



DRONER NU OG I FREMTIDEN

RESULTATKONTRAKT: DRONES-AS-A-TOOL



TEKNOLOGISK
INSTITUT

**Titel:**

Droner nu og i fremtiden

Resultatkontrakt: Drones-as-a-Tool

**Udarbejdet for:**

Styrelsen for Forskning og Uddannelse

**Udarbejdet af:**

Teknologisk Institut

Gregersensvej 1

2630 Taastrup

CVR 5697 6116 / EAN 5790002042225

**Kontakt:**

Rina Valeur Simonsen

Analyse og Erhvervsfremme, Teknologisk Institut

Mobil +45 72 20 10 89

Mail: ris@teknologisk.dk

Juni 2019

Forfattere: Rina Valeur Simonsen,

Malene Hartung & Line Bilberg Olesen

Teknologisk Institut er en selvejende og almennyttig Institution, der blev etableret i 1906 og er godkendt som GTS-institut af Uddannelses- og Forskningsministeriet.

Hendes Majestæt Dronning Margrethe 2. er protektor for Teknologisk Institut.

Teknologisk Instituts samarbejde med erhvervslivet bygger på fortrolighed, tavshedspligt og vores brandpromise.

Læs mere på teknologisk.dk og dti.dk

Indhold

INDLEDNING	4
FREMTIDENS DRONER HAR VÆRKTØJSAPPLIKATIONER	5
FEM SPIRENDE MARKEDER	6
FREMTIDENS DRONER VIL IKKE VÆRE BEGRÆNSET AF FLYVETID	7
DRONER BLIVER EN STOR GEVINST FOR TRANSPORT- OG LOGISTIKBRANCHEN	8
DRONER SKAL VÆRE MED TIL AT BYGGE FREMTIDENS BYER	10
DRONER ER ALLEREDE UUNDVÆRLIGE I LANDBRUGET OG GARTNERIERNE	11
I FREMTIDEN KAN DRONER VÆRE MED TIL AT REDDE LIV	13
UDVIKLINGEN I DRONETEKNOLOGIEN	15
EKSPLOSION I ANTALLET AF DRONEPATENTER GLOBALT	15
KINA OG USA FORTSAT MARKEDSLEDERE	16
ODENSE MIDTPUNKT FOR DANSK DRONETEKNOLOGI	17
VÆKSTDRIVERE OG BARRIERER I DRONEBRANCHEN	19
FORUDSÆTNINGER FOR KOMMERCIALISERING	21
LOVGIVNINGSMÆSSIGE RAMMER	21
STANDARDISERING	22
INFORMATION OM DRONERS FUNKTIONER OG ANVENDELSE	26
DRONERS ANVENDELSESOMRÅDER	26
DRONEFUNKTIONER	28
KAPABILITETER	28
TEKNISKE SPECIFIKATIONER	30
DRONETEKNOLOGI PÅ TEKNOLOGISK INSTITUT	32
DRONETEKNOLOGI	32
AFPRØVNING OG MARKFORSØG	33
DRONETJEK	34
DRONEBASERET SKADESREGISTRERING AF BETONKONSTRUKTIONER	35



Indledning

Ifølge Drone Industry Insights¹ vil dronemarkedet vokse fra 93 mia. kr. i 2018 til 285 milliarder kr. i 2024 og således tredobles i løbet af de kommende seks år. Den eksplosive vækst vil være resultatet af vedvarende investeringer og konsolidering af det kommercielle dronemarked. EuropaKommissionen forudser endvidere, at den europæiske dronesektor i 2035 vil beskæftige mere end 100.000 personer direkte, og at den vil have en økonomisk effekt på over 10 mia. euro om året².

Brug af droner kan nedbringe omkostninger ved at bidrage til effektivisering af arbejdsprocesser, mindske risici og gavne miljøet. I Danmark samarbejder danske innovationsværk, klynger, GTS-institutter og universiteter aktivt i udviklingen af droneteknologier for at sikre Danmarks position på droneområdet.

Denne rapport har til formål at belyse potentialet for droneteknologien på en række markeder ved at identificere igangværende udviklingsprojekter og deres perspektiver. Vi belyser også udviklingen i droneteknologien og forudsætningerne for, at teknologiske landvindinger kan commercialiseres. Rapporten indeholder også information om droners kapabiliteter og tekniske funktioner samt anvendelsesområder, som kan bidrage til et overblik over droners formåen.

