

SJØSIKKERHETSANALYSEN 2022

Risikoreduserende effekt av sjøsikkerhetstiltak

Kystverket

Rapport Nr.: 2023-0474 , Rev. 0

Dato: 2023-10-25



Avrop Nr.	Sjøsikkerhetsanalysen 2022	DNV AS Maritime, Safety Advisory
Rapporttittel:	Risikoreduserende effekt av sjøsikkerhetstiltak	Safety, Risk & Reliability
Oppdragsgiver:	Kystverket	Veritasveien 1, 1363 Høvik, Norway
Kontaktperson:	Trond Langemyr	
Dato:	2023-10-25	
Prosjektnr.:	10360876	
Org. enhet:	Safety, Risk & Reliability	
Revisjon	Rev. 0	

Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er): Rammeavtale Risikoanalyser 2020

Denne rapporten er en del av prosjektet «Sjøsikkerhetsanalysen 2022» og er utarbeidet for Kystverket. Formålet med Sjøsikkerhetsanalysen er å gi innspill til beslutningsgrunnlag de kommende årene for dimensjonering av den forebyggende sjøsikkerheten og prioritering mellom ulike typer sjøsikkerhetstiltak i ulike geografiske områder.

Denne rapporten inneholder en analyse av risikoreduserende effekter av sjøsikkerhetstiltak.

Utført av:	Verifisert av:	Godkjent av:
<hr/>	<hr/>	<hr/>
Hans Jørgen Johnsrud Sjefskonsulent	Peter Nyegaard Hoffmann Avdelingsleder	Øystein Goksøyr Seksjonsleder

Henning Ødeby Karlsen
Konsulent

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (åndsverkloven) © DNV 2023. Alle rettigheter forbeholdes DNV. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller videreformidle hele eller deler av dokumentet på noen måte, hverken digitalt, elektronisk eller på annet vis; (ii) Innholdet av dokumentet er fortrolig og skal holdes konfidensielt av kunden, (iii) Dokumentet er ikke ment som en garanti overfor tredjeparter, og disse kan ikke bygge en rett basert på dokumentets innhold; og (iv) DNV påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor tredjeparter. Det er ikke tillatt å referere fra dokumentet på en slik måte at det kan føre til feiltolkning.

DNV distribusjon:

- ÅPEN. Fri distribusjon, internt og eksternt.
- INTERN. Fri distribusjon internt i DNV.
- KONFIDENSIELL. Distribusjon som angitt i distribusjonsliste. *
- HEMMELIG. Kun autorisert tilgang.

*Distribusjonsliste:

Nøkkelord:

Risikoreduserende effekt, navigasjonsrisiko, skipstrafikk, grunnstøting og kollisjon

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
A	2023-04-14	Draft for kommentarer	HAJOH/HENKARL	KRUGER/PHOFF	
B	2023-08-07	Oppdatert basert på kommentarer	HAJOH	PHOFF	
C	2023-09-06	Oppdatert basert på kommentarer	HAJOH	PHOFF	
0	2023-10-25	Endelig versjon	HAJOH	PHOFF	OGOK

Innholdsfortegnelse

1	SAMMENDRAG	4
1.1	Automatisk identifikasjonssystem (AIS)	4
1.2	Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)	5
1.3	Brovaktalarm (BNWAS)	6
1.4	Los og farledsbevis	6
1.5	VTS	7
1.6	Navigasjonsinnretninger (merketiltak)	8
1.7	E-navigasjon	9
1.8	Fjernstyrte operasjoner og autonome skip	10
1.9	Utdyping	10
1.10	Samlet effekt av tiltak	11
2	INTRODUKSJON	12
2.1	Bakgrunn	12
2.2	Formål	13
2.3	Omfang og avgrensninger	13
2.4	Forkortelser	14
3	OVERORDNET ANALYTISK TILNÆRMING	16
3.1	Metoder for å beregne risikoreduserende effekter	16
3.2	Årsaksmodellen	17
3.3	Ulykkesdatabasen	19
4	ANALYSE OG RESULTATER	20
4.1	Automatisk identifikasjonssystem (AIS)	20
4.2	Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)	25
4.3	Brovaktalarm (BNWAS)	29
4.4	Los og farledsbevis	34
4.5	Sjøtrafikksentraltjenesten (VTS)	41
4.6	Navigasjonsinnretninger	52
4.7	E-navigasjon	56
4.8	Fjernstyrte operasjoner og autonome skip	62
4.9	Utdyping	63
4.10	Samlet effekt av tiltak	63
5	REFERANSER.....	65
	VEDLEGG A: ANALYSE AV ULYKKESUTVIKLING I VTS-OMRÅDENE	68
	VEDLEGG B: ANALYSE AV EFFEKT AV MERKETILTAK.....	76
	VEDLEGG C: EFFEKT AV MERKETILTAK I NTP 2025-2036.....	77

1 SAMMENDRAG

DNV har på vegne av Kystverket gjennomført en analyse for å kvantifisere den risikoreduserende effekten av ulike sjøsikkerhetstiltak. Analysen beregner hvor stor andel av frekvensen, altså hyppigheten, for navigasjonsulykker som potensielt kan bli redusert dersom ulike tiltak innføres, både innenfor og utenfor Kystverkets portefølje av virkemidler.

Det er DNVs faglige vurderinger som ligger til grunn for analysen og resultatene. DNV og Kystverket har samarbeidet om inngangsdata og forståelsen av ulike tiltak, men det er DNV som har beregnet og estimert effektene, med unntak av effekten av los og farledsbevis (utført av Kystverket).

For å kunne se sammenhengen mellom tiltakene i Kystverkets portefølje og andre tiltak som har påvirket sjøsikkerheten i Norge de siste årene, er det også foretatt en analyse av noen utvalgte tiltak utenfor Kystverkets portefølje. Noen av de sentrale internasjonale tiltakene som er analysert er AIS, brovaktalarm og ECDIS. Det er også andre allerede implementerte tiltak som har påvirket sjøsikkerheten (eksempelvis ISM¹ og STCW²), men disse har vært mer utfordrende å analysere med utgangspunkt i norsk ulykkesstatistikk. Effekten av etablerte tiltak er viktig å belyse fordi de har vært med på å prege den generelle utviklingen innen sjøsikkerheten

1.1 Automatisk identifikasjonssystem (AIS)

AIS er hovedsakelig et antikollisjonsverktøy med formål å bedre situasjonsforståelsen og kommunikasjonen mellom skip. AIS identifiserer fartøy og gir detaljert fartøysinformasjon. I henhold til IMOs funksjonskrav skal AIS bidra til følgende:

- Være et uavhengig system for å unngå kollisjon.
- Bidra til at VTS kan overvåke trafikken, uavhengig av radar.
- Bidra til automatisk rapportering av statiske og dynamiske skipsdata mellom skip-skip og skip-land.

Etter hvert som store deler av broutrustningen i større grad har blitt digital, er det nå vanlig å kunne få inn AIS i samme display som radar eller ECDIS. AIS-mål vises på radarskjermen med samme symbolikk som de vises på ECDIS-skjermen. Dette brukes til å vurdere trafikkbildet og sikre seilassen, derav bidra til økt situasjonsforståelse for navigatøren. Særlig mangelfull situasjons—og risikoforståelse er en stor bidragsyter til navigasjonsulykker, hvor hele 15 % av ulykkene har forhold hvor denne årsaken er medvirkende.

Vi har et for tynt grunnlag til å si noe helt konkret om hvilken prosentvis risikoreduserende effekt AIS har hatt. Den ene referansestudien som er utført peker likevel mot en betydelig effekt, da det ble beregnet en reduksjon i ulykkeshyppighet for kollisjoner på 55 %. En stor usikkerhet må allikevel påpekes her da pålitelighet og validitet ikke er vurdert.

I tillegg har vi undersøkt om det er mulig å se noen effekt av implementering av AIS i norske farvann, ved å studere antall ulykker før og etter implementeringsåret. Resultatet fra den analysen antyder at AIS, sammen med andre tiltak, kan potensielt ha hatt en samlet effekt på 63 % for ulykkeshyppigheten av alvorlige kollisjoner i norske farvann.

Vi har valgt å sette 55 % som en øvre verdi, da «63 % beregningen» også inkluderer generelle trender og mulig andre tiltak, samt for å være på den konservative siden med hensyn på usikkerheten.

¹ Den internasjonale norm for sikkerhetsstyring (ISM)

² STCW-konvensjonen (International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers)

Tabell 1-1 Reduksjon i ulykkeshyppighet med innføring av AIS.

Ulykkestype	Snittverdi (%)	Nedre verdi %	Øvre verdi %
Grunnstøting under motorkraft	-	-	-
Kollisjon (mellom skip)	-	-	55 %

1.2 Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)

Losutvalget skriver i deres rapport fra 2013 at elektroniske sjøkart og systemer for å presentere disse har blitt viktige hjelpemidler for navigatører, og regnes som et stort teknologisk fremskritt for sjøsikkerheten. ECDIS kombinerer elektroniske sjøkart med nøyaktig posisjonsangivelse og annen navigasjonsinformasjon fra skipets sensorer. Noen av de mest positive nytteaspektene ved ECDIS, sammenlignet med bruk av papirkart er; økt situasjonsforståelse, oppdaterte kart, kan varsle avvik (approach alarmer) ved grunnstøtingsfare, kan kobles med autopilot, radar og AIS. Introduksjon av nye standarder (S-100) gjør at det ligger til rette for presentasjon av en lang rekke ny og dynamisk informasjon for seilassen (eksempelvis tidevann, oseanografiske og meteorologiske data).

ECDIS kan positivt påvirke mange av de vesentlige årsaker til navigasjonsulykker, deriblant:

- Mangelfull situasjons—og risikoforståelse
- Mangelfull identifikasjon av fare og risikovurdering
- Mental/fysisk stress og kapasitet

Selv om ECDIS har klare risikogevinster følger det også med utfordringer. Sjøfartsdirektoratet har nylig beskrevet utfordringer med bruk av ECDIS-kart og ruteplanlegging. I en artikkel fra 2022 viser de til nylige erfaringer med uønskede hendelser, der brukerfeil av digitale kart eller misforståelser ved bruk av ECDIS har forårsaket, eller nesten ledet til, grunnstøtinger.

I analysen som ble foretatt i dette prosjektet ble det undersøkt om det er mulig å se noen effekt av implementering av ECDIS i norske farvann ved å studere antall grunnstøtingsulykker før og etter implementeringsåret. I analysen ble det valgt å benytte 2012 som implementeringsår, men det kan også argumenteres for at ECDIS kunne ha en effekt på sjøsikkerheten tidligere enn det. Avhengig av valg av implementeringsår (2012, 2000 og perioden 1990-2000 mot 2010-2020), gir dette en effekt på henholdsvis 44 %, 27 % og 63 %. Her kan det tolkes som at ECDIS, sammen med alle andre tiltak, potensielt kan ha hatt en samlet effekt på opp mot 44-63 % for ulykkeshyppigheten av alvorlige grunnstøtinger i norske farvann. Resultatene er imidlertid påvirket av generelle trender og andre tiltak under analyseperioden, og kan derfor ikke brukes som tallverdi for effekten av ECDIS isolert.

Det er ikke funnet andre nyere referansestudier siden Losutvalget, noe som gjør at estimatet på redusert grunnstøtingshyppighet fortsatt ligger i området 30-40 %.

Tabell 1-2 Reduksjon i ulykkeshyppighet med innføring av ECDIS.

Ulykkestype	Snittverdi (%)	Nedre verdi %	Øvre verdi %
Grunnstøting under motorkraft	35 %	30 %	40 %
Kollisjon (mellom skip)	-	-	-

1.3 Brovaktalarm (BNWAS)

Brovaktalarm (Bridge Navigation Watch Alarm System - BNWAS) er en teknisk innretning som registrerer aktivitet på skipsbroen og varsler hvis bevegelse ikke detekteres. Brovaktalarmen skal passe på at de som har vakt ikke skal sovne eller være for lenge borte. Brovaktalarmen skal aktiveres automatisk når skipet er underveis. Brovakt kan positivt påvirke følgende vesentlige årsaker til navigasjonsulykker:

- Utmatting på grunn av belastning og manglende hvile
- Opptatt av andre oppgaver eller problemer

Det må her nevnes at brovaktalarm er en «reaktiv» sikkerhetsbarriere, i den form at den ikke løser den egentlige utfordringen med manglende hvile og etterlevelse av vaktforskriften, men at det er en barriere som potensielt kan hindre at navigatør sovner og at fartøyet dermed grunnstøter.

Det har vært en positiv utvikling i Norge de siste årene, hvor vi har sett en nedgang i ulykker relatert til å sovne på vakt. I Sjøsikkerhetsanalysen 2014 var sovnet på vakt den dominerende underkategorien med 37%, men tallene for årsaksanalysen i 2022 viser en positiv trend med nedgang til 13 % i denne kategorien. Det er sannsynlig at denne nedgangen har sammenheng med at dette har vært et fokusområde, og brovaktalarm er eksempel på tiltak som er innført.

Selv om det er en positiv trend ser vi fortsatt indikasjoner på, gjennom ulykkesrapporter og AIS-analyser om hvordan fartøyer har beveget seg i forkant av en grunnstøting, at sovnet på vakt stadig er en dominerende årsak til ulykker i 2022. I estimatet på redusert kollisjon- og grunnstøtingsfrekvens tar vi utgangspunkt i 5 % fra referansestudien «BRISK prosjektet» (settes som nedre verdi). Ved å benytte snittene 10 år før og 10 år etter innføringsåret for brovaktalarm i norske farvann så vi en betydelig reduksjon i antall alvorlige ulykker. Hvor mye vi skal vekte denne analysen, ettersom den også tar inn generelle trender og effekter av andre tiltak, er vanskelig å si. Vi har valgt å vekte denne lavt grunnet høy usikkerhet, men at estimatet dras noe opp er allikevel rimelig å anta. Vi har derfor satt et estimat på 10 % for snitteverdi. En øvre verdi har vi ikke nok grunnlag for å si noe om her, annet enn den samlede effekten på 45 % på alvorlige ulykker som vist i kapittel 4.3.4.

Tabell 1-3 Reduksjon i ulykkeshyppighet med innføring av brovaktalarm.

Ulykkestype	Snittverdi (%)	Nedre verdi %	Øvre verdi %
Grunnstøting under motorkraft	10 %	5 %	-
Kollisjon (mellom skip)	10 %	5%	-

1.4 Los og farledsbevis

Los og farledsbevis sikrer en trygg seilas ved å sørge for at fartøy har tilstrekkelig farvannskompetanse om bord. Losplikten oppfylles ved å ta los eller bruk av farledsbevis. Noen av de viktige effektene av los er oppsummert under. Dette kommer i tillegg til den kompetansen som allerede er på skipsbroen.

- Brobesetningen får tilført ekstra kompetanse ved bruk av los (på grunn av størrelse, type last, farvannets beskaffenhet etc.), selv om de har kompetente navigatører ombord.
- Losen kommer inn som ekstra ressurs på broen, så lenge andre i brobesetninger opprettholder sin tilstedeværelse og plikter.
- Losen har bare én oppgave, mens en farledsbevisnavigatør har flere oppgaver.
- Losleksa og farvannskjennskap som losene har, i tillegg til oppdaterte kart.
- Losen kan påvirke eventuelt dårlig ledelse og kultur på broen, gjennom god BRM og tydelighet (få kontroll).

- Losen kan støtte brobesetning ved særskilte hendelser eller ulykker, og støtte med koordinering opp mot beredskapsressurser.

Farledsbevis utstedes av Kystverket og gir navigatører lov til å seile uten los i et spesifikt farvann. En bestått farledsbevisprøve sikrer at navigatøren har de nødvendige farvannskunnskaper for å gjennomføre en sikker seilas. Den viktigste effekten av farledsbevis er dermed kunnskap om farvannet, både gjennom dokumentert seilingserfaring og farledsbevisprøve.

Kvantifisering av effekten av los og farledsbevis er utført av Kystverket som del av Sjøsikkerhetsanalysen. DNV har vært med på validering av analysemetodikken. Grunnlaget for beregning av effekten i denne analysen er antagelsen om at mengden utseilt distanse mellom hver grunnstøting gir effektestimater. Analysen bruker utelukkende ulykkesdata for lasteskip, men her inngår også offshoreskip og arbeidsfartøy.

Resultatene under er hentet fra Kystverkets dokument «Virkning av Los og Farledsbevis - Kvantitativ effektanalyse» [17]. For detaljert beskrivelse av datagrunnlag, metodikken og validering henviser vi til nevnte dokument.

Tabell 1-4 viser resultatet av analysen. Den risikoreducerende effekten av los er beregnet til å være 29 %, mens den risikoreducerende effekten av los sammenlignet med farledsbevis er 21 %.

Tabell 1-4 Risikoreducerende effekt av los [17].

Virkemiddel	Risikoreducerende effekt	Risikoøkning ved bortfall
Los i forhold til referanse	29 %	41 %
Farledsbevisordning i forhold til referanse	11 %	12 %
Los i forhold til farledsbevis	21 %	26 %

1.5 VTS

Sjøtrafikksentraltjenesten (Vessel Traffic Service - VTS) er en internasjonalt standardisert tjeneste som bidrar til sikker og effektiv navigasjon og vern om miljøet i kystsonen. VTS bidrar til å redusere risiko ved å identifisere situasjoner som avviker fra normale seilas og avverge at de fører til ulykker, herunder:

- Støtte den nautiske beslutningsprosessen om bord ved å gi tidsriktig og relevant informasjon om forhold som kan påvirke et fartøys seilas, inkludert informasjon om:
- Overvåke og organisere skipstrafikk for å ivareta en trygg og effektiv trafikkflyt, inkludert:
- Reagere på situasjoner som avviker fra normale seilas, inkludert:

VTS samhandler med fartøy gjennom å gi informasjon og ved å utstede anbefalinger, advarsler og instruksjon som ansett nødvendig.

Effekt på grunnstøting

Som øvre verdi på reduksjon av grunnstøtingsfrekvens som følge av sjøtrafikksentraltjeneste er det estimert 40 %. Estimater begrunnes i følgende:

- Av referansestudiene i kapittel 4.5.6 ser vi at øvre effekt er estimert til 50 %. Men, i mange av studiene som har høye effektestimater er farvannets beskaffenhet imidlertid av en annen karakter (f.eks. UK, Nederland,

Danmark, USA og Australia), selv om det også er studier for farvann som er mer sammenlignbare (f.eks. Canada). Dette medfører at det potensielt kan være vanskeligere å oppnå disse effektene i norske farvann.

- Det bemerkes at tidligere analyser av Asplan Viak og TØI, før etablering av sjøtrafikksentraler i norske farvann, beregnet en forventet ulykkesreducerende effekt på mellom 10 og 30 %. Trafikksentralen for Oslofjorden ble estimert å redusere skipsulykker med 25-30 % for sitt område.
- Ved å benytte snittene 10 år før og 10 år etter innføringsåret, så vi i kapittel 4.5.5 at Horten og Fedje VTS fikk en reduksjon i antall ulykker i sine respektive tjenesteområder på rundt 50 %. Resultatet fra den analysen antyder dermed at VTS, sammen med andre tiltak, kan potensielt ha hatt en samlet effekt på 50 % for ulykkeshyppigheten. Resultatene er imidlertid påvirket av generelle trender og andre tiltak under analyseperioden, og derfor heftet med usikkerhet.

Som nedre verdi på reduksjon av grunnstøtingsfrekvens som følge av sjøtrafikksentraltjeneste er det estimert 10 %. Dette er samme verdi som ble brukt sist ettersom det ikke funnet nyere relevante referansestudier på dette.

Effekt på kollisjon

Et moment med VTS som ikke er belyst av referansestudiene i stor grad er effekten av styring og organisering av skipstrafikken. Organisering av fartøy underveis, herunder passeringsrekkefølge, vil kunne redusere kollisjon- og til dels grunnstøtingsrisikoen.

For kollisjonshendelser har vi ingen nyere eller relevante studier for norske farvann. I de fleste tidligere studiene som vi fant i litteratursøket så vi at estimatet på effekten for grunnstøting og kollisjon ofte var sammenfallende. Av mangel på data velger vi å støtte oss på litteraturstudien, og estimerer effekten av VTS på kollisjon lik som grunnstøting. Tilsvarende fremgangsmåte ble også brukt i Sjøsikkerhetsanalysen 2014. Effekten av trafikkorganisering på kollisjon blir dermed 25 % (som snitt), som er en betydelig reduksjon i ulykkeshyppighet. Grunnet stor usikkerhet på effekten av kollisjon (her vektet like høyt som grunnstøting), har vi ikke justert effekten på grunnstøting videre opp som følge av trafikkorganisering.

Tabell 1-5 Forventet reduksjon i ulykkeshyppighet med innføring av VTS.

Ulykkestype	Snittverdi (%)	Nedre verdi %	Øvre verdi %
Grunnstøting under motorkraft	25 %	10 %	40 %
Kollisjon (mellom skip)	25 %	10 %	40 %

Kystverket jobber også med å utvikle og teste adferdsanalyseverktøy for bruk i trafikksentraltjenesten. I Sjøsikkerhetsanalysen er dette håndtert som et separat tiltak. Formålet er å støtte trafikklederne, og detektere og varsle situasjoner raskere enn det et menneske klarer.

1.6 Navigasjonsinnretninger (merketiltak)

Navigasjonsinnretninger er hjelpemidler for posisjonsbestemmelse og sikker navigasjon i farleden og kystfarvannet. Kystverket opererer et større antall slike innretninger. For Kystverket er det ikke et mål å merke enhver fare eller hindring for sjøtrafikken, men å sørge for en hensiktsmessig veiledning basert på brukerbehov, god praksis og vurdering av risiko.

Det har vært navigasjonsinnretninger langs norskekysten i over 1000 år, og spesielt på 1800-tallet ble mange fyr opprettet og mange merker satt opp. Utviklingen av navigasjonsinfrastrukturen har gått i retning av forbedret driftssikkerhet, bedre synlighet for trafikken og en mer intuitiv merking. Et eksempel er hurtigbåtmerke med Indirekte

belysning (HIB). Selv om dette er oppmerking som i første rekke er tiltenkt og tilpasset hurtiggående passasjerfartøy, er tiltaket også nyttig for annen nyttrafikk. Merketiltak har sammen med los-ordningen vært en av grunnpilarene for navigasjon langs norskekysten.

I interessentanalysen i forrige sjøsikkerhetsanalyse i 2014 ble merketiltak vurdert å være det mest effektive tiltaket for reduksjoner i grunnstøtinger. Selv om vi i dag ser indikasjoner på at det foregår mer elektronisk navigasjon, går det frem av interessentanalysen for 2022 at det fortsatt er navigasjonsinnretninger, farledsutbedringer og sjømerker som i snitt rangeres høyest av Kystverkets eksisterende virkemidler.

I Kystverkets forslag til prioritering av ressurs-bruk i perioden 2022-2033 står videre samfunnsoppdraget med navigasjonsinnretninger tydelig beskrevet. Merkesystemet skal være en selvstendig og robust tjeneste som skal kunne tjene som hovedsystem for veiledning til navigasjon i norske farvann. Kystverkets infrastruktur skal også være robust mot et eventuelt bortfall av globale satellittsystemer for navigasjon (GNSS).

Det er blitt gjennomført en analyse som ser på antall ulykker før og etter implementering av navigasjonsinnretninger i fire spesifikke områder. Disse områdene ble imidlertid utbedret i nyere tid, og vi har derfor ikke tilstrekkelig med ulykkesdata etter gjennomføringen. Det er også generelt lavt antall ulykker for disse områdene, og dermed ikke ansett å gi et pålitelig statistisk grunnlag for ulykkesdata.

I eksisterende metodikk for farledsanalyser for Kystverket er det brukt en øvre teoretisk verdi på reduksjon i ulykkeshyppighet for merketiltak på 58 %. Metodikken som lå til grunn for dette estimatet var basert på ekspertvurdering, og øvre verdi var ment for farvann som ble oppgradert fra en før-situasjon med særdeles dårlig/ingen merking. I de kvantitative risikoanalysene for farledstiltak i kommende NTP (2025-2036) er det imidlertid ingen farleder som oppnår maksimal effekt. Effektestimatene spenner fra 1,7 % og opp til maksimalt 15 %. Gjennomsnittlig effekt av merketiltak for disse farledsprosjektene er 6,4 %.

Ved bruk av årsaksmodellen ble det sett på hvilke årsaksfaktorer som merketiltak kan påvirke. Det ble beregnet en reduksjon i ulykkeshyppighet på rundt 10 %, som ligger innenfor spennet fra 1,7 til 15 % nevnt ovenfor.

Tabell 1-6 Forventet reduksjon i ulykkeshyppighet med merketiltak

Ulykketype	Snittverdi (%) ³	Nedre verdi %	Øvre verdi %
Grunnstøting under motorkraft	6,4 %	1,7 %	58 %
Kollisjon (mellom skip)		Negl.	Negl.

1.7 E-navigasjon

E-navigasjon er en global strategi utviklet av IMO for å legge til rette for digitalisering og automatisert utveksling av informasjon mellom skip og mellom skip og myndigheter. Initiativet ble satt på dagsorden etter at mange skipsulykker kunne relateres til menneskelige feil. Mangel på standarder og koordinering av digitalisering i maritim sektor var identifisert som noen av de bakenforliggende årsaker.

E-navigasjon inneholder fem hovedløsninger som ser på:

- S1: Forbedret, harmonisert og brukervennlig brodesign
- S2: Standardisert og automatisk skipsrapportering
- S3: Forbedret pålitelighet, fleksibilitet og integritet av broutstyr og navigasjonsinformasjon
- S4: Integrering og presentasjon av tilgjengelig informasjon i grafiske skjermer som mottas via kommunikasjonsutstyr

³ Basert på beregnet merkeeffekter for farleder i kommende NTP 2025-2036

- S5: Forbedret kommunikasjon av landbaserte sjøtrafikksentraltjenester

Det er et mål at konseptet skal redusere muligheten for menneskelige feil, og dermed gi bedre sjøsikkerhet, lavere miljørisiko og legge til rette for mer effektive arbeidsmetoder og kommunikasjon mellom skip og land. I motsetning til mange av de andre sjøsikkerhetstiltakene, så antas det at e-navigasjon innføres over en lang tidsperiode og at samtidig så vil tjenestene (herunder MSP) måtte utvikles gradvis over tid for å nærme seg virkningspotensialene som har vært analysert i de neste kapitlene. Standardene for mange av tjenestene under MSP er ikke påbegynt, og tjenestene, og standardene, vil forbedres kontinuerlig basert på tjenesteleverandørenes evne til å levere bedre tjenester over tid. Frem til nå er det ikke noe krav om innføring eller bærepplikt for e-navigasjon, og innføringen nå skjer i form av generell flåtefornyelse og oppdatering av systemer

Det er foretatt en forenklet analyse for å få et estimat på samlet risikoreducerende effekt av e-navigasjon ved å bruke årsaksmodellen. Det må påpekes at dette er en grov-analyse og verdiene må anses som et øvre estimat på redusert ulykkeshyppighet. Estimater som er beregnet her gir kun en overordnet indikasjon på effekten til bruk i risikomodellering for sjøsikkerhetsanalysen frem til 2060. Samlet for alle fem hovedløsninger (S1-S5) får vi da en total effekt på rundt 11 %.

1.8 Fjernstyrte operasjoner og autonome skip

Autonome skip kan potensielt gjøre skipsfarten tryggere, både ved å redusere årsaker til ulykker som forårsakes av menneskelige feil, og redusere antall mannskap ombord, som igjen kan redusere antall eksponerte i ulykker. Det er en utbredt oppfatning at menneskelig feilhandling står for en betydelig andel av ulykker til sjøs.

En studie av Vos, J et.al, presentert i en artikkel fra 2021, konkluderer med at det ikke finnes noen studier som har kvantifisert hvor stor prosentandel av ulykkene som kan forhindres med autonome skip. Det pekes på at vanskeligheten med å estimere reduksjonen kan delvis tilskrives at en ulykke ofte ikke er et resultat av bare menneskelig feil, men en kombinasjon av flere årsaker. Det er også uklart hvilken del av de rapporterte menneskelige feilene som faktisk kan løses av et autonomt system.

I en tenkt fremtid hvor skipsfarten potensielt domineres av autonome skip kan ulykkeshyppigheten i beste fall være vesentlig redusert, men at andre risikoelementer kan være mer fremtredende; som softwareoppdateringer, systemintegrasjon, beregningsalgoritmer og feilkoding, manglende verifikasjon, samt samhandling med ikke-autonome skip. Sistnevnte må her fremheves, da det i uoverskuelig fremtid vil være snakk om sameksistens mellom autonome og konvensjonelle fartøy.

Kystverket bidrar allerede til å gjøre Norge til en ledende nasjon i utprøvingen av autonome løsninger for sjøtransport gjennom å være med på forskning, samt legge til rette for testområder for autonome fartøy. Sjøfartsdirektoratet og Kystverket godkjente nylig sjøområdet Sletta, Smedasundet og Karmsundet som nå blir nye testområder for fjernstyrte teknologier og autonome fartøy i Norge. Trondheimsfjorden, Storfjorden på Sunnmøre og Horten er allerede etablert som testområder.

1.9 Utdyping

Fysiske farledstiltak innebærer å sprengte bort grunner, fjerne skipsvrakforlis eller mudre. Hensikten er å gjøre farledene mer sikre ved å fjerne grunnstøtingsfarer og/eller å øke fremkommeligheten. Økt fremkommelighet skjer ved at farledenes kapasitet øker slik at større fartøyer kan ferdes der. Effekten av tiltaket må vurderes i hvert enkelt tilfelle ved hjelp av en risikovurdering av trafikk, seilingsmønster og dybdeforhold i det enkelte området, samt at tiltaket må sees i sammenheng med kapasitetsrestriksjoner.

En bredere farled kan også være med på å redusere kollisjonsrisikoen, og åpne opp for muligheten for å benytte separate fartøysløp. Fysiske farledstiltak som utdyping og mudring kan imidlertid bidra til økt trafikk, både med antall passeringer og større fartøy, som igjen kan øke totalrisikoen. Dersom slike negative virkninger identifiseres, må avbøtende tiltak vurderes.

Det er ikke funnet noen referansestudier som kvantifiserer den risikoreducerende effekten av å utbedre farleder.

1.10 Samlet effekt av tiltak

Det er foretatt en kortfattet kvalitativ vurdering av samlet effekt av sjøsikkerhetstiltakene som ligger innenfor Kystverkets portefølje. Internasjonale IMO-tiltak som AIS, brovaktalarm og ECDIS er allerede gjennomført og må hensyntas når en vurderer effekten av nye tiltak. Effekten av sjøsikkerhetstiltakene som er beregnet kan i utgangspunktet kun adderes dersom det ikke er avhengigheter eller om det er risikoreduksjoner i et tiltak som påvirker samme årsaksforhold i et annet tiltak. I rapporten risiko 2060, som er en delleveranse i Sjøikkerhetsanalysen, er det gjennomført en kvantitativ analyse der det er beregnet samlet effekt av besluttede og mulige fremtidige tiltak frem mot år 2060. For ytterligere detaljer rundt disse beregningene henviser vi til nevnte rapport.

2 INTRODUKSJON

DNV har på vegne av Kystverket gjennomført en analyse for å kvantifisere den risikoreducerende effekten av ulike sjøsikkerhetstiltak. Analysen beregner hvor stor andel av frekvensen, altså hyppigheten, for navigasjonsulykker som potensielt kan bli redusert dersom ulike tiltak innføres, både innenfor og utenfor Kystverkets portefølje av virkemidler.

Rapporten inngår som en del av prosjektet Sjøikkerhetsanalysen 2022, som har fokus på den forebyggende sjøsikkerheten i norske farvann. Forebyggende sjøsikkerhetstiltak skal redusere sannsynligheten for ulykker til sjøs, og beskytte samfunnet mot hendelser som kan føre til tap av liv, miljømessige skader og økonomiske konsekvenser.

Sjøikkerhetstiltak vil også kunne bidra til mer effektiv og miljøvennlig sjøtransport. Dette er gevinster som ikke er kvantifisert i denne analysen, men antas å gi effekt over tid.

DNV har tidligere belyst effekter av sjøsikkerhetstiltak i utredninger som ble forelagt for Losutvalget i 2012 og senest i Sjøikkerhetsanalysen 2014. Denne rapporten vil derfor samle eksisterende relevante bakgrunnsrapporter og samtidig presentere nye studier og analyser. De eldste studiene, som tidligere ble referert til om effekter av sjøsikkerhetstiltak fra 70- og 80-tallet, er luket ut av denne analysen. Dette er fordi det har vært en teknologi- og modenhetsutvikling innen sikkerhetsstyring, samt andre tiltak som er innført innen sjøfarten, som gjør at disse studiene nå anses som utdaterte.

Kystverket har vært klar på at analysen skal stå på egne ben, det vil si ikke være avhengig eller påvirket av tidligere analyser. Det må også poengteres at det er DNVs upartiske faglige vurderinger som ligger til grunn for analysen og resultatene. DNV og Kystverket har samarbeidet om inngangsdata og forståelsen av ulike tiltak, samt deres virkninger. Dette har vært diskutert gjennom en rekke arbeidsmøter.

Andre analyser som er utført som del av prosjektet Sjøikkerhetsanalysen 2022, og som referert til i denne analysen, er listet under:

- Interessentanalysen – DNV (2023) Interessentanalyse for innspill til forebyggende sjøsikkerhetstiltak. Rapportnr.: 2022-1160.
- Ulykkesanalysen – DNV (2023) Statistikk over navigasjonsulykker med fartøy i norske farvann. Rapport Nr.: 2023-0335
- Årsaksanalysen – DNV (2022) Årsaksanalyse av grunnstøtinger og kollisjoner i norsk farvann. Rapport Nr.: 2022-1236. Oppdatert i rapport: DNV (2023) Årsaksanalyse for ulykker med los og farledsbevis. Rapport Nr.: 2023-0259.

Tidligere rapporter som er utarbeidet og referert til er listet under:

- Utredninger for Losutvalget - DNV (2013) Analyse av skipstrafikk, ulykkesstatistikk, los relaterte aktiviteter og sjøsikkerhetstiltak. Rapport nr.2012-1479
- Sjøikkerhetsanalysen 2014 – DNV (2014) Samlerapport (syntese) med tekniske bakgrunnsrapporter (interessentanalyse, årsaksanalyse, sannsynlighetsanalyse og effektanalyse).

2.1 Bakgrunn

I 2014 utførte DNV Sjøikkerhetsanalysen 2014 på oppdrag fra Kystverket. Sjøikkerhetsanalysen utgjorde en viktig del av grunnlaget for stortingsmeldingen om forebyggende sjøsikkerhet og beredskap mot akutt forurensning (Meld. St. 35 2015–2016), og inngår i dag i Kystverkets kunnskapsgrunnlag for sjøsikkerheten i norske farvann.

På grunn av den lange tiden som er gått siden analysen ble ferdigstilt, og på grunn av behovet for gode forberedelser for arbeidet i Kystverket frem mot Nasjonal transportplan 2026-2037, er det behov for å revidere denne kunnskapen gjennom å revidere deler av Sjøikkerhetsanalysen 2014.

