

2018:01451 - Åpen

Rapport

Sikkerhet og autonomi i norsk luftfart – utfordringer og muligheter

Forfatter

Tor Erik Evjemo





SINTEF Digital

Postadresse:
Postboks 4760 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 73593000

info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 919 303 808 MVA



Rapport

Sikkerhet og autonomi i norsk luftfart – utfordringer og muligheter

EMNEORD:
Sikkerhet
Luftfart
Automatisering
Autonomi

VERSJON
Endelig

DATO
2018-12-20

FORFATTER
Tor Erik Evjemo

OPPDRAGSGIVERE
Ludvig G. Braathens fond
NHO Luftfart
LO Luftfart

PROSJEKTNR
102016334

ANTALL SIDER:
56

SAMMENDRAG

Norsk luftfart er internasjonal og blir påvirket av globale bransjetrender og teknologisk utvikling. Luftfartstilsynet poengterer at flysikkerhetsarbeid fremover vil innebære å opprettholde dagens positive sikkerhetsstatistikk i en bransje som vil oppleve stadig vekst i årene fremover. For å møte fremtidens krav til miljø og sikkerhet er man avhengig av nye teknologier, og autonome og automatiserte transportløsninger er slik sett en viktig driver. I forskningen om autonom transport innen transportsektoren er imidlertid luftfart lite representert - fokus har også blitt flyttet for raskt mot å beskrive fullt ut *autonome* systemer, mens den viktige overgangsfasen der stadig flere funksjoner blir *automatiserte* har fått mindre oppmerksomhet. Denne rapporten beskriver erfaringer og kunnskap luftfartsbransjen har opparbeidet over mange år knyttet til forholdet sikkerhet og ulike grader av automatisering, samt peker på utfordringer og muligheter ved autonom luftfart i fremtiden. Rapporten består av litteraturstudie og intervjustudie. Litteraturstudien beskriver *automatiseringsparadokset* ved at økende grader av automatisering først og fremst har medført økt sikkerhet – imidlertid er forholdet automatisering og sikkerhet sammensatt hvor utfordringer ved sikkerheten kan sees i sammenheng med menneske-automatisering interaksjon, hvor Air France 447 havarier i 2009 er et eksempel. I intervjustudien med aktører i norsk luftfart sees mulighetsrommet fremover i et sikkerhetsperspektiv mot nødvendigheten av å avklare forutsetninger for design og menneskets rolle, samt hvordan fremtidige automatiserte/autonome system kan håndtere unormale og ukjente situasjoner. Rapporten beskriver forsknings og - bransje anbefalinger for videre arbeid.

UTARBEIDET AV
Tor Erik Evjemo

SIGNATUR



KONTROLLERT AV
Stig Ole Johnsen

SIGNATUR



GODKJENT AV
Anita Øren

SIGNATUR



RAPPORTNR
2018:01451

ISBN
978-82-14-06785-9

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Innholdsfortegnelse

Forord	6
1 Sammen drag	7
2 Ordliste	9
3 Bakgrunn og hvorfor forskning på sikkerhet og autonomi i norsk luftfart	11
4 Begrepsavklaring	11
5 Metode	11
Litteraturstudie – søkekriterier og koding av materiale	11
Intervjustudie – utvalg og analyse	13
Begrensninger ved metoden	13
6 Litteraturstudie	14
Luftfart og automatisering	14
Hvorfor automatisering	14
Historisk utvikling	14
3 nivåer for sosial interaksjon (handling) som utgangspunkt for automatisering	15
Tre typer automatisering (i luftfartøy)	15
Grader av automatisering, forholdet til autonomi og overgangsfaser i luftfarten	16
Automatisering og flysikkerhet	18
Sikkerhet: et sammensatt bilde	19
Automatisering og økt sikkerhet	21
Automatisering kan forhindre menneskelige feil	22
Automatisering og beslutningsstøtte	23
Forenklet kommunikasjon mellom lufttrafikkjeneste og luftfartøy	25
Erfaringsoverføring innad i luftfart og fra luftart til andre bransjer	26
Automatisering og sikkerhetsutfordringer	26
Grensene (i nesten helt trygge system) utfordres	26
Når automatisering medfører overraskelse	30
Tillit og automatisering	31
Hovedfunn litteraturstudie	32
7 Intervjustudie	34
Automatisering i dagens luftfart	34
Automatisering og økt sikkerhet	35
Automatisering og (sikkerhets)utfordringer	36

Automatisering i tiden fremover.....	38
Menneskets rolle.....	40
Kompetansebehov i fremtiden	41
Informasjonsdeling og erfaringsutveksling	42
Utfordrende å håndtere unormale situasjoner.....	44
Tillit (til automatisering og autonomi) er sammensatt	45
Ulike tidsbilder og rammevilkår	46
Hovedfunn intervjustudie	46
8 Oppsummering og anbefalinger	47
9 Referanser.....	50

Forord

Denne rapporten er skrevet med prosjektstøtte fra Ludvig G. Braathens fond, NHO Luftfart samt LO Luftfart – en stor takk for interesse og velvilje til å støtte denne typen FoU aktivitet. Prosjektet er motivert ut ifra at norsk luftfart innehar en særdeles god sikkerhetsstatistikk, noe som er spesielt relevant i en tid hvor begreper som digitalisering, autonomi og automatisering preger samfunnsdebatten herunder utvikling av nye transportformer. Forhåpentligvis vil denne rapporten bidra til et økt forskningsforankret fokus på mulighetene og utfordringene ved økende grader av automatisering og autonomi – og potensialet i å lære av erfaringer på tvers av transportsektorer. En takk går også til Stig Ole Johnsen ved SINTEF og NFR prosjektet "SAREPTA" for konstruktive samtaler, samt intervjustudiens informanter som velvillig stilte opp underveis i prosjektet og hvis verdifulle bidrag var helt avgjørende for prosjektets kvalitet og gjennomføring.

Trondheim, desember 2018

Tor Erik Evjemo

1 Sammendrag

Norsk luftfart er internasjonal og blir påvirket av globale bransjetrender og teknologisk utvikling. Luftfartstilsynet poengterer at flysikkerhetsarbeid og mål fremover vil innebære å opprettholde dagens positive sikkerhetsstatistikk i en bransje som ifølge prognosene vil oppleve en stadig vekst fremover. For å kunne møte fremtidens krav til miljø og sikkerhet er man avhengig av nye teknologier, og autonome og automatiserte transportløsninger er slik sett en viktig driver. I forskningen om autonom transport har imidlertid luftfarten blitt en "glemt" del av transportsektoren. Tatt i betraktning luftfartens historisk sett svært gode sikkerhetsstatistikk er dette uheldig. Fokuset i de ulike transportsektorene har også blitt flyttet for raskt mot å beskrive fullt ut *autonome* systemer, mens den viktige overgangsfasen der stadig flere funksjoner blir *automatiserte* har fått mindre oppmerksomhet. Denne rapporten beskriver erfaringer og kunnskap luftfartsbransjen har opparbeidet over mange år knyttet til forholdet sikkerhet og ulike grader av automatisering, samt peker på utfordringer og muligheter ved autonom luftfart i fremtiden. Rapporten består av litteraturstudie og intervjustudie.

Gjennom *litteraturstudien* beskrives *automatiseringsparadokset* ved at økende grader av automatisering først og fremst har medført økt sikkerhet – imidlertid er forholdet automatisering og sikkerhet sammensatt på lik linje med forholdet automatisering og autonomi. Økt sikkerhet som følge av økende grader av automatisering sees ofte i sammenheng med reduksjon av menneskelige feil, økt beslutningsstøtte samt forenklede kommunikasjonsrutiner - og prosesser. Samtidig ser man utfordringer for sikkerheten fortrinnsvis knyttet til menneske-automatisering interaksjon og målkonflikter, hvor Air France 447 havariet i 2009 er et eksempel. *Intervjustudien* med aktører i norsk luftfart ser økt sikkerhet som følge av automatisering i sammenheng med frigjort kapasitet til å planlegge fremover i tid, mens utfordringer beskrives som tekniske system designet uavhengig av hverandre, noe som kan gi motstridende informasjon til operatøren(e).

Mulighetsrommet fremover i et sikkerhetsperspektiv innebærer først og fremst å avklare overordnede spørsmål omkring forutsetninger for design og menneskets rolle i en stadig mer automatisert arbeidshverdag, og hvordan man bør håndtere begrensningene knyttet til økende grader av automatisering herunder et systems muligheter til å håndtere unormale og ukjente situasjoner. Rapporten beskriver forholdet menneskets beslutningsautoritet og automatisering som enten *formelt* eller *reelt* hvor avstanden i et sikkerhetsperspektiv bør være så liten som mulig.

Bransjefokus fremover:

- Trene (formalisere) på manuelle flygeferdigheter og unormale situasjoner i cockpit – konsultere f.eks. fagområdet Resilience Engineering mht. hvordan få mennesket inn i loopen når det uventede inntreffer
- Sikre samsvar mellom utvikling og forventninger – anerkjenne begrensningene ved ulike grader av automatisering
- Sikre tydelig fokus på interaksjonen menneske-automatisering i fremtidige ulykkesgranskninger gjennom f.eks. menneske-teknologi-organisasjon (MTO) profil
- Sikre nødvendig kompetanse for droneoperatører/aktører herunder regelverk for droners integrering i luftrommet
- Tilrettelegge for erfaringsoverføring på tvers av transportsektorer hvor det er hensiktsmessig
- Styrk tilliten til autonomi generelt i samfunnet men også innad i luftfarten

Forskningsfokus fremover:

- Økt forståelse av prinsipper for design mht. menneske-automatisering interaksjon (gjennomsiktige beslutningsvalg)
- Økt kunnskap om menneskets rolle og kompetansebehov i fremtidens automatiserte/autonome transportsystem

- Økt kunnskap for å forstå hvor grenseverdiene mellom menneske og automatisering ligger – bedre forstå hva den menneskelige begrensning innebærer i interaksjon med automatisering/autonomi
- Økt kunnskap om sikkerhetskritiske utfordringer som oppstår når automatiserte system motarbeider hverandre
- Analysere flyulykker med fokus mot hvordan automatisering/autonomi påvirker ulykkesbildet – f.eks. systematisk oversikt over 100 ulykker og undersøke hvorvidt automatisering/autonomi kunne ha redusert omfanget

Rapporten beskriver bransje og - forskningsanbefalinger for videre arbeid. Eksempler på bransjeanbefalinger er formalisering av hvordan trene på manuelle flygeferdigheter og unormale situasjoner i en stadig mer automatisert cockpit og sikre nødvendig kompetanse for droneoperatører/aktører herunder regelverk for droners integrering i luftrommet. Eksempler på forskningsanbefalinger er behov for mer kunnskap om hvor grenseverdiene mellom menneske og automatisering ligger, og behov for mer kunnskap mht. sikkerhetskritiske utfordringer som oppstår når automatiserte system motarbeider hverandre.

2 Ordliste

Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADSB): Overvåkningsteknologi hvor posisjonen til et luftfartøy avgjøres via satellittbasert navigasjon.

ASRS (Aviation Safety Reporting System): Frivillig og anonymt amerikansk rapporteringssystem hvor piloter og besetningsmedlemmer kan rapportere uønskede hendelser hvor hensikten er å bedre flysikkerheten.

ATM (Air Traffic Management): Overordnet beskrivelse av alle system som gir assistanse til luftfartøy under avgang, underveis eller ved landing.

Auto-throttle/auto-thrust: Et system for automatisk kontroll av motorkraft basert på enten på forhånd definert hastighet eller mode.

CDU (Control Display Unit): Enhet i cockpit som kontrollerer et luftfartøys FMS-system.

EGPWS (Enhanced Ground Proximity Warning System): Tilsvarende GPWS men gir samtidig informasjon om hindringer forut.

Fixed wing: Luftfartøy hvor løftet genereres fra vinger i motsetning til rotorbasert løftekraft (f.eks. helikopter).

Fjernstyrte tårn: Kameraer og sensorer overfører informasjon fra lokal flyplass til sentralisert tårntjeneste. Flere lufthavner drives fra et felles senter og en person håndterer trafikken til flere lufthavner samtidig.

Flight strip: Fysisk enhet som benyttes av lufttrafikkjentesten hvor informasjon om et bestemt luftfartøy/flygning skrives inn på papir.

FMS (Flight Management System): Interface mellom automatisering og pilot hvor flyets profil velges.

GA (General Aviation): Betegnelse brukt om allmennflygning og inkluderer luftfartøy som benyttes til privat-, sports- og rekreasjonsflygning, fortrinnsvis uten godtgjørelse.

GPWS (Ground Proximity Warning System): System som måler høyden fra flyet og ned til bakken ved hjelp av radiobølger.

ICAO (International Civil Aviation Organization): FN's luftfartsorganisasjon som utarbeider standarder for sikker luftfart mellom stater.

ILS (Instrument Landing System): Elektronisk innflygningshjelpemiddel - gjør det mulig å lande når værforhold forårsaker lav sikt. Systemet benyttes også selv om sikten er god. Systemet består av to uavhengige systemer hvor det ene sender ut informasjon om det horisontale planet (localizer) – det andre sender signaler i det vertikale (glideslope) planet. Kategori 3 innebærer at flyet lander selv – pilotene overvåker og kan avbryte.

IRS (Inertial Navigation System): Treghetsnavigasjon hvor man måler akselerasjon og rotasjon fra flere treghetssensorer for å bestemme et fartøys posisjon.

Lufttrafikkjeneste: Samlebetegnelse for flygeinformasjonstjeneste, alarmtjeneste og flygekontrolltjeneste. Sistnevnte omfatter også område, innflygnings – samt tårnkontrolltjeneste.

NDB (Non-directional beacon): Radiofyr som sender signaler - mottas i luftfartøy for å bestemme retning.

Non-precision approach: Benytter navigasjonssystem for avvik fra kurs men uten glidebaneinformasjon (VOR, NDB, LNAV).

NAS (National Airspace System): Luftrom, navigasjonsinfrastruktur og flyplasser i USA herunder regelverk, personell og utstyr.

Pilot flying: Ansvarlig pilot for å fly flyet i en to-pilots konfigurasjon. Den andre piloten benevnes "pilot monitoring" eller "pilot not flying".

Resilience Engineering: Systemperspektiv på sikkerhet hvor fokus ifølge Hollnagel, Woods og Leveson (2006) er hvordan man (individ, gruppe, organisasjon) tilpasser seg hendelser i forkant, underveis eller i etterkant på en slik måte at man opprettholder produksjon både under forventede samt uventede forhold.

RO3: Operatørklasse for operasjon av droner med egne krav til operasjonsmanual, organisasjon, fartøy og kompetanse. RO3 er Luftfartstilsynets høyeste klasse.

RVSM (Reduced Vertical Separation Minima): Program for reduksjon av standard vertikal separasjon mellom luftfartøy fra 2000 til 1000 fot fra og med flygenivå 290.

Situation Awareness/SA (situasjonsforståelse): Mica Endsley (1995) beskriver situasjonsforståelse som oppfattelse av elementer i ens omgivelser, forståelse av dette betyr, samt forventning om hva dette innebærer fremover i tid. Manglende situasjonsforståelse sees ofte i sammenheng med begrepet "out of the loop".

Steiling: Inntreffer når et luftfartøy mister løftet fra vingene som følge av for lav hastighet

Taleregistrator (Voice Recorder): Instrument som tar lydopptak i fly-cockpit og utgjør sammen med flyets ferdsskriver de såkalte "sorte boksene" som benyttes ved ulykkesgranskninger.

TCAS (Traffic Collision Avoidance System): System for å unngå kollisjon mellom luftfartøy under flygning. Systemet er uavhengig av lufttrafikkjenesten og gir advarsel til piloter om fly i nærheten.

UAS (Unmanned Aircraft System): Betegnelse brukt om hele (drone)systemet inkludert bakkestasjon og luftfartøy samt nødvendig tilleggsutstyr.

VFR (Visuelle flygeregler): Flygning under VFR-forhold innebærer værforhold tilsvarende eller bedre enn minstekrav, noe som betyr at man kan navigere uten hjelp av navigasjonsinstrumenter.

VOR (Very High Frequency Omni Directional Radio Range): Radionavigasjonssystem hvor en VOR-stasjon på bakken sender ut radiosignal som fanges opp av en mottaker i luftfartøy - gjør det mulig å fastslå retningen fra luftfartøyet til VOR-stasjonen.

Winglets: Aerodynamiske finner på enden av vingen – designet for å bedre ytelsen på de fleste moderne passasjerfly.

3 Bakgrunn og hvorfor forskning på sikkerhet og autonomi i norsk luftfart

Norsk luftfart er internasjonal og blir påvirket av globale bransjetrender og teknologisk utvikling. Samtidig er det et nasjonalt mål i norsk transportpolitikk å tilby et sikkert, effektivt, tilgjengelig samt miljøvennlig transportsystem som støtter opp under samfunnets behov samtidig som regional utvikling fremmes. Videre har man en visjon om at ulykker som resulterer i skadde og drepte i transportsektoren skal unngås (Regjeringen, 2017). Luftfartstilsynet poengterer at flysikkerhetsarbeid og mål fremover vil innebære å opprettholde dagens positive sikkerhetsstatistikk i en bransje som ifølge prognosene vil oppleve en stadig vekst fremover (Luftfartstilsynet, 2017). For å kunne møte fremtidens krav til miljø og sikkerhet er man avhengig av nye teknologier, og teknologi som innebærer autonome og automatiserte transportløsninger er slik sett en viktig driver. Autonom transport har allerede begynt å gjøre sin inntreden innenfor veitrafikk, sjøtransport og bane (metro). Innenfor vei har man forholdt seg til konseptet kooperative intelligente transportsystemer (C-ITS), herunder autonome kjøretøy og ulike typer sensorer. Autonome farkoster er allerede tatt i bruk i maritim sektor, for eksempel militære selvstyrte roboter til sjøs eller avansert kartlegging av sjøbunnen. Innenfor jernbane benytter man i dag ubemannede tog til å transportere mennesker, eksempel er metroen i København. Luftfart er den av transportsektorene som har minst erfaring med autonome transportsystemer. Imidlertid har man kommet langt når det gjelder fjernstyrte og ubemannede droner, noe Amazon.com illustrerer ved å levere pakker til sine kunder via droner. Det er imidlertid fortsatt usikkert når slike leveringer blir mulig i og med at lovverket i USA forutsetter at en operatør overvåker hver flyvning. I forskningen om autonom transport har imidlertid luftfarten blitt en "glemt" del av transportsektoren. Fokuset har også blitt flyttet for raskt mot å beskrive fullt ut *autonome* systemer, mens den viktige overgangsfasen der stadig flere funksjoner blir *automatiserte* har fått mindre oppmerksomhet.

Rapporten har følgende mål:

- Identifisere og systematisere sikkerhetserfaringer om ulike grader av automatisering i luftfart.
- Identifisere utfordringer og muligheter for sikker, autonom luftfart i Norge fremover.

4 Begrepsavklaring

Med *luftfart* menes forhold avgrenset til lufttrafikkjeneste, fixed wing luftfartøy, droner samt rammevilkår som påvirker ovennevnte i form av for eksempel myndighetsbestemte regelverk. Rapporten forholder seg til begrepet *sikkerhet* tilsvarende ICAO ved å fokusere på hvordan mulighetene for skade på mennesker og utstyr reduseres til et nivå tilsvarende eller lavere enn akseptabelt gjennom å kontinuerlig arbeide med å identifisere farer og redusere risiko (ICAO, 2011). I forskningslitteraturen behandles *autonomi* som begrep ulikt, noe som kan medføre uklarhet. Nært koblet til autonomi er automatisering og for eksempel avansert automatisering, noe som illustreres i figur 2. I rapporten sees *autonomi* i sammenheng med hvorvidt et system eller luftfartøy er i stand til å operere selvstendig og i takt med omgivelsene. *Automatisering* innebærer imidlertid for rapportens del et system eller luftfartøy som opererer i takt med omgivelsene gjennom bruk av ulike grader av automatiserte funksjoner, noe som innebærer et særskilt fokus på interaksjonen mellom automatisering og en eller flere menneskelige operatører. I den forbindelse og for praktiske formål vil rapporten fokusere hovedsakelig på ulike grader av automatisering knyttet til beslutnings – og handlingsvalg illustrert i tabell 1 (Parasumaran et al., 2000), også med tanke på å identifisere utfordringer og muligheter for sikker, autonom luftfart i Norge fremover.

5 Metode

Litteraturstudie – søkekriterier og koding av materiale

Første del av rapporten består av litteraturstudie identifisert gjennom et systematisk litteratursøk i databasen Scopus. Scopus er en vitenskapelig database som inneholder sammendrag og siteringshenvisninger til publisert materiale, hovedsakelig forskningsbaserte artikler i ulike forskningstidsskrifter. Databasen inneholder 23.700

fagfelleverderte tidsskrifter hvor 4000 er åpent tilgjengelig. Databasen inneholder for eksempel over 8 millioner konferanseartikler, og dekker naturvitenskapelige, tekniske, samfunnsvitenskapelige samt medisinske fag (Scopus, 2018). Litteraturstudiens primærkilde er materiale identifisert gjennom søk i Scopus. I tillegg benyttes vitenskapelige kilder identifisert gjennom primærlitteraturen, det kan være kildehenvisninger i selve teksten noe som utgjør litteraturstudiens sekundærkilde.

Søk i Scopus ble utført i flere omganger med ulike søkekombinasjoner. Alle søk ble gjennomført i januar 2018. Ved søk på "aviation and autonomy" var resultatet 159 treff. Samtidig ble det gjennomført søk med søkeordene "aviation safety and organization", noe som resulterte i 1214 treff. En videre avgrensing, det vil si søk innenfor ovennevnte treff og kun på "automation" ga 83 treff. Videre søk i Scopus på "aviation and automation" ga 1497 treff, mens "aviation safety and automation" ga 377 treff. Ved å utelate publikasjoner før 2000 stod det igjen 328 treff på søkeordene "aviation safety and automation". Dette er primærkilden til litteraturstudien. Alle artiklene er gjennomgått og kodet med utgangspunkt i sammendrag - i noen tilfeller er tekstene gjennomgått mer i dybden. Hensikten med koding er å systematisere datamaterialet for å få oversikt over relevant tematikk og aspekter relevant for forskningsspørsmålene. Tabell 1 viser hvordan kodingen er utført.

Kategorien *domene og luftfartøy/operatør* innebærer publikasjoner som omhandler fly og piloter i cockpit, alternativt fokus på operatører av luftfartøy. *Tjenesteleverandør* viser fortrinnsvis til lufttrafikkjeneste mens *tilsynsmyndigheter* viser til rammevilkår for luftfartsbransjen. Blant *droner/annet* finner vi først og fremst ulike typer ubemannede luftfartøy - og domener som ikke lar seg kategorisere innenfor luftfart fordi det kan være at publikasjonen hovedsakelig fokuserer på helsetjenester men er inkludert i treff fra Scopus fordi luftfart er nevnt. Eksempel på førstnevnte er studien til Lancaster og Casali (2008) som fokuserer på allmennflygere og bruk av datalink. Eksempel på tjenesteleverandør er studien til Moser (2009) og utvikling av elektronisk flight strip for økt sikkerhet. Artikkelen til Stapleton og Cieplak (2004) som tar for seg et sikkerhetsprogram initiert av det amerikanske luftfartstilsynet er eksempel på regulering mens Walker, Stanton og Young (2006) tar for seg sjåfører innen vegtransport og økende grad av automatisering herunder sammenligning med luftfart. Kategorien *årsak/virkning* viser til i hvilken grad publikasjonen tar for seg årsaker til eller drivere for automatisering/autonomi, alternativt virkninger eller effekter. Eksempel på driver for automatisering er Ahlstrom og Jaggard (2010) og behov for automatisering av værinformasjon for flygeledere. *Fokus* beskriver hva publikasjonen har som hovedtema, for eksempel er studien til Gilbert og Bruno (2009) kodet innen teknologi/design-implementering fordi den handler om innføringen av ADS-B og hvilken ny type informasjon piloter og flygeledere vil motta.

Tabell 1: Oversikt koding (antall i parentes)

Domene	Årsak/virkning automatisering/autonomi	Fokus	Forskningsdesign (type spørsmål):
a) Luftfartøy/operatør (106)	a) Årsak til (107)	a) Arbeidsprosesser/kompetanse/organisasjon (137)	a) Konstaterende (4)
b) Tjenesteleverandør (106)	b) Virkning av (174)	b) Teknologi/design-implementering (227)	b) Vurderende (110)
c) Tilsynsmyndigheter (10)	c) Annet (63)	c) Regulering/rammevilkår (26)	c) Konstruktive (153)
d) Droner/annet (93)		d) Annet (26)	d) Annet (22)

Kategoriseringen *forskningsdesign* beskriver typen forskningsspørsmål. Kategoriseringen tar utgangspunkt i Kalleberg, Malnes og Engelstad (2009) hvor *konstaterende* innebærer en beskrivende tilnærming, noe som innebærer at publikasjonen forsøker å dokumentere virkeligheten gjennom beskrivelse - forklare likheter og forskjeller ved det man studerer. En *vurderende* publikasjon betyr at man tar i bruk normativ argumentasjon for å vurdere om noe er for eksempel bra eller dårlig. En konstruktiv publikasjon redegjør for hva som må gjøres for å endre eller forbedre det man studerer. Eksempel på *konstruktiv* koding er Landry og Lagu (2009) hvor man har utviklet en prediktiv modell for å sikre separasjon i luftrommet hvor argumentet er at en slik modell ikke eksisterer i dag. Det er verdt å merke seg at en publikasjon kan kodes flere steder, slik som studien

til Chialastri og Pozzi (2009) hvor man så på strukturelle aspekter knyttet til både organisatoriske, teknologiske samt regulative forhold. Av totalt 328 treff i Scopus er 52 publikasjoner ikke kodet eller utelatt på grunn av følgende forhold (antall i parentes):

- Abstrakt ikke tilgjengelig (4)
- Ufullstendig abstrakt (4)
- Uklar tittel/bokbidrag (3)
- Forfatter(e) ikke oppgitt (26)
- Kodet men tema for publikasjon ikke relevant (15)

Intervjustudie – utvalg og analyse

Andre del av rapporten består av intervjustudie hvor aktører fra luftfartsbransjen i Norge er intervjuet om forhold vedrørende sikkerhet og økende grader av automatisering/autonomi i norsk luftfart. Informantene har alle operativ erfaring innen ulike luftfartssegment herunder ledelsesfunksjoner og dekker henholdsvis fixed wing pilot, flygeleder, tilsynsmyndighet samt droneselementet. Informantene er rekruttert gjennom SINTEF's eget nettverk og utgjør et strategisk utvalg. Totalt 7 semistrukturerte intervjuer er gjennomført med varighet fra 30 minutter til 1 time og 15 minutter i perioden februar – juni 2018. Under intervjuene ble intervjuguide benyttet med følgende tema og eksempler på spørsmål:

- **Automatisering og sikkerhet:** Hvilke typer arbeidsoppgaver støttes av automatisering, og hvordan har dette endret seg seneste år? Hvordan kan økende grad av automatisering bidra til økt sikkerhet - henholdsvis lavere grad av sikkerhet?
- **Uventede og ukjente situasjoner knyttet til automatisering:** Hva kjennetegner slike situasjoner og kan du gi eksempler? Hvordan ble de håndtert?
- **Kompetanse/læring og automatisering:** Hvilke krav til kompetanse i fremtiden vil økende grader av automatisering medføre? Hva vil menneskets rolle innebære i en stadig mer automatisert hverdag?
- **Overgang automatisering til autonomi:** Hvilke tanker gjør du deg omkring autonomi i luftfarten, og hva vil menneskets rolle innebære fremover? Hvilke sikkerhetsutfordringer innebærer autonom luftfart, og hva er mulighetsrommet i Norge fremover?

Intervjumaterialet er analysert ut i fra en abduktiv tilnærming (Alvesson & Skoldberg, 2009), noe som innebærer innledende koding nært opp til informantenes egne beskrivelser, deretter kategorisering knyttet opp til tema i intervjuguiden. Hensikten med denne tilnærmingen er å få frem informantenes perspektiver på tema i intervjuguiden, derav eksempler og intervjustater i rapportteksten.

Begrensninger ved metoden

Utgangspunktet for litteraturstudien er søk i forskningsdatabase, noe som innebærer en avgrensning mot mulige treff ved valg av hvilke søkeord som er inkludert. Spesifikke søkestrenger gjør at litteratur velges på bekostning av annen litteratur. Valgene av søkeord som utgangspunkt for denne litteraturstudien er vurdert til å være dekkende for å svare ut rapportens tema og mål. Samtidig kan koding av identifisert litteratur foretas på ulike måter – men tilsvarende kvalitetsvurdering som ved avgrensningen er foretatt her. Imidlertid var ikke alle artiklene tilgjengelige for gjennomlesning samtidig som det for eksempel manglet forfattere ved noen. Disse artiklene er utelatt fra analysen. Begrensninger ved intervjustudien handler fortrinnsvis om valg av informanter – hvem som ble valgt og hvorfor. Imidlertid er ikke dette en studie hvor hensikten er å oppnå statistisk generaliserbarhet – poenget er et strategisk utvalg, noe som innebærer informanter som kan gi informasjon omkring variasjon i tematikk, og som sitter på dybdekunnskap om ulike aspekter ved luftfartsbransjen. Uansett vil det i denne typen forskningsdesign som oftest være mulig å gjennomføre forskningen på flere måter og med ulike valg. Poenget er at gjennom å beskrive forskningsdesign – og prosess vil det være mulig for andre å vurdere kvaliteten på arbeidet.

6 Litteraturstudie

Luftfart og automatisering

Parasumaran, Sheridan & Wickens (2000) redegjør for fire klasser av funksjoner knyttet til menneskelig interaksjon med automatisering samt ulike nivå fra fullt ut manuell kontroll til helautomatisk styring. Utgangspunktet for tilnærmingen er den teknologiske utviklingen som gjør det mulig å introdusere automatisering innenfor nær sagt alle aspekter vedrørende menneske-maskin systemer. Parasumaran et al. (2000) beskriver fire systemfunksjoner som kan automatiseres – poenget er at hver og en av funksjonene nedenfor kan ha ulike grader eller nivå av automatisering.

- 1) Informasjonstilegnelse
- 2) Informasjonsanalyse
- 3) Beslutnings – og handlingsvalg
- 4) Handlingsimplementering

Det er verdt å merke seg at systemfunksjonene ovenfor tilsvarer Mica Endsley's (1995) opprinnelige modell av kognitive prosesser knyttet til menneskets situasjonsforståelse. Informasjonstilegnelse innebærer oppdagelse og registrering av data som kommer inn. Parasumaran et al. (2000) illustrerer automatisering som strategier hvor sensorer flyttes mekanisk for slik å kunne skanne og observere omgivelsene: *"Radarene som benyttes i kommersiell lufttrafikkjeneste oppnår informasjon om fly gjennom å skanne luftrummet i et på forhånd definert mønster, mens innenfor militær lufttrafikkjeneste kan radarene "låse" seg på fly som en funksjon av oppdagede mål"* (Parasumaran et al., 2000:288). Informasjonsanalyse handler om å støtte opp omkring kognitive prosesser som for eksempel arbeidshukommelsen via bruk av algoritmer for å predikere fremtidig status. Parasumaran et al. (2000) viser til display i cockpit hvor fremtidig kurs til nærliggende fly predikeres.

Beslutnings – og handlingsvalg hvor automatisering benyttes innebærer valg mellom ulike handlingsalternativer gitt på forhånd definerte vilkår. Denne typen automatisering skiller seg fra forrige informasjonsanalyse fordi: *"de må gjøre eksplisitte eller implisitte antagelser omkring kost versus nytte omkring mulige utfall vedrørende beslutningsprosessen"* (Parasumaran et al., 2000:289). Sistnevnte systemfunksjon, handlingsimplementering betyr en automatisering av selve handlingsutførelsen, det vil si en maskinutførelse som erstatter stemmen eller hånden til en operatør: *"Ulike nivåer defineres av den relative andelen av manuell versus automatisert handling knyttet til selve responsen"* (Parasumaran et al., 2000:289). Eksempel fra lufttrafikkjeneste er automatisert overvåking av kontroll av luftfartøy mellom luftromssektorer gjennom enkle tastetrykk på bakgrunn av beslutning gjort av flygeleder (Parasumaran et al., 2009).

Hvorfor automatisering

Orlady & Orlady (1999) poengterer at noe av motivasjonen ved å ta i bruk økende grad av automatisering i moderne luftfartøy i stor grad handlet om at man ønsket å redusere pilotenes arbeidsmengde i cockpit under flygninger, herunder også redusere behovet for at pilotene selv må gripe inn i ulike situasjoner. Chialastri (2012) beskriver to hovedgrunner for å ta i bruk automatisering i luftfartøy – ønsket om å fjerne menneskelige feil samt økonomiske gevinster. Billings (1991) poengterte at intensjonen bak automatisering innebar systemer som assisterte samt forsterket menneskets kapabiliteter, mens Orlady & Orlady (1999) på sin side argumenterte for automatisering som designet med utgangspunkt i å ta over alle, alternativt noen få spesifikke deloppgaver på vegne av pilotene.

Historisk utvikling

Automatisering er ikke nytt i dagens luftfartssystem. Ulike grader av automatisering har fulgt luftfarten helt fra den spede begynnelse for over hundre år siden: *"Selv før den første motoriserte flyturen i 1903 hadde fly-*

designerne anerkjent ustabiliteten til sine maskiner, og hadde begynt å jobbe med å gi piloter hjelp til å kontrollere fartøyene" (Billings, 1991:8). Eksempelvis mottok Orville Wright, Collier trofeet i 1913 når han demonstrerte flygning uten å benytte hendene gjennom å anvende en automatisk stabilisator – videre beskriver følgende sitat utviklingen noen år senere: "Omkring 1930 ble autopiloter ansett som avgjørende for langdistanseflygninger" (Billings, 1991:8). Et annet eksempel er introduksjonen av opptrekkbart understell, noe som medførte behov for et varslingsystem til å advare piloten hvis man glemte å felle ned hjulene før landing. Generelt kan innføring av automatisering i luftfartøy oppsummeres gjennom følgende sitat: "Rett etter andre verdenskrig hadde flestparten av alle transportfly omfattende bruk av automatiserte enheter for å understøtte samt øke kapasitetene til flybesetningen" (Billings, 1991:9).

3 nivåer for sosial interaksjon (handling) som utgangspunkt for automatisering

Chialastri (2012) beskriver sosial interaksjon med utgangspunkt i tre nivåer. Det første nivået går på vår evne til å utføre fysiske oppgaver, det vil si *ferdighetsbasert handling*. Eksempel er handlinger en pilot utfører når han/hun kontrollerer flyet i ulike faser, for eksempel input til flygekontrollene. I tillegg vil handlinger knyttet til å ivareta overvåkningsoppgaver falle inn under denne kategorien. Automatisering benyttes i stor grad for å støtte opp om samt også erstatte ferdighetsbasert adferd herunder "håndflygning" - noe autopilotfunksjoner, auto-throttle samt auto-thrust er eksempler på (Chialastri, 2012).

Det neste nivået, *regelbasert handling* innebærer ifølge Chialastri (2012): "*etterlevelse med regler, normer, lovgivning, og alt som er nevnt i offisiell dokumentasjon*" (Chialastri, 2012:83). Eksempel er når man setter en maks grense for bruk av motor og når denne grensen overstiges vil man få indikasjon på motorinstrument herunder alarmer for å påkalle pilotenes oppmerksomhet: "*En maskin vil enkelt kunne oppdage hvorvidt de operasjonelle forholdene er normale eller unormale, ved å sammenligne de virkelige verdiene med en driftsgrense. I og med at en pilot kan glemme noen regler, bruke dem feil, unnlate å forholde seg til etablerte normer, har visse funksjoner (spesielt overvåkningsaktiviteter som kan fremkalle kjedsomhet og selvtilfredshet) blitt automatisert*" (Chialastri, 2012:83). Som en konsekvens av dette har man i dag kun to piloter i cockpit sammenlignet med tidligere år hvor det også var en flymaskinist tilstede på lengre ruter med større fly.

Det tredje nivået er forankret i kunnskap og handler om pilotenes *selvstendige vurderinger* knyttet til hvis og når en gitt regel skal anvendes. Dette må sees i sammenheng med noen systemers iboende kompleksitet og relevant for luftfart: "*Siden luftfart er et komplekst system bestående av komplekse delsystemer som mennesker, teknologi og omkringliggende miljø og rammevilkår, er det nær sagt umulig å styre alt på forhånd gjennom regler og normer*" (Chialastri, 2012:84).

Tre typer automatisering (i luftfartøy)

Chialastri (2012) beskriver tre generasjoner av automatisering i luftfartøy, mekanisk, elektrisk og elektronisk. *Mekanisk* automatisering innebærer hovedsakelig en forsterkning mellom pilotenes fysiske manipulasjon av kontrollstikka/rattet i form av for eksempel servomekanismer. Denne typen mekanisk innovasjon resulterte i økende avstand mellom den kraften piloten benyttet og effekten på styreflaten, nærmere bestemt den aerodynamiske bevegelsen. På dette stadiet handlet automatisering hovedsakelig om å støtte opp omkring pilotenes ferdighetsbaserte (skill-based) oppgaver i cockpiten.

Automatisering knyttet til den *elektriske generasjonen* innebærer at man skiftet ut eldre mekanisk baserte innretninger. Chialastri (2012) nevner elektriske gyroskop til fordel for pneumatiske - ny instrumentering ble introdusert herunder navigasjonshjelpemiddelet VOR slik at man kunne følge bestemte trekk over bakken. Videre tok man i bruk landingssystemet ILS, noe som innebar at pilotene fikk presis innflygningsinformasjon og mulighet til å lande også når værforholdene innebar dårlig sikt. I dag benyttes flere kategorier av systemet hvor for eksempel kategori III innebærer at flyet selv kan gjennomføre en automatisert landing. Denne typen automatisering støtter opp om pilotenes ferdighetsbaserte oppgaver samt også det regelbaserte nivået gjennom overvåkning av ulike parametere herunder for eksempel flyets hastighet koblet opp mot ulike typer alarmer.

Den tredje generasjonen av automatisering, den *elektroniske*, innebar en utskiftning av tradisjonelle uavhengige analoge instrumenter gjennom introduksjonen av integrerte fargeskjermers slik som for eksempel LCD (Liquid Crystal Display). Fordelen med denne nye måten å visualisere cockpitinformasjon er ifølge Chialastri (2012) muligheten til å vise flere parametere innenfor et avgrenset område foran piloten.

Grader av automatisering, forholdet til autonomi og overgangsfaser i luftfarten

Det nasjonale vitenskapsakademiet i USA (National Academy of Sciences - NAS) velger i rapporten "Autonomy Research for Civil Aviation" å forholde seg til begrepet "increasingly automated systems" med begrunnelse at et fullt ut autonomt luftfartøy i tillegg til ikke å behøve en pilot: *"vil være i stand til å operere selvstendig innenfor sivilt luftrom, samhandle med flygeledere og andre piloter tilsvarende hvis en pilot var om bord og hadde kontroll. Tilsvarende, et fullt ut autonomisert lufttrafikkjenestesystem vil ikke ha behov for menneskelige flygeledere"* (NAS, 2014:2). Med begrepet "increasingly automated systems" går man bort ifra å forholde seg kun til ytterpunktene som et fullt ut autonomt system innebærer - isteden anerkjennes autonome systemer med utgangspunkt i et spekter av systemegenskaper, noe som innebærer å forholde seg til: *"egenskapene til dagens automatiserte systemer, slik som autopilot og fjernstyrte (ikke-autonome) ubemannede luftfartøy, og fortsette mot svært sofistikerte systemer man vil behøve for å muliggjøre de mest ekstreme casene"* (NAS, 2014:2). Ulike systemer vil kunne innplasseres langs en tenkt akse ut ifra grad av modning av egenskaper eller autonome funksjoner.

Tabell 2: Grader av automatisering knyttet til beslutnings – og handlingsvalg (fra Parasumaran et al., 2000)

Høy grad	10: Maskinen beslutter alt, handler autonomt og ignorerer operatøren
	9: informerer operatøren kun hvis maskinen tillater
	8: informerer operatøren kun hvis spurt, eller
	7: utfører automatisk, deretter informeres nødvendigvis operatøren, og
	6: tillater operatøren en begrenset tid for å veto før automatisk utførelse, eller
	5: utfører forslaget såfremt operatøren godkjenner, eller
	4: foreslår ett alternativ
	3: avgrensar utvalget ned til noen få, eller
	2: Maskinen tilbyr et komplett sett av beslutninger/handlingsalternativer, eller
	Lav grad

Tabell 2 beskriver først og fremst hvordan automatisering kan ses på med utgangspunkt i ulike nivåer knyttet til beslutnings – og handlingsvalg, mens tabell 3 viser en måte å begrepsmessig skille mellom automatisering og autonomi hvor et systems grader av selvstendighet og kompleksitet er to sentrale dimensjoner.

Tabell 3: Karakteristikk av avansert automatisering versus autonomi (fra NAS, 2014).

Karakteristikk	Avansert automatisering	Avansert autonomi
Komplementerer menneskelige beslutningstakere	Som oftest	Som oftest
Reagerer på omgivelsene	Som oftest	Som oftest
Tilpasser adferd på grunnlag av tilbakemelding	Av og til	Som oftest
Reduserer kognitiv belastning for mennesker	Av og til	Som oftest
Responderer ulikt på identiske inputs	Av og til	Som oftest
Adresserer situasjoner utenfor rutinen	Sjelden	Som oftest
Robust til uventede situasjoner	Begrenset	Som oftest
Adferd som følge av erfaring, ref. ved design	Aldri	Som oftest

Det amerikanske luftforsvaret (USAF) beskriver forholdet automatisering versus autonomi ved å definere tradisjonell automatisering med utgangspunkt i et tenkt system som fungerer uten eller ved lite menneskelig inngripen, samtidig som et slikt automatisert system kun vil fungere i henhold til de oppgavene man har programmert inn i systemet (USAF, 2015). Systemer kan også være delvis autonome, noe som innebærer ulike

grader av automatisering - fra det enkle til det mer sofistikerte med tanke på oppgavefunksjoner (USAF, 2015). Helautonome system på sin side innebærer: *"bruken av ekstra sensorer og mer kompleks programvare for å oppnå høyere grad av automatiserte handlinger over et bredere spekter av operasjonelle – og miljøforhold, samt over et bredere spekter av funksjoner eller aktiviteter"* (USAF, 2015:3). Et autonomt system må i tillegg være kapabel til å kunne løse oppdrag uten ekstern innvirkning, håndtere usikkerhet i operasjoner samt kompensere for systemfeil også uten hjelp utenfra (USAF, 2015). Spesifikt innebærer autonomi en form for intelligensbaserte egenskaper som muliggjør handling selv ovenfor situasjoner som ikke er forventet herunder designet inn i systemet (USAF, 2013). Videre blir det poengtert at autonomi i stor grad handler om graden av kontroll - hvor autonomi per se kan sees på som det ene ytterpunktet av et kontrollspekter (USAF, 2015).

I en slik sammenheng er det interessant å tenke seg en fremtidig, komplett løsning for privat autonom mobilitet i luften slik Le Tallec og Harel (2012) skisserer med utgangspunkt i prosjektet "Personal Plane (Pplane)". Prosjektet omfatter ledende luftfartsorganisasjoner fra 11 europeiske land herunder industri, forskning og akademia. Hensikten med prosjektet er å utvikle systemideer som på lengre sikt (fra 2030) vil gjøre det mulig med personlig lufttransport. Et slikt system vil kunne medføre at man unngår fremtidig overbelastning på det europeiske veinettverket – kort og godt tilby et alternativ til dagens transportsystem hvor man ser for seg å kunne reise hvor som helst innen Europa, gate til gate innenfor en tidsramme på 4 timer (Le Tallec & Harel, 2012). For å gjøre dette mulig forutsettes: *"at automatisering utvikles slik at vanlige mennesker kan benytte et personlig fly under ulike værforhold, uten kommando- og kontrollproblemer ved at man benytter et "trykknapp" brukergrensesnitt"* (Le Tallec & Harel, 2012:1). I kombinasjon med et sofistikert bakkebasert styringssystem for lufttrafikken vil et innebygd automatisert system i hvert fly håndtere integrering i fremtidens komplekse luftrom som inkluderer mange andre aktører, samtidig som funksjoner knyttet til håndtering av nødsituasjoner opprettholdes (Le Tallec & Harel, 2012). Man har benyttet seg av en innovativ tilnærming knyttet til å identifisere brukerbehov samtidig som miljø og sosiale rammevilkår har vært i fokus. Ulike operasjonskonsepter er vurdert og følgende aspekter er vektlagt; sikkerhet, automatisering og kontroll, miljømessige effekter, energibegrensninger, menneskelige faktorer og sosial aksept. Teknologi, regulerings samt økonomi ble også vurdert mht. fremtidig systemdesign. Man har i prosjektet designet en bakkeinfrastruktur, modell for eierskap samt foretatt utregninger knyttet til kostnader. Prosjektet konkluderte med at personlig lufttransport ei vil innebære en flygende bil men isteden et luftfartøy som er fullt ut automatisert hovedsakelig grunnet sikkerhetsaspekter – et slikt fartøy vil av miljømessige årsaker også være elektrisk drevet (Le Tallec & Harel, 2012).

Goodrich, Schutte og Williams (2011) poengterer utfordringer man står ovenfor ved overgang fra luftfartøy med høy grad av automatisering som fortsatt flys av piloter til rene autonome fly. Den raske utviklingen innen teknologi og autonome egenskaper tyder på at vi i fremtiden vil se at mye av ansvaret som i dag tilfaller piloten overføres til teknologien - noe som også vil medføre store endringer knyttet til pilotrollen slik vi kjenner den i dag (Goodrich et al., 2011). En slik gradvis overgang til stadig mer autonome luftfartøy vil innebære at behovet for spesialiserte ferdigheter, inkludert trening og oppmerksomhet som man i dag forventer av piloter reduseres samtidig som sikkerheten forbedres. Imidlertid poengterer Goodrich et al. (2011) utfordringer ved en slik overgang mht. autonomi for eksempel knyttet til manglende robusthet ved automatisering, uønsket menneske-automatisering interaksjon under stress, samt vanskeligheter knyttet til utvikling av sertifiseringsstandarder og metoder for etterlevelse når det gjelder komplekse system som utfører funksjoner som tradisjonelt har vært utført av piloten (Goodrich et al., 2011). Dette har medført at forskere ved NASA Langley har utviklet et haptisk multi-modalt flykontrollsystem (HFC) som: *"kan tjene som en bro mellom dagens høyautomatiserte fly med lite autonomi som kun kan opereres sikkert av høyt utdannede eksperter (f.eks. piloter) til en fremtid hvor ikke-eksperter (f.eks. operatører) sikkert og pålitelig er i stand til å benytte autonome luftfartøy til å utføre en mengde oppdrag"* (Goodrich et al., 2011:1).

Bernhaupt, Boy og Faery (2011) argumenterer for hvordan man bør designe automatisering i interaktive, kritiske system. Bernhaupt et al. (2011) påpeker at innenfor denne type systemutvikling er pålitelighet, avhengighet og feiltoleranse vel så viktige aspekter som brukervennlighet og brukeropplevelse. I den

forbindelse påpekes viktigheten av prosjekteringen av brukerinteraksjonen med (delvis) autonome system. Hvordan skal man designe, bygge og evaluere autonom adferd i et interaktivt miljø? Bernhaupt et al. (2011) poengterer følgende utfordring: *"Et eksempel gjelder integrering og hvordan man representerer et ubemannet luftfartøy (UAV) (hvor ingen direkte interaksjon er mulig) i forhold til luftfartøy (som er avhengige av instruksjoner fra flygeleder for å unngå UAV'n)"* (Bernhaupt et al., 2011:69). Bernhaupt et al. (2011) påpeker at man i denne sammenheng står ovenfor fremtredende utfordringer opp mot hvordan man egentlig skal planlegge og designe interaksjonen mellom bruker(e) og autonome objekter/system, noe som ifølge forfatterne innebærer at ulike forskningsmiljøer som tidligere ikke har vært vant til å samarbeide, i større grad blir nødt til dette fremover via en felles forskningsfront (Bernhaupt et al., 2011).

USAF (2015) påpeker noen hovedutfordringer knyttet til interaksjonen mellom menneske og automatisering/autonomi innen militær luftfart:

1. Utfordringer knyttet til å utvikle programvare for autonomi som er robust nok til å fungere uten menneskelig inngripen
2. Reduksjon av menneskelig situasjonsforståelse og ytelse som resultat av automatisering.
3. Økning av den kognitive arbeidsmengden som kreves for interaksjon med kompleks automatisering
4. Økt tidsbruk knyttet til beslutningstaking når man anvender beslutningsstøtte, ofte uten at man oppnår forbedret beslutningsnøyaktighet
5. Utfordringer knyttet til å oppnå tilstrekkelig grad av tillit som er hensiktsmessig kalibrert med systemets pålitelighet og funksjonalitet under forskjellige omstendigheter

Med tanke på fremtidige militære operasjoner er følgende sitat interessant: *"I løpet av de neste tretti årene vil de fleste applikasjoner innebære noen nivå av semiautonome egenskaper. Det vil si at vi vil se en gradvis utvikling når det gjelder systemkontroll, med autonome mellomnivåer knyttet til ulike funksjoner"* (USAF, 2015:4). Man ser for seg at fremtiden handler om autonomi i systemer designet med utgangspunkt i samhandling med menneskelige operatører. Man beskriver systemegenskaper med utgangspunkt i fleksibel autonomi som vil kunne innebære at kontroll knyttet til oppgave og funksjonsløsning samt også kjøretøy per se – vil kunne bevege seg frem og tilbake mellom det autonome systemet og operatøren(e), noe som innebærer et særskilt behov for å legge til rette for en delt situasjonsforståelse mellom operatør(er) og autonomien. Delt situasjonsforståelse er kritisk for at teknologi og menneske skal kunne samkjøre mål, følge med på funksjonsoppdateringer og endringer over tid, samt kommunisere beslutningstaking og justere respektive oppgaver for å oppnå koordinert handling (USAF, 2015).

Automatisering og flysikkerhet

Ulykkesstatistikk i luftfart har de seneste tiår ifølge Luftfartstilsynet vist en positiv utvikling – i Norge i 2017 opplevde man for eksempel ingen ulykker innen kategorien kommersielle fly inkludert rutenflygning (Luftfartstilsynet, 2018). Fiorino (2008) poengterer at den teknologiske utviklingen innenfor luftfart har redusert ulykkesstatistikk hvor mennesker omkommer til nesten null i USA - nærmere bestemt 0.01 ulykke per 1 million flytimer (Fiorino, 2008). Samtidig påpeker Fiorino (2008) nødvendigheten av å trene på menneskets håndtering av automatiseringsteknologi herunder hvor viktig det er å styrke basiskunnskapene knyttet til manuell håndtering av flymaskinen. Brooker (2008) poengterer i sin artikkel hvordan ATM sikkerhet har økt de siste par tiårene - kort fortalt handler dette om både bedre utstyr samt bedre sikkerhetsbarrierer. Imidlertid er det ifølge Brooker (2008) svært utfordrende å bedre sikkerheten fra dagens nivå. Ser man historisk på utviklingen internasjonalt opplevde man på 50-60 tallet ulykker spesielt knyttet til tap av kontroll over flymaskinen som følge av aktive flytekniske feil fra pilotene, mens man på 70-tallet ofte opplevde tap av situasjonsforståelse og dermed uheldig interaksjon mellom piloter i cockpit som medvirkende årsak til ulykker. Fra årtusenskiftet ser man imidlertid igjen en økning knyttet til tap av kontroll over flymaskinen som utløsende årsak til ulykker – imidlertid er de bakenforliggende årsakene ifølge Chialastri (2012) annerledes enn på 70-tallet.

Det er verdt å merke seg studien til Etherington, Kramer, Bailey, Kennedy og Stephens (2016) som viser til statistikk knyttet til ulykker med transportfly hvor flybesetningen anses å være en kausal faktor i over 60% av ulykkene. Etherington et al. (2016) poengterer i den forbindelse at en godt trent og kvalifisert pilot utgjør en kritisk faktor med tanke på luftfartøyets sikkerhet - samtidig som pilotene også er integrerte som viktige sikkerhetsfaktorer i det helhetlige luftfartssystemet. I den forbindelse har man forsøkt å kvantifisere hvordan flybesetninger bidrar til sikkerhet gjennom for eksempel hvor ofte man håndterer ikke-normale prosedyrer herunder systemfeil på daglig basis innenfor nasjonalt luftrom i USA.

Su, Liu og Lee (2011) stadfester at sikkerhet er førsteprioritet innen luftfart og argumenterer for at den største sikkerhetsrisikoen ikke handler om automatisering per se, men isteden menneskelige faktorer spesielt innen lufttrafikktenesten. Su et al. (2011) redegjør for ny mobilbasert teknologi knyttet til å akselerere selvlæring for flygeledere - hvor det sentrale er menneskelig sentrert design og behovet for å innhente brukererfaringer for å evaluere teknologien. Studiet illustrerer at det ikke nødvendigvis er teknologien og automatiseringen som er hovedutfordringen, men isteden faktorer knyttet til menneskets anvendelse herunder hvordan teknologi i seg selv både kan hemme og fremme ønsket adferd. I den forbindelse er artikkelen til Holloway, Knight og McDermid (2014) interessant gjennom en etisk betraktning rundt hvordan vi tenker om fenomenet automatisering i luftfart. Forfatterne tar utgangspunkt i både en overveldende karikerende kritisk, samt tilsvarende positiv tilnærming til automatisering - av den enkle grunn at som oftest gjenspeiles disse kontrastene i diskusjoner om automatisering. Et bidrag med intensjon om å forene disse synspunktene foreslås av Holloway et al. (2014) gjennom introduksjonen av etisk sikkerhetscase hvor ønsket er å tydeliggjøre etiske problemstillinger involvert i automatisering og da spesielt knyttet til innføring av ubemannede system (UAS) i kontrollert luftrom. Holloway et al. (2014) viser til at automatisering i luftfart hverken er en "absolutt" størrelse å forholde seg til samtidig som automatisering ikke er noe nytt. Det stilles spørsmål ved under hvilke forhold det er etisk for piloter å akseptere ansvar for livene til passasjerene i bemannede luftfartøy? Tilsvarende for tilsynsmyndigheter stiller man spørsmålet ved under hvilke forhold (knyttet til automatisering og utviklingen av komplekse automatiserte system) vil det være etisk rett å godkjenne og tillate luftfartøy på vegne av de som direkte berøres av risiko knyttet til slike system? Holloway et al. (2014) illustrerer også etiske spørsmål i forbindelse med utvikling av UAS ved å fokusere på under hvilke forhold (og da spesielt knyttet til et systems tilpasningsevne) vil det være etisk uproblematisk å designe ubemannede luftfartøy som ikke lar seg fjernstyre?

Vance og Malik (2015) diskuterer tillit når de undersøker hvilke faktorer som er viktige med tanke på villigheten til å fly med fremtidige autonome passasjerfly. Forfatterne har benyttet spørreskjema for å samle inn holdninger knyttet til fullt ut autonome passasjerfly. Man spurte for eksempel "vil du", eller "vil du ikke" fly med et fullt ut autonomt passasjerfly? Man har inkludert faktorer slik som ulike grader av automatisering, sikkerhetsstatistikk, ansvarsgaranti, integritet til flyselskap, samt driftsforstyrrelser. Vance og Malik (2015) rapporterer at integriteten til flyselskap har en positiv effekt på hvor villig man er, mens den mest negative innflytelsen knyttes til livsforsikringsansvaret. Når man justerte for alder og yrkesdemografi for å matche USAs befolkning konkluderte man med at andelen av befolkningen som var villig til å fly med fullt ut autonome passasjerfly lå på i overkant av 30 prosent. Tillit er også tema for Le Tallec, Joulia og Harel (2011) knyttet til utviklingen av *det personlige flyet* (Pplane prosjektet) hvor sosial aksept til fremtidige transportsystem avhenger hovedsakelig av opplevd sikkerhet knyttet til systemet, samt til design hvor klima og miljø også ivaretas. Forfatterne poengterer at høyere grader av automatisering viser lovende potensial mht. bedre sikkerheten i fremtidige transportsystem, mens personlig opplevd sikkerhet oppnås såfremt ulykkene blir minimal på et tidlig stadium for slik å bygge brukernes tillit (Le Tallec et al., 2011).

Sikkerhet: et sammensatt bilde

I en slik sammenheng er det nærliggende å se på noen utvalgte studier som illustrerer variasjonen innenfor forskningslitteraturen knyttet til sammenheng(e) mellom automatisering og sikkerhet. For eksempel viser

Dalcher (2007) hvordan økt grad av automatisering tenkt som ekstra sikkerhetsbarriere, i noen tilfeller også kan medvirke til en ulykke – automatisert beskyttelse gjorde det umulig for piloten i et jagerfly å gjenvinne kontroll over flyet. Dalcher (2007) poengterer hvor viktig det er at utviklere av ny teknologi forstår konsekvenser av å frata piloter kontroll på bekostning av ny avansert teknologi gitt ulike situasjonelle kontekster. Janakiraman, Matthews, og Oza (2017) beskriver tilsvarende hvordan teknologi både kan føre til økt sikkerhet samtidig også lavere sikkerhet gjennom å vise til ulykker med tap av kontroll og påfølgende steiling. Under avgang øker flyets hastighet kontinuerlig, imidlertid opplever man av og til at hastigheten isteden reduseres, noe som fort blir farlig hvis korrigerende tiltak ikke iverksettes umiddelbart. Under avgangsfasen er arbeidsbelastningen høy for pilotene noe som henger sammen med å opprettholde kontroll over flyet, kontinuerlig overvåke systemer, samt håndtering av kommunikasjon med lufttrafikkjentesten (Janakiraman et al., 2017). Forfatterne poengterer at automatisering i dag kjennetegnes av økende grad av kompleksitet, noe som kan medføre at: *"besetningen er kanskje ikke klar over den sanne tilstanden til automatiseringen for å ta korrigerende tiltak i tide"* (Janakiraman et al., 2017:1843). Janakiraman et al. (2017) redegjør for et beslutningsstøtteverktøy for proaktivt å identifisere og håndtere risikosituasjoner knyttet til tap av hastighet under avgang. Dette illustrerer noe av paradokset ved automatisering. På den ene siden ser man noen typer feil knyttet til økende grad av automatisering - samtidig kan økende grad av automatisering i noen tilfeller også forhindre lignende eller andre typer feil.

Oliver, Calvard og Potočnik (2017) viser til at automatisering har medført økt sikkerhet i bransjen de seneste tiår, samtidig som de også påpeker at automatisering har medført nye former for ulykker knyttet hovedsakelig til tap av kontroll over flymaskinen selv om det i utgangspunktet ikke var tekniske feil med flyet (Oliver et al., 2017). Tilsvarende poengterer Borst, Mulder og Van Paassen (2010) at økende grad av automatisering har medført mindre arbeidsmengde generelt for piloter og økte ytelser relatert til den tekniske utførelsen av flygninger – samtidig som de viser til at automatisering også kan ha en nedside i form av spesifikke utfordringer knyttet til pilotenes situasjonsforståelse herunder systemforståelse (Borst et al., 2010). Verdt å merke seg er artikkelen til Millot og Boy (2012) hvor de argumenterer for at det er to måter å se menneskets samspill og rolle med teknologien - mennesket kan sees på enten som en ressurs eller som en belastning. Gjennom å vise til hvordan mennesket er involvert i kontroll og håndtering innenfor lufttrafikkjentesten argumenterer forfatterne for menneskets aktive bidrag enten som positive involveringer knyttet til det å kunne håndtere uventede hendelser – alternativt som negative involveringer gjennom menneskets iboende evne til å handle feil (Millot og Boy, 2012). Relevant for luftfart er artikkelen til Lackman og Söderlund (2013) hvor de reflekter over filosofiene omkring automatisering – i den forstand at økende grad av automatisering i mange system innebærer en endret rolle for mennesket som operatør: *"Bak introduksjonen av ny automatisering ligger ulike automatiseringsfilosofier som strekker seg fra å prøve å bruke så mye automatisering som mulig versus automatisering utelukkende som støtte for menneskelige oppgaver i bestemte situasjoner"* (Lackman & Söderlund, 2013:385).

The Swedish Radiation Safety Authority har beskrevet rådende automatiseringsfilosofier i kjernekraftindustrien hvor man identifiserte situasjoner hvor menneskelig inngripen var nødvendig der hvor automatiseringen mislyktes. Mye av kunnskapen omkring menneske-maskin interaksjon baseres på læring fra hendelser hvor som oftest mennesket ikke har hatt en positiv innvirkning på hendelsesforløpet. Man har i den forstand en bias med tanke på kunnskap, rett og slett fordi hendelser hvor personer har grepet inn på en fordelaktig måte som oftest ikke rapporteres, ei følges opp. Som en konsekvens har man ikke mye materiale å trekke lærdom av knyttet til mennesket som ressurs opp mot interaksjon med automatisering som en følge av et tradisjonelt fokus på menneskelige feilhandlinger (Lackman & Söderlund, 2013). Millot og Boy (2012) poengterer at man må hensynta og på best mulig måte forene nevnte to tilnærminger ovenfor mht. mennesket som enten ressurs eller belastning, når man skal jobbe for å ivareta sikkerheten i komplekse system slik som lufttrafikkjenteste – en kompleksitet Sridhar og Sheth (2008) synliggjør gjennom å redegjøre for utfordringer lufttrafikkjentesten daglig står ovenfor knyttet til håndteringen av for eksempel alle flybevegelser når uventede værhendelser inntreffer – da med utgangspunkt i at man må forholde seg til 15.000 til 20.000 daglige flybevegelser. Rozzi, Amaldi og Fields (2008) illustrerer også kompleksiteten når man skal utvikle nye

interaktive og automatiserte beslutningsstøttesystemer ved å vise til hvordan man i dag forstår en flygeleders oppgaver basert på tradisjonelle oppgaveanalyser hvor kun et fåtall definerte oppgaver er inkludert. Alternativt vil en *kontekstuell* tilnærming til oppgaveutførelse også inkludere forhold slik som domenebegrensninger, aspekter vedrørende samarbeid mellom flygeledere herunder motivasjon (Rozzi et al., 2008). Forfatterne argumenterer for at en slik utvidet forståelse av omfanget av arbeidsoppgaver tidlig i designfasen vil gjøre det mulig å bedre forutse uventede avvik i bruken av nye system. Dette er ifølge Rozzi et al. (2008) en særdeles viktig faktor med tanke på å unngå sikkerhetskritiske brister knyttet til koordinering mellom distribuerte flygeledere i fremtidens lufttrafikkjenestesystem (ATM).

Edwards, Homola, Mercer og Claudatos (2017) viser hvor sammensatt bildet er med tanke på hvordan menneskelig ytelse påvirkes av ulike faktorer slik som for eksempel utbrenthet/søvnmangel etc. (fatigue), situasjonsforståelse samt oppgavemengde. Edwards et al. (2017) foretok simulerte eksperimenter med hjelp av flygeledere hvor de studerte nettopp hvordan ulike faktorer virket sammen og påvirket den menneskelige yteevne sett opp mot fire nivåer av automatisering. Et av funnene var at høy grad av automatisering ble sett i sammenheng med lang reaksjonstid for flygelederne når det kom til å oppdage konflikter – samtidig så man at situasjonsforståelsen også var lav i situasjoner hvor man behøvde lang tid på å respondere. Av den grunn konkluderte Edwards et al. (2017) i forhold til sikkerhet hvor viktig det er at automatisering støtter opp omkring flygeledernes situasjonsforståelse. I en slik sammenheng er det interessant å trekke frem Gigan, Cruck, Outbib og Ouladsine (2009) som poengterer utfordringer knyttet til innlemmelsen av UAV'er i luftrom hvor bemannet luftfart utføres herunder risiko for kollisjoner i lufta. Poenget til Gigan et al., (2009) er at piloter i ukontrollert luftrom baserer seg på å *se og bli sett* strategier, noe man må løse på vegne av et ubemannet luftfartøy ved integrering i denne typen luftrom. Argumentet er behovet for predikering av pilotadferd og forfatterne skisserer i så måte en metodisk tilnærming. Videre har Hardman, Colombi, Jacques, Hill og Miller (2009) evaluert hvordan man unngår kollisjoner i lufta via automatisering – resultatene viser at noen automatiseringsalternativer oppnår tilsvarende sikkerhetsnivå som med bemannede fly, samtidig viser resultatene at ingen helhetlige automatiserte løsninger tilfredsstiller kravene til sikkerhet (Hardman et al., 2009). Tilsvarende poengterer Bell, Drury, Estes, Reynolds og Jella (2011) at operatører av ubemannede luftfartøy (UAS) har et presserende behov for å kunne operere sikkert i allerede etablerte luftromsstrukturer. Bell et al., (2011) foreslår en fremtidig automatisert løsning knyttet til å assistere operatører av ubemannede luftfartøy gjennom å utvikle et kognitivt beslutningsstøtteverktøy i form av display og automatiserte alarmer man tenker seg vil kunne visualisere nærmeste punkt hvor et ubemannet luftfartøy vil komme i konflikt med andre (bemannede) operatører i luftrommet. Dalamagkidis, Valavanis og Piegl (2008) redegjør i sin artikkel en tilnærming til regulering og sikkerhet knyttet til UAS' inntreden i ulike lands nasjonale luftrom. Forfatterne argumenterer for at en suksessfull integrering av UAS vil kreve som minimum et tilsvarende sikkerhetsnivå man innehar i bemannet luftfart. Dalamagkidis et al. (2008) poengterer at sikkerhet som oftest sees i sammenheng med risiko for tap av menneskeliv – imidlertid ser man at materielle skader også kan inkluderes i vurdering av sikkerhetsrisiko. I den forbindelse beskriver Dalamagkidis et al. (2008) en måte å vurdere sikkerheten til UAS i dagens luftrom gjennom å anvende sannsynlighetsregning – nærmere bestemt beregne sannsynlighet for omkomne og omfang knyttet til UAS havari mot bakken herunder tilrådninger for hvor ubemannede fly bør fly basert på innhentet pålitelighets – og sikkerhetsdata, samt sammenligning og vurdering av pålitelighetskrav mellom ulike typer ubemannede luftfartøy.

Automatisering og økt sikkerhet

Automatisering i luftfart innebærer at man gjennom teknologi avlaster mennesket i gjennomføringen av arbeidsoppgaver. Chialastri (2012) beskriver som tidligere nevnt ferdighetsbasert handling og hvordan teknologi støtter opp om, alternativt erstatter den ferdighetsbaserte handlingen - eksempler er ulike autopilotfunksjoner. Imidlertid, som beskrevet ovenfor er sammenhengen mellom automatisering og sikkerhet sammensatt. Heitin og Smith (2012) viser for eksempel til neste generasjons lufttransportssystem (NextGen) hvor ny teknologi er ment å forsterke både effektiviteten, sikkerheten samt kapasiteten til det nasjonale luftromssystemet (NAS). I følge Heitin og Smith (2012) er det viktig å identifisere utfordringer som kan oppstå - i og med at flygelederes arbeidsoppgaver også vil bli endret som følge av ny automatisering. Samtidig siterer

Lyons (2012) det amerikanske luftfartstilsynet (FAA) på at dagens lufttrafikksystem (ATM) opererer på 150 prosent kapasitet – de neste tiårene vil man oppleve en trafikkøkning på 250 prosent. En slik trafikkøkning vil medføre behov for å designe systemet på nytt – dagens system er komplekst, løst integrert og teknologisk foreldet (Lyons, 2012). Imidlertid anerkjenner man den iboende kompleksiteten ved et slikt nytt, dynamisk system (NextGen), hvor kompleksitet knyttet til menneskelig interaksjon med systemet må forstås bedre for å kunne håndtere farer som kan oppstå hvis man utelukkende ser på systemkomponenter hver for seg.

Forskningslitteraturen beskriver flere eksempler hvor automatisering eksplisitt handler om bedring av flysikkerheten.

Automatisering kan forhindre menneskelige feil

Dongmo (2015) poengterer at vi nå går inn i en ny tid i luftfarten som krever avanserte grader av automatisering i luftfartøy som kan hjelpe med å forhindre, rekonfigurere samt autonomt gjenopprette når kritiske situasjoner oppdages under flygning. I følge Dongmo (2015) vil avanserte grader av automatisering assistere piloter, alternativt handle parallelt med pilotenes kontrollautoritet gjennom mulighet til å overstyre hvis nødvendig. Behovet for en slik tilnærming er flere ulykker hvor tap av kontroll har vært medvirkende årsak. Dongmo (2015) beskriver i artikkelen en teknisk tilnærming til et system for autonom gjenvinning når piloter opplever tap av kontroll under flyvning. Videre poengterer Khedkar og Kumar (2011) en flygeleders primære ansvarsområde med hensyn til å optimalisere bruken av luftrommet samtidig som man skal forhindre kollisjon mellom luftfartøy. Forfatterne beskriver hvordan menneskelig ytelse i dagens lufttrafikkjeneste innebærer at systemet ikke fungerer optimalt – poenget er ifølge Khedkar og Kumar (2011) å minimere menneskelig inngripen: *"Fremtidens lufttrafikksystem fokuserer på automatisering av ulike aspekter herunder minimere menneskelig intervensjon for slik å forbedre effektiviteten og ytelsen til systemet"* (Khedkar & Kumar, 2011:1) Utgangspunktet er at man i fremtiden skal kunne fly for eksempel allmennfly uavhengig av flyplasser – avgang og landing skal kunne utføres nær sagt hvor som helst, noe som krever synkronisering på en helt ny måte mellom aktørene i luftrommet. Av den grunn introduserer Khedkar og Kumar (2011) et nytt automatisert system for kontroll og kollisjonsunngåelse hvor hvert enkelt luftfartøy tildeles en unik flyrute basert på ulike parametere – systemet innebærer også automatisert konflikthåndtering mellom luftfartøy på egen hånd uten at lufttrafikkjenesten behøver å gripe inn.

Krois, Piccione og McCloy (2010) beskriver hvordan neste generasjons lufttransportsystem (NextGen) vil innebære omfattende endringer knyttet til roller og ansvar for piloter og flygeledere sin del. I følge Krois et al. (2010) kommer disse endringene som følge av nye teknologier, konsepter og prosedyrer innført for å øke kapasiteten i luftrommet samtidig som sikkerhetsnivået skal opprettholdes. Menneskelige faktorer vektlegges som særdeles viktige i og med at når ulike system blir tettere koblet ut i fra effektivitet, vil det medføre mindre tid tilgjengelig til å håndtere situasjoner som oppstår utenfor normalen. Man ser for seg at piloter og flygeledere får endrede arbeidsoppgaver – for eksempel vil piloter kunne få større ansvar for separasjon til andre fly gjennom bruk av satelittbasert overvåkingsteknologi som vil kunne presenteres på egne display i cockpit. Krois et al. (2010) gir eksempel på fremtiden når de beskriver hvordan flygeledere i større grad må forholde seg strategisk til håndtering av fly, mens piloter vil utfylle flygeledere gjennom å bli delegert mer taktisk ansvar for separasjon, da støttet opp av ny teknologi.

Schutte (2017) argumenterer for at neste skritt for å bedre sikkerheten i luftfarten handler om å revurdere fordelingen av funksjoner mellom pilot og automatisering. Dagens fordeling er ifølge Schutte (2017) ikke nødvendigvis optimal – skal man forbedre pilotenes yteevne handler dette først og fremst om å definere pilotens rolle – og også spørre seg hvorfor man behøver en pilot i utgangspunktet. Argumentasjonen handler om å definere funksjoner basert på behovene til rollen som pilot, dernest ta i bruk automatisering for å støtte opp omkring menneskelige begrensninger knyttet til utførelsen av pilotrollen. Imidlertid argumenterer også Schutte (2017) for at menneskelige feil ikke nødvendigvis vil elimineres ved å automatisere i enda større grad. Skorupski og Uchroński (2015) viser til bagasjeanlegg på flyplass og sikkerhet ved disse. Farlig bagasje må

oppdages før skade på fly inntreffer, og forfatterne utvikler en modell for effektivt å kunne oppdage uønsket bagasje. I den forbindelse er det viktig å ta hensyn til både menneskelige samt tekniske faktorer og hvordan samspillet mellom disse kan resultere i både økt effektivitet og sikkerhet (Skorupski & Uchroński, 2015). Tilsvarende poengterer Wells og Bradley (2012) hvordan beslutninger i forbindelse med gjennomlysning av bagasje kan automatiseres for bedre å håndtere dagens trusselbilde med hensyn til bevisst sabotasje.

Automatisering og beslutningsstøtte

Atkins (2010) argumenterer for at automatisering kunne hjulpet pilotene på US Airways Flight 1549 med å ta en raskere beslutning på mulige landingssteder etter kollisjonen med fugler umiddelbart etter avgang. Atkins (2010) poengterer imidlertid pilotenes dyktighet som utvilsomt bidro til en vellykket nødlanding på Hudson elva. Når man allikevel forbereder seg på overgangen til neste generasjons luftfartssystem vil det kunne utvikles teknologi ment til både å forsterke systemets kapasitet og effektivitet, samt forbedre sikkerheten (Atkins, 2010). Artikkelen beskriver anvendelsen av en adaptiv og automatisert fly-planlegger opp mot Hudson hendelsen hvor Airbus flyet mistet all motorkraft etter kollisjon med en flokk fugler. Atkins (2010) demonstrerer hvordan en slik automatisert teknologi ville gjort det mulig for pilotene å returnere trygt til LaGuardia flyplassen ved at teknologien ville vært i stand til å identifisere ulike nødlandingsmuligheter for ulike tidsintervaller etter at motorene stoppet. Konklusjonen var at LaGuardia var innenfor rekkevidde såfremt pilotene endret kurs i løpet av 16 sekunder etter kollisjonen med fuglene. Engelmann, Mourning og De Haag (2017) diskuterer piloters situasjonsforståelse til (airplane state awareness/ASA) knyttet til flyets tekniske og operative status gjennom å fokusere på ulike metoder for å predikere (forutsi) gitte (tilstands)parametere fremover i tid. Forfatterne poengterer at manglende situasjonsforståelse ofte er en medvirkende kausal årsaksfaktor ved luftfartsulykker. Engelmann et al. (2017) argumenterer for at automatisert teknologi og prediksjon vil kunne hjelpe piloter til bedre situasjonsforståelse omkring flyets tekniske status gjennom at man i forkant vil kunne advare om uønskede hendelser som kan oppstå. I artikkelen fokuserer Engelmann et al., (2017) på hvordan man kan forutsi uønskede hendelser knyttet til steiling og situasjoner med for høy hastighet, samt overgangsfaser mellom flyets automatiseringsmoduser. Metoden estimerer og deretter predikerer flyets tilstand basert på ulike parametere fra flyets elektronikk, flyets konfigurering, ulike dynamiske modeller med hensyn til flyets aktive modi, samt presise modeller vedrørende usikkerheten knyttet til sensorer (Engelmann et al., 2017). Forfatterne sammenlignet de ulike metodene ved å benytte data fra flysimulator hvor 11 flybesetninger gjennomførte mer enn 230 flygninger.

En lignende metodeutvikling knyttet til sikkerhet beskrives av Xie og Yousefi (2012) opp mot automatisering av prosedyrer i lufttrafikkjenesten hvor man ønsker å automatisere slik at oppgaveomfanget for flygeledere reduseres for dermed å tilrettelegge for økt kapasitet i luftrommet. Xie og Yousefi (2012) beskriver en ny metodisk tilnærming for å vurdere sannsynlighet herunder sikkerheten knyttet til automatisering av prosedyrer med vekt på ulike former for konflikter som kan oppstå mellom luftfartøy. Xie og Yousefi (2012) redegjør også for hvordan det overordnede sikkerhetsnivået endrer seg i takt med valg av ulike grader for pålitelighet for hver og en av systemkomponentene. Aweiss og Lauderdale (2012) evaluerer videre en automatiseringsprototyp for innflygningstrase' hvor både sikkerhet og økonomi står i fokus. Prototypen er et bakkebasert, automatisert system som gjør det mulig å generere drivstoffeffektive og kontinuerlige innflygningsprofiler samtidig som man unngår konflikter. Oppgaven til systemet er å bestemme nødvendig tidsbuffer mellom fly på bakgrunn av hvorvidt scenarioene er definert som enkle versus komplekse. Jo høyere usikkerheten er knyttet til for eksempel innflygningshastigheten til et fly – jo høyere buffer må systemet legge inn for å sikre minimum horisontal avstand mellom flyene. Tilsvarende har Landry og Kim (2010) utviklet en algoritme hvor man unngår statiske og distansebaserte standarder knyttet til separasjon av luftfartøy – hensikten er å sikre at man alltid har ekstra tid tilgjengelig for å kunne oppdage og håndtere konflikter. Samtidig vil man avhengig av operasjonell kontekst kunne redusere separasjon og øke kapasiteten til systemet ytterligere. Landry og Kim (2010) argumenterer for at man kan oppnå en reduksjon av forsinkelser på 4 prosent eller mer samtidig som sikkerheten ivaretas.

Diffenderfer, Tao og Payton (2013) redegjør for hvordan man kan øke produktiviteten ved flyplasser hvor det er avhengighet mellom avgangs – og ankomende fly uten at dette går ut over sikkerheten. Forfatterne viser hvordan eksisterende prosedyrer ofte resulterer i ineffektiv koordinering mellom ankomende og avgående fly, noe som har negativ innvirkning på flyplass effektiviteten. Gjennom å forbedre dagens statiske ankomst og avgangsruter gjennom automatisert integrasjon, samt øke kommunikasjonen mellom tårntjeneste og terminalområdet radarbaserte kontroll for innflygning (TRACON) vil man ifølge Diffenderfer et al. (2013) kunne øke gjennomstrømmingen av fly uten å kompromittere på sikkerhet. Videre redegjør Prevot, Mercer, Martin, Homola, Cabrall og Brasil (2011) for hvordan fremtidens lufttrafikk tjeneste vil innebære teknologi som automatiserer separasjon mellom luftfartøy, unngår uønsket vær samt sikrer flyt av trafikk i henhold til rutetabell. Prevot et al. (2011) evaluerte simuleringene foretatt ved NASA's Ames forsknings senter hvor flygeledere aktivt bidro med å konkludere positivt med hensyn til effekter av automatisering opp mot høy utnyttelse av luftrom, herunder meget god effektivitet og overenstemmelse med planlagte ruter. Tilsvarende illustrerer Prevot, Homola, Martin, Mercer og Cabrall (2011) hvordan simuleringer av ulike trafikkscenarier ga forskerne innsikt i faktorer relevant for menneske-maskin integrering, slik som arbeidsbelastning, utfordringer, kjedsomhet samt utbrenthet - noe som videre la grunnlaget for å konkludere omkring fordeler knyttet til både effektivitet samt opprettholde sikkerhet gjennom bruk av automatisert separasjon av flytrafikken. Ved scenarier med høy arbeidsbelastning for flygelederne ble automatisering vurdert som en positiv ressurs.

Tilsvarende beskriver Johnson (2011) ved overgang til Trajectory-Based Operations (TBO) hvor nødvendig det er å forstå faktorene som påvirker flyenes ulike innflygningsprofiler. Ved å utvide bruken av automatiserte beslutningsstøtteverktøy som tar utgangspunkt i presise prediksjoner av flyenes profiler ved ankomst er ideen å øke både effektiviteten og sikkerheten herunder minimere flygeledernes behov for inngripen mht. å styre flyoperasjonene (Johnson, 2011). Poenget er allikevel utfordringer knyttet til å bestemme optimale modeller som ligger til grunn for prediksjonene på grunn av en mengde ulike faktorer som kan påvirke en profil – hvorav mange omhandler usikkerhet. Johnson (2011) peker spesielt på punktet hvor et fly starter nedstigningen (top of decent) som utfordrende med tanke på å opprettholde tilstrekkelig separasjon hvis et fly starter nedstigningen tidligere eller senere enn forventet (også som følge av automatisering). Vind og flyets vekt er to faktorer som påvirker stedet hvor for eksempel en Boeing 737 starter en nedstigning. Hvorvidt flyet har eller ikke har winglets spiller også inn. Johnson (2011) konkluderer med at såfremt man forstår faktorene som påvirker punktet for nedstigning vil man kunne forbedre presisjonen til algoritmene som ligger til grunn for dagens og fremtidens automatiseringsverktøy herunder identifisere områder hvor man må håndtere usikkerhet. Hughes (2005) beskriver automatisering i form av en databasert modell av rullebaneinntrengninger som gjør det mulig å klassifisere denne typen hendelser mot alvorlighetsgrad. Hensikten med verktøyet er å få konsistente data på tvers av land samtidig som man vil være i stand til å identifisere hvorfor hendelsene inntraff, herunder redusere risiko knyttet til rullebaneinntrengninger som anses som en betydelig fare i sivil luftfart (Hughes, 2005).

Det er også verdt å merke seg studien til Bekier, Molesworth og Williamson (2012) hvor utgangspunktet er det som forfatterne beskriver som globale bekymringer knyttet til kapasiteten i lufttrafikk tjenesten. Bekier et al. (2012) mener at en av løsningene for å øke effektiviteten i dagens system er å innføre økende grader av automatisering. Imidlertid er flygeledere selektive og ofte kritiske til ny type automatisering (Bekier et al., 2012), noe forfatterne ønsket å teste ut – nærmere bestemt hvorvidt man kan identifisere et kritisk punkt med tanke på graden av automatisering som medfører at flygeledere ikke lenger aksepterer eller ønsker å samarbeide med automatiseringen. Forfatterne benyttet spørreskjema hvor 500 flygeledere deltok, hvor det ble undersøkt ulike situasjoner som involverte ulike grader av automatisering – fra full manuell kontroll til fullt ut automatisering. Deltakerne besvarte en Likert skala med spørsmål hvorvidt man var enige eller ikke i utsagn som beskrev interaksjonen med automatiseringen. Bekier et al. (2012) fant at det kritiske punktet vedrørende aksept av automatisering inntraff når graden av automatisering innebar at beslutningsfokus ble flyttet fra flygeleder og over til teknologien.

Forenklet kommunikasjon mellom lufttrafikkjeneste og luftfartøy

Gineste og Gonzalez (2010) viser hvordan sikkerhet er en av driverne for automatisering i lufttrafikkjeneste når de beskriver overgang fra tale til datakommunikasjon mellom flygeledere og piloter, samtidig som de påpeker at ut over økt sikkerhet vil man også spare ressurser på andre områder. For eksempel illustrerer Stump og DeLuca (2011) hvordan det amerikanske luftfartstilsynet er ansvarlig for et utall avanserte og automatiserte systemer ment å sikre en sikker og effektiv flyt av fly, mennesker og gods gjennom det nasjonale luftrommet (NAS). For å kunne tilby en tjeneste som både er sikker og effektiv samtidig som man ønsker å redusere kostnader, er fokus på å smelte sammen ulike automatiserte systemer herunder sikre lik tilgang til automatiserte tjenester for sentrale aktører, noe som vil kunne medføre økt presisjon med hensyn til beslutningstaking. Forfatterne illustrerer med å vise til forbedring av kommunikasjonen og datautvekslingen mellom underveis- og innflygningssystemer gjennom opprettelsen av et felles system for deling av informasjon for flygeledere i både kontrollsentral og innflygningskontroll. I den sammenheng er det interessant å se på artikkelen til Gilbert og Bruno (2009) hvor de beskriver hvordan ADSB-data muliggjør deling av samme nøyaktige trafikkdata til henholdsvis flygeleder og pilot – en betydelig forbedring i form av satellittbasert informasjon sammenlignet med tradisjonell radarbasert informasjon. Hering og Hofbauer (2007) illustrerer videre et fremtidig alternativ til talekommunikasjon mellom bakke og luft gjennom et konsept hvor forskning i regi EUROCONTROL foreslår en digital signatur for automatisk verifisering av senderen av en klarering til et gitt luftfartøy i sanntid, noe som vil øke flysikkerheten. Teknologisk vil dette la seg gjøre gjennom å erstatte dagens "push to talk" (PPT) knapp med en selektiv PPT knapp hvor flygeleder signaliserer hvilket fly man skal kontakte. Hering og Hofbauer (2007) beskriver hvordan konseptet ble lagt frem for evaluering blant tidligere flygeledere gjennom ulike scenarier – hvor tilbakemeldingene var positive.

Adams, Murdoch, Consiglio og Williams (2007) beskriver intensjonen bak prosjektet SATS når de redegjør for ønsket om å øke kapasiteten og utnyttelsesgraden hos mindre og ofte ubetjente flyplasser - gjennom å overføre håndtering av trafikkavviklingen til et automatisert system samt gi ansvar for separasjon mellom fly til allmennflygere. I artikkelen presenterer Adams et al. (2007) et forskningsbasert multifunksjonsdisplay hvor hensikten er å støtte interaksjonen mellom piloter og en automatisert styringsmodul for flyplass (Airport Management Module/AMM). I følge forfatterne indikerer resultater fra simuleringer at å overføre ansvaret knyttet til overvåking av annen trafikk for selvseparasjon til flygerne selv - ikke gir en økning i pilotenes subjektive opplevelse av arbeidsmengde. Allmennflygere foretrakk å benytte det nye multifunksjonsdisplayet ved utførelsen av prosedyrer – samtidig ble det rapportert om økt situasjonsforståelse sammenlignet med tradisjonell instrumentering. På samme måte viser Glasgow og Niehus (2012) hvordan allmennflygeres bruk av Iridium satellittbasert kommunikasjon legger til rette før økt sikkerhet for allmennflygere gjennom å introdusere to nye kapabiliteter. For det første kan man sende informasjon fra bakken og til luftfartøyet vedrørende for eksempel ugunstige forhold med utgangspunkt i innlevert flygeplan. Dernest kan man laste ned posisjonsrapporter fra luftfartøyet som i en tenkt situasjon kan bedre responsen med tanke på søk og redning. Allmennflygere er også i fokus i studien til Lancaster og Casali (2008) hvor man argumenterer for at bruk av datalink mellom bakke og luftfartøy kan forbedre sikkerheten for allmennfly. Lancaster og Casali (2008) beskriver hvordan VFR piloter ble testet i simulator hvor man prøvde ut ulike kombinasjoner og former av tekst versus tale under ulike scenarier - herunder evaluering av tid knyttet til å motta, forstå samt utføre kommandoer. Lancaster og Casali (2008) rapporterte statistisk signifikante funn knyttet til pilotytelse, mental arbeidsbelastning samt situasjonsforståelse mellom ulike kombinasjoner av data. Man konkluderte med at dataoverføring til piloter i form av tekst har betydelig sikkerhetspotensial såfremt man samtidig understøtter meldinger med en automatisert talekomponent.

Videre vil i følge Ippolito og Nefian (2010) sikkerheten ved bruk av mindre fly for inspeksjon av oljerørledninger forbedres gjennom at man tar i bruk automatisering. Per i dag er denne typen flyvning utfordrende i og med at man flyr lavt og sakte samtidig at man som pilot ser ut av flyet og ned på det man inspiserer, noe som resulterer i et uakseptabelt antall ulykker og tap av menneskeliv hvert år (Ippolito & Nefian, 2010). Ved å automatisere billedinnhenting samt deteksjon av mulige farer vil man redusere pilotens

arbeidsmengde og øke sikkerheten herunder også effektiviteten. Forfatterne beskriver en ny metode for billedklassifisering og mål om 80 prosents nøyaktighet eller bedre.

Erfaringsoverføring innad i luftfart og fra luftart til andre bransjer

Petersen, Görges, Ansermino og Dumont (2014) beskriver moderne medisin og hvordan anvendelsen av bedøvelsesmidler under operasjoner per dags dato ikke er automatisert. Sikkerheten er avhengig av helsepersonellens årvåkenhet, hvor Petersen et al., (2014) trekker paralleller til luftfart hvor menneskelige feil også kan medføre alvorlige konsekvenser, og hvor man har innført automatiserte kontrollregimer med tanke på å redusere risiko samt forsterke den menneskelige ytelse. Forfatterne viser hvordan et fullstendig automatisert, lukket system for intravenøs medikamentinfusjon kan designes teknisk for å kontrollere og samtidig overvåke flere samtidige infusjoner av legemidler på flere pasienter. Tanken er å utvikle et system: *"som integrerer all informasjon tilgjengelig fra alle monitører inne på operasjonsstua for slik å tilrettelegge for nye sikkerhetsstandarder innen anestesi"* (Petersen et al., 2014:48). Tilsvarende som medisin beskriver Baxter og Cartlidge (2013) hvordan luftfarten tjener som inspirasjon til hvordan man bør tenke omkring utvikling av nye storskalasystemer og håndtering av økende grad av systemkompleksitet innen høyfrekvent handel – en kompleksitet som gjør det utfordrende for mennesker i et sosioteknisk system å være i stand til å følge med og kunne gripe inn når ting går ut av kontroll. Utgangspunktet er parallell mellom høyfrekvent handel og luftart - hvor førstnevnte kan lære av sistnevnte ved å fokusere på spesifikke aspekter knyttet til teknologiovervåkning, regulering og standarder, organisatorisk læring samt programvareutvikling - for slik å legge til rette for fremtidige og robuste system innenfor høyfrekvent handel (Baxter & Cartlidge, 2013). Videre beskriver Farrugia, Montebello og Abela (2013) hvordan forskere innenfor vegsektoren har utviklet et robotstyringssystem som automatisk griper inn proaktivt under kjøring for å unngå farer knyttet til for eksempel kollisjoner. Systemet henter inspirasjon fra luftfarten og sjåføren tillates å kjøre selv under normale og oversiktlige forhold samtidig som føreren selv kan utføre unntak ved behov.

Automatisering og sikkerhetsutfordringer

Grensene (i nesten helt trygge system) utfordres

I artikkelen "Cognition, Technology, and Organizational Limits: Lessons from the Air France 447 Disaster" analyserer Oliver et al. (2017) hvordan Air France sin flygning i 2009 fra Rio De Janeiro til Paris totalhavarete uten overlevende. Utgangspunktet er anerkjennelsen av at ny teknologi i noen tilfeller innebærer at man planlegger og bygger systemer som har som konsekvens at operatørene ikke helt ut forstår systemet man blir satt til å jobbe i. Oliver et al. (2017) poengterer imidlertid at man kan håndtere kompleks teknologi med iboende risiko gjennom for eksempel å vise til "High Reliability Organizations" (Weick & Sutcliffe, 2007), hvor man har utviklet spesifikke organisatoriske trekk for slik å kunne håndtere uforutsette og til dels ukjente situasjoner. Oliver et al. (2017) viser også til hva sikkerhetsforskningen beskriver som "the paradox of almost totally safe systems" (Amalberti, 2001), som innebærer at de fleste systemer: *"behøver å holde seg innenfor gitte grenser for å være sikre. Designere og kontrollører utvikler av den grunn prosedyrer og kontrollrutiner – inkludert teknologiske – for å sikre at gitte grenser ikke overskrides"* (Oliver et al., 2017:4). Imidlertid poengteres det at operasjoner "innenfor" et systems grenser også kan virke mot sin hensikt i den forstand at operatørens evne til å utfordre samt stille spørsmål ved etablerte sannheter kan bli redusert - noe som vil kunne virke negativt på blant annet situasjonsforståelsen ("situational awareness") blant operatørene. En slik erosjon av kompetanse vil man først oppdage når man utsettes for ukjente og uventede situasjoner: *"Altså paradokset – sikre, forventede, feilfrie operasjoner under normale operasjoner kan komme på bekostning av redusert evne til å håndtere unormale forhold"* (Oliver et al., 2017:4).

På bakgrunn av dette argumenterer forfatterne for nytten av å studere kommersiell luftfart spesifikt fordi bransjen representerer systemer man ser på som nesten helt sikre. Analysen Oliver et al. (2017) benytter for AF447 ulykken er Farjoun og Starbuck's (2007) begrep om organisatoriske grenser. Organisatoriske grenser defineres på følgende vis: *"Alle organisasjoner har begrensninger knyttet til rekkevidde, mengde, lengde og*

kvalitet på ting de kan utføre gitt nåværende kapabiliteter, og disse begrensningene kan ha sin opprinnelse i medlemmenes persepsjon, i retningslinjer, i teknologien som adopteres, eller i omgivelsene" (Farjoun & Starbuck, 2007:543). Farjoun og Starbuck (2007) argumenterer for fokus på tre begrensende forhold som kan medføre at en organisasjon ikke vil være i stand til å håndtere utfordringer man blir stilt ovenfor:

- Begrensninger knyttet til *kognisjon* - aktørens muligheter til å gjenkjenne, tolke, og respondere tilstrekkelig i ulike situasjoner.
- Begrensninger knyttet til *styringspolitikk* – ledelsens søken etter kontroll og koordinering gjennom budsjetter, frister etc., noe som begrenser aktørers handlingsrom.
- Begrensninger som handler om en organisasjons *omgivelser* – gjennom for eksempel lover, regler og markedsmekanismer knyttet til kvalitet, pris og servicenivå. Her finner vi også lovmessigheter til hva som er fysisk samt teknisk mulig for en organisasjon å utføre.

De to førstnevnte faktorene beskrives som *endogene*, altså begrensninger i henhold til hva en organisasjon kan utføre konsistent og pålitelig – gitt organisasjonens kjennetegn og kapabiliteter i form av tilgjengelige ressurser (ferdigheter, kunnskap, erfaring). I den forbindelse er man spesielt opptatt av organisasjonens evne til å mobilisere samt anvende målrettet nevnte interne ressurser. Sistnevnte faktor er ifølge forfatterne *eksogene* i den forstand at de beskriver begrensninger i omgivelsene knyttet til en organisasjons handlingsrom: "*Poenget er at begrensningene til hva en organisasjon kan utføre er både endogene (begrenset av kapabilitetene) samt delvis eksogene, begrenset av hvilke sosiale og fysiske egenskaper miljøet tillater*" (Oliver et al., 2017:3). I den forbindelse er dagens moderne fly-cockpit av spesiell interesse – nærmere bestemt uttrykket glasscockpit hvor pilotene mesteparten av tiden overvåker i stedet for å manuelt fly flyet, noe som kan være spesielt utfordrende ved langdistanseflygninger hvor flere tidssoner er involvert. Oliver et al. (2017) poengterer at selv om teknologi knyttet til glasscockpit har resultert i nedgang i antall flyulykker de siste tiårene viser forfatterne til Carr (2015) samt Harris (2011) mht. bekymringer knyttet til for eksempel svekkelse av pilotenes situasjonsforståelse – at pilotene rett og slett ikke er i stand til å forstå hva teknologien holder på med. Ifølge Oliver et al. (2017) vil man ved å tilnærme seg automatisering i cockpit gjennom "grenser" se betydningen av både eksogene og endogene faktorer knyttet til pilotenes opplevelse av ulike situasjoner. For det første begrenser automatiseringen pilotenes muligheter til å foreta farlige manøvrer, noe som innebærer at pilotene isoleres fra konsekvensene av sine handlinger. For det andre reduserer automatiseringen piloters kognitive belastning gjennom å avlaste for eksempel overvåkning av flere instrumenter samtidig samt manuelt å skulle fly flyet. For det tredje vil man kunne oppleve at automatisering medfører at piloters kompetanse svekkes over tid. Til sist er det knyttet risiko til at automatisering kan medføre flertydige eller upassende signaler, noe som igjen kan forsterke og forverre et handlingsforløp.

AF447 var tre og en halv time underveis når ting begynte å eskalere ut av kontroll inne i cockpit. Airbus A330 maskinen fløy på autopilot i 35.000 fot –tre piloter var med på grunn av flyturens lengde – kapteinen og to styrmenn hvorav to av pilotene oppholdt seg i cockpit til enhver tid. Kapteinen var imidlertid ute av cockpit når iskrystaller blokkerte flyets hastighetssensorer som resulterte i at flyets flight computer automatisk koblet ut autopiloten, noe den var designet til å gjøre ved inkonsistente data fra sensorene plassert på utsiden av flyet. Ved utkobling av autopilotfunksjoner blir det helt og holdent pilotenes oppgave å sørge for videre kontroll av flyet, noe som i AF447's tilfelle innebar at styrmannen med minst erfaring (pilot flying) var den som manuelt tok over kontrollen. Å manuelt fly et passasjerfly på denne høyden er ikke noe piloter vanligvis gjør eller trener på – noe som ga seg utslag i styrmannens umiddelbare forsøk på å rette opp en svak krenkning ved gjentatte overkompensasjoner på egen stikke, som resulterte i at flyet krenget frem og tilbake flere ganger. Samtidig, muligens uten å være klar over det, trakk styrmannen stikka tilbake slik at flyets nese pekte oppover, høyden tiltok samtidig som hastigheten ble redusert. Som følge av dette gikk flyet inn i det som benevnes som en aerodynamisk steiling omtrent ett minutt etter at autopiloten ble koblet ut. AF447 var nå praktisk talt i fritt fall ned mot havoverflaten. Det er verdt å merke seg at utdraget fra flyets taleregistrator ikke gir indikasjon på at pilotene, herunder kapteinen som ble kalt tilbake til cockpit av styrmannen som ikke fløy (pilot not flying),

forstod at flyet nå hadde steilet. Utdraget fra taleregistratoren i transkripsjon 1 nedenfor er hentet fra omtrent ett og et halvt minutt ut i hendelsen.

Transkripsjon 1: "Forvirring i cockpit" (utdrag fra Oliver et al., 2017:9)

Styrmann 1:	But we've got the engines, what's happening (...)? Do you understand what's happening or not?
Styrmann 2:	(...) I don't have control of the airplane any more now. I don't have control of the airplane at all
Styrmann 1:	Control's to the left (...) what is that?
Styrmann 2:	I have the impression (we have) the speed
Kaptein:	(Noise of cockpit door opening), Er, what are you (doing)?
Styrmann 1:	What's happening? I don't know, I don't know what's happening
Styrmann 2:	We're losing control of the aeroplane there
Styrmann 1:	We lost all control of the aeroplane, we don't understand anything, we've tried everything

Selv om flyets datamaskin annonserte "stall" (steiling) 75 ganger i løpet av de fire og halvt minuttene det tok fra autopiloten koblet ut til flyet traff havoverflaten, samt at det var mye aerodynamisk støy på grunn av turbulens rundt vingene når flyet mistet høyde - var det ingen av pilotene som eksplisitt foretok seg noe for å få flyet ut av steilingen før helt på slutten av hendelsesforløpet. I en Airbus A330 fungerer automatiseringen slik at et steilingsvarsel automatisk slås av når hastigheten reduseres til under et gitt nivå – dette for å unngå falske alarmer. Imidlertid medførte flyets "unormale" vinkel under den ukontrollerbare nedstigningen at den indikerte flyhastigheten ble lavere enn dettet nivået, noe som innebar at flyets steilevarsel kuttet ut og pilotene ble "feilinformert" mht. situasjonen slik den reelt var. Paradokset var at når pilotene ved korte øyeblikk faktisk dyttet flygekontrollen fremover (som medførte at flyets hastighet økte), resulterte det i at steilevarselet igjen kom på, noe som bidro til mer forvirring knyttet til pilotenes situasjonsforståelse. Oliver et al. (2017) poengterer at under normale omstendigheter ville flyets flykontrollsystem gjort en steiling umulig. Egenskaper ved teknologien (automatiseringen) som var designet til å hjelpe pilotene under normale forhold hindret nå pilotene i å forstå hvordan situasjonen utviklet seg. Oliver et al. (2017) påpeker med utgangspunkt i AF447 paradokset ved eksogene versus endogene grenser gjennom følgende sitat: "*Det at man reduserer risikoen for menneskelige feil gjennom design av system (eksogene grenser) kan resultere i skadelige effekter knyttet til deltakernes endogene grenser*" (Oliver et al., 2017:4). I og med at systemet til å begynne med slo seg av uten å "signalisere" dette til pilotene – var pilotene i de påfølgende minuttene helt og holdent overlatt til egne manuelle flygeferdigheter basert på egen kunnskap og erfaring. Sekvensen nedenfor er hentet fra taleregistratoren idet flyet passerer ti tusen fot på vei ned.

Transkripsjon 2: "Motstridende handlinger" (utdrag fra Oliver et al., 2017:10)

Styrmann 1:	Wait, me, I have I have the controls eh?
Flyets datamaskin:	Dual input
Styrmann 2:	What is...how come we're continuing to go right down now? (...). Nine thousand feet
Kaptein:	Careful with the rudder bar there
Styrmann 1:	Climb, climb, climb, climb
Styrmann 2:	But I've been at maxi nose-up for a while
Flyets datamaskin:	Dual input
Kaptein:	No, no, no, don't climb
Styrmann 1:	So go down
Flyets datamaskin:	Dual input
Styrmann 2:	Go ahead, you have the controls, we are still in TOGA (Take off and Go Around, i.e., a high power setting) eh?
Flyets datamaskin:	Dual input

I transkripsjon 2 utfører begge styrmennene motstridende handlinger knyttet til å manuelt fly flyet. Innledningsvis ser vi at styrmann 1 spør hvorvidt det er han som har kontrollen uten å motta noen form for respons. Samtidig ser vi at styrmann 1 ber styrmann 2 om å stige ("climb") samtidig som flyets datamaskin opplyser om motstridende kontrollsignal fra pilotene ("dual input") opptil flere ganger, noe som innebærer at begge pilotene samtidig forsøker å fly flyet manuelt på bakgrunn av ulik forståelse mht. situasjonen flyet

befinner seg i og hvordan situasjonen bør håndteres. Oliver et al. (2017) oppsummerer hva man kan lære fra AF447 ulykken med å poengtere at interaksjon mellom menneske og automatisering i komplekse arbeidsmiljø må hensynta det faktum at automatiseringen som har medført at luftfarten er ultrasikker også har en nedside – en nedside knyttet til svekkelse av kognitive ferdigheter som følge av hvordan automatiseringen er designet. Poenget er at dette først kommer til syne når unormale situasjoner inntreffer, og da nærmere bestemt situasjoner utenfor boksen. Samtidig ser man begrensningene knyttet til å designe system som fullt ut forhindrer feilhandlinger og ulykker i denne typen komplekse system. Oliver et al. (2017) poengterer et misforhold mellom hva utviklerne av ny teknologi legger til grunn for design herunder håndtering av ulike typer situasjoner, og hva som faktisk skjer når piloter blir nødt til å vurdere systemfunksjoner i raskt eskalerende situasjoner man ikke nødvendigvis har trent gjennom på forhånd. I følge Oliver et al. (2017) vil dette kunne medføre latente hull i alle organisasjoners barrierer.

Ebbatson, Harris, Huddleston og Sears (2010) har sett tilsvarende utfordringer når de har studert piloters yteevne nærmere bestemt manuelle flyferdigheter og hvordan dette henger sammen med dagens utstrakte bruk av automatisering i cockpit herunder programmering av autopilot funksjoner. Utgangspunktet er ifølge Ebbatson et al., (2010) at piloter som flyr fly med høy grad av automatisering kan oppleve at egne manuelle flyferdigheter reduseres som resultat av manglende muligheter til å trene på manuelle ferdigheter i hverdagen, noe som er svært viktig å beherske hvis man opplever at teknologien på noe tidspunkt svikter. Andrews, Welch og Erzberger (2005) poengterer at man i dag planlegger for at lufttransportsystemet de neste 20 årene behøver en formidabel kapasitetsøkning, noe som vil by på store utfordringer knyttet til arbeidsmengden en flygeleder vil oppleve. I den forbindelse ser man for seg automatisert separasjon mellom luftfartøy for slik å begrense arbeidsmengden for flygeledere. Samtidig vil man ved automatisert separasjon tillate en trafikk tetthet som menneskelig kognisjon og beslutningstaking ikke kan håndtere. Imidlertid ser man med utfordring på hvordan et slikt automatisert system vil håndtere sikkerheten i fall systemet feiler. Utfordringen er at trafikk tettheten og kompleksiteten i et slikt system vil gjøre det nærmest umulig for operatører på en sikker måte ta over manuell kontroll hvis systemfeil inntreffer, noe som innebærer at systemet må inneholde systemer for å opprettholde sikkerheten. Andrews et al. (2005) beskriver hvordan et slikt system må tolerere ulike typer generelle feil herunder også total systemsvikt i en gitt region – hvor poenget er at systemet skal være i stand til automatisk overføre fly til en region som ikke opplever problemer.

Samtidig uttrykker Chong og Smith (2011) bekymring for hvordan auto-genererte innflygningsruter som automatisk oversendes innkommende fly kan medføre utfordringer for flygeledere når det gjelder å ivareta situasjonsforståelsen i et operasjonelt miljø hvor man har mange ulike typer ankomster. For å undersøke i hvilken grad og hvordan flygeledere ble påvirket av slik automatisering ble det gjennomført såkalte "human in the loop" simuleringer hvor man undersøkte effektene av ulike teknologiske parametere på flygeledernes yteevne knyttet til trafikkstyringsstrategier og beslutninger, effektivitet av service samt sikkerhet (Chong & Smith, 2011). Et av hovedfunnene basert på tilbakemelding fra flygeledere var at en slik automatisering av klareringer kan utnyttes effektivt innenfor terminalområdet såfremt tradisjonell talekommunikasjon over radio fortsatt blir tilgjengelig i de situasjoner hvor det er behov for umiddelbar kontakt og kommunikasjon mellom flygeleder og pilot(er).

Tilsvarende påpeker Mosier, Rettenmaier, McDermid, Wilson, Mak, Raj og Orasanu (2013) hvordan det vil være kritisk at man er i stand til å sørge for felles situasjonsforståelse og problemløsning mellom piloter og flygeledere i fremtidens luftromsstruktur (NextGen aviation operations). Ved å gjennomgå dagens system og identifisere utfordringer kan man forsøke å forutsi hvordan fremtidige endringer knyttet til avansert automatisering og større trafikk tetthet vil påvirke piloter og flygeledere. Mosier et al. (2013) gjennomgikk rapporter (ASR) hvor det var rapportert konflikt mellom piloter og lufttrafikk tjenesten hvor noe av det de fokuserte på var type konflikter, operasjonell kontekst samt ulikheter knyttet til risikoforståelse. Av rapportene så man at høy arbeidsbelastning under innflygning og landing bidrar til kommunikasjonskonflikter samt at ulike tolkninger av samme informasjon kan bidra til konflikt mellom flybesetning og lufttrafikk tjeneste (Mosier et al., 2013). Mosier et al. (2013) argumenterer for at denne typen forskning er særdeles viktig med

tanke på å få bedre innsikt i potensielle utfordringer og faktorer som kan medvirke til konflikt i fremtidens NextGen operasjoner. Det er også interessant å nevne artikkelen til Rohacs (2010) og fremtidens personlige luftfartssystem (PATS) hvor fokus er spesielt på utfordringer knyttet til sikkerhet som følge av at man de nærmeste årene vil se behov for et betydelig antall nye og mindre private fly i Europeisk luftrom. PATS handler om fremtidens personlige transport fra A til B hvor man i en tenkt fremtid vil forholde seg til personlige luftfartøy som er både mer miljøvennlige og mer økonomisk gunstige enn dagens allmennfly (GA-aviation). Rohacs (2010) er spesielt opptatt av at vi da vil se piloter med lavt erfaringsnivå rett og slett fordi man ikke flyr ofte nok - det være seg eiere eller personer som leier fly. Denne gruppen piloter vil operere personlige fly fra mindre flyplasser i nærhet til storbyer og ofte i ukontrollert luftrom noe som innebærer potensielt nye sikkerhetsutfordringer. Et slikt nytt system vil: *"kreve nye fly, ny flyplassinfrastruktur, ny lufttrafikkjeneste, nye tekniske, administrative og finansielle system spesielt utviklet for dette nye forretningsområdet"* (Rohacs, 2010:1). I den forbindelse påpeker Rohacs (2010) hvor viktig det er å tenke sikkerhet basert på velutviklet automatisering, system for pilotevaluering, kontrollsystem for nødsituasjoner samt sofistikert teknisk og -administrativ brukerstøtte.

Når automatisering medfører overraskelse

Dehais, Peysakhovich, Scannella, Fongue og Gateau (2015) beskriver overraskelser knyttet til automatisering som en konflikt mellom pilot og automatisering hvor piloten ikke forstår informasjonen automatiseringen gir. Dehais et al. (2015) utførte tester i simulator hvor piloter benyttet eye-tracker slik at man kunne analysere øyebevegelser under ulike situasjoner hvor pilotene opplevde overraskelse mht. interaksjon med teknologien. Forfatterne foreslår en formell tilnærming til hvordan man skal identifisere denne typen situasjoner – videre hvordan man kan designe automatiserte beskjeder til pilotene som eksplisitt forteller hva autopiloten foretar seg til enhver tid.

De Boer og Dekker (2017) har studert modeller knyttet til *automation surprise* med utgangspunkt i at hendelser av denne typen utgjør en betydelig trussel mot flysikkerheten. De Boer og Dekker (2017) beskriver to ulike perspektiver innenfor forskningslitteraturen som hver for seg har ulik tilnærming til menneskets kognitive prosesser – nærmere bestemt hvordan interaksjonen mellom menneske(r) og automatisering forstås. Det første perspektivet tar som utgangspunkt en normativ og individuell tilnærming til kognisjon (se Parasuraman & Manzey, 2010), mens den andre tilnærmingen omhandler meningssskaping med utgangspunkt i kognisjon som et distribuert fenomen (se Rankin, Woltjer & Field, 2016). Førstnevnte tilnærming viser til selvtilfredshet (complacency) og oppmerksomhetsskjevhet (attentional bias) som årsaker til *automation surprise* - man stoler for mye på funksjonene i et automatisert system. Når det gjelder sistnevnte tilnærming handler dette om hvordan man forholder seg til uventede og overraskende situasjoner – De Boer og Dekker (2017) sier følgende: *"Vi behøver i tilstrekkelig grad å forberede piloter på å håndtere overraskelse, for eksempel gjennom å anvende scenarioer som inneholder potensielt motstridende informasjon. Den menneskelige operatøren er neddykket i tvetydigheter og avveininger når det kommer til manuell kontroll, anvendbarhet av prosedyrer, systemkunnskap og trening, og balanseringen av ulike mål og strategier samtidig som man forsøker å finne mening i motstridende informasjon"* (De Boer & Dekker, 2017:4).

En spørreundersøkelse ble sendt til 200 tilfeldig utvalgte piloter hvor det for eksempel ble spurt i hvilken grad tilliten til automatisering ble redusert etter opplevd *automation surprise* - 59 prosent av de spurte rapporterte en uforandret tillit til systemet etter en *automation surprise* hendelse, mens kun 9 prosent rapporterte minkende tillit til systemet (De Boer & Dekker, 2017:6). Man fant også en høy forekomst mellom *automation surprise* hendelser som ble assosiert med økende grader av automatisering. De Boer og Dekker (2017) argumenterer for at tilnærming 2 med utgangspunkt i meningssskaping som distribuert er mest hensiktsmessig med tanke på å forstå hvordan interaksjonen mellom menneske og automatisering utspiller seg: *"Støtte for den distribuerte kognitive, eller sensemaking modellen ble funnet gjennom manglende tap av tillit til det automatiserte systemet etter en automation surprise hendelse, gjennom at respondenten selv oppdaget hendelsen, og at man forklarte hendelsen med manglende forståelse for automatiseringen"* (De Boer & Dekker, 2017:9). Når det gjelder implikasjonene for å bedre sikkerheten argumenterer forfatterne for en tilnærming til interaksjonen menneske-

automatisering basert på et sensemaking perspektiv, noe som innebærer økt fokus på systemiske faktorer herunder kompleksiteten som kjennetegner den operative konteksten – i stedet for kun å fokusere på suboptimal menneskelig ytelse (De Boer & Dekker, 2017).

Studien til Callantine, Kupfer, Martin og Prevot (2013) innenfor simulering av lufttrafikkstyring er relevant å se i sammenheng med argumentasjonen til De Boer og Dekker (2017). I artikkelen beskriver Callantine et al. (2013) simuleringer gjennomført hos Airspace Operations Laboratory ved NASA's Ames forskningscenter hvor forfatterne illustrerer at for å være i stand til å optimalisere og modne et integrert system for lufttrafikkstyring gjennom for eksempel finjustere tilgjengelig teknologi, fraseologi, og tilgjengelige prosedyrer - er man nødt til å vektlegge en tydelig forståelse av *hvordan* automatiseringen opptrer sammen med flygelederne, og tydeliggjøre implikasjoner for eventuelle endringer knyttet til rolleutførelse og ansvar. Fra et flygelederperspektiv identifiseres også en rekke faktorer som påvirker et automatisert systems sikkerhet og levedyktighet, herunder på forhånd fastsatte trafikkmønstre, anvendelig fraseologi for klareringer og distinkte kjennetegn ved ulike lokale forhold knyttet til luftrom, ruter og trafikkstyring. En forutsetning for flygelederes aksept av endringer og realisering av potensielle systemfordeler (Callantine et al., 2013).

Iversen, Gressgård, Thorogood, BciIov og Hepsø (2013) illustrer hvordan olje og gassbransjen med boring som eksempel kan lære av utfordringer identifisert innenfor luftfart. Iversen et al. (2013) viser til hendelsen på åttitallet hvor et svensk jagerfly av typen Saab Gripen havarerte som et resultat av at flyets flight computer oppførte seg annerledes enn forventet – piloten forsøkte å stabilisere flyet samtidig som automatiseringen gjorde tilsvarende, piloten var altså ikke klar over hva systemet egentlig holdt på med. Derav begrepet "*mode confusion*". Iversen et al. (2013) redegjør for at automatiserte system og ulike grader eller nivåer kan påvirke menneskelig ytelse og risiko for feilhandlinger også innenfor oljeboring, og da med utgangspunkt i generiske likhetstrekk mellom automatisering i luftfart versus olje og gass. Nandiganahalli, Lee og Hwang (2016) påpeker videre at ved økende grad av automatisering i cockpit ble fenomenet mode confusion raskt et viktig tema mht. flysikkerhet, derav behovet for å utvikle metoder i form av modellering for å håndtere denne typen utfordringer. Nandiganahalli et al. (2016) beskriver et formelt teknisk verifikasjonsrammeverk basert på modellering av henholdsvis automatisering samt pilotadferd for å oppdage ulike problemer som kan oppstå knyttet til mode confusion når piloter interagerer med automatiserte system.

De Haag og Duan (2015) beskriver hvordan manglende situasjonsforståelse har vært og fremdeles er en direkte kausal årsak, eller en av flere medvirkende årsaker til luftfartsulykker. Dette handler i stor grad om piloters manglende mulighet til å forstå ofte komplekse forhold ved automatiserte flysystem, en forståelse forfatterne påpeker er særdeles viktig å tilrettelegge for slik at pilotene til enhver tid innehar god situasjonsforståelse. For å bidra til økt situasjonsforståelse beskriver De Haag og Duan (2015) en prediktiv varslingsmetode for piloter basert på tilgjengelige elektroniske data fra flyet, for slik på en hensiktsmessig måte overvåke og dermed kunne gi tilbakemelding omkring flyets vitale status gjennom tekniske parametere slik som energitilstand, holdningstilstand samt systemmodustilstand (De Haag & Duan, 2015).

Tillit og automatisering

Tillit knyttet til hvordan vi mennesker forholder oss til automatisering er sentralt i studien til Lyons, Ho, Koltai, Masesquesmay, Skoog, Cacanindin og Johnson (2016). Forfatterne beskriver ulike faktorer som påvirker tilliten testpiloter i det amerikanske luftforsvaret har til et automatisert system for kollisjonsunngåelse. Lyons et al. (2016) argumenterer for hvor viktig det er at designere av automatiserte system innhenter kunnskap og erfaring fra operative miljø, det vil si et brukerperspektiv fra hvor systemet er tenkt anvendt i praksis. Faktorer som påvirket pilotenes tillit til det nye systemet handlet for det første om forstyrrelser i form av falske alarmer, noe testpiloter for alt i verden ønsker å unngå. For det andre har man erfart hvor særdeles viktig det er å involvere pilotene gjennom å la de erfare systemet gjennom bruk for slik å skape tillit til systemet. For det tredje erfarte man at det var viktig å designe inn små hint i systemet, rett og slett åpenhet ovenfor pilotene mht. til hva systemet foretok seg. Til slutt ønsket man fra pilotenes side unnvikelsesmanøvrer som var velkjente fra

tidligere, eksemplifisert gjennom: *"Auto-GCAS ble designet for å utføre en 5g stigning med horisontale vinger, noe som er i samsvar med pilottrening og adferd"* (Lyons et al., 2016:11). Forfatterne argumenterer med at designere av fremtidige automatiserte system bør inkludere denne typen aspekter i designprosessen slik at man unngår avvisende brukere (Lyons et al., 2016).

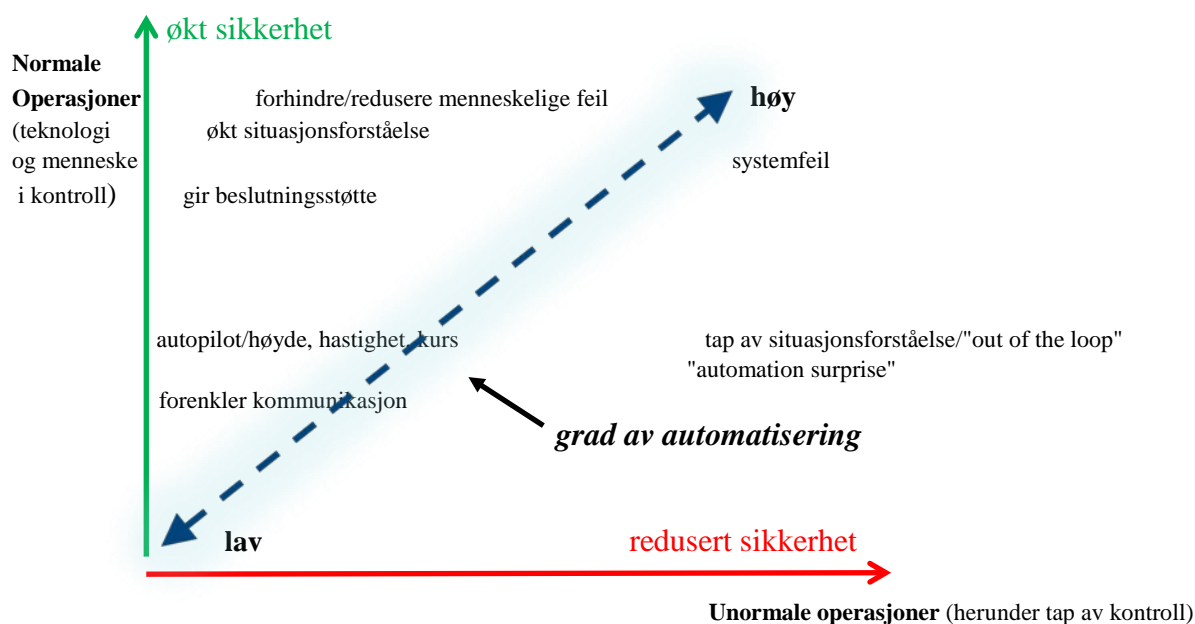
Tilsvarende har Weyer (2016) studert piloters holdninger til å fly dagens avanserte fly på en sikker måte gjennom samtidig å utvide vår begrepsmessige forståelse av hva tillit knyttet til automatisering innenfor sosio-tekniske system innebærer. Weyer (2016) stiller spørsmål i hvilken grad piloter har tillit til automatisering - nærmere bestemt hvorvidt piloter innehar tillit til at menneske og "ikke-tekniske aktører" kan utføre samarbeid og koordinere utførelse av oppgaver. Weyer (2016) argumenterer for en ny tilnærming til å forstå interaksjon mellom menneske og maskin i komplekse sosiotekniske miljø. Argumentet er at forskning på automatisering med fordel kan gå bort fra en tradisjonell "enten eller tilnærming" (enten menneske eller maskin) til å også nyttiggjøre seg andre tilnærminger for å utvide forståelsen av hvordan piloter forholder seg til automatisering i cockpit. Weyer (2016) viser til *distribuert handling* (Hutchins, 1995), *menneske-maskin samarbeid* (Cummings & Bruni, 2009), *coagency* (Inagaki, 2012) samt *hybride sosio-tekniske system* (Fink & Weyer, 2014). Følgende sitat illustrerer Weyer's (2016) hovedargument: *"Sistnevnte strategi vil kunne gjøre det enklere å forstå rollefordelingen i den digitale cockpiten samtidig som man vil kunne identifisere hindringer knyttet til en effektiv interaksjon mellom den menneskelige og de ikke-menneskelige delene som utgjør et hybrid sosio-teknisk system"* (Weyer, 2016: 168). Weyer (2016) argumenterer videre for at dette innebærer en noe annen forståelse av hvordan man tilnærmer seg tillit som fenomen ved først å referere Lee og See (2004) og tradisjonell forståelse hvor tillit handler om menneskets forventning om at noe blir korrekt utført og til rett tid av teknologien. Hva automatiseringen gjør, gjennomskiktigheten til systemet samt nytten av operasjonen slik den oppleves påvirker altså opplevd tillit. Weyer (2016) poengterer at en slik forståelse ikke fremmer et samarbeidsperspektiv - tillit defineres hovedsakelig som et menneskelig fenomen med utgangspunkt i hva teknologien foretar seg, noe som medfører: *"at vi behøver et begrep om tillit for menneske-maskin samarbeid som utvider det ensidige begrepet om tillit i automatisering"* (Weyer, 2016:168). Weyer (2016) konkluderer følgende: *"Menneske-maskin interaksjon i avanserte automatiserte system kan betraktes som symmetrisk konstellasjon hvor denne symmetrien er utgangspunkt for tilliten"* (Weyer, 2016:169). Med utgangspunkt i en slik begrepsmessig forståelse fant Weyer (2016) at tillit til hybrid samarbeid er nokså høyt og avhengig av hvordan symmetrien mellom menneske og teknologi oppfattes samtidig som man ikke fant store forskjeller mellom Airbus og Boeing piloter gitt ulike filosofier mht. cockpitdesign.

Cummings og Bruni (2009) understreker også betydningen av et samarbeidsperspektiv spesielt knyttet til menneske-automatisering og beslutningstaking. Poenget er å tilby et gjensidig støttende miljø hvor menneske og maskin samarbeider for å komme frem til beslutninger som i sum er bedre enn respektive individuelle bidrag (Cummings & Bruni, 2009). Inagaki (2010) argumenterer for en likeverdig status for menneske og maskin i det sosiotekniske miljøet gjennom begrepet "human-technology coagency", noe som innebærer en dynamisk forhandling av autoritet avhengig av den aktuelle situasjonen - i motsetning til at mennesket alltid har siste ord (Inagaki, 2010).

Hovedfunn litteraturstudie

Figur 1 illustrerer automatiseringsparadokset ved at økende grader av automatisering først og fremst har medført økt sikkerhet. Litteraturgjennomgangen (tabell 4) har imidlertid vist at forholdet mellom automatisering og sikkerhet er sammensatt på lik linje med forholdet automatisering og autonomi. Økt sikkerhet som følge av økende grader av automatisering sees ofte i sammenheng med reduksjon av menneskelige feil, økt beslutningsstøtte samt forenklete kommunikasjonsrutiner - og prosesser. Samtidig ser man utfordringer for sikkerheten fortrinnsvis knyttet til interaksjonen menneske-automatisering, hvor AF447 havariet og automatiseringen som kom i konflikt med hva pilotene foretok seg er et eksempel. I noen tilfeller kan design av automatisering medføre svekkelse av kognitive ferdigheter herunder beslutningstaking når unormale og overraskende situasjoner inntreffer. Dette handler om utfordringer ved å forstå ofte komplekse forhold ved dagens automatiserte flysystem.

Figur 1: Interaksjonen menneske-automatisering: automatiseringsparadokset og sikkerhet



Tabell 4: Oversikt over hovedfunn fra litteraturstudien

Luftfart, automatisering og sikkerhet	Automatisering og økt sikkerhet	Automatisering og sikkerhetsutfordringer
<ul style="list-style-type: none"> Automatisering i luftfart innført til dels som følge av ønsket om å redusere arbeidsmengde i cockpit Automatisering i luftfart går helt tilbake til flygningens spede begynnelse Forholdet automatisering og autonomi i luftfart noe uklart beskrevet i FoU litteraturen – hensiktsmessig å snakke om grader av automatisering herunder overgangsfaser Automatisering og flysikkerhet er sammensatt – automatisering har økt sikkerheten i bransjen men nye former for ulykker har også inntruffet 	<ul style="list-style-type: none"> Automatisering kan forhindre menneskelige feil – f.eks. system for automatisk gjenvinning ved kontrolltap under flygning Automatisert beslutningsstøtte - f.eks. prediksjon av teknisk status kan øke situasjonsforståelse gjennom varsling av uønskede hendelser på forhånd Forenkling av kommunikasjon mellom aktører kan øke sikkerheten – f.eks. overgang fra tale til datakommunikasjon mellom flygeleder og pilot 	<ul style="list-style-type: none"> Automatisering kan medføre at grensene i et trygt system utfordres gjennom at organisasjonens begrensninger forsterkes Kompleks automatisering kan medføre at operatører ikke helt ut forstår systemene man er satt til å jobbe i – utilstrekkelig og manglende håndtering av uforutsette situasjoner som resultat Tillit til automatisering er sentralt for sikkerheten – viktig at designere av ny teknologi innhenter kunnskap og erfaring fra operative miljøer

7 Intervjustudie

Resultatene fra intervjustudien er inndelt etter tema fra intervjuguiden og hva informantene selv vektla under intervjuene, noe som er ment å gi en utdypende fremstilling omkring økende grader av automatisering. Først gjennomgås eksempler på automatisering sett fra operative ståsteder - henholdsvis pilot, flygeleder, tilsynsmyndighet samt droneperspektiver. Eksempler på hvordan automatisering gir økt sikkerhet presenteres - deretter eksempler på hvordan automatisering også kan medføre utfordringer for sikkerheten. Økende grader av automatisering i tiden fremover for bransjen som helhet er neste tema hvor sentrale aspekter slik som menneskets rolle og kompetansebehov, samt behovet for deling av samt utveksle erfaringer innad i luftfartsbransjen og på tvers av transportsektorer gjennomgås. Avslutningsvis presenteres problemstillinger knyttet til overgangsfaser når man fra operativt ståsted skal forholde seg til økende grader av automatisering. Dette handler om teknologi og håndtering av unormale og uforutsette situasjoner, videre om tillit til teknologien samt en erkjennelse av at luftfartsbransjen er komplekst noe som innebærer ulike aktører med ulike behov og forventninger, og tilhørende rammevilkår.

Automatisering i dagens luftfart

I lufttrafikkjenesten er det stor forskjell på tårntjeneste og underveistjeneste (kontrollsentral) hvor førstnevnte innebærer mer manuelt arbeid fra flygeleders side. Graden av automatisering er lav i de fleste tårn. Videre må man skille mellom de største flyplassene, type Gardermoen hvor tårnet benytter automatiserte rullebaneovervåkningssystemer, noe de fleste andre flyplasser i Norge ikke har tilgang til. I et tårn som Bodø (mellomstort men dog komplekst tårn i Norge er det ingen slike hjelpemidler). All overvåkning foregår manuelt – det man har er diverse støttesystemer slik som for eksempel lys-styring, navigasjonshjelpemidler samt værdata – nødvendig informasjon man behøver for å holde flyene orienterte. Flesland har imidlertid fått et tilsvarende system som Gardermoen i forbindelse med rullebaneutbygging. Det går for eksempel av en alarm hvis et fly kommer inn på rullebanen og man ikke har skrudd av stopplinje.

Når det gjelder underveistjenesten har man i større grad ulik systemstøtte tilgjengelig - imidlertid er automatiseringsgraden lav også der. Dagens system med hensyn til å planlegge volum og kapasitet i lufta innebærer at trafikkavviklingen for eksempel på Gardermoen er et resultat av planlegging foretatt dagen i forveien - avviklingen starter altså dagen før (hvor mange fly vil lande - her må vi gjøre noen ting etc.). Med utgangspunkt i på forhånd gitte parametere må man inn å evaluere – i dag er det solskinnsdag, i dag er det tåke og lignende: *"da er det en beskjed inn til Brussel så regulerer de hele trafikken inn til Gardermoen slik at man får riktig antall fly i timen i forhold til flyplassens kapasitet"* (flygeleder).

Automatisering i cockpit innebærer i sin enkleste form en automatisk pilot som styrer flyet i forskjellige modus – holde høyde og kurs, foreta en sving eller den kan følge planlagt navigasjonsrute som er satt inn i navigasjonssystemet – vertikalt og horisontalt. Bruk av autopilot er standard for trafikkflygere og de fleste piloter aktiverer autopiloten fra og med 1000-2000 fot ved avgang: *"Når man er ferdig med takeoff og før landing har man autopiloten på - for å avlaste en selv fra kanskje kjedelige oppgaver, men samtidig kan du da konsentrere deg om andre ting slik som sikkerhetsbriefinger og selvsagt det at du kan konsentrere deg mot ledelse av besetningen, særlig for en kaptein"* (pilot). Autopiloten er på helt til man skal ned å lande og av og til er den på helt til man har landet, noe som er et krav hvis det er dårlig sikt. I tillegg har man auto-throttle som håndterer flyets hastighet.

Automatisering har imidlertid blitt mer og mer avansert med stadig flere parametere. Følgende sitat gir et bilde på det å fly DC9 sammenlignet med dagens Boeing 737: *"Med tanke på navigasjon, nå følger man en strek på en LCD-skjerm, man hadde ikke LCD-skjermer i DC-9, hadde heller ikke auto-throttle. Alt var mye mer manuelt i DC-9. Men man følte ikke at det var mer arbeid å fly den sammenlignet med 737. Ofte slik at når man automatiserer kan det være slik at det legges på arbeid i tillegg – det blir en annen måte å tenke og planlegge på"* (pilot). De tidligste autopilotene var todimensjonale mens man i dag har både fire og fem-dimensjonale system hvor man som en femte dimensjon også kan legge inn begrensninger underveis: *"Etter*

fem mil får man klatre videre og så videre, blir veldig multifunksjonell" (tilsynsrepresentant). Med tanke på automatiserte system var inntreden til IRS (B747, DC10) på begynnelsen av 70-tallet revolusjonerende. En annen milepæl var begynnelsen av 80-tallet og for eksempel Boeing 767 hvor man gikk videre med å automatisere en stor del av management funksjonen i flyet. Nå kunne man sette flygeplanen inn i en datamaskin når FMS kom på overgangen mellom 70-80 tallet. Antall personer ble redusert i cockpit fra 3 til 2 når flymaskinisten ikke lenger var nødvendig – overvåkingen ble automatisert. Flyene fra denne generasjonen gir forslag til hvordan pilotene skal håndtere ulike typer hendelser (brann i motor, motorfeil) – f.eks. rødt signal innebærer høyest prioritet. Lavere feil (caution) er gul lampe: "Systemet gir selv hierarki i dette her, og gir også et forslag til hvordan piloten skal løse dette her. Gir egentlig en automatisk sjekkliste på hvordan man skal håndtere en nødsituasjon" (tilsynsrepresentant).

Automatiserte system ombord i fly er kontinuerlig under utvikling – for eksempel ILS og kategori 3 landinger. Allikevel har automatiseringen i f.eks. Boeing 737 ikke endret seg nevneverdig i løpet av de siste tyve år: *"På 737 er mye det samme. Samme teknologi – men det som har endret seg er at man har mer og mer avanserte innflygningshjelpemidler. Normalt sett fløyet ILS eller VOR eller NDB approacher, og så har vi da fløyet type vektor inn til finalen eller kanskje sånn navigasjonstrack. Nå har vi gjort det litt mer avansert ved å innføre noe som heter Lnav og Vnav approacher, hvor man lar GPS'n styre flyet helt ned på bakken med samme presisjon, ikke som ILS, men som type non precision approach" (pilot).*

Droneindustrien er i dag: *"kommet langt over stadiet hvor man er begeistret for at dronen kommer tilbake, nå er man veldig applikasjonsorienterte – dreining siste par år på hvilke oppgaver dronene skal gjøre. Det gjør det lettere å se hvilken rolle dronene skal ha i samfunnet og hvilke oppgaver de kommer til å være sentrale for å løse fremover" (dronerepresentant). Når det gjelder hvilke funksjoner droner kan overta fra tradisjonell flygning nevnes rene arbeidsoppgaver for eksempel i form av godstransport fra A til B, og løft fra offshore skip til plattform, fra skip til skip, og fra land til skip. Her ser man betydelige bruksområder og muligheter. Tilsvarende innenfor energisektoren med deler og komponenter som skal flyttes. Videre nevnes det at helikopterselskaper ser muligheter for synergi mellom helikopter og droner - spørsmålet er hvilke roller dronen skal ivareta fremover: "Ingen tvil om at dronene vil ha et stort mulighetsrom og komplementere helikopter og fly" (dronerepresentant). Samtidig blir det påpekt at hadde man tatt i bruk all teknologien som er tilgjengelig i dag og satt det sammen til komplette systemer, så er nok mulighetsrommet betydelig større enn det man ser i bruk i dag.*

For droner sin del mht. automatisering så man et skifte for et par tre år tilbake hvor man gikk fra: *"automatikk til autonomi" (dronerepresentant). For det første gikk man fra at dronen automatisk kom tilbake og landet til at dronen autonomt fløy tilbake og husket hvilken kurs den hadde. Samtidig fikk man automatiske system for å kunne detektere hindringer både vertikalt og horisontalt – sensorer som sørger for at eventuelle obstruksjoner verifiseres.*

Automatisering og økt sikkerhet

Innenfor konseptet fjernstyrte tårn (RTC) anvendes "gammel" teknologi nærmere bestemt tracker-funksjonalitet, noe som innebærer mulighet til å gjenkjenne et objekt enten ved hjelp av piksler eller varmeendring. Man har rullebaneovervåking - hvis man ikke trykker på en knapp vil det gå av en alarm hvis et objekt kommer inn i et område rundt rullebanen. Tilsvarende har bruk av ulike visuelle effekter medført økt sikkerhet for eksempel ved å visualisere terreng omkring flyplassen, samt at fly legges til på skjermen slik at flygeleder til enhver tid har et situasjonsbilde knyttet til hvor fly befinner seg uten at man behøver å se ned på radarskjermen. Generelt omkring sikkerhet og økende grad av automatisering innenfor lufttrafikkjenesten så handler dette om at man fortsetter den gode sikkerhetstrenden i bransjen: *"Situasjonsforståelsen tar vi ikke ut, det er viktig, for vi mener at så lenge vi gjør ting som i dag så er sikkerheten god nok, det er alminnelig akseptert, luftfarten er sikker nok. Så det vi tar ut er at en mann eller kvinne kan gjøre mer og man opprettholder sikkerhetsnivået. Kostnadene går ned" (flygeleder).*

Generelt har automatisering ifølge informantene historisk medført økt sikkerhet innen luftfart. Sammenligner man ulykkestall mht. automatisering i dag med ulykker for 20-30 år siden, ser man et gunstig bilde mht. automatisering til tross for noen automatiseringsulykker det siste tiåret. Produsenter har i større grad tillit til automatisering. Det er et: *"veldig godt salgsargument – det øker sikkerheten. Og totalt sett er dette også sant. Men det er også en ekstra dimensjon ved dette. Det finnes også omstendigheter hvor det automatiske systemet motarbeider mennesket. Men den grønne siden er gunstigere enn den røde siden mht. automatisering og sikkerhet"* (tilsynsrepresentant).

Automatisering for piloter medfører at man har mer kapasitet til å være våken, forvente og planlegge fremover i tid, noe som er veldig viktig når man får operasjonelle forstyrrelser, tordenvær etc. *"Et slags sjakkspill man holder på med – at man kan tenke mye mer fem, seks skritt fremover i tiden. Det er det ene, et annet er at autopiloten ikke har noe problem med for eksempel fatigue. Som er den menneskelige ytelsesfaktor. Autopiloten flyr de parametere den er satt opp med mye mer nøyaktig enn et menneske kan. Sensorene som gir input til autopiloten er såpass nøyaktige at før man med øye registrerer avvik på høyde eller hastighet så har allerede autopiloten og eventuelt koblet FMS systemet med auto-throttle justert flyet på en slik måte, at man forblir ganske nøyaktig innenfor de parametere man ønsker"* (tilsynsrepresentant). Ser man på automatisering under for eksempel innflygning kommenteres det fra pilothold at dette er med på å øke sikkerheten av den grunn at teknologien muliggjør mer presise innflygninger. Samtidig blir det poengtert at så lenge man anerkjenner at ingen tekniske system er perfekt, og: *"det bestandig er piloten som er flight safety manager om bord - som skal være den som observerer og ser at ting går galt. Så lenge automatikken tenker på dette og ikke tenker at den skal være perfekt vil det øke sikkerheten"* (pilot).

Luftrafikkjenesten påpeker videre hvordan droner har begynt å gjøre sitt inntog i bransjen - neste skritt nå vil være å få på plass en standard i forhold til hvordan man skal kommunisere mellom drone og flygeleder - noe tilsvarende ADS-B slik man har for andre fly. Man kan se hvor en drone tar av, samt få opp telefonnummeret til den som flyr. Tilsvarende påpeker droneindustrien at det på sikt er viktig at man ikke kan fly anonymt i luftrommet – dette handler om integrasjon: *"tilsvarende biler – det er ikke rimelig at en pilot skal kunne fly fra A til B uten at man vet hvem det er"* (dronerepresentant). Det er imidlertid fortsatt et stykke igjen å gå når det gjelder en slik integrasjonsprosess. Viktig erkjennelse at luftfarten nok ikke jobber like raskt som den ubemannede sektoren.

Droneindustrien ser for seg bruk av droner for å løse samfunnsoppdrag som potensielt kan utgjøre høy risiko for mennesker – eksempler er søk og redning, miljøovervåking, eller beredskapssituasjoner på vegne av samfunnet. I en slik kontekst kan droner være svært velegnet. Imidlertid er dagens lovverk ikke tilpasset mulighetsrommet fordi man i dag ikke tillater at droner opererer over mennesker. Fokus fremover er å utvikle mange nok sikkerhetsmekanismer og dokumentere sikkerhetscase slik at man kan argumentere for svært lav sannsynlighet for at en drone for eksempel vil dette ned og skade mennesker.

Automatisering og (sikkerhets)utfordringer

Fra luftrafikkjenesten poengteres det at man innenfor luftfartsbransjen generelt er veldig grundig når man først setter i gang endringsprosesser. Man gjør ting slik man alltid har gjort - følger de prosessene man har knyttet til kontrollerte endringsprosesser. Man innfører ikke et eneste system uten at man har forsikret seg om at man har skjønnet systemet herunder både testet og validert systemet - den tekniske biten at det faktisk virker, men man validerer også i forhold til hvordan vil egentlig mennesket fungere i systemet. Når det gjelder risiko knyttet til droner spesifikt er frykten innenfor bransjen globalt at man skal få en alvorlig ulykke. Det vil være et alvorlig tilbakeslag for en hel industri – akkurat når man har begynt å ruste seg for en stor satsning. I den forbindelse må droneindustrien selv ta kollektivt ansvar, noe som innebærer at man bevisstgjør særlig nye droneentusiaster omkring risiko knyttet til bruk av droner gjennom opplæring og gode eksempler. Fra pilothold uttrykkes noe bekymring omkring droners inntreden i luftrommet knyttet til restriksjonsområder. Man har geofencing men dette kan være sårbart - ser man dette i sammenheng med piloter som utelukkende flyr på hobbybasis kan dette gå ut over sikkerheten.

Samtidig som automatisering har bidratt til økt sikkerhet i bransjen ser man også en nedside knyttet til konsekvensene av potensielt manglende kompetanse på vegne av pilotene i cockpit: *"Automatisering har en pris hvis man ikke trener systematisk på at dette av og til ikke fungerer. Man må ha et helt annet regelverk som gjør at pilotene er nødt til å fly en viss prosent manuelt når det passer. Det er ikke noe slikt regelverk i dag"* (pilot). Det er opp til ledelsen i flyselskapet å gi rutiner og retningslinjer for hvordan man flyr. Det at man ikke har tydelige retningslinjer for trening på manuelle flyferdigheter sees på som utfordrende spesielt også når man ser at mange nyansatte piloter kun har et par hundre flytimer i loggboka når de setter seg i høyresetet på en Boeing 737, og for det meste flyr ved hjelp av autopilot.

Automatisering om bord i luftfartøy innebærer at man ofte ser systemer som arbeider uavhengige av hverandre og til tider i konflikt med hverandre. Eksempel er hendelsen hos Emirates hvor ulike system kom i konflikt med hverandre og resulterte i landing for langt inne på rullebanen og påfølgende havari: *"interessant i denne sammenheng er Emirates ulykken – der har man gått en grad lengre - når overtar flyet kontrollen - eller systemet overtar kontrollen over flyet? Og det er der det begynner å bli interessant, for da oppstår det visse gråsoner"* (tilsynsrepresentant). Generelt handler utfordringen knyttet til automatisering om i designfasen å ha oversikt over alle mulige variabler som kan inntreffe. Spesifikke utfordringer mht. automatiseringen i cockpit handler om i hovedsak om to aspekter:

- Tekniske system som ikke er fullstendig innstilt på hverandre – systemene gir motstridende informasjon.
- Interaksjon mellom menneske og automatiseringen - mennesket må være i stand til å følge med på hva autopiloten gjør.

Utgangspunktet er ikke slik at mennesket sitter der for å være underordnet eller kun betjene en datamaskin - utgangspunktet er at automatiserte system er til for å hjelpe piloten - ikke omvendt. Her får man nok en del utfordringer fremover i tid. Ulykken med AF447 er et eksempel hvor overraskelse spilte inn. Spesielt kan man oppleve utfordringer ved system som jobber uavhengig av hverandre – eksempel er auto-pilot og auto-throttle: *"Dette er interessant tematikk, fordi det er mange som flyr enten med auto-throttle av eller på uavhengig av autopiloten. Så da kan du ende opp i en situasjon hvor du flyr halvveis manuelt, altså flyet styrer seg selv men ikke motorene, eller omvendt. Det synes jeg er veldig uheldig fordi det er masse eksempler på at det går galt. For meg er det enten eller"* (pilot).

Eksempel på en ulykke knyttet til når automatiserte system gir motstridende informasjon er Turkish Airlines: *"det var også auto-throttle systemet. Ganske fint vær – radio høydemåler igjen. Feil i sensoren til radiohøydemåleren. Så signalet radiohøydemåleren gav var 20 eller 30 fot tror jeg. Så det den gjorde var at den ga en kommando – som heter retard, altså ta throttle tilbake til idle (tomgang) for landingen. Men den virkelige høyden var kanskje 600 eller syv hundre fot over bakken. Så det flyet gjorde var å sette nesen i landingsposisjon, og tok throttle helt tilbake. Pilotene var ikke direkte oppmerksomme på det. Men det går altså kjempefort, hele den prosessen. Throttle tilbake, nesen går oppover, og hastigheten reduseres enormt raskt"* (tilsynsrepresentant). I kombinasjon med høy angrepsvinkel fikk Boeing 737 flyet en steiling - resultatet var at flyet datt tilnærmet vertikalt i bakken: *"Her ser vi altså at på grunn av sensoren i radiohøydemåleren, gikk det et signal til både auto-throttle systemet om idle, og til autopiloten om at den skulle reise nesen opp til landingsposisjon"* (tilsynsrepresentant). Pilotene så til slutt hva som skjedde og forsøkte å ta over manuelt, men flyet var allerede for lavt. Hadde man fløyet på et par tusen fots høyde ville man hatt bedre tid og forutsetninger til å ta tilbake manuell kontroll: *"I et slikt tilfelle får man steilevarsel, da begynner stikka å riste - handler du riktig der kan du stort sett redde situasjonen med mindre du er alt for lavt da"* (pilot). Ved steiling har man litt avhengig av flytype for eksempel ikke noe lydalarm før man går inn i en steiling og stikka begynner å riste. Man ser at en i utgangspunktet ganske uskyldig sensorfeil fører til en slik katastrofe. Boeing 737 har to radiohøydemålere men kun en er koblet til autopiloten. Et annet interessant aspekt i denne sammenheng er at flybesetningen bestod av tre personer herunder erfaren kontrollant: *"Dette sier noe om også de begrensninger*

vi har som mennesker ovenfor datasystemer, særlig når tiden blir den kritiske faktor, når man skal gripe inn innen sekunder" (tilsynsrepresentant). Mennesket var i utgangspunktet redundansen. Et av læringspunktene er at får man motstridende informasjon skal man fly manuelt igjen – utfordringen er som sagt å kjenne igjen denne typen situasjoner før det er for sent.

En tilsvarende automatiseringskonflikt inntraff også ved ulykken i San Francisco hvor et Boeing 777 fly fra Asiana havarete under landing. Air France 447, Turkish Airlines og Asiana er eksempler på ulike input fra systemer hvor feil oppstod tidlig, noe som til slutt medførte katastrofale ulykker hvor mennesket ikke var i stand til å ta tilbake kontrollen over flyet.

Introduksjonen av TCAS-systemet på slutten av 90-tallet er også relevant i forbindelse med utfordringer med økende grad av automatisering. Man visste ikke helt hvordan man skulle håndtere systemet i begynnelsen: *"At et system gir oppdrag til en pilot, descend eller climb eller maintain altitude eller noe sånt. Men til slutt er det jo også pilotens egen vurdering å følge opp eller ikke. Men prosedyren er ganske klar – man skal følge opp en såkalt TCAS"* (tilsynsrepresentant). Man har to graderinger av TCAS hvor TCAS RA også gir løsningsråd som pilotene må følge. Imidlertid er dette fortsatt ikke automatisert. En eventuell automatisering av dette avhenger av hvilke tekniske begrensninger man har, noe som er utfordrende. Hvis for eksempel systemet sier "climb" må man være sikker på at flyet har ytelsen til å klatre i det øyeblikket og i den hastigheten som systemet gir (hvis dette skal automatiseres). Systemet må vite egne samt motpartens ytelser. Eksempel: I visse fly nedgraderer man TCAS systemet når man har hatt motorfeil: *"Man kan få en teknisk konflikt mellom to tekniske systemer som motarbeider hverandre. Her har man fortsatt visse utfordringer"* (tilsynsrepresentant).

Videre eksempel er GPWS som måler høyden til bakken rett under. Utfordringen er når en hindring dukker opp foran flyet. Utviklingen av GPWS var veldig revolusjonerende når den kom på begynnelsen av syttitallet. Bakgrunnen var flere "controlled flights into" terrain. Flyet var fullstendig kontrollerbart aerodynamisk sett, men likevel fløy man rett i fjellveggen. Man utviklet av den grunn EGPWS utviklet på begynnelsen av 2000-tallet som gir et bilde på skjerm med gul og rød sone foran flyet. Systemet er utelukkende passivt – det er ikke koblet til autopilot og det er opp til kapteinen å ta beslutninger.

Dagens utfordringer handler om å forstå begrensningene ved ulike system – begrensninger man kanskje ikke tenkte på når de ble introdusert. Følgende sikkerhetsmomenter trekkes frem med hensyn til lærepunkter fra luftfartens bruk av automatiserte system:

- Piloter må opprettholde manuelle flyferdigheter og være i stand til å fly flyet for hånd - egentlig under alle omstendigheter. Man ser indikasjoner på at det stoles kanskje litt for mye på automatiseringen.
- Det er behov for mer forskning på hva den menneskelige begrensning innebærer. Bakgrunnen for automatisering er at mennesket gjør feil – blir trøtte, gjør vurderingsfeil, noe en datamaskin ikke gjør. Imidlertid må mennesket fortsatt være i en slik posisjon at man har kontroll over fly og teknologi.
- Forskning for å forstå hvor grenseverdiene mellom menneske og automatisering ligger – hva skal til for at man som menneske kan kjenne igjen innenfor en veldig kort tidsperiode – at automatiseringen gjør noe som den absolutt ikke skal gjøre.
- Forstå hvordan og hvilke sikkerhetskritiske utfordringer som oppstår når systemer gir motstridende informasjon – hva skal man følge. Viktig også å være tilbakeholdne med å la systemer bestemme at andre system ikke kan bli brukt av mennesker (inntraff med Emirates – man kunne ikke gi takeoff thrust på flyet noe piloten ikke var klar over).

Automatisering i tiden fremover

Med tanke på fremtidsbildet for tårntjenesten handler det i stor grad om å bygge videre på dagens systemer. Man har for eksempel elektroniske flight strips, noe som gir en helt annen funksjonalitet enn tradisjonelle strips og som gir et bilde på at man i fremtiden vil komme til å se mer automatisering ment som beslutningsstøtte for

flygeledere. Imidlertid er det viktig å huske på at man snakker om integrerte system hvor også underveistjeneste og styring av den overordnede lufttrafikken spiller inn, som det tidligere eksemplet knyttet til planlegging av trafikkavvikling dagen i forveien illustrerer.

Når det gjelder styring av lufttrafikken har man besluttet å anskaffe et helt nytt ATM (Air Traffic Management) system for underveistjenesten. Imidlertid er dette systemet noe forsinket, men man ser for seg at frem i tid vil slike system velge løsninger mens mennesket blir satt til å evaluere. En driver her er behovet for mer kapasitet i fremtidens luftrom: *"I ni av ti tilfeller tror jeg man velger løsningen som systemet har, men det er jo noen ting hvor det er enklere å la et menneske bestemme. For det koster så mye å komme opp på det nivået"* (flygeleder). Økt automatisering knyttet til beslutningsstøtte er et overordnet fremtidsbilde også for kontrollsentralene. Samtidig vil man også se innføring av CDPLC (datalink kommunikasjon) mellom fly og lufttrafikkjenesten, noe som innebærer at pilotene får instruksjoner via skjermer (climb, descend, re-routing): *"Det vil avlaste veldig mye fordi man har jo noe så gammeldags som radio, det er slitsomt å høre på og det har bidratt til - veldig fatigue skapende. Å få bort radiosambandet, altså ha lyttevakt hele tiden vil gjøre det mye enklere"* (pilot). På 737 vil meldingene komme på CDU-skjermene i cockpit som viser programmering fra FMS. Muligens vil man også få landingsklareringer på sikt, men enn så lenge vil: *"de viktige tingene overlates til voice commands"* (pilot).

For fly ser man også for seg at graden av automatisering vil øke i årene fremover. En av grunnene er at flytrafikkintensiteten øker og at man innfører regelverk for RVSM områder i Europa. For eksempel er separasjon mellom fly vanligvis 1000 fot, vertikalt. Men når fly imøtekommer visse tekniske krav samt piloter imøtekommer teknisk og operativ kunnskap kan separasjon reduseres: *"fra tusen til femhundre fot – kravet er da at flyet flyr på autopilot – tankegangen bak er at autopiloten flyr mye mer nøyaktig enn det piloten gjør. Og da kan man redusere disse her marginene"* (tilsynsrepresentant). Bakgrunnen er ønsket om bedre luftromskapasitet. Ulempen er ved kraftig turbulens – da er ikke autopiloten alltid den beste vennen. Autopiloten er egentlig en ganske dum maskin – får den beskjed om å bli på 12 tusen fot gjør den det, men det kan også innebære at de aerodynamiske kreftene på flyet kan bli ganske så store. Dette har man enda ikke en løsning på – det beste å gjøre under kraftig turbulens er å koble ut autopiloten, fly manuelt og akseptere små høydeavvik. Man opprettholder konstruksjonen på selve flyet og unngår strukturelle skader.

Ser man mot droneindustrien og den pågående prosessen med integrering mot luftrom påpekes det fra lufttrafikkjenesten at droner er en "gamechanger", i den forstand at de vil tvinge frem endringer i luftfarten. Utgangspunktet er at droneindustrien vil vokse betydelig de nærmeste årene på grunn av anvendbarheten herunder droners potensial innenfor søk og redning. I en slik sammenheng har internasjonale selskaper slik som Google og Amazon betydelige finansielle muskler med hensyn til gjennomføringskraft: *"Å integrere den delen uten å gjennomføre en automatisering av det vi gjør, det tror jeg, mulig andre er uenige, men jeg ser ikke for meg at det lar seg gjøre altså"* (flygeleder). Fremtidens behov for samt bruken av luftrom ser man for seg vil bli komplekst, noe som vil kunne gjøre det utfordrende for mennesker alene å beholde oversikten samt styre trafikkavviklingen.

Når det gjelder droner mht. teknologi fremover ser man for seg innenfor droneindustrien at etterhvert som sensorene blir mindre samt får mer innebygd prosesseringskraft – vil det gi langt større mulighet til å få smartere droner. Ifølge bransjen er det to aspekter knyttet til fremtidige intelligente droner:

- Kunstig intelligens ombord med mulighetsrommet det innebærer.
- Data/kommunikasjonsprotokoll for å kommunisere med omverdenen rundt seg.

Droneindustrien opplever ikke selv at teknologien per se vil være noen stor hindring for utviklingen fremover. Imidlertid blir det påpekt utfordringer knyttet til: *"den regulative siden. I løpet av de neste to, tre, fire årene – endring i den regulative siden – felleseuropeisk regelverk - som også skaper mer forutsigbarhet for oss i forhold til, hvordan, og ikke minst hvor droner kan brukes"* (dronerepresentant). Dette vil også være med å

bestemme tempoet for hvordan teknologien skal brukes, og hvordan en sikker integrasjon i luftrummet skal kunne gjennomføres.

Menneskets rolle

En flygeleders oppgaver vil endre seg de neste 15 til 20 årene. Dette ser man allerede i dag med hensyn til hvordan nye system designes. Man blir mye mer en systemoperatør enn tidligere hvor flygelederen nær sagt tok alle avgjørelser - alt var basert på flygeleders forgodtbefinnende. Har man imidlertid en lengre tidshorisont enn 20 år kommenteres det at man ser for seg at den klassiske flygelederrollen endres: *"da har man systemet – vet ikke helt om rollen er noe annet enn å kunne lage nødprosedyrer. For systemene kommer til å ha så mye redundans, kommer til å være så sofistikerte"* (flygeleder). I den forbindelse fremheves en eksponentiell teknologiutvikling og utviklingen innenfor kunstig intelligens som viktige drivere.

Som pilot opplever man at man blir stadig mer en systemovervåker, men pilotrollen vil nok ikke endre seg alt for mye de første femten til tyve årene. Ut over denne tidsperioden er det utfordrende å si hva som vil skje, men flyfabrikanten Boeing har signalisert at de skal utvikle fly med en pilot istedenfor to. Dette er imidlertid i første omgang primært tenkt for fraktfly – en utvikling som ses på som realistisk med hensyn til økende grad av automatisering om bord i fly. Man ser også for seg at eventuelle ubemannede fly en gang i fremtiden i første omgang vil innebære fraktfly. Begrepet autonomi i luftfarten gir assosiasjoner til at menneskets rolle blir enda mer redusert i fremtiden. Med dagens autopilot og FMS system har man gitt mer kontroll over den taktiske delen av flygningen – men med autonomi kommer også det strategiske aspektet inn: *"En autopilot har ikke direkte en strategisk oppgave, men det blir det når det blir autonomt. Når den selv skal begynne å ta avgjørelser, og vi kommer inn med kunstig intelligens og sånt"* (tilsynsrepresentant). Videre blir det fra pilothold reflektert omkring Germanwings ulykken og hvorvidt et system fra bakken kunne tatt kontroll over flyet. Imidlertid: *"Problemet er vel at det er vanskeligere å komme inn i cockpit enn å ta over signalene som sendes. Det vil alltid være en mulighet for at en pilot går crazy – poenget bør isteden være å stole på pilotene og gi best mulig arbeidsforhold herunder styrke kulturen"* (pilot).

"Menneskets rolle blir mer og mer sårbar på grunn av mer og mer automatisering – og mindre og mindre trening, på det som må til for å kunne håndtere de situasjonene som kan oppstå, kanskje sjeldnere og sjeldnere" (pilot). Det blir nevnt at biler jo snart er fullautomatisert - i teorien er det jo ingen grunn til at det ikke skal fungere i fly. Imidlertid blir det påpekt at for luftfarten sin del er konsekvensene enorme hvis noe inntreffer: *"hundre og femti passasjerer. Impact fra en flyulykke er så enorm at man kan ikke ta den risikoen da. Av den grunn er man nødt til å ha en person om bord i flyet som kan overta hvis automatikken feiler"* (pilot). Samtidig har man paradokset vedrørende økende grad av automatisering: *"det er snakk om å ta ut en pilot, det er snakk om å putte han i cargoetasjen uten vinduer. Man blir jo fjernet mer og mer fra virkeligheten da, de manuelle ferdighetene vi snakket om. Man kan jo ha skjermer som gir situasjonsforståelse"* (pilot). Eksempel som gis er luftforsvarets nye jagerfly F35 hvor man har skjerm på hjelmen som gir full oversikt – man kan se gjennom gulvet på flyet. Med denne typen teknologi vil man få oversikt selv om man sitter nede i cargodepartment: *"Jeg tenker at mennesker i hvert fall i min levetid vil være viktige å ha om bord, fordi det er så mange faktorer som man ikke har kontroll over, vær og vind og terror - man kan liksom ikke planlegge for alt på en flytur, som gjør at teknologien har full kontroll"* (pilot). I den forbindelse kommenteres følgende: *"Så lenge det er behov for IT-teknikere i verden, er det behov for piloter som kan overstyre automatikk, på bevegelige systemer. Vanskelig med død mann knapp i fly"* (pilot).

Fra droneindustriens ståsted ser man at det går mot autonomi i den forstand at droner blir mer og mer autonome. Imidlertid vil det være behov for å ha mennesket tilgjengelig som en ressurs som kan gripe inn på et eller annet vis, om noe skulle gå galt. I den forbindelse blir det påpekt at man sannsynligvis vil se elektriske fly på kortbanenettet før vi får ubemannede trafikkfly. Mennesket i loopen henger sammen med hvordan man ser for seg regelverksutformingen på sikt: *"Så selv om teknologien blir smart og i mange sammenhenger overgår den*

menneskelige faktor både på reaksjoner og muligheter til å forutse, og kunne kontrollere hendelser som måtte skje i lufta, blant annet med droner, så er mennesket likevel nødvendig å ha med i denne loopen i dag" (dronerepresentant). Hvordan mennesket inkluderes fremover knyttet til dronebruk ser man for seg enten via operatører i kontrollsenter hvor et større antall droner kontrolleres, alternativt for eksempel taxidroner hvor man har en autopilot ombord men hvis nødvendig kan overtas enten av pilot om bord eller tilsvarende rolle i et kontrollsenter.

Kompetansebehov i fremtiden

En tematikk som løftes frem knyttet til hvilken kompetanse flygeledere behøver i fremtiden er et sterkere kollektivt fokus knyttet til samarbeid, nærmere bestemt at man i fremtiden nok vil fokusere mindre på det individuelle på bekostning av at man er en del av et team som behøver å løse oppgaver i fellesskap. I den forbindelse ser man for seg at fremtidens lufttrafikkstyring vil innebære at systemet fordeler arbeidsoppgaver der hvor det er ledig kapasitet: *"Skal man klare å holde en situasjonsforståelse oppe i det, jeg kan gjøre det men jeg vet fortsatt hva det er som foregår rundt meg. Jobber man i Finnmark det ene øyeblikket og Kristiansand det neste. Må fortsatt vite hvordan det jeg gjør påvirker systemet rundt"* (flygeleder). Samtidig må flygeledere også trene på å ikke bruke systemet, noe som er utfordrende – har et fly trøbbel er det viktig at man ikke kommuniserer unødvendig med piloter hvis de er i utfordrende situasjoner.

Piloter opplever at pilotrollen innebærer overvåking i stor grad samtidig som man i bakhodet må være forberedt på å kunne gripe inn hvert øyeblikk. Man kan tenke seg at 99 av 100 piloter i fremtiden kun innehar erfaring som overvåkere. Spørsmålet blir om man har tilstrekkelig kompetanse – er pilotene nok forberedt på å gripe inn når det blir nødvendig – å kjenne igjen når et automatisert system går inn i en kritisk fase eller ikke? I den forbindelse nevnes "startle" effekten: *"Som pilot må man være klar over, hvis det skjer noe uventet vil man få en startle effect, men du må vite at du får den og du må vite at det er overkommelig – man må gi seg selv tid til å absorbere og analysere – og lage en plan – slik at du ikke blir satt helt ut"* (pilot). Videre: *"Startle effekten blir jo større jo mer automatisert noe er"* (pilot). Det er viktig å informere nye piloter om at dette er her er normalt – man må ha en strategi for å håndtere en sån type effekt. Ut over å kjenne til at denne typen situasjoner vil kunne oppstå poengteres det at det er vanskelig å trene eksplisitt på dette – uansett er det svært viktig å snakke om denne typen fenomen. I en slik sammenheng: *"er det uhyre viktig at man kan ha en dialog med noen for å finne ut av ting, dette går ikke med en autopilot"* (pilot). Samtidig påpekes et paradoks knyttet til at man i stadig større grad blir en overvåker av systemer hvor man som pilot slipper å utføre kjedelige oppgaver - som nå autopiloten tar seg av. Imidlertid: *"Man må trene folk på å overvåke kjedelige ting, noe som kanskje er enda verre. Man må utfordre hjernen på andre ting enn kun å sitte og overvåke"* (pilot).

Man ser også at bransjen de senere år har begynt å trene mer på håndteringen av uventede hendelser – for eksempel kjører noen flyselskap trening på den måten at man starter opp simulatoren og gir pilotene problemer å hankses med uten at de nødvendigvis har noe trening i problemstillingen på forhånd: *"så må de bare prøve å finne ut av det. Og de finner som regel ut av det. Masse læring i å gjøre riktige ting"* (pilot).

Fra tilsynet sin side pekes det på nødvendigheten av å trene på basis flygeferdigheter og at man er i stand til å kjenne igjen avvik fra normale flyge parametere. Et eksempel som gis er hvis man ser på et instrument at flyet flyr med 10 grader nesen opp og flyet ikke gjør det – at man har mental kapasitet til å si: *"er det noe som stemmer med den informasjonen jeg får?"* (tilsynsrepresentant). Ulykker de seneste år har hatt et fellestrekk, nemlig forvirring blant pilotene knyttet til i utgangspunktet veldig uskyldige feil. Eksempel er West Air ulykken rett over svenskegrensen. Et (uskyldig) instrument – basic attitude indicator ga feilinformasjon men hos pilot nummer to var informasjonen riktig: *"Poenget er at man må kjenne igjen hvilken informasjon kan man stole på, og hvilken informasjon jeg ikke kan stole på"* (tilsynsrepresentant), noe som er særdeles viktig å kunne håndtere fremover. Flyets posisjon i forhold til horisonten og hvilken referanse, motorytelse forventer man at henger sammen med det. Denne typen kompetanse er viktig hos fremtidens piloter.

Tilsvarende uttrykker man bekymring fra pilothold knyttet til ivaretagelsen av manuelle flygeferdigheter fremover: *"De fleste flyr jo litt uten autopilot for å trene, men så er det ikke bare å definere det som av eller på med autopilot fordi man kan godt fly mye manuelt uten at man får så mye ut av det. Hvis du bare flyr på trekk i displayet, vertikalt eller horisontalt og har et kryss i displayet som du bare følger. Det er ikke veldig vanskelig. Hvis du virkelig skal bli god til å fly må du skru av den også, og tenke litt på hvordan du skal intercepte radialer og holde høyden, avpasse fart, helt sånn back to basic flying da"* (pilot). Bekymringen handler om at fremtidens piloter ikke nødvendigvis er i stand til å håndtere flyet uten nødvendige hjelpemidler hvis noe skulle inntreffe. Dette bør man trene på i større grad enn i dag og man må definere hva som skal flys: *"ikke bare skru av autopiloten og følge korset"* (pilot). I USA har man for eksempel satt minimumskrav på 1500 timer for å fly kommersielle fly over en viss vekt. I Europa har man piloter som begynner å fly passasjerer når de har noen få hundre timer. Et av spørsmålene en av pilotene stiller går på hva hvis kapteinen settes ut og man er midt over London i dårlig vær: *"det er en del faktorer her – men et paradoks i dagens luftfart – det skjer så få ulykker at folk har sluttet å tenke på at det skjer. Fordi teknologien har blitt så bra. Men når det først svikter da, så er det piloten som må håndtere situasjonen. Jeg slår et slag for at kompetansen, at erfaringsnivået bør opprettholdes eller kanskje økes litt i Europa"* (pilot). Videre poengteres det at får å få dette til må man ha et reguleringsregime i bunn som innebærer krav til manuell trening både i simulator samt under reelle flygninger: *"si at det er et krav om at man skal fly to manuelle innflygninger i måneden eller noe sånt. Southwest hadde prosedyrer på det – annenhver flygning skulle de fly manuelt fra top of descent og ned"* (pilot).

For de som skal drive tilsyn og følge med aktørene i en bransje i konstant endring handler det først og fremst om å ha et regelverk som er tilpasset den raske teknologiske utviklingen samt at man innehar høy kompetanse mot alle aktørene i bransjen. Man har for eksempel behov for en felles forståelse i Europa av utdanningskravene som skal ligge til grunn for piloten anno 2030. Det er viktig at tilsynsmyndighetene investerer i å utvikle egen kompetanse, herunder for eksempel flygerinspektører med parallelle jobber i flyselskap for slik å være nært på daglig praksis. Konkret eksempel på automatisering og "nye" utfordringer er i stadig større grad digitaliserte cockpiter i allmennfly – tilnærmet like mye og til tider kompleks informasjon som man har i trafikkfly, mens kompetansekravene til GA piloter er lavere. Dette må for eksempel følges opp av tilsynsmyndigheter. Man må også på overordnet nivå være villige til å sette av midler og investere for å opprettholde og fornye kompetanse.

For droneindustrien sin del er spørsmål omkring kompetansekrav til dronepiloter noe man har stort fokus på: *"helt klart at kompetansekravet må opp i forhold til slik det er i dag, for at vi også skal kunne få en fullgod integrasjon, og vite at ikke bare det som blir flydd, innehar en såpass høy teknisk kvalitet at vi kan stole på at drone A, B, C og D som flyr rundt i lufta, at den er trygg. Nok til å kunne bruke luftrummet både over og rundt mennesker. Men også den som fører eller de som kontrollerer dronene, at kompetansen er ivarettatt. Så der er det en vei å gå og det er nok også noe det felleseuropeiske regelverket definitivt kommer til å trygge, og der er jeg veldig sikker på at vi kommer til å se en endring i dette. Hva som blir det formelle kravet man lander på er ikke sikkert enda, det er fortsatt arbeid som er i prosess. Men at det blir et krav det er helt sikkert"* (dronerepresentant). Det er særdeles viktig å få på plass hva som bør være minimumskrav til dronepiloter. Man ser for seg noe ulike tilnærminger i så måte, enten formell kompetanse som resulterer i hva man som pilot får lov til å gjøre. Alternativt at man benytter minimumskrav knyttet til i det hele tatt å kunne fly.

Informasjonsdeling og erfaringsutveksling

Man kan ikke snakke om automatisering i lufttraffikksystemet uten at man også trekker inn pilotens rolle. På Boeing 737 kan man for eksempel velge kostindeks fra 1 til 25 hvor 1 innebærer parameter satt til å spare penger. Nylig eksempel fra Gardermoen var at noen selskap skrudde ned til 1 når prisen på drivstoff økte, noe som innebærer at man endrer absolutt alt - flyet flyr saktere i lufta, saktere nedover, alle hastigheter endrer seg.

Noen fløy på kostindeks en, andre på 22 og de tok jo igjen de foran. Dette ble ikke kommunisert til lufttrafikkjenesten noe som resulterte i fullstendig kaos på Gardermoen: *"Dagens trafikkstyringssystem er bygd på forventninger. Hvis man sier det så skjer det. Man endret absolutt alle parametere hvor fuel ble det absolutt viktigste. Fra flygeleders perspektiv stemmer da ikke forventningene – kart og terreng stemmer ikke lengre"* (flygeleder). Poenget er at man ikke på eget forgodtbefinnende kan sitte og endre hastighet og for eksempel noen ganger fly fortere fordi man har lovt passasjerene at man skal ta igjen forsinket tid - noe som utelukkende medfører at man kommer for tidlig. Enten tar man plassen til flyet fra Bergen eller så blir man liggende på Lillehammer i venteposisjon. Det er ifølge lufttrafikkjenesten et forbedringspotensial knyttet til informasjonsdeling, koordinering og systemforståelse respektivt mellom bakke og luft.

Droneindustrien poengterer at de er nykommerne i bransjen, og at man er bevisste og ydmyke i forhold til en slik rolle. Fra droneindustrien poengterer man at den tradisjonelle delen av luftfartsbransjen anerkjenner at dronebruk innebærer et stort antall medlemmer som ikke har en tradisjonell, fly-faglig bakgrunn, men samtidig er en del av luftfartens fremtid. Spørsmålet er hvordan man kan samarbeide best mulig. Det er en god del å lære og man er akkurat i startfasen på dette. For eksempel poengteres det hvor viktig det er å: *"bygge en god sikkerhetskultur på allerede godt arbeid gjort i luftfartsbransjen per se"* (dronerepresentant). Det er også flere initiativ fra luftfartsbransjen til at droneselementet inviteres inn i ulike luftfartsfora som allerede er godt etablert – her får man lov til å løfte frem utfordringene droneindustrien innehar. Videre påpekes det at man har tett dialog med norske tilsynsorganer (Luftfartstilsynet/Avinor) herunder involvert i høringsrunder. Imidlertid ser man fra dronehold at Norge kan bli for små når det gjelder direkte påvirkning opp mot EASA og utforming av regelverk som involverer droner.

I dag ser man økende grad av automatisering av bilparken og nå nylig kollektivtilbudet i form av busser. På spørsmål om læringspunkter fra luftfart til de andre transportsektorene jernbane, sjø og vei knyttet til erfaringer omkring automatisering og sikkerhet blir det påpekt at luftfartsbransjen er et godt case som utgangspunkt for erfaringsinnhenting – kort og godt fordi luftfarten i særdeleshet er en sikkerhetskritisk bransje som har noe å lære bort: *"Det som er kritisk med et fly er at man alltid må ha en slags minste hastighet for å overhodet kunne overleve, det gir en helt annen dynamikk i luftfarten"* (tilsynsrepresentant). Konkret som læringspunkt nevnes; *"... største læringsmoment er at det er alltid mennesker som skal være i kontroll. Skal ha siste ord. I hvert fall med dagens teknologi"* (tilsynsrepresentant). Det påpekes også at jernbane ikke nødvendigvis er like sikkerhetskritisk som luftfart – et tog beveger seg ikke i alle dimensjonene et fly gjør. Tog er for eksempel fullstendig begrenset til skinnegangen herunder et avgrenset område, noe som gjør det litt mindre komplisert å automatisere. Eksempler som trekkes frem er metroen i København og Monorail i Dusseldorf.

På generelt grunnlag påpekes det at luftfarten har erfart hvordan automatisering kan resultere i at den menneskelige operatøren blir overasket – man blir på en måte tatt på senga, noe "startle"- effekten er et eksempel på: *"den trinnprosessen, at det må være gjenkjennbart når du mister en del av automatikken, og det må være noe som sikkerhetspersonen, piloten eller sjåføren, kan gå inn og se med en gang og overstyre, ganske fort da. Og ikke minst at man jobber opp med å forstå startle effekten. En startle effekt kan gjøre at man handler kontraproduktivt, på tvers av sikkerhetstenkning"* (pilot). Dette er et konkret læringspunkt fra luftfart til bilindustrien, noe som også innebærer behovet for å trene på ny teknologi. Dette handler om opplæring: *"utfordrende mht. lære opp x antall bilsjåfører uten bakgrunn mht. å tenke sikkerhet. I en slik mellomfase hvor ting ikke fungerer optimalt er dette kritisk, folk kommer til å skru på autopiloten og så er det rett inn i Ipad'n. Og forventer at bilen håndterer alt"* (pilot). Spørsmålet som stilles er hva som skjer når folk begynner å kjede seg under kjøring når bilen kjører selv: *"Da begynner man å fikle med noe. Plutselig gjør da bilen noe uventet og sjåføren er da ikke tilstede i situasjonen. Har man sittet med henda på rattet og bilen svinger ut har man kontroll – men sitter man med henda nede i telefonen ..."* (pilot).

Utfordrende å håndtere unormale situasjoner

Relevant for ulike grader av automatisering samt autonomi per se er hvordan man forholder seg til uventede situasjoner i fremtidens lufttrafikksystem. Fra flygelederhold poengteres det at det er krevende når et fly får en situasjon utenfor det normale: *"Så blir det veldig uforutsigbart. Fartøysjefen har vie fullmakter til å gjøre de grep som er nødvendig for å ivareta sikkerheten, om det er å bryte klareringer, om det er å fly på andre høyder etc. I dag så har vi alltid en kapasitet for det, og jeg tror det er svaret i fremtiden også. At man tar kapasiteten bare så langt at man er sikker på at systemet håndterer uønskede hendelser. Handler også om værphenomener etc., ikke bare fly per se"* (flygeleder). Det kommenteres omkring bruken av autopilot at for eksempel flyselskapet Emirates i stor grad gjennomfører automatiserte landinger i Airbus A380. Et argument som trekkes frem i den forbindelse er synet på utfordringer knyttet til økende automatisering og konsekvensen for manuelle flyferdigheter og tap av kontroll, som noe man i vesten er opptatt av. Kina trekkes frem som eksempel hvor man ikke nødvendigvis har det tilsvarende fokus på manuelle flyferdigheter: *"Hvis man ser til Kina er det ikke mange manuelle landinger man har i løpet av et år"* (flygeleder). Samtidig påpekes det at selv om dagens flysystem er meget pålitelig, skal man ikke bagatellisere behovet for å håndtere fly manuelt også i fremtiden - kommer man for eksempel utenfor på forhånd definerte parametere - det være seg for sterk sidevind eller glatte baner vil man per i dag være avhengig av den menneskelige faktor.

Fra tilsynet pekes det også på utfordringer knyttet til forholdet automatisering og hvordan uventede situasjoner skal håndteres. Et eksempel på en vellykket gjenvinning som trekkes frem er eksplosjonen i motoren til en Airbus A380 fra flyselskapet Quantas: *"Det man ser i den hendelsen er at flyet gir alle mulige instruksjoner mht. hva pilotene må gå og gjøre. Rett og slett fordi systemet ikke kjenner igjen det som skjer. Dette var helt utenfor parameter og hva datamaskinen var programmert for. Og da må man tilbake på den menneskelige kunnskapen og kunne prioritere – og si at, ok, nå først prioriterer jeg at vi bare flyr, og så ignorerer vi disse her advarslene som kommer, men nå må vi selv gjøre en plan – for eksempel om hydraulikkledningen har sprunget så sier flyet at dette her har topp prioritet, rødt med en alarm som man hører. Men det er kanskje noe mye viktigere som enda ikke er oppdaget som man må håndtere først"* (tilsynsrepresentant). Teknologien vil kun gjøre denne typen vurderinger innenfor de begrensninger som den blir designet og programmert for. Dette er den store utfordringen. Er man i designfasen i stand til å la systemet være forberedt på hver enkelt tenkbar situasjon eller å bruke sunn fornuft – nå skal vi bare først begynne å fly og holde flyet på høyde og kurs - og derfra bygge opp en helt ny situasjon og en plan. Dette er utfordrende i og med at man ikke kan programmere alle tenkbare scenarier samt få flyets datamaskin til å kartlegge logiske sammenhenger mot det man ønsker å oppnå til slutt. En av pilotene kommenterer følgende: *"Tilliten til teknologi fra designersiden og over til brukersiden blir ofte to helt forskjellige måter å se det på, optimisme kontra pessimisme. Dette bør være med hele veien – fra designet starter, i motsetning til at det kommer på slutten og du da kanskje får servert et 95 prosents ferdig produkt og skal si din mening om det. Det kritiske blikket og brukererfaring må være med fra starten"* (pilot).

Eksempelet ovenfor med Quantas er også relevant for spesifikke utfordringer knyttet til fremtidig anvendelse av kunstig intelligens i luftfartøy. I hendelsen med Quantas hvor en av motorene eksploderte bestemte kapteinen at fokuset i første omgang skulle være å fly flyet og lande så fort som overhodet mulig uavhengig av all informasjon og beskjeder som flyets datamaskin gav pilotene. Utgangspunktet for fremtidig AI i fly vil være at man må ha et datasystem som ligger til grunn som er i stand til å tenke logisk. Som er i stand til å forvente hva som kan hende - som også er i stand til å være kreativ, noe en datamaskin i utgangspunktet ikke er. Et noe enklere og hverdagslig eksempel, men allikevel relevant illustreres gjennom følgende sitat fra en av pilotene: *"Det virker som det er veldig vanskelig å få en FMS til å tenke på samme måten som vi gjør. Før nedstigningen får vi et direktepunkt rett mot Gardermoen - ordentlig snarvei, hvis vi da starter descent på det, så kikker FMS'n på neste punkt og der står det at du skal ha en speed på 180 og vi har nå en speed på 300 så begynner den å dra tilbake mot 180 uavhengig av avstanden imellom, det blir litt, hvor er logikken?"* (pilot).

Et annet mer alvorlig eksempel som illustrerer utfordringer en datamaskin vil kunne stå ovenfor er ulykken på 80-tallet med en DC-10 fra United Airlines hvor pilotene mistet all hydraulikken som igjen medførte at pilotene

ikke kunne manøvrere flyet ved hjelp av stikka: *"Eneste muligheten til å få flyet på bakken var gjennom å bruke motorpådrag. Dette er en løsning (think out of the box) som han hadde lært fra sin militærtid. Ekstrem improvisasjon. Veldig godt eksempel på at man selv skal være i stand til å bestemme hva som er den beste løsningen gitt omstendighetene. Han hadde ingen manual å falle tilbake på"* (tilsynsrepresentant). En datamaskin er alltid avhengig av en manual eller program eller programmerer som har definert: *"if then, that happens etc."* (tilsynsrepresentant). I dag har man ikke systemer som er i stand til å håndtere slike utfordringer.

Tillit (til automatisering og autonomi) er sammensatt

Flere av de intervjuede poengterer at de ville hatt utfordringer med å være passasjerer i fly uten piloter. Samtidig kan dette også sees i sammenheng med den teknologiske utviklingen. Ser man for eksempel til fremvoksende markeder slik som Kina og India kan man jo stille seg spørsmålet hvor stor andel av befolkningen som egentlig har et forhold til fly i det hele tatt? Hvor mange vet egentlig at det er en flyger ombord? Majoriteten av befolkningen i Kina har aldri flydd. I den forbindelse skal man være på vakt mot å ta egne holdninger til for eksempel førerløse fly som en generell sannhet. Mange i Norge har for eksempel fått et forhold til egen smarttelefon på relativt kort tid: *"At det er umulig med førerløse fly har jeg ingen tro på lengre"* (flygeleder). Tilsvarende kan tillit sees i sammenheng med eksponering: *"den generasjonen som nå vokser opp eller blir født nå – mer naturlig for dem å akseptere det enn det er for oss. Spørsmålet er jo i hvilken grad dette kommer til å bli videreført i årene fremover"* (tilsynsrepresentant).

Fra dronehold blir det poengtert at Norge ligger godt an i forhold til at samfunnet generelt sett har en høy aksept til droner som teknologi. Undersøkelser viser til samfunnets positive innstilling til at droner generelt sett skal brukes. Mer enn 50 prosent av den norske befolkning er positive til bruk av droneteknologi. Når det gjelder bekymringer vedrørende bruk av droner handler dette om hvorvidt droner kommer til å ha innvirkning på folks private sfære, altså privatlivets fred, eller at politiet anvender droner til trafikkovervåking herunder fartsbøter: *"Hvis dronene har en direkte inngripen i hva man gjør så blir folk mer reserverte og vil vite mer om hvordan teknologien skal brukes"*. (dronerepresentant). Samtidig påpekes det utfordringer knyttet til det å fly droner over mennesker: *"Dette er et veldig sensitivt tema fordi droner opererer over mennesker eller i nær tilknytning til mennesker, er jo en del av de tingene som vi per i dag har mest publikumsklager på"* (dronerepresentant). Man utfordrer ikke bare regelverk men også folks oppfatning om hvordan dronene både hensiktsmessig og hensynsfullt bør brukes. Med tanke på ubemannede droner og passasjertrafikk sitter også dette langt inne hos veldig mange. Teknologien er som nevnt tidligere klar. Spørsmålet er egentlig hvem som vil gjøre det: *"og om vi har tilstrekkelige data til å kunne si om dette er trygt og sikkert for den som skal gjøre det"* (dronerepresentant).

Den største hindringen knyttet til autonome luftfartøy sees i sammenheng med tillit, noe følgende sitat illustrerer: *"Tror det er tilliten fra publikum. Tror ikke det er selve teknologien. Vi har jo bevisst gjennom militæret at droner er veldig effektive og kan styres fra bakken. Hvis mennesket ikke skal kunne gripe inn handler dette rett og slett om å gjøre et valg – kanskje ikke noe man skal kommunisere utad – men kanskje skal man akseptere at risikoen finnes. Men i den totale sikkerhetsvurderingen ser man allikevel et positivt resultat. I luftfart har man asymptotisk sikkerhetsutvikling – enda ikke null, men man nærmer seg stadig null"* (tilsynsrepresentant). Poenget er at man godt kan skape nye former for ulykker som resultat av noe det automatiserte systemet ikke er forberedt på - samtidig unngår man andre typer ulykker slik at antallet ulykker netto reduseres. Allikevel kan dette være utfordrende å kommunisere ut til publikum.

På spørsmål omkring tillit til fremtidige autonome passasjerfly kommer en av pilotene inn på konsekvensene knyttet til ulykker ved fly: *"og så er jo konsekvensen så enorm når du sitter i et fly, og det skjer et eller annet – jeg tror ikke folk, jeg tror det er mange år til man har tillit til det. Det er forskjell på det å sitte i en liten tram på en flyplass uten sjåfør som går på skinner i tyve kilometer i timen. Ingenting er umulig men jeg tror det er mange tiår til folk flest har tillit til at dette blir håndtert godt nok"* (pilot). Når det gjelder tillit til dagens

automatiserte fly stiller det seg noe annerledes: "Man sitter jo der og ser på at flyet lander i 125 meter tåke. Og det fungerer hver gang. Imponert over alt dette. Tilliten til systemet er veldig stor, men samtidig er skepsisen der i hvert fall hos de som har reflektert litt over sine egne ferdigheter, som hos de fleste blir dårligere og dårligere fordi man får jo aldri trent på det" (pilot).

Ulike tidsbilder og rammevilkår

Droneindustrien er ifølge flere av informantene en utålmodig industri – det er for eksempel en relativ kort tidshorison fra Amazon setter i gang prosjekter til man forventer resultater herunder cashflow. Det poengteres også fra lufttrafikkjenesten at man globalt ser noen utfordringer knyttet til for eksempel ICAO og regelverksutforming – her er man visstnok et stykke etter Europa mht. lovgivning per se og et eksempel som trekkes frem er innføringen av nye konsepter slik som fjernstyrte tårn. Samtidig kan det også være utfordringer knyttet til politikere som ikke helt forstår kompleksiteten i hele luftfartssystemet, og som gjerne da er veldig lokale i sin tankegang. I den forbindelse er det enklere å implementere et nytt system i Tyskland (høyteknologisk, rikt på ressurser) sammenlignet med for eksempel Mali.

Når det gjelder mulighetsrommet for droneteknologi fremover har man som nevnt innledningsvis utfordringer knyttet til forholdet teknologi versus regelverk: "Hvis man tar tak i en av de største utfordringene så er det ingen hemmelighet om at, vi er i en teknologisk sfære hvor utfordringene mellom det regulative og det tekniske møtes til stadighet rett og slett fordi at, den regulative siden vil nok neppe greie å henge med, like fort som utviklingen på teknologien går. Og det gjør jo at det er vanskelig å regulere dette området og dermed kunne forutsi hva er det som kommer. Og dette skyldes jo blant annet at flere av produsentene er ikke raus med å fortelle, hvilken teknologi og hvilket mulighetsrom er det de ser kommer fremover. Og det gjør det utfordrende for de som skal forvalte regelverket etterpå" (dronerepresentant). Samtidig har man i dag muligheten til å fly droner utenfor synsrekkevidde fordi dronene har mulighet til å fly nær autonomt over lengre strekninger – men i dag er det av 4200 registrerte operatører kun 84 som er registrert i RO3 operatørklassen. Og av de er det svært få igjen som har godkjenning til å fly utenfor synsrekkevidde: "Det betyr jo at det er først når de åpner opp og ser at teknologien gir oss mulighetsrom for å få en integrasjon hvor vi kan fly utenfor synsrekkevidde, og gjøre det sikkert og trygt, at det virkelig, at dronene sin beskaffenhet virkelig kommer til sin rett" (dronerepresentant). Dette innebærer at man må skille mellom hva som er teknisk mulig, videre hva samfunnet ønsker at dronene skal gjøre, og så er det et regulativt mulighetsrom som kan være begrensende, og alle disse må henge sammen for at man skal kunne utnytte potensialet som ligger i teknologien.

Hovedfunn intervjustudie

Tabell 5 oppsummerer hovedfunn fra intervjuene med utgangspunkt i økt sikkerhet, utfordringer ved sikkerheten og mulighetsrom fremover knyttet til økende grader av automatisering. Som tabellen viser handler økt sikkerhet og automatisering om for eksempel frigjort kapasitet til å planlegge fremover i tid. Utfordringer ved sikkerheten ved økende grader av automatisering sees i sammenheng med tekniske system som er designet uavhengig av hverandre, noe som kan gi motstridende informasjon.

Tabell 5: Oversikt over hovedfunn fra intervjuene

Automatisering og økt sikkerhet	Automatisering og utfordringer ved sikkerheten	Mulighetsrom og problemstillinger ved økende grader av automatisering
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Den grønne siden gunstigere enn den røde siden mht. automatisering og sikkerhet – bedring av ulykkesstatistikk ▪ Automatisering medfører for operatør(er) økt kapasitet til å planlegge fremover i tid 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Automatiserte system arbeider uavhengig og mot hverandre – systemene gir motstridende informasjon ▪ Utfordrende å opprettholde riktig kompetanse i interaksjon med og 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hvordan utnytte mennesket best mulig – avklare rolle og kompetansebehov ▪ Tillit er sentralt – må forankres hos publikum og i bransjen

- En autopilot er mer nøyaktig enn hva mennesket er i stand til – muliggjør mer presise innflygninger
- F.eks. vil droner kunne utføre samfunnsoppdrag som medfører høy risiko for mennesket
- overvåkning av automatisering
- Utfordrende i designfasen å ha oversikt over alle variabler mht. et systems håndtering av unormale situasjoner
- Hvordan lære på tvers av transportsektorer og sikre erfaringsoverføring
- Anerkjennelse begrensninger knyttet til automatisering og unormale situasjoner
- Sikre samsvar mellom teknologisk utvikling, forventninger omkring bruk og regelverksutforming

Når det gjelder mulighetsrommet fremover i et sikkerhetsperspektiv handler dette først og fremst om å avklare overordnede spørsmål omkring menneskets rolle i en stadig mer automatisert arbeidshverdag, og hvordan man bør håndtere begrensningene knyttet til økende grader av automatisering herunder systemets muligheter til å håndtere unormale og ukjente situasjoner.

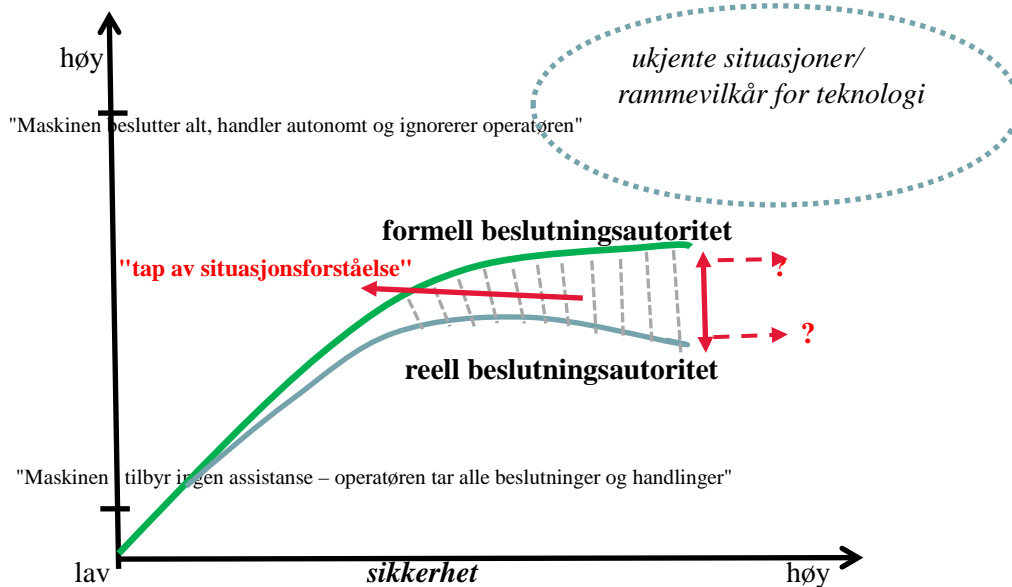
8 Oppsummering og anbefalinger

Figur 2 oppsummerer hovedresultater fra litteratur – og intervjustudien med utgangspunkt i rapportens innledende, todelte målsetning. Figuren tar utgangspunkt i Parasumaran et al. (2000) og økende grader av automatisering knyttet til beslutnings – og handlingsvalg sett i forhold til tenkte nivåer av sikkerhet. For illustrasjonens skyld sees lav grad av automatisering ("maskinen tilbyr ingen assistanse; operatøren tar alle beslutninger og handlinger") i sammenheng med lav grad av sikkerhet. Tilsvarende øker sikkerheten i figuren jo høyere grad av automatisering man innfører, noe ulykkesstatistikken i luftfart de siste tiår også bekrefter. Imidlertid synliggjør figur 2 analytisk hvorfor et fremtidig nivå 10 (Parasumaran et al., 2000) ikke nødvendigvis utelukkende innebærer økt sikkerhet. Dette kan sees i sammenheng med automatiseringsparadokset og fortrinnsvis *endogene* faktorer (Oliver et al., 2017) og en organisasjons evne til å mobilisere interne ressurser, men først og fremst handler det om å erkjenne at de mest avanserte automatiserte system man ser i dag fortsatt har begrensninger når det kommer til å håndtere situasjoner man ikke er forberedt på gjennom tidlig design og systemutvikling. Den menneskelige faktoren i form av operatørens rolle endres når automatiseringsgraden øker – tidligere overvåket operatøren omgivelsene mens økende automatisering innebærer fortrinnsvis overvåkning av automatiseringen.

Figur 2 er ment å illustrere hvordan økende grad av automatisering formelt begrenser *menneskets autoritet* over teknologien – det vil si i hvilken grad beslutningsmyndighet tilfaller mennesket og under hvilke forutsetninger. Man kan se for seg to måter å forstå forholdet beslutningsautoritet og automatisering - enten *formelt* eller *reelt*. Førstnevnte handler om hvordan man planlegger og institusjonaliserer interaksjonen menneske-automatisering. Reell beslutningsautoritet anerkjenner at det formelle ikke nødvendigvis alltid utspiller seg slik man reelt sett ønsker gjennom praksis, noe AF447 ulykken illustrerer gjennom tap av situasjonsforståelse for pilotenes del. Dette innebærer en forskjell på hva man på papiret gir av beslutningsmyndighet til hva man i en operativ kontekst reelt sett er i stand til å utføre – en diskrepans man fra et sikkerhetsperspektiv må begrense for slik å redusere usikkerhet knyttet til interaksjonen menneske-automatisering uavhengig av hvorvidt man er enig eller uenig i graden av formell beslutningsautoritet i et gitt automatisert system. Forfølger man dette videre kan man argumentere at ved diskrepans mellom formell og reell beslutningsautoritet, så bør det fra et sikkerhetsperspektiv være slik at grafen til den reelle beslutningsautoriteten i figur 2 ligger over den formelle sett i sammenheng med økende automatisering.

Utfordringen i tiden fremover for formell versus reell beslutningsautoritet ved økt automatisering og hvordan det henger sammen med sikkerheten illustreres i figuren med 2 røde spørsmålstegn – det er usikkerhet knyttet til for det første hvor mye formell beslutningsmyndighet man ønsker for fremtidens operatører i komplekse system, for det andre i hvilken grad man er i stand til å designe system hvor den reelle beslutningsautoriteten holder seg stabil og fortrinnsvis nært den formelle.

Grad av automatisering



Figur 2: Automatiseringsgrader og sikkerhet: analytisk beskrivelse av (menneskets) beslutningsautoritet, formell vs. reell

Dagens automatisering har bidratt til økt sikkerhet, men nivå 10 og fremtidig *autonomi* må håndtere problemstillinger hvor operatørens beslutningsautoritet vil variere - hvordan dette vil påvirke sikkerheten er uklart. Samtidig må fremtidig teknologi håndtere både unormale og ukjente situasjoner – man vet ikke per i dag hvordan fremtidens teknologiske løsninger vil bli seende ut. Figur 2 illustrerer dette - man kan ta utgangspunkt i nivå 10 mht. automatiseringsgrad og stille spørsmål hvorvidt sikkerheten bedres eller ikke. Som figuren illustrerer innebærer et slikt spørsmål usikkerhet fortrinnsvis knyttet til unormale situasjoner, men også luftfartsbransjens egne samt samfunnets valg omkring teknologiske løsninger spiller inn. Samtidig vil for eksempel regelverksutforming utgjøre viktige *eksogene* (Oliver et al., 2017) rammevilkår for sikkerheten fremover. Oppsummert viser resultatene fra litteratur - og intervjustudien at *autonom luftfart* i Norge og internasjonalt - hvor man ser for seg luftfartøy som er fullstendig integrert i luftrommet med andre fartøy og opererer selvstendig uten behov for menneskelig inngripen ligger langt frem i tid.

Tabell 6: Anbefalinger for videre arbeid

Bransjefokus fremover:

- Trene (formalisere) på manuelle flygeferdigheter og unormale situasjoner i cockpit – konsultere f.eks. fagområdet Resilience Engineering mht. hvordan få mennesket inn i loopen når det uventede inntreffer
- Sikre samsvar mellom utvikling og forventninger – anerkjenne begrensningene ved ulike grader av automatisering
- Sikre tydelig fokus på interaksjonen menneske-automatisering i fremtidige ulykkesgranskninger gjennom f.eks. menneske-teknologi-organisasjon (MTO) profil
- Sikre nødvendig kompetanse for droneoperatører/aktører herunder regelverk for droners integrering i luftrommet
- Tilrettelegge for erfaringsoverføring på tvers av transportsektorer hvor det er hensiktsmessig – f.eks. ovenfor vegsektoren hvor man ser økende grad av fokus på selvkjørende biler - opplæring av hvordan både sjåførere samt myke trafikanter bør forholde seg til automatiseringen bør prioriteres fremover
- Styrk tilliten til autonomi generelt i samfunnet men også innad i luftfarten

Forskningsfokus fremover:

- Økt forståelse av prinsipper for design mht. menneske-automatisering interaksjon (gjennomsiktige beslutningsvalg)
- Økt kunnskap om menneskets rolle og kompetansebehov i fremtidens automatiserte/autonome transportsystem
- Økt kunnskap for å forstå hvor grenseverdiene mellom menneske og automatisering ligger – bedre forstå hva den menneskelige begrensning innebærer i interaksjon med automatisering/autonomi
- Økt kunnskap om sikkerhetskritiske utfordringer som oppstår når automatiserte system motarbeider hverandre
- Analysere flyulykker med fokus mot hvordan automatisering/autonomi påvirker ulykkesbildet – f.eks. systematisk oversikt over 100 ulykker og undersøke hvorvidt automatisering/autonomi kunne ha redusert omfanget

Erfaringene fra luftfart knyttet til automatiseringsgrader er verdifulle mht. hvilke muligheter og begrensninger som gjør seg gjeldende ved overgangsfaser til mer autonome system i fremtiden. En sentral forutsetning er at mennesket fortsatt anerkjennes som nødvendig å inkludere i loopen, noe forskningslitteraturen og intervjuene i rapporten bekrefter. En strategi for å begrense avstanden mellom formell og reell beslutningsautoritet (figur 2) i dagens og fremtidens automatiserte flycockpit kan være økt fokus herunder regulering av trening på manuelle flygeferdigheter samt øke kunnskapen knyttet til hvor grenseverdiene mellom menneske og automatisering ligger – det er svært viktig å arbeide systematisk med både *endogene* og *eksogene* (Oliver et al., 2017) faktorer som kan begrense opprinnelig systemautoritet tiltenkt mennesket.

Tabell 6 beskriver bransje og - forskningsanbefalinger for videre arbeid. Anbefalingene er forankret i resultatene fra litteratur - og intervjustudien, noe som innebærer at spesifikk tematikk fra FoU litteraturen samt intervjuene ligger til grunn. Hensikten med en slik tilnærming er anbefalinger som er eksplisitt forankret i rapportens datamateriale.

9 Referanser

Adams, C. A., Murdoch, J. L., Consiglio, M. C. & Williams, D. M. (2007). Incorporating data link messaging into a multi-function display to support the Small Aircraft Transportation System (SATS) and the self-separation of general aviation aircraft. *Applied Ergonomics* 38(4): 465-471.

Ahlstrom, U. & Jaggard, E. (2010). Automatic identification of risky weather objects in line of flight (AIRWOLF). *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 18(2): 187-192.

Alvesson, M. & Skoldberg, K. (2009). *Reflexive methodology. New vistas for qualitative research*. London: SAGE.

Andrews, J. W., Welch, J. D., Sr. & Erzberger, H. (2005). Safety analysis for advanced separation concepts. *Proceedings of the 6th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar, ATM 2005, 609-619*.

Atkins, E. M. (2010). Emergency landing automation aids: An evaluation inspired by US Airways Flight 1549. *AIAA Infotech at Aerospace 2010*.

Aweiss, A. S. & Lauderdale, T. A. (2012). Evaluation of an integrated arrival scheduling and automated conflict detection and resolution system. *12th AIAA Aviation Technology, Integration and Operations (ATIO) Conference and 14th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference*.

Baxter, G. & Cartlidge, J. (2013). Flying by the seat of their pants: What can High Frequency Trading learn from aviation? I G. Brat, E. Garcia, A. Moccia, P. Palanque, A. Pasquini, F. J. Saez, & M. Winckler (red.), *ATACCS-2013: Proceedings of the Third International Conference on Application and Theory of Automation in Command and Control Systems*, 64-73. Association for Computing Machinery (ACM).

Bell, S. A., Drury, J. L., Estes, S., Reynolds, C. & Jella, C. (2011). Refining the GBSAA concept and display. *AUVSI Unmanned Systems North America Conference 2011, 2, 1253-1268*.

Bekier, M., Molesworth, B. R. C. & Williamson, A. (2012). Tipping point: The narrow path between automation acceptance and rejection in air traffic management. *Safety Science* 50(2): 259-265.

Bernhaupt, R., Boy, G. & Faery, M. (2011). SIG: Engineering automation in interactive critical systems. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 69-72.

Billings, C. E. (1991). *Human-Centered Aircraft Automation: A Concept and Guidelines*. NASA Technical Memorandum 103885.

Borst, C., Mulder, M. & Van Paassen, M. M. (2010). A review of Cognitive Systems Engineering in aviation. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline), 11, PART 1*.

Brooker, P. (2008). Air traffic safety: Continued evolution or a new paradigm? *Aeronautical Journal*, 112, 1132, 333-343.

Callantine, T. J., Kupfer, M., Martin, L. & Prevot, T. (2013). Simulations of continuous descent operations with arrival-management automation and mixed flight-deck interval management equipage. *Proceedings of the 10th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar, ATM 2013*.

- Carr, N. (2015). *The Glass Cage: Where Automation is Taking Us*. London: Random House.
- Chong, R. S. & Smith, E.C. (2011). Using data communications to manage tailored arrivals in the terminal domain: A feasibility study. *Proceedings of the 9th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar, ATM 2011*, 486-495.
- Chialastri, A. (2012). Automation in aviation. I F, Kongoli (red.), *Automation*, InTech, DOI: 10.5772/49949.
- Cummings, M. L. & Bruni, S. (2009). Collaborative Human-Automation Decision Making. I S.Y., Nof. (red.), *Handbook of Automation*. Heidelberg: Springer.
- Dalamagkidis, K., Valavanis, K. P. & Piegler, L. A. (2008). *2008 Mediterranean Conference on Control and Automation - Conference Proceedings, MED'08*, 4602249, 709-716.
- Dalcher, D. (2007). Why the pilot cannot be blamed: A cautionary note about excessive reliance on technology. *International Journal of Risk Assessment and Management* 7(3): 350-366.
- De Boer, R. & Dekker, S. (2017). Models of Automation Surprise: Results of a Field Survey in Aviation. *Safety* (3) 1-11.
- De Haag, M. U. & Duan, P. (2015). A multiple hypothesis predictive alerting (MHPA) method for improved aircraft state awareness. *Proceedings of AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference*.
- Dehais, F., Peysakhovich, V., Scannella, S., Fongue, J. & Gateau, T. (2015). Automation surprise in aviation: Real-time solutions. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings, 2015*.
- Diffenderfer, P., Tao, Z. & Payton, G. (2013). Automated integration of arrival/Departure schedules. *Proceedings of the 10th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar, ATM 2013*.
- Dongmo, J.-E. T. (2015). Loss-of-control autonomous flight recovery regime using feedback linearization and high order sliding mode control with exponential observers. *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference 2015, MGNC 2015*.
- Ebbatson, M., Harris, D., Huddleston, J. & Sears R. (2010). The relationship between manual handling performance and recent flying experience in air transport pilots. *Ergonomics* 53(2): 268-277.
- Edwards, T., Homola, J., Mercer, J., Claudatos, L. (2017). Multifactor interactions and the air traffic controller: the interaction of situation awareness and workload in association with automation. *Cognition, Technology and Work* 19 (4).
- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors* (37) 32–64.
- Engelmann, J., Mourning, C. & De Haag, M. U. (2017). Comparison of aircraft state prediction methods under sensor uncertainty. *AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference – Proceedings*.

Etherington, T.J., Kramer, L. J., Bailey, R. E., Kennedy, K. D. & Stephens, C.L. (2016). Quantifying pilot contribution to flight safety for normal and non-normal airline operations. *AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference – Proceedings*.

Farjoun, M. & Starbuck W.H. (2007). Organizing at and beyond the limits. *Organization Studies* 28(4): 541-566.

Farrugia, J. L., Montebello, M. & Abela, J. (2013). Hazard avoidance control system for a robotic vehicle. *Proceedings of the 5th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, ICAART, 2*: 505-508.

Fink, R. D. & Weyer, J. (2014). Interaction of human actors and non-human agents. A sociological simulation model of hybrid systems. *Science, Technology and Innovations Studies* (10) 31-46.

Fiorino, F. (2008). New benefits, new risks. *Aviation Week and Space Technology (New York)* 169(14): 49-51.

Gigan, D., Cruck, E., Outbib, R. & Ouladsine, M. (2009). Realization of a « sense and avoid » function for an Unmanned Air Vehicle (UAV) by imitation of expert pilot behavior. *AIAA Infotech at Aerospace Conference and Exhibit and AIAA Unmanned...Unlimited Conference*.

Gilbert, T. & Bruno, R. (2009). Surveillance and broadcast services - An effective nationwide solution. *Proceedings of the 2009 Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference, ICNS 2009*.

Gineste, M. & Gonzalez, H. (2010). On the usage of a dedicated data link layer and half duplex terminals in satellite systems for future air traffic management. *28th AIAA International Communications Satellite Systems Conference, ICSSC 2010*.

Glasgow, M. J. & Niehus, G. A. (2012). Improving General Aviation safety using low-cost Iridium devices. *AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference – Proceedings*.

Goodrich, K. H., Schutte, P. C. & Williams, R. A. (2011). Haptic-multimodal flight control system update. *11th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference, including the AIAA Balloon Systems Conference and 19th AIAA Lighter-Than-Air Technology Conference*.

Hardman, N., Colombi, J., Jacques, D., Hill, R. R. & Miller, J. E. (2009). An evaluation of collision avoidance technologies using empirical function allocation. *International Journal of Applied Aviation Studies*, 9(2): 133-154.

Harris, D. (2011). *Human Performance on the Flight Deck*. Farnham: Ashgate Publishing.

Heitin, S. H. & Smith, E. C. (2012). Use of near-term terminal automation capabilities for meeting an evolving operating environment. *AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference – Proceedings*.

Hering, H. & Hofbauer, K. (2007). Towards selective addressing of aircraft with voice radio watermarks. *Collection of Technical Papers - 7th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, 1*, 778-784.

- Holloway C. M., Knight J. C. & McDermid, J. A. (2014). Neither pollyanna nor chicken little: Thoughts on the ethics of automation. *IEEE International Symposium on Ethics in Science, Technology and Engineering, ETHICS 2014*.
- Hollnagel, E., Woods, D. D. & Leveson, N. C. (2006). *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Farnham: Ashgate Publishing.
- Hughes, D. (2005). Runway incursion ABCs. *Aviation Week and Space Technology (New York)*, 162 (15): 36-37.
- Hutchins, E. (1995). How a cockpit remembers its speed. *Cognitive Science* (19) 265-288.
- ICAO. (2011). Universal Safety Oversight Audit Programme Continuous Monitoring Manual. *Document 9735/AN960*.
- Inagaki, T. (2010). Traffic systems as joint cognitive systems: issues to be solved for realizing human-technology coagency. *Cognition, Technology & Work* (12) 153-162.
- Inagaki, T. (2012). Special issue on human-automation coagency. *Cognition, Technology & Work* (14) 1-2.
- Ippolito, C. & Nefian, A. (2010). Object classification from aerial visual imagery. *Proceedings of IEEE Sensors, 5689985, 1936-1945*.
- Iversen, F., Gressgård, L. J., Thorogood, J. L., BciIov, M. K. & Hepsø, V. (2013). Drilling automation: Potential for human error. *SPE Drilling and Completion*, 28 (1): 45-59.
- Janakiraman, V. M., Matthews, B. & Oza, N. (2017). Finding precursors to anomalous drop in airspeed during a flight's takeoff. *Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*.
- Johnson, C. M. (2011). Analysis of Top of Descent (TOD) uncertainty. *AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference – Proceedings*.
- Kalleberg, R., Malnes, R. & Engelstad, F. (2009). *Samfunnsvitenskapenes oppgaver, arbeidsmåter og grunnlagsproblemer*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Khedkar, A. & Kumar, V. (2011). Self synchronization based air traffic control and collision avoidance system. *AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference – Proceedings*.
- Krois, P., Piccione, D. & McCloy, T. (2010). Commentary on Nextgen and Aviation Human Factors. *Human Factors in Aviation*, 701-710.
- Lackman, T.O. & Söderlund, K. (2013). Situations saved by the human operator when automation failed. *Chemical Engineering Transactions*, (31) 385-390.
- Lancaster, J. A. & Casali, J. G. (2008). Investigating pilot performance using mixed-modality simulated data link. *Human Factors* 50(2): 183-193.

Landry, S. J. & Kim, T. (2010). Separation standards under automated separation assurance. *10th AIAA Aviation Technology, Integration and Operations Conference 2010, ATIO 2010*.

Landry, S. J. & Lagu, A. V. (2009). A model of integrated operator-system separation assurance and collision avoidance. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 5620 LNCS, 394-402.

Lee, J. D. & See, K. A. (2004). Trust in automation: designing for appropriate reliance. *Human Factors* (46) 50-80.

Le Tallec, C., Joulia, A. & Harel, M. (2011). A personal plane air transportation system - The PPlane project. *11th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference, including the AIAA Balloon Systems Conference and 19th AIAA Lighter-Than-Air Technology Conference*.

Le Tallec, C. & Harel, M. (2012). A Personal Plane air transportation system: The Pplane Project. *28th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences 2012, ICAS 2012*, 5, 4247-4255.

Luftfartstilsynet. (2017). *Norges Flysikkerhetsprogram*.

Luftfartstilsynet. (2018). Norske flysikkerhetsresultater 2017. *Presentasjon Luftfartskonferansen 2018*.
www.luftfartstilsynet.no

Lyons, J. B., Ho, N. T., Koltai, K. S., Masequesmay, G., Skoog, M., Cacanindin, A. & Johnson, W. W. (2016). Trust-Based Analysis of an Air Force Collision Avoidance System. *Ergonomics in Design*, 24 (1).

Lyons, R. (2012). Complexity analysis of the Next Gen Air Traffic Management System: Trajectory based operations. *Work*, 41, SUPPL.1, 4514-4522.

Millot, P. & Boy, G. A. (2012). Human-machine cooperation: A solution for life-critical Systems? *Work*, 41, SUPPL.1, 4552-4559.

Moser, W. R. (2009). Design and development of the TFDM information management architecture. *Proceedings of the 2009 Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference, ICNS 2009*.

Mosier, K.L., Rettenmaier, P., McDearmid, M., Wilson, J., Mak, S., Raj L. & Orasanu J. (2013). Pilot-ATC Communication Conflicts: Implications for NextGen. *International Journal of Aviation Psychology* 23(3): 213-226.

Nandiganahalli, J. S., Lee, S. & Hwang, I. (2016). Formal verification for mode confusion in the flight deck using intent-based abstraction. *Journal of Aerospace Information Systems*, 13.

National Academy of Sciences (2014). *Autonomy Research for Civil Aviation: Toward a New Era of Flight*. Committee on Autonomy Research for Civil Aviation; Aeronautics and Space Engineering Board; Division on Engineering and Physical Sciences; National Research Council.

Oliver, N., Calvard, T., & Potočník, K. (2017). Cognition, technology and organizational limits: Lessons from the Air France 447 disaster. *Organization Studies* 28(4): 729-743.

Orlady, H.W. & Orlady, L. M. (1999). *Human Factors in Multi-Crew Flight Operations*. Aldershot: Ashgate Publishing Ltd.

Parasuraman, R. & Manzey, D. (2010). Complacency and Bias in Human use of Automation: An Attentional Integration. *Human Factors* (52) 381.

Parasuraman, R., Sheridan, T.B., & Wickens, C.D. (2000). *A Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, Vol. 30, No. 3.

Petersen C.L., Görges M., Ansermino J.M., & Dumont G.A. (2014). A Scheme-Based Closed-Loop Anesthesia System. *CM International Conference Proceeding Series*, 40-49.

Prevot, T., Homola, J. R., Martin, L. H., Mercer, J. S. & Cabrall, C. C. (2011). Automated air traffic control operations with weather and time-constraints: A first look at (simulated) far-term control room operations. *Proceedings of the 9th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar, ATM 2011*, 535-544.

Prevot, T., Mercer, J. S., Martin, L. H., Homola, J. R., Cabrall, C. D. & Brasil, C. L. (2011). Evaluation of high density air traffic operations with automation for separation assurance, weather avoidance and schedule conformance. *11th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference, including the AIAA Balloon Systems Conference and 19th AIAA Lighter-Than-Air Technology Conference*.

Rankin, A., Woltjer, R. & Field, J. (2016). Sensemaking following surprise in the cockpit – a re-framing. *Cognition, Technology & Work* (18) 623-642.

Regjeringen. (2017). *Nasjonal transportplan 2014-2023*.

Rohacs, J. (2010). Safety aspects of the personal air transportation system. *27th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences 2010, ICAS 2010*, 6, 4739-4751.

Rozzi, S., Amaldi, P. & Fields, B. (2008). Task analysis and contextual models of controllers activity for interactive system design: a literature review. *7th EUROCONTROL Innovative Research Workshop and Exhibition: Disseminating ATM Innovative Research*, 63-68.

Schutte, P.C. (2017). How to make the most of your human: design considerations for human-machine interactions. *Cognition, Technology and Work*, 19 (2-3).

Scopus. (2018). Scopus: An eye on global research.

https://www.elsevier.com/_data/assets/pdf_file/0008/208772/ACAD_R_SC_FS.pdf

Skorupski, J. & Uchroński, P. (2015). Fuzzy inference system for the efficiency assessment of hold baggage security control at the airport. *Safety Science*, 79.

Sridhar, B. & Sheth, K. (2008). Visualization of air traffic flow for modeling and control applications. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 17, 1 PART 1.

Stapleton, D. & Cieplak, J. (2004). Alaska's Capstone program - Systems engineering for communication, navigation and surveillance. *AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference – Proceedings*.

Stump, A. K. & DeLuca, D. (2011). Remote terminal support using common backend processing. *Air Traffic Control Association - 56th Air Traffic Control Association Annual Conference 2011*, 109-113.

Su, K.-W., Liu, C.-L. & Lee, C.-C. (2011). A mobile flight case learning system for ATC miscommunications. *Safety Science*, 49(10): 1331-1339.

U.S. Air Force. (2013). *Autonomy science and technology strategy*. Air Force Research Laboratory.

U.S. Air Force. (2015). *Autonomous Horizons: System Autonomy in the Air Force – A Path to the Future*. Volume I: Human-Autonomy Teaming. Office of the Chief Scientist.

Vance, S. M. & Malik, A. S. (2015). Analysis of factors that may be essential in the decision to fly on fully autonomous passenger airliners. *Journal of Advanced Transportation*, 49(7): 829-854.

Walker, G. H., Stanton, N. A. & Young M. S. (2006). The ironies of vehicle feedback in car design. *Ergonomics*, 49(2): 161-179.

Weick, K. E. & Sutcliffe, K. M. (2007). *Managing the Unexpected: Resilient Performance in an age of Uncertainty*. Jossey-Bass: San Francisco.

Wells K., Bradley D.A. (2012). A review of X-ray explosives detection techniques for checked baggage. *Applied Radiation and Isotopes*, 70(8): 1729-1746.

Weyer, J. (2016). Confidence in hybrid collaboration. An empirical investigation of pilots' attitudes towards advanced automated aircraft. *Safety Science* (89) 167-179.

Xie, R. Y. & Yousefi, A. (2012). Safety analysis of primary and secondary conflicts for automated airspace concepts. *12th AIAA Aviation Technology, Integration and Operations (ATIO) Conference and 14th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference*.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no