Rapporten er udarbejdet i regi af Teknologisk Instituts resultatkontrakt "Drones-as-a-Tool", som er finansieret af Styrelsen for Forskning og Uddannelse med det formål at opbygge og formidle teknologiske kompetencer til dansk erhvervsliv. Rapporten samler op på og bygger videre på tidligere udgivelser og indeholder resultater fra en lang række undersøgelser og analyser, der kan bruges til at dokumentere droneområdet.

¹ Dronell, 2019: The Drone Market Report 2019

² SESAR, 2016: European Drones Outlook Study

Fremtidens droner har værktøjsapplikationer

Droner har hidtil fortrinsvist været beskæftiget inden for inspektion, opmåling samt kortlægning, og fokus har været på forskellige typer dataindsamling ved hjælp af kameraer og sensorer. En naturlig udvikling er mere teknologisk avancerede droner med påmonteret værktøj, der kan udføre en række arbejdsopgaver og dermed åbne for nye forretningsmuligheder.

Teknologisk Institut vil montere værktøjer på flyvende, rotorbaserede droner og dermed åbne nye kommercielle markeder for autonome droneapplikationer. Dronerne vil være i stand til semi-/autonomt at udføre forskellige arbejdsprocesser i direkte interaktion med omgivelserne, fx inden for byggeri (fugning, maling, rengøring), landbrug, gartneri eller naturarealer (positionsbestemt spredning af bekæmpelses- eller forebyggelsesmidler), maritimt (rengøring af svært tilgængelige overflader) og luftfart (afisning af fly).

Dronetekniske begrænsninger og lovgivningsmæssige barrierer betyder, at der i praksis ofte fokuseres på lavteknologiske løsninger uden store skaleringsmuligheder,

hvor flyvninger udføres manuelt, og data efterfølgende ligeledes behandles manuelt. Kort flyvetid er en af de største barrierer for udbredelse af autonome dronesystemer. Ved at anvende kablede droner, hvor droner forsynes med strøm, data og materiale gennem kabler fra en basestation, reduceres eller fjernes flere begrænsninger, og monteres basestationen på en selvkørende robot opnås også fleksibilitet. Et lovende alternativ til fx benzengeneratorer er brændselsceller, som benytter butan – en emissionsfri teknologi, der er meget energieffektiv.

Aktiviteten, som bl.a. er støttet af Styrelsen for Institutioner og Uddannelsesstøtte, vil opbygge serviceydelser omkring valg, test og verificering af teknologiske delkomponenter til applikationsspecifik bestyknings af værktøjsdronesystemer samt understøtte virksomheders brug af delkomponenter. Serviceydelserne forventes udbudt til professionelle dronebrugere, som ønsker at tilbyde nye teknologiske løsninger samt droneproducenter, der vil være med til at skabe en ny generation af drone-teknologi.





Fem spirende markeder

Ifølge Drone Industry Insights var energisektoren den industri, der havde den højeste droneaktivitet i 2018, og det vil den fortsat være i 2024. Transportsektoren er til gengæld den sektor, hvor droneteknologien vokser hurtigst med nye muligheder inden for transport af mennesker og gods, opmagasinering af varer og aktiviteter relateret til inspektion og infrastrukturer. Landbrugs- og byggesektoren er også sektorer med omfattende brug af droneteknologi ifølge Drone Industry Insights.

I dette kapitel kortlægger vi igangværende danske droneudviklingsprojekter i førnævnte sektorer med potentiale til at skabe nye forretningsmodeller og markeder. Som et femte område med stort potentiale har vi medtaget beredskabsindsatser, da droner her kan komme til at spille en afgørende rolle i fremtiden.

FREMTIDENS DRONER VIL IKKE VÆRE BEGRÆNSET AF FLYVETID

Flere vindmøllesekskaber benytter sig af droner til inspektion og overvågning af vindmøller, men teknologierne er i et tidligt stadie, og erfaringerne er begrænsede. Udvikling af dronebaserede systemer til inspektion af vindmøller vil nedbringe omkostningerne, idet droner i fremtiden kan erstatte manuel inspektion af vindmøllerne. Droneprojektet Darwin, der udført af DTU, AAU og en række virksomheder og støttet af Innovationsfonden, har forventninger om, at droner i fremtiden vil kunne inspicere og rapportere vindmølleskader gennem en fuldautomatiseret intelligent proces med geometrisk dokumentation i 3D.

Også solcellebranchen ser potentiale i droner. Et projekt ledet af DTU udvikler avancerede droner, der gennem overvågning af solcelleparker skal kortlægge defekter ved solcellerne. Dronen er forsynet med kamerateknologi, som er udstyret med en safirlinse og en særlig coating. Kameraet kan opfatte forskelle i belysningen fra de enkelte paneler ved hjælp af elektroluminescens, dvs. at svag strøm får panelerne til at fungere som lysdioder.

Lyset er usynligt for det menneskelige øje, men det er tilstrækkeligt for kameraet. Denne droneteknologi vil forandre fremtidig service og vedligehold af solcelleparker.

Syddansk Universitet har igangsat projektet Drones4Energy, hvor intelligente droner skal inspicere Danmarks 4900 kilometer luftledninger, og som via kunstig intelligens identificerer fejl på ledningerne og samtidig får energi fra højspændingskablerne, så batterierne forbliver opladt. Hidtil har elselskaberne løbende brugt helikoptere og manuelt styrede droner til inspektion af ledningerne, men det er en omkostningstung og kompliceret proces i forhold til anvendelse af selvflyvende intelligente droner. Det forventes, at et hold af fire trådløst forbundne droner vil samarbejde om at tjekke ledningsnettet. Droneflyvningerne vil foregå uden menneskelig involvering og estimeres dermed at reducere omkostningerne op til 95 %. Opladning via højspændingskabler åbner også nye forretningsmuligheder med flyvninger på tværs af større afstande.



DRONER BLIVER EN STOR GEVINST FOR TRANSPORT- OG LOGISTIKBRANCHEN

I regi af Innovationsnetværket RoboCluster arbejder UAS Denmark, Teknologisk Institut, AU, AAU og SDU sammen med virksomheder på at udvikle og demonstrere løsninger, hvor droner udfører avancerede transportopgaver under komplekse og vanskelige forhold såsom transport af tungt gods til offshore faciliteter, transport af mindre højværdigods og transport af gods i afgrænsede industriområder. Fokus er her på teknologier, der kan styrke dronens robusthed i vind og vejr, tilpasning af størrelse på dronen i forhold til at fragte godset, manøvreedygtighed, præcision, evne til at kommunikere med andre systemer og løsninger til flyvningen inden og uden for synsvidde af en dronepilot.

Teknologisk Institut arbejder på et koncept, hvor man på sin smartphone kan tilkalde droner, der kan levere pakker med fx reservedele til en bil, der er gået i stykker. Gennem en app på telefonen angiver man sin position, som dronen modtager, og via GPS-koordinationer kan den flyve til adressen. En visuel markør placeres på jorden, som dronen benytter til præcis landing. På sigt kan teknologien optimeres ved, at den visuelle markør kan have en indbygget GPS og lys, så der også kan leveres pakker om natten. Ydermere er ambitionen at skalere droneteknologien til også at kunne levere pakker til offshore faciliteter eller andre svært fremkommelige steder.

For den del af transportbranchen, der omfatter skibe, udgør isbjerger en fare for trafikken i Arktis. Her kan droner bruges til at registrere og følge de potentielt farlige isbjerger og dermed forsyne rederierne med information til at identificere den sikreste sejlroute. SDU udvikler i projektet "ArtDrone" en langdistance drone med isbeskyttelsessystem, infrarøde termiske kameraer og et redundant

sensorsystem monteret i en stabiliseret ramme, som kan operere i det arktiske klima. Fordelen ved at anvende droner er, at de er meget holdbare, de er billige, har høj fleksibilitet og tilgængelighed, er hurtige at implementere samt har en høj grad af nøjagtighed.

Inden for skibsfart er der også et potentiale for brug af droner til kontrol af partikelemissioner fra skibsmotorer. Denne teknologi har flere anvendelsesmuligheder i relation til test af filtre til partikelfjernelse.

Droner har også potentiale i forbindelse med vareidentifikation på lageranlæg. Teknologisk Institut er partner i et europæisk projekt om anvendelse af droner til lageroptælling i højlagre. En drone kablet til en mobilrobot med en avanceret "tether", som er et kevlar-forstærket kabel, der forsyner dronen med strøm, og er en forsyningsvej for datagennemstrømningen. Dronen er styret af et indendørs navigationssystem og et kamera, som kan aflæse QR-koder og derigennem verificere, at den rigtige vare befinder sig på rette sted. Mobilt kablede droner repræsenterer et stort potentiale i forhold til længere flyvetid, øget sikkerhed og hurtig online behandling af data.

Foruden besparelse på medarbejdertimer, har droner i transport- og logistikbranchen den fordel, at mange droner anvender grønne energikilder. Anvendelse af droner, der ikke anvender benzin eller diesel som brændstof, som erstatning for øvrige anvendte transportmidler, vil betyde en reduktion i CO₂-aftrykket og dermed have positiv indflydelse på klimaet.





DRONER SKAL VÆRE MED TIL AT BYGGE FREMTIDENS BYER

Droner skaber muligheder for flere faser i byggerier, og der er udviklet droner, som kan bidrage til projektering, udførelse, drift og vedligehold af byggerier. Droner kan dermed få en afgørende rolle i digitaliseringen af byggesektoren. I omstillingen til et digitalt produktionsgrundlag for byggerier bidrager droneflyvninger til forbedret projektering ved indhentning af digital dokumentation for byggepladsen gennem dronemonterede kameraer. NIRAS har fx foretaget opmåling af en motorvejsbro med droner, og hvor konventionelle landmålere måler med fem meters intervaller, formår dronen at måle ned til 20 millimeters intervaller. Dronen styres af indlagte GPS-punkter, og de indsamlede data behandles med et fotogrammetrisk software, som skaber en 3D-model af broen.

Opmåling med droner kan ligeledes anvendes i udførelse af byggeprojekter. 3D-lasermåling med droner anvendes til ledningsregistrering og situationsplaner, mens dronemåling også gør gavn i relation til beregning af jordmængder på byggepladser. BuildCode har udstyret droner med kameraer, som anvendes til identifikation af konstruktionsfejl ved at sammenholde virkeligheden med 3D-modeller af byggeriet.

Teknologisk Institut har undersøgt, hvordan man med en drone og deep learning værktøj kan automatisere store

dele af inspektionsprocessen af broer og andre sværttilgængelige steder. Ved hjælp af en kablet drone- og kunstig intelligens-værktøj – herunder deep learning – kan visuelle inspektioner af broen udføres, og billededata kan behandles live, så resultatet præsenteres for operatøren, mens dronen inspicerer konstruktionen. Billedstrømmen sendes via kabel til en computer på landjorden, hvor billederne analyseres ved hjælp af et deep learning-værktøj, der er trænet i at genkende billeder af revner.

I driften af byggerier benyttes ligeledes droner, oftest med inspektion som formål. Droner med kameraer foretager inspektion af bygninger for fx forsikringsselskaber, som skal have besigtiget skader eller til påvisning af sprækker i murværk eller beton. Sund & Bælts ambition er at digitalisere drift og vedligehold af Storebæltsbroen ved blandt andet brug af droner. I samarbejde med COWI arbejdes der på inspektion af broen gennem billedgenkendelse. De indsamlede data behandles via kunstig intelligens, som kan spore revner, sprækker og andre forhold, som kræver vedligehold. Næste skridt i projektet er, at data kan medvirke til analyse af, hvor der er sket forandringer på ankerblokken og derigennem, hvor der er behov for renovering.

DRONER ER ALLEREDE UUNDVÆRLIGE I LANDBRUGET OG GARTNERIERNE

Droner med sensorer og kameraer har været anvendt i landbrugs- og gartnerisektoren i en årrække og har bidraget til optimering og effektivisering af produktionen.

Fælles for landbruget og gartnerierne er, at droner hovedsageligt bruges til overvågning, kortlægning og inspicering af jord, dræninger, afgrøder, ukrudt og planter. Københavns Universitet er i gang med at undersøge, hvordan man ved avanceret billedanalyse af marker kan kortlægge ukrudtsforekomster, samt fastlægge hvilke slags ukrudt der er tale om. Ukrudtskort over markerne vil bidrage til, at landmænd kan målrette deres ukrudtsbekæmpelse og derigennem mindske brugen af pesticider. Ydermere vil Syddansk Universitet udvikle en drone, der kan sprede mariehøns og rovmider fra luften, som alternativ til at sprøjte mod lus i kornet.

Udover at droneoverflyvninger kan generere information om markernes tilstand, kan de også bistå i markforsøg. Teknologisk Institut har udviklet droneteknologier, der gennem markforsøg kan skabe vækstmodeller og identificere forskelle mellem sorter og behandlinger, som er langt mere effektive end det menneskelige øje. Drone-

overflyvninger kan med avanceret kamerateknologi og dataanalyse undersøge, hvordan planter reagerer på forskellige behandlinger. Derved er det muligt at finde ud af, hvilke sorter, der fx klarer sig bedst i de tidlige vækststadier og kan modstå tørke.

Dansk Drone Kompagni, LMO, Teknologisk Institut, Force og DTU arbejder på at udvikle en dronebaseret måleteknologi, som ved hjælp af frigivelse af sporgas og måling af ammoniak- og metankoncentrationen vil kunne beregne emissioner fra staldbygninger. Det er en nemmere og mere kosteffektiv metode at udtage luftprøver end at måle emissioner fra alle afkast i en stald.

HumleDrone er et projekt ledet af Teknologisk Institut, hvor det tilstræbes at genrejse dansk humleproduktion med brug af droner. Droner med nye typer af robotværktøjer bidrager til optimering af arbejdsprocesserne, idet de kan stå for opbinding af snore til avl af humle samt høst af fuldt udvoksede humleplanter, ved at der er monteret en planteklipper på dronen.





I FREMTIDEN KAN DRONER VÆRE MED TIL AT REDDE LIV

I fremtiden vil droner sandsynligvis spille en stor rolle i forbindelse med beredskabsindsatser. I forbindelse med katastrofer er anvendelse af droner fordelagtig, fordi de kan få adgang til steder, der indebærer risici for mennesker, og de kan skabe overblik over kaotiske situationer fx ved brande, hvor luften er fyldt med giftig røg, og hvor det kan være svært for brandmændene at få det fulde overblik over branden og dermed foretage en fokuseret indsats. Droner var fx en afgørende faktor i at skabe overblik i forbindelse med brandslukningen ved Notre Dame, så brandmændene kunne slukke branden på den taktisk rigtige måde og derved redde de to ikoniske tårne.

På katastrofeområdet anvendes droner på nuværende tidspunkt særligt i forbindelse med overvågning, men der arbejdes på at videreudvikle anvendelsen af droner til transport af fx mad, vand og medicin til ofre i katastroferamte områder. Det er også aktuelt i områder enten langt væk fra eller med ringe vejssystemer fra sundhedsklinikker. Siden 2016 har selskabet Zipline leveret blod og vacciner til klinikker i Rwanda, og nu også medicin til samfund langt fra klinikkerne i Ghana.

HealthDrone er et treårigt dansk innovationsprojekt støttet af Innovationsfonden. Målet er at udvikle og teste sundhedsdroner, der skal transportere patientprøver, medicin og medicinsk udstyr mellem hospitalsafdelinger, lægehuse og hjemmeplejen på Fyn. Dronerne testes i flyvninger med blodprøver fra Svendborg og Ærø til laboratoriet på Odense Universitetshospital, hvilket kan reducere transporttiden fra 12 timer til under en time. Reduceret transporttid kan spille en afgørende rolle i forbindelse med fx infektioner, hvor hurtigere behandling kan reducere brugen af bredspektret antibiotika.

På sigt skal HealthDrone også transportere personer, fx højt specialiserede læger, der er akut behov for på en operationsstue. Projektet forventes at kunne sikre hurtigere og bedre behandling af patienter og spare sundhedsvæsenet for næsten 200 mio. kr. om året.



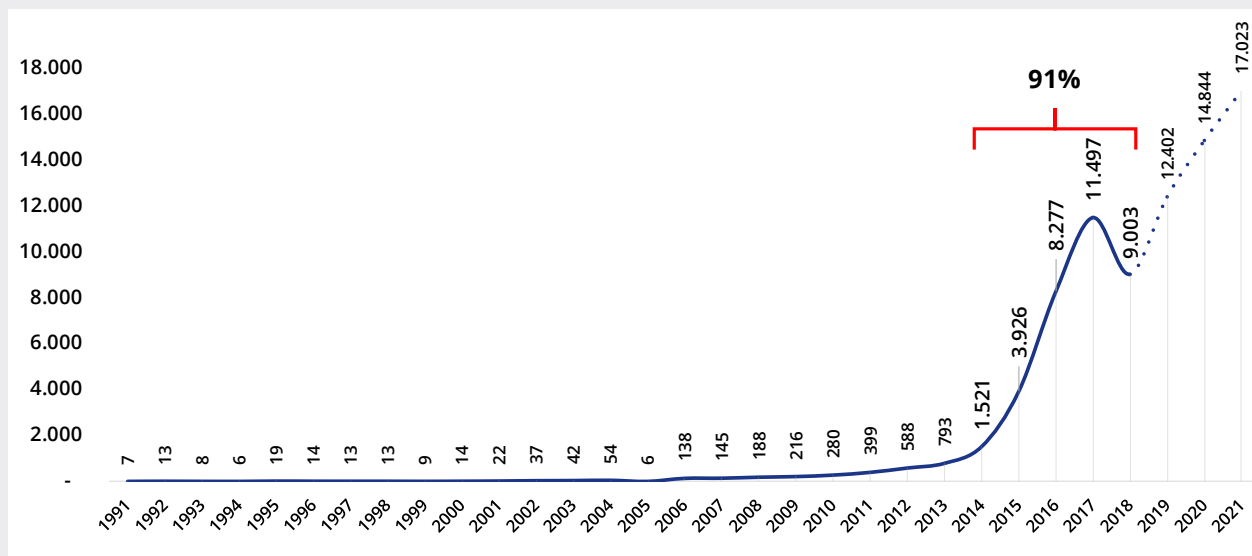
Udviklingen i droneteknologien

EKSPLOSION I ANTALLET AF DRONEPATENTER GLOBALT

Droneteknologien har oplevet en afgørende udvikling det seneste årti, og 98 % af alle dronepatenter er ansøgt i perioden 2007-2017. Særligt har omfanget af patentansøgninger været eksplosivt voksende fra 2014 til 2017, hvor antallet er mere end fordoblet til næsten 11.500 ansøgninger på verdensplan.

Årsagen til nedgangen i dronepatenter fra 2017 til 2018 er, at alle ansøgningerne fra 2018 endnu ikke er registreret. Udviklingen i dronerelaterede patentansøgninger globalt er beregnet til at vokse mellem 2.000-3.000 årligt. Ifølge dette skøn vil der være 17.000 ansøgninger i 2021, hvilket er 42 gange flere end 10 år forinden, hvor der blev ansøgt om 399 dronepatenter.

Antallet af dronepatentansøgninger fra 1990 til 2018, inklusive forudsigelser indtil 2022



Kilde: Beregninger af Teknologisk Institut, der er baseret på den globale patentdatabase PatSnap. 33.999 patentfamilier identificeret. Syntaks: TAC:("Unman*" \$w1 "Aircraft*") OR TAC:("remote*" \$w1 "aircraft*") OR TAC:("Micro Air Vehicle*") or TAC:("Unman*" \$w1 "Aerial*"). Udtræk: 12. april 2019.

KINA OG USA FORTSAT MARKEDSLEDERE

Selvom den teknologiske udvikling inden for droner er markant, har det ikke betydet væsentligt flere aktører på dronemarkedet. Kina har været den dominerende aktør i en årrække og er det fortsat. Mere specifikt er det områderne omkring Shanghai, Hong Kong og Beijing, som er førende på dronepatentansøgninger. USA rangerer som

nummer to i forhold til ansøgninger, hvor områderne for dronepatentansøgninger især er placeret på kysterne. De europæiske lande gør sig ikke specielt bemærket i dronekapløbet, men det er ikke ensbetydende med, at der ikke foregår droneudvikling i Europa. England og Tyskland er de europæiske lande, der ansøger om flest dronepatenter, men også i Danmark går udviklingen stærkt.

Verdenskort over dronepatentansøgninger



Kilde: Kort udarbejdet i BatchGeo på baggrund af de 25.000 nyeste patentfamilier, som er identificeret i PatSnap.



ODENSE MIDTPUNKT FOR DANSK DRONETEKNOLOGI

I Danmark har omfanget af droneaktiviteter været stærkt stigende de senere år. I foråret 2016 var der ifølge en kortlægning foretaget af Teknologisk Institut registreret 294 dronevirksomheder (defineret som virksomheder, der arbejder med droner eller udvikling af droneteknologier) i Danmark. I de efterfølgende to år steg tallet med næsten 100 dronevirksomheder hvert år, og målingen i foråret 2018 angav 484 dronevirksomheder, hvilket er en stigning i antallet af dronevirksomheder på 164 % over to år. Droneaktiviteterne i Danmark centrerer sig i og omkring København, Aarhus og Odense.

Området i og omkring Odense har især været omdrejningspunkt for den stigende droneaktivitet. Klyngen for den danske droneindustri, UAS Denmark, har base i Hans Christian Andersen Airport i Odense og omfatter et landsdækkende droneindustrinetværk med over 140 nationale og internationale medlemmer. UAS Denmark fungerer

som internationalt dronetestcenter, hvor droner, sensorer og andre systemer kan testes i det 867 kvadratkilometer store luftrum. UAS Denmark er et af de få testcentre i Europa, der tilbyder et godkendt Beyond Visual Line of Sight (BVLOS) luftrum. Droneflyvning uden for synsvidde, skal dog godkendes af Trafikstyrelsen.

Den danske robot- og automationsklynge Odense Robotics, innovationsnetværket RoboCluster og en del af Teknologisk Institut er også placeret i Odense, hvor der arbejdes systematisk med at stimulere den danske robotudvikling og -industri, herunder droner. Syddansk Universitet (SDU) har også dronecenter i Odense, hvor der forskes, udvikles og rådgives om droner. Odense er således blevet en central by for udvikling og fremme af droneteknologi, og fordelene ved geografisk nærhed taler for yderligere udvikling af området som centrum for udvikling og kommercialisering af droner.



VÆKSTDRIVERE OG BARRIERER I DRONEBRANCHEN

Udviklingen på droneteknologiområdet går stærkt, men der er potentiale for yderligere vækst på dronemarkedet, hvor især syv faktorer driver udviklingen:

1. Regulering
2. Den teknologiske udvikling, herunder test- og udviklingsaktiviteter
3. Offentlighedens holdning
4. Anvendelse af dronebaserede serviceydelser
5. Virksomheders prioritering af droneaktiviteter
6. Adgang til arbejdskraft
7. Adgang til finansiering

En undersøgelse udført af Teknologisk Institut i 2018 belyser, hvordan der kan skabes vækst i dronebranchen. I undersøgelsen angiver 60 % af dronevirksomhederne, at den vigtigste parameter for vækst er lempelser i den danske dronelovgivning, fx i forhold til den tilladte flyvehøjde, tilladelser til overflyvninger samt tilladelse til at flyve uden for operatørens synsvidde. Samtidig mener 10 %

af dronevirksomhederne, at den danske stat bør engagere sig mere i droneområdet og fx tilvejebringe udviklingsstøtte eller lånemuligheder. I sammenhæng hermed mener 25 % af dronevirksomhederne, at lovgivningen er en direkte barriere for vækst i dronebranchen.

Den teknologiske udvikling er ligeledes en vigtig parameter for vækst. Over halvdelen af af dronevirksomhederne (52 %) vurderer, at der er behov for yderligere udvikling af fx batterilevetid for yderligere vækst. I forhold til montering af udstyr som fx kamera og sensor på dronen, mener 43 %, at nye teknologiske muligheder vil skabe vækst.

Som barrierer for vækst i dronemarkederne peger 25 % af virksomhederne på, at mangel på kunder er en central parameter, men i takt med den teknologiske udvikling og faldende priser forventes væksten på dronemarkederne at fortsætte.



Forudsætninger for kommercialisering

LOVGIVNINGSMÆSSIGE RAMMER

Nye EU-regler for droneoperation blev vedtaget ultimo februar 2019 og vil erstatte de danske regler for flyvning med droner. Reglerne træder i kraft i juni 2019 og finder anvendelse fra juni 2020 med en række overgangsbestemmelser, der fortsætter indtil juni 2022. Baggrunden for det nye regelsæt er en forventning om, at lufttrafikken i EU stiger med 50 % inden for de næste 20 år, og reglerne har fokus på at understøtte forventningen om jobskabelse og vækst, samt at gøre luftrummet mere sikkert ved at beskytte forbrugere og virksomheder, øge sikkerheden samