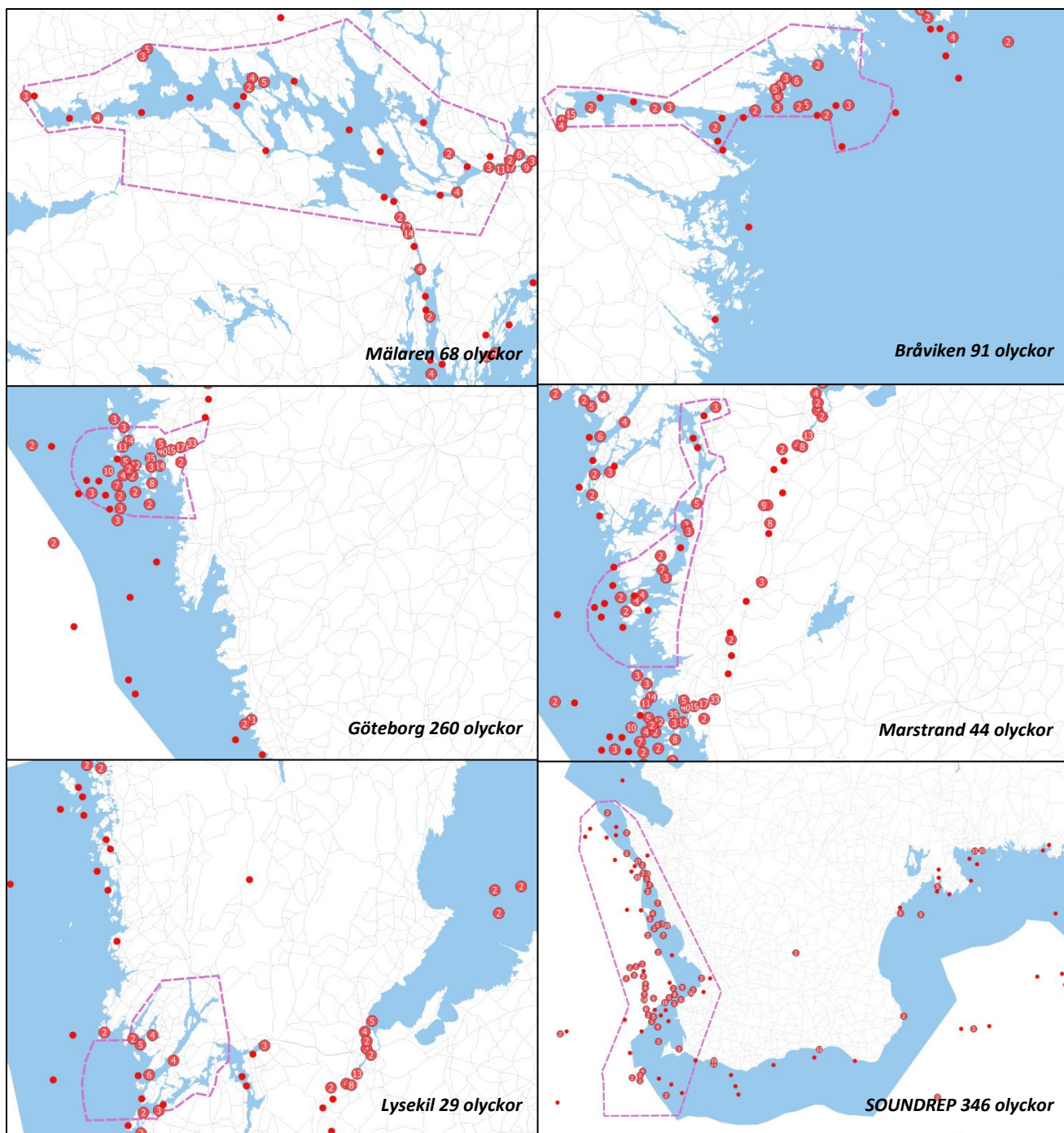
¹⁰ Endast kollisioner och grundstötningar i svenskt territorialvatten, och endast fartyg med en bruttodräktighet över 300 eller med en längd över 50 meter, inkluderas.

medräknade). Av dessa inträffade 809 olyckor, eller drygt 43 procent, utanför VTS-områden. En grov uppskattning gör gällande att cirka åtta till tio procent av svenskt vatten täcks av VTS.¹¹ Per ytenhet inträffar då ungefär tolv gånger fler kollisioner och grundstötningar i VTS-områden, men det är viktigt att komma ihåg att dessa områden är betydligt mer trafikerade än övrigt svenskt vatten.



Figur 2. Grundstötningar och kollisioner i VTS-områden 1985–2020. VTS-områden markerade med lila streckade linjer. Källa: TSFS 2009:56 och Transportstyrelsens sjöolyckssystem. Kartorna är framtagna av Lantmäteriet.

¹¹ Uppgiften kommer från Sjöfartsverket och delgavs VTI den 11 november 2020.



Figur 3. Grundstötningar och kollisioner i VTS-områden 1985–2020. VTS-områden markerade med lila streckade linjer. Källa: TSFS 2009:56 och Transportstyrelsens sjöolyckssystem. Kartorna är framtagna av Lantmäteriet.

Att drygt 43 procent av rapporterade kollisioner och grundstötningar inträffade utanför VTS-områden indikerar att AT och andra säkerhetsåtgärder kan komma att bidra positivt till sjösäkerheten, då det är i dessa vatten som en övervakning saknas idag. Att det handlar om cirka 90 procent av svenskt territorialvatten kan tala för en automatiserad övervakning, som har förutsättningar att täcka stora ytor till en relativt låg kostnad. Men, som tidigare nämnts, är farlederna som ingår i VTS-områden mer trafikerade än övrigt svenskt vatten.

3 Riktlinjer för samhällsekonomiska analyser och deras tillämpning i Sverige

3.1 Globalt

På global nivå tillhandahåller den Internationella Maritima Organisationen IMO (2018) den strukturerade, systematiska metoden Formal Safety Assessment (FSA) som rekommenderas att användas för att utvärdera effekter av regleringar som påverkar sjösäkerheten och marina miljöer. Inom ramen för Automon-projektet genomförs de första tre FSA-stegen helt eller delvis i arbetspaket 1 och arbetspaket 2. Se Tabell 2. Den övergripande genomgången av effektsamband avseende sjösäkerhet i avsnitt 3 kan relateras till de första tre FSA-stegen.

Mot bakgrund av att de tre första FSA-stegen inte genomförs förrän i slutfasen av Automon-projektet är det inte möjligt att genomföra samhällsekonomiska analyser och att ge policyrekommendationer för den inom ramen för projektet utvecklade Automon-lösningen (eller varianter av denna lösning). Man bör också komma ihåg att Automon-projektet i första hand är teknikdrivet (med målsättningen att utveckla den tekniska -lösningen) och inte policydriven (med målsättningen att förbättra sjösäkerheten på ett för samhället effektivt sätt).

Tabell 2 Tillämpning av IMO:s "Formal Safety Assessment" i Automon-projektet

FSA-steg	Automon-projekt
Steg 1 Identifiering av faror	AP1,2
Steg 2 Riskanalys	AP1,2
Steg 3 Säkerhetshöjande åtgärder/optioner	AP1,2?
Steg 4 Samhällsekonomisk analys	-
Steg 5 Policyrekommendationer	-

Målet med FSA-Steg 4 *Samhällsekonomisk analys* är att identifiera och jämföra nyttor och kostnader förknippade med genomförandet av de i FSA-Steg 3 identifierade säkerhetshöjande åtgärder/optioner som identifieras och definieras i FSA-Steg 3. Kostnadsnyttobedömningen bör bestå av följande steg:

1. resonera över de risker som bedöms i FSA-steg 2, både med avseende på olyckornas frekvens och konsekvenser, för att definiera bas-/referensalternativet i termer av risknivåer för den aktuella situationen; i FSA-Appendix 3 föreslås olika tekniker för riskidentifiering.
2. ordna de i FSA-steg 3 definierade åtgärderna, på ett sätt som underlättar förståelsen av nyttorna och kostnaderna som är förknippade med genomförandet av dessa åtgärder.
3. uppskatta de relevanta nyttorna och kostnaderna av samtliga definierade åtgärder
4. uppskatta och jämföra kostnadseffektiviteten för varje åtgärd i termer av kostnad per uppnådd riskminskning till följd av genomförandet av åtgärden.

5. rangordna åtgärderna ur ett kostnadsnyttoperspektiv för att kunna ge policy-rekommendationer i FSA-steg 5.

Åtgärdernas nyttor kan omfatta minskning av antalet dödsfall, skador, miljöskador (inkl. sanering), kompensation av tredje part, ökningen av fartygens genomsnittliga livslängd mm. Åtgärds-kostnaderna borde uttryckas i termer av livscykelkostnader och inkludera initiala kostnader samt kostnader för drift, utbildning, inspektion, certifiering, avveckling, etc.

Metodmässigt är det viktigt att definiera de "enheter" som är mest berörda av säkerhetsproblemet som ska åtgärdas, dvs. de personer, organisationer, företag, kuststater, flaggstater mm. som direkt eller indirekt drabbas av olyckor eller av kostnadseffektiviteten av föreslagna åtgärder. Olika index kan användas för att jämföra kostnadseffektiviteten av olika åtgärderna, t ex kostnader för att undvika ett dödsfall/en dödsolycka eller en skada på egendom och miljö. För åtgärder som ska förebygga oljeutsläpp från fartyg kan riskbedömningskriterier användas. Känslighetsanalyser och osäkerhetsanalyser bör genomföras och redovisas.

FSA-steg 4 Samhällsekonomisk analys ska omfatta följande resultat: 1) nyttor och kostnader av de i steg 3 definierade optioner/åtgärder, nyttor och kostnader för de mest påverkade enheterna och 3) åtgärdernas/optionernas kostnadseffektivitet uttryckt i termer av lämpliga index.

3.2 EU

Riktlinjerna för samhällsekonomiska analyser avser infrastrukturinvesteringar och publicerades för ett antal år sedan, se t ex Europeiska kommissionen (2014). EU-kommissionen uppskattar de externa kostnader som transporter med de olika trafikslagen ger upphov till (Europeiska kommissionen 2021). När det gäller trafiksäkerhet ingår inte de externa kostnaderna som täcks av försäkringar. Tyngdpunkten ligger på vägtransporter. Fem olika kostnadskomponenter inkluderas: humana kostnader (i form av förlorat liv eller lidande), medicinska kostnader (t ex i form av sjukhuskostnader), administrativa kostnader (t ex för räddningsinsatser), produktionsbortfall (t ex i form av utfallen arbetstid), materiella skador på fordon, gods eller infrastrukturen och andra kostnader (t ex kostnader som uppstår pga. att framkomligheten för andra fordon/fartyg begränsas). Ett statistiskt människoliv värderas till i snitt 3.6 miljoner Euro, vilket motsvarar knappt 40 miljoner kr med dagens valutakurs, (Europeiska kommissionen 2014). Kostnader för t ex polisens förebyggande insatser ingår inte i de externa kostnaderna eftersom de inte är en direkt följd av olyckorna. För sjötransporter används olycksdata från European Maritime Safety Agency¹²; statistiken aggregeras över fem år (2012-2016). De externa kostnaderna kopplat till trafiksäkerheten till sjöss uppskattas per anlop, per passagerare(km) och per ton(km).

3.3 Sverige

3.3.1 Trafikverket

I Sverige ger ASEK, Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn, rekommendationer angående vilka ekonomiska analysmetoder och kalkylprinciper som bör tillämpas vid samhällsekonomiska analyser av åtgärder inom transportområdet (Trafikverket 2020).

Trafikverket ansvarar för att utveckla de principer för samhällsekonomisk analys och de kalkylvärden

¹² <https://www.emsa.europa.eu/>

som ska tillämpas i transportsektorns samhällsekonomiska analyser och att publicera de i ASEK-rapporten (Trafikverket 2020).¹³

ASEK-arbetet är kopplat till en myndighetsövergripande samrådsgrupp som består av representanter för Trafikverket, Transportstyrelsen, Sjöfartsverket, Naturvårdsverket, Energimyndigheten, Boverket, Stockholms Läns Landsting/SL samt Trafikanalys (adjungerad).

Nyttorna är kopplade till företagens och hushållens transporttids och -kostnadsbesparingar samt lägre externa kostnader till följd av minskad trängsel, förbättrad trafiksäkerhet, minskat buller, minskade luftföroreningar och utsläpp av växthusgaser. När det gäller trafiksäkerhet, fokuserar även ASEK-rekommendationerna på vägtransporter och över lag är kunskapen avseende säkerhetsåtgärdernas effekter mycket lägre för sjötransporter än för vägtransporter. En förklaring är förstås att det sker så pass mycket mer vägtrafikolyckor än sjötrafikolyckor. År 2021 omkom t ex 192 personer i vägtrafiken, vilket ska jämföras med i snitt ett dödsfall per år i sjötrafiken¹⁴.

ASEK (Trafikverket 2020) rekommenderar ett monetärt värde på 44,02 miljoner kr (i 2017 års penningvärde) för dödsfall vid vägtrafikolyckor. I enlighet med Vierth et al. (2016a) antar vi att ett dödsfall på sjön innebär en lika stor kostnad som ett dödsfall i vägtrafiken – detta bidrar också till att säkerställa jämförbarheten inom transportsektorn. ASEK-värdet för dödsfall är något högre än EU-handbokens värde på knappt 40 miljoner kr. När det gäller skadade rekommenderar ASEK värden på 4,56 miljoner kr per person för lindrigt skadade och 12,93 miljoner kr per person för allvarligt skadade. ASEK rekommenderar inte explicita värden för medicinska kostnader, administrativa kostnader, produktionsförluster eller kostnader som uppstår därför att framkomligheten för andra fordon/fartyg begränsas.

När det gäller materiella skador på fordon, gods eller infrastrukturen rekommenderar ASEK att egendomsskador som uppträder i samband med vägtrafikolyckor värderas med 0,015 miljoner kr. Detta värde har tagits fram för vägtrafikolyckor och antas inte vara relevant för sjötrafikolyckor. I Vierth et al. (2016a) skattas kostnaderna för fartygsskador genom att anta att försäkringsutbetalningar (från försäkringsbolaget The Swedish Club) täcker kostnaderna för fartygsskador till följd av grundstötningar och kollisioner. Då en självrisk på 30 procent enligt Vierth et al. (2016a) är standard inom sjöfarten, adderas 1/0,7 (ca 43 procent) till värderingen. Under perioden 2001–2019 rapporterades i genomsnitt 21 grundstötningar och 33 kollisioner årligen, vilket ger en genomsnittlig kostnad per olycka på knappt 295 miljoner kr per år (om medelvärdet för kostnaderna används) och 30 miljoner kr per år (om medianvärdet för kostnaderna används). Att medelkostnaden för en olycka är betydligt högre än mediankostnaden kan förklaras med att det finns ett stort antal små olyckor som inte kostar speciellt mycket och ett fåtal riktigt stora olyckor som driver upp medelvärdet.¹⁵

¹³ Effektsamband behandlas delvis i ASEK-rapporten och delvis i *Effektkatalogen för trafiksäkerhet* Trafikverket. 2021. *Gällande förutsättningar och indata* [Online]. <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/gallande-forutsattningar-och-indata/> [2022-03-14].

¹⁴ Se nedan.

¹⁵ Generellt påverkas kostnaderna förstås av vilka försäkringslösningar som tillämpas.

ASEK rekommenderar inte hur effekter på naturen, t ex till följd av en olycka som läder till oljespill, skall värderas. Oljeutsläppen i Östersjön har minskat stadigt sedan 2007 (Larsson 2019) och utgör inte någon betydande samhällsekonomisk kostnad i Sverige (Vierth et al. 2016a). I olycksstatistiken är det inte möjligt att se om utsläppen är ett resultat av en kollision, grundstötning eller annan händelse.

ASEK-rekommendationerna har i första hand används till samhällsekonomiska analyser för investeringsprojekt. Följande analyser avser specifikt säkerhetsaspekter: Rambölls analys för Öresund 2006, Sjöfartsverket riskanalys i samband med för farledsutbyggnaden av Gävle hamn 2009, Transportstyrelsens analys av en lättnad i lotsplikten på Väneren 2013. Se Bilaga 3 i Vierth et al. (2015).

Det finns idag relativt lite kunskap om hur olika åtgärder inom sjöfarten faktiskt påverkar sjösäkerheten. Riksrevisionen konstaterar att ”de nuvarande riktlinjerna för farledsinvesteringar i ASEK för effektsamband, kalkylmetoder och kalkylvärden är mindre utvecklade för sjöfarten än för väg- och järnvägstransporter. Det beror på att mer forskning och samhällsekonomiska kalkyler har genomförts på väg- och järnvägsområdena, vilket har bidragit till att tydligare praxis har utvecklats för hur kalkylerna ska utföras och vilka kalkylvärden som är rimliga.” (Riksrevisionen 2016, s. 45).

3.3.2 Transportstyrelsen

Transportstyrelsen har till uppgift att svara för regelgivning, tillståndsprövning och tillsyn inom transportområdet och ingår i ASEK:s myndighetsövergripande samrådsgrupp.¹⁶ Som myndighet som ska utreda konsekvenser av förslag till nya eller förändrade regler, genomför Transportstyrelsen även konsekvensutredningar enligt Förordning (2007:1244). Ett exempel för en sådan konsekvensutredning är Transportstyrelsens förslag till riskbaserade lotsningar.¹⁷ Svensk Sjöfart föreslår i sitt remissvar att man i det fortsatta arbetet borde utgå ifrån IMO:s Formal Safety Assessment (FSA).¹⁸

3.3.3 Sjöfartsverket

Sjöfartsverket ansvarar för tillgänglighet, framkomlighet och säkerhet till sjöss och ingår i ASEK:s myndighetsövergripande samrådsgrupp. Den samhällsekonomiska analysen avseende navigationsstöd från land är ett exempel för en analys som Sjöfartsverket har genomfört (SWECO 2022). Vi är osäkra på om enbart navigation från land avser navigationen i öppna farleder eller hela vägen till kaj. De årliga samlade nyttorna av övergången till det antagna systemet uppskattas till mellan 31 och 141 miljoner kr, uppdelat på kostnadsbesparingar för Sjöfartsverket på 16 till 92 miljoner kr, bättre service för sjötransportnäringen på 8 till 28 miljoner kr per år samt samhällsnyttor på 6 till 20 miljoner kr. De sistnämnda nyttorna beräknas uppstå till följd av att färre/inga lotstransporter genomförs och inkluderar främst lägre CO₂-utsläpp, men också lägre luftföroreningar och olyckor och infrastrukturkostnader. Bortsett från lotstransporterna, verkar säkerheten till sjöss

¹⁶ Medan Trafikverket arbetar med utformning av infrastrukturen, arbetar Transportstyrelsen med åtgärder som syftar till ett effektivt utnyttjande av transportsystemet. Det handlar om att införa och granska de regler som används på transportområdet.

¹⁷ Konsekvensanalys av förslag till nytryck av Transportstyrelsens förslag till nytryck av föreskrifterna och allmänna råd (TSFS 2017:88).

¹⁸ <https://www.sweship.se/publicerat/remissvar/>

antas vara oförändrad. Övergången till navigationsstöd på land motiverar beräknas vara samhällsekonomiskt lönsamt och lotsavgifterna beräknas, beroende på finansieringsform, kunna reduceras med 17 till 27 miljoner kr per år.

3.4. Slutsatser angående riktlinjer

Genomgången av riktlinjerna visar att enbart IMO:s FSA-metod är direkt och uteslutande riktade till analyser av åtgärder som ska påverka sjösäkerheten och marina miljöer. FSA-riktlinjerna utgör en stegvis ansats, där den samhällsekonomiska analysen ingår som ett steg (se Tabell 1) medan den samhällsekonomiska analysen är utgångspunkten i andra riktlinjer (som förutsätter att det finns effektsamband som kan användas). Som vi har uppfattat det, har FSA enbart använts i några fall i Sverige (se nedan) och vi föreslår att studera på vilket sätt FSA-analyser skulle vara möjligt och genomförbart. Det kunde bl. a vara intressant att genomföra FSA-steg 4 Samhällsekonomisk analys baserade på de FSA-stegen 1-3 som genomförs i Automon-projektets slutfas. I ett bredare perspektiv kunde det vara intressant att analysera samspelet mellan t ex AI-baserad trafikövervakning och andra säkerhetshöjande åtgärder.

De andra inventerade riktlinjerna (EUs riktlinjer för infrastrukturinvesteringar, EU:s handbok för externa kostnader, ASEK:s rekommendationer och Transportstyrelsens konsekvensanalyser) är bredare då de avser fler nyttor än säkerhet och fler trafikslag. ASEK:s trafikslags- och myndighetsövergripande angreppssätt ska säkerställa att samma principer och kalkylvärden används i hela transportsektorn. Våra exempel visar dock att de olika myndigheterna (inom transportsektorn) använder ASEK:s kalkylvärden men tillämpar i övrigt olika ansatser. Detta försvårar möjligheten att jämföra olika trafiksäkerhetsåtgärder och möjligheten att analysera samspelet mellan olika säkerhetshöjande åtgärder.

Flest samhällsekonomiska analyser har genomförts för investeringar i farleder och slussar; det finns behov att utveckla analysmetoderna för nya/förändrade regelverk och nya tekniska lösningar som Automon. (I många fall kräver implementeringen av nya tekniska lösningar anpassningar av regelverken.) Vi föreslår även att följa upp genomförda sjösäkerhetsåtgärder i högre grad. Vår bild är att det inte görs systematiska uppföljningar idag.

När det gäller trafiksäkerhet, fokuserar ASEK på de landbaserade transportererna och värderingen av personskadorna som har stor betydelse för väg- och järnvägstransporter. För att kunna använda ASEK:s rekommenderade värden för skadade i sjöolyckor är det önskvärt att dela upp allvarligt och lindrigt skadade även i sjöolycksstatistiken. Skador på fartygen, lasten, infrastrukturen och miljö har en större betydelse för sjötransporter än för de landbaserade trafikslagen. ASEK rekommenderar dock inga kalkylvärden för dessa skador; här ser vi således ett stort utvecklingsbehov.

4 Maximala nyttor av säkerhetsåtgärder

För att få ett grepp om de samlade åtgärdernas potentiella nyttor (inkl. automatisk AI-baserad trafikövervakning) i form av en eliminering av samtliga 33 kollisioner och 21 grundstötningar som

sker i genomsnitt per år på Sveriges sjöterritorium görs en övergripande uppskattning.¹⁹ Dessa olyckor leder till i snitt en dödad person²⁰ och 14 skadade personer²¹ per år. Det är uppenbart att en del åtgärder, t ex farledsinvesteringar, även leder till andra nyttor än förbättrad sjösäkerhet (t ex lägre miljöpåverkan eller lägre transportkostnader). Men för dessa nyttor saknas en lika väl definierad nollpunkt och effektsamband varför vi inte har beräknat potentiella nyttor för dessa.

Sammanställningen i Tabell 3 visar att det finns stora osäkerheter och kunskapsbrister avseende den kvantifierade nyttan av att eliminera 54 sjöolyckor per år. Det finns enbart *rekommenderade värderingar* för människoliv och skadade och motsvarande rekommenderade värderingar för skador på fartyg, gods, infrastruktur och natur saknas.²² I Tabell 2 värderas fartygsskadorna enligt Vierth et al (2016a) och egna antaganden. Detta innebär att det inte är möjligt att med officiella metoder uppskatta nyttan av åtgärderna av att åstadkomma "nollvisionen" utan sjöolyckor baserade på officiella vedertagna riktlinjer. Mot bakgrund av att åtgärder antingen kan/ska höja sjösäkerheten och/eller säkerställa säkerheten till en lägre kostnad för samhället, inkluderas även kostnadsbesparingar för offentliga aktörer (myndigheter mm) och/eller privata aktörer (redare mm) som nyttor. Dessa kostnadsbesparingar bör beräknas genom att jämföra aktörernas kostnader med respektive utan åtgärden i fråga.

Vid tillämpningen av ASEK-värderingar beräknas, beroende på hur allvarliga skador som antas, nyttorna i intervallet 110 - 225 miljoner kr per år. Då skadans allvarlighetsgrad inte framgår av Transportstyrelsens olycksstatistik antas a) att samtliga personer är inte allvarligt skadade och kostnaden uppgår enligt ASEK till 4,56 miljoner kronor per person, alltså knappt 64 miljoner kr per år och b) att samtliga personer är allvarligt skadade och kostnaden enligt ASEK uppgår till 12,93 miljoner kr per person, alltså 181 miljoner kronor per år. Uppgifterna för de materiella skadorna på fartygen (30 -295 miljoner kr per år) indikerar att spridningen på utbetalningarnas storlek, och därmed de uppskattade kostnaderna, är stor.

¹⁹ Vi utgår från antalet inträffade grundstötningar och kollisioner i enlighet med den historiska utvecklingen 2001–2019, då 54 kollisioner och grundstötningar inträffar per år på svenskt vatten i genomsnitt. Då Transportstyrelsens säkerhetsöversikt inte sträcker sig längre än 2001 så används detta som utgångsår. 2020 inkluderas inte här då den olycksstatistik som används bara täcker en liten del av 2020.

²⁰ Enligt Transportstyrelsens (2021) säkerhetsöversikt för 2020Transportstyrelsen 2021. Säkerhetsöversikt 2020. inträffade under den senaste tjugoårsperioden i genomsnitt 2,2 dödsfall i form av sjöolyckor per år på svenskt vatten. Av samtliga sjöolyckor inträffade ungefär 45 procent i samband med en kollision eller grundstötning. Om denna andel antas gälla för dödsfall inträffade knappt ett dödsfall per år på grund av kollision eller grundstötning.

²¹ Enligt *ibid.* skadades under den senaste tjugoårsperioden drygt 31 personer per år i sjöolyckor, och 45 procent eller 14 av dessa inträffade i samband med en kollision eller grundstötning. Skadans allvarlighetsgrad framgår inte av Transportstyrelsens statistik.

²² När det gäller materiella skador på fordon, gods eller infrastrukturen rekommenderar ASEK att egendomsskador som uppträder i samband med vägtrafikolyckor värderas med 0,015 miljoner kr. Detta värde har tagits fram för vägtrafikolyckor och antas inte vara relevant för sjötrafikolyckor.

Tabell 3. Säkerhetsåtgärdernas samlade nyttor per år att eliminera samtliga 54 olyckor per år

				Summa (miljoner kr per år)
Genomsnittligt antal dödade och skadade per år	1 dödad		14 skadade	
Värdering av personskador enligt Trafikverket (2020), (miljoner kr)	44	64 Med antagandet att alla är ej alvarligt skadade	181 Med antagandet att alla är alvarligt skadade	110-225
Värdering av fartygsskador enligt Vierth et al (2016a) och egna antaganden		30 (medianvärde)	295 (medelvärde)	30 – 295
Värdering av nyttor kopplade till skador på lasten, naturen mm.				Inga officiella rekommendationer
Kostnadsbesparingar för offentliga och/eller privata aktörer				Beräkning baserad på kostnader i specifika fall

5. Effektsamband för sjösäkerhet

Detta avsnitt börjar med en sammanfattning av kunskapsläget när det gäller effektsamband för sjösäkerhet samt en beskrivning av aktuell forskning hos VTI inom ramen för projektet ESTIR, Effektsamband för sjösäkerhet – analys av tillbud som identifieras med RAIS-data, som finansieras av Trafikverkets sjöfartsportfölj. Därefter följer en kort beskrivning av trafikövervakning inom luftfarten samt en redogörelse av hur AT kan bidra till att utveckla och kvantifiera effektsamband för sjösäkerhet. För att sätta AT i en kontext beskrivs också kort hur trafikövervakningen inom luftfarten fungerar (se avsnitt 5.3).

5.1 Kunskapsläget

Robusta effektsamband för sjösäkerhet saknas och det är över lag svårt att skatta effektsamband för olyckor för att det är så pass sällsynt att olyckor sker. Som det nämns ovan ska ca 200 dödsfall per år i vägtrafiken jämföras med ett dödsfall per år i sjötrafiken.

I Vierth och Sjöstrand (2020) redogörs för befintliga riktlinjer och forskningsläget när det gäller kvantifiering av effektsamband. I rapporten beskrivs också samhällsekonomiska analyser inom sjöfartsområdet där sjösäkerhet på något sätt har beaktats. Här följer en sammanfattning av vad som framkommer i den rapporten.

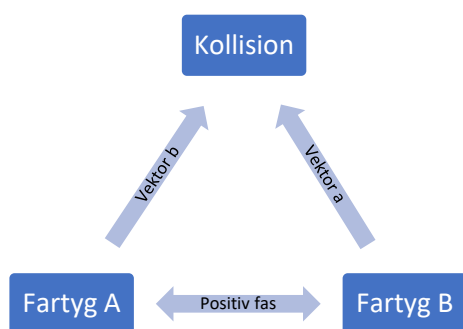
5.1.1. Litteratur

I Lim et al. (2018) beskrivs hur olika typer av simuleringar är den vanligaste metoden för att genomföra riskanalyser inom sjösäkerhet. Enligt författarna kan en anledning vara att historiska data över sjöfartsolyckor inte alltid är tillgänglig i den utsträckning som krävs för att göra robusta statistiska analyser, som är den näst vanligaste metoden.

I Zaman et al. (2015) studeras sjöfartsolyckor i Malackasundet, sundet mellan Sumatra och Malaysia som förbinder Bengaliska viken med Sydkinesiska havet. AIS- och GIS-data (geografiskt informationssystem) används för att skatta sannolikheten för kollisioner, och med matematiska formler som bygger på fartygens kurs, hastighet med mera beräknas antal fartyg som under en viss tidsperiod är på väg rakt emot varandra, som korsar varandras rutter eller som gör en omkörning. Därefter beräknas sannolikheten för kollisioner vid olika tidpunkter på dygnet med varierande trafiktäthet.

Faghih-Roohi et al. (2014) gör simuleringar med Monte Carlo-metoden för att skatta olycksrisken. Metoden innebär att utifrån ett begränsat antal observationer göra prognoser för framtida olyckor och tillbud. Metoden ger flera utfall med olika sannolikheter. Utfallen visar dels extremfallen, dels sannolikhetsfördelningen för utfallen där emellan. Simuleringen körs tusentals gånger med skattade sannolikhetsfördelningar för de variabler som ingår i modellen. Syftet med metoden i den aktuella studien är att kunna dra slutsatser om olycksrisken för australiska kommersiella fartyg utifrån få uppgifter om olyckor och tillbud. Författarna menar att fördelarna med metoden är att den kan appliceras på alla typer av olyckor och tillbud i alla typer av farvatten, och att den fungerar även med få observationer.

I Zhang et al. (2015) används AIS-data för att identifiera situationer i Östersjön där fartyg varit nära att kollidera med varandra, men där kollision ändå har undvikits. Det finns enligt studien ett samband mellan tillbud och olyckor inom sjöfarten generellt, därför kan metoden användas för att värdera sjösäkerheten. Inom sjöfarten är antalet olyckor ofta relativt få och olycksstatistiken är sällan helt tillförlitlig eller komplett. Den stora fördelen med tillvägagångssättet är att det resulterar i ett betydligt större dataunderlag att använda för att värdera sjösäkerheten, jämfört med om endast olycksstatistiken används. Metoden liknar till viss del en metod för vägtransporter som kallas konflikttekniken (TCT, Traffic Conflict Technique) med syftet att just beräkna antalet tillbud. Studien fokuserar på att kategorisera tillbud utifrån allvarlighetsgrad. Kategoriseringen grundar sig på expertbedömningar och resulterar i matematiska formler för att identifiera tillbud genom att utgå från fartygspår och beräkna avstånd, förändring i avstånd som bestäms av fartygens relativa hastighet samt relativ position som bestäms av kursen.



Figur 4: Illustration av modellen. Källa: Zhang et al. (2015)

Sannolikheten för en kollision antas öka med minskat avstånd mellan fartygen. Förändring i avstånd beräknas med hjälp av fartygens relativa hastighet, som är ett resultat av fartygens faktiska kurs och hastighet. Fasen syftar på fartygens relativa position gentemot varandra och den bestämmer storleken på kursändringen som krävs för att undvika en kollision. En positiv fas innebär att fartygen närmar sig varandra. Genom att använda AIS-data och analysera ett antal incidenter tas en modell fram som kan användas för att identifiera tillbud. De tillbud som enligt modellen anses vara mest allvarliga analyseras på nytt av experter för att säkerställa att modellen har valt ut rätt fall. Expertbedömningarna visar sig stämma bra överens med modellens val av fall och författarna konstaterar att de framtagna formlerna fungerar som tänkt. En brist i modellen som författarna själva lyfter fram är att det inte tas någon hänsyn till meteorologiska faktorer (såsom våghöjd eller sikt) inverkan på tillbudens allvarlighetsgrad.

Åtgärder genomförs kontinuerligt som kan antas ändra förekomsten av olyckor. Exempelvis har ett antal navigationssystem utvecklats och IMO har introducerat nya krav på fartygs manövreringsförmåga och minsta bemanning (Pedersen 2010). Det finns få studier som har kvantifierat dessa effekter, men Pedersen (2010) ger exempel på hur en sådan kvantifiering skulle kunna gå till. Idén är att använda AIS-data och utgå från fartyg som är på kollisionskurs med varandra. Givet väderförhållanden är det möjligt att avgöra när ett annat fartyg siktas, antingen visuellt eller med radar. Utifrån den informationen är det möjligt att beräkna hur lång tid fartygen har på sig att upptäcka varandra och undvika en kollision. Sannolikheten för att upptäcka det andra fartyget bestäms bland annat av tillgängliga navigationssystem och bemanning på bryggan. Genom att använda ett bayesianskt nätverk beräknas hur en åtgärd, såsom krav på AIS, påverkar tiden det tar för befälhavaren att reagera när det föreligger en kollisionsrisk. Ett bayesianskt nätverk är en grafisk modell som består av ett antal variabler med betingade sannolikheter knutna till sig. Med ett sådant nätverk kan sannolikheten för olika utfall beräknas med hänsyn till hur de olika parametrarna, i detta fall åtgärder för att öka sjösäkerheten, påverkar antal olyckor.

I EfficienSea (2012) analyseras hur olika typer av navigationshjälpmedel påverkar olycksrisken. Programvaran IWRAP MK II används för att skatta sannolikheter för kollisioner och grundstötningar. I IWRAP finns en så kallad orsaksfaktor som är sannolikheten för att en person inte agerar som han eller hon borde agera i en given situation. Studien nämner att ett tillvägagångssätt är att bestämma orsaksfaktorn utifrån historiska olycksdata. Men då antalet olyckor ofta är ganska få och olycksstatistiken sällan är komplett, används i studien bayesianska nätverk för att skatta orsaksfaktorer. Hänsyn tas till sådant som trafik i området, vindriktning, farledsbredd, om området

täcks av VTS och navigationshjälpmedel. I studien testas ansatsen för en given färdväg i Drogdenrännan i Öresund, och resulterar i högre nivåer på orsaksfaktorerna jämfört med de som är angivna som standard i IWRAP MK II.

I Riveiro et al. (2018) beskrivs olika metoder för anomalidetektion inom sjöfarten. Här nämns bland annat gaussisk blandningsmodell (förkortas GMM efter engelskans Gaussian mixture model) och mer specifikt algoritmen för förväntansmaximering (förkortas EM efter engelskans Expectation Maximization Algorithm). EM är en iterativ metod som, i fallet med olycksrisk till sjöss, används för att skatta olycksrisken utifrån observerade attribut såsom exempelvis farledens utformning eller trafikrestriktioner vid vissa väderförhållanden. Metoden innebär att den antar två sannolikhetsfördelningar, en för normala manövrar och en för avvikande manövrar. Då det inte är möjligt att i förväg veta vilken kategori en viss fartygsmanöver tillhör, formar modellen de två sannolikhetsfördelningarna för att passa de observerbara attributen (AIS-spår tillsammans med andra omständigheter som kan antas påverka olycksrisken). När modellen är estimerad så kan den beräkna sannolikheten för att en viss manöver tillhör någon av de två sannolikhetsfördelningarna, och därigenom beräkna olycksrisken i ett visst område.

5.1.2. Riktlinjer

I Trafikverkets *Effektkatalog för trafiksäkerhet* (Trafikverket 2021) berörs inte sjöfarten alls. I ASEK kapitel 4 (Trafikverket 2020) beskrivs kalkylmodellen för infrastrukturinvesteringar för sjöfart. För effektsamband avseende sjösäkerhet sägs att värderingen får göras med indirekta metoder. Pianc-metoden nämns (Pianc står för *Permanent International Association of Navigation Congresses* och är en internationell organisation som tar fram riktlinjer för en hållbar vattenburen infrastruktur för hamnar och farleder), den innebär att en indirekt värdering görs av sjösäkerhetsnyttor utifrån Pianc:s rekommendationer om fartygsstorlek kontra farledens bredd och djup. För fartyg vars storlek inte överskrider Pianc:s rekommendationer antas den marginella olyckskostnaden vara lika med den marginella transportkostnaden. Metoden förutsätter alltså att rekommendationerna är optimalt satta ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Om större fartyg än vad som rekommenderas av Pianc får trafikera farleden sjunker transportkostnaden, men den marginella olyckskostnadsökningen antas vara lika stor eller större än motsvarande minskning av transportkostnaden. Totalkostnaden i ett samhällsperspektiv blir alltså ofta högre om större fartyg trafikerar farleden.

Transportkostnadsskillnaden kan därmed ses som en minimiskattning av olyckskostnaden, och metoden ger en skattning av den minskning av olyckskostnaden som uppnås genom att i en given farled tillämpa Pianc:s rekommendationer.²³

Trafikverket (2020) nämner i ASEK också möjligheten att via lotsavgifter ta fram effektsamband för ökad sjösäkerhet. Om en utbyggd farled resulterar i ökad sjösäkerhet, som i sin tur innebär att lotsplikten försvinner för vissa fartyg, kan besparingen som detta innebär för rederierna vara ett mått på nyttan med ökad sjösäkerhet. Här bör, enligt Trafikverket, en bedömning göras av om lotsavgifterna motsvarar den verkliga kostnaden för lotstjänster. Om så inte är fallet kan en skattning av de verkliga kostnaderna göras.

²³ Henrik Swahn HSAB, mejl 20 april 2020.

5.1.3. Tidigare genomförda analyser med koppling till effektsamband

Det har gjorts många analyser i samband med farledsinvesteringar och andra åtgärder med koppling till effektsamband för sjösäkerhet. Här går vi igenom flera av dessa och bidrar också med vår egen syn på eventuella brister i de framtagna effektsambanden. Ambitionen är inte att beskriva samtliga genomförda analyser med bäring på sjösäkerhet, snarare har vi valt analyser som representerar olika angreppssätt och metodik. Studierna och analyserna som beskrivs är ordnade efter utgivningsår. Senare i det här kapitlet går vi närmare in på investeringen i farleden in till Gävle hamn som slutfördes 2014, frågar oss om det finns något att lära från denna analys och uppmärksammar också eventuella metodproblem. Vi har valt Gävle för att värderingen av sjösäkerheten där, enligt Vierth et al. (2016b), anses vara ambitiös givet avsaknaden av en etablerad metod.

Ramböll Danmark A/S (2006) genomförde en analys av risken för grundstötningar och kollisioner i Öresund. I projektet deltar danska och svenska sjöfartsmyndigheter. Analysen görs i enlighet med IMO:s *Guidelines for formal safety assessment (FSA)*. Syftet är att bidra med underlag till sjöfartsmyndigheter vid överväganden om vilka åtgärder som ska vidtas för att öka sjösäkerheten. För att ta fram effektsamband används bayesianska nätverk för att beräkna olycksfrekvens och olyckskonsekvens. Metoden motsvarar den som Pedersen (2010) använder och beskrivs ovan. När det gäller olycksfrekvens tar modellen hänsyn till specifika trafik- och navigationsomständigheter i olika delar av Öresund. Modellen beräknar också hur fartygstyp, sikt med mera påverkar olycksrisken. Olyckskonsekvenser delas in i dödsfall, egendomsskada och miljökada. Enligt modellen påverkar fartygets egenskaper såsom fartygstyp och storlek samt hastighet och kollisionsvinkel olyckans allvarlighetsgrad. Försäkringsdata används för att värdera materiella skador.

I Lundkvist (2010) utreds nyttor och kostnader i Sverige för de potentiellt riskreducerande åtgärderna informationstjänst (såsom VTS), navigationsassistans, trafikorganisation, lokal hamninformationstjänst och allmänna anrop. Syftet med studien är att utgöra ett beslutsunderlag för Transportstyrelsen vid eventuella förändringar av tjänsternas utformning och omfattning, samt att sprida kunskap om under vilka förutsättningar som sjötrafikinformation bidrar till ökad sjösäkerhet.

Analysen avgränsas till olyckstyperna grundstötning, kollision och påsegling och olycksscenarier identifieras med hjälp av sjöolycksstatistiken SOS. Olycksfrekvensen per år beräknas för perioderna 2000–2009 och 1985–2009. Konsekvenserna för respektive olyckstyp och farled beräknas och skattas baserat på litteraturstudier, rekommenderade kalkylvärden i ASEK samt på uppgifter om skadestånd från försäkringsbolaget Swedish Club. Utifrån olycksfrekvens och olyckskonsekvens beräknas ett riskvärde för olika olyckor per år. Nivån på riskminskningen för informationstjänster baseras på litteraturstudier, en bedömning utifrån olycksutredningar genomförda av Transportstyrelsen, förändringar i föreskrifter för navigationsutrustning såsom ECDIS, BNWAS och AIS samt uppgifter i Transportstyrelsens olycksstatistik. Det statistiska underlaget för att utröna om vissa olyckor är mer troliga i vissa farleder är emellertid begränsat eftersom det inträffar relativt få olyckor i svenska farleder. Ett annat potentiellt problem med statistiken är att det kan finnas ett stort mörkertal där många olyckor inte rapporteras. I studien bedöms att särskilt grundstötningar under utsegling varefter fartyget går flott på egen hand kan vara en olyckstyp som sällan rapporteras. I studien uppdagas också fel i positionsbestämningen där det ser ut som att vissa olyckor har skett på land. För varje olycksutredning tillfrågas olycksutredare och VTS-operatörer om informationstjänsten kunde ha förebyggt olyckan. Riskminskningen bedöms sammantaget vara mellan 20–30 procent. Även hamninformationstjänster bör enligt studien beaktas då många olyckor inträffar i hamnområden. För

de andra åtgärderna är resultatet antingen att de inte bedöms ha någon effekt på sjösäkerheten, eller att de inte har studerats tillräckligt och att det därför inte går att avgöra dess eventuella nytta.

Metoden som tillämpas anser vi i och för sig vara ambitiös, men att skatta effektsamband genom att i stor utsträckning utgå från bedömningar av olycksutredare och VTS-operatörer är vanskligt. Precis som vid lotsarnas bedömning av olycksrisk i analyserna av farlederna in till Norrköping och Gävle, där en kraftig nedrevidering görs (se nedan), finns här en uppenbar risk att VTS effekter på sjösäkerheten överskattas.

I Vierth et al. (2015) beskrivs samhällsekonomiska kalkyler för sjöfartsprojekt i framför allt Sverige. Majoriteten av åtgärderna avser investeringar i farleder i Göteborg, Malmö oljehamn, Norrköping, Mälaren och Horsstensleden i Stockholm. Slussen i Södertälje och etableringen av en ny containerhamn i Norvik utanför Stockholm är andra exempel på sjöfartsprojekt med tillhörande samhällsekonomiska analyser. Vierth et al. (2015) nämner att flera beräkningar av sjöfartsåtgärder har gjorts med hjälp av en modell som har utvecklats av Henrik Swahn. I den ingår Pianc-metoden som en möjlighet att värdera åtgärdens effekt på sjösäkerheten. En nackdel med metoden är att den är svår att använda för farleder som redan håller sig till rekommendationerna från Pianc.

I Vierth et al. (2016b) utvärderas de samhällsekonomiska analyser som görs i samband med utbyggnaden av farlederna in till Göteborgs hamn, Norrköpings hamn och Gävle hamn. Metoden för beräkning av sjösäkerhetsnyttor varierar i de tre kalkylerna. För farleden in till Göteborgs hamn nämns sjösäkerhet som ett viktigt motiv men någon värdering av nyttan görs inte alls. Kortade väntetider på grund av minskade eller borttagna trafikrestriktioner räknas i de andra kalkylerna som en säkerhetsnytta. I de samhällsekonomiska analyserna för farlederna till Norrköpings hamn och Gävle hamn tillfrågas lotsar hur de bedömer sannolikheten för en olycka i olika scenarier. Deras sannolikhetsbedömning revideras ner med en faktor två respektive en faktor åtta genom att hänsyn tas till olycksstatistik.

Kamahura Teknik AB (2016) genomför, på uppdrag av Sjöfartsverket, en analys av en ny farled mellan Landsort och Södertälje hamn (Landsortsfarleden) enligt IMO:s FSA-metod. Den huvudsakliga källan för analysen av olyckor är Transportstyrelsens sjöolycksstatistik och det visar sig att grundstötningar, kollisioner och maskinhaverier förekommer oftare här jämfört med i andra svenska skärgårdsfarleder. Simuleringar genomförs i Sjöfartsverkets simulatoranläggning vid Lindholmen i Göteborg och experter och sakkunniga identifierar vid ett arbetsseminarium (en så kallad HAZID-workshop) olika typer av faror, tänkbara riskscenarier och tänkbara olyckor. Riskerna analyseras med hjälp av modeller för sannolikhetsberäkningar som tar hänsyn till fartygsfördelningen i farleden, fartygstyper och storlekar, antal fartyg, hastigheter i farleden, antal girar samt sannolikhet för möten.

Med matematiska formler som bygger på sådant som hastighet, farledens utformning, fartygets position och tid som behövs för att agera vid en situation som kan leda till en olycka beräknas sannolikheter för olika olyckor i olika scenarier. Även IWRAP används för att beräkna vissa risker. Det som denna analys tillför jämfört med andra analyser är att, förutom att beräkna sannolikheten för grundstötningar och kollisioner, även skatta sannolikheten för brand och personsador. För brand baseras sannolikheten på antal händelser per seglad nautisk mil, antal fartyg i farleden och farledslängd. Personsador beräknas utifrån olycksstatistiken per sjömansdag, tid per anlop för fartyg i farleden, antal fartyg i farleden och antal besättningsmedlemmar ombord.

Ytterligare en analys rör en breddning och fördjupning av farleden in till Göteborgs hamn som planeras till 2024 (Sjöfartsverket 2020). En samlad effektbedömning genomförs av Trafikverket (2017) och de åtgärder som föreslås syftar till att öka kapaciteten, tillgängligheten och säkerheten i farleden. Trafikverket menar att det finns viktiga brister i sjösäkerheten, och att en breddad och fördjupad farled innebär ökad sjösäkerhet genom att möten i trånga passager undviks. Trots detta har värdet av förbättrad säkerhet inte beräknats med hänvisning till att effekterna av farledsinvesteringen ”*snarast är relaterade till ökad kapacitet*” (Trafikverket 2017, s. 39).

Hos Transportstyrelsen pågår ett arbete med att se över lotsplikten och göra den riskbaserad.²⁴ Som en del i detta arbete görs en kvalitativ och kvantitativ riskvärdering av cirka 200 lotsleder längs den svenska kusten samt i Väneren och Mälaren. Den kvantitativa riskvärderingen grundar sig på totalt femton parametrar för olyckssannolikhet, däribland farledsbredd, antal stora girar, antal kursändringar och om lotsleden täcks av ett VTS-område, samt sju parametrar för olyckskonsekvens såsom närhet till maritimt naturskyddat område och konsekvens vid blockering av farled. Utifrån parametrarna rankas farlederna enligt risk för och konsekvens av olyckor. Den kvalitativa riskvärderingen tar hänsyn till hur olika riskfaktorer kan antas påverka varandra och sammantaget leda till en högre eller lägre olycksrisk jämfört med resultatet i den kvantitativa riskvärderingen. Även fartygstyp och last påverkar riskbedömningen. Exempelvis tillhör ett fartyg den högsta riskkategorin om det är lastat med mer än 400 m³ brännolja i tankar som helt eller delvis endast skyddas av fartygets bordläggning eller om det har fler än tolv passagerare ombord. Trafikverkets sjöolyckssystem (SOS) och *Safe Sea Net Sweden* används också för att värdera risker i lotslederna.

Farledsutbyggnad in till Gävle hamn

Syftet med farledsprojektet är att göra det möjligt för större fartyg att på ett säkert sätt angöra Gävle hamn samt att förbättra logistiken i hamnen. Den första samhällsekonomiska analysen görs av Lloyds Register Fairplay Research and Consultancy (LRF) 2005. Då projektet åren därpå utvecklas i flera avseenden, och bedömningar av kostnader och marknadsutsikter förändras, genomför Sjöfartsverket (Swahn 2009) en uppdaterad samhällsekonomisk bedömning av projektet.

LRF använder i sin samhällsekonomiska analys en variant av Pianc-metoden. Men som rapporten från Sjöfartsverket konstaterar förutsätter metoden att Pianc:s rekommendationer betraktas som absolut bindande vilket inte är fallet. Det är endast ett fåtal av farlederna i Sverige som uppfyller Pianc:s rekommendationer. Rekommendationerna tar inte heller hänsyn till lokala förhållanden i specifika farleder, därför är det inte rimligt att utan urskiljning applicera dessa på svenska farleder.

Nyttan av den ökade säkerheten kan i stället, enligt rapporten, delas in i två huvudkomponenter:

- a) Minskade riskkostnader för den trafik som i olika trafikscenarier trafikerar farleden, givet gällande restriktioner.
- b) Minskade kostnader för fartygstrafiken som följer av minskade eller borttagna trafikrestriktioner för vind, is och mörker med mera. Utgångspunkten är att de restriktioner som minskas eller tas bort antas ha lagts på en viss nivå utifrån en samhällsekonomiskt grundad avvägning mellan transportkostnad och sjösäkerhet.

²⁴ Översynen av lotsplikten pågår och en förändring av föreskrifterna trädde inte i kraft den 1 januari 2021 som planerat. Det är i mars 2022 oklart när nya föreskrifter kan komma att träda i kraft.

Nyttan beräknas då som summan av dessa två komponenter. Särskilt A är dock svår att skatta på ett mer precist sätt. Ett alternativ som förs fram i rapporten är att bara skatta faktorn B och på så vis få ett minimivärde på säkerhetsnyttan av farledsinvesteringen. En sådan skattning görs också, men det konstateras att det inte finns något bra underlag för att beräkna den samhällsekonomiska merkostnaden som uppstår på grund av trafikrestriktioner. En grov beräkning görs därför utifrån gällande restriktioner samt utifrån uppgifter i LRF-rapporten om anlöpsfrekvensen för större fartyg. Men med hänsyn till alla osäkerheter bör kalkylen enligt rapporten ses närmast som ett räkneexempel.

Som redan nämnts genomförs också i Lundkvist (2011) en beräkning utifrån A, där bedömningar från lotsar tillsammans med olycksstatistik används för att skatta sannolikheten för grundstötning respektive kollision vid olika utbyggningsalternativ, områden och fartygstyp. Inför bedömningen genomförs simuleringar för berörda områden. Det ska påpekas att simuleringarna är sådana som genomförs i realtid i en så kallad bryggsimulator, det är inte fråga om att med hjälp av en mjukvara göra simuleringar där vissa indata resulterar i olika utfall. Även om simuleringarna i många fall är avgörande för att utforma en säker farled, ser vi möjligheten till att använda resultaten från dessa i kvantifieringar av effektsamband som begränsad. Syftet är inte att producera data som kan användas i statistiska analyser, och de resultat som simuleringarna utmynnar i är specifika för den aktuella farleden och därför inte särskilt generaliserbara.

Olycksstatistiken används för att kalibrera lotsarnas skattningar. Programvaran IWRAP MK II används också för att kalibrera risken för grundstötningar. Det framgår inte i rapporten varför inte även risken för kollisioner kalibreras med hjälp av denna programvara.

Lotsarnas bedömning revideras ner med en faktor åtta och nedrevideringen verkar göras på ett godtyckligt sätt. Dessutom används en liknande metod vid utbyggnaden av farleden in till Norrköping, och där justerades lotsarnas bedömning ner med en faktor två. Vi anser därför inte att denna metod kan betraktas som särskilt robust.

5.1.4 Sammanfattning

De vanligaste metoderna för att kvantifiera effektsamband för sjösäkerhet är att använda olycksstatistiken, expertbedömningar och Pianc-metoden. Även bayesianska nätverk och mjukvaran IWRAP har använts för att skatta olycksfrekvens och olyckskonsekvens. Ett par av analyserna har gjorts i enlighet med IMO:s FSA-riktlinjer. Analyserna är ofta ambitiösa och välgjorda men saknar den tillförlitlighet som vi anser krävs för att uppnå en hög kvalitet i de kvantifierade effektsambanden. I olycksstatistiken finns stora bortfall och antalet olyckor är relativt få, vilket gör det svårt att kvantifiera effektsamband utifrån den statistiken. Expertbedömningar är ofta en nödvändig del i arbetet med att ta fram effektsamband, men vi visar ovan exempel på när risken för olyckor har överskattats. Att endast utgå från olycksstatistik och expertbedömningar riskerar därför att leda till resultat som inte kan anses vara tillförlitliga. Att analyserna görs på olika sätt försvårar jämförelser mellan analyserna, och det saknas också i vissa fall en värdering av den föreslagna åtgärdens påverkan på sjösäkerheten.

5.2. Aktuell forskning vid VTI

Inom ramen för projektet ESTIR, Effektsamband för sjösäkerhet – analys av tillbud som identifieras med RAIS-data, skattas olycksrisken i svenskt vatten med syftet att utveckla effektsamband för sjösäkerhet. Här följer en beskrivning av metoden för att estimeras olycksrisken.

När en resa planeras kan besättningen förbereda sig för att reagera på tillbud längs vägen, men kan inte planera för förekomsten av konkreta tillbud (vid en viss tid en viss plats). Tillbud anses här inte vara möjliga att förutse på lång sikt. Den planering av resan som görs a priori (kurs, hastighet och så vidare) kan därmed innebära en beredskap att reagera på tillbud, men någon planering för konkreta reaktioner på konkreta tillbud kan inte göras.

Vakthavande befäl på fartyget reagerar på farliga situationer och vice versa, om befälhavaren inte behöver reagera på en situation (kanske för att situationen har inträffat långt bort), anses inte detta vara ett relevant hot. Befälets reaktion syftar till att undvika olyckan och manifesteras genom en avvikelse från färdplanen, en avvikelse som inte kunde förutses innan resan påbörjades.

Det kan finnas andra orsaker än tillbud som resulterar i en ändring av färdplanen, men resonemanget ovan implicerar att alla relevanta tillbud som identifieras av befälhavaren följs av en ändring av färdplanen. Det innebär i sin tur att identifieringen av oväntade manövrar bidrar med ledtrådar om möjliga tillbud som har observerats av befälhavaren.

Modellen utgår från att (i) befälhavaren generellt sett undviker avvikande manövrar och att (ii) en avvikande manöver kan ha företagits för att förhindra en olycka. En modell estimeras med hjälp av AIS-data med syftet att förklara avvikande manövrar baserat på observerbara attribut vad gäller fartygets omgivning, såsom avstånd till land, vattendjup, farledens geometri, närvaron av andra fartyg och väderförhållanden.

AIS-spåren avslöjar inga möjliga tillbud a priori. I stället estimeras en så kallad latent class analysis där inputvariablerna utgörs av observerade attribut för området kring ett givet AIS-spår. Modellen producerar en förutsägelse om nästkommande AIS-punkt, där förutsägelsen är resultatet av en kombination av två interna (latenta) modeller. Modellen som förutsäger beteende där fartyget fortsätter sin färd som tidigare utgör modellen för normala fartygsrörelser, och den kompletterande modellen fångar avvikande manövrar.

När modellen är estimerad används den för att avgöra sannolikheten för avvikande manövrar (det vill säga sannolikheten att modellen för avvikande manövrar förklarar den AIS-data som modellen estimerades utifrån bättre än modellen för normala fartygsrörelser) som en funktion av observerbara attribut för en viss AIS-punkt. Om dessa attribut förändras (exempelvis genom att göra en farled rakare eller genom att införa trafikrestriktioner vid vissa väderförhållanden) innebär det en förändring av sannolikheten för en avvikande manöver och därmed sannolikheten för att en olycka inträffar.

5.3. Trafikövervakning inom luftfarten²⁵

För att bättre förstå hur en ökad automatisk trafikövervakning med hjälp av AI inom flyget kan förbättra säkerheten och bidra till att utveckla effektsamband även för sjösäkerhet, följer här en kortare beskrivning av motsvarande övervakning inom luftfarten. Det finns flera likheter men också flera skillnader mellan flyget och sjöfarten när det gäller trafikövervakning. Konflikter behöver lösas i tidskritiska situationer och den mänskliga faktorn är central.