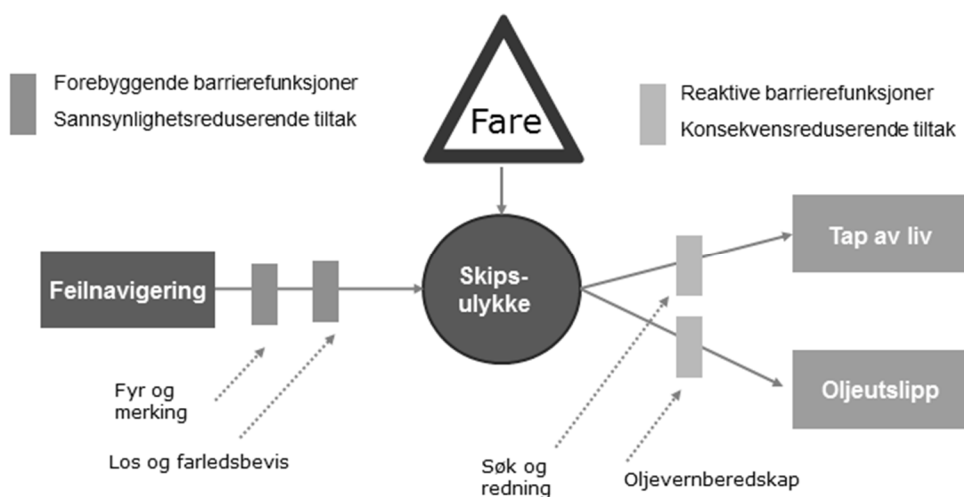
2.2 Formål

Formålet med analysen har vært å kvantifisere hvilken risikoreduserende effekt ulike sjøsikkerhetstiltak (tiltak) har, og har hatt, på frekvensen for grunnstøting- og kollisjonsulykker. Resultatet gis som prosentvis reduksjon av ulykker, eksempelvis; tiltak 'A' vil redusere antall grunnstøtingsulykker per år med 'X' prosent og redusere antall kollisjonsulykker per år med 'Y' prosent.

Tallverdier for risikoreduserende effekter skal brukes videre i Sjøikkerhetsanalysen for å modellere ulykkesrisikoen frem mot 2060. Analysen kan også brukes av Kystverket i deres risikoanalyser av farleder og havområder for å beregne nyttevirkninger av enkelttiltak og kombinasjoner av tiltak, slik det gjøres i 2060-analysen⁴. Beregning av nyttevirkninger for sjøsikkerhet er også et viktig element i samfunnsøkonomiske analyser, som er del av beslutningsgrunnlaget for politikere og andre myndighetspersoner som skal prioritere mellom ulike tiltak.

2.3 Omfang og avgrensninger

En avgrensning for denne analysen er at vi fokuserer på hvilken effekt tiltakene har på sannsynligheten for grunnstøtings- og kollisjonsulykker. Dette er visualisert gjennom bruk av en Bow-Tie modell i Figur 2-1. Analysen fokuserer på sjøsikkerhetstiltak (barrierene) til venstre for topphendelsen (skipsulykke).



Figur 2-1 Eksempel på Bow-Tie modell for topp-hendelsen (skipsulykke). De forebyggende tiltakene ser vi på venstre side av hendelsesforløpet.

Det er gjennomgående brukt begrepet sjøsikkerhetstiltak i rapporten. Nyttvirkninger av sjøsikkerhetstiltak er videre i form av redusert frekvens for ulykker og dermed besparelser i antall liv tapt, personskader og oljeutslipp, samt besparelser i reparasjon- og tidskostnader for fartøy.

For å kunne se sammenhengen mellom tiltakene i Kystverkets portefølje og andre tiltak som har påvirket sjøsikkerheten i Norge de siste årene, er det også foretatt en analyse av noen utvalgte tiltak utenfor Kystverkets portefølje. Noen av de sentrale internasjonale tiltakene som er analysert er AIS, brovaktalarm og ECDIS. Det er også andre allerede implementerte tiltak som har påvirket sjøsikkerheten (eksempelvis ISM⁵ og STCW⁶), men disse har vært mer utfordrende å analysere med utgangspunkt i norsk ulykkesstatistikk. Effekten av etablerte tiltak er viktig å belyse fordi de har vært med på å prege den generelle utviklingen innen sjøsikkerheten.

⁴ Risikoberegning frem mot 2060 er under utarbeidelse.

⁵ International Management Code for the Safe Operation of Ships and for Pollution Prevention

⁶ International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers

I analysen er det lagt mest innsats i vurdering av sjøsikkerhetstiltak som ligger innenfor Kystverkets portefølje. Tiltakene som inngår i analysen, er listet under.

- Innenfor kystverkets portefølje:
 - Los og farledsbevis
 - Vessel Traffic Services (VTS) / Sjøtrafikksentraltjeneste
 - Navigasjonsinnretninger (merketiltak)
 - Utdyping
- Utenfor kystverkets portefølje:
 - Automatisk identifikasjonssystem (AIS) - antikollisjonsverktøy
 - Bridge Navigational Watch Alarm System (BNWAS) / Brovaktalarm
 - Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)
 - IMOs E-navigasjonsstrategi
 - Fjernstyrte operasjoner og autonome skip. Dette er ikke et tiltak i seg selv, men mer en teknologiutvikling som potensielt kan gi reduksjon i ulykkesfrekvens.

E-navigasjon vil ligge delvis innenfor Kystverkets portefølje, da en del av tiltakene og løsningene, blant annet Maritime Service Portfolio (MSP), vil ligge der, og da utvikles, testes og gradvis fullt ut implementeres i Kystverket. Det er ikke funnet andre kvantifiserbare tiltak som ligger utenfor Kystverkets portefølje.

Følgende dekkes ikke av denne analysen:

- Beregning av kostnad- og tidsbesparelser.
- Beregning av kostnader for implementering av tiltakene.
- Beregning av reduksjon i potensiell konsekvensomfang. Sjøsikkerhetsanalysen fokuserer på forebyggende sjøsikkerhet.
- Samfunnseffekter, næringseffekter og netto-ringvirkninger.
- Statistisk testing av analysene og resultatene med p-verdier eller konfidensintervall. Vurdering av reliabilitet og validitet av analyseresultatene er foretatt kvalitativt.

2.4 Forkortelser

AIS	Automatisk identifikasjonssystem (Automatic Identification System)
ARPA	Automatic radar plotting aid
BN	Bayesiansk nettverk
BNWAS	Brovaktalarm (Bridge Navigational Watch Alarm System)
BT	Bruttotonn
CMDS	Common Maritime Data Structure
DMA	Danish Maritime Authority (Søfartsstyrelsen)
ECDIS	Geografisk informasjonssystem og elektronisk sjøkart-system
ETE	Estimate-Talk-estimat
IMO	Den internasjonale sjøfartsorganisasjonen (International Maritime Organization)



LPS	Local Port Service
MAS	Maritime Assistance Service
MSI	Maritime Safety Information Service
MSP	Maritime Service Portfolios
NM	Nautiske mil
PLL	Potential loss of life
PSS	Port Support Service
PVT	Position, velocity, and time data
RACON	Radarfyr
RCO	Risikokontrollalternativer (Risk Control Options)
SAR	Søk og redning (Search and Rescue)
SDU	Sjøfartsdirektoratets ulykkesdatabase
SOLAS	Internasjonal konvensjon om sikkerhet for menneskeliv til sjøs (International Convention for the Safety of Life at Sea)
SSNN	SafeSeaNet Norway
STB	Styrbord
TMAS	Telemedical Assistance Service
TSS	Trafikkseparasjonssystem (Traffic Separation Scheme)
TØI	Transportøkonomisk institutt
VTS	Sjøtrafikksentral (Vessel Traffic Services)
XTE	Cross Track Error (avviket fra ruten som er planlagt på ECDIS)

3 OVERORDNET ANALYTISK TILNÆRMING

3.1 Metoder for å beregne risikoreduserende effekter

I analysene som er utført og litteraturstudien er det referert til følgende metoder for å beregne risikoreduserende effekt:

- **Metode 1: Identifisering av ulykker som potensielt kunne vært forhindre dersom tiltaket hadde vært gjennomført**

Metoden baseres seg på ulykkesdata. Her gjøres en opptelling av hvilke ulykker som kunne ha vært forhindre dersom tiltaket hadde vært implementert gjennom å analysere beskrivelser av hendelsesforløpet. Metodikken har muligheten til å gi en høy grad av validitet i resultatene dersom en har tilstrekkelig informasjon om konkret hendelsesforløp og faktiske årsaksforhold for hver ulykke.

- **Metode 2: Sammenligning av ulykker før og etter innføringen av et tiltak**

Tilnærmingen gir prosentvis endring fra en tidfestet før-situasjon til etter-situasjon. Denne tilnærmingen har imidlertid utfordringer med at resultatet må sees i sammenheng med endringer i ulykkestrender og trafikkmengder generelt som har skjedd innenfor tidsrommet som analyseres. Ytre faktorer kan utgjøre støy i analysen, som igjen gjør at metoden har en lavere validitet.

- **Metode 3: Ulykkesmodellering gjennom bruk av årsakssammenhenger og enkeltfaktorers påvirkning**

Generelt kan en slik metodikk eksempelvis bruke feiltrær eller Bayesiansk nettverk (BN), dvs. en probabilistisk grafisk modell som kan brukes til å undersøke og vise årsakssammenhenger mellom nøkkelfaktorer og utfall. Dette er ofte kombinert med feildata og ekspertvurderinger.

- **Metode 4: Ulykkesestimering ved bruk av ulykkeshyppighet og eksponeringsdata**

En rapport av Transportøkonomisk institutt (TØI) fra 2015 beskriver ulike fordeler og ulemper med en slik tilnærming [6]: Fordelen er at beregningen er enkel å forstå og etterprøve, og de gir i mange tilfeller en intuitiv og direkte tolkning. En kan da eksempelvis finne, gjennom ulykker og eksponeringsdata, at transport med fartøy A statistisk sett har X ganger så høy risiko som transport med fartøy B. Utfordringen med denne tilnærmingen er ofte knyttet til ikke-lineære sammenhenger mellom eksponering og ulykker. Dette er belyst av blant annet Elvik (2015) og Hakamies-Blomqvist et al. (2002) [6] [7]. TØI drøfter dette i sin rapport og skriver at hvis man aksepterer at ikke-lineariteten mellom eksponering og ulykker er et resultat av læring, samtidig som man aksepterer at det ikke er mulig å få tak i fullstendig korrekte data over alle mulige potensielle hendelser, så kan det argumenteres for at den tradisjonelle måten å beregne dette på – antall ulykker per tilbakelagt avstand – er en rimelig tilnærming til et «sant» risikomål [6].

- **Metode 5: Ekspertvurdering og konsensus-tilnærming**

Dersom en ikke har tallmateriale (data) kan kvalitative metoder benyttes. Dette kan eksempelvis være bruk av ekspertvurdering, intervjuer, observasjoner eller konsensusmetoder. Delphi-metoden, også kjent som «Estimate-Talk-estimat (ETE)» er en strukturert teknikk som bygger på prinsippet om at en beslutning eller estimat fra en strukturert gruppe enkeltpersoner er mer nøyaktige enn de fra ustrukturerte grupper. Det brukes for å oppnå konsensus blant en gruppe personer.

Merk at ikke alle metodene nevnt ovenfor er anvendt eller referert til for hvert enkelt sjøsikkerhetstiltak. Metodene er brukt der det er relevant, og der en har tilstrekkelig data og/eller tilgjengelige studier. I tillegg er det for hvert sjøsikkerhetstiltak foretatt en kortfattet kvalitativ beskrivelse av effekten på sjøsikkerhet, uten tallverdi.

Det er også foretatt en litteraturstudie for å undersøke om det er utført lignende studier nasjonalt eller globalt, som er relevante for Sjøsikkerhetsanalysen, og som kan kategoriseres i de analytiske tilnærmingene nevnt ovenfor.

Pålitelighet og validitet, herunder kvaliteten på de analytiske metoder som anvendes, er vurdert der mulig. Det finnes ulike definisjoner av disse begrepene. For denne studien omtaler vi påliteligheten som et uttrykk for hvor pålitelige data vi har, og hvor nøyaktig datainnsamlingen er foretatt, mens validiteten handler om hvor sannsynlig det er at resultatene faktisk beskriver virkeligheten, og at resultatene ikke skyldes andre ytre faktorer, eller ren tilfeldighet. Et annet begrep som også benyttes om validitet er gyldighet.

3.2 Årsaksmodellen

Det er her bygget en forenklet årsaksmodell basert på funnene i årsaksanalysen fra 2022 og den oppdaterte årsaksanalysen for los og farledsbevis i 2023.

Ulykkesmodellering har den fordelen at man kan inkludere en rekke årsaksforhold og sammenhenger i en og samme modell (ref. metode 3 i kapittel 3.1). Utfordringen ligger i å velge hvilke variabler som skal inkluderes. Vi har her valgt å bruke samme systematikk som ble brukt i årsaksanalysen. En beskrivelse av denne systematiske tilnærmingen ble presentert i DNV-rapporten 2022-1236 «Årsaksanalyse av grunnstøtinger og kollisjoner i norsk farvann». Det er imidlertid gjort følgende endringer for bruk i denne analysen:

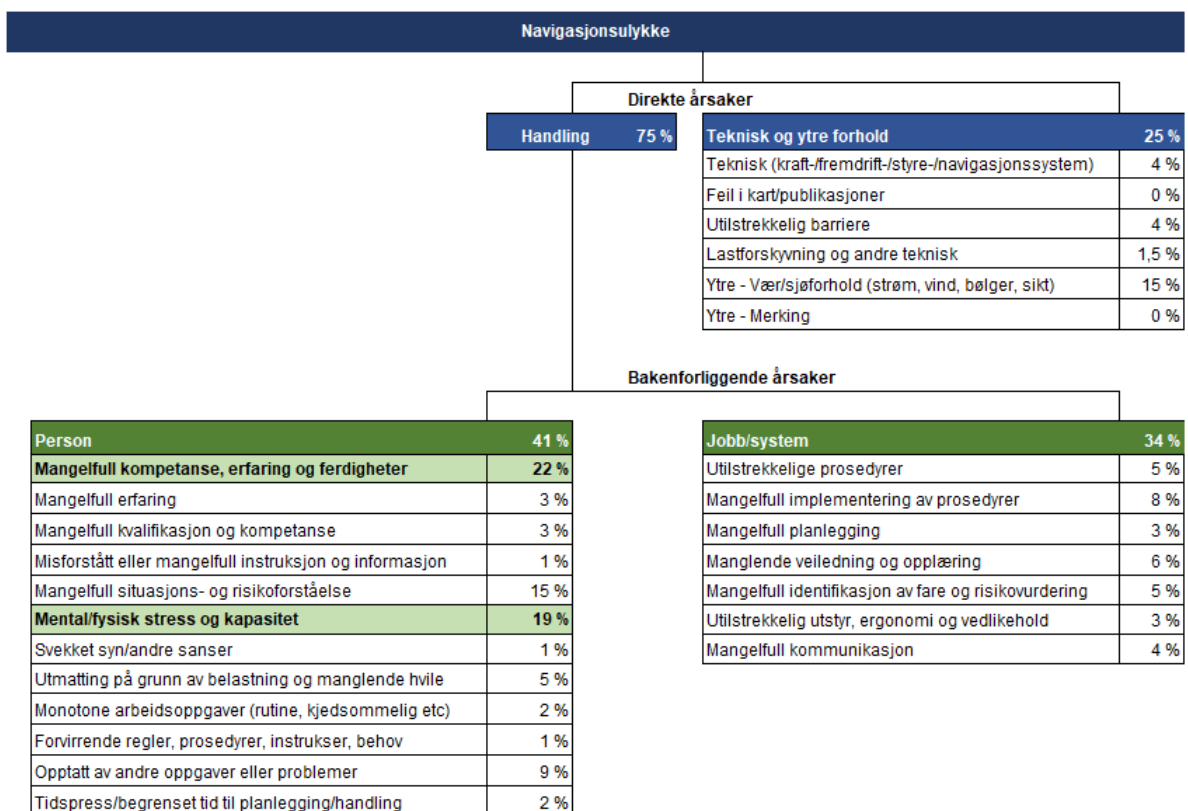
- Årsaksanalysen fra 2022 er oppdatert med den mest oppdaterte ulykkesgranskningen som ble gjort i prosjektet «Årsaksanalysen av ulykker med los og farledsbevis» i 2023. Denne analysen inkluderer et datasett på 95 ulykkesgranskninger, herunder 37 ulykker med los og 58 ulykker med farledsbevis [44].
- Alle direkte årsaker knyttet til feil handling er slått sammen i én kategori *handling*, dette inkluderer hovedsakelig (prosentandel av total direkte handling):
 - Feilnavigering/manøvrering (51 %)
 - Prosedyrefeil (29 %)
 - Feil tilpasning av fart (4 %)
 - Mangelfull kommunikasjon (4 %)
 - Feil bruk av utstyr (12 %).

Sammenslåingen kan gjøres fordi vi hovedsakelig er opptatt av de bakenforliggende årsakene til ulykkene. Der hvor det har vært relevant å trekke en relasjon til de direkte årsakene for handling i analysen av sjøsikkerhetstiltak er dette gjort, men fokus har som nevnt vært på bakenforliggende årsaker til ulykker.

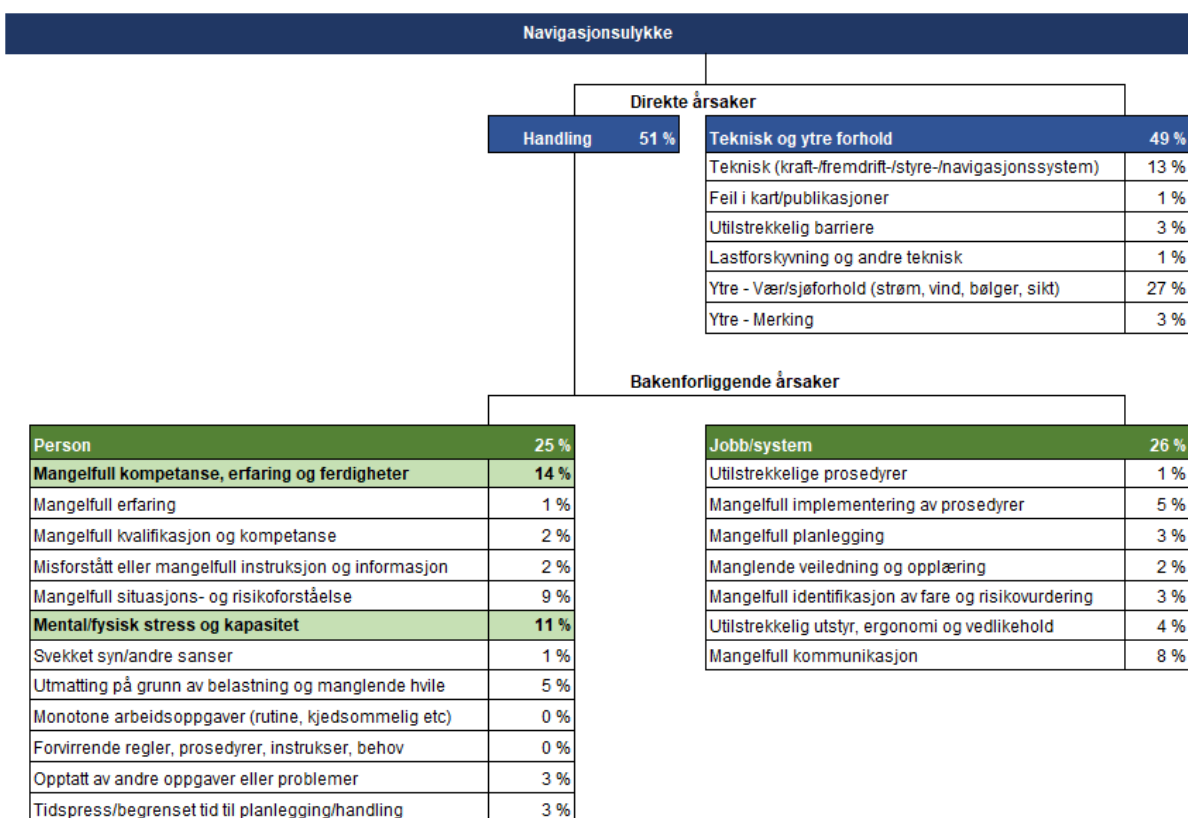
- Det er valgt å bruke ulykkene med farledsbevis som grunnlag for modellen. Vi får da en årsaksmodell som representerer seilaser med ordinær brobesetning, uten ekstra ressurs på broen (los).
- Enkelte kategorier av bakenforliggende årsaker er slått sammen for å forenkle modellen, og lette arbeidet med å identifisere hvilke årsaker ulike tiltak kan påvirke.

Endringene er gjort for å tilpasse modellen til formålet for denne studien, som er å tolke effekten av tiltak. Å ukritisk inkludere alle tenkelige variabler gir ikke nødvendigvis økt forståelse. Når en skal vurdere hvilke årsaksforhold ulike tiltak kan påvirke ønsker vi heller ikke altfor mange årsaker/variabler å velge i, da det fort blir for omfattende. Men, det skal heller ikke være for få, slik at det blir vanskelig å skille de, og peke på spesifikke årsaksfaktorer.

Figur 3-1 og Figur 3-2 viser den forenklede årsaksmodellen for navigasjonsulykker hvor det er benyttet henholdsvis farledsbevis og los. Modellen skiller først på de direkte årsakene: handling og teknisk/ytre forhold. Deretter vises bakenforliggende årsaker til handling, delt i personrelaterede årsaker og jobb/system-relaterede årsaker.



Figur 3-1 Forenklet årsaksmodell for navigasjonsulykker hvor det er benyttet farledsbevis.



Figur 3-2 Forenklet årsaksmodell for navigasjonsulykker hvor det er benyttet los.

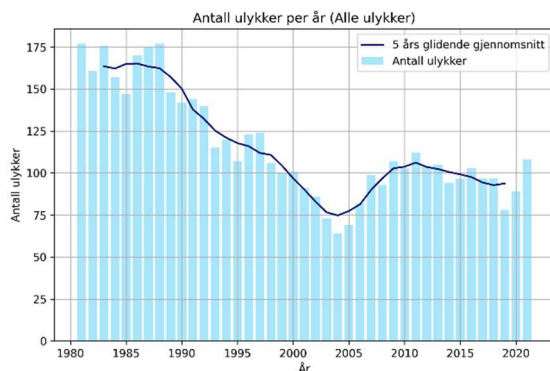
3.3 Ulykkesdatabasen

Ulykkesdataene i denne analysen er hentet fra Sjøfartsdirektoratets ulykkesdatabase (SDU). SDU inneholder en oversikt over registrerte ulykker i Norge og med norsk flaggede skip i alle farvann tilbake til 1981. For nærmere informasjon om SDU, og en generell analyse av ulykkesutvikling i norske farvann, henviser vi til DNV-rapport 2023-0335 «Statistikk over navigasjonsulykker med fartøy i norske farvann». Nevnte rapport er også en leveranse under Sjøsikkerhetsanalysen 2022.

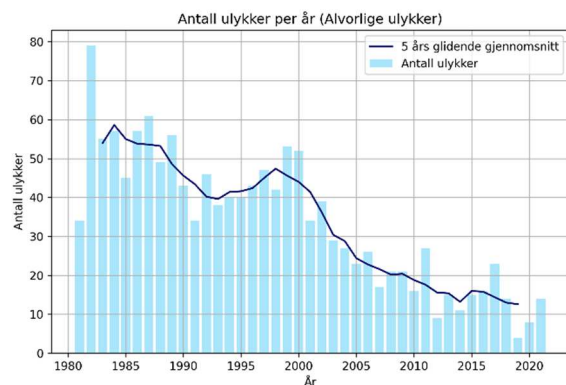
Ulykkene i SDU er delt opp i flere ulike ulykkestyper. I denne analysen har vi valgt å fokusere på ulykkestypene: grunnstøting og kollisjon, da dette er der Kystverket har påvirkningskraft. Vi har dermed filtrert bort alle arbeidsulykker ombord og ulykker med personskade, men uten grunnstøt/kollisjon, og ulykker som tilhører de følgende ulykkestypene: «Brann/eksplosjon», «Kantring», «Fartøyet er savnet, forsvunnet» og «Kontaktskade, Kaier, Broer etc.». Vi har også filtrert ut alle ulykker med fritidsfartøy og alle nestenulykker. Det er kun data for ulykker i norske farvann som er brukt.

Der det har latt seg gjøre har vi benyttet oss av alvorlige ulykker (inkl. alvorlig ulykke, totalskade eller sunket), ettersom de har en høyere sannsynlighet for å bli rapportert dersom det har oppstått alvorlige konsekvenser for fartøy og/eller mannskap. For disse anslås altså en lavere grad av påvirkning på underrapportering, samt eventuelle endringer i innrapportering eller innsamling av ulykker, dermed en høyere grad av pålitelighet i dataene.

I Figur 3-3 presenteres registrerte navigasjonsulykker i norske farvann fra 1981 til 2022 i henhold til den filtreringen nevnt over, uavhengig av alvorlighetsgrad (skadeomfang på fartøy). I Figur 3-4 presenteres alle de alvorlige navigasjonsulykkene i norske farvann for samme tidsrom. For å bedre visualisere trenden har vi tegnet inn 5-års glidende gjennomsnitt i begge figurene. Vi antar at stigningen rundt 2005 i grafen for alle ulykker (figur til venstre) i stor grad kan tillegges en økt grad av rapportering og fokus på innmelding av hendelser til direktoratet. For nærmere analyse av ulykkestrender og forklaring på statistikken henviser vi til DNV-rapport 2023-0335 «Statistikk over navigasjonsulykker med fartøy i norske farvann».



Figur 3-3 Antall registrerte grunnstøtinger og kollisjoner i norske farvann.



Figur 3-4 Antall registrerte alvorlige grunnstøtinger og kollisjoner i norske farvann.

4 ANALYSE OG RESULTATER

Dette kapittelet presenterer resultatet av analysene som DNV har utført i Sjø sikkerhetsanalysen, samt resultatet fra Kystverkets egen analyse for beregning av reduksjonen i ulykkeshyppighet ved bruk av los. Det er gjennomført en litteraturstudie for å identifisere andre relevante studier som kvantifiserer effekten av sjøsikkerhetstiltak. Der det har vært mulig er det gjort en enkel vurdering rundt pålitelighet og validitet av studien, også med tanke på relevans for norske farvann.

Hvert delkapittel avsluttes med en konklusjon som drøfter analysen og gir vårt estimat på redusert ulykkeshyppighet (effekt) for hvert tiltak. Merk at for enkelte tiltak er det gitt en øvre og nedre verdi, også kalt tripplestimer. Dette er med bakgrunn i at spennet i potensiell risikoreducerende effekt for mange sjøsikkerhetstiltak kan være stort, da det avhenger av mange faktorer. For andre tiltak derimot har en kanskje ikke nok data til å si noe om dette spennet, eller at spennet er for stort til å gi noe praktisk betydning for analysen.

4.1 Automatisk identifikasjonssystem (AIS)

4.1.1 Om AIS

AIS står for automatisk identifikasjonssystem. Det ble først etablert som et antikollisjonsverktøy for skipsfarten. Fartøy med AIS-transponder ombord sender ut dynamisk informasjon om egen identitet, fart og kurs til nærgående skip via VHF-båndet, og tar imot tilsvarende informasjon fra skip i nærheten. For skip er AIS-informasjon et supplement til radarbasert informasjon [2].

AIS er innført av IMO⁷ for å øke sikkerheten for skip og miljøet, og styrke trafikkovervåkning og sjøtrafiktjenester. I Norge er AIS også et tiltak i regjeringens arbeid for å styrke sjøsikkerhet og beredskap i norsk farvann. Overvåking av skipstrafikken gjennom sjøtrafikksentralene med AIS bidrar til å avdekke potensielle kritiske situasjoner, og gir myndigheter mulighet til å raskere kunne sette i gang nødvendige tiltak for å redusere risikoen for skipsulykker [2].

Fartøy over en viss størrelse er pålagt å bruke AIS under seilasen i henhold til SOLAS konvensjonen. Regelverket krever at AIS skal monteres ombord på alle skip over 300 BT i internasjonal fart, lasteskip over 500 BT som ikke er i internasjonal fart, samt alle passasjerskip uavhengig av størrelse. Kravet trådte i kraft for alle skip 31. desember 2004.

Det finnes to ulike klasser AIS. AIS klasse A omfatter AIS-transpondere som er ombord i skip (omfattet av SOLAS konvensjonen), mens AIS-B sender svakere og sjeldnere signaler enn AIS-A og brukes av mange som ikke har bærepunkt, slik som fritidsfartøy og små fiskefartøy. I Norge dekker Kystverket sitt AIS-nettverk, med enkelte unntak, området fra grunnlinja til 40-60 nm ut fra kysten.

Det presiseres her at det er effekten av AIS integrert, og presentert i ECDIS og radar, som er vurdert. Kystverket har kommentert at formelt skal AIS kobles inn på radar for å unngå kollisjoner, som kommer av endring gjort i 2017, da det ikke lenger gis CPA⁸ alarmer etc. på ECDIS.

⁷ International Maritime Organization

⁸ Closest Point of Approach (CPA)

4.1.2 Kvalitativ beskrivelse av risikoreduksjon

AIS er hovedsakelig et antikollisjonsverktøy med formål å bedre situasjonsforståelsen og kommunikasjonen mellom skip. AIS identifiserer fartøy, og gir rask, nøyaktig og detaljert fartøysinformasjon. Den påvirkes ikke av potensiell støy, slik tilfellet er for radarsystemer, og man er ikke avhengig av å tolke radarekko av andre fartøy. AIS er avhengig av fri sikt (line of sight – LOS) og kan jammes og spoofes, som er en generell sikkerhetsutfordring innen cyberrisiko. Det må også nevnes at kvaliteten på AIS kan være varierende, men at dette hovedsakelig er utfordringer på enkelte fjordområder på Vestlandet grunnet fjell og dekningsutfordringer [58]. I henhold til IMOs funksjonskrav skal AIS bidra til følgende:

- Være et uavhengig system for å unngå kollisjon.
- Bidra til at VTS kan overvåke trafikken, uavhengig av radar.
- Bidra til automatisk rapportering av statiske og dynamiske skipsdata mellom skip-skip og skip-land

Effekten av AIS på kollisjonsulykker har antagelig økt gradvis etter at det først ble gjort obligatorisk. De første årene var det kun vanlig med et eksternt display, hvor det kom opp en liste med skip i nærheten med informasjon som avstand og retning. Etter hvert som store deler av broutrustningen i større grad har blitt digital, har det også blitt vanlig å kunne få inn AIS i samme display som radar eller ECDIS [4]. AIS-mål vises på radarskjermen med samme symbolikk som de vises på ECDIS-skjermen. Dette kan brukes for å vurdere trafikkbildet og sikre seilassen, derav bidra til økt situasjonsforståelse for navigatøren.

Ved å bruke DGNSS-korreksjoner⁹ oppnår AIS-systemet en posisjonsnøyaktighet på mindre enn 10 meter. Til en sammenligning har radarsystemet en nøyaktighet på 30-50 meter på grunn av dets avhengighet av frekvens, pulsrepetisjon og strålebredde [4]. Den høye posisjonsnøyaktigheten til AIS innebærer at posisjonen og kursendringen over bakken kan presenteres med mindre forsinkelse enn med radar¹⁰. AIS gir derfor et godt referansepunkt for radaren og kan brukes både som antikollisjonsverktøy og som navigasjonshjelpemiddel (AIS AtoN). Vaktoffiserer må imidlertid alltid være oppmerksom på andre skip som ikke er utrustet med AIS, og/eller ikke bruker AIS aktivt, spesielt fritidsfartøyer, fiskebåter og militærskip [4].

I tillegg til å sende ut dynamisk og statisk informasjon vil AIS kunne benyttes til overføring av korte tekstmeldinger til andre skip med AIS. Disse meldingene vil kunne vises på ECDIS på det andre skipet (enten på et bestemt skip eller på alle skip innenfor rekkevidde) [4].

I denne analysen vurderes effekten målt i reduksjon av ulykker, men det må også nevnes at AIS har en rekke andre anvendelsesområder og nyttevirkninger:

- Kystverket benytter historiske AIS-data til å utarbeide statistikk over sjøtrafikken for beredskapsformål.
- Fiskeridirektoratets sjøtjeneste kontrollerer og overvåker farvannene utenfor Norge og Svalbard. Kombinert med sporingsdata, viser AIS eksempelvis om fiskefartøyene holder seg innenfor lovlige fiskesoner.
- Sjøfartsdirektoratet bruker AIS i forbindelse med planlegging av inspeksjoner av norske og utenlandske fartøy.
- AIS brukes til å finne posisjonen til havarister og savnede fartøy, og til å finne fartøy som kan assistere, dvs. fungere som støttesystem for søk og redning.
- Havnene bruker AIS til å holde oversikt på anløp og avganger. Noe som gir økt effektivitet i havn
- AIS er en del av det felles rapporteringssystemet SafeSeaNet / SingleWindow

⁹ Differential Global Navigation Satellite System

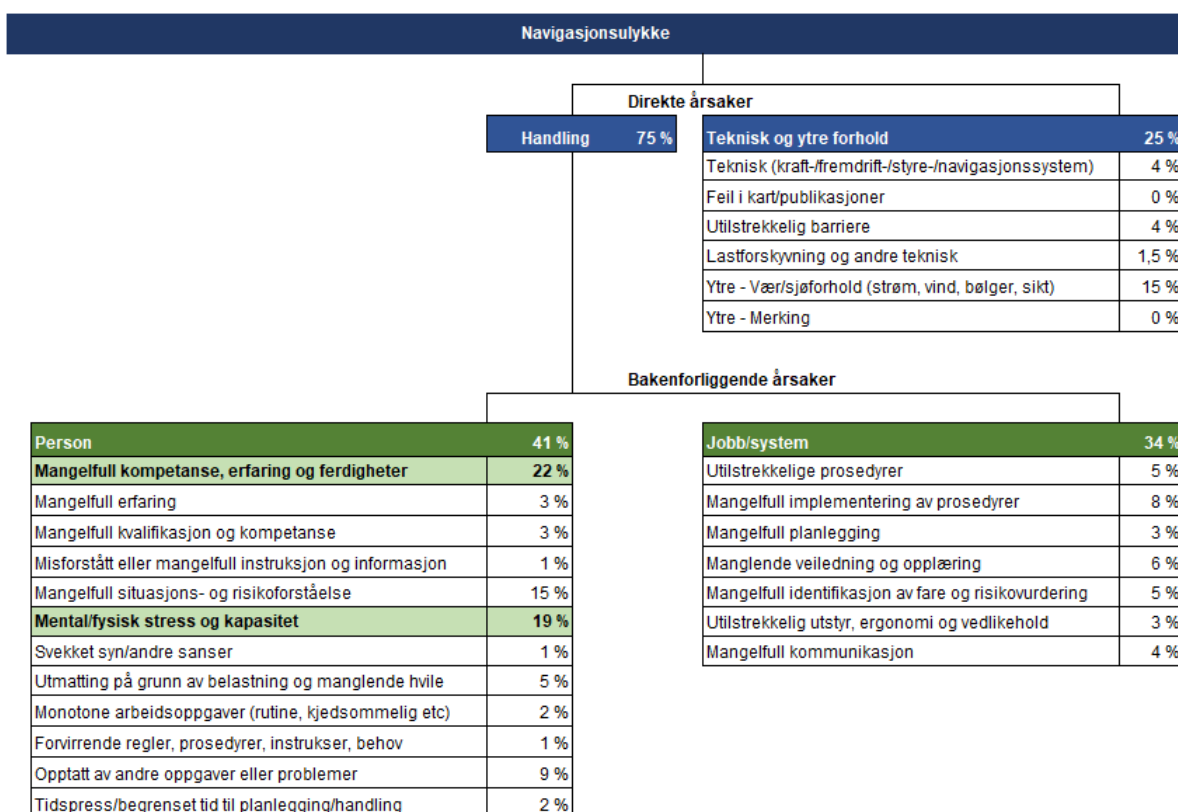
¹⁰ AIS klasse B kan ha lav oppdateringsrate, ref. sammenligning med radar

- Kystverket benytter AIS ifm automatisering av saksbehandling og fakturering innen los forvaltning.
- Kystverket har som myndighetsoppgave å tilrettelegge AIS data for andre nasjonale myndigheter (enn de nevnt ovenfor) som f.eks. Kystvakten, Forsvaret, Fiskeridirektoratet, Tollvesenet og politiet.
- Utvikling av AIS-data for publikum gjennom Kystverkets digitale tjenester: NAIS, Kystinfo, ArcticInfo, Bølgevarsel, Fiskinfo, Havbase, Kystdatahuset og Havbase Arktis.

Tredjeparter kan også implementere AIS-data i sine programmer. Eksempler som kan nevnes her er elektroniske kartsystem som Njord Pilot, SealQ og andre navigasjonsapplikasjoner (maritime kartprogram), som bruker AIS-data fra Kystverket via API¹¹ tilkobling for økt maritim situasjonsbevissthet for sluttbrukeren [3].

4.1.3 Virkning på årsaksforhold

Det er gjort en forenklet kvalitativ analyse for å vurdere hvilke årsaksforhold som AIS kan påvirke ved å benytte årsaksmodellen, slik presentert i kapittel 3.2, og gjengitt i Figur 3-1 og Figur 3-2. Vi har her valgt å bruke årsaksmodellen for navigasjonsulykker hvor det er benyttet farledsbevis.



Figur 4-1 Forenklet årsaksmodell for navigasjonsulykker hvor det er benyttet farledsbevis.

¹¹ Application Programming Interface: Kode som brukes for å utveksle data mellom to forskjellige systemer eller apper.

Basert på den kvalitative beskrivelsen av risikoreduksjon i forrige kapittel, påvirker AIS følgende vesentlige årsaker til navigasjonsulykker:

- Mangelfull situasjons—og risikoforståelse
- Mangelfull identifikasjon av fare og risikovurdering
- Mangelfull kommunikasjon

Særlig mangelfull situasjons—og risikoforståelse er en stor bidragsyter til navigasjonsulykker, hvor hele 15 % av ulykkene har forhold hvor denne årsaken er medvirkende.

4.1.4 Analyse av ulykker i norske farvann før og etter implementering av AIS

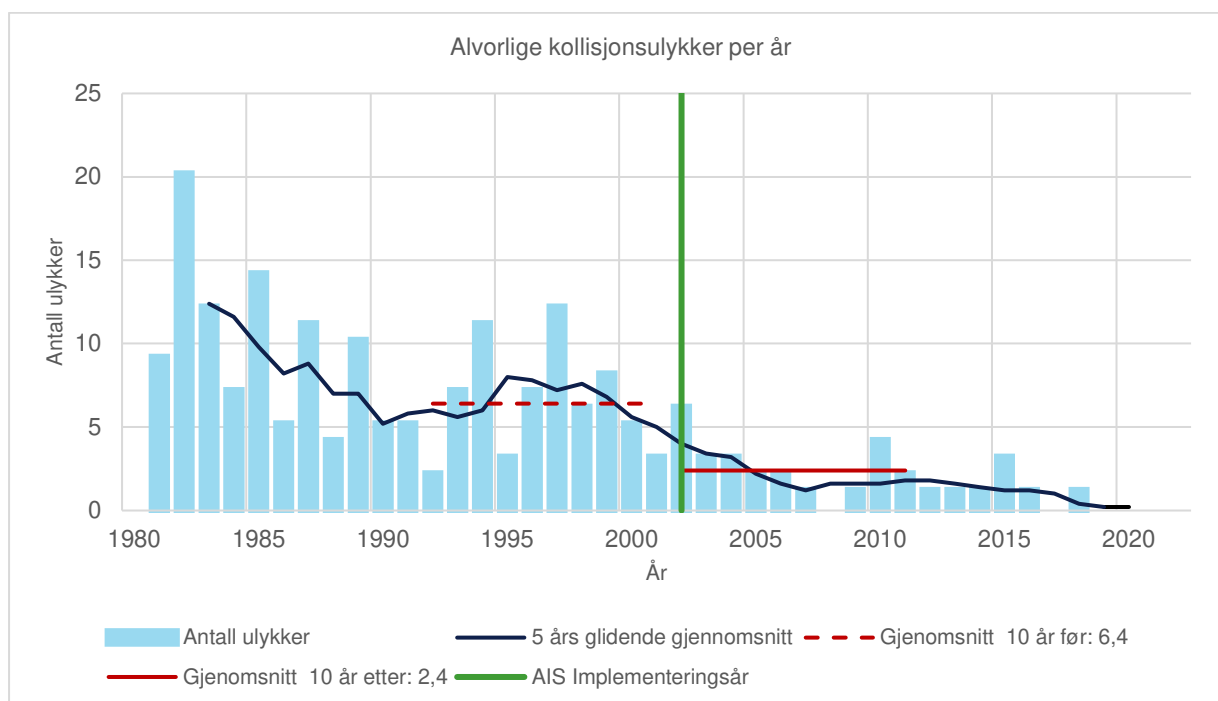
I denne delen har vi undersøkt om det er mulig å se noen effekt av implementering av AIS i norske farvann ved å studere antall kollisjonsulykker før og etter implementeringsåret som er satt til 2002.

Datainnsamling og analyse

IMO publiserte en ytelsesstandard for AIS i 1998, og fra 2002 til 2004 ble AIS gradvis gjort obligatorisk. Vi har derfor valgt å sette innføringsperioden til 2002-2004, og estimerer effekten basert på 10 år før og 10 år etter 2002. Vi valgte å kun se på alvorlige kollisjonsulykker siden dette datasettet inneholdt en tilstrekkelig mengde ulykker til å kunne benyttes som underlag for analysen.

Funn

Figur 4-2 viser antall registrerte alvorlige kollisjonsulykker per år i norske farvann, med et 5 års glidende gjennomsnitt for å tydeliggjøre trenden. Innfasingsperioden for AIS er markert i grønt, og de to røde strekene viser tiårsperiodene før og etter innføringsåret 2002. Disse danner grunnlaget for snittet før og etter, som gir oss en endring i antall ulykker, som igjen lar oss estimere effekten av tiltaket. Ved å benytte snittene 10 år før og 10 år etter innføringsåret gir det en reduksjon i antall alvorlige kollisjonsulykker på 63 %.



Figur 4-2 Antall registrerte alvorlige kollisjonsulykker per år i norske farvann med innfasingen av AIS.

Pålitelighet og validitet

Det er brukt kun alvorlige kollisjonsulykker, siden disse anslås å ha en lavere grad av påvirkning på underrapportering, samt eventuelle endringer i innrapportering og fokus på innsamling av ulykker. Om dette datagrunnlaget er nok til å gi tilstrekkelig pålitelighet er imidlertid usikkert, men vi anser at påliteligheten er bedre enn om vi skulle inkludert de mindre alvorlige ulykkene.

Det kan også diskuteres om plasseringen av de to 10-årsperiodene er riktig. Det er mulig at AIS hadde en effekt før 2002, men det er vanskelig å si noe om hvor vanlig det var å ha AIS på denne tiden. På den andre siden kan det argumenteres for at AIS ikke hadde full effekt før noen år etter innføringen.

Ved å se på grafen i Figur 4-2 observeres det at det har vært en positiv nedadgående trend i antall alvorlige kollisjonsulykker både før og etter implementeringsperioden som er valgt. Vi ser ingen tydelige markante endringer i stigningstallet gjennom eller etter innfasingsperioden. Dette gir indikasjon på at kurven på grafen hovedsakelig påvirkes av andre eksterne forhold. Dermed er nok verdien som er beregnet i for stor grad påvirket av generelle trender, til at vi kan betrakte den som troverdig. Den positive trenden vi observerer fra 1995 kan ha blitt drevet av andre risikoreduserende tiltak innenfor det samme tidsrommet, som potensielt kan ha hatt påvirkning på alvorlige kollisjonsulykker, som for eksempel ISM og STCW-95. Innføring av AIS sammenfaller også tidsmessig med frivillig innføring av ECDIS/ECS for mange fartøyer. Vi kan likevel si at AIS, sammen med alle andre tiltak i denne tidsperioden, kan potensielt ha hatt en samlet effekt på 63 % for ulykkeshyppigheten av alvorlige kollisjoner i norske farvann.

4.1.5 Litteraturstudie

En studie av Lutzen, M. and Friis Hansen, P. [5] beregnet den risikoreduserende effekten av AIS. AIS ble kvantifisert ved å bygge et bayesiansk nettverk som muliggjorde en evaluering av effekten på vaktoffiserens reaksjonsevne i en potensiell kritisk kollisjonssituasjon. Den tidsavhengige endringen i risikoreduserende effekt på skipskollisjoner ble analysert under implementeringsfasen frem til full håndhevelse av AIS. Det ble funnet at den risikoreduserende effekten på kollisjonshyppigheten vil være ca. 55 %. Det har ikke vært mulig å vurdere påliteligheten eller validiteten av denne studien. Det er heller ikke funnet andre kilder som har estimert eller kvantifisert effekten av AIS.

4.1.6 Konklusjon

Vi har et for tynt grunnlag til å si noe helt konkret om hvilken prosentvis risikoreduserende effekt AIS har hatt. Den ene studien som er utført peker likevel mot en betydelig effekt, da det ble beregnet en reduksjon i ulykkeshyppighet for kollisjoner på 55 %. En stor usikkerhet må allikevel påpekes her da pålitelighet og validitet ikke er vurdert.

I tillegg har vi undersøkt om det er mulig å se noen effekt av implementering av AIS i norske farvann, ved å studere antall ulykker før og etter implementeringsåret. Resultatet fra den analysen antyder at AIS, sammen med andre tiltak, kan potensielt ha hatt en samlet effekt på 63 % for ulykkeshyppigheten av alvorlige kollisjoner i norske farvann.

Vi har valgt å sette 55 % som en øvre verdi, da «63 % beregningen» også inkluderer generelle trender og mulig andre tiltak, samt for å være på den konservative siden med hensyn på usikkerheten.

Tabell 4-1 Reduksjon i ulykkeshyppighet med innføring av AIS.

Ulykkestype	Snittverdi (%)	Nedre verdi %	Øvre verdi %
Grunnstøting under motorkraft	-	-	-
Kollisjon (mellom skip)	-	-	55 %

4.2 Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)

4.2.1 Om ECDIS

ECDIS er et geografisk informasjonssystem og elektronisk sjøkart-system. Utviklingen av ECDIS startet på 1990-tallet og i samme tiår kom IMO med en ytelsesstandard. I 2000 tillot IMO at ECDIS kunne oppfylle kravene til papirkart ombord. Fra 2012 har IMO innført krav om ECDIS for nybygde fartøyer i utenriksfart; over 10 000 BT, tankskip over 3 000 BT og passasjerskip over 500 BT. Krav om ECDIS har også senere blitt innført for tilsvarende skip bygget før 2012.

4.2.2 Kvalitativ beskrivelse av risikoreduksjon

Losutvalget skriver i deres rapport fra 2013 at elektroniske sjøkart og systemer for å presentere disse har blitt viktige hjelpemidler for navigatører, og regnes som et stort teknologisk fremskritt for sjøsikkerheten [31]. ECDIS kombinerer elektroniske sjøkart med nøyaktig posisjonsangivelse og annen navigasjonsinformasjon fra skipets sensorer. Formålet med å innføre ECDIS har vært å etablere et system som gir navigatøren den samme informasjonen som de tradisjonelle papirkartene, men som medfører mindre tidsbruk enn navigering etter papirkart. Noen av de mest positive nytteaspektene ved ECDIS er oppsummert under, her sammenlignet med bruk av papirkart:

- *Økt situasjonsforståelse.* Et ECDIS-system viser hvor fartøyet er til enhver tid, og navigatøren kan bruke mer tid og oppmerksomhet på utkikk, samt orientere seg visuelt og i radar i forhold til posisjon, kurs og fart i ECDIS. Dette øker også navigatørens situasjonsforståelse.
- *Oppdaterte kart.* Automatisk oppdatering av de elektroniske kartene innebærer at navigatøren til enhver tid har tilgang til de siste endringene i kartgrunnlaget, og frigjør mye tid som ellers ville gå med til manuell oppdatering av papirkart.
- *Alarmer.* Viser kontinuerlig eget fartøys planlagte rute (posisjon og kurs) og kan varsle avvik (approach alarmer) ved grunnstøtingsfare.
- *Kobles med autopilot.* I Kystverkets fagbok «Navigasjon for lostjenesten» beskrives det at det blir mer og mer vanlig å koble navigasjonssystemet sammen med autopiloter. ECDIS kan kobles sammen med en autopilot med banestyring («trackpilot») [4]. Et eksempel ble gitt: Aktiveres systemets banestyring (track-mode) vil autopiloten i tillegg hente informasjon fra navigasjonssystemet om avviket fra ruten som er planlagt på ECDIS. Dette avviket kalles «cross track error» og forkortes ofte med XTE. Er fartøyet eksempelvis kommet for langt til styrbord for den planlagte ruten vil systemet gi melding om avviket som styrbord XTE, og autopiloten vil gi respons med babord ror. Skipet vil da gå mot den planlagte ruten.
- *Kobles mot radar.* I nevnte rapport over bemerkes det at overføring av radarvideo til kartet kan i mange tilfeller føre til et uoversiktlig bilde, men at med gunstige fargekombinasjoner kan radarvideoen være et godt hjelpemiddel for å sjekke kartets og navigasjonssystemets nøyaktighet [4]. Det står videre at det er grunn til å tro at utviklingen av ECDIS vil presse frem bedre radarer hvor integrering blir mer optimal [4].
- *Kobles mot AIS.* En slik kobling gjøres for å se andre skips posisjon fart og kurs på samme skjerm og øker nytten av AIS betraktelig
- *Utvikling.* Introduksjon av nye standarder (S-100) gjør at det ligger til rette for presentasjon av en lang rekke ny og dynamisk informasjon for seilassen (eksempelvis tidevann, oseanografiske og meteorologiske data). I dette ligger også mulighet for 3-dimensjonal presentasjon av skip i forhold til havbunn og batymetri.

Losutvalget bemerket at kvaliteten på dataene som ligger til grunn for kartene kan variere, som for papirkart. Hoveddelen av skipstrafikken går imidlertid i leder som er prioritert av Kartverket, og har dermed kart som er basert på

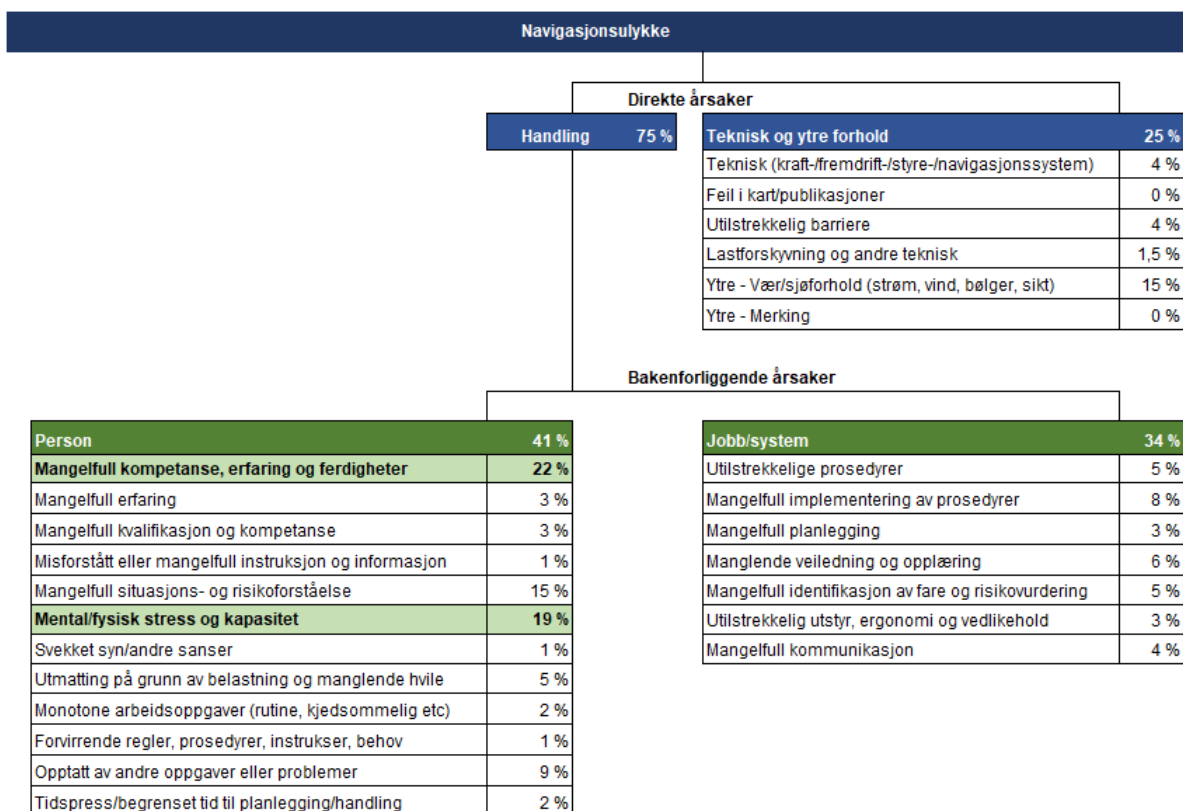
nyere målinger [31]. Andre utfordringer med bruk av ECDIS er belyst i rapporten «Navigasjon for lostjenesten» [4]. Dette inkluderer potensielle utfordringer knyttet til datum- og kartkoordinatsystemet, for stor tillitt til systemet med hensyn på nøyaktighet i posisjonsangivelse, liten grad av standardisering, navigatører som opererer i «standby-modus» for å unngå for mange grunnstøtingsalarmer, samt andre utfordringer knyttet til banestyring, integrasjon av AIS og ARPA [4].

Sjøfartsdirektoratet har også belyst utfordringer med bruk av ECDIS-kart og ruteplanlegging. I en artikkel fra 2022 viser de til nylige erfaringer med uønskede hendelser, der brukerfeil av digitale kart eller misforståelser ved bruk av ECDIS har forårsaket, eller nesten ledet til, grunnstøtinger. Oppsummert forteller Sjøfartsdirektoratet om viktigheten av følgende [34]:

- *Familiarisering.* Besetningen må ha tilfredsstillende kunnskap om funksjonene og hvordan ECDIS-systemet virker, og til de kravene som rederiet/kaptein setter som standarder for sikker bruk av ECDIS.
- *Innstillinger.* Vær sikker på å bruke anbefalte innstillinger i ECDIS, hva som gjelder f.eks zoom, alarmer og antigrunnstøtingssystem.
- *Ruteplanlegging.* Følg den planlagte leden (innenfor sikkerhetskorridor.) Om det må gjøres endringer i planlagt rute, så skal denne planlegges på nytt.
- *Følg prosedyrer.* Vær fokusert under seilasplanlegging, ikke la seg forstyrre av annet administrativt arbeid.
- *Oppdatert kart.* Sørg for å ha et oppdatert kartverk, og at en har oppe de nødvendige nivåene i ECDIS-kartet.
- *Oppmerksomhet.* Hold utkikk og vær oppmerksomme selv om ruten er planlagt.

4.2.3 Virkning på årsaksforhold

Det er gjort en forenklet kvalitativ analyse ved å se på hvilke årsaksforhold som ECDIS kan påvirke ved å benytte årsaksmodellen, slik presentert i kapittel 3.2, og gjengitt i Figur 4-3. Vi har her valgt å bruke årsaksmodellen for navigasjonsulykker hvor det er benyttet farledsbevis.



Figur 4-3 Forenklet årsaksmodell for navigasjonsulykker hvor det er benyttet farledsbevis.

Basert på den kvalitative beskrivelsen av risikoreduksjon i forrige kapittel, påvirker ECDIS følgende vesentlige årsaker til navigasjonsulykker:

- Mangelfull situasjons—og risikoforståelse
- Mangelfull identifikasjon av fare og risikovurdering
- Mental/fysisk stress og kapasitet

Særlig mangelfull situasjons—og risikoforståelse er en stor bidragsyter til navigasjonsulykker, hvor hele 15 % av ulykkene har forhold hvor denne årsaken er medvirkende. Mental/fysisk stress og kapasitet kan også nevnes ettersom en får en mer nøyaktig posisjonsangivelse og bedre støtte til navigasjon.

4.2.4 Analyse av ulykker før og etter implementering

I denne delen har vi undersøkt om det er mulig å se noen effekt av implementering av ECDIS i norske farvann ved å studere antall grunnstøtingsulykker før og etter implementeringsåret.

Datainnsamling og analyse

I analysen har vi valgt å benytte 2012 som implementeringsår, men det kan også argumenteres for at ECDIS kunne ha en effekt på sjøsikkerheten tidligere enn det. Figur 4-4 viser antall registrerte alvorlige grunnstøtingsulykker i norske farvann per år, med et 5 års glidende gjennomsnitt for å tydeliggjøre trenden. Innfasingperioden for ECDIS er markert i grønt, og de to røde strekene viser tiårsperiodene før og etter innføringsåret 2012. Disse danner grunnlaget for snittet før og etter, som gir oss en endring i ulykker, som igjen lar oss estimere effekten av tiltaket.

Funn

Ved å benytte snittene 10 år før og 10 år etter innføringsåret for ECDIS gir det en reduksjon i antall alvorlige grunnstøtingsulykker på 44 %.

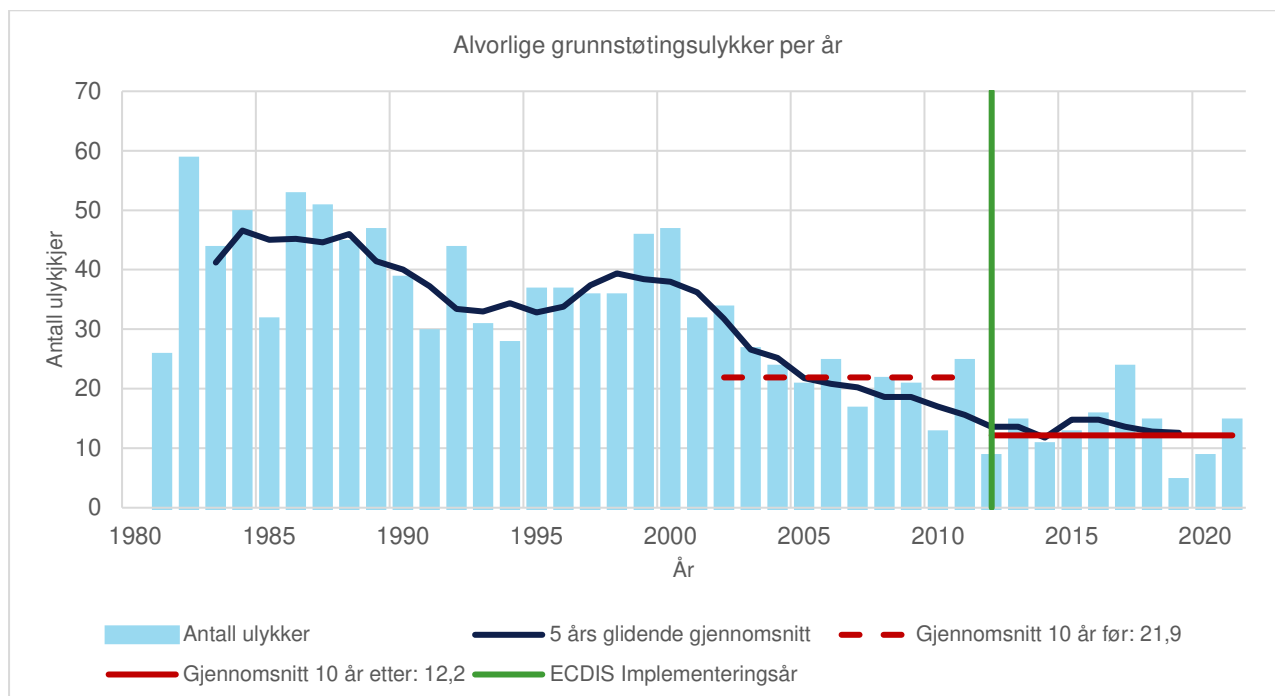
Pålitelighet og validitet

Det er kun brukt alvorlige grunnstøtingsulykker siden disse anslås å ha en lavere grad av påvirkning av underrapportering, samt eventuelle endringer i innrapportering eller fokus på rapporteringsplikten av ulykker. Datagrunnlaget anslås å være tilstrekkelig og med god pålitelighet.

I likhet med analysen av AIS, ser vi også her at det har vært en jevn nedgang i antall alvorlige ulykker før innfasingsperioden. Selv om snitt før og etter viser en positiv trend ser vi også at under innfasingsperioden har antallet ulykker flatet noe ut, og hatt en liten økning, før deretter å synke litt igjen.

Det kan imidlertid stilles spørsmål om når den reelle innføringen av ECDIS ombord skip egentlig skjedde. Ettersom ECDIS kunne erstatte papirkart allerede fra år 2000, kunne dette også vært vurdert som innføringsår. Dette ville gitt en reduksjon i antall på alvorlige grunnstøtingsulykker på 27 %. Ettersom trenden har vært jevnt synkende siden 2000 kunne man også sett på forskjellen i periodene 1990 – 2000 og 2010-2020, noe som ville gitt en reduksjon i antall alvorlige grunnstøtingsulykker på 63 %. Dette er et veldig høyt tall på samlet effekt under perioden, vesentlig høyere enn andre studier som er gjort på ECDIS, så her er usikkerheten høy. Det antas her at ECDIS bare er en del av en total nedgang på 63 % og sannsynligvis ikke vil utgjøre hele reduksjonen.

Det er svært mange forskjellige årsaker til alvorlige grunnstøtinger. Som nevnt ovenfor, vil det derfor ikke være riktig å tilegne hele denne effekten til ECDIS. Vi kan likevel si at ECDIS, sammen med andre tiltak, kan potensielt ha hatt en samlet effekt på 44 % for ulykkeshyppigheten av alvorlige grunnstøtinger i norske farvann.



Figur 4-4 Antall registrerte alvorlige grunnstøtingsulykker per år med innføring av ECDIS.

4.2.5 Litteraturstudie

En litteraturstudie om effekten av ECDIS ble presentert i en DNV-rapport fra 2012 som bakgrunnsrapport til Losutvalget [18]. Losutvalget viser til innføring av ECDIS som et kostnadseffektivt virkemiddel som i henhold til gjennomgangen i utredningen konkluderes med å kunne redusere grunnstøtingsfrekvensen med 30-40 % [31].

4.2.6 Konklusjon

Det kan antas at ECDIS, og kompetansen i bruk av dette systemet, har blitt betydelig forbedret siden det først ble tillatt som erstatning for papirkart i 2000, men det er vanskelig å si noe om hvordan denne utviklingen har påvirket effekten.

I analysen ble det undersøkt om det er mulig å se noen effekt av implementering av ECDIS i norske farvann ved å studere antall grunnstøtingsulykker før og etter implementeringsåret. I analysen ble det valgt å benytte 2012 som implementeringsår, men det kan også argumenteres for at ECDIS kunne ha en effekt på sjøsikkerheten tidligere enn det. Avhengig av valg av implementeringsår (2012, 2000 og perioden 1990-2000 mot 2010-2020), gir dette en effekt på henholdsvis 44 %, 27 % og 63 %. Her kan det tolkes som at ECDIS, sammen med alle andre tiltak, potensielt kan ha hatt en samlet effekt på opp mot 44-63 % for ulykkeshyppigheten av alvorlige grunnstøtinger i norske farvann. Resultatene er imidlertid påvirket av betydelig støy, dvs. generelle trender og andre tiltak under analyseperioden, og kan derfor ikke brukes som tallverdi for effekten av ECDIS isolert.

Det er ikke funnet andre nyere referansestudier siden Losutvalget, noe som gjør at estimatet på redusert grunnstøtingshyppighet fortsatt ligger i området 30-40 %.

Tabell 4-2 Reduksjon i ulykkeshyppighet med innføring av ECDIS.

Ulykketype	Snittverdi (%)	Nedre verdi %	Øvre verdi %
Grunnstøting under motorkraft	35 %	30 %	40 %
Kollisjon (mellom skip)	-	-	-

4.3 Brovaktalarm (BNWAS)

4.3.1 Om brovaktalarm

Brovaktalarm (Bridge Navigation Watch Alarm System - BNWAS) er en teknisk innretning som registrerer aktivitet på skipsbroen og varsler hvis bevegelse ikke detekteres. Brovaktalarmen skal passe på at de som har vakt ikke skal sovne eller være for lenge borte. Brovaktalarmen skal aktiveres automatisk når skipet er underveis. IMO's ytelsesstandard for brovaktalarm kom i 2002, og implementeringskravet ble innført for alle passasjerskip og alle skip over 150 bruttotonn i perioden 2011 til 2014. Det har også vært krav til brovaktalarm for norske fiske- og fangstfartøyer siden 1997. Det er nå krav til brovaktalarm på alle norske fartøyer over 12 meter etter at Sjøfartsdirektoratet oppdaterte «Forskrift om navigasjonshjelpemidler for skip og flyttbare innretninger» 1. juli 2022 [39].

4.3.2 Kvalitativ beskrivelse av risikoreduksjon

Det er kjent at et høyt antall navigasjonsfeil skjer fordi offiserer på brovakt sovner [35]. Danmark og Bahamas analyserte en rekke grunnstøtinger og kollisjoner knyttet til brovakt-årsaker på skip. Resultatet av analysen viste at en operativ brovaktalarm ville ha forhindret mange av ulykkene [35]. I 2007 leverte Japan ulykkesstatistikk og årsaksgranskning, relatert til temaet, til IMO (Sub-Committee on Safety of Navigation). Statistikken viste at et betydelig antall sjøulykker rundt Japan er relatert til at vakthavende sovner. Rundt 10 % av alle ulykker, og en tredjedel av grunnstøtinger, skyldes at vakthavende på broen sovnet på vakt [36].

To hovedtyper av brovaktalarm-systemer er i bruk i dag, hver med sine fordeler og ulemper. Det ene systemet krever at vakthavende må trykke på en knapp med jevne mellomrom for ikke å utløse alarmen. En ulempe med denne løsningen er at det vil i praksis medføre en ekstra oppgave for vakthavende offiserer. Dette kan dermed ta fokus bort fra andre viktige oppgaver, som utkikk og vakthold. Løsningen kan derfor oppfattes som et stressende element [18].

Det andre systemet inkluderer et sett av sensorer som registrerer aktiviteten på broen. På den måten trenger ikke vakthavende å måtte trykke på «reset knappen» med jevne mellomrom. Sjøfartsdirektoratet tillater bruk av IR-sensor basert på bevegelse og varmesøkende funksjon som tilleggsutstyr, så lenge det ikke forringer brovaktalarmens funksjon, gjennom rundskriv RSV-6/2006 [37]. Dette systemet vil i motsetning til førstnevnte system i utgangspunktet ikke medføre en ekstra arbeidsbelastning for navigatørene.

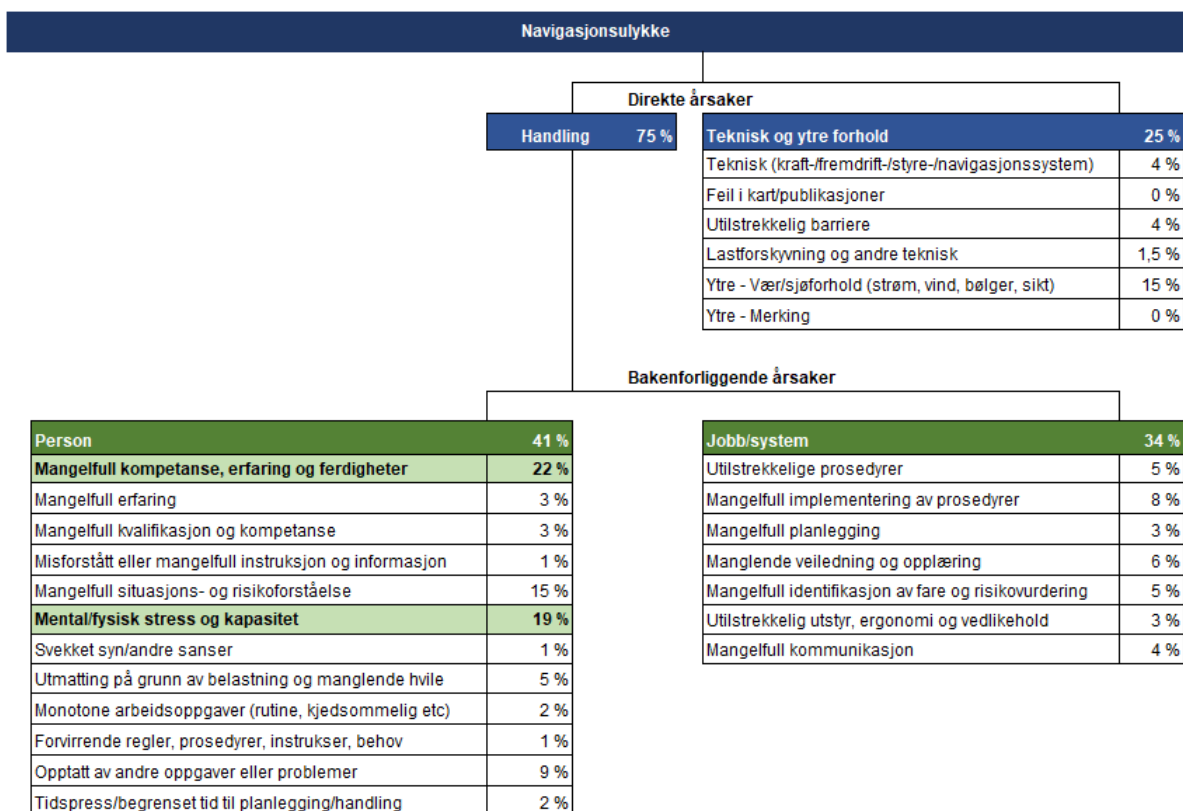
I 2006 utførte den Danske Søfartsstyrelsen en brukerundersøkelse om bruk av brovaktalarm på danske skip. Et av spørsmålene var: «Ser du på brovaktalarm for å være del av sikkerhetsutstyret på broen som beskytter skipet og mannskapet?» Her svarte 93 % av navigatørene «ja». Dette gir en indikasjon på at vakthavende anser generelt brovaktalarm som en faktor som øker navigasjonssikkerheten [38].

Svarene fra den danske studien belyste også oppfattelsen av de to hovedtypene av brovaktalarm-systemer, nevnt ovenfor. Omtrent halvparten av de mottatte svarene ble gitt fra skip utstyrt med «reset-knapp». Vakthavende på slike skip følte generelt at brovaktalarmen her var en kilde til irritasjon og distraksjon. Ca. 20 % av vakthavende offiserer har funnet brovaktalarmen irriterende på grunn av mange alarmer [38]. På skip med et system som inkluderer sensorer som registrerer bevegelse på brua, ble det oppgitt at disse gav svært få alarmer. Offiserene på slike skip betraktet generelt brovaktalarmen til å være betryggende. Ingen element av irritasjon ble funnet i svarene i forbindelse med denne type brovaktalarm [38].

Av litteraturstudien og brukerundersøkelsen som den Danske Søfartsstyrelsen utførte kan vi generelt si at en brovaktalarm vil gi en nytte i form av reduserte grunnstøting- og kollisjonsulykker. Dog, det må også bemerkes at systemet har blitt kritisert for kun å være en «quick-fix-løsning» som ikke gjør noe med selve hovedproblemet og utfordringer som knyttes til bemanning på bro og hviletidsbestemmelsene.

4.3.3 Virkning på årsaksforhold

Det er gjort en forenklet kvalitativ analyse ved å se på hvilke årsaksforhold som brovaktalarm kan påvirke ved å benytte årsaksmodellen, slik presentert i kapittel 3.2, og gjengitt i Figur 4-5. Vi har her valgt å bruke årsaksmodellen for navigasjonssulykker hvor det er benyttet farledsbevis.



Figur 4-5 Forenklet årsaksmodell for navigasjonsulykker hvor det er benyttet farledsbevis.

Basert på den kvalitative beskrivelsen av risikoreduksjon i forrige kapittel, får vi at brovakt påvirker følgende vesentlige årsaker til navigasjonsulykker:

- Utmatting på grunn av belastning og manglende hvile
- Opptatt av andre oppgaver eller problemer

Det må her nevnes at brovaktalarm er en «reaktiv» sikkerhetsbarriere, i den form at den ikke løser den egentlige utfordringen med manglende hvile og etterlevelse av vaktforskriften, men at det er en barriere som potensielt kan hindre at navigatør sovner og at fartøyet dermed grunnstøter.

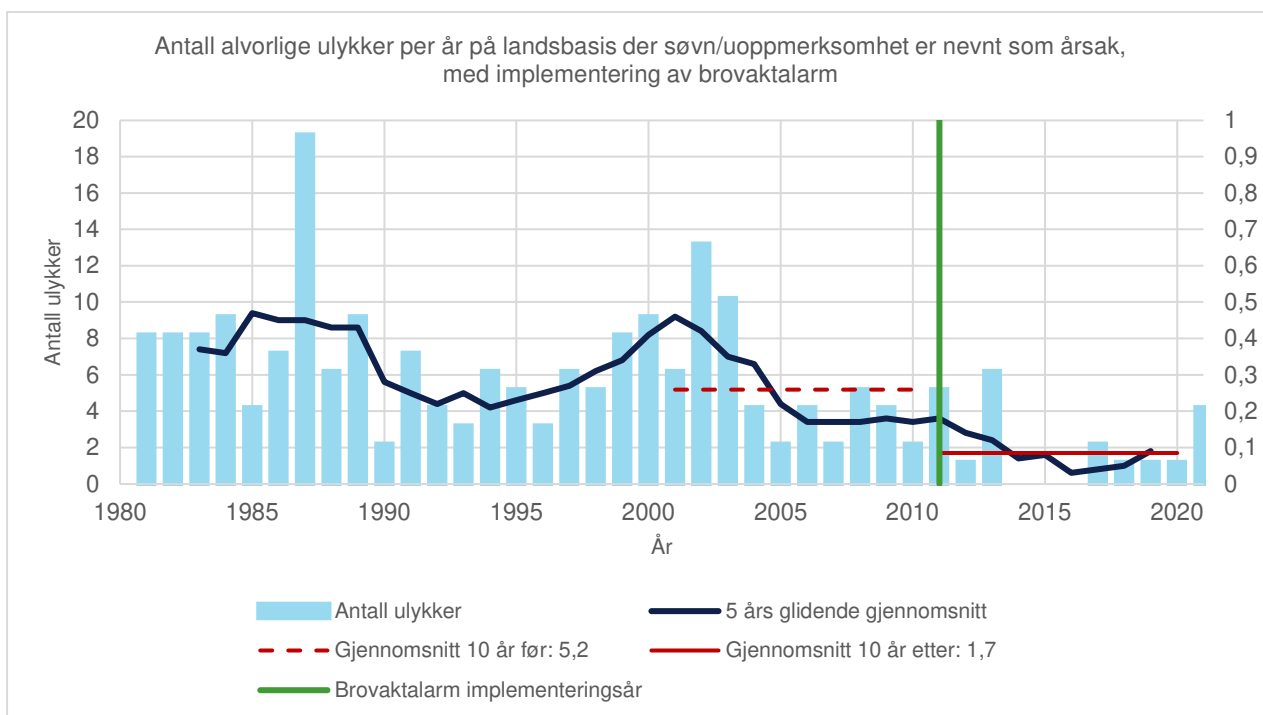
4.3.4 Analyse av ulykker før og etter implementering

I et forsøk på å kvantifisere effekten av brovaktalarm er det undersøkt om det er mulig å se noen virkning i norske farvann. Dette er gjort ved å studere antall grunnstøting- og kollisjonsulykker før og etter implementeringsåret. Ulykkene er filtrert slik at det kun er tatt med de ulykkene der søvn/uoppmerksomhet er nevnt som bakenforliggende/medvirkende årsak.

Datainnsamling og analyse

Ulykkene er basert på SDU. Vi har filtrert ulykkene slik at vi kun har med de ulykkene der søvn/uoppmerksomhet er nevnt som bakenforliggende/medvirkende årsak. Her var det nok ulykker til at vi kunne benytte oss av alvorlige ulykker.

Figur 4-6 viser antall registrerte alvorlige ulykker per år, med et 5 års glidende gjennomsnitt for å tydeliggjøre trenden. Innføringsperioden for brovaktalarm er markert i grønt, og de to røde strekene viser tiårsperiodene før og etter innføringsåret 2011. Disse danner grunnlaget for snittet før og etter, som gir oss en endring i ulykkeshyppigheten.



Figur 4-6 Antall registrerte alvorlige ulykker per år på landsbasis der søvn/uoppmerksomhet er nevnt som årsak, med innføring av brovaktalarm

Funn

Ved å benytte snittene 10 år før og 10 år etter innføringsåret for brovaktalarm gir det en reduksjon i antall alvorlige ulykker på 67 %. Ved å anvende de samme to tiårsperiodene på totale antallet alvorlige ulykker får vi en reduksjon på 45 %.

Pålitelighet og validitet

Den beregnede risikoreduksjonen er betydelig, og sett i forhold til andre type tiltak og studier, er det lite troverdig at reduksjon skal være såpass stor. På samme måte som for AIS og ECDIS, kan i alle fall ikke hele denne effekten tillegges brovaktalarm, ettersom det har vært andre risikoreduserende tiltak innenfor det samme tidsrommet med mulig påvirkning på denne typen ulykker. Det har blant annet vært flere endringer i lovene og forskriftene som omhandler hviletid for sjøfolk. Samtidig er det også mulig at brovaktalarm har hatt en effekt tidligere, da det ble påkrevd for fiske- og fangstfartøyer allerede i 1997.

Brovaktalarmer har vært tilgjengelige i en lengre periode før det ble innført krav igjennom IMO, det er derfor også her grunn til å vurdere innfasingsperioden. Noen eksperter mener at brovaktalarm generelt var lite vanlig før det ble innført krav om det, og at det kun var de mest fremoverlente rederne som hadde det.

4.3.5 Litteraturstudie

Basert på prosjektet "Project on sub-regional risk of spill of oil and hazardous substances in the Baltic Sea (BRISK)" fra 2012 anslås det at brovaktalarm vil gi en redusert kollisjon- og grunnstøtingsfrekvens av skip på 5 % dersom skipet er uten los. Hvis en los er ombord, er det antatt ingen risikoreduserende effekt [40]. Det har ikke vært mulig å vurdere påliteligheten eller validiteten av denne studien. Det er ikke funnet andre kilder som har estimert eller kvantifisert effekten av brovaktalarm.

4.3.6 Konklusjon

Det har vært en positiv utvikling de siste årene, hvor vi har sett en nedgang i ulykker relatert til å sovne på vakt. I Sjøsikkerhetsanalysen 2014 var *sovnet på vakt* den dominerende underkategorien med 37%, men tallene for årsaksanalysen i 2022 viser en positiv trend med nedgang til 13 % i denne kategorien. Det er sannsynlig at denne nedgangen har sammenheng med at dette har vært et fokusområde, og brovaktalarm er eksempel på tiltak som er innført.

Selv om det er en positiv trend ser vi fortsatt indikasjoner på, gjennom ulykkesrapporter og AIS-analyser om hvordan fartøyer har beveget seg i forkant av en grunnstøting, at sovnet på vakt stadig er en dominerende årsak til ulykker i 2022. Det har blant annet vært påvist enkelte hendelser der navigatørene har utstyrt broen med en snor eller lignende gjenstander som vil gi en kontinuerlig bevegelse som sensorene fanger opp [18]. Ulykker med *sovnet på vakt* er blitt redusert, men en har på langt nær luket bort alle.

I estimatet på redusert kollisjon- og grunnstøtingsfrekvens tar vi utgangspunkt i 5 % fra BRISK prosjektet (settes som nedre verdi). Ved å benytte snittene 10 år før og 10 år etter innføringsåret for brovaktalarm i norske farvann ser vi en betydelig reduksjon i antall alvorlige ulykker. Hvor mye vi skal vekte denne analysen, ettersom den også tar inn generelle trender og effekter av andre tiltak, er vanskelig å si. Vi har imidlertid valgt å vekte denne lavt grunnet høy usikkerhet, men at estimatet dras noe opp er allikevel rimelig å anta. Vi har derfor satt et estimat på 10 % for snittet/forventet verdi. En øvre verdi har vi ikke nok grunnlag for å si noe om her, annet enn den samlede effekten på 45 % på alvorlige ulykker som vist i kapittel 4.3.4.

Tabell 4-3 Reduksjon i ulykkeshyppighet med innføring av brovaktalarm.

Ulykkestype	Snittverdi (%)	Nedre verdi %	Øvre verdi %
Grunnstøting under motorkraft	10 %	5 %	-
Kollisjon (mellom skip)	10 %	5%	-

4.4 Los og farledsbevis

4.4.1 Om losplikten

Los og farledsbevis sikrer en trygg seilas ved å sørge for at fartøy har tilstrekkelig farvannskompetanse om bord. Losplikten oppfylles ved å ta los eller bruk av farledsbevis. Det er lospliktforordningen som definerer hvilke fartøy som er lospliktige og hvilke farvann losplikten gjelder for. Hovedregelen er at alle fartøy på 70 meter eller mer og passasjerfartøy på 50 meter eller mer er lospliktige når de er underveis i farvann innenfor grunnlinjen. For fartøy med dobbeltskrog som frakter farlig eller forurensende last i bulk er lengdegrensen 50 meter, og for enkeltskrog 35 meter¹².

Farledsbevis utstedes av Kystverket og gir navigatører lov til å seile uten los i et spesifikt farvann. En bestått farledsbevisprøve sikrer at navigatøren har de nødvendige farvannskunnskaper for å gjennomføre en sikker seilas. For klasse 1 og 2 må prøven gjennomføres ombord i fartøyet hvor søker blir evaluert av en statslos. For klasse 3 kan rederiene bruke en farledsbevisassessor istedenfor statslos [16].

Den tredje måten å oppfylle losplikten på er gjennom tillatelse til autonom kystseilas¹³ [22]. Med «autonom kystseilas» menes her seilaser i lospliktige farvann der navigering og manøvrering av skipet ikke ivaretas av skipsfører som befinner seg på fartøyets bro. Navigering og manøvrering av skipet kan være overlatt til systemer som automatisk fører fartøyet, eller til skipsfører som befinner seg andre steder enn fartøyets bro (fjernstyring) [22]. For vurdering av effekt av autonome- skip, funksjoner og fjernstyrte operasjoner henviser vi til kapittel 4.8.

4.4.2 Kvalitativ beskrivelse av risikoreduksjon

Los

Losing defineres som veiledning ved los under navigering og manøvrering av fartøy. Losen skal veilede skipsføreren, eller den som fører kommandoen i skipsførerenes sted, slik at navigeringen og manøvreringen av fartøyet skjer på en sikker måte. Under losingen skal losen være på kommandobroen eller der losingen ellers best kan utføres¹⁴.

Selv om losen i dag har tilgang til stadig mer avanserte digitale verktøy, er det fremdeles kompetanse rundt farled og kyst, værforhold og seilingsrutiner som er hovedproduktet som tilbys fra losen og Kystverket [16]. Betydningen av å ha en ekstra navigatør på broen er også en del av den risikoreducerende effekten.

Noen av de viktige effektene av los er oppsummert under. Dette kommer i tillegg til den kompetansen som allerede er på skipsbroen.

- Brobesetningen får tilført ekstra *kompetanse* ved bruk av los (på grunn av størrelse, type last, farvannets beskaffenhet etc.), selv om de har kompetente navigatører ombord.
- Losen kommer inn som ekstra *ressurs* på broen, så lenge andre i brobesetninger opprettholder sin tilstedeværelse og plikter.
- Losen har bare *én oppgave*, mens en farledsbevisnavigatør har flere oppgaver.
- *Losleksa og farvannskjennskap* som losene har, i tillegg til oppdaterte kart.
- Losen kan påvirke eventuelt dårlig *ledelse og kultur på broen*, gjennom god BRM og tydelighet (få kontroll).
- Losen kan støtte brobesetning ved *særskilte hendelser eller ulykker*, og støtte med *koordinering* opp mot beredskapsressurser.

¹² For detaljert beskrivelse av lospliktige fartøy og lengdebegrensninger henviser vi til Forskrift om losplikt og bruk av farledsbevis (lospliktforordningen)

¹³ Kystverket informerer om at det pr i dag ingen som har søkt om eller fått slik tillatelse.

¹⁴ Havne og farvannsloven § 23.

Farledsbevis

Farledsbevis er et sertifikat som gir navigatører lov til å seile i et spesifikt farvann med et lospliktig fartøy uten å bruke los. For å få farledsbevis må følgende være på plass [16]:

- Ha gyldig dekksoffiserssertifikat
- Oppfylle krav om seilingserfaring
- Ha bestått farledsbevisprøve

Kystverket utøver en differensiert farledsbevisordning. Ordningen omfatter farledsbevisklasse 1-3 og opplæringsordningen kadettfarledsbevis. For farledsbevis klasse 2/3 stilles krav om minst ett års effektiv fartstid inkludert fartstid i aktuell led, eller 5 seilas i løpet av de siste 12 månedene i aktuell led. Navigatørene kan avlegge representative farledsbevisprøver for større områder. Farledbevisklasse 1 gjelder for de mest erfarne, og stiller krav til minste tre års effektiv fartstid inkludert tre seilaser hver vei i aktuell led siste 5 år, eller 10 seilaser hver vei i aktuell led de siste 24 månedene. Navigatøren må opp til farledsbevisprøve med statslos i hver enkelt farled. Klasse 1 gir utvidede rettigheter i farleder med lokale begrensninger og kan benyttes med fartøy over 150 meters lengde [16].

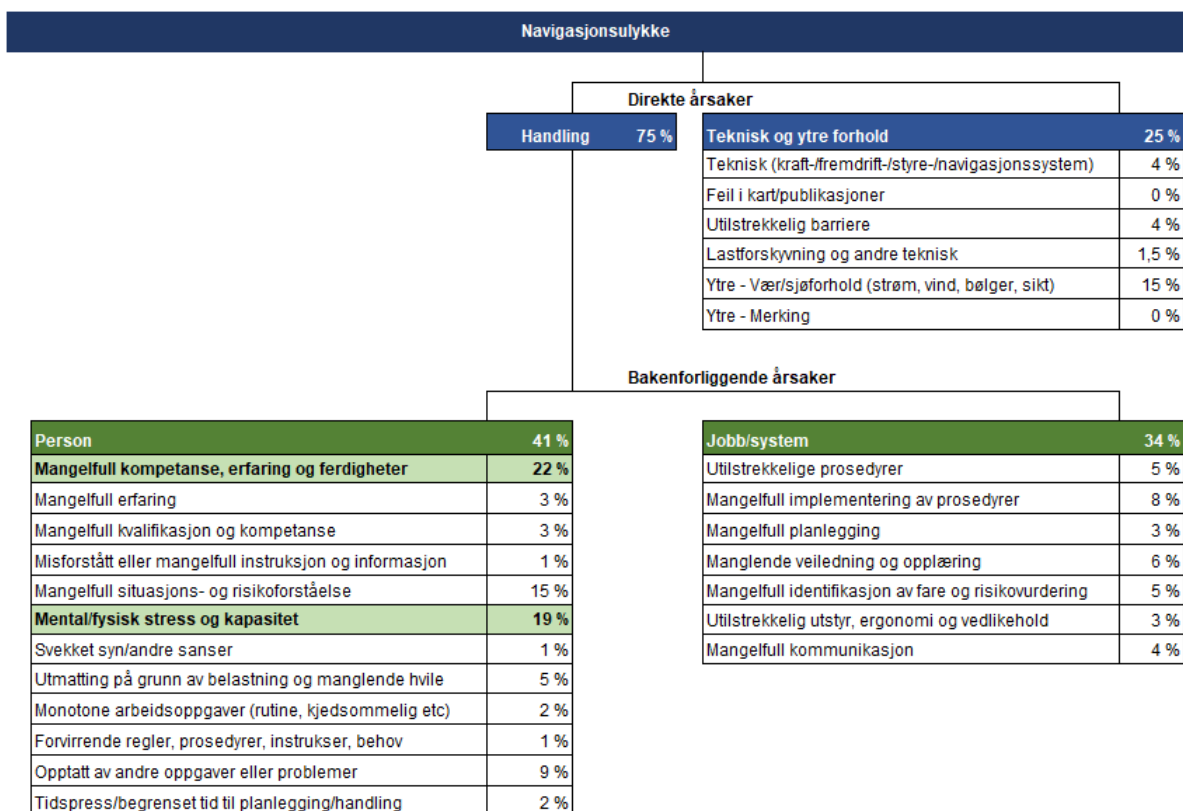
Noen av de viktige effektene av farledsbevis er oppsummert under:

- Kunnskap om farvannet, både gjennom dokumentert seilingserfaring og farledsbevisprøve.
- Under farledbevisprøven skal kandidatene blant annet kunne:
 - Gjennomføre en sikker seilas uten å kontinuerlig observere seilassen på ECDIS
 - Observere sin seilas på ECDIS
 - Sikker navigering (blant annet; plassere seg riktig, bruke referanser, lokalisere og bruke navigasjonsmerker, kjenne til dybder/grunner og strømforhold, identifisere RACON fyr, vise god kunnskap om praktisk radarbruk og kunne lokalisere visuelle merker og ta ut posisjon ved hjelp av radar
 - Teoretisk gjøre rede for nødvendig kunnskap om tilstøtende farvann som fremgår av søknaden og som ikke dekkes av prøvestrekningen.

Som listet ovenfor er det mye av erfaringen og kunnskapen i en farledsbevisprøve som relateres til årsaksforhold som angår grunnstøting. Men, det er også elementer som angår kollisjon, eksempelvis med riktig plassering i farleden og kommunikasjon, samt å kunne identifisere områder med mye kryssende trafikk.

4.4.3 Virkning på årsaksforhold

Det er gjort en forenklet kvalitativ analyse ved å se på hvilke årsaksforhold som farledsbevis kan påvirke ved å benytte årsaksmodellen, slik presentert i kapittel 3.2, og gjengitt i Figur 4-7. Vi har her valgt å bruke årsaksmodellen for navigasjonsulykker hvor det er benyttet farledsbevis.



Figur 4-7 Forenklet årsaksmodell for navigasjonsulykker hvor det er benyttet farledsbevis.

Basert på den kvalitative beskrivelsen av risikoreduksjon i forrige kapittel, får vi at farledsbevis kan påvirke følgende vesentlige årsaker til navigasjonsulykker:

- Mangelfull erfaring
- Mangelfull kvalifikasjon og kompetanse
- Mangelfull situasjons- og risikoforståelse, gjennom erfaring med spesifikke lokasjoner/farvann.

For seilaser med los anses følgende å komme i tillegg:

- Ytterligere kompetanse (losleksa og farvannskjennskap som losene har, i tillegg til oppdaterte kart)
- Losen kommer inn som ekstra ressurs på broen, så lenge andre i brobesetninger opprettholder sin tilstedeværelse og plikter, og kan påvirke mental/fysisk stress og kapasitet.
- Mangelfull identifikasjon av fare og risikovurdering
- Mangelfull kommunikasjon

4.4.4 Analyse av ulykkeshyppighet for seilaser med los og farledsbevis i norske farvann

Analysen er utført av Kystverket som del av Sjøsikkerhetsanalysen. DNV har vært med på validering av analysemetodikken. Grunnlaget for beregning av effekter i denne analysen er antagelsen om at mengden utseilt distanse mellom hver grunnstøting gir effektestimater. Analysen bruker utelukkende ulykkesdata for lasteskip, men her inngår også offshoreskip og arbeidsfartøy. Fiskefartøy, passasjerskip og fritidsbåter er dermed utelatt. Ulykkesdataene er hentet fra SDU, hvor det er spesifisert felt om losplikt, herunder om det var los eller farledsbevis involvert i ulykken.

Resultatene under er hentet fra Kystverkets dokument «Virkning av Los og Farledsbevis - Kvantitativ effektanalyse» [17]. For detaljert beskrivelse av datagrunnlag, metodikken og validering henviser vi til nevnte dokument.

Tabell 4-4 viser resultatet av analysen. Den risikoreduserende effekten av los på grunnstøting er beregnet til å være 29 %, mens den risikoreduserende effekten av los sammenlignet med farledsbevis er 21 %.

Tabell 4-4 Risikoreduserende effekt av los på grunnstøting [17].

Virkemiddel	Risikoreduserende effekt	Risikoøkning ved bortfall
Los i forhold til referanse	29 %	41 %
Farledsbevisordning i forhold til referanse	11 %	12 %
Los i forhold til farledsbevis	21 %	26 %

4.4.5 Litteraturstudie

Metoden som Kystverket brukte for å finne risikoreduserende effekt av los ved å beregne hyppighet av ulykker, ser vi også er brukt i andre studier. Felles for denne tilnærmingen er estimeringen av ulykkeshyppighet, som presenterer antall forventende hendelser per eksponeringsenhet. Denne eksponeringsenheten kan eksempelvis være mengden utseilt distanse, antall seilaser/anløp/oppdrag, eller antall operasjonstimer.

Denne litteraturstudien presenterer først studier som har benyttet nevnte metode, og deretter andre studier hvor det ikke har vært mulig å identifisere hvilken metodikk som er brukt. Vi har likevel indikasjoner på at sistnevnte studier ofte er basert på litteraturgjennomgang og/eller ekspertvurderinger.

Det må også nevnes at i DNVs tidligere rapport for Losutvalget ble den prosentvise reduksjonen for grunnstøting og kollisjon ved innføring av lostjeneste vurdert til å variere mellom 10 og 50 % [18]. Dette intervallet var basert på tidligere rapporter utført av DNV for Kystverket, tekniske forskningsrapporter, og andre studier. I en risikoanalyse utført av DNV i 1999, for Australske myndigheter, brukes en risikoreduserende effekt av los for grunnstøtinger på 51 % [21].

Beregning av effekt med bruk av ulykkeshyppighet og eksponeringsdata

Studiene gjengitt under beregner ulykkeshyppigheten for ulykker med og uten los. Dette baseres på databaser med registrerte ulykker og en valgt eksponeringsenhet, oftest gitt som distanse eller tid.

Park H.G et.al. (2019) – Ulykkeshyppighet med bruk av los i Korea

Formålet med studien var å analysere ulykker med los, og vurdere ulykkeshyppigheten for ulike aldersgrupper av los [14]. Dette skulle brukes som bakgrunnsmateriale for en pågående diskusjon i Korea rundt mulig heving av pensjonsalderen for loser. Etter å ha samlet inn data for perioden 2004 til 2013, fremla studien to beregninger av sannsynligheten for ulykker med los; den første på grunnlag av antall losoppdrag og den andre basert på antall timer med losoppdrag.

Det ble funnet en ulykkesansynlighet på 0,004 % for los-seilaser, dvs. en skipsulykke for hvert 25 000 losoppdrag. Ulykkesfrekvensen per time losoppdrag ble beregnet til $3,1E-5$. Analysen har ikke vurdert ulykkeshyppigheten for ulykker uten los. En eventuell tilnærming mot farledsbevis kan derfor ikke gjøres.

Taýan (2019) og Gursoy (2019) – Sammenligning av ulykker med og uten los i Tyrkia

I en masteroppgave fra 2019 ble effekten av los vurdert for farvannet ved Istanbul¹⁵. Vi har ikke hatt tilgang til masteroppgaven, men har gjengitt resultatet basert på en presentasjon holdt på et IMPA-seminar i 2022 [13]. Oppgaven så på antall ulykker, med og uten los, som hadde inntruffet i perioden 2004-2019. Deretter sammenlignet de antallet ulykker med eksponeringsdata i form av antall seilaser over samme tidsperiode [11]. Data for ulykker var hentet fra en annen masteroppgave (Gursoy, 2019¹⁶). Datasettet for ulykker med los inkluderte tre skipskollisjoner og ni grunnstøtinger. Datasettet for ulykker uten los inkluderte 47 skipskollisjoner og 64 grunnstøtinger [12]. Flesteparten av de registrerte seilasene var med fartøy under 150m.

Basert på dataene for ulykker med fartøy under 150m konkluderte oppgaven med at seilaser med los hadde en ulykkesrisiko som var 59 ganger lavere enn seilaser uten los. Dette var basert på en beregning av sannsynligheten for ulykke på 0,00102 % for seilaser med los, mens seilaser uten los ble beregnet til 0,060004 % [13]. Dette tilsvarer en reduksjon på omtrent 98 %.

DNV har ikke hatt mulighet til å validere data eller metodikk som er brukt i analysen. Skal man tro analyseresultatet har bruken av los i dette farvannet hatt en betydelig påvirkning på å redusere ulykkesrisikoen for grunnstøting og kollisjon.

TEMS (2020) – Sammenligning av ulykker med og uten los i Danmark og USA

Transport Economics and Management Systems Inc. (TEMS) utførte i 2020 en kostnytte-studie av effekten av los¹⁷. Ulykker fra Danmark og USA ble brukt som grunnlag for analysen. For Danmark ble det brukt navigasjonsulykker i rutesystemet som dekker farvannet fra Skagen og ned til Storebælt. 67 seilaser uten los, med et snitt på 6,3 registrerte ulykker¹⁸, ble sammenlignet med 1 743 seilaser med los, hvor det ikke var registrert noen ulykker.

For USA ble grunnstøtinger med tankskip i Puget-fjorden analysert¹⁹. Av 20 000 seilaser med los ble det funnet 28 grunnstøtinger, og i disse hendelsene ble det ikke benyttet slepebåt/eskorte-assistanse. Med bruk av slepebåt/eskorte-assistanse var det ikke registrert noen ulykker med los. Studien konkluderte med at seilaser med los hadde en ulykkesrisiko som var 44 ganger lavere enn seilaser uten los.

Siden analysen fra USA kun inneholder seilaser med tankskip og los, kan den ikke brukes til å gjøre en generell sammenligning mellom los og farledsbevis. Analysen av ulykkesdata fra Danmark er svært skjevfordelt, da eksponeringsdata for antall seilaser inneholder hovedsakelig seilaser med los (96 %). Det fantes heller ingen data for ulykker med los. Kysten av Danmark er også vesentlig forskjellig fra norske farvann, hvor vi i Norge har en stor andel av skipstrafikken som seiler innaskjærs.

Analysen gir indikasjon på en betydelig risikoreduksjon ved bruk av los. Selve tallfestingen av den prosentvise effekten anser vi derimot ikke å ha tilstrekkelig grad av pålitelighet eller validitet til å kunne bli brukt som kilde for Sjøsikkerhetsanalysen. Ulykkesbildet for tankskip med los er også relativt likt det vi har i norske farvann, hvor det heller ikke har vært store navigasjonsulykker med tankskip som bruker los og eskorteåbåt, med unntak av kollisjonshendelsen med Helge Ingstad.

¹⁵ TAÝAN (2019) Ship Transitions from Turkish Straits and Analysis of Transition Times

¹⁶ Gursoy (2019) Analysis of Ships' Accidents and Defects at Istanbul Strait, Master's Thesis

¹⁷ Quantifying the Value of Maritime Pilotage

¹⁸ Ukjent enhet

¹⁹ Området grenser til Canada, og ofte blir Canada også referert til for denne studien.

Andre studier

I dette avsnittet gjengis effekten av los fra andre studier hvor det er mer uklart hvilken metode som er brukt. Flere rapporter og studier belyser temaet, og gir indikasjon på at innføring av lostjenesten i farvann med høy risiko vil ha en betydelig risikoreducerende effekt.

Lentz A. & Kroon I. B. (2009) – Risikoreducerende effekt av los på ulykker i Tyrkia

Ifølge rapporten av Lentz A. and Kroon I. B, ble bruk av los vurdert til å gi en risikoreduksjon for grunnstøting på 10-55 %, samt en risikoreduksjon for kollisjon på 8-52 % [19]. Dette var estimater for øvre og nedre grenser, og som vi ser gir det relativt store spenn. Rapporten indikerer også at effekten av lostjenesten vil variere fra farled til farled. Risikobildet i farleder vil variere, og derfor vil også effekten av lostjenesten variere [19].

Rusli (2011) – Effekten av innføring av losplikt for seilaser i Torres Strait

Beskrivelser av analysen og funn er gjengitt basert på DNVs rapport for Losutvalget. Torres Strait er sundet mellom det nordøstlige Australia og sørlige New Guinea. Det er et utfordrende område å navigere i, og det er definert som et spesielt sensitivt sjøområde. Australia innførte losplikt i 2005. I rapporten av Rusli (2011)²⁰ ble innføringen av losplikt kommentert som effektiv, samt at tiltaket kunne redusere risikoen for ulykker. Studien påpekte at innføring av los kunne redusere risikoen for grunnstøting i Torres Strait med 45 %, og risikoen for kollisjon med 57 %. Videre ble det konkludert med at innføring av los kunne føre til en reduksjon for grunnstøting med 54 % og kollisjon med 67 % i the Prince of Wales Channel [18].

Gucma L. & Azuga K. (2020) – Kostnytteanalyse for farled i Polen

L. Gućma & K. Azuga publiserte en vitenskapelig artikkel om effekten av los i journalen TransNav i 2020²¹. Studien utførte ikke egne beregninger av effekten av los, men det ble brukt gjennomsnittlige verdier basert på tidligere arbeider av Ozsoysal R. & Ozsoysal A. O. (2006), Lentz A. & Kroon I. B. (2010) og White M. (2000). Verdiene ble brukt i en kostnytte-evaluering som vurderte innføring av los på farleden Swinoujcie-Szczecin i Polen. Følgende prosentverdier ble brukt for risikoreduksjonen som følge av los på navigasjonssikkerhet [9]:

- Grunnstøting: 60 %
- Kollisjon: 55 %

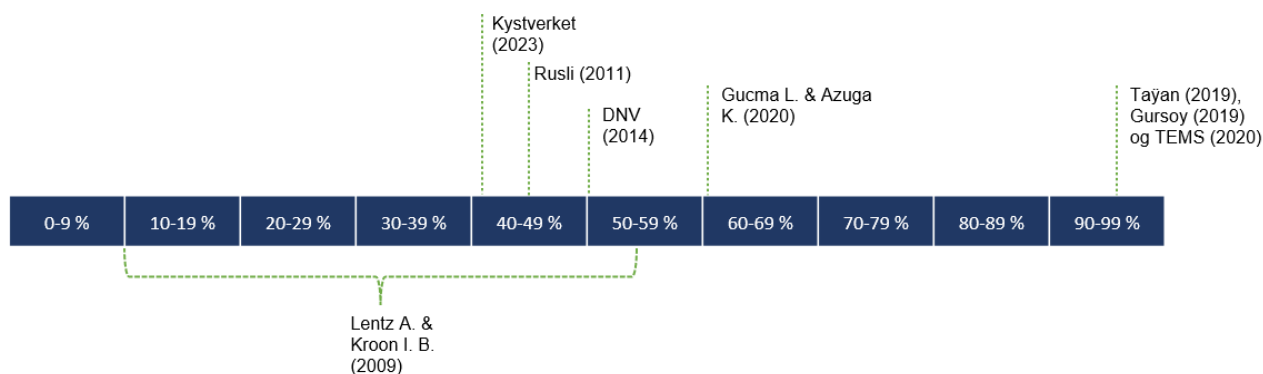
Studien utførte også en litteraturgjennomgang som omfattet andre studier fra 1970 til 2012. Der ble det funnet en risikoreduksjon på grunnstøting i området 50-80 %, og kollisjon i området 25-60 % [9]. I en rapport fra prosjektet Be-Aware (BRisk) er det også referert til studien av Lentz & Kroon (2010), hvor effekten av los ble estimert til 33 % [15].

²⁰ The application of compulsory pilotage in straits used for international navigation: A study of the straits of Malacca and Singapore

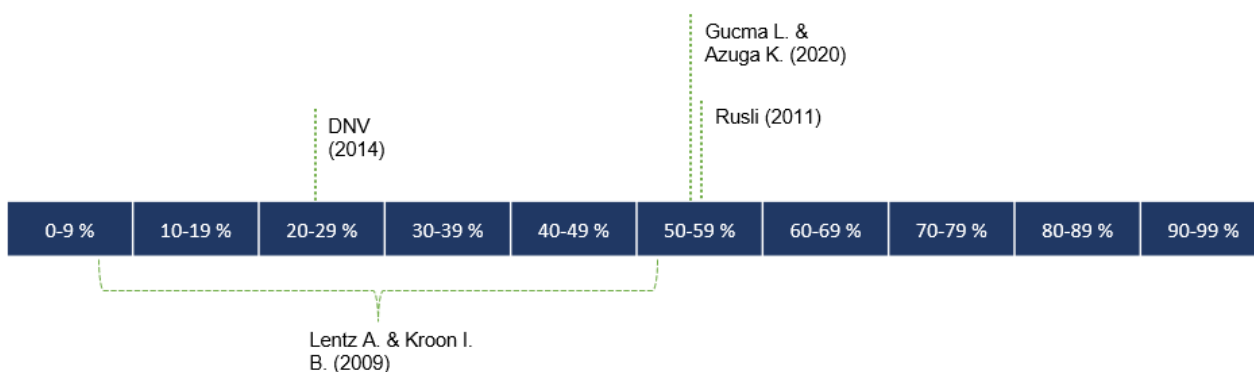
²¹ Analysis of the Impact of Exemption from Pilotage for 75m and 90m Long Vessels on the Fairway Swinoujcie-Szczecin

Oppsummering

Figur 4-8 og Figur 4-9 oppsummerer litteraturstudien gjennom en visuell fremstilling, for estimert effekt av los på grunnstøting og kollisjon. I figurene er hver studie plassert i tilhørende effekt-kategori. Som vi ser spenner estimatet på risikoreducerende effekt av los på grunnstøting fra 10 til 98 %, mens flesteparten av studiene er samlet rundt 40-60 %. For kollisjon er spennet snevret noe inn, og strekker seg fra 8 til 57 %.



Figur 4-8 Oppsummering av litteraturstudien for effekten av los på grunnstøting, fremstilt visuelt. Figuren viser hvilket estimat som er gitt for prosentvis reduksjon i antall ulykker.



Figur 4-9 Oppsummering av litteraturstudien for effekten av los på kollisjon, fremstilt visuelt. Figuren viser hvilket estimat som er gitt for prosentvis reduksjon i antall ulykker.

4.4.6 Konklusjon

Vi mener at studien utført av Kystverket i 2023 har den mest pålitelige, troverdige og relevante beregningen for effekten av los og farledsbevis. Studien beregnet en reducerende effekt for grunnstøtingshyppighet for los på 29 % og farledsbevis på 11 %. I Sjøsikkerhetsanalysen 2014 ble det brukt et estimat for los på 50 %, basert på litteraturgjennomgang. Det gir en reduksjon i effektestimater sammenlignet med forrige sjøsikkerhetsanalyse, men vi har nå mer pålitelige og validerte data som kan begrunne at effekten av los ligger i denne størrelsesorden. Det betyr ikke at effekten av los har blitt dårligere, men en har derimot fått mer troverdig og relevante data og redusert usikkerhet. Det må også nevnes at 29 % fortsatt er en signifikant risikoreducerende effekt. I denne sjøsikkerhetsanalysen er det ingen andre tiltak innenfor Kystverkets portefølje som har en høyere effekt på grunnstøting, enn los.

Generelt ser vi av litteraturgjennomgangen at risikoreduksjonen av los på kollisjoner estimeres lavere enn grunnstøting, selv om enkelte studier går i motsatt retning. Dette forklares hovedsakelig med at årsaksforholdene i kollisjonsulykker også består av en ekstern part, altså det andre skipet. Den eneste måten losen kan påvirke det andre skipet er gjennom

kommunikasjon, ved bruk av radio, visuelt og lyd, i tillegg til plassering. I Sjøsikkerhetsanalysen 2014 ble det brukt et estimat på 25 % for effekten på kollisjon, altså det halve av effekten på grunnstøting. Det er ingen nyere studier som er såpass troverdige og relevante at det gir grunnlag for å endre denne antagelsen. Vi ender derfor opp med et nytt estimat på kollisjon på 15 %, dvs. det halve sammenlignet med effekten på grunnstøting.

For effekten av los har vi ikke satt noen nedre og øvre verdi, kun beregnet effekt. Spennet her vil potensielt kunne bli veldig stort. Effekten av los vil være avhengig av farvannets beskaffenhet, fartøyets størrelse og manøvreringsegenskaper, samt hvor god samhandlingen er mellom losen og brobesetning. Betydningen av å ha en ekstra navigatør på broen er også en del av den risikoreducerende effekten. Det er også vesentlig å skille mellom hva vi faktisk sammenligner med når vi drøfter effekten av los. Det kan være alt fra kapteiner på store oljetankskip eller cruiseskip, som aldri eller sjelden har vært i farvannet, til kapteiner og styrmenn som frekventerer farvannet jevnlig. Effekten kan derfor i noen tilfeller være både høyere og lavere enn de beregnede snittverdiene som er presentert under.

Tabell 4-5 Reduksjon i ulykkeshyppighet med los.

Ulykkestype	Snittverdi (%)	Nedre verdi %	Øvre verdi %
Grunnstøting under motorkraft	29 %	-	-
Kollisjon (mellom skip)	15 %	-	-

4.5 Sjøtrafikksentraltjenesten (VTS)

4.5.1 Om sjøtrafikksentraltjenesten

Sjøtrafikksentraltjenesten (Vessel Traffic Service - VTS) er en internasjonalt standardisert tjeneste som bidrar til sikker og effektiv navigasjon og vern om miljøet i kystsonen. VTS bidrar til å redusere risiko ved å identifisere situasjoner som avviker fra normalseilas og avverge at de fører til ulykker, herunder:

- Støtte den nautiske beslutningsprosessen om bord ved å gi tidsriktig og relevant informasjon om forhold som kan påvirke et fartøys seilas, inkludert informasjon om:
 - Posisjon, identitet, intensjon og bevegelser til fartøy
 - Værvarsler og varsler om fare for navigasjon eller ferdsel
 - Begrensninger eller aktiviteter i farleden som kan påvirke seilassen
 - Retningslinjer for rapportering
- Overvåke og organisere skipstrafikk for å ivareta en trygg og effektiv trafikkflyt, inkludert:
 - Tidlig planlegging av fartøysbevegelser
 - Organisering av fartøy underveis, herunder passeringsrekkefølge
 - Utsteding av seilingsklareringer og seilingsplaner
 - Anbefalinger om rutevalg
 - Håndheving av seilingsregler
- Reagere på situasjoner som avviker fra normalseilas, inkludert:
 - Fartøy usikre på egen rute eller posisjon
 - Fartøy som avviker fra rute eller seilingsplan

- Fartøy med behov for navigasjonsveiledning
- Fartøy med feil på navigasjonsutrustning
- Ekstreme værforhold (lav sikt, sterk vind)
- Fare for grunnstøting eller kollisjon
- Iverksette tiltak ved hendelser og ulykker

VTS samhandler med fartøy gjennom å gi informasjon og ved å utstede anbefalinger, advarsler og instruksjon som ansett nødvendig.

4.5.2 Kvalitativ beskrivelse av risikoreduksjon

I arbeidsmøte på Gardermoen i 2022, med representanter fra ulike tjenesteområder i Kystverket og navigatører, ble det påpekt at VTS har en god effekt på forebygging av skipskollisjoner [32]. Dette følger av sentralenes overvåking og organisering av skipstrafikk som inngår som er del av den helhetlige sjøtrafikksentraltjenesten. Formålet med trafikkorganisering er å bidra til sikker og effektiv trafikkavvikling, og hindre at det oppstår for stor trafikk tetthet eller farlige situasjoner i sjøtrafikksentralområder. I 2022 ble det utført 433 326 seilingsklaringer og det utføres rundt 8 000 inngrep årlig for å avklare trafikk situasjoner. Losutvalget beskrev også dette i rapport fra 2013, hvor det blir beskrevet at VTS koordinerer trafikken for å unngå trafikk tetthet og kritiske situasjoner. Fartøy må be om tillatelse før innseiling til en sjøtrafikksentral virkeområde og ved avgang fra ankringsplass og kai [32]. Sjøtrafikksentralenes viktigste redskap er den direkte kommunikasjonen med fartøyene som per i dag skjer på VHF-radio. Videre har sentralene en rekke sensorer for å få en god oversikt over trafikken, der radar benyttes i kritiske områder. I tillegg benyttes informasjon fra AIS, kamera og meteorologiske målestasjoner. Dette gir trafikklederne et øyeblikksbilde av trafikken i sentralens område.

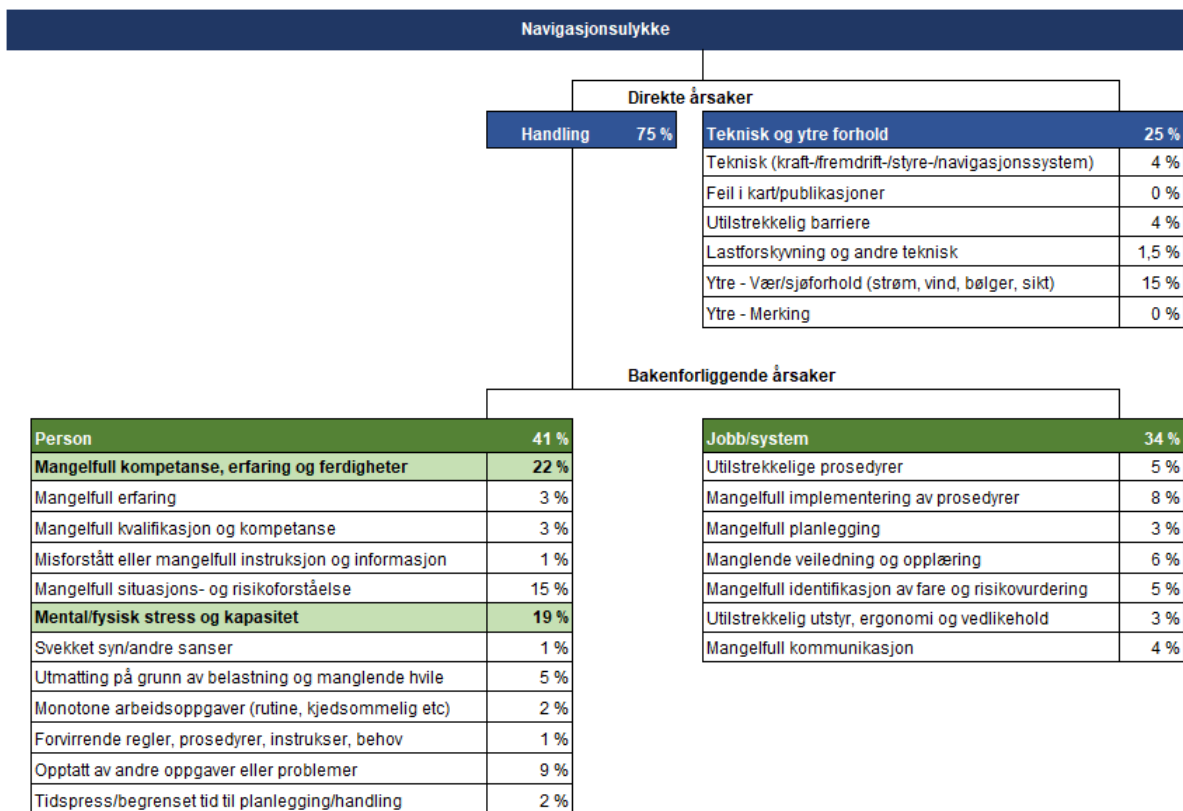
VTS griper også inn ved navigasjonsmessige avvik fra normalseilas (eksempelvis korrigerende av feil kurs), samt gir umiddelbart pålegg om slepebåt ved tekniske problemer (feil på fremdriftsmaskineri.). VTS har moderne overvåkingssystemer med støttefunksjoner/tekniske barrierer som «approach» og «grounding»-alarmer for å unngå potensielle grunnstøtinger, samt alarmer på lav-hastighet (potensiell drivende grunnstøting og behov for slepebåt) og dregging (fartøy som mister ankerfeste). Dersom et fartøy avviker fra oppgitt seilingsrute eller navigerer på en uregelmessig måte, kan trafikklederne kontakte fartøyet og avklare situasjonen [32]. Forhold som imidlertid kan påvirke risikoreduksjonen knyttet til navigasjonsavvik er:

- Sannsynligheten for at trafikklederen oppnår kontakt med fartøyet. Denne sannsynligheten anslår vi å være relativt høy, men i de tilfeller hvor navigatør har sovnet eller ikke lytter på VHF, er det ikke sikkert en oppnår oppmerksomhet tidsnok. Det finnes funksjonalitet for at trafikkleder på VTS kan sette av DSC²² alarm på bro, men at dette ikke er brukt hyppig nok av sentralene frem til i dag. I flere av hendelsene i loggen til sentralene skjer det at de kaller opp, men får ikke svar eller at fartøyet først svarer på andre oppkall.
- Enkelte navigatører ombord på fartøyet vil bruke tid på å orientere seg, skaffe situasjonsforståelse, og innse at fartøyet er på feil kurs. Det må også være tid og manøvreringsrom nok til enten å komme seg ut av et eventuelt grunt eller trangt område, stoppe opp, redusere hastighet eller foreta u-sving/turn. Trafikkleder kan imidlertid instruere fartøy til eksempelvis å «komme hardt babord». Dette gjør at en reduserer eller fjerner behov/tidsbruk for å orientere seg. Dette er gitt at besetningen på fartøyet gjør som trafikklederen sier.
- En viktig forutsetning for at VTS skal ha mulighet til å identifisere og avklare situasjoner i trange farvann, er at en har tilstrekkelig med tid.

²² Digital selective calling

4.5.3 Virkning på årsaksforhold

Det er gjort en forenklet kvalitativ analyse ved å se på hvilke årsaksforhold som VTS kan påvirke ved å benytte årsaksmodellen, slik presentert i kapittel 3.2, og gjengitt i Figur 4-10. Vi har her valgt å bruke årsaksmodellen for navigasjonsulykker hvor det er benyttet farledsbevis.



Figur 4-10 Forenklet årsaksmodell for navigasjonsulykker hvor det er benyttet farledsbevis.

Basert på den kvalitative beskrivelsen av risikoreduksjon i forrige kapittel, får vi at VTS kan påvirke følgende vesentlige årsaker til navigasjonsulykker:

- Mangelfull situasjons—og risikoforståelse (gjennom å overvåke og organisere skipstrafikk, samt støtte den nautiske beslutningsprosessen ombord ved å gi tidsriktig og relevant informasjon)
- Mangelfull identifikasjon av fare og risikovurdering (overvåke og organisere skipstrafikk)
- Mental/fysisk stress og kapasitet (gjennom nautisk støtte og detektere avvik fra normal seilas der navigatør har sovnet på vakt, gitt at det er tilstrekkelig tid/distanse til farer)

Særlig mangelfull situasjons—og risikoforståelse er en stor bidragsyter til navigasjonsulykker, hvor hele 15 % av ulykkene har forhold hvor denne årsaken er medvirkende.

4.5.4 Analyse av inngripener fra VTS

I denne analysen er det sett på registrerte hendelser der VTS har grepet inn i farlige situasjoner. I flere av disse hendelsene er det ikke vanskelig å tenke seg til at situasjonen kunne endt annerledes dersom trafikkleder ikke hadde grepet inn. I 2022 registrerte Kystverket 26 uønskede hendelser med høy fare-kategori, dvs. fare for kollisjon eller grunnstøting uten inngrep fra VTS [42]. I forrige sjøsikkerhetsanalyse kommenterte trafikksentralsjefen ved Kvitsøy

sjøtrafikksentral at en stor andel av avvergensene som gjelder feilnavigering potensielt kunne ført til ulykker med lignende utslippsmengder som de vi har sett fra ulykkene med Godafoss, Full City og Green Ålesund [41].

For enkelte hendelser er det helt tydelig at en ulykke hadde skjedd, men for andre hendelser er det imidlertid tolkningsrom for at fartøyet selv potensielt kunne oppdaget situasjonen, gitt tilstrekkelig tid. Å identifisere det konkrete antall hendelser som med 100 % sannsynlighet ville endt i enten grunnstøting eller kollisjon er derfor vanskelig. Av det vi kan se av hendelsesloggen er det i alle fall to hendelser i snitt hvert år som med stor sannsynlighet ville endt i en grunnstøting eller kollisjon.

Eksempler på hendelser som antyder at VTS har hatt en avgjørende rolle for å unngå en ulykke er gjengitt under [42]. Hendelsene er anonymisert.

- 2022: Lasteskipet på rundt 90m blir observert av VTS da de stevner mot 3m. grunne, Rolsboen, NØ av Urter. Fartøyet bli kontaktet på VHF og gjort oppmerksom på dette, endrer umiddelbart kurs til babord til rent farvann.
- 2021: Lasteskipet (45m) var nordgående på Sletta og stevnet mot indre Bloksen. VTS anropte fartøyet som umiddelbart endret kurs hardt styrbord På broen pågikk navigasjonsopplæring av kadett.
- 2021: Lasteskipet på rundt 90m var nordgående fra Tau til Vestnes. Fartøyet stevnet mot Bukkøya fyrlykt og trafikkleder anropte fartøyet som umiddelbart la roret kraftig STB. De var kun få minutter fra landkjenning.
- 2020: Lasteskipet på 65 m kurset mot Bjørnaflu vest av Randaberg. Trafikksentralen ble oppmerksom på dette og kalte opp fartøyet som gikk babord for å unngå grunnstøting.
- 2019: Lasteskip på rundt 90 m ble kalt opp av VTS etter «approach» alarm hos trafikkleder. Fartøyet lå for langt til øst i farvannet. VTS ber fartøyet om å svinge til styrbord. Fartøyet viste tegn på usikkerhet og fortsatte sin seilas. VTS anropte igjen fartøyet og ber dem stoppe på grunn av grunt farvann forut. Fartøyet var da 370 m (0,2 nm) fra grunner. Fartøyet stoppet når de var ved grunt farvann. Med hjelp fra VTS kom de ut fra det grunne farvannet.

Kystverket fører også statistikk på hendelser som inntreffer innenfor tjenesteområdene. I 2002 var det registrert 10 hendelser, herav syv grunnstøtinger, en kollisjon og to sammenstøt med fast installasjon [42].

4.5.5 Analyse av ulykker før og etter implementering av VTS i Horten-, Fedje- og Kvitsøy

I denne delen har vi undersøkt om det er mulig å se noen effekt av implementering av VTS i norske farvann på antallet kollisjonsulykker før og etter implementeringsåret. En tilsvarende analyse ble gjort i Sjøsikkerhetsanalysen 2014, men det ble konkludert med at datamaterialet ikke hadde tilstrekkelig grad av pålitelighet og validitet.

Av de foregående analysene av AIS, ECDIS og brovaktalarm vet vi at kvantifiseringen av ulykker før og etter er påvirket av generelle ulykkestrender, samt implementering av andre tiltak under samme tidsperiode. Det samme ser vi for denne oppdaterte analysen for VTS, og vi har valgt å henvise til vedlegg A for nærmere detaljer rundt analysen og datamateriale. Hovedfunnene er imidlertid presentert i neste avsnitt under.

Funn

Oppsummert viser analysen at ved å benytte snittene 10 år før og 10 år etter innføringsåret, får Horten (etablert i 1999) og Fedje sjøtrafikksentral (etablert i 1992) en reduksjon i antall ulykker på rundt 50 %, mens Kvitsøy (etablert i 2003) får en økning i antall ulykker på rundt 9 %.

Pålitelighet og validitet

Som nevnt i beskrivelsene av datainnsamlingen har det ikke vært mulig å benytte alvorlige ulykker, da antallet alvorlige ulykker innenfor hver sjøtrafikksentrals tjenesteområde har vært for lavt. DNV-rapport 2021-1262 «Statistikk over navigasjonsulykker med fartøy i norske farvann» drøfter påliteligheten på dataene for registrerte ulykker, herunder de mindre alvorlige navigasjonsulykkene, som har vært, og som fortsatt er dominerende, og i stor grad er styrende for utviklingen i totale antall navigasjonsulykker. Det ble konkludert med at det er stor usikkerhet i om de store svingningene, eksempelvis den relativt store økningen vi ser fra rundt 2005, skyldes faktisk økt ulykkeshyppighet eller om årsaken kan tilskrives bedre innrapportering av ulykker. I periodene med store økninger i registrerte ulykker har Sjøfartsdirektoratet kommentert utad at registreringen kan ha bli påvirket av økt fokus på rapportering. De har gjennomført flere tiltak som kan tenkes å øke rapporteringsgraden, eksempelvis pro-aktiv ulykkesoppfølging, styrket og utvidet teamet som jobber med ulykkesoppfølging, og generelt hatt økt fokus på å informere om melde- og rapporteringsplikten i ulike fora.

Resultater viser stor variasjon i endringen i ulykker for VTS på Kvitsøy, sammenlignet med sentralene på Fedje og i Horten. Sentralene i Horten og på Fedje ble imidlertid innført når vi hadde en generell nedadgående trend i antall ulykker (også nasjonalt), mens Kvitsøy ble innført senere (2000-tallet) i en periode hvor det ble registrert en generell økning i antall ulykker i SDU. Dette er en indikasjon på at dataene kan være påvirket av endringer i rapporteringsgraden for ulykker generelt i Norge. Påliteligheten til disse dataene anses derfor å være usikre. Vi må bemerke her at det er de store svingningen i antall registrerte ulykker som er bakgrunnen for usikkerheten, og ikke det generelle nivået på grunnstøtinger og kollisjoner i norske farvann, som har vært relativt stabilt de siste årene. Vi noterer også at det er generelt få ulykker i tjenesteområdene hvert år, noe som gjør at hver enkelt ulykke kan føre til større endringer i statistikken. Det må også påpekes at analysen ikke hensyntar eventuelle endring i trafikkvolumer av mangel på AIS-data, ettersom det landbaserte nettverket av AIS basestasjoner i Norge først ble etablert i 2005.

At tilsvarende sjøtrafikksentraler med samme tjenesteportefølje skal få såpass store variasjoner er ikke troverdig. Det er heller ikke troverdig at innføring av en sjøtrafikksentraltjeneste gir økt ulykkesrisiko. En mulig økt grad av innrapporteringer, dvs. reduksjon i underrapportering, ble påpekt i forrige avsnitt. Når en analyser over flere 10-årsperioder risikerer en også at eventuelle effekter blir påvirket av ytre forhold (eksempelvis generelle ulykkestrender), samt innføring av andre tiltak eller økt modenhet i industrien. Slutten av 1990-tallet og starten av 2000-tallet var en periode der flere sjøsikkerhetstiltak ble gjennomført og fikk virkning.

Kystverket bemerker også at innføring av VTS medfører økt rapportering av ulykker. De har også erfart at selv mindre endringer i rapporteringsrutiner på sentralene kan gi utslag på antall rapporterte hendelser. Ved slike tilfeller kommenterer Kystverket at endringer i antall hendelser ikke skyldes faktiske endringer ved skipstrafikken, men endringer i rapporteringsrutiner.

Resultatene fra metoden er beholdt i denne rapporten for å dokumentere analysen som er gjort, men det er ikke mulig å benytte dette resultatet alene til å estimere noen isolert effekt av VTS. Det ble også laget en samlet analyse av alle trafikkentralområdene (Vedlegg A), men også denne analysen har de samme utfordringene som for hver enkelt VTS, og samme konklusjon vil derfor gjelde.

4.5.6 Litteraturstudie

I dette kapitlet presenteres resultatet fra litteraturstudien. Studiene er listet kronologisk.

MARCS – Risikomodel (SAFECO prosjektet fra 1999)

I risikomodelen MARCS (Marine Accident Risk Calculation System) som ble utviklet av DNV i UK, og brukt av hovedsakelig av australske og amerikanske myndigheter, benyttes en risikoreduksjon på 20 % for kollisjoner og grunnstøtinger. Datagrunnlaget for effekten er basert på en samlet vurdering av litteraturen, samt en vurdering opp mot de lokale forholdene.

COST-301 (1988) – effekten av VTS i europeiske farvann.

COST-301 var et EU finansiert prosjekt som beregnet effekten av VTS i europeiske farvann. Her ble det brukt spørreskjema for å samle ekspertvurderinger. De beregnede effektene ble vurdert opp mot en basis-case med kun bruk av IMO trafikkregler (COLREG) og annet lovbestemt utstyr ombord. Maksimal effekt av VTS for kollisjoner og grunnstøtinger ble funnet til 55 %. En annen konklusjon var at effekten av tilleggstjenester som NAS og TOS kun gav en marginal økning av effekten (Kemp et al. 1986). I den endelige studierapporten (CEC 1988), ble effekten av radarbaseret-VTS på kollisjoner og grunnstøtinger nedjustert til 40 % [25].

USCG (1991) – Effekten av VTS i amerikanske farvann

En amerikansk studie (USCG 1991) beregnet effekten av VTS i amerikanske farvann ved hjelp av kvalitative evaluering av statistisk analyse og årsaker til ulykker. Det ble her anslått at den maksimale effekten av VTS på kollisjoner er 49 % og grunnstøtinger 39 % [26].

Hooier & Morriën (1997) – Innføring av VTS i Western Scheldt (Nederland)

Den vestlige Schelde-elvemunningen i Nederland inkluderer innseilingene til havnen i Antwerpen. En VTS ble introdusert i 1991. En analyse av data etter at sentralen ble introdusert (Hooier & Morriën 1997) sammenlignet ulykkestall innenfor og utenfor tjeneste-området, og estimerte en risikoreduksjon på 40 % for kollisjoner og 20 % for grunnstøting. Implementeringen av sjøtrafikksentraltjenesten er ikke beskrevet i de tilgjengelige rapportene, men antas å ha vært sporingsradar.

DNV (1999) - Risikoanalyse for australske farvann

I en risikoanalyse utført av DNV i 1999 for australske myndigheter, ble det brukt en reduksjon på 84 % for kollisjoner ved implementering av VTS. For grunnstøtinger ble det brukt 20 % reduksjon. Det er viktig å peke at dette er effekten av VTS i kombinasjon med TSS [21].

SSPA (2012) – VTS i Østersjøen

Flere risikoanalyser som omhandler effekten av VTS i Østersjøen har blitt rapportert (SSPA 2012). Disse er basert på litteraturgjennomgang og ekspertvurderinger, som implisitt indikerer fravær av relevante lokale ulykkesdata. Analysene omfatter [24]:

- En studie av VTS-utvidelse i danske farvann 2002. En risikoreduksjonsfaktor på 0,45 (dvs. 55 % reduksjon) ble brukt for alle typer ulykker.
- En studie av en ny VTS i 2002 i Finskebukta. En risikoreduksjon på 3-11 % for kollisjoner ble brukt for et VHF-basert rapporteringssystem, og 80 % med et radarbasert overvåkingssystem.
- En studie fra 2012 av en ny VTS i svenske farvann. En risikoreduksjon på 30 % for både kollisjon og grunnstøting ble antatt

Be-Aware (2014) – BRisk risikomodell

Risikomodellen i prosjektet Be-Aware (BRisk) benyttes en risikoreduksjon for VTS på 50 % for grunnstøting og kollisjon. Dette er effekten for fartøy som ikke går med los ombord. Med los er derimot den risikoreducerende effekten av VTS på grunnstøting og kollisjon, 5 % [15]. Datagrunnlaget for tallene er imidlertid ikke kjent.

Andre analyser i norske farvann

I kost-/nytteanalysene som ble utarbeidet før etableringen av enkelte trafikksentralene i Norge ble effekten av VTS tallfestet i forhold til forventet nedgang i antall ulykker, og med påfølgende samfunnsmessige kostnadsreduksjoner. I en rapport fra Asplan Viak i 1994 ble en trafikksentral for Rogaland beregnet å ha en forventet ulykkesreducerende effekt på mellom 10 og 30 % i områdene som skulle inngå i ansvarsområdet [28]. Trafikksentralen for Oslofjorden ble anslått å potensielt kunne redusere skipsulykker med 25-30 % for sitt område [29]. I en TØI-rapport fra 2003 ble en trafikksentral for Nord-Norge beregnet å ha en forventet ulykkesreducerende effekt på 10-25 % [30]. Det antas at effektestimatene er basert på litteraturgjennomgang og/eller ekspertvurderinger.

Valderhaug & Ski (2018) - Sjøtrafikksentraler og overvåkingsevne

Opgaven vurderer i hvilken grad den teknologiske modernisering innen sjøtrafikksentraltjenesten i norske farvann har bidratt til økt overvåkingsevne. For å svare på denne problemstillingen ble det utformet to spørsmål:

1. Har trafikkleidere på sjøtrafikksentralene erfart at modernisering av overvåkingssystemet har bidratt til økt overvåkingsevne?
2. Kan det dokumenteres at modernisering av overvåkingssystemet ved sjøtrafikksentralen på Kvitsøy har gitt økt overvåkingsevne?

Når det gjelder spørsmål 1 viser tilbakemeldinger fra trafikkleidere i spørreundersøkelsen at et klart flertall har erfart at moderniseringen av overvåkingssystemet har bidratt til økt overvåkingsevne. Erfaringene til trafikkleiderne viser dog at det nye overvåkingssystemet har mangler ved de automatiske varslingsfunksjonene. Dette gjør det vanskelig å fastslå i hvor stor grad det nye overvåkingssystemet faktisk har økt sjøtrafikksentralenes overvåkingsevne [57].

Når det gjelder spørsmål 2 viser gjennomgangen av hendelsesrapportene at sjøtrafikksentralen på Kvitsøy har identifisert en høyere andel av hendelser med fare for grunnstøting og kollisjon etter at det nye overvåkingssystemet er tatt i bruk. Den registrerte endringen i antall identifiserte hendelser kan knyttes til alarmfunksjonalitet i det nye systemet. Dette viser at det nye overvåkingssystemet har bidratt til økt overvåkingsevne [57].

Engelschiøn et.al (2019) - Bacheloroppgave fra NTNU om ulykker i norske farvann

Datainnsamling og analyse

I en avsluttende bacheloroppgave fra 2019 for studiet nautikk ved NTNU i Ålesund analyserte Torkelsen, Kuosmanen og Engelschiøn hvorvidt en VTS hadde hatt mulighet til å avverge grunnstøtinger gjennom bruk av dynamisk risikoovervåkingsprogram. Adferdsanalyseverktøyet BEAN, som nå er under utvikling og testing av Kystverket, er et eksempel på et slikt analyseprogram. Ved å analysere AIS-data fra innrapporterte hendelser ble det vurdert om fartøyene avvek fra «normal trafikk» før grunnstøtingen, og deretter om avviket kunne vært varslet tidsnok, dvs. om det hadde vært tilstrekkelig tid for VTS og fartøyet til å avverge grunnstøtingen.

Funn

Oppgaven analyserte 47 grunnstøtinger med nyttefartøy i norske farvann fra perioden 2015-2018. Av disse har analysen kommet frem til at 19 av ulykkene kunne vært varslet og det det hadde vært tilstrekkelig tid til å avverge grunnstøtingen [10]. Dette vil si at 40 % av grunnstøtingene potensielt kunne vært avverget.

Pålitelighet og validitet

Ulykkesdataene er innhentet fra Sjøfartsdirektoratet og AIS-dataene ble tildelt fra Kystverket. Dataene som er brukt i studien er relativt nye, og har i seg selv en høy grad av pålitelighet ettersom de også er nøyte gjennomgått og kvalitetssikret i analysen. Det ble oppgitt at 152 grunnstøtinger utgjorde grunnlaget for analysen, men at man endte opp med 47 hendelser som ble grundig analysert. Resten av hendelsene hadde ikke tilstrekkelig kvalitet på AIS-dataene. Om analysen hadde kommet frem til samme svar ved å bruke andre ulykkeshendelser fra en tidligere eller nyere tidsperiode er vanskelig å si noe om. Det ble antagelig brukt det nyeste og beste datamaterialet en hadde tilgjengelig ettersom oppgaven ble foretatt i 2019, og kvaliteten på AIS-dataene generelt sett blir dårlige jo lenger tilbake i tid en går.

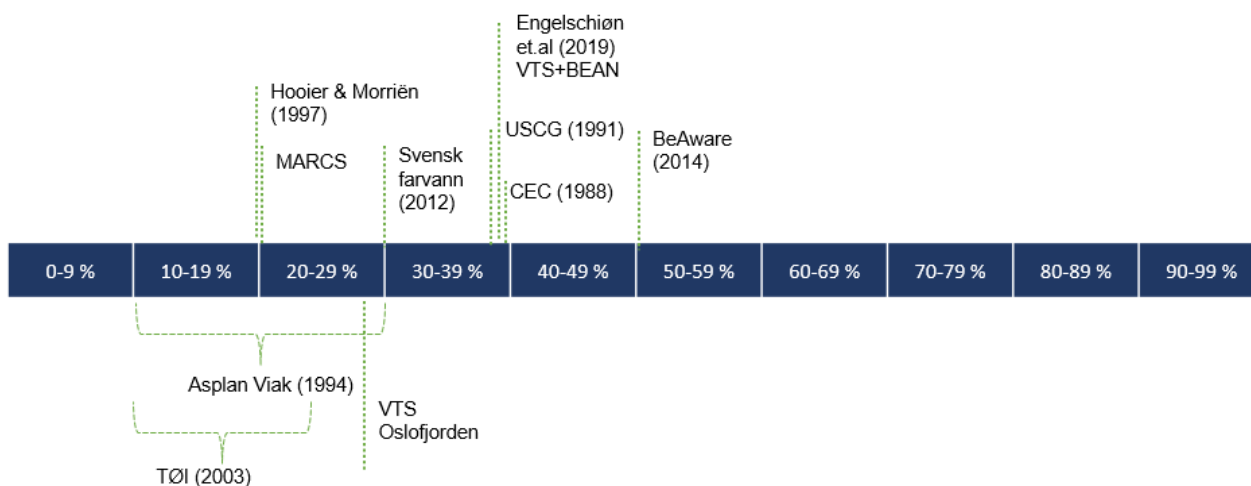
Oppgaven konkluderer med at validiteten er noe redusert ettersom såpass mange hendelser ble fjernet, men at den har blitt vurdert som tilfredsstillende. At såpass mange ulykker er luket ut på grunn av dårlig kvalitet mener vi imidlertid er et positivt tegn, og indikerer en grundig intern kvalitetssikring.

Det har ikke vært mulig for DNV å gå inn å validere analysen og den er av den grunn heftet med usikkerhet. Vi skulle gjerne sett mer detaljer for hvordan linjene for den normale trafikken ble beregnet. Lokasjon for sving-punkter er kun identifisert visuelt ved bruk av trafikk tetthetsplott. Dette har mye å si for tidspunktet for når et avvik er mulig å detektere. Oppgaven tok ut fem utvalgte hendelser hvor analysen ble presentert mer i detalj og lokasjon og tidspunkt for normal trafikk og avvik ble identifisert. Hvorvidt disse er hendelser med de klareste avvikene, og dermed enklest å analysere, er derimot uvisst. Gjennomgangen fra disse fem hendelsene virker imidlertid å gi plausible funn. I enkelte av hendelse har det muligens vært et noe optimistisk anslag i tidspunkt for deteksjon av avvik (dvs. varsling), men for disse hendelse har vi allikevel vurdert det til at en avverging av ulykken kunne vært mulig.

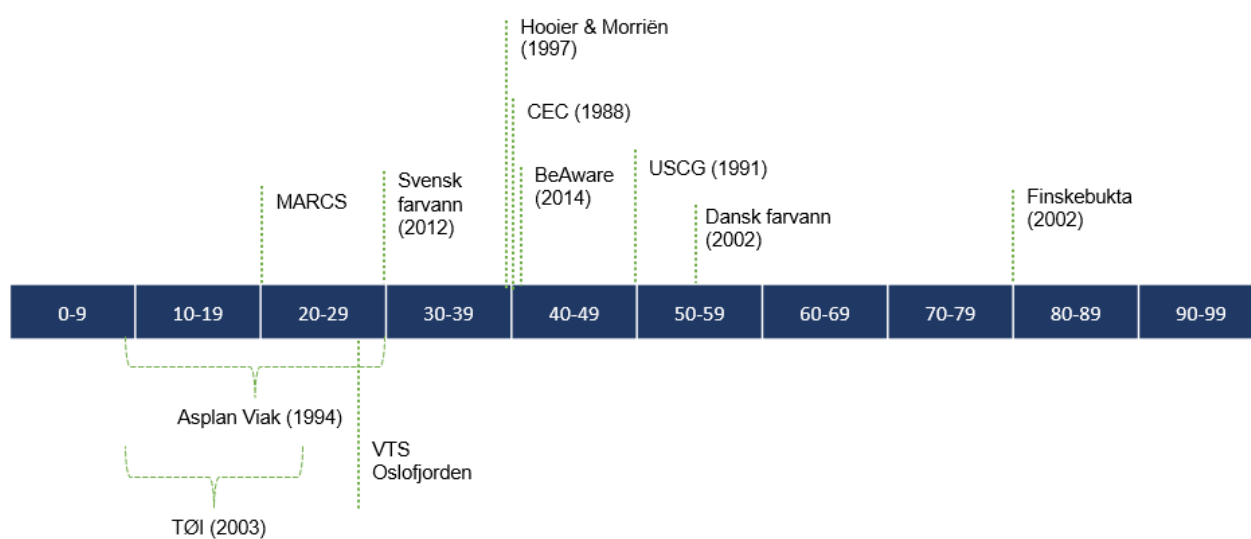
Resultatene virker imidlertid å være i tråd med hva man kunne forvente, altså at flertallet av ulykker, hvor fartøy avviker fra normal seilas, ikke er mulig å avverge med VTS. Dette er med utgangspunkt i at en stor andel av grunnstøtingene skjer i trangt kystfarvann, hvor marginer med hensyn på avstand og tid ofte er marginale.

Oppsummering

Figur 4-11 og Figur 4-12 oppsummerer litteraturstudien gjennom en visuell fremstilling, for henholdsvis effekten av VTS på grunnstøting og kollisjon. I figurene er hver studie plassert i tilhørende effekt-kategori. Som vi ser spenner estimatet på risikoreducerende effekt på grunnstøting fra 10 til 50 %. For kollisjon er det et noe lengre spenn, og strekker seg fra 10 til 80 %.



Figur 4-11 Oppsummering av litteraturstudien for effekten av VTS på grunnstøting, fremstilt visuelt. Figuren viser hvilket estimat som er gitt for prosentvis reduksjon i antall ulykker.



Figur 4-12 Oppsummering av litteraturstudien for effekten av VTS på kollisjon, fremstilt visuelt. Figuren viser hvilket estimat som er gitt for prosentvis reduksjon i antall ulykker.

Et gjennomsnitt for den risikoreducerende effekten av VTS på grunnstøting, basert på litteraturgjennomgangen, er rundt 30 %.

4.5.7 Konklusjon

Effekt på grunnstøting

Som øvre verdi på reduksjon av grunnstøtingsfrekvens som følge av sjøtrafikksentraltjeneste er det estimert 40 %. Estimater begrunnes i følgende:

- Av referansestudiene i kapittel 4.5.6 ser vi at øvre effekt er estimert til 50 %. Men, i mange av studiene som har høye effektestimater er farvannets beskaffenhet imidlertid av en annen karakter (f.eks. UK, Nederland, Danmark, USA og Australia), selv om det også er studier for farvann som er mer sammenlignbare (f.eks. Canada). Dette medfører at det potensielt kan være vanskeligere å oppnå disse effektene i norske farvann.
- Det bemerkes at tidligere analyser av Asplan Viak og TØI, før etablering av sjøtrafikksentraler i norske farvann, beregnet en forventet ulykkesreducerende effekt på mellom 10 og 30 %. Trafikksentralen for Oslofjorden ble estimert å redusere skipsulykker med 25-30 % for sitt område.
- Ved å benytte snittene 10 år før og 10 år etter innføringsåret, så vi i kapittel 4.5.5 at Horten og Fedje VTS fikk en reduksjon i antall ulykker i sine respektive tjenesteområder på rundt 50 %. Resultatet fra den analysen antyder dermed at VTS, sammen med andre tiltak, kan potensielt ha hatt en samlet effekt på 50 % for ulykkeshyppigheten. Resultatene er imidlertid påvirket av generelle trender og andre tiltak under analyseperioden, og derfor heftet med usikkerhet.

2019-studien så på hvilke grunnstøtinger som kunne vært forhindrede med sjøtrafikksentraltjeneste og dynamisk avviksdeteksjon. Studien konkluderte med at 40 % av grunnstøtingene potensielt kunne vært avverget. Det er imidlertid usikkerhet knyttet til påliteligheten og validiteten av studien. Den er derfor ikke vesentlig lagt vekt på i denne analysen, men nevnes her ettersom det er den nyeste referansestudien som er utført.

Som nedre verdi på reduksjon av grunnstøtingsfrekvens som følge av sjøtrafikksentraltjeneste er det estimert 10 %. Dette er samme verdi som ble brukt sist ettersom det ikke funnet nyere relevante referansestudier på dette.

I Sjøsikkerhetsanalysen 2014 ble begrepet «gjennomsnittlig effekt», eller «forventet effekt», benyttet. For denne oppdaterte analysen blir forventet effekt for grunnstøting dermed 25 %, med øvre og nedre grense på 40 og 10 %. Det er imidlertid usikkerhet knyttet til estimatet og spennet, i likhet med de andre sjøsikkerhetstiltakene. Effekten avhenger av en rekke forhold, deriblant farledens beskaffenhet, avstand til kysten/skjær og trafikk tetthet. Det anbefales derfor at det jobbes videre med å redusere usikkerheten i effektestimater, eksempelvis med et utvikling/metode-prosjekt for å differensiere effekten av VTS med hensyn på forhold nevnt ovenfor.

Losutvalget skrev i sin rapport i 2013 at en viktig forutsetning for at sjøtrafikksentralene skal ha mulighet til å avklare slike situasjoner, er at en har tilstrekkelig responstid. Når fartøyene navigerer i trange farvann vil det være vanskelig både å oppdage og kunne gripe inn i tide fra en sjøtrafikksentral dersom et fartøy kommer på feil kurs [31]. Denne utfordringen er viktig å hensynta når en skal vurdere effekten av VTS i norske farvann, hvor en stor andel av trafikk skjer innaskjærs. Dersom et tjenesteområde har mye trafikk som går veldig nært land, øyer og skjær, eller av en annen karakter som tilsier kort tid mellom avvik på normal seilas og grunnstøting, vil det være vanskeligere for trafikklederne å kunne avverge hendelsen.

Bruk av anbefalte seilingsruter og separasjonssystemer (TSS) vil generelt gi en økt forutsigbarhet i trafikkbildet, og dermed gi en positiv effekt ved at det kan bli lettere for trafikklederen å detektere avvik. Avhengig av nærhet til land/skjær, anses det at dette er forhold som potensielt kan lede forventet effekt mer mot øvre verdi. Forrige sjøsikkerhetsanalyse (2014-analysen) brukte en gjennomsnittlig effekt på 35 %, basert på en øvre verdi på 50 % og nedre verdi på 10 %. Det at vi nå endrer effektestimater, i likhet med andre sjøsikkerhetstiltak, betyr ikke at effekten av VTS har blitt dårligere, ytelsesstandarder til VTS øker på grunn av teknologisk utvikling og moderniseringen av tjenesten.

En forventet reduksjon i ulykkeshyppighet på 25 % for et enkelttiltak er signifikant, og det er kun den risikoreducerende effekten av å bruke los som er estimert å ha høyere effekt blant enkelttiltak i Kystverkets eksisterende portefølje.

Effekt på kollisjon

Et moment med trafikkcentraltjenesten som ikke er belyst av referansestudiene i stor grad er effekten av styring og organisering av skipstrafikken. Organisering av fartøy underveis, herunder passeringsrekkefølge, vil kunne redusere kollisjon- og til dels grunnstøtingsrisikoen. Dette gjennom at fartøy unngår å møte hverandre på ugunstige steder (redusere kollisjonsrisiko), og unngår farlige unnamanøvere til grunt farvann (redusert grunnstøtingsrisiko). I arbeidsmøte på Gardermoen i 2022, med representanter fra ulike tjenesteområder i Kystverket og navigatører, ble det påpekt at effekten av trafikkorganisering gjelder primært på forebygging av skipskollisjoner, men at det også virker positivt på grunnstøtingsrisiko. Effekten av dette gjelder hovedsakelig i særlig trange farvann.

For kollisjonshendelser har vi ingen nyere eller relevante studier for norske farvann. Det ble som nevnt utført analyser i denne sjøsikkerhetsanalysen som så på antall ulykker før og etter implementeringen av sjøtrafikkcentraltjenester i Norge. Resultatene fra disse analysene er i for stor grad påvirket av generelle ulykkestrender og ulykkesrapportering, og er derfor ikke vektlagt i særlig grad i denne rapporten.

I de fleste studiene som vi fant i litteratursøket så vi at estimatet på effekten for grunnstøting og kollisjon ofte var sammenfallende. Hva som er årsaken til dette, eller om det er en tilfeldighet vet vi ikke. Av mangel på data velger vi å støtte oss på litteraturstudien, selv om effekten kan bli i overkant positivt, og estimerer effekten av VTS på kollisjon lik som grunnstøting. Tilsvarende fremgangsmåte ble også brukt i Sjøikkerhetsanalysen 2014. Effekten av trafikkorganisering på kollisjon blir dermed 25 % (som snitt), som er en betydelig reduksjon i ulykkeshyppighet. Grunnet stor usikkerhet på effekten av kollisjon (her vektet like høyt som grunnstøting), har vi ikke justert effekten på grunnstøting videre opp som følge av trafikkorganisering.

Figur 4-6 viser estimert risikoreducerende effekt av VTS.

Tabell 4-6 Forventet reduksjon i ulykkeshyppighet med innføring av VTS.

Ulykkestype	Snittverdi (%)	Nedre verdi %	Øvre verdi %
Grunnstøting under motorkraft	25 %	10 %	40 %
Kollisjon (mellom skip)	25 %	10 %	40 %

Kystverket jobber også med å utvikle og teste adferdsanalyseverktøy for bruk i trafikkcentraltjenesten. I Sjøikkerhetsanalysen er dette håndtert som et separat tiltak. Formålet er å støtte trafikklederne, og detektere og varsle situasjoner raskere enn det et menneske klarer. Som forklart i den kvalitative vurderingen, presterer mennesker generelt dårlig i monitorering og overvåkningsoppgaver. Noen av hovedårsakene til dette er beskrevet her:

- Vi er utsatt for distraksjoner, og overvåkningsoppgaver krever ofte vedvarende oppmerksomhet og fokus. Selv når individer er motiverte og engasjerte i oppgaven, kan oppmerksomheten deres drive, og føre til feil og manglende ytelse.
- Mennesket har begrenset arbeidsminnekapasitet, noe som kan gjøre det vanskelig å opprettholde et detaljert og nøyaktig bilde av hva som overvåkes over tid. Dette kan være spesielt utfordrende i komplekse eller dynamiske miljøer hvor det er mange variabler å holde styr på.
- En annen faktor som kan bidra til dårlig ytelse i overvåkningsoppgaver er "årvåkenhetsreduksjonen", som refererer til nedgangen i ytelse som oppstår over tid når et individ får i oppgave å overvåke en relativt monoton eller uforanderlig stimulans. Dette kan føre til kjedsomhet og redusert årvåkenhet, som igjen kan øke sannsynligheten for feil.

- Til slutt kan mennesker også ha en tendens til å fokusere på visse typer informasjon mens de ignorerer andre, eller de kan bli påvirket av deres forventninger eller tidligere tro.

Samlet sett kan disse faktorene gjøre overvåkingsoppgaver utfordrende for trafikkledere, og det er viktig å utvikle prosedyrer og verktøy for å støtte effektiv overvåking i en rekke sammenhenger. Adferdsanalyse av fartøy er et eksempel på verktøy som potensielt kan støtte og dermed øke ytelsen til trafikkledere. Den store utfordringen er imidlertid å unngå for mange alarmer, det vil si kun identifisere reelle faresituasjoner. Kystverket kommenter at bruk av adferdsanalyse er også antatt å øke sikkerheten i forhold til introduksjon av autonome systemer i sameksistens med mennesker, og benyttes i dag av fjernstyring av Yara Birkeland og ASKOs autonome fartøy.

4.6 Navigasjonsinnretninger

4.6.1 Om navigasjonsinnretninger

Navigasjonsinnretninger er hjelpemidler for posisjonsbestemmelse og sikker navigasjon i farleden og kystfarvannet. Kystverket opererer et større antall slike innretninger. For Kystverket er det ikke et mål å merke enhver fare eller hindring for sjøtrafikken, men å sørge for en hensiktsmessig veiledning basert på brukerbehov, god praksis og vurdering av risiko [31]. Det skiller hovedsakelig mellom følgende typer navigasjonsinnretninger:

- *Flytende merker.* Bøyer er brukt for å avmerke kanaler, utdypede renner, grunner, hindringer og andre farer for de sjøfarende hvor det vil være både uøkonomisk og umulig å opprette faste merker [4].
- *Bunnfaste sjømerker.* I Norge har Kystverket mer enn 12,000 faste merker langs kysten (jernsøyler, jernstenger, varder og båker). De faste merkene er særlig til nytte for dagseilas, men utstyrt med refleks og reflektorer er de også til nytte ved nattseilas og radarnavigering [4].
 - Som del av kategorien bunnfastemerker ligger også lanterner med indirekte belysning, også referert til som hurtigbåtmerke med Indirekte belysning (HIB). I noen områder langs norskekysten har lanterne med indirekte belysning i stadig større grad tatt over for de klassiske lanternene uten belysning. Navigasjonsinstallasjonen gir primært en ytterkants markering av seilingskorridor ved natt- og dagseilas.
- *Fyrlykter.* Det er knappe 2000 fyrlykter langs norskekysten. De aller fleste er satt opp for å gi lys i definerte sektorer. Noen fungerer som overrett og noen er rundtlysende. I tillegg til at en fyrlykt gir lys for å navigere etter, er den et dagmerke med sin hvite farge og røde tak [43].

Utviklingen av navigasjonsinfrastrukturen har gått i retning av forbedret driftssikkerhet, bedre synlighet for trafikken og en mer intuitiv merking. Et eksempel er navigasjonsinnretninger for «nærnavigasjon» med indirekte belysning, eller såkalte hurtigbåtleder. Selv om dette er oppmerking som i første rekke er tiltenkt og tilpasset hurtiggående passasjerfartøy, er tiltaket også nyttig for annen nyttetraffic [31].

4.6.2 Kvalitativ beskrivelse av risikoreduksjon

Navigasjonsinnretninger, også referert til som merketiltak, har i lang tid bidratt til en redusert risiko for ulykker. Innretningene bidrar til å redusere ulykkeshyppigheten for grunnstøting, og til dels kollisjon, ved å gi navigatøren en visuell og elektronisk indikasjon på hvor farleden går og hvor ulike hindringer befinner seg. Det har vært navigasjonsinnretninger langs norskekysten i over 1000 år, og spesielt på 1800-tallet ble mange fyr opprettet og mange merker satt opp. Siste 25 år er det satt opp nær 1800 HIB'er og det er særlig merker med lys som har økt de siste ti-årene. Merketiltak har sammen med los-ordningen vært en av grunnpilarene for navigasjon langs norskekysten [4].

I interessentanalysen i forrige sjøsikkerhetsanalyse i 2014 ble merketiltak vurdert å være det mest effektive tiltaket for reduksjoner i grunnstøtinger [46]. Selv om vi i dag ser indikasjoner på at det foregår mer elektronisk navigasjon, går det frem av interessentanalysen for 2022 at det fortsatt er navigasjonsinnretninger, farledsutbedringer og sjømerker som i snitt rangeres høyest av Kystverkets eksisterende virkemidler [45]. Analysen var basert på 698 mottatte svar, hvor største andelen av svar var fra vaktgående navigatører. Respondentene i undersøkelsen ble også spurt om å vurdere den risikoreduserende effekten ved å forbedre Kystverkets virkemidler. Her var det tre virkemidler som positivt skilte seg fra de andre [45]:

- Opprettholde og fornye eksisterende fyr/lykter langs norskekysten
- Forbedre merking av skjær og andre farer
- Øke innsatsen på å fjerne skjær og andre farer i ledene

Fra forrige sjøsikkerhetsanalyse ble det hentet ut sitater fra respondentene som beskriver betydningen av merkesystemet:

- *«Sjømerkene langs norskekysten er på mange måter unik og svært effektiv til å forbedre sikkerheten. Fornye innmaten/merket med ny teknologi er hensiktsmessig.»*
- *«Det vi har bør opprettholdes, men må helt klart fornyes.»*
- *«Norskekysten er en av verdens mest utfordrende kyster for navigatører. Samspillet mellom moderne navigasjonshjelpemidler og godt merkede leder er avgjørende for å forhindre grunnstøtinger, det er derfor viktig at fyr/lykter opprettholdes/forbedres.»*
- *«Spør en hvilken som helst kystnavigator om hva han/hun ønsker mer av, og vedkommende svarer flere lykter, bedre oppmerking.»*

Det kan være stor forskjell på hvordan ulike fartøystyper benytter seg av navigasjonsinnretninger, og effekten av merketiltak for forskjellige fartøystyper kan dermed være forskjellig. Noen bruker merking mye, men det er langt i fra alle. For hurtigbåter er merking eksempelvis svært nyttig. Generelt er det imidlertid indikasjoner på at det i kystfart og innaskjærs brukes mindre visuell/optisk og terrestrisk navigering, og at man stoler mer på ECDIS. Ofte kan det være at navigatørene ser på posisjon i ECDIS, og deretter ut av brovinduet for å bekrefte dette. Forbedret funksjonalitet i ECDIS gjør også at en kan ta ut peiling og avstander, og sjekkes visuelt med merkene for å bekrefte. I denne analysen har vi ikke gått inn i dybden på ulike effekter av merking for forskjellige fartøystyper, og sett opp mot ECDIS-funksjonaliteter.

Merking bidrar til økt situasjonsforståelse, men for mye merking kan også føre til forvirring og økt kompleksitet. I tillegg så senkes stresset om man er trygg på posisjonsangivelsen. I Kystverkets forslag til prioritering av ressurs-bruk i perioden 2022-2033 står videre samfunnsoppdraget med navigasjonsinnretninger tydelig beskrevet. Merkesystemet skal være en selvstendig og robust tjeneste som skal kunne tjene som hovedsystem for veiledning til navigasjon i norske farvann. Kystverkets infrastruktur skal også være robust mot et eventuelt bortfall av globale satellittsystemer for navigasjon (GNSS) [49].

Losutvalget skrev i deres rapport fra 2013 at selv om man navigerer ved hjelp av elektroniske hjelpemidler som elektroniske kartsystem (ECDIS) og satellittnavigasjon (GNSS), er det av avgjørende betydning at man kontrollerer seilas og ytelsen ved hjelp av optiske observasjoner. Dette støttes også av navigatørene som deltok på Kystverkets brukerundersøkelse for DGPS og som ble gjennomført i april 2023. Navigatøren bør derfor på forhånd planlegge sin elektroniske seilas på en slik måte at man lett kan foreta optiske peilinger på karakteristiske steder [31].

I lostjenesten er man helt klar på at det betraktes som helt avgjørende å benytte optiske metoder for sikker seilas. Optisk posisjonsangivelse betyr at man benytter peilinger, fyrsektorer, overrettmerker, stevninger og lignende [4]. Det er hovedsakelig to årsaker til dette:

- *Staker og bøyer blir daglig påvirket av det ytre miljøet.* Bunnfaste installasjoner (med toppmerking) kan bli påvirket av is og sjøgang, og flytende merker kan dras ut av posisjon på grunn av kraftig strøm og andre påvirkninger. I fagboken til lostjenesten står det derfor beskrevet at en aldri kan stole blindt på at sjømerkene viser riktig (særsilt de flytende). Navigatørene må derfor ikke utelukkende være avhengig av merkingen, men også navigere ved hjelp av peiling til kjente objekter eller faste merker på land [4].
- *Begrensningene i elektroniske kartsystem.* Lostjenesten mener at elektroniske kartsystem tilkoblet GNSS system har blitt et svært nyttig hjelpemiddel, men at det noen ganger er avvik på disse systemene, som igjen har forårsaket grunnstøtinger [4]. Kjennskap til begrensningene og potensielle unøyaktigheter i posisjonsangivelsen er derfor viktig å være klar over.

Visuell kontroll under seilasen anses å være av stor betydning for navigasjonssikkerheten, og dette innefatter både bruk av merkesystemet og peiling mot kjente objekter eller faste merker på land.

Oppsummert om navigasjonsinnretninger ser vi følgende nytte:

- Uavhengig system, blir ikke påvirket av et eventuelt bortfall av GNSS
- ECDIS i kombinasjon med optiske observasjoner og merkesystemet gir økt trygghet på posisjonsangivelsen.
- Redusert grunnstøtingshyppighet gjennom forbedret merking, som også positivt vil kunne påvirke situasjonsforståelse og stressnivå.
- Kan ha positiv påvirkning på kollisjonshyppigheten. I en godt merket led vet navigatørene hvor mye rom de har til en eventuell unnamanøvere. Merker kan også brukes til å separere trafikk for å ta ned kollisjonsrisikoen.

4.6.3 Analyse av ulykker før og etter implementering av navigasjonsinnretninger

Den samme fremgangsmåten som for sjøtrafikksentralene ble forsøkt for å finne effekt av merketiltak, inkludert utdyping. Da det ikke vil være hensiktsmessig å se på ulykker tilknyttet en enkelt navigasjonsinnretning ble det undersøkt om det var områder der det var gjort flere utbedringer innenfor en kort tidsperiode. Dette var utfordrende for navigasjonsinnretninger da det tidligere har vært tradisjon for å utbedre en og en navigasjonsinnretning, og ikke gjøre en større oppdatering av et helt område.

Det ble funnet fire områder der det var mulig å se på utbedring av hele området. Ved to av disse var det også foretatt utdyping. Disse fire områdene ble imidlertid utbedret i nyere tid, og vi har derfor ikke tilstrekkelig med ulykkesdata etter gjennomføringen. Det er også generelt lavt antall ulykker for disse områdene, kanskje for lavt til å benytte som et pålitelig statistisk grunnlag for ulykkesdata. Resultatene av analysene er vist i vedlegg B, men det er stor usikkerhet knyttet til funnene, av årsaker nevnt ovenfor, så derfor er de ikke med i hovedrapporten.

4.6.4 Analyse av effekten av navigasjonsinnretninger ved bruk av årsaksmodellen

Tidligere effektestimater - Sammenligning med funn i interessentanalysen og årsaksanalysen

I eksisterendemetodikk for farledsanalyser for Kystverket er det brukt en øvre teoretisk verdi på reduksjon i ulykkeshyppighet for merketiltak på 58 %²³. Metodikken som lå til grunn for dette estimatet var basert på ekspertvurdering, og øvre verdi var ment for farvann som ble oppgradert fra en før-situasjon med særdeles dårlig/ingen merking I de kvantitative risikoanalysene for farledstiltak i kommende NTP (2025-2036) er det imidlertid ingen farleder som oppnår maksimal effekt. Liste over hvilke farleder dette gjelder, og effektene er vist i vedlegg C. Effektestimaterne

²³ Beregning av effekt av merketiltak med bruk av lokale justeringsfaktorer (Excel modell)

spenner fra 1,7 % og opp til maksimalt 15 %. Gjennomsnittlig effekt av merketiltak for disse farledsprosjektene er 6,4 %. Merk at vi har her tatt ut farleder hvor tiltakspakker har 0 % merkeeffekt, da det hovedsakelig er utdypingen som er sentral i disse tiltakene, mens sjømerkene forblir omtrent uforandret og merkeeffekten blir 0 %.

Navigasjonsinnretninger, farledsutbedringer og sjømerker rangeres høyt når effekten av Kystverkets eksisterende virkemidler vurderes av brukerne, som også er en form for ekspertvurdering. Dette gir indikasjon på brukernes opplevde risiko og risikoreduserende effekt.

Ekspertvurderingene og den opplevde risikoreduserende effekten står imidlertid i kontrast med hva som faktisk forårsaker navigasjonsulykker i norske farvann. Dette kommer frem av ulykkesgranskninger og ulykkesrapporter. Av årsaksanalysen ser vi at det er ytterst få hendelser som kan knyttes tilbake til mangelfulle navigasjonsinnretninger. I den oppdaterte versjonen av årsaksanalysen i 2023 ble 95 årsaksgranskninger og rapporter for ulykker med farledsbevis og los-seilaser analysert. Analysen viste at ingen av de 37 hendelsene hvor fartøy seilte med farledsbevis kan relateres tilbake til farledsmerking. Av de 58 gjennomgåtte ulykken med los var det kun 3 % hvor årsaken kunne relateres til merking [44]. I en annen DNV-analyse fra 2004, utgjør feil og mangler ved fyr og merkesystemer ca. 6,4 % av årsakene til grunnstøtinger [51]. Dette var basert på et annet datasett enn det som er brukt her, men gir en tydelig indikasjon på at det generelt er få ulykker som forårsakes av feil eller mangelfulle navigasjonsinnretninger.

Det er allikevel ikke sikkert at det er en reell motsetning mellom opplevd risiko og ulykkesdata, da dette kan tolkes på mange måter. En mulig tolkning som vi anser som plausibel er at hoved- og bileder i dag er generelt godt merket, og derfor er det få ulykker som forårsakes av merkesystemet. Det må også nevnes at statistikken her peker tilbake på direkte feil med navigasjonsinnretningene, mens oppsett eller ikke-helhetlig plan for navigasjonsinnretninger kan bidra til manglende/ufullstendig situasjonsforståelse. Videre kan det også sees på som et tegn at navigasjonsinnretningene fungerer, at de har høy oppetid og eventuelle avvik blir raskt håndtert. Navigasjonsinnretninger er en viktig forutsetning for trygg seilas, og nytten av innretningene er og anses som viktig blant brukerne. Selv om mer av navigasjonen i dag foregår elektronisk ved hjelp av radar og elektroniske kart (ECDIS), er den visuelle merkingen av leden fortsatt vurdert som svært viktig [4].

Kystverket beskrev i deres rapport basert på sjøsikkerhetsanalysen i 2014 at selv om ingen, eller få, ulykker er direkte relatert til navigasjonsinnretninger, kan ikke dette tolkes som at det ikke er nødvendig å prioritere midler til arbeidet med navigasjonsinnretninger [48]. Det er vi enige i, men det kan være grunnlag basert på funnene i årsaksanalysen, at en kan være mer moderat på effektestimaterne. Her er det imidlertid viktig å påpeke at det kan være store lokale forskjeller. Behov for bedre oppsett for nattseilas, mer intuitiv merking, endret trafikkbilde, utvikling i ny teknologi og endret fartøystørrelse, er eksempler på faktorer som må hensyntas i moderniseringsprosessen for merkesystemet av farledene. Høye effektestimater kan vurderes for områder hvor det er særdeles dårlig merking fra før, mye trafikk og historikk med grunnstøtinger.

Analyse ved bruk av årsaksmodellen

I fravær av relevante studier og annen litteratur, utover farledsanalyser som allerede er utført, er det sett på om funnene i årsaksanalysen kan benyttes til å gi effekt av navigasjonsinnretninger.

Denne analysen tar utgangspunkt i at 3 % av årsakene til ulykker med los skyldes dårlig merking, med henvisning til Figur 3-2. Disse hendelsene omhandlet i hovedsak manglende merking, merking som var ute av posisjon og manglende lys. Det er ikke urimelig å anta at ulykker med farledsbevis kan ha tilsvarende prosentverdier, siden det her er snakk om relativt få ulykker.

Videre ser vi på mulige andre årsaker i den forenklete årsaksmodellen, hvor forbedret merking kan ha effekt:

- Vi vet at dårlige/lite detaljerte kart og mangelfull merking av farleden kan bidra til å øke kompleksiteten av seilassen ved at brobesetningen mister eller feiltolker informasjon for å opprettholde god situasjonsforståelse.

For los ser vi at mangelfull situasjons- og risikoforståelse er nevnt i 9 % av ulykkene, mens for farledsbevis ligger det på 15 %. En ytterligere reduksjon i ulykkeshyppighet på rundt 5 % (en tredel av farledsbevis-verdien) kan være rimelig å anta.

- Videre ble det også påpekt i arbeidsmøtet på Gardermoen at stressnivået også potensielt kan bli positivt påvirket ved god merking. Det kan være vanskelig å skille mellom stress og situasjonsforståelse. Årsakskategorien *mental/fysisk stress og kapasitet* på 19 % av ulykkene med farledsbevis dekker i utgangspunktet andre faktorer som utmatting, opptatt med andre oppgaver/problemer og tidspress. Dette gjør at det ikke er naturlig å anta noen umiddelbar effekt her. Vi har allikevel valgt å gi noe virkning for i større grad å hensynta stressselementet, og gir en ytterligere reduksjon på rundt 2 %.

Vi anser ikke at det er andre årsaksfaktorer som er vesentlige for merketiltak enn de nevnt ovenfor. Vi havner da på en reduksjon i ulykkeshyppighet på rundt 10 % (3 % + 5 % + 2 %), for effekten av navigasjonsinnretninger. Estimater sier derimot ikke noe om hvor mange ulykker som faktisk er unngått ved at merkingen er forbedret eller i god stand. Elementet av opplevd risiko bør også ivaretas, selv om en kanskje kan argumentere for at det allerede er dekket inn under forbedret situasjonsforståelse, som nevnt ovenfor.

4.6.5 Konklusjon

Estimatet på en øvre/maksimal verdi fra eksisterende metodikk for farledsanalyser er en estimert reduksjon i ulykkeshyppighet på 58 %. I kvantitative risikoanalyser for farledsprosjekter i kommende NTP ligger imidlertid gjennomsnittlig effekt for merketiltak på 6,4 %. Dette er hovedsakelig fordi det er vanskelig å oppnå den maksimale effekten da mye av effekten av merketiltak ligger allerede der siden hoved- og bileder generelt er godt merket, sannsynligvis med en del unntak. Effekten er dermed veldig avhengig av tilstand på før-situasjonen for merkingen av farvannet. Nedre verdi er også basert på merkeeffekten i farledstiltakene som ligger i NTP 2025-2036.

Det ble også gjort en analyse ved bruk av årsaksmodellen, som estimerte en 10 % reduksjon, som ligger innenfor spennet som vist i Tabell 4-7.

Effekttestimat på kollisjonshyppighet anslås vesentlig lavere enn grunnstøting, og i denne sammenhengen blir det nesten neglisjerbart ettersom det er så få kollisjonsulykker i norske farvann.

Tabell 4-7 Forventet reduksjon i ulykkeshyppighet med merketiltak

Ulykkestype	Snittverdi (%) ²⁴	Nedre verdi %	Øvre verdi %
Grunnstøting under motorkraft	6,4 %	1,7 %	58 %
Kollisjon (mellom skip)		Negl.	Negl.

4.7 E-navigasjon

4.7.1 Om e-navigasjon

E-navigasjon er en global strategi utviklet av IMO for å legge til rette for digitalisering og automatisert utveksling av informasjon mellom skip og mellom skip og myndigheter. Initiativet ble satt på dagsorden etter at mange skipsulykker kunne relateres til menneskelige feil. Mangel på standarder og koordinering av digitalisering i maritim sektor var identifisert som noen av de bakenforliggende årsaker [50].

²⁴ Basert på beregnet merkeeffekter for farleder i kommende NTP 2025-2036

E-navigasjon inneholder fem hovedløsninger [50] som ser på:

- S1: Forbedret, harmonisert og brukervennlig brodesign
- S2: Standardisert og automatisk skipsrapportering
- S3: Forbedret pålitelighet, fleksibilitet og integritet av broutstyr og navigasjonsinformasjon
- S4: Integrering og presentasjon av tilgjengelig informasjon i grafiske skjermer som mottas via kommunikasjonsutstyr
- S5: Forbedret kommunikasjon av landbaserte sjøtrafikksentraltjenester.

S1, S3 og S4 omhandler utstyr og bruk av utstyr ombord i skip, mens S2 og S5 omhandler forbedret kommunikasjon og informasjonsutveksling mellom skip, fra skip og land, og fra land til skip. Maritime Service Portfolio (MSP) inneholder elementer fra S4 og S5. Internasjonalt jobbes det med utvikling og testing av e-navigasjonstjenester i ulike samarbeid og prosjekter [50]. Fra myndighetssiden i Norge er det Kystverket og Sjøfartsdirektoratet som legger til rette for utvikling av e-navigasjon nasjonalt. Fra Kystverkets side er det pågående utvikling og testing av brukerorienterte e-navigasjonstjenester i Norge [50].

4.7.2 Kvalitativ beskrivelse av risikoreduksjon

Det er et mål at konseptet skal redusere muligheten for menneskelige feil, og dermed gi bedre sjøsikkerhet, lavere miljørisiko og legge til rette for mer effektive arbeidsmetoder og kommunikasjon mellom skip og land. Nytteverdien med e-navigasjon er [31]:

- Forenklet administrativt arbeid ombord i skip og hos maritime myndigheter.
- Redusert antall uønskede hendelser grunnet menneskelig feil gjennom bedre tilrettelagt brukervennlig digital informasjon.
- Smartere, enklere og mer effektiv maritim kommunikasjon.
- Tidsbesparelser og økt effektivitet gjennom digital deling av informasjon.
- Redusert bunkersforbruk og derigjennom redusert utslipp av klimagasser fra skip.
- Styrket situasjonsforståelse og navigasjonssikkerhet.
- Redusert ulykkesrisiko.
- Global harmonisering av tjenester og digital informasjon for maritim transport som medfører reduserte kostander og økt sjøsikkerhet.

I motsetning til mange av de andre sjøsikkerhetstiltakene, så antas det at e-navigasjon innføres over en lang tidsperiode og at samtidig så vil tjenestene (herunder MSP) måtte utvikles gradvis over tid for å nærme seg virkningspotensialene som har vært analysert i de neste kapitlene. Standardene for mange av tjenestene under MSP er ikke påbegynt, og tjenestene, og standardene, vil forbedres kontinuerlig basert på tjenesteleverandørenes evne til å levere bedre tjenester over tid. Frem til nå er det ikke noe krav om innføring eller bærepunkt for e-navigasjon, og innføringen nå skjer i form av generell flåtefornyelse og oppdatering av systemer.

4.7.3 Litteraturstudie

IMO dokument NAV 59/6 (2013) – FSA og kostnytteanalyse av e-navigasjonstiltak

Med mandat i NAV 58 ble det nedsatt en korrespondansegruppe som skulle gjennomgå e-navigasjonsløsningene og ferdigstille kostnytte-analysen for distribusjon til IMO og medlemslandene. Studien ble utarbeidet av Norge. Det ble utført en Formal Safety Assessment (FSA) for å evaluere mulige risikokontrollalternativer (RCOer) for nye skip. Studien bygget på ulykkesdatabasen til Sjøfartsdirektoratet og pekte på at navigasjonsulykker er hovedsakelig forårsaket av menneskelig feil (65 %). De viktigste årsakene til menneskelige feil er "Utilstrekkelig observasjon/uoppmerksomhet" (28%), "dårlig vurdering av skipsbevegelse" (17%) og "tretthet/ arbeidsoverbelastning" (13%) [54].

FSA-studien ble tatt videre til en kostnytteanalyse. Estimaten på redusert ulykkeshyppighet ble innhentet ved bruk av en ekspertgruppe (Delphi-metodikk) fra USA, Nederland, Danmark og Norge. RCOene ble evaluert isolert, noe som betyr at implementering av mer enn én RCO ikke vil redusere ulykkeshyppigheten med summen av hver RCOs estimerte potensial [54]. Studien så på følgende risikokontrollalternativer, med beregnet risikoreduksjon i parentes [54]:

- RCO 1: Integrasjon av navigasjonsinformasjon og utstyr inkludert forbedret kvalitetssikring av programvare (11 %)
- RCO 2: Styring av brovarsling (10 %)
- RCO 3: Standarder for navigasjonsutstyr (7 %)
- RCO 4: Automatisert og standardisert skip-land-rapportering (8 %)
- RCO 5: Forbedret pålitelighet til PNT²⁵-systemer ombord (8 %)
- RCO 6: Forbedrede landbaserte tjenester (7 %)
- RCO 7: Bro- og arbeidsstasjonslayout og standardisering (7 %).

Beregningen på risikoreduksjon som vist over var basert på PLL-verdier²⁶. Verdiene ble beregnet ved å kombinere en standard PLL-frekvens, for et valgt referanseskip, på 2.1E-03 med årsaksfordelingen til navigasjonsulykker og ekspertvurderinger på risikoreduksjoner for hver enkelt RCO. Ekspertvurderingene evaluerte hvilke årsaker som RCOene kunne påvirke [54]. Det ble dermed ikke justert på konsekvenssiden, kun sannsynligheten for ulykker, og vi kan dermed anta at beregningen av redusert PLL tilsvarer redusert ulykkeshyppighet.

Resultatene fra denne studien virker å være rimelige og i tråd med prosentandeler for årsaker til navigasjonsulykker som vi så fra årsaksanalysen 2022. Dette er igjen ikke unaturlig ettersom begge studier bygger på samme ulykkesdatabase, men fra forskjellige tidsperioder. Det pekes også på at effekten ikke kan slås sammen for å få total estimert effekt av e-navigasjon ettersom alle er vurdert isolert.

Hong, S. (2015) - Effekten av å implementere e-navigasjon

Studien ble utført som del av masteroppgaven på World Maritime University i Malmø med bakgrunn i ulykkesdata fra Korea. Analysen konkluderte med at effekten av å implementere e-navigasjon kunne redusere antallet navigasjonsulykker med minst 34 % [53]. Pålitelighet og validitet av denne studien er ikke vurdert.

²⁵ Position, velocity, and time data (PVT)

²⁶ Potential loss of life (PLL)

DNV (2020) - Nytteeffekter for digitalisering av Maritime Service Portfolios

I DNV-rapporten «Nytteeffekter for digitalisering av Maritime Service Portfolios» (MSPer) fra 2020 ble nyttepotensialet i å innføre mer digital støtte til mange av informasjons- og sjøsikkerhetstjenestene som gis til skip undersøkt. Mye av dette gis gjennom sjøtrafikksentraltjenesten (VTS). Analysen tok for seg 16 maritime tjenester innen e-navigasjon som har til hensikt å forbedre tilrettelegging av informasjon til støtte for sikker navigasjon [52]:

- MS 1 – VTS Information Service (INS)
- MS 2 – Navigational Assistance Service (NAS)
- MS 3 – Traffic Organization Service (TOS)
- MS 4 – Local Port Service (LPS) / Port Support Service (PSS)
- MS 5 – Maritime Safety Information Service (MSI)
- MS 6 – Pilotage Service
- MS 7 – Tugs Service
- MS 8 – Vessel Shore Reporting
- MS 9 – Telemedical Assistance Service (TMAS)
- MS 10 – Maritime Assistance Service (MAS)
- MS 11 – Nautical Chart Service
- MS 12 – Nautical Publications Service
- MS 13 – Ice Navigation Service
- MS 14 – Meteorological Information Service
- MS 15 – Real-time Hydrographic and Environmental Information Service
- MS 16 – Search and Rescue (SAR) Service

Mange av tiltakene omhandler projisering av informasjon direkte til skipets ECDIS slik at mest mulig informasjon vises på et sted, slik at navigatør slipper å operere kommunikasjonssystemer, slipper å lete etter informasjon eller manuelt plassere informasjon på kartet. Dette krever en Common Maritime Data Structure (CMDS) med standardisering som S-100.

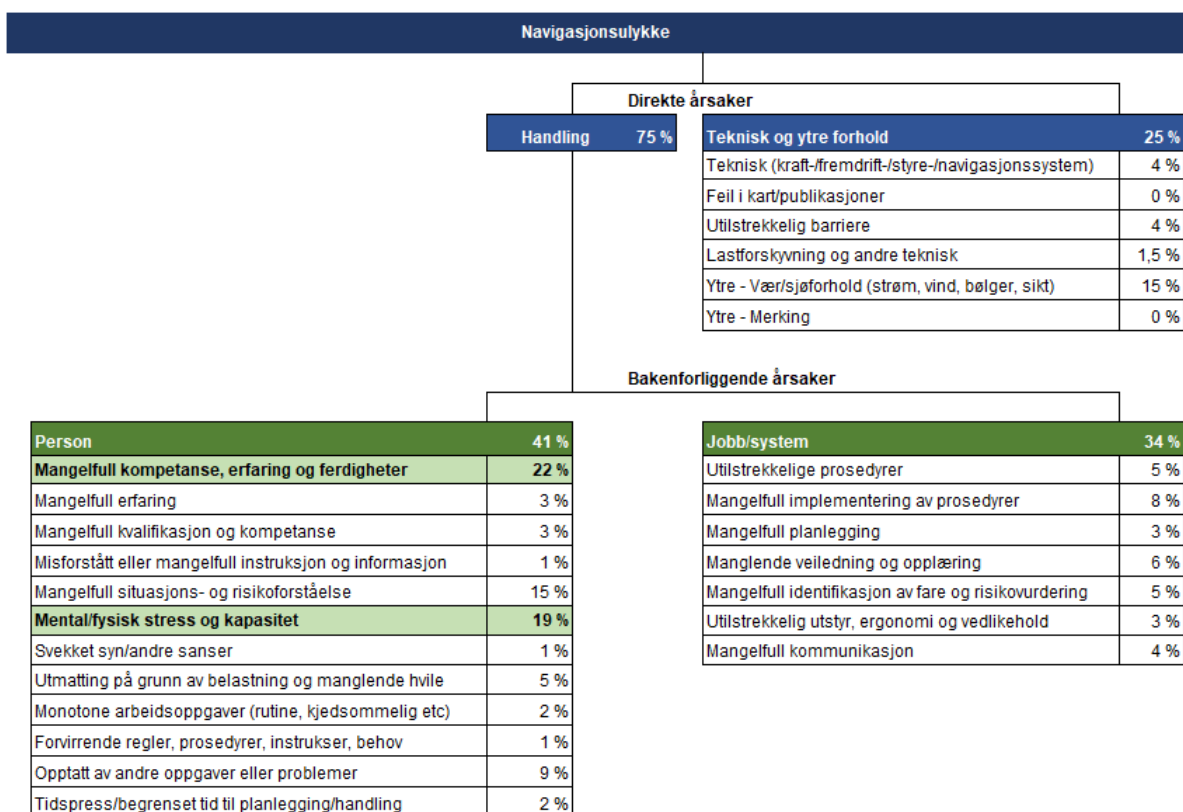
Flere av tjenestene listet ovenfor er delt inn i ulike tiltak, og det blir for omfattende å liste opp alle vurderingene som er gjort i denne analysen. I analysen bekreftes det imidlertid at tilrettelegging av dagens analoge informasjon til brukervennlig digital informasjon har en samfunnsmessig gevinst gjennom redusert antall ulykker forårsaket av menneskelige feil [52].

Effektanslagene som ble gitt på redusert ulykkeshyppighet var basert på ekspertvurdering gjennom intervjuer med brukere og leverandører av tjenestene. Det var ingen av enkelttiltakene som fikk en effekt høyere enn 10 %. Samlet for alle tiltakene ble det estimert 26 færre grunnstøtinger per år, av totalt 52 grunnstøtinger [52]. Dette gir en redusert ulykkeshyppighet på 50 %.

4.7.4 Analyse ved bruk av årsaksmodellen

Det er foretatt en forenklet analyse for å få et estimat på samlet risikoreduserende effekt av e-navigasjon ved å bruke årsaksmodellen. Vi har valgt å bruke årsaksmodellen for ulykker med farledsbevis. Det må påpekes at dette er en grov-analyse og verdiene må anses som et øvre estimat på redusert ulykkeshyppighet. Estimater som er beregnet her gir kun en overordnet indikasjon på effekten til bruk i risikomodellering for sjøsikkerhetsanalysen frem til 2060.

For hver hovedløsning av e-navigasjon er det sett på hvilke årsaksforhold tiltaket kan på virke og i hvilken grad. Et eksempel: Dersom tiltaket medfører at årsaken *mangelfull erfaring* (som isolert årsak teller 3 % av total ulykkeshyppighet) reduseres med 50 % (dvs. 50 % færre ulykker som følge av denne årsaken), gir dette en total reduksjon i ulykkeshyppighet på 1,5 %.



Figur 4-13 Forenklet årsaksmodell for navigasjonsulykker hvor det er benyttet farledsbevis.

S1: Forbedret, harmonisert og brukervennlig brodesign

Brodesign og utstyrsoppsett påvirker navigatørenes evne til å utføre navigasjonsoppgaver. I utarbeidelsen av e-navigasjonsstrategien er det pekt på at selv om broleverandører i dag hensyntar ergonomi, mangler det tilstrekkelige standarder og forskrifter, samt veiledning for vurdering av brukervennlighet for å sikre et minimumsnivå av ergonomisk kvalitet. Eksisterende ytelsesstandarder og retningslinjer med hensyn på ergonomi mangler en harmonisering, og brukes sjelden [54].

Navigatører kan oppleve vanskeligheter med å få tilgang til nødvendig informasjon på grunn av ergonomiske problemer, for eksempel upraktisk fysisk plassering av navigasjonsutstyr. Ergonomiske problemer med navigasjonsutstyr relateres også til menneske-maskin-grensesnitt. I e-navigasjon settes det søkelys på at brooppsett, utstyr og systemer ikke er konsekvent og tilstrekkelig utformet fra et ergonomisk og brukervennlig perspektiv. Manglende kjennskap til brostyr

og/eller unødvendig tidsbruk for å finne korrekt informasjon/kontroll/alarm anses å ha negativ innvirkning på sikker navigering [54].

Ved å bruke årsaksmodellen er det vurdert at følgende årsaker kan bli positivt påvirket av tiltak S-1:

- I årsaksanalysen så vi at *Utilstrekkelig utstyr, ergonomi og vedlikehold* er rapportert å være bakenforliggende årsak i 3 % av navigasjonsulykkene. Med implementering av dette tiltaket kan potensielt alle ulykker relatert til brodesign bli luket bort. Siden vedlikehold også er inkludert i denne årsakskategorien blir det for optimistisk å anta 100 % reduksjon, og en halvering (50 %) reduksjon er derfor brukt..
- En liten reduksjon (10 %) i årsakskategorien *mangelfull situasjons- og risikoforståelse* antas også ettersom navigatørene får bedre beslutningsstøtte, overblikk og grensesnitt for kommunikasjons- og navigasjonsmidler.
- Samlet gir dette en reduksjon på rundt 2 % på frekvensen for navigasjonsulykke.

S2: Standardisert og automatisk skipsrapportering

Det finnes mange nettbaserte rapporteringssystemer globalt. E-navigasjon strategien peker på at systemene ikke er harmoniserte, ofte duplisert, og basert på ulike formater og plattformer. Det antas at harmoniseringen og automatiseringen vil føre til mer effektivitet og kostnadsreduksjon for medlemslandene. I Norge er SafeSeaNet-systemet utformet til et Single Window som inkluderer rapporteringskrav til en rekke myndigheter som tollvesen, politi, PSC, forsvar, NCA (VTS, Pilot) og helsemyndigheter [54].

Sjøsikkerhetseffekten av tiltaket vil positivt kunne påvirke årsaker til ulykker knyttet til arbeidsbelastning, tidspress og utmatting:

- I årsaksanalysen ser vi at årsakskategoriene *Utmatting på grunn av belastning og manglende hvile og Tidspress/begrenset tid til planlegging/handling* samlet står for 7 % av bakenforliggende årsaker til ulykker. Videre er *Opptatt av andre oppgaver eller problemer* nevnt som bakenforliggende årsak i 9 % av navigasjonsulykkene. Generelt bør disse årsakene reguleres gjennom forskrifter for bemanning og hviletid, og årsaken drives mye av operasjonelle forhold (ruter, anløp, etc.), men det kan antas at tiltaket S-2 kan ha en moderat påvirkning. En 10 % reduksjon av disse årsakskategoriene er derfor gitt ved å en tar ned noe av mengden administrativt arbeid på broen.

S1 og S2 gir da en samlet reduksjon på rundt 4 % på frekvensen for navigasjonsulykke.

S3: Forbedret pålitelighet, fleksibilitet og integritet av broutstyr og navigasjonsinformasjon og S4: Integrasjon og presentasjon av tilgjengelig informasjon i grafiske skjermer som mottas via kommunikasjonsutstyr

Tiltakene S3 og S4 er noe overlappende, og sees derfor på samlet.

Sofistikerte bronavigasjonssystemer blir stadig mer integrert med hverandre og med andre typer systemer på skipet. Dette omhandler hva som skal presenteres på skjermene på bro, hvordan og når. Dette ser vi allerede i dag med mulighetene for integrasjonen mellom ECDIS, AIS, radar og andre systemer. Med systemenes evne til å påvirke hverandre, øker også kompleksiteten. Følgelig er påliteligheten, robustheten og integrasjonen av systemer og programvare en økende utfordring. En økende bruk av elektronisk navigasjon gjør også at behov blir større.

Sikker navigasjon er avhengig av navigatørens evne til enkelt å betjene navigasjonsutstyr, samt forstå informasjonen som blir presentert for dem. Dette er essensielt for å kunne oppnå optimale forhold for årvåkenhet og situasjonsforståelse, der beslutningsstøtte for navigatøren står sentralt.

Ved å bruke årsaksmodellen er det vurdert at følgende årsaker kan bli positivt påvirket av tiltak S-3 og S-4:

- Det antas at tiltakene potensielt kan ha en betydelig påvirkning på årsakskategorien *mangelfull situasjons- og risikoforståelse*. En kanskje noe optimistisk 50 % reduksjon er brukt her, og vi antar da at ikke alle årsaker knyttet til denne årsakskategorien kan løses av kun design og felles standarder.
- Effekten av *Utilstrekkelig utstyr, ergonomi og vedlikehold* er allerede hensyntatt i S1.
- Den jobb-system relaterte årsaksfaktoren *Mangelfull identifikasjon av fare og risikovurdering* kan tenkes noe redusert med 10 % gjennom bedre verktøy og mer tilgjengelig informasjon.
- Tiltakene kan også positivt kunne påvirke årsaker til ulykker knyttet til arbeidsbelastning, tidspress og utmatting. Det er imidlertid ikke antatt at de vil overgå eller øke effekten som allerede her er estimert for S-2.

S1, S2, S3 og S4 gir da en samlet reduksjon på rundt 10 % på frekvensen for navigasjonsulykke.

S5: Forbedret kommunikasjon av landbaserte sjøtrafikksentraltjenester.

Mangelfull kommunikasjon er nevnt som direkte årsak i 4 % av kategorien feilhandling, og 4 % av kategorien jobb/systemrelatert kommunikasjon. Dersom vi estimerer at S5 kan ta ned hele 50 % av tilfellene hvor mangelfull kommunikasjon er nevnt som direkte feilhandling²⁷, får vi en ytterligere reduksjon av ulykkesfrekvensen.

Samlet for alle fem hovedløsninger (S1-S5) får vi da en total effekt på rundt 11 %.

Det er da antatt en generell farledbevisseilas utenfor tjenesteområde til sentralen. Det må påpekes at det er høy usikkerhet knyttet til dette anslaget, og det er basert på ekspertvurdering. Det er heller ikke sikkert at alle mulige effekter av e-navigasjon er blitt hensyntatt, da konseptet med e-navigasjon er komplekst og i stadig utvikling. Som nevnt innledningsvis antas det at e-navigasjon innføres over en lang tidsperiode og at tjenestene må utvikles gradvis over tid for å kunne nærme seg virkningspotensialene som har vært analysert.

4.7.5 Konklusjon

Det er ingen andre studier som har kvantifisert den samlede risikoreducerende effekten av e-navigasjon. En grov-analyse ble derfor foretatt ved å bruke den forenklede årsaksmodellen. Resultatet antyder en redusert ulykkeshyppighet på rundt 11 %.

4.8 Fjernstyrte operasjoner og autonome skip

Autonome skip kan potensielt gjøre skipsfarten tryggere, både ved å redusere årsaker til ulykker som forårsakes av menneskelige feil, og redusere antall mannskap ombord, som igjen kan redusere antall eksponerte i ulykker. Det er en utbredt oppfatning at menneskelig feilhandling står for en betydelig andel av ulykker til sjøs. Tallene varierer fra 60 % til 90 % [55]. FSA studien som ble levert av Norge i 2013 refererte til 65 %, mens årsaksanalysen 2022 knytter 75 % av ulykker til feilhandlinger av broteamet [44]. En oversikt fra EMSA viser at for 65 % av de registrerte ulykkene er den viktigste medvirkende årsaken en menneskelig feilhandling [55].

En studie av Vos, J et.al, presentert i en artikkel fra 2021, konkluderer med at det ikke finnes noen studier som har kvantifisert hvor stor prosentandel av ulykkene som kan forhindres med autonome skip. Det pekes på at vanskeligheten med å estimere reduksjonen kan delvis tilskrives at en ulykke ofte ikke er et resultat av bare menneskelig feil, men en kombinasjon av flere årsaker. Det er også uklart hvilken del av de rapporterte menneskelige feilene som faktisk kan løses av et autonomt system [55].

²⁷ 50 % av 4 % av revidert verdi på feilhandling etter S1-S4 på 64 %.

I en tenkt fremtid hvor skipsfarten potensielt domineres av autonome skip kan ulykkeshyppigheten i beste fall være vesentlig redusert, men at andre risikoelementer kan være mer fremtredende; som softwareoppdateringer, systemintegrasjon, beregningsalgoritmer og feilkoding, manglende verifikasjon, samt samhandling med ikke-autonome skip. Sistnevnte må her fremheves, da det i uoverskuelig fremtid vil være snakk om sameksistens mellom autonome og konvensjonelle fartøy. Dette er et område det er forsket, og fortsatt må forskes, på for å besørge sjøsikkerheten i den kommende sameksistensen. Et eksempel er doktoravhandling 2020:412 ved NTNU «A systems perspective on maritime autonomy - The Vessel Traffic Service's contribution to safe coexistence between autonomous and conventional vessels».

Kystverket bidrar allerede til å gjøre Norge til en ledende nasjon i utprøvingen av autonome løsninger for sjøtransport gjennom å være med på forskning, samt legge til rette for testområder for autonome fartøy. Sjøfartsdirektoratet og Kystverket godkjente nylig sjøområdet Sletta, Smedasundet og Karmsundet som nå blir nye testområder for fjernstyrte teknologier og autonome fartøy i Norge. Trondheimsfjorden, Storfjorden på Sunnmøre og Horten er allerede etablert som testområder.

4.9 Utdyping

Fysiske farledstiltak innebærer å sprengte bort grunner, fjerne skipsvrak eller mudre. Hensikten er å gjøre farledene mer sikre ved å fjerne grunnstøtingsfarer og/eller å øke fremkommeligheten. Økt fremkommelighet skjer ved at farledenes kapasitet øker slik at større fartøyer kan ferdes der. Effekten av tiltaket må vurderes i hvert enkelt tilfelle ved hjelp av en risikovurdering av trafikk, seilingsmønster og dybdeforhold i det enkelte området, samt at tiltaket må sees i sammenheng med kapasitetsrestriksjoner. I kvantitative farledsanalyser benyttes programvaren IWRAP for beregning av lokal sjøsikkerhetseffekt, basert på dybdekurver før og etter, samt endringer i skipstrafikken.

Mudring av innseiling Borg er et godt eksempel på gjennomført tiltak for å bedre seilingsforholdene. En utvidet farled gir skipstrafikken mer plass til å seile i det trange farvannet. Mudring i havneområder kan også være et effektivt risikoreduserende tiltak. Mudring av farleder vil imidlertid være et tiltak som kan trenge vedlikehold (dersom tilsig av masse), og kost-nyttene i et lenge tidsperspektiv må vurderes.

En bredere farled kan også være med på å redusere kollisjonsrisikoen, og åpne opp for muligheten for å benytte separate fartøysløp. Fysiske farledstiltak som utdyping og mudring kan imidlertid bidra til økt trafikk, både med antall passeringer og større fartøy, som igjen kan øke totalrisikoen. Dersom slike negative virkninger identifiseres, må avbøtende tiltak vurderes.

Det er ikke funnet noen referansestudier som kvantifiserer den risikoreduserende effekten av å utbedre farleder.

4.10 Samlet effekt av tiltak

Det er foretatt en kortfattet kvalitativ vurdering av samlet effekt av sjøsikkerhetstiltakene som ligger innenfor Kystverkets portefølje. Internasjonale IMO-tiltak som AIS, brovaktalarm og ECDIS er allerede gjennomført og må hensyntas når en vurderer effekten av nye tiltak. Effekten av sjøsikkerhetstiltakene som er beregnet kan i utgangspunktet kun adderes dersom det ikke er avhengigheter eller om det er risikoreduksjoner i et tiltak som påvirker samme årsaksforhold i et annet tiltak. I rapporten risiko 2060, som er en delleveranse i Sjøsikkerhetsanalysen, er det gjennomført en kvantitativ analyse der det er beregnet samlet effekt av besluttede og mulige fremtidige tiltak frem mot år 2060. For ytterligere detaljer rundt disse beregningene henviser vi til nevnte rapport.

Navigasjonsinnretninger ligger som et viktig fundament i farledsinfrastrukturen, og effekten av merketiltak, samt utdypinger, vil sjelden være veldig avhengig av andre tiltak. Effekten vil i de fleste sammenhenger være like god for navigatører med og uten farledsbevis, som for fartøy som seiler med los, selv om det ble kommentert i kapittel 4.6.2 at det er indikasjoner på at det i kystfart og innaskjærs brukes mindre visuell/optisk og terrestrisk navigering blant navigatørene, og at man stoler mer på ECDIS.

Ser vi på avhengigheten av merketiltak til effekten av VTS, så kan denne være noe mer kompleks. VTS som nautiske veiledning, overvåking og organisering av skipstrafikken kan tenkes å ha en høyere effekt hvor farvannet i utgangspunktet er dårlig merket. Dette gjennom at trafikkleder aktivt bedriver veiledning og advarer om farer. Men også i



motsatt tilfelle, hvor farleden er godt merket, og det er et mer forutsigbart seilingsmønster, så kan dette støtte trafikklederne i å identifisere situasjoner som avviker fra normaleseilas. En kan da potensielt oppnå en høyere samlet effekt. Det samme vil gjelde for anbefalte ruter og tiltak med trafikkseparasjoner.

For VTS, kan også effekten antas å være ulik dersom los er ombord i fartøyet, sammenlignet med samme fartøy uten los. Dette fordi en i utgangspunktet kan oppnå bedre kommunikasjon med trafikkleder, samt at losen kommer inn som ekstra ressurs på broen og en får tettere nautisk beslutningsstøtte, sammenlignet med en trafikkleder over samband.

5 REFERANSER

- /1/ Kystverket (2022) *Virkemidler i sammenheng*. 1.mai 2022.
- /2/ Kystverket (2023). *AIS Norge*. <https://www.kystverket.no/navigasjonstjenester/ais/ais-artikkelside/>
- /3/ IMO (2022). *AIS transponders*. <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/AIS.aspx>
- /4/ Kystverket (2023) *Navigasjon for lostjenesten*.
- /5/ M. Lutzen and P. Friis Hansen. *Reducing Effect of AIS Implementation on Collision Risk*. Maritime Engineering, Department of Mechanical Engineering, Technical University of Denmark.
- /6/ TØI (2015) *Alternative forståelser av risiko og eksponering*. TØI rapport 1449/2015. Oslo, desember 2015.
- /7/ Elvik, R. (2015b). *Some implications of an event-based definition of exposure to the risk of road accident*. Accident Analysis & Prevention, 76, 15-24. doi:
- /8/ Hakamies-Blomqvist, L., Raitanen, T., & O'Neill, D. (2002). *Driver ageing does not cause higher accident rates per km*. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 5(4), 271-274.
- /9/ L. Gucma & K. azuga (2020). *Analysis of the Impact of Exemption from Pilotage for 75m and 90m Long Vessels on the Fairway Swinoujcie-Szczecin*. The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. Volume 13, Number 3, September 2019, DOI: 10.12716/1001.13.03.20. Maritime University of Szczecin, Szczecin, Poland.
- /10/ Torkelsen, Kuosmanen & Engelschøin (2019). *Varsling av grunnstøtinger ved hjelp av dynamiske risikoovervåkningssystem*. Bacheloroppgave innen studium for nautikk ved NTNU. 30.05.2019.
- /11/ TAÿAN (2019) *Ship Transitions from Turkish Straits and Analysis of Transition Times*
- /12/ Gursoy (2019) *Analysis of Ships' Accidents and Defects at Istanbul Strait*, Master's Thesis
- /13/ IMPA (2022) *Maritime Pilots and Pilotage - Quantifying the Value of Maritime Pilotage*. Presentert av Dr. Edwin Kraft
- /14/ Park Y.A, Yip T.L & Park H.G (2019) *An Analysis of Pilotage Marine Accidents in Korea*. The Asian Journal of Shipping and Logistics. Volume 35, Issue 1, March 2019, Pages 49-54.
- /15/ Be-Aware (2014). *Technical Sub-report 5: Existing and decided risk reducing measures*. 19-02-2014.
- /16/ Kystverket (2023) *Los og farledsbevis*. Kystverkets hjemmesider.
- /17/ Kystverket (2023) *Virkning av Los og Farledsbevis - Kvantitativ effektanalyse*. Versjon 2. 18.08.2023.
- /18/ DNV (2013) *Utredninger for Losutvalget: Analyse av skipstrafikk, ulykkesstatistikk, los relaterte aktiviteter og sjøsikkerhetstiltak*. Rapport nr./DNV Referanse nr.: 2012-1479/14XQDLA Rev.4, 2013-05-16.
- /19/ Lentz A. and Kroon I. B., 2009. *Risk reducing effect of pilotage (Turkey)*.
- /20/ Lappalainen J., Kunnaala V., Nygren P & Tapaninen U. (2011) *Effectiveness of pilotage*
- /21/ DNV (1999), "Risk Assessment of Pollution from Oil and Chemical Spills in Australian Ports and Waters", Det Norske Veritas Project 9330-3972, December 1999.
- /22/ Lov om havner og farvann (havne- og farvannsloven)

- /23/ Kystverket (2015). *Generelle kommentarer til rapporten (Sjøsikkerhetsanalysen 2014)*
- /24/ SSPA (2012), *Summary Report on Evaluating VTS and Pilotage as Risk Reduction Measures*. Efficiency Sea project, document W-WP6-5-04, January 2012.
- /25/ Commission of the European Communities (CEC) (1988). *Cost-301, Shore-Based marine Navigation Aid System*, The Directorate General, Transportation, CEC, Luxemburg.
- /26/ USCG (1991), *Port Needs Study (Vessel Traffic Services Benefits)*. United States Coast Guard, Washington DC.
- /27/ Det Norske Veritas, *Demonstration of Risk Analysis Technique for Ship Transportation in European Waters*, Safety of Shipping in Coastal Waters (SAFECS), Det Norske Veritas Project 98-2021, July 1998.
- /28/ Innovasjonsmiljø (1994), *Trafikksentral for Rogaland. Samfunnsmessig nytte-/kostanalyse*.
- /29/ Asplan Viak, *Trafikksentral for Oslofjorden: Samfunnsmessig nytte-/kostnadsvurdering*.
- /30/ TØI (2003) *Trafikksentral for Nord-Norge - Samfunnsøkonomisk analyse*.
- /31/ Losutvalget (2013). *NOU 2013:8 Med los på sjøsikkerhet - Losordningens omfang, organisering og regelverk*. Utredning fra utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon 2. mars 2012. Avgitt til Fiskeri- og kystdepartementet 10. juni 2013.
- /32/ Møtereferat - Arbeidsmøte Virkningsanalysen – Sjøsikkerhetsanalysen 2022. M.ref.Nr.: MADZ028WT. Dato 10.10.22
- /33/ Store norske leksikon (2023) *ECDIS (kartplotter)*
- /34/ Sjøfartsdirektoratet (2022) *Læring av hendelse – Bruk av ECDIS-kart og ruteplanlegging*
- /35/ *WORK PROGRAMME. Bridge navigational watch alarm system (BNWAS)* MSC. 81/23/2 19 October 2005. Note by the Bahamas and Denmark
- /36/ *CARRIAGE REQUIREMENTS FOR A BRIDGE NAVIGATIONAL WATCH ALARM SYSTEM*. Submitted by Japan. NAV 53/INF.8. 18 May 2007.
- /37/ Sjøfartsdirektoratet (2006). *FUNKSJONSKRAV FOR BROVAKTALARM*. 28.06.06 Saksnr.: A-199718573 GLO. Gjelder til: 1. juli 2011. Opphever: Rundskriv serie F 6/97 Referanse til: Forskrift av 11. februar 1997 nr 127 om navigasjonshjelpemidler og broarrangementer på fiske- og fangstfartøy § 11 RSV-6/2006.
- /38/ *CARRIAGE REQUIREMENTS FOR A BRIDGE NAVIGATIONAL WATCH ALARM SYSTEM*. Submitted by Denmark NAV 53/6 20 April 2007.
- /39/ *Forskrift om navigasjon og navigasjonshjelpemidler for skip og flyttbare innretninger*. Sist endret FOR-2022-06-28-1234 fra 01.07.2022
- /40/ COWI (2012). *Project on sub-regional risk of spill of oil and hazardous substances in the Baltic Sea (BRISK)*. Admiral Danish Fleet HQ, National Operation, Maritime Environment Model report: Part 4 - Frequency and quantity of spill of oil and hazardous substances
- /41/ Møte med Tormod Våga (Trafikksentralsjef) og Ole Kristian Klausen (Trafikkleder) ved Kvitsøy VTS hos DNV 2015-05-06.
- /42/ Kystverket (2023) *VTS hendelsesregister for ulykker og uønskede hendelser rangert i kategorien høy*.

- /43/ Kystverket (2023) *Merkingen av norskekysten*
- /44/ DNV (2023) *Årsaksanalyse for ulykker med los og farledsbevis*. Rapport Nr.: 2023-0259.
- /45/ DNV (2023) *Interessentanalyse for innspill til forebyggende sjøsikkerhetstiltak*. Rapportnr.: 2022-1160.
- /46/ DNV (2014) *Sjøsikkerhetsanalysen 2014*. Samlerapport (syntese) med tekniske bakgrunnsrapporter.
- /47/ DNV (2023) *Statistikk over navigasjonsulykker med fartøy i norske farvann*. Rapport Nr.: 2023-0335
- /48/ Kystverket (2014) *Sjøsikkerhetsanalysen - Kystverkets oppsummering med vurderinger og anbefalinger*. Versjon 3
Dato: 19.11.2015
- /49/ Kystverket (2020) *Kystverkets forslag til prioritering av ressurs-bruk i perioden 2022-2033*. Mars 2020.
- /50/ Kystverket (2023) *e-navigasjon* <https://www.kystverket.no/om-kystverket/forskning-og-utvikling-fou/e-navigasjon/>
- /51/ DNV rapport nr. 2004-0778, Rev. 01., 2004. *Skipstrafikk langs norskekysten. Analyse av miljørisiko*.
- /52/ DNV (2020) *Nytteeffekter for digitalisering av Maritime Service Portfolios*. SØA AVROP NR. 70 SØA E-NAV MSP.
Rapportnr.: 2020-0213 Rev. 2.
- /53/ Hong, S. (2015) *A study on the effects of e-navigation on reducing vessel accidents*. World Maritime University
- /54/ NAV 59/6 31, May 2013. *DEVELOPMENT OF AN E-NAVIGATION STRATEGY IMPLEMENTATION PLAN*. Report of the Correspondence, Group on e-navigation to NAV 59. Submitted by Norway
- /55/ Vos, J. et.al (2021) *The Impact of Autonomous Ships on Safety at Sea – A Statistical Analysis*. Reliability Engineering & System Safety, Volume 210, June 2021, 107558
- /56/ DNV (2022) *Årsaksanalyse av grunnstøtinger og kollisjoner i norsk farvann*. Rapport Nr.: 2022-1236.
- /57/ Cecilie Valderhaug, Trond Ski (2018). *Sjøtrafikksentraler og overvåkingsevne*. Prosjektoppgave i Risiko, Sikkerhet og Sårbarhet, 2018. Universitetet i Stavanger
- /58/ Kystverket: Hva er AIS? https://havbase.kystverket.no/havbase_report/doc/AIS.pdf

VEDLEGG A: ANALYSE AV ULYKKESUTVIKLING I VTS-OMRÅDENE

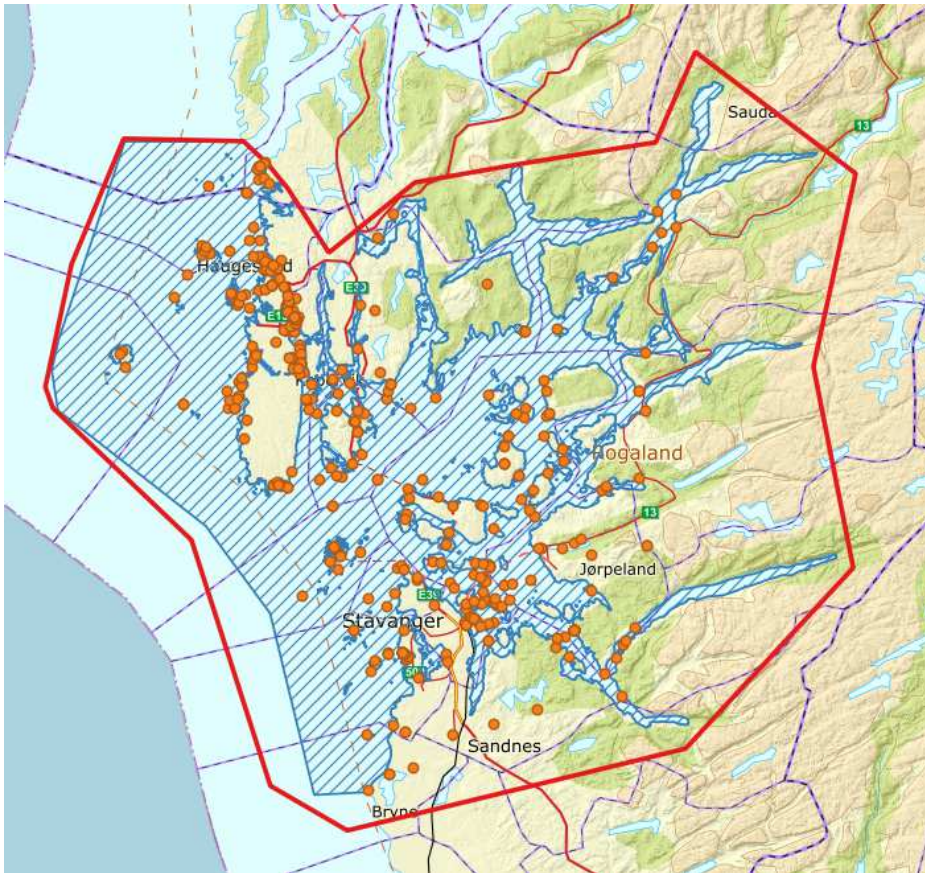
Som del av Sjøsikkerhetsanalysen ble det gjennomført en analyse av DNV for å forsøke å beregne virkningen VTS har hatt på antallet registrerte navigasjonsulykker. Dette ble gjort ved å sammenligne antall ulykker før og etter etableringen av VTS, innenfor hvert av sjøtrafikksentralområdene.

For å analysere ulykker før og etter ble ulykkesdata filtrert geografisk, slik at de kun inneholdt ulykker innenfor tjenesteområdet til hver enkelt sjøtrafikksentral. Dette ble gjort ved å lage en polygon per sjøtrafikksentral, som da inneholdt hele tjenesteområdet. Disse polygonene ble også noe tilpasset for å inkludere ulykker som av ulike grunner ikke har ligget innenfor tjenesteområdet til sjøtrafikksentralen. Dette skjer for eksempel på grunn av feilregistrert posisjonsdata for ulykken i SDU, slik at den eksempelvis havner på land. I tillegg ble alle skip under 24 meter filtrert ut, da disse ikke har meldeplikt til sjøtrafikksentralene. Det ble deretter sammenlignet antall ulykker før og etter innføringen av sjøtrafikksentralen. I analysen av sjøtrafikksentralene har det ikke vært mulig å benytte alvorlige ulykker, da antallet alvorlige ulykker innenfor hver sjøtrafikksentrals tjenesteområde har vært for lavt.

Det var kun mulig å utføre denne analysen for Kvitsøy, Fedje og Horten sjøtrafikksentraler. Brevik VTS ble opprettet før SDU, og det foreligger dermed ingen ulykkesstatistikk før/etter opprettelsen. For Vardø sjøtrafikksentral var det etter filtrering kun fem registrerte ulykker innenfor tjenesteområdet, hvorav alle disse var registrert etter innføringen av sjøtrafikksentralen. Vardø sjøtrafikksentral overvåker også all tankskip- og annen risikotrafikk langs norskekysten. Kinn sjøtrafikksentral ble først operativ den 1. juni 2021, og det var dermed veldig begrenset med ulykkesdata for dette tjenesteområdet.

Det må bemerkes at Kystverket har en oppfatning av at rapporteringstilbøyeligheten, særlig av mindre alvorlige, ulykker i et område øker når det etableres en trafikkentral som overvåker området og at dette bidrar til at etter-tallene for mindre alvorlige ulykker antagelig er større enn de ville ha vært uten at trafikkentralen ble etablert.

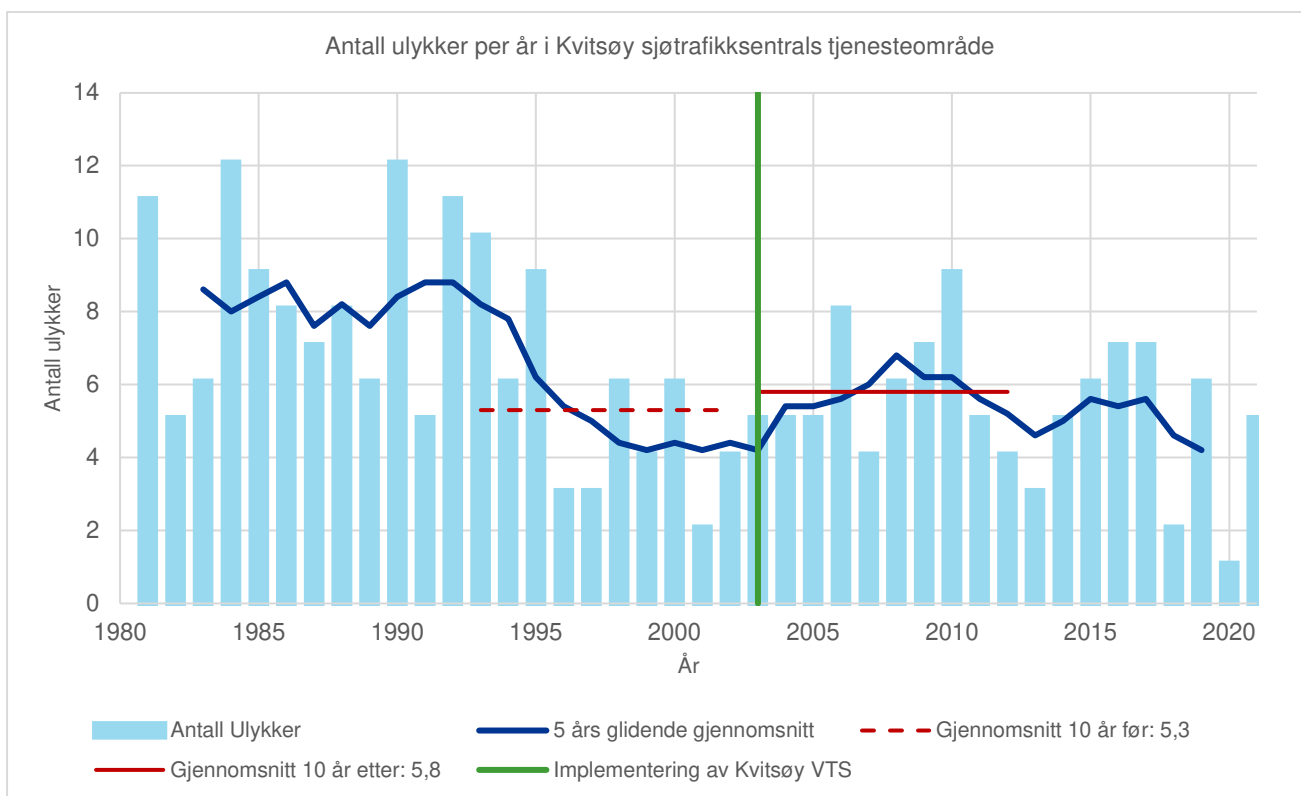
Kvitsøy sjøtrafikksentral



Figur 0-1 Kvitsøy sjøtrafikksentrals tjenesteområde med ulykker og avgrensende polygon

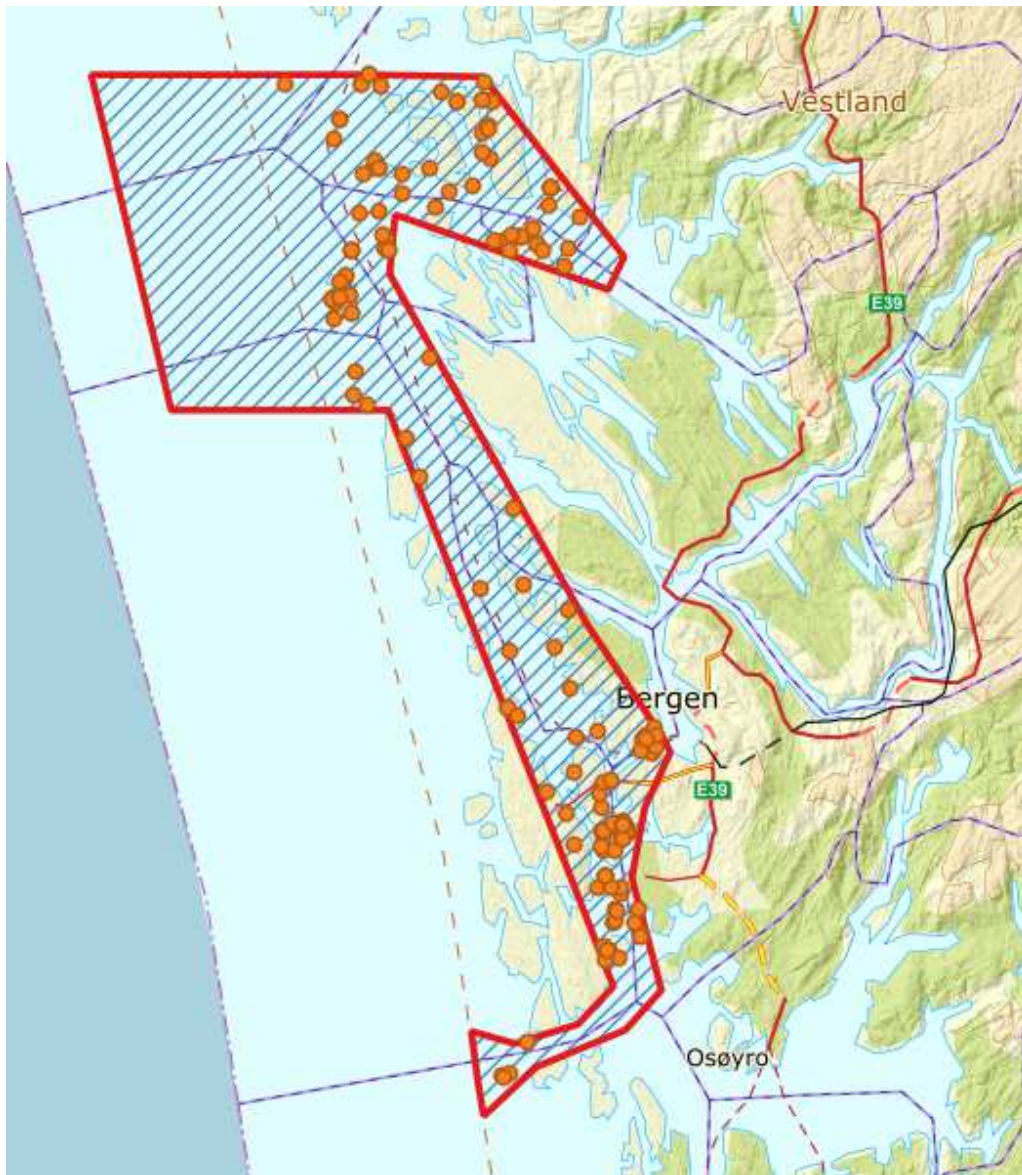
Innenfor Kvitsøy sjøtrafikksentrals tjenesteområdet er det registrert 253 ulykker siden 1981. 153 av disse skjedde før opprettelsen av sjøtrafikksentralen i 2003, og de resterende 100 har skjedd siden. Figuren under viser antall registrerte ulykker per år i Kvitsøy sjøtrafikksentrals tjenesteområde, med et 5 års glidende gjennomsnitt for å tydeliggjøre trenden. Innføringsåret for Kvitsøy sjøtrafikksentral er markert i grønt, og de to røde strekene viser tiårsperiodene før og etter innføringsåret 2003. Disse danner grunnlaget for snittet før og etter, som gir oss en endring i ulykker.

Ved å benytte snittene 10 år før og 10 år etter innføringsåret for Kvitsøy sjøtrafikksentral gir det en økning i antall ulykker på rundt 9 %.



Figur 0-2 Antall registrerte ulykker i Kvitsøy sjøtrafikksentrals tjenesteområde, med innføring av Kvitsøy sjøtrafikksentral

Fedje sjøtrafikksentral

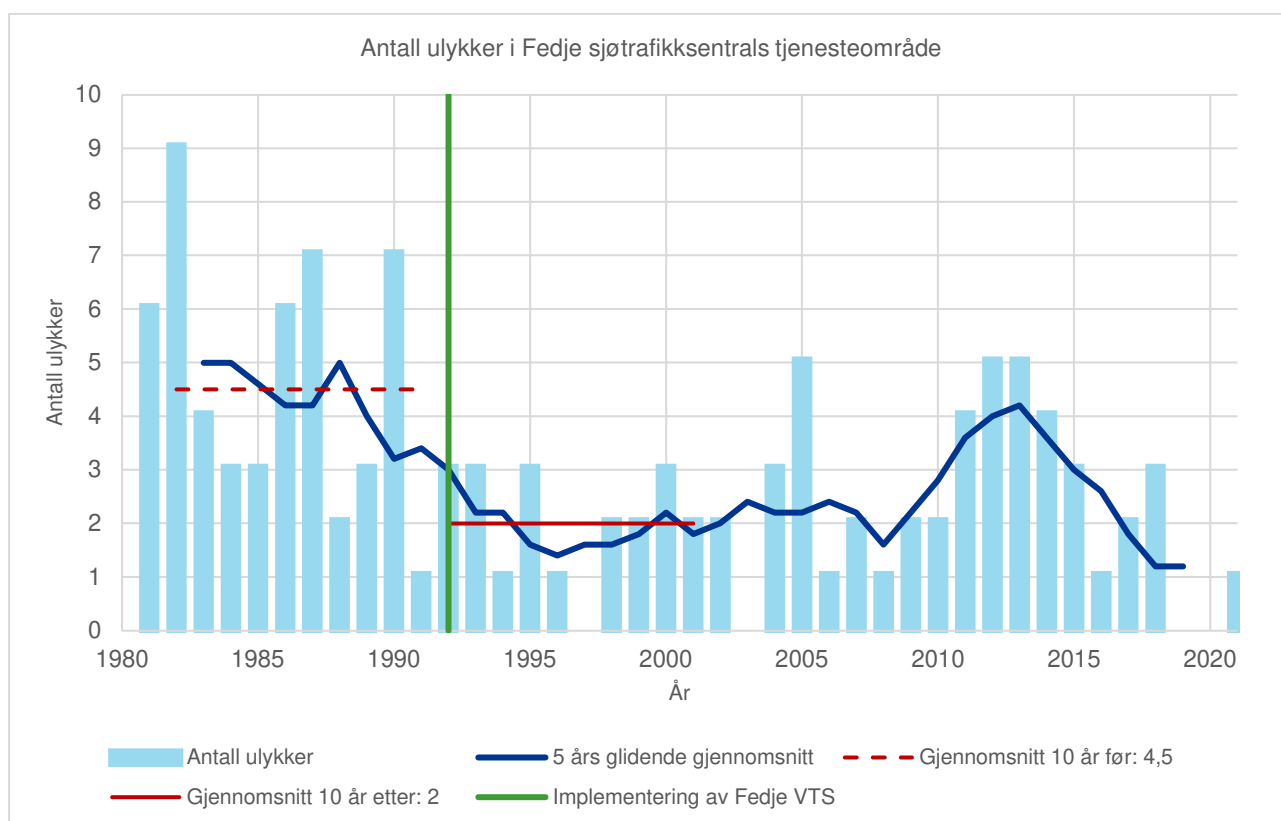


Figur 0-3 Fedje sjøtrafikksentrals tjenesteområde med ulykker og avgrensende polygon

Innenfor Fedje sjøtrafikksentrals tjenesteområdet er det registrert 117 ulykker siden 1981. 51 av disse skjedde før opprettelsen av sjøtrafikksentralen i 1992, og de resterende 66 har skjedd siden. viser antall registrerte ulykker per år i Fedje sjøtrafikksentrals tjenesteområde, med et 5 års glidende gjennomsnitt for å tydeliggjøre trenden. Innføringsåret for Fedje sjøtrafikksentral er markert i grønt, og de to røde strekene viser tiårsperiodene før og etter innføringsåret 1992. Disse danner grunnlaget for snittet før og etter, som gir oss en endring i ulykker.

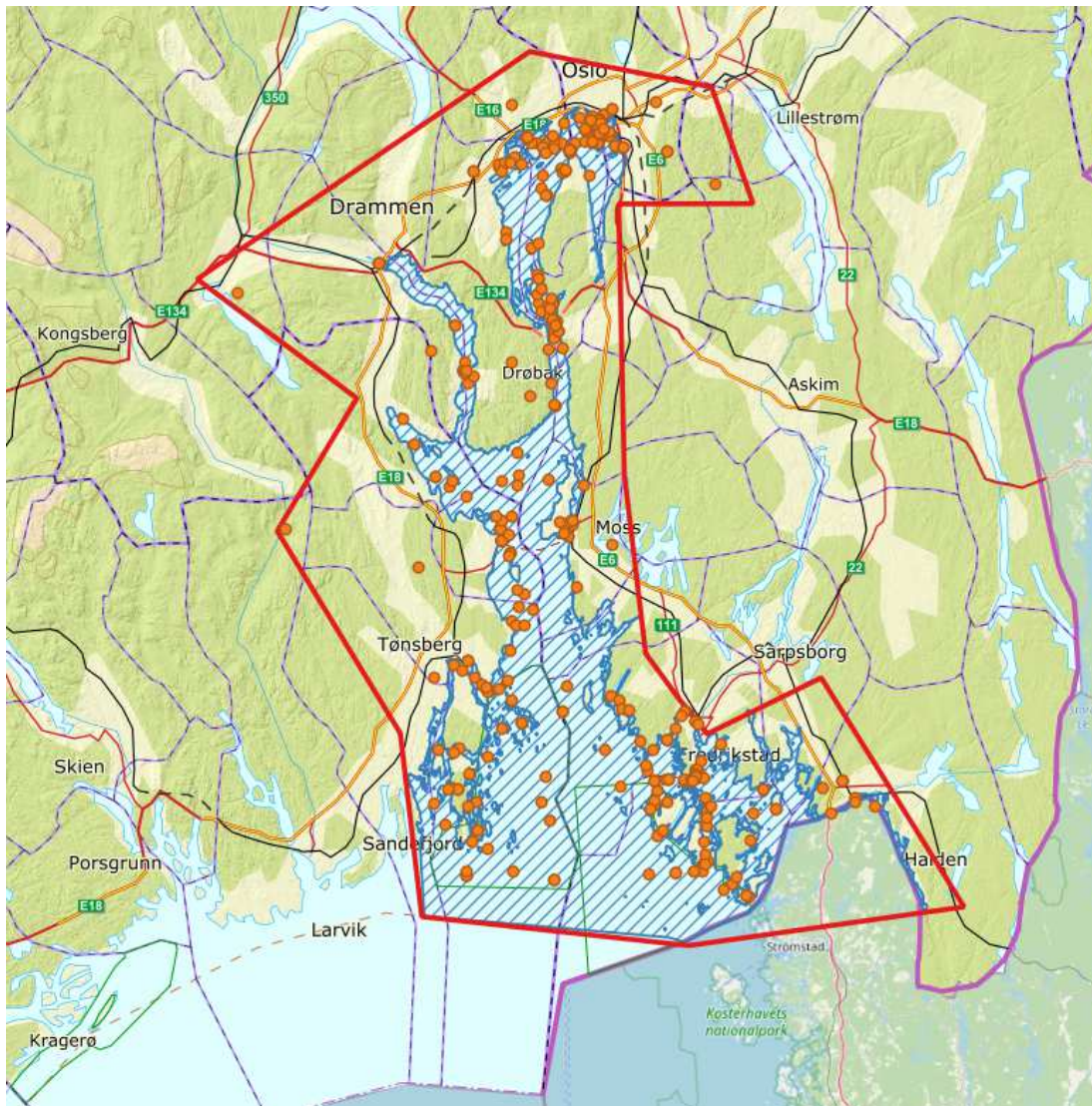
Ved å benytte snittene 10 år før og 10 år etter innføringsåret for Fedje sjøtrafikksentral gir det en reduksjon i antall ulykker på rundt 55 %.

Merk at både Horten og Fedje VTS hadde en nedadgående ulykkes-trend (i VTS-områdene) også i årene før innføring.



Figur 0-4 Antall registrerte ulykker i Fedje sjøtrafikksentrals tjenesteområde, med innføring av Fedje sjøtrafikksentral

Horten sjøtrafikksentral



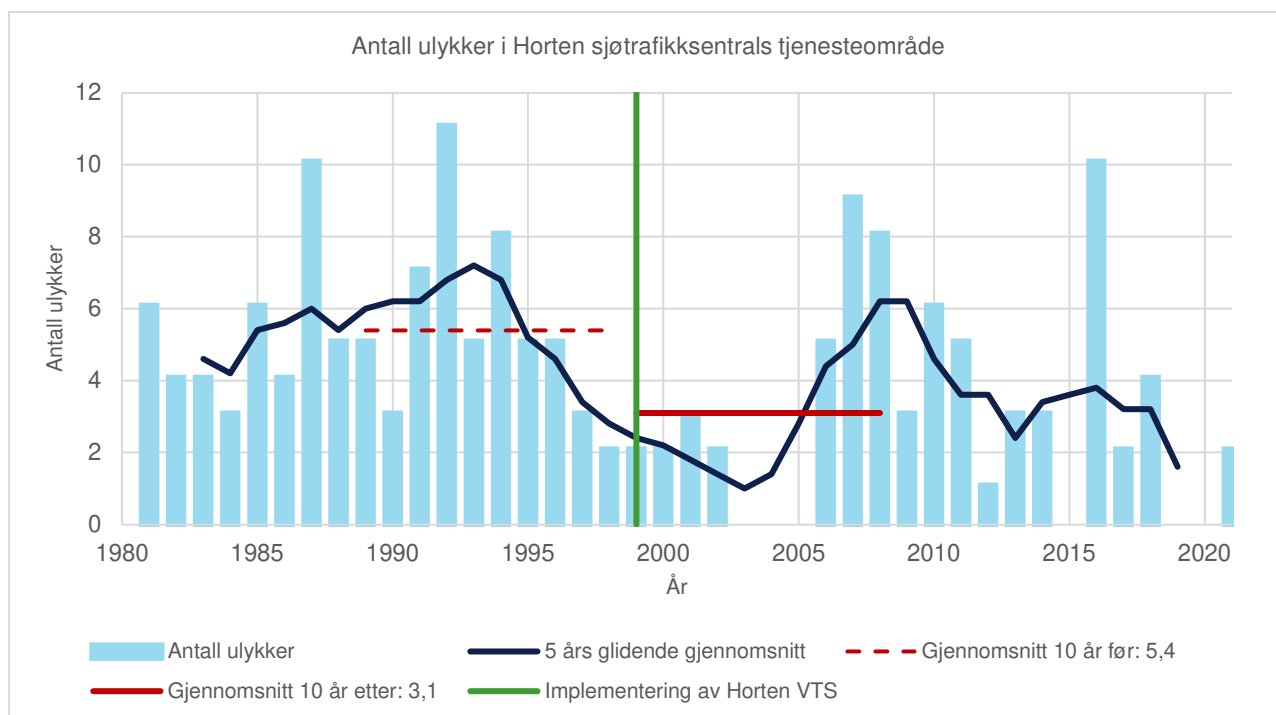
Figur 0-5 Horten sjøtrafikksentrals tjenesteområde med ulykker og avgrensende polygon

Horten sjøtrafikksentral ble etablert i 1999 og har som ansvar å overvåke og organisere skipstrafikken i farvannet fra Færder og inn til Oslo. Sentralens tjenesteområde er vist i figuren.

Innenfor Horten sjøtrafikksentrals tjenesteområdet er det registrert 166 ulykker siden 1981. 96 av disse skjedde før opprettelsen av sjøtrafikksentralen i 1999, og de resterende 70 har skjedd siden. Figuren under viser antall registrerte ulykker per år i Horten sjøtrafikksentrals tjenesteområde, med et 5 års glidende gjennomsnitt for å tydeliggjøre trenden. Innføringsåret for Horten sjøtrafikksentral er markert i grønt, og de to røde strekene viser tiårsperiodene før og etter innføringsåret 1999. Disse danner grunnlaget for snittet før og etter, som gir oss en endring i ulykker.

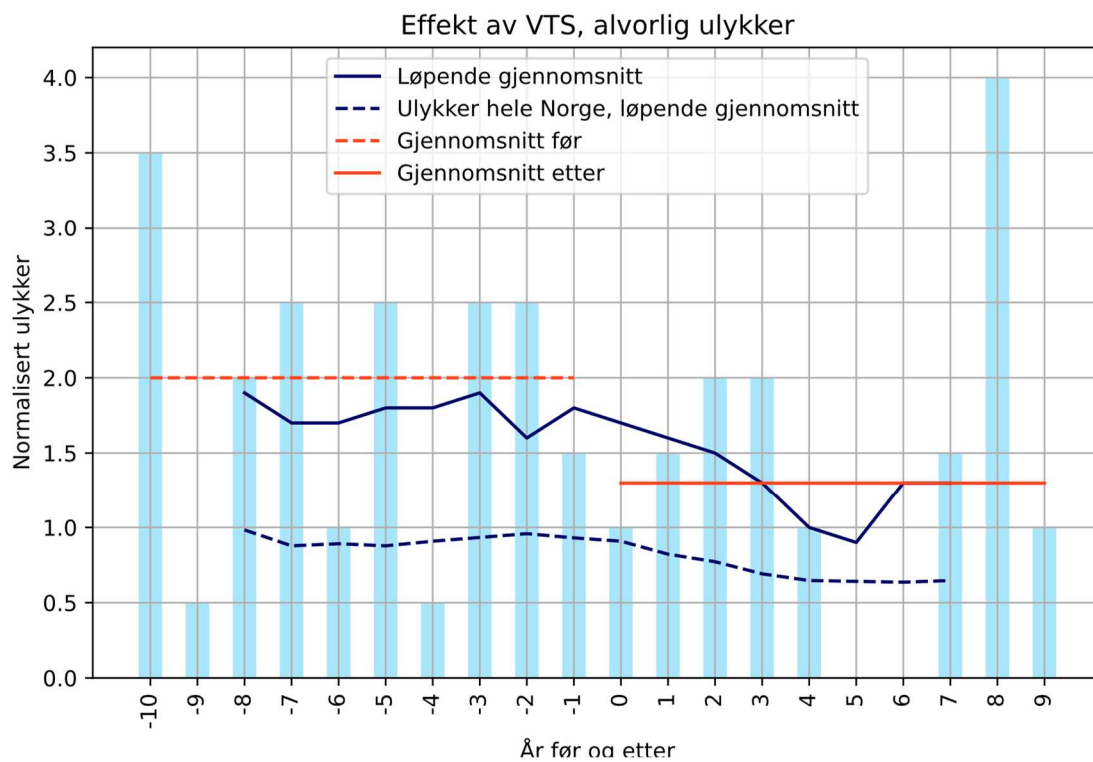
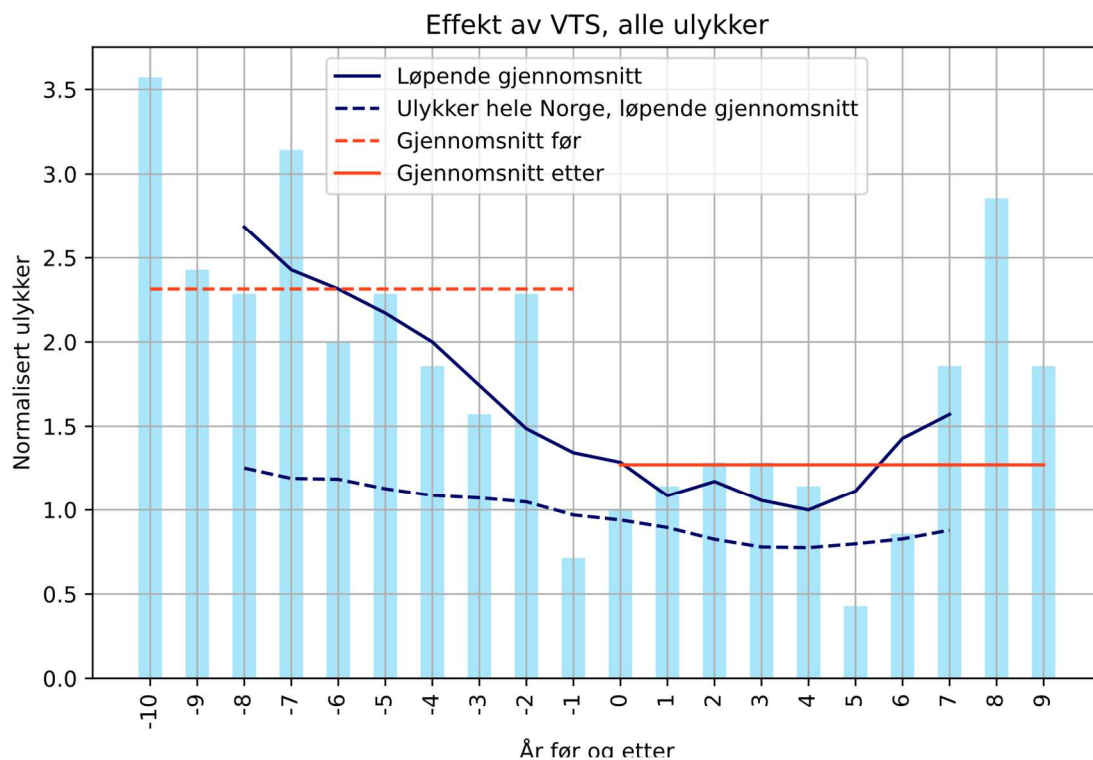
Ved å benytte snittene 10 år før og 10 år etter innføringsåret for Horten sjøtrafikksentral gir det en reduksjon i antall ulykker på rundt 44 %.

Merk at både Horten og Fedje VTS hadde en nedadgående ulykkes-trend (i VTS-områdene) også i årene før innføring.



Figur 0-6 Antall registrerte ulykker i Horten sjøtrafikksentrals tjenesteområde, med innføring av Horten sjøtrafikksentral

Samlet resultat for de tre analyserte sjøtrafikksentralene



VEDLEGG B: ANALYSE AV EFFEKT AV MERKETILTAK

År	Område	Grunnstøt		
		Før	Etter	endring
2015	Finnsnesrenna	1,27	0,33	-74,0 %
2015	Feøy til Storøya	0	0,33	
2017	nekkøyosen til stabben	0,45	0,5	11,1 %
2011	hurtigbåtmerking nordøst måløy	0	0,1	
2014	løperen	0,55	0,29	-47,3 %
2017	oslofjorden	2,09	1,25	-40,2 %
2017	vågsfjorden	0,18	0,25	38,9 %
		Før	Etter	aggregert effekt
	sum	4,54	3,05	-32,8 %
				Standardavvik
				46,04 %

081

VEDLEGG C: EFFEKT AV MERKETILTAK I NTP 2025-2036

Strekn ing	Regio n	Tiltakspakkenavn	Tiltaks- pakke	Analyse- område	Tiltaks- alternativ	Vanskelighet sgrad	Merkeeffekt_ prosent
1	Sørøst	Larvik - Færder, indre hovedled	1	1	1	Middels	8,91
1	Sørøst	Færder	2	1	1	Vanskelig	5,71
1	Sørøst	Færder	2	2	1	Vanskelig	5,71
1	Sørøst	Færder	2	3	1	Vanskelig	5,71
1	Sørøst	Færder	2	4	1	Vanskelig	5,71
1	Sørøst	Håøya	4	2	1	Middels	4,5
1	Sørøst	Innseiling Moss	5	1	1	Middels	7,21
1	Sørøst	Innseiling Halden	6	1	1	Vanskelig	8,91
2	Sørøst	Gjennomseiling Torsbergrenna	9	1	1	Middels	4,5
2	Sørøst	Innseiling Arendal	10	1	1	Middels	
3	Sørøst	Vestergapet og ullerøysund	12	1	1	Middels	15,03
3	Sørøst	Vestergapet og ullerøysund	12	2	1	Middels	6,84
4	Vest	Innseiling Stavanger	13	1	1	Middels	4,22
4	Vest	Karmsundet-Innseiling Husøy indre havn-Våråvågane	14	1	1	Middels	4,5
4	Vest	Karmsundet-Innseiling Husøy indre havn-Våråvågane	14	2	1	Vanskelig	4,5
4	Vest	Feistein-Tungenes	15	1	1	Middels	4,5
5	Vest	Nordlig innseiling Haugesund	16	1	1	Vanskelig	4,5
5	Vest	Innseiling Vågen (120 m)	21	1	1	Middels	
5	Vest	Mortingbåene	26	1	1	Vanskelig	4,22
5	Vest	Innseiling Florø	27	1	1	Vanskelig	
6	Vest	Florø-Frøysjøen	28	1	1	Middels	4,22
7	Vest	Skatestraumen-Fåfjorden-Vågsfjorden-Måløy sør	29	1	1	Vanskelig	5,71
7	Vest	Skatestraumen-Fåfjorden-Vågsfjorden-Måløy sør	29	2	1	Vanskelig	5,71
7	Vest	Skatestraumen-Fåfjorden-Vågsfjorden-Måløy sør	29	3	1	Vanskelig	1,67
7	Vest	Ulvesundet-Sildefjorden	30	1	1	Vanskelig	5,71
7	Vest	Ulvesundet-Sildefjorden	30	2	1	Vanskelig	7,55
8	Midt	Innseiling vest Ålesund	32	1	1	Vanskelig	
8	Midt	Innseiling vest Ålesund	32	1	2	Vanskelig	6
8	Midt	Røyrasund-Svædet	34	1	1	Vanskelig	4,5
11	Nordl and	Hummelråsa	38	1	1	Vanskelig	5
11	Nordl and	Dolmsundet	39	1	1	Vanskelig	5
11	Nordl and	Innseiling Mo i Rana	40	1	1	Middels	14,72
11	Nordl and	Innseiling Åsvær	45	1	1	Middels	10,79



11	Nordl and	Innseiling Åsvær	45	2	1	Middels	7,55
11	Nordl and	Innseiling Åsvær	45	3	1	Middels	7,55



Om DNV

DNV er et internasjonalt selskap innen kvalitetssikring og risikohåndtering. Siden 1864 har vårt formål vært å sikre liv, verdier og miljøet. Vi bistår våre kunder med å forbedre deres virksomhet på en sikker og bærekraftig måte.

Vi leverer klassifisering, sertifisering, teknisk risiko- og pålitelighetsanalyse sammen med programvare, datahåndtering og uavhengig ekspertrådgivning til maritim sektor, til olje- og gass-sektoren, og til energibedrifter. Med 80,000 bedriftskunder på tvers av alle industrisektorer er vi også verdensledende innen sertifisering av ledelsessystemer.

Med høyt utdannede ansatte i 100 land, jobber vi sammen med våre kunder om å gjøre verden sikrere, smartere og grønnere.