



Danmark klar til automatisering

National plan for bevægelsesdata

Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet,
Transportministeriet, Erhvervsministeriet og
Digitaliseringsministeriet, 2024



"Næste skridt er, at avancerede robotter og autonome løsninger bevæger sig ud i det offentlige rum, hvor de kan skabe værdi til lands, til vands og i luften".



Forord

Robotter og droner bliver i stigende grad intelligente, mobile og autonome. Der er allerede skabt gevinster ved automatisering på både produktionsgulve og i fabrikshaller. Næste skridt er, at avancerede robotter og autonome løsninger bevæger sig ud i det offentlige rum, hvor de kan skabe værdi til lands, til vands og i luften. I denne plan beskrives potentialer, rammer og udfordringer for netop automatiserede - fuldt autonome - systemer, som robotter og droner, der i fremtiden vil løse opgaver udendørs i det offentlige rum.

Automatiserede løsninger har potentiale til at spille en vigtig rolle i en række af tidens store udfordringer: at nå klimaneutralitet i 2050, den demografiske udvikling samt sikring af dansk konkurrenceevne. Automatisering kan frigive ressourcer, der ellers vil mangle i de opgaver, hvor menneskehænder er vigtigst. Skal vi være mere effektive og kunne mere end vi gør i dag, kalder det på, at vi udnytter gevinsterne ved automatisering og avanceret teknologi som robotter og droner. En bredere anvendelse af automatisering til grøn omstilling og indfrielse af de erhvervs-potentialer, der ligger i knowhow og udvikling af løsninger, afhænger dog af at erhverv, regulering og infrastrukturen spiller bedre sammen.

Automatisering med robotter og droner åbner for en produktion med mere effektiv udnyttelse af ressourcer, mindre spild, reduceret energiforbrug og dermed mindre CO₂-udledning indenfor industri, landbrug, byggeri, transport og energi. Teknologierne giver altså nye, grønnere muligheder på tværs af sektorer. I en omfattende udbygning af den vedvarende energi vil intelligente droner fx kunne sænke etableringsomkostninger og bidrage til at sikre en billig og stabil elforsyning. Samtidig vil droner og robotter kunne erstatte benzin eller dieseldrevne transportmidler og dermed mindske klima og miljøbelastningen.

I mødet med nye teknologier findes en balancegang i at understøtte innovation og udvikling under hensyntagen til tryk og sikkerhed. Når flyvende droner, selvkørende robotter og ubemandede fartøjer introduceres til den eksisterende trafik, kræver det, at anvendelse og reguleringen til lands, til vands og i luften står på og tager afsæt i et solidt fundament af data og digital infrastruktur. Adgang til satellitnavigation og en moderne 5G teleinfrastruktur med en høj grad af forsyningssikkerhed og pålidelighed forventes at blive afgørende på tværs af sektorer. Spørgsmål om sikkerhed og sårbarhed bliver også mere fremtrædende i takt med at mere avancerede anvendelser udbredes.

Der er på tværs af myndigheder igangsat initiativer, der skal ruste Danmark til, at automatisering får større betydning, her kan nævnes udarbejdelsen af en ny dronestrategi, evalueringen af forsøgsordningen for selvkørende enheder, National strategi for cyber- og informationssikkerhed og erhvervsfyrtårnet på Fyn.

Denne publikation er udarbejdet af en tværministeriel arbejdsgruppe som initiativ i Teleaftalen af 2021. Med Danmark klar til automatisering sættes fokus på de store potentialer, men også barrierer, der findes for anvendelse af automatisering i det offentlige rum. Ambitionen er at understøtte udbredelsen af automatisering i Danmark til gavn for den grønne omstilling, den offentlige sektor og fremtidens industri. Det skal ske ved at pege på mulige perspektiver for udvikling af infrastrukturen og de regulatoriske rammer omkring anvendelsen af bevægelsesdata. Kort sagt: at gøre Danmark klar til automatisering.

**Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet,
Transportministeriet, Erhvervsministeriet og
Digitaliseringsministeriet, 2024**

Ordforklaring

Automatisering og autonomi

Automatisering betegner anvendelsen af maskiner, droner og robotter til opgaver, som ellers ville kræve menneskelig handling. Automatisering findes i forskellige grader. Der er tale om betinget automatisering, når en fører skal kunne overtage styringen med kort varsel og fuld autonomi, når maskinen selv træffer beslutninger uden menneskelige input. Denne publikation omhandler anvendelsen af automatiserede systemer, der opereres i det offentlige rum med betinget automatisering op til fuld autonomi.

Flyvende drone (UAV)

En flyvende drone er et ubemandet luftfartøj, også kaldet Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Flyvende droner kan variere i størrelse, vægt og design. I Danmark må lette droner anvendes uden tilladelse indenfor operatørens synsvidde. Operationer som foregår udenfor operatørens synsvidde kaldes Beyond visual line of sight (BVLOS). Her vil dronen ofte operere helt eller delvist autonomt. Ved BVLOS-operationer stilles en række krav om forudgående risikovurdering og godkendelse af operationen.

Maritim drone (USV)

En maritim drone er et ubemandet fartøj, også kaldet Unmanned Surface Vessel (USV). Størrelsen varierer fra få kilo til adskillige ton. Maritime droner kan være fjernstyrede eller operere helt eller delvist autonomt. I Danmark kan der tillades anvendelse af fjernstyrede droner (USVer) indenfor et defineret geografisk område i dansk farvand under visse kriterier, som sikrer, at sikkerhedsmæssige og miljømæssige hensyn opfyldes. Der stilles i den forbindelse ligeledes krav om forudgående risikovurdering og godkendelse af operationen.

Selvkørende enhed / mobil robot

En selvkørende enhed er et førerløst emissionsfrit køretøj, der kører med lav hastighed på hjul, bæltter eller lignende, og som er teknisk indrettet således, at en fysisk person kan overtage kontrollen af køretøjet. Selvkørende betyder, at køretøjet automatisk navigerer og overholder færdselslovens regler. I denne publikation henviser en robot også til en selvkørende enhed. Disse reguleres under forsøgsordningen for selvkørende enheder.

Global Navigation Satellite Systems - GNSS

Global Navigation Satellite Systems (GNSS) er en samlet betegnelse for enhver satellitkonstellation, der leverer positionerings-, navigations- og tidstjenester (PNT) på global eller regional basis. GNSS-positionering anvendes bredt i samfundet og af droner og robotter. En række sektorer baserer sig på den meget nøjagtige GNSS-tidsangivelse, herunder finans-, energi-, og telesektoren.

Teleinfrastruktur, herunder 5G

I denne sammenhæng henviser teleinfrastrukturen til teleoperatørernes mobilnet, som muliggør trådløs kommunikation og dataoverførsel. Mobilnettet opgraderes løbende af mobiloperatørerne. I august 2023 blev Danmarks første 5G stand alone net sat i drift. Det muliggør, at der i fremtiden kan tilbydes nye funktionaliteter, som kan være relevante for anvendelsen af droner og robotter.

Range Mode (R-mode)

R-mode er et positioneringssystem udviklet til søfart. Systemet er under udvikling og designet som et supplement til GNSS. R-mode benytter radiosignaler, som udsendes fra eksisterende maritime radiosystemer. Ved at kombinere systemet med andre teknologier (AIS og VDES) og øge antallet af modtagne signaler fra forskellige sendere, kan nøjagtigheden af positioneringen forbedres.

Bevægelsesdata

Bevægelsesdata er data om en genstands position over tid. Positioneringskilden bag bevægelsesdata er ofte navigationssatellitter, såkaldte GNSS (Global Navigation Satellite System), men disse kan kombineres med andre data og teknologier, som fx sensorer og radar. Med bevægelsesdata kan fx en selvkørende robot vide, hvor den er, eller en operatør kan følge bevægelsen af en drone.

Indhold

Forord	3
Indledning	7
I. Gode rammer for automatisering hos anvendere	9
II. En fremtidssikret infrastruktur	13
III. Når automatisering udfordrer regulering	17
IV. Sårbarhed og sikkerhed	21
Videre perspektiver	25



"Den grønne omstilling kræver også automatisering. Fx kan mobile robotter hjælpe med at samle skrald og forlænge levetiden på broer og fortove".

Indledning

Automatiserede løsninger med robotter og droner indeholder nogle af fremtidens helt store muligheder. I takt med at teknologierne bliver mere intelligente, mobile og autonome, kan de for alvor træde ud fra fabrikkerne og løfte opgaver i det offentlige rum. Med automatiserede løsninger kan vi bruge ressourcerne mere effektivt, øge produktiviteten og reducere CO₂-udledningerne. Men med mulighederne følger også udfordringer.

Hvad driver efterspørgslen på de automatiserede teknologier?

Private virksomheder og offentlige myndigheder efterspørger bedre muligheder for at kunne udvikle og anvende automatiserede løsninger. Der er store gevinster ved at kunne bruge selvkørende maskiner fx i byggeriet, i landbruget og i den offentlige service. Danske havne vil gerne bruge teknologierne til at lodse skibe mere sikkert, akutberedskab vil redde liv med flyvende hjertestartere og kommuner vil gerne reducere CO₂ fra kørte kilometer.

Mangel på arbejdskraft, den grønne omstilling og behov for at styrke konkurrenceevnen driver efterspørgslen hos virksomheder og kommuner. Det handler bl.a. om at udnytte kvalificeret arbejdskraft bedst muligt. Automatiserede robotter og droner kan effektivisere arbejdsopgaver, der er svære, farlige eller omkostningstunge for mennesker at løse. Det gælder indenfor sundhed, velfærd, mobilitet m.v. Teknologierne er dermed en del af fremtidens moderne offentlige sektor.

Den grønne omstilling kræver også automatisering. Fx kan droner og selvkørende enheder bidrage til bedre overvågning af natur, miljø og vandløb, samle skrald og forlænge levetiden på broer og fortove. Konkret er Storebæltsbroens levetid fordoblet, med en CO₂-besparelse på ca. 750.000 tons CO₂ over 100 år, som resultat af, at eftersynet nu sker med flyvende droner.

Hvilke barrierer står i vejen for udviklingen?

Virksomhederne oplever ofte reguleringen som restriktiv og som en barriere. Reguleringen skal sikre, at selvkørende robotter, flyvende og sejlene droner kan anvendes sikkert, side om side med mennesker og anden trafik. Det er en iboende udfordring, at teknologiudvikling og regulering udvikler sig i forskellige tempi. Både private virksomheder og offentlige myndigheder efterspørger en retning for, hvordan droner og robotter i en nær fremtid kan operere i det offentlige rum, så robot- og droneteknologi fastholdes som danske styrkepositioner.

En anden barriere for automatisering er, at de nye teknologier stiller nye krav til infrastrukturen. For at robotter og droner kan bevæge sig og arbejde i det fri, er der et stigende behov for, at satellitnavigation, teleinfrastruktur og kortdata er robust og fremtidssikkert. Det kræver øget opmærksomhed på, hvordan infrastruktur møder de behov, som de nye teknologier og reguleringen medfører.

Danmark klar til automatisering – National plan for bevægelsesdata adresserer barrierer for automatisering i det offentlige rum indenfor fire områder: 'Gode rammer for automatisering hos anvendere', 'En fremtidssikkert infrastruktur', 'Når automatisering udfordrer regulering' og 'Sikkerhed og sårbarhed'. Planen beskriver, hvad der allerede er i gang og peger på de videre perspektiver og væsentlige skridt, der skal tages for, at infrastrukturen og de regulatoriske rammer bliver klar til automatisering.



Foto: NextGen Robotics

Fremtidens industri og næste generation af robotter – et erhvervsfyrtårn

Robotter, droner og autonome maritime teknologier rummer store potentialer. Det potentiale vil man gerne udnytte i erhvervsfyrtårnet for fremtidens industri og næste generation af robotter som det fynske konsortium NextGen Robotics står i spidsen for. Visionen er at udvikle et internationalt epicenter for robotteknologiske og autonome løsninger til lands, vands og i luften. Med Danmarks Erhvervsfremmebestyrelses medfinansiering på mere end 100 mio. kr. (fra REACT-EU og Regionalfonden) til etablering af styrkede test- og demonstrationsfaciliteter og erhvervsrettede innovationsaktiviteter, er man godt i gang på Fyn. Realisering af de erhvervsmæssige potentialer i udvikling og udbredelse af automatiserede løsninger, afhænger også af de rammer og forudsætninger regulering og den digitale infrastruktur sætter.



Medfinansieret af
Den Europæiske Union

I. Gode rammer for automatisering hos anvendere

For at skabe gode rammer for anvendelse af automatisering i det offentlige rum kræver det, at anvendelse, regulering- og infrastruktur spiller sammen. Det er en forudsætning for at indfri gevinstpotentialet på området.

Behov for virkelighedsnære tests

Der er et stort gab mellem forventningerne til autonome løsninger og anvendelsen i dag. For at lukke det gab kræver det rammer, hvor der kan ske innovation, produktudvikling, validering og dokumentation i virkelighedsnære scenarier. Samtidig skal produktudvikling og test af automatiserede løsninger ske under stærke sikkerheds- og miljømæssige hensyn. Der kan derfor fx være behov for adskillelseskraV til en robot eller en drone ift. mødet med mennesker og anden trafik eller krav om CE-mærkning af de produkter, der ønskes testet. Sådanne hensyn kan besværliggøre og begrænse muligheden for at træne nye teknologier i netop de miljøer eller scenarier, de vil skulle operere i.

I juni 2023 lancerede Europa-Kommissionen EU's TEF – Test and Experimentation Facility projekt, der er finansieret under Digital Europe programmet. TEF er en konkretisering af ambitionen om, at EU skal være et sted, hvor AI-ekspertise trives fra laboratorium til marked. Mulighederne for, at europæiske virksomheder kan teste og udvikle AI-baserede produkter og robotteknologi i virkelige miljøer på dansk jord, afhænger af, hvordan regulering og infrastruktur understøtter dette til lands, til vands og i luften. På tværs af områderne findes varierende muligheder for test af autonome systemer under visse kriterier, fx krav om

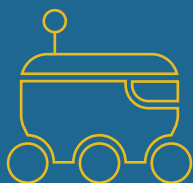
bemanding, fjernstyring eller adskillelseskraV til anden trafik. Der er behov for tæt dialog mellem anvendere, teknologiudviklere, myndigheder med ansvar for regulering og myndigheder med ansvar for den digitale infrastruktur i den videre udvikling af gode rammer for test og afprøvning under så virkelighedsnære scenarier som muligt. Målsætningen er at facilitere innovation indenfor automatisering, uden at hensyn til sikkerhed kompromitteres.

En hurtig udvikling kræver tæt dialog

Den teknologiske udvikling foregår primært i private virksomheder – og den går hurtigt. Det øger behovet for at bringe myndigheder, erhverv og anvendere tættere på hinanden. Der findes i dag flere eksempler på kommercielle udviklingsprojekter af såvel flyvende droner som automatisering indenfor sejlads. Samtidig beskriver erhvervet, hvordan rentable forretningsmodeller og den fulde gevinstrealisering afhænger af, at det på et tidspunkt bliver muligt for én operatør at monitorere flere autonome enheder og for dronen eller robotten at kunne operere ved siden af mennesker og anden trafik. En sådan udvikling stiller store krav til sikkerheden og til den digitale infrastruktur. For at understøtte en langsigtet udvikling af automatisering som dansk styrkeposition og for ikke at forsinke optaget af de nye teknologier, er der behov for at efterspørgsel, regulering og den digitale infrastruktur følges ad.

Stort potentiale i anvendelsen af droner, robotter og automatisering

Robotter:



30%

forventes de globale markeder for mobile og industrirobotter at vokse med årligt.

(Kilde: Damvad Analytics - Analyse af den danske robotindustri)

8,5%

årlig vækst i danske robotproducerende virksomheder fra 2014 – 2017.

84%

af danske robotvirksomheder arbejder indenfor grøn omstilling og cirkulær økonomi.

(Kilde: Odense Robotics - Insight report 2022)

Flyvende droner:



I 2030 forventes det europæiske dronemarked at vokse til:

14,5

Milliarder €

(Kilde: EU drone strategy 2.0)

12,3%

Årlig vækst

66%

af danske kommuner implementeret droner eller forventede at gøre det indenfor 2-3 år.

(Kilde: KMD - Ny digital teknologi i kommunerne)

Maritime droner:



I 2027 forventes det europæiske marked for maritime droner at vokse til ca.

Det svarer til:

523

Millioner €

(Kilde: Data Bridge Market Research)

13,5%

Årlig vækst

Dette er i gang i dag

Fokus på regulering og forudsætninger i erhvervsfyrtårn på Fyn

Danmarks robotteknologiske erhvervsfyrtårn på Fyn har fokus på fremtidens industriproduktion og næste generations robotteknologi. En realisering af de erhvervsmæssige potentialer afhænger af, at efterspørgslen hos erhvervet, de regulatoriske rammer og den digitale infrastruktur følges ad. For at understøtte dette, tager de relevante myndigheder for regulering og digital infrastruktur højde for de konkrete erfaringer, der gøres og videreformidles af konsortiet omkring fyrtårnets aktiviteter i NextGen Drones og Maritime Autonomous Reliable Systems (MARS).

TEF og TAPAS – Testplatform til europæisk Testing and Experimentation Facility

I januar 2024 åbner EU's Testing and Experimentation Facility for Smart Cities and Communities i Danmark (TEF CitCom.ai). SDFI bidrager ved at stille TAPAS-platformen til rådighed som en konkret test- og forsøgsfacilitet. Med et netværk af 11 GNSS referencestationer gør TAPAS-platformen det muligt at opnå sin øjeblikkelige placering med centimeters nøjagtighed i hele Aarhusområdet og dermed afprøve præcisionspositionering og autonome systemer. Etableringen af konkrete autonome tests i virkelighedsnære scenarier på platformen, afhænger dog af at der gives tilladelse inden for de regulatoriske rammer.

Sådan kan indsatsen styrkes

Vision for automatiserede robotter og droner i Danmark

Automatisering ved droner og robotter kan løfte opgaver, hvor der mangler hænder, bringe nye løsninger til den grønne omstilling og styrke dansk konkurrenceevne. På trods af flere udviklingsprojekter er de fleste virksomheder endnu ikke lykkedes med at kommercialisere automatiserede løsninger. For at kunne indfri gevinsterne efterspørger virksomheder og investorer en strategisk retning for automatisering i det offentlige rum og som del af en moderne offentlig sektor. Det kalder på en tættere kobling af anvendere, virksomheder, regulerings- og infrastrukturmyndigheder omkring en vision for anvendelsen af robotter og droner i Danmark.

Bedre muligheder for udvikling og afprøvning i virkelighedsnære scenarier

Test i virkelighedsnære scenarier er essentielt for produktudvikling og for indblik i, hvordan droner og robotter bliver fuldt ud anvendelige, accepterede og integrerede i det offentlige rum. Der findes i dag muligheder for test af droner og robotter. Der er dog identificeret en udfordring med adgangen til test af nye teknologier i mødet med krav om fx CE-mærkning eller adskillelse til anden trafik. Der er derfor fortsat behov for at afsøge, hvordan regulering og digital infrastruktur kan sikre de bedst mulige rammer for test og træning af nye teknologier i de miljøer, de vil skulle operere i, selvfølgelig under hensyntagen til sikkerhed og miljø.



Foto: Tuco

Automatisering reducerer CO₂-udledning

CO₂-udledningen fra transporten reduceres med 90 pct. – eller mere – når ubemandede fartøjer (USV'er) og flyvende droner anvendes til inspektion og vedligeholdelse af havvindmølleparker. Samtidig er der pres på opførelsen af nye møller og på vedligeholdelsen af den voksende kapacitet. Her kan flaskehalse – som mangel på arbejdskraft og skibskapacitet – have store konsekvenser for økonomien og produktionen af den grønne strøm. Flere operatører ser derfor på anvendelse af automatisering ved USV'er og droner som led i at indfri de store ambitioner for havvind.

II. En fremtidssikret infrastruktur

Hvis vi i Danmark fremadrettet skal anvende automatiserede løsninger med robotter og droner som et led i den grønne omstilling eller som en brik i den moderne offentlige sektor, stiller det nye krav til den infrastruktur som de automatiserede løsninger gør brug af.

Behov for ny viden

En drone eller robot har brug for at vide, hvor den er, når den bevæger sig ubemandet. En hjørnestein i dens positionering og navigation er satellitsignaler, der fortæller den, hvor den er i forhold til sine omgivelser. Foruden sin egen position har den også behov for at kunne kommunikere med sine omgivelser – både for at kunne fungere og løse arbejdsopgaver, men særligt vigtigt er det i farlige og/eller usikre situationer. Den kommunikation forventes bl.a. at skulle ske via teleinfrastrukturen, herunder 5G.

Tilliden til automatiserede løsninger i vores byer, havne og luftrum kræver en høj grad af pålidelighed og forsyningssikkerhed i den digitale infrastruktur, herunder i adgangen til positionering og kommunikation. Det er en forudsætning for, at de automatiske løsninger kan fungere sikkert blandt mennesker og anden trafik. Hvilke systemer eller procedurer skal gribe ind, hvis fx satellitsignalet eller mobildækningen ikke er god nok eller forstyrres? Hvor præcist kan man lokalisere en drone, som flyver i et integreret luftrum med anden luftfart? Hvad kræver det af infrastrukturen at skulle håndtere nye hensyn, hvis robotter skal være en større del af opgaveløsningen i både den private og den offentlige sektor?

Vi har ikke svar på alle spørgsmålene i dag. Der er behov for mere viden både om, hvad infrastrukturen i dag kan præstere, samt hvad dens grænser er. Men også om de krav, som kommende anvendelser vil stille til infrastrukturen i fremtiden.

Dækning, præcision, pålidelighed og forsyningssikkerhed

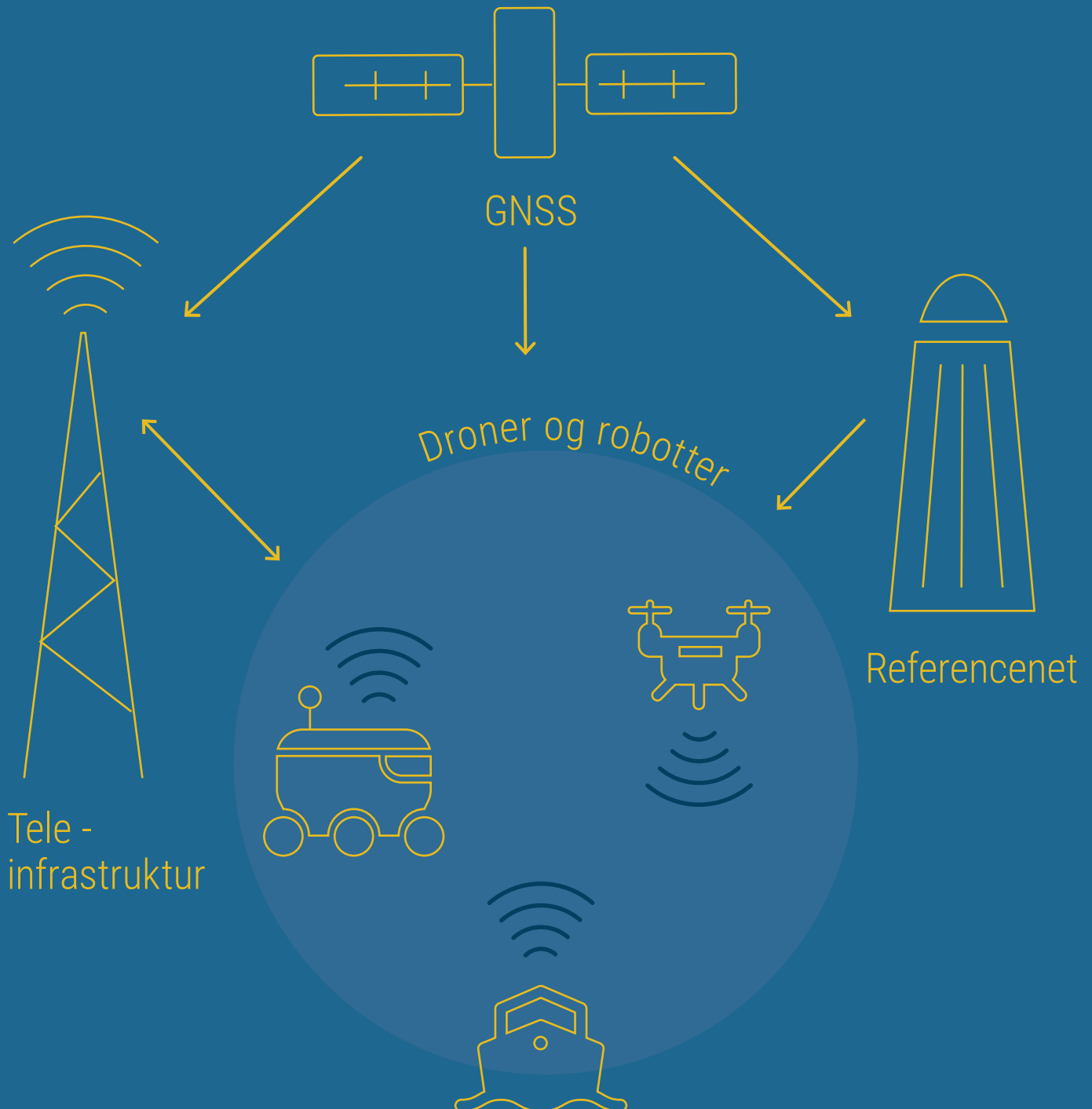
Den teknologiske udvikling sker ikke kun i designet og udviklingen af nye robotter og droner. Også de grundlæggende infrastrukturelementer undergår en udvikling i disse år og åbner for nye muligheder.

Det europæiske satellitprogram Galileo forventes i løbet af næste år at introducere mere pålidelige og præcise positioneringsdata. Her findes en løbende myndighedsopgave i at udbrede viden om de nye muligheder samt vigtige opmærksomhedspunkter for både offentlige og private anvendere.

5G giver mulighed for nye funktionaliteter i mobilnettet, der bl.a. kan understøtte de kommende behov for hurtig dataoverførsel med lav forsinkelse og muligheder for positionering. Det kan fx være aktuelt, hvis en drone skal kunne flyve uden for synsvidde. Flere 5G funktionaliteter udbydes endnu ikke som kommercielle produkter, men det vil de potentielt kunne i fremtiden, hvis markedet efterspørger dem.

For at imødekomme en større anvendelse af automatisering i fremtiden er det en forudsætning, at udviklingen af infrastrukturen sker i tæt samspil med de anvendelser, som infrastrukturen skal understøtte.

Infrastruktur for automatisering



For at en autonom drone eller robot kan navigere sikkert fra A til B har den behov for adgang til sikre, pålidelige og nøjagtige data om sin position. For at kunne fortælle omverden, hvor den er, har den behov for at kunne sende disse data. Bevægelsesdata baseres ofte på data fra globale navigations satellitsystemer (GNSS), men derudover anvendes også opdaterede geodata, sensorer, kamera, radar, m.v., i forskellige kombinationer til navigation. Disse data skal leveres, og det sker via teleinfrastrukturen, herunder 5G.

Dette er i gang i dag

Udrulning af 5G-nettet i Danmark

Mobiloperatørerne er i fuld gang med at opgradere mobilnettet til 5G med et fint-masket net med mange antennepositioner. Indtil nu har 5G-nettet i Danmark dog været baseret på, at den bagvedliggende infrastruktur er på 4G, men med hurtigere mobildata og højere overførselshastigheder. I 2023 blev det første 5G-net i Danmark opgraderet til udelukkende at basere sig på 5G-teknologi, et såkaldt 5G Standalone net. Det muliggør implementering af nye funktionaliteter i nettet, som fx lav latenstid, øget sikkerhed, Location Management Function m.m. Det er funktioner med stor relevans for automatiserede droner og robotter. Adgangen til de nye funktionaliteter er efterspørgselsdrevet og afhænger af at operatørerne ser en værdi i implementering.

Nye Galileo satellitnavigations-tjenester

Igennem EU-medlemskabet har Danmark investeret i udviklingen af navigationssatellitter i Galileosamarbejdet. I øjeblikket udrulles en række nye Galileotjenester med særlig relevans for automatisering, droner og robotter. De nye tjenester vil muliggøre mere pålidelige, sikre og nøjagtige positioneringsdata. Der er dog generelt manglende viden i erhvervet og hos myndigheder om tjenesterne, hvilket risikerer at forsinke udbredelse og implementering i danske virksomheder, hvor gevinsterne skal realiseres bl.a. ved øget præcision og sikkerhed i automatiserede løsninger.

Sådan kan indsatsen styrkes

Fremtidssikre den digitale infrastruktur til automatisering, robotter og droner

Danmark risikerer at gå glip af de fulde gevinster ved de nye funktionaliteter, der muliggøres med de kommende Galileotjenester og i udviklingen af 5G-nettet. Hvis potentialet i udviklingen af infrastrukturen skal realiseres, kræver det at såvel erhverv som anvendere har det fornødne kendskab til de nye muligheder, og at teleoperatører er klar til at understøtte automatiserede robotter og droner. Det er endnu ikke klart, hvilke krav og behov droner og robotter stiller, eller hvordan drone- og robotbranchens behov i dag er dækket. Hvis der skal indhentes fuldt udbytte af de forestående investeringer, er der behov for, at udviklingen af den grundlæggende infrastruktur, der udgør fundamentet for fremtidens automatiserede løsninger, sker i tæt sammenhæng med erhverv og anvendere. Det kan fx ske ved markedsdialog og iværksættelse af konkrete forsøg.

Implementering af nye Galileo satellitnavigationstjenester

Der mangler viden hos danske GNSS-brugere i erhvervslivet om de nye muligheder for bedre nøjagtighed og øget sikkerhed ved de kommende Galileotjenester. For at opnå et øget udbytte af investeringen i Galileoprogrammet, er der behov for øget viden om tjenesterne og sikring af de nødvendige færdigheder hos brugere, fx ved workshops, erfaringsdeling samt uddannelse og træning for brugere så de kan drage fordel af de nye tjenester. Der er også behov for at fremme opgradering af eksisterende GNSS-modtagere til at understøtte Galileosignaler og fremme udvikling af nye applikationer, som kan øge produktiviteten og sikkerheden på tværs af sektorer på basis af de nye Galileotjenester.



Foto: Sten Bartelsen, Slagelse Kommune Entreprenørservice

Grønnere byer med selvkørende maskiner

Allerede i 2018 frigjorde Slagelse Kommune 145 mandetimer pr. år med otte robotter til pleje af sportsarealer. Målet var at bruge kommunens ressourcer bedre. De elektriske robotter medførte desuden en stor CO₂-gevinst, sammenlignet med den tidligere maskinløsning. Investeringen var udgiftsneutral, og kommunen har nu opskaleret til 48 robotter. Men det var en udfordring at få afklaret, om robotterne var lovlige at anvende.

III. Når automatisering udfordrer regulering

En ny virkelighed skal reguleres

Automatiserede løsninger med ubemandede robotter og droner udfordrer reguleringen. Det skyldes, at de ikke styres af et menneske på samme måde som et traditionelt skib, fly eller bil. Samtidig oplever drone og robotbranchen, at reglerne kan være en barriere for nye løsninger og projekter. Som svar herpå er der igangsat initiativer i de relevante myndigheder, der skal muliggøre, at automatisering kan anvendes sikkert og effektivt. En ny dronestrategi skal revidere rammerne for flyvende droner. Og der pågår en evaluering af den eksisterende forsøgsordning for selvkørende enheder.

Regulering bygger på infrastruktur

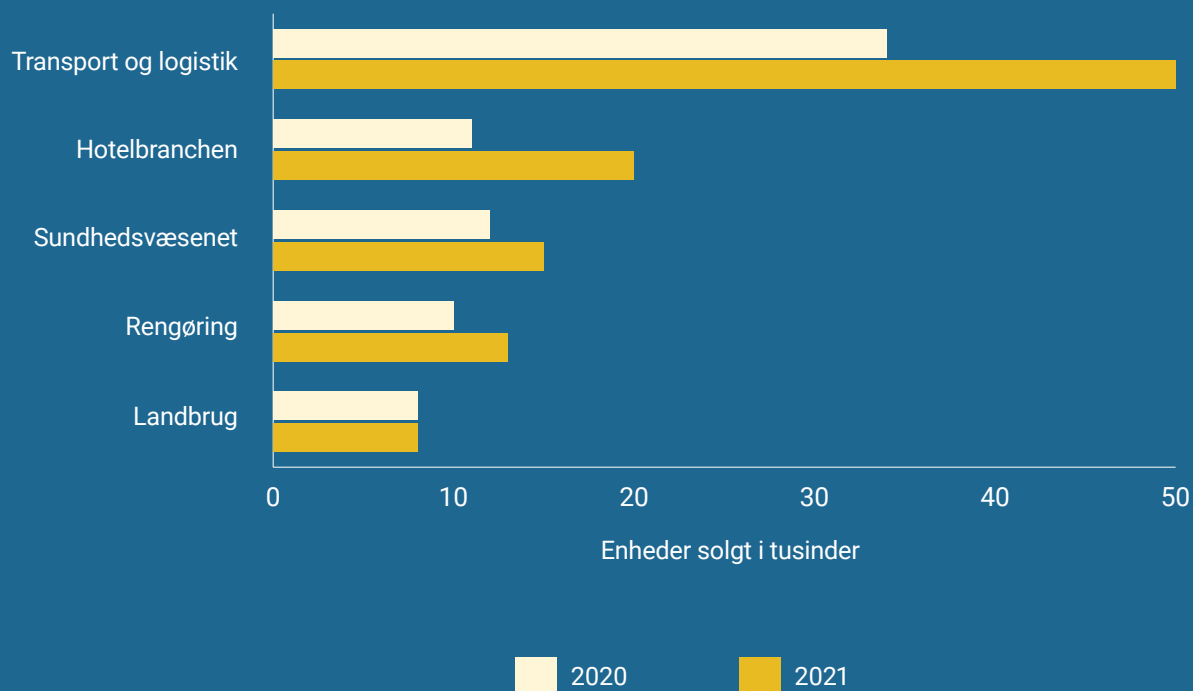
Droner og robotter er oftest afhængige af en infrastruktur til kommunikation, datadeling og positionering. Reguleringen af anvendelserne af droner og robotter berører derfor også infrastrukturen. Det gælder, når der stilles krav om kommunikation med et ubemandet fartøj på havet eller, når der skal fastsættes adskillelseskra­v for flyvende droner til anden luftfart. På den måde forudsætter sektorreguleringen af luftfart, søfart og færdsel, at kommunikations og positioneringsinfrastrukturen er på plads og fungerer.

Med udviklingen i automatiserede droner og robotter fraviges i stigende grad princippet om, at der er en menneskelig kaptajn, pilot eller fører om bord på fartøjet. I stedet assisterer alene data en operatør i at følge og styre enheden. Det stiller nye krav til positioneringsdata og infrastrukturen ift. at kunne opnå den nødvendige sikkerhed. Der findes en række tværgående problemstillinger omkring fundamentet for automatisering til vands, til lands og i luften. Herunder spørgsmål om datas præcision, pålidelighed, robusthed samt risikoen for forstyrrelser af GNSSsignalerne. Sektorreguleringen bør derfor tænkes sammen med udviklingen af infrastrukturen, så den svarer til anvendernes efterspørgsel og lever op til kravene i regulering på tværs af områderne. Der er behov for en dybere analyse af sammenhængene mellem regulering og infrastruktur.

Bedre vidensgrundlag for regulering af droner

På droneområdet er der behov for en specifik opbygning af viden, som skal understøtte, at droner kan integreres sikkert i luftrummet og til vands side om side med bemandede fartøjer. Konkret er der behov for mere viden om GNSS-positionering af droner ifm. elektronisk synlighed, adskillelseskra­v og risikovurderinger af droneoperationer.

Udbredelsen af serviceroboter, herunder mobile robotter, stiger globalt



(Kilde: International Federation of Robotics)

Dette er i gang i dag

Evaluering af forsøgsordningen for selvkørende enheder

Manglende muligheder for kørsel i virkelighedsnære omgivelser er en barriere for en udvikling af løsninger baseret på selvkørende enheder. Der pågår en evaluering af Forsøgsordning for selvkørende enheder med fokus på at afdække behov og krav for test og anvendelse af selvkørende enheder i det offentlige rum. Efter afslutning følges der op på evalueringen bl.a. mhp. at afklare betydning for kommunikations- og positioneringsinfrastrukturen.

Strategi for civile droner i dansk luftrum

Transportministeren har igangsat udarbejdelsen af en strategi for civile droner i dansk luftrum. Strategien skal være med til at sætte retningen for, hvordan det danske luftrum organiseres til gavn for både droner og øvrige luftrumsbrugere. Som bidrag til arbejdet med integrationen af bemanded og ubemanded luftfart, er der behov for at gennemføre test og få et bedre vidensgrundlag om nøjagtigheden og pålideligheden af positioneringsdata for en drone i bevægelse. Den data vil bl.a. ligge til grund for elektronisk synlighed for droner.

DMA Regulatory Future Lab

For at understøtte maritime first movers, særligt inden for dekarbonisering og digitalisering, har Søfartsstyrelsen etableret et Regulatory Future Lab. Med Future Lab tilbydes virksomheder en ramme for smidig godkendelse af nye maritime teknologier og innovative løsninger, herunder inden for automatisering og autonomi, som udfordrer den gældende regulering. Med afsæt i de konkrete erfaringer vil Søfartsstyrelsen desuden pege på behov for at fremtidssikre de globale regler for søfarten i regi af FN's Søfartsorganisation IMO.

Sådan kan indsatsen styrkes

Bedre rammer for anvendelse af automatiserede robotter og droner

For at realisere det fulde gevinstpotentiale ved droner og mobile robotter, er der behov for udvikling af bedre rammer for at kunne anvende dem i det offentlige rum. Virksomheder efterspørger bl.a. muligheden for at én operatør kan monitorere flere automatiserede enheder i aktion, og at dronen eller robotten kan operere side om side med mennesker og anden trafik. De scenarier vil stille krav til, at den digitale infrastruktur kan understøtte en effektiv og sikker integration af et større antal automatiserede enheder i den eksisterende trafik, luftfart og søfart. Der er derudover identificeret en række forhold omkring kommunikations- og positioneringsinfrastrukturen, der udgør en forudsætning for sektorregulering af automatisering. Det vedrører bl.a. spørgsmål om præcision, pålidelighed, robusthed og sikkerhed. For at understøtte effektiv og sikker regulering af automatiserede enheder er der behov for øget viden om den digitale infrastruktur og udvikling af relevante systemer og databaser.



Droner kan effektivisere i sundhedssektoren

Droner kan forbedre logistikken i sundhedsvæsenet og give hurtigere behandling for patienterne. Fx kan flere prøver tages på det lokale lægehus eller hjemme, hvorefter droner muliggør en langt hurtigere transport af fx blodprøver rundt omkring i landet end ved bil- eller færgetransport. Eksemplet viser, at når automatisering anvendes i flere og mere samfundskritiske opgaver, skal der tages højde for cybertrusler som spoofing og jamming, hvor navigationssignalerne ved bevidst handling forstyrres eller ændres.

IV. Sårbarhed og sikkerhed

Vi er blevet så vant til fordelene ved satellitnavigation (GNSS), at det er svært at forestille sig en hverdag uden. Det er den mest tilgængelige og bredest anvendte kilde til positionering og præcis tid. Ikke desto mindre er det bredt anerkendt, at GNSS er en sårbar teknologi.

GNSS-signaler er sårbare

For at kunne fastslå en position kræver det, at man kan modtage og behandle signaler fra GNSS-satellitterne. Men signalerne kan relativt let forstyrres. Forstyrrelser kan finde sted utilsigtet fx pga. defekt elektronisk udstyr, men kan også ske intentionelt, bedre kendt som jamming.

Jamming indebærer, at der målrettet udsendes støj, som overdøver svagere GNSS-signaler. GNSS er en forudsætning for navigation i robotter og droner. Finansielle transaktioner og mobilnet-teter også bundet op på den meget nøjagtige GNSS-tidsangivelse. Det kan have store samfundsmæssige konsekvenser, hvis nogle af disse systemer bryder sammen, enten tilsigtet som resultat af et angreb mod GNSS-signalerne eller utilsigtet.

En anden form for intentionel forstyrrelse er spoofing. Det er manipulation af GNSS-signalerne, så modtageren får opfattelsen af at være placeret et andet sted, end den faktisk er. Det kan fx få en båd eller drone til at styre forkert. Risikoen for utilsigtede og intentionelle forstyrrelser af det positionerings- og kommunikationsgrundlag automatiserede droner og robotter bl.a. baserer sig på for at kunne fungere og løse opgaver korrekt, betyder, at robustheden i den digitale infrastruktur bør være et væsentligt indsatsområde fremadrettet for en sikker udbredelse af automatiserede løsninger.

Utydeligt billede af forstyrrelser i dag

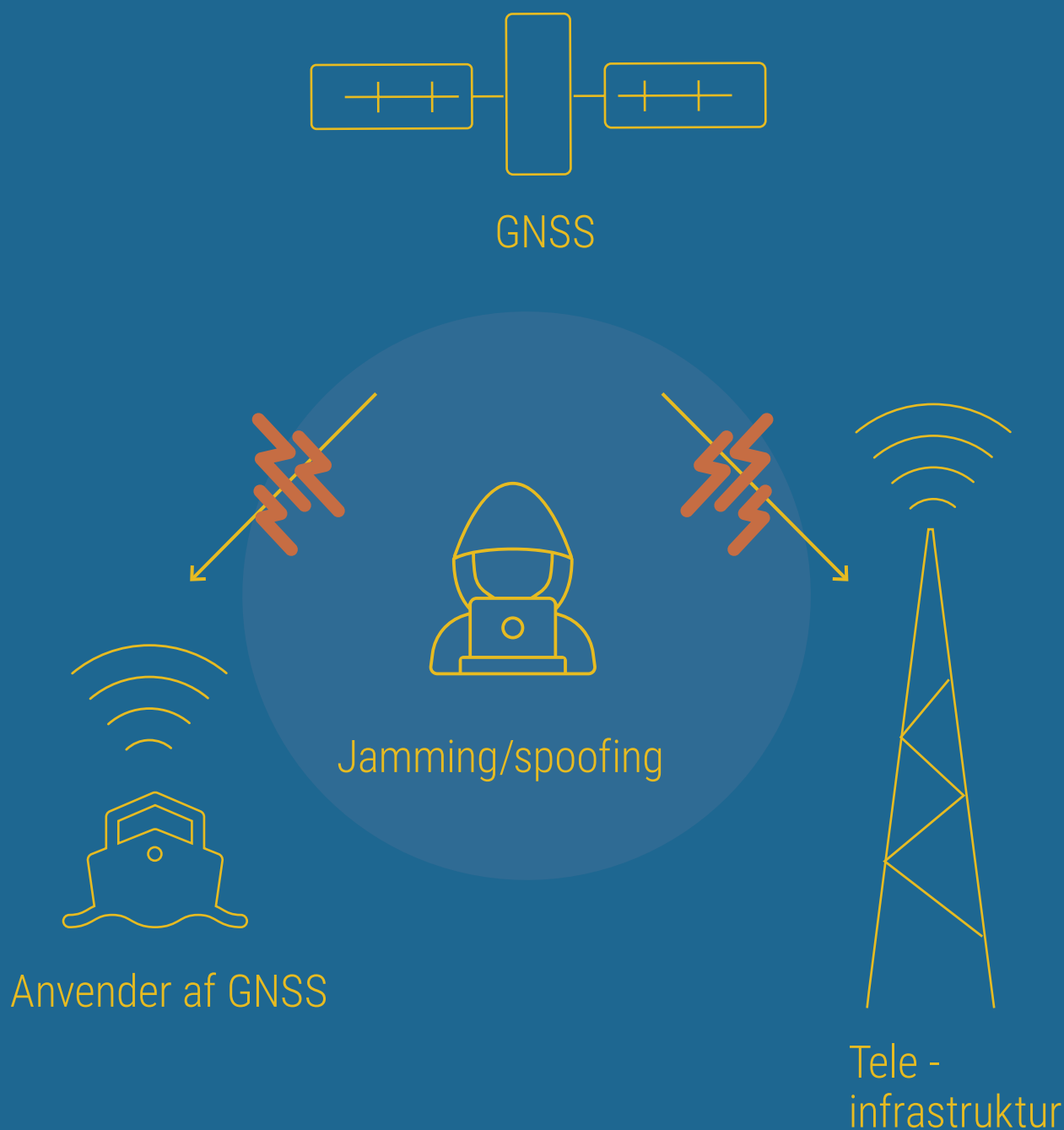
Der eksisterer ikke i dag et samlet billede af omfanget af jamming og spoofing i Danmark. Den 24. marts 2022 blev en færge ved Bornholm forsinket i flere timer, da den oplevede fejl i sit GNSS-system. Den 3. oktober 2022 blev et område i Storebælt udsat for GNSS-jamming. Vi er reelt uvidende om hyppighed, hvor store områder, der påvirkes, og hvor lang tid forstyrrelserne varer. En bedre forståelse af GNSS-forstyrrelser i Danmark vil være afgørende for i hvilken grad der skal handles ift. trusselsbilledet.

Behov for opbygning af redundans

I udviklingen af automatiserede løsninger bør der tages højde for GNSS-signalernes sårbarhed. Konkret handler det om at opbygge redundans, dvs. et backupsystem, der kan træde i kraft ved forstyrrelser. Det kræver, at der er adgang til relevante redundante systemer. Der findes i dag ikke ét dækkende alternativ til GNSS, men særligt 5G forventes i fremtiden at kunne anvendes som supplement til GNSS-positionering på land. Det afhænger dog af videre udvikling og implementering af funktionalitet i nettet. Ansvar herfor ligger hos teleoperatørerne og drives af efterspørgsel fra anvendere.

Hvis 5G-nettet skal kunne udgøre et redundant system, er det imidlertid en forudsætning, at nettet kan fungere uafhængigt af GNSS-signaler. Det vil kræve, at mobiloperatørerne kan foretage en tidsmæssige synkronisering på anden vis end ved GNSS, fx vha. et atomur. Udover 5G findes også andre teknologier, der ville kunne udgøre et alternativ afhængigt af hvilke anvendelser, der ønskes understøttet. Fx vil der, på grund af 5G-nettets begrænsede rækkevidde, være behov for at undersøge alternative redundante systemer på søfartsområdet

Infrastruktur for automatisering



Jamming betegner intentionelle forstyrrelser af frekvenser, som benyttes til GNSS-signaler for at forhindre eller forstyrre brugen. En lille GNSS-jammer til biler kan forstyrre signalet i en rækkevidde på op til ca. 10 meter, imens jammere til mobile militærsystemer er kendt med en rækkevidde på op til 300 kilometer. Spoofing betegner manipulation med GNSS-signalerne således, at de giver modtageren opfattelsen af at være placeret et andet sted end den faktisk er. I EU er det ulovligt at forhandle og benytte udstyr til jamming, men udstyret kan købes fra forhandlere uden for EU.

Dette er i gang i dag

Analyse af alternativer til satellitbaseret tidsstyring

Som del af National strategi for cyber- og informationssikkerhed (NCIS), har en arbejdsgruppe, ledet af Center for Cybersikkerhed, under Initiativ 1.15. analyseret behov og muligheder for alternativer til satellitbaseret tidsstyring. Anvendelsen af droner og robotter er bl.a. baseret på en velfungerende teleinfrastruktur til kommunikation og dataoverførsel. Analysen peger på, at bl.a. teleinfrastrukturen er sårbar, fordi den anvender satellitbaseret tidsstyring.

Civil monitorering af forstyrrelser på GNSS-frekvenser

SDFI er myndighed for nedtagning og distribution af Galileosignaler og fører tilsyn med støj og forstyrrelser af frekvenser. I dag sker den civile monitorering af forstyrrelser på GNSS-frekvenser dog primært efter henvendelse fra borgere, virksomheder eller myndigheder, der oplever forstyrrelser i deres brug af en tjeneste. På de etablerede GNSS-referencestationer kan SDFI registrere forstyrrelser for disse stationer og kan således få et billede af antallet og hyppigheden af hændelser for disse områder.

Forsøg med Range Mode (R-Mode) som redundant system til GNSS

Søfartsstyrelsen deltager i det EU-støttede ORMOBASS-projekt i Østersøområdet, hvor der pågår forsøg med R-Mode, som kan bidrage med et mere langtrækkende redundant system specielt for søfartsområdet. Ideen med R-Mode er, at systemet skal tage over, hvis GNSS-signalet forstyrres. På sigt er planen at opbygge dækning i hele Østersøområdet og de indre danske farvande ved at kombinere R-mode med andre teknologier (AIS og VDES).

Sådan kan indsatsen styrkes

Etablering af alternativer til satellitbaseret tidsstyring

Udviklingen indenfor 5G kan få stor betydning for anvendelsen af automatiserede droner og robotter. Der udvikles i øjeblikket tjenester, der kan betyde, at robotter og droner i fremtiden kan anvende 5G-positionering som et backup system parallelt med GNSS-positionering. Både integriteten af kommunikationsnettet og potentialet i 5G som et redundant system til GNSS-positionering, afhænger af, at teleinfrastrukturen ikke i sig selv er afhængig af GNSS til tidssynkronisering. Ligeledes kan fortsat test og udbredelse af bl.a. R-mode være væsentlig som etablering af redundant system til søfarten. Etablering af alternativer til satellitbaseret tidsstyring vil sikre, at automatisering, droner og robotter kan fungere og anvendes på tværs af sektorer, selvom GNSS-signalerne forstyrres.

Mere proaktiv monitorering af GNSS-forstyrrelser i Danmark

Anvendelse af GNSS-satellitter forventes at udgøre en hjørnesteen for automatisering. Men det er også en sårbarhed, da signalerne enten utilsigtet eller bevidst kan manipuleres og forstyrres. Der findes i dag ingen landsdækkende kortlægning af problemet med GNSS-”støj”. For at forstå omfanget og mulighederne for at imødegå forstyrrelser, er der behov for et bedre kendskab til GNSS-forstyrrelsernes hyppighed, lokalitet og årsag. En mere proaktiv monitorering af forstyrrelser, kunne fx muliggøre udvikling af varselsystemer for pålideligheden af GNSS i et givent område. Der er behov for at udvikle en metodisk ramme for bedre monitorering af GNSS-forstyrrelser i Danmark.

Videre perspektiver

Denne plan har beskrevet de store potentialer, der ligger i anvendelsen af automatiserede droner og robotter i det offentlige rum til lands, til vand og i luften. Planen har samtidig afdækket, at der på tværs af myndigheder pågår en række aktiviteter på området, men også, at der er et betydeligt gab imellem igangværende aktiviteter og mulighederne for fuld gevinstrealisering.

At få skabt de bedste muligheder for at indfri potentialerne i automatiserede løsninger med robotter og droner, kan spille en vigtig rolle i mødet med tidens største udfordringer:

- at nå til klimaneutralitet i 2050
- den demografiske udvikling
- sikre dansk konkurrenceevne

En grundlæggende forudsætning for at kunne forløse potentialet for mere effektive, grønne løsninger og skabe digital vækst er en fremtidssikret, pålidelig og robust infrastruktur. I sidste ende vil rammerne for teknologiudviklingen og den efterfølgende kommercialisering være afgørende for realiseringen af både de erhvervsmæssige og de grønne potentialer. Disse rammer bør i højere grad etableres i tæt samspil mellem anvendere, regulerings- og infrastrukturmyndigheder.

Der peges derfor i denne plan på en række potentialer og mulige videre perspektiver for, at Danmark kan blive klar til automatisering. Potentialerne går på tværs af myndighedsskel og forudsætter samarbejde mellem offentlige myndigheder og det private erhvervsliv. Potentialerne er store, men der er behov for de fornødne investeringer i form af både tid og samspil mellem de involverede aktører.

Udviklingen af autonome robotter og droner er isoleret set en vigtig faktor for, at Danmark også i fremtiden kan bruge sine ressourcer effektivt og levere på klimamålsætningerne. Samtidig er disse teknologier en del af en større udvikling i løsninger, der baserer sig på data om position og bevægelse. Det gælder inden for planlægning, mobilitet, logistik, præcisions-landbrug og en række kommercielle produkter og apps, der anvender positionering. Udbredelsen af droner og robotter forventes både at anvende samt afstedkomme en række afledte data. De er således en del af en stigende produktion af dynamiske data i realtid og data om bevægelse fra IoT, sensorer, biler, mobile enheder, m.v. En forløsning af den fulde værdi og CO₂-reduktionspotentialer i de data, bygger ligeledes på en velfungerende kommunikations- og positioneringsinfrastruktur.

Sådan kan indsatsen styrkes

- 1** Vision for automatiserede robotter og droner i Danmark
- 2** Bedre muligheder for udvikling og afprøvning i virkelighedsnære scenarier
- 3** Fremtidssikre den digitale infrastruktur til automatisering, robotter og droner
- 4** Implementering af nye Galileo satellitnavigationstjenester
- 5** Bedre rammer for anvendelse af automatiserede robotter og droner
- 6** Etablering af alternativ til satellitbaseret tidsstyring
- 7** Mere proaktiv monitorering af GNSS-forstyrrelser i Danmark



Udgivet af:

Klima-, Energi-, og Forsyningsministeriet

Transportministeriet

Erhvervsministeriet

Digitaliserings- og Ligestillingsministeriet

2024



Klima-, Energi- og
Forsyningsministeriet



Transportministeriet



ERHVERVSMINISTERIET



digitaliserings og
ligestillingsministeriet



Styrelsen for Dataforsyning
og Infrastruktur



Færdselsstyrelsen



SØFARTSSTYRELSEN



Digitaliserings-
styrelsen



Trafikstyrelsen
Danish Civil Aviation and Railway Authority