Flygplanens rörelser övervakas från start till mål, och de flesta olyckor sker vid start och landning. Flygledningens uppgift är att hänvisa flygplanen till en viss höjd och att rent generellt säkerställa att flygplan är separerade i luftrummet (Abdushkour et al. 2018). På marken och inom så kallat kontrollerat luftrum (exempelvis i flygplatsens närhet och när flygplanet har nått önskad höjd) är det krav på att följa flygledningens anvisningar, medan flygledningen har en rådgivande funktion i icke kontrollerat luftrum. Därtill tillkommer ett trafikollisionsvarningssystem (TCAS) som varnar för kollision och instruerar om lämplig åtgärd (stiga eller sjunka) som är obligatorisk att vidta (Abdushkour et al. 2018).

Inom sjöfarten övervakas i stället i första hand anlöpen till hamn med hjälp av VTS och lotsning. VTS har, till skillnad från flygledningen inom kontrollerat luftrum, endast en rådgivande funktion.

Inom flyget används flera övervakningsradarsystem såsom till exempel Primary Surveillance Radar (PSR), Secondary Surveillance Radar (SSR), Monopulse Secondary Surveillance Radar (MSSR) och även Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) som är motsvarigheten till sjöfartens AIS-system. Med hjälp av systemet kan flygledare få information om flygplanets identitet, position och höjd presenterat på radarskärmen.

Luftfartsverket har flera pågående initiativ för att undersöka användandet av artificiell intelligens (AI) inom flygtrafikledning. Ett av dessa är projektet "Advanced Autoplanner" där Luftfartsverket, tillsammans med IBM, har tagit fram en första modell där förslag på åtgärder meddelas till flygledaren vid potentiella konflikter (Luftfartsverket 2020). Modellen kan förutse kommande konfliktsituationer och ger instruktioner till flygledaren. Modellen ger förklaringar till varför en viss instruktion ska ges till flygplanet i fråga och även förklaringar till varför vissa instruktioner inte ska ges.

5.4. Automons bidrag till utveckling av effektsamband

Vi förväntar oss att främst två delar av projektet kommer att vara viktiga i arbetet att utveckla effektsamband för sjösäkerhet. Som beskrivs ovan finns stora bortfall i sjöolycksstatistiken och antalet inträffade olyckor är relativt få, vilket gör det svårt att kvantifiera effektsamband för sjösäkerhet utifrån den statistiken. Vi föreställer oss att AT kan komma att resultera i ett utökad dataunderlag, genom att de olyckstillbud som registreras lagras i någon typ av databas. Dessa tillbud kan då användas bland annat för att validera den metod som beskrivs i 2. En jämförelse mellan den olycksrisk som skattas i ESTIR och de tillbud som identifieras genom AT kan användas för att förbättra respektive modell. Mer generellt kan en databas med tillbud bidra till ökad kunskap om olycksrisken i svenska vatten, och användas för att validera uppgifterna i annan olycksstatistik. Jämförelsen kan

²⁵ Om inget annat framgår är beskrivningen baserad på en intervju med Supathida Boonsong och Lothar Meyer vid Luftfartsverket den 13 oktober 2021.

indikera om det finns en bias i olycksstatistiken genom att kollisioner eller grundstötningar i vissa områden, för vissa fartygstyper, för fartyg med utländsk flagg eller för fartyg som sällan anlöper svensk hamn underrapporteras.

Förhoppningsvis kan också själva skapandet av AI-demonstratorn bidra till kunskap inom området. Exempelvis är det intressant att veta vilken data (såsom AIS-data och incidentrapportering) som används för att predicera och förebygga farliga trafiksituationer och hur denna data bearbetas. Hur definierar modellen ett tillbud och vilka attribut använder modellen för att identifiera dessa? I projektspecifikationen nämns, förutom historiska trafikdata, även väderdata, ruttplanering, närhet till övriga farkoster, djup till grund/djupgående och storlek/tonnage/estimerad manövreringsförmåga som kompletterande datakällor. Hur dessa parametrar definieras och används för att kalibrera AT kan lära oss mycket om vad som påverkar olycksrisken till sjöss. Rent konkret är det intressant att veta bland annat följande:

- Hur AT beräknar närheten till övriga farkoster. Utgår modellen bara från avstånd mellan fartygspar och även relativ kurs, hastighet mm?
- Hur görs bedömningen om djup till grund?
- När det gäller att estimeras manövreringsförmåga används uppgifter om så kallade sicksack-test, vändcirkel, sträckan motsvarande bromssträckan för fartyget och så vidare enligt IMO-resolution MSC.137(76) Standards for Ship Manoeuvrability?
- Finns det flera parametrar som modellen tar hänsyn till? Hur beräknas i så fall dessa?

Sammantaget kan AT öka kunskapen om effektsamband för sjösäkerhet, förutsatt att informationen om dess funktionssätt samt informationen om de tillbud som identifieras görs tillgänglig.

5.5. Slutsatser ang. effektsamband

En utmaning när det gäller att ta fram effektsamband för trafiksäkerhet generellt är att det kontinuerligt sker andra förändringar som påverkar trafiksäkerheten. Inom sjöfarten kan exempelvis trenden mot större fartyg (Sjöstrand 2021) påverka olycksrisken, men det är inte självklart *hur* sjösäkerheten påverkas. Å ena sidan innebär större fartyg sannolikt mer avancerade navigationssystem och andra hjälpmedel som minskar risken för olyckor, å andra sidan kan fartygets storlek i sig innebära en ökad olycksrisk i trånga farleder (Riksrevisionen 2016). En annan, besläktad utmaning handlar om att åtgärder som minskar trafiksäkerheten vidtas samtidigt som säkerhetshöjande åtgärder. För att återigen ta farledsförbättringar som exempel ändras ofta trafikrestriktionerna samtidigt som en farled byggs ut. Större fartyg tillåts trafikera den utbyggda farleden och ofta minskas restriktionerna för sikt, vind och mörker (Swahn 2009). Att en farledsförbättring i slutändan leder till en ökad säkerhet är därför inte givet, vilket gör det svårt att isolera effekten av den säkerhetshöjande åtgärden. Med en databas över tillbud som AT har identifierat ökar möjligheten att avgöra exempelvis hur en farledsförbättring tillsammans med ändrade trafikrestriktioner faktiskt påverkar olycksrisken. Då kan antalet tillbud innan och efter en farledsförbättring eller en annan åtgärd jämföras och därmed hjälpa till vid skattningen av förändringen i olycksrisk.

Vi ser ett behov av att förbättra det systematiska kvalitetsarbetet inom sjösäkerhetsområdet, och även här kan en databas över inträffade tillbud vara till hjälp. För att öka sjösäkerheten krävs en bra dokumentation och spårbarhet vad gäller inträffade olyckor och tillbud som möjliggör att lära av tidigare incidenter. Detta försvåras dock av att Transportstyrelsens statistik, liksom den norska olycksstatistiken, kan

ha stora bortfall, samtidigt som den statistik som rapporteras av VTS-operatörer verkar vara ofullständig. Förutom att på olika sätt öka rapporteringsbenägenheten kan en databas över inträffade tillbud utgöra ett bra komplement till de andra källorna.

Vår genomgång visar på behovet av att göra en fullständig samhällsekonomisk analys av AT. Med mer information om vilka trafiksituationer som kan undvikas med hjälp av AT (som i sin tur bland annat beror på hur trafiksituationer som bedöms som farliga identifieras), kan en skattning göras av hur AT kan påverka olycksrisken och därmed dess nytta. Detta tillsammans med mer information om AT:s kostnader skulle möjliggöra en bedömning av AT:s samhällsekonomiska lönsamhet. Här återkommer dock problemet med att robusta effektsamband för sjösäkerhet saknas, vilket kommer att försvåra skattningen av AT:s påverkan på sjösäkerheten. Det visas också att det finns ett stort utvecklingsbehov för samhällsekonomiska analyser inom sjöfarten, bland annat när det gäller effektsamband för sjösäkerhet och ASEK-värden för fartygsskador som saknas idag. Här kommer projektet ESTIR, Effektsamband för sjösäkerhet – analys av tillbud som identifieras med RAIS-data, spela en viktig roll för att öka kunskapen inom detta område.

6. Diskussion

Förekomsten av fartygsolyckor och -incidenter, med potentiellt stora konsekvenser för människor, fartyg, last, infrastruktur och miljö utanför VTS-områden tyder på behovet av utökad övervakning av sjötrafiken i svenska farvatten för att möjliggöra proaktiva åtgärder för att förbättra trafiksäkerheten till sjöss. Knappt tio procent av svenskt vatten täcks av VTS-områden och omkring 43 procent av alla kollisioner och grundstötningar under perioden 1985-2020 inträffade utanför VTS-områdena. Det indikerar att en övervakning av vatten utanför VTS kan fylla ett syfte. Man bör dock komma ihåg att trafikintensiteten är mycket högre i VTS-områdena och att olyckor i respektive utanför VTS-områden därför kan leda till olika typer av skador.

Automon-projektet undersöker om/hur AI-baserad trafikövervakning kan användas för att upptäcka och hantera trafikavvikelse på svenskt vatten samt ge möjlighet till "situational awareness" över hela dess yta, samtidigt som stöd för centralt eller distribuerat beslutsfattande ges. Projektet är teknikdrivet, dvs. har målet att utveckla den tilltänkta trafikövervakningen á la Automon (och möjligtvis varianter av denna lösning). Målsättningen är dock inte att förutsättningslöst analysera olika typer av åtgärder/optioner som kan förbättra sjösäkerheten på ett för samhället effektivt sätt, som i Steg 3 i IMO:s Formal Safety Assessment-metod (FSA), Se Tabell 1 ovan.

Vår genomgång visar att analyser av sjösäkerhetsåtgärder behandlas styvmoderligt i Sverige både när det gäller officiella riktlinjer angående samhällsekonomiska kalkylmetoder och -värden och utveckling av och rekommendationer för effektsamband. Detta resulterar i att olika ansatser används i olika tillämpningar, vilket i sin tur gör det svårt (om inte omöjligt) att jämföra olika åtgärder som ska förbättra sjösäkerheten eller att analysera i vilken grad det finns synergier eller överlapp mellan olika åtgärder. ASEK:s kalkylvärden för dödade och skadade används dock i de flesta analyser.

Trafikanalys (2021) anser i sin uppföljning av Trafikverkets arbete med modeller för samhällsekonomiska analyser att utvecklingen har gått framåt för sjöfart. Trafikanalys anger att Trafikverket har inkluderat framtagningen av effektsamband för sjöfart under ett antal år i sin utvecklingsplan. Vidare skrivs "Trafikanalys menade att det under 2015 skedde väsentliga framsteg

och att det var lovvärt att nya trafikeringskostnader för sjöfart togs fram och implementeras i ASEK 6 och likaså att principer för sjöfartskalkyler fanns översiktligt redovisade i ASEK 6 (och nu ASEK 7)” (Trafikanalys 2021, s. 44). Vi anser dock att det krävs mycket mer för att t ex kunna utvärdera trafiksäkerhetsåtgärder såsom implementeringen av en AI-baserad trafikövervakning a la Automon.

Vi ser följande utvecklingsbehov angående samhällsekonomiska kalkylmetoder och -värden samt effektsamband.

- Det finns behov av att hantera sjöolyckornas potentiella skador på fartyg, last, infrastruktur och natur. För att kunna använda ASEK:s kalkylsvärden för skadade är det önskvärt att dela upp i allvarligt och lindrigt skadade i Transportstyrelsens sjöolycksstatistik. Analysmetoderna för nya/förändrade regelverk och nya tekniska lösningar som Automon behöver utvecklas; i många fall kräver implementeringen av nya tekniska lösningar anpassningar av regelverken.
- Robusta effektsamband för sjösäkerhet saknas. Befintliga data (AIS, Transportstyrelsens olycksstatistik, VTS-olycksstatistik) och data som tas fram i Automon-projektet om vilka farliga trafiksituationer som kan undvikas med hjälp av t ex trafikövervakning (som i sin tur bland annat beror på hur trafiksituationer som bedöms som farliga identifieras) och andra projekt, t ex ESTIR²⁶ bör utnyttjas för att öka kunskapen och ta fram effektsamband för sjösäkerhet. En utmaning är att det sker förändringar som påverkar trafiksäkerheten (t ex trend mot större fartyg) som påverkar trafiksäkerheten, en besläktad utmaning handlar om att åtgärder som minskar trafiksäkerheten vidtas samtidigt som säkerhetshöjande åtgärder.
- Det bör undersökas på vilket sätt IMO:s FSA-metod (Formal Safety Assessment) som rekommenderas för att utvärdera effekter av regleringar som påverkar sjösäkerheten och marina miljöer, och som har tillämpats av i Automons arbetspaket 1 och 2, kan och bör användas mer i Sverige. FSA-ansatsen inkluderar, i motsats till Trafikverket som behandlar samhällsekonomiska analyser och effektsamband var för sig, stegen från ”Identifiering av faror” till ”Policyrekommendationer” som en sekvens. Vi vill dock påpeka att exemplen för riskidentifiering som anges i bilaga 11 till FSA-riktlinjerna inte bör ses som uttömmande och att nya datakällor kan möjliggöra nya identifieringsmöjligheter.

²⁶ Effektsamband för sjösäkerhet – analys av tillbud som identifieras med RAIS-data
<https://fudinfo.trafikverket.se/fudinfoexternwebb/pages/ProjektVisaNy.aspx?ProjektId=4861>

Referenser

- Abdushkour, H., Turan, O., Boulougouris, E. & Kurt, R. E. 2018. Comparative review of collision avoidance systems in maritime and aviation.
- DNV GL 2015. Analyse av sannsynligheten for ulykker med tap av menneskeliv og akutt forurensning fra skipstrafikk i norske farvann. Hovik Norge.
- EfficienSea 2012. A tool that makes the link between Aids to Navigation, traffic volume and the associated risk.
- Europeiska kommissionen. 2014. *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects for Cohesion Policy 2014-2020* [Online]. https://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/guides/2014/guide-to-cost-benefit-analysis-of-investment-projects-for-cohesion-policy-2014-2020.
- Europeiska kommissionen. 2021. *Handbook on the external costs of transport : version 2019 – 1.1* [Online]. Generaldirektoratet för transport och rörlighet. <https://data.europa.eu/doi/10.2832/513>.
- Faghih-Roohi, S., Xie, M. & Ming, K. 2014. Accident risk assessment in marine transportation via Markov modelling and Markov Chain Monte Carlo simulation. *Ocean Engineering*, 363-370.
- IALA 2004. Guideline No. 1028 On the Automatic Identification System (AIS) Volume 1, Part I, Operational Issues: Edition 1.3 Edition.
- IMO 2018. Revised guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the imo rule-making process (MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.2). London Storbritannien.
- Kamahura Teknik AB 2016. Riskanalys Landsortsfarleden, en nautisk riskbedömning enligt FSA-modellen.
- Larsson, K. 2019. Oljeutsläpp från fartyg i Sveriges närområde: vad visar statistiken?
- Lim, G. J., Cho, J., Bora, S., Biobaku, T. & Parsaei, H. 2018. Models and computational algorithms for maritime risk analysis: a review. *Annals of Operations Research* 765-786.
- Luftfartsverket 2020. Advanced Autoplanner Final report: D-2020-228707.
- Lundkvist, M. 2010. Riskvärdering av sjötrafikinformation. Norrköping: Sjöfartsverket.
- Lundkvist, M. 2011. Insegling Gävle: Riskvärdering av olyckor.
- Pedersen, P. T. 2010. Review and application of ship collision and grounding analysis procedures. *Marine Structures*, 241-262.
- Ramböll Danmark A/S 2006. Navigational safety in the Sound between Denmark and Sweden (Øresund).
- Riksrevisionen 2016. Statliga investeringar i allmänna farleder (RIR 2016:30). Stockholm: Riksrevisionen.
- Riveiro, M., Pallotta, G. & Vespe, M. 2018. Maritime anomaly detection: A review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 8, e1266.
- Robards, M. D., Silber, G. K., Adams, J. D., Arroyo, J., Lorenzini, D., Schwehr, K. & Amos, J. 2016. Conservation science and policy applications of the marine vessel Automatic Identification System (AIS)—a review. *Bulletin of Marine Science*, 92, 75-103.
- Sjöfartsverket. 2020. *Samråd inleds om farledsprojekt i Göteborg* [Online]. <http://www.sjofartsverket.se/sv/Sakra-farleder/Skandiaporten/Nyheter-om-Skandiaporten/Samrad-inleds-om-farledsprojekt-i-Goteborg/>.
- Sjöstrand, H. 2021. *Vart är sjöfarten i Sverige på väg?: omvärldsanalys 2021*, Statens väg-och transportforskningsinstitut.
- Swahn, H. 2009. PM: Samhällsekonomisk bedömning av en utbyggnad av farleden till Gävle hamn. Sjöfartsverket.
- SWECO 2022. Sjöfartsverket - Nytt Navigeringsstöd - Fjärrlotsning.
- Trafikanalys. 2021. *Trafikverkets arbete med modeller för samhällsekonomiska analyser 2020: Trafikanalys (Rapport 2021:3)* [Online]. https://www.trafa.se/globalassets/rapporter/2021/rapport-2021_3-trafikverkets-arbete-med-modeller-for-samhallsekonomiska-analyser-2020.pdf.
- Trafikverket 2017. Kapacitetshöjning av farled och hamn – Göteborg: Tekniskt PM om behov, åtgärder och samhällsekonomiska effekter. Borlänge.
- Trafikverket 2020. Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7.0, Version 2020-12-01.
- Trafikverket. 2021. *Gällande förutsättningar och indata* [Online]. <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/gallande-forutsattningar-och-indata/> [2022-03-14].

- Transportstyrelsen 2021. Säkerhetsöversikt 2020.
- TSFS 2009:56 Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om sjötrafikinformationstjänst (VTS) och sjötrafikrapporteringssystem (SRS) Transportstyrelsen.
- TSFS 2016:121 Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om rapportering av sjöolyckor och tillbud till sjöss. Transportstyrelsen.
- Vierth, I., Landergren, M. & Sowa, V. 2016a. *Svenska sjöolyckors samhällsekonomiska kostnader: värdering av fartygsskador, oljeutsläpp och personskador*, Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Vierth, I., Landergren, M. & Österström, J. 2016b. En granskning av samhällsekonomiska kalkyler för farledsinvesteringar (VTI rapport 909). Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Vierth, I. & Sjöstrand, H. 2020. Effektsamband för sjösäkerhet och sjöfartens emissioner till luft. Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Vierth, I., Swahn, H., Caspersen, E. & Hovi, I. B. 2015. Samhällsekonomiska kalkyler för sjöfartsprojekt (VTI rapport 846). VTI.
- Yang, D., Wu, L., Wang, S., Jia, H. & Li, K. X. 2019. critical review of Automatic Identification System critical review of Automatic Identification System (AIS) data applications. *Transport Reviews*, 39, 755-773.
- Zaman, M. B., Santoso, A., Kobayashi, E., Wakabayashi, D. & Maimun, A. 2015. Formal Safety Assessment (FSA) for Analysis of Ship Collision Using AIS Data. *the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 9(1), 67-72.
- Zhang, W., Goerlandt, F., Montewka, J. & Kujala, P. 2015. A method for detecting possible near miss ship collisions from AIS data. *Ocean engineering*, 60-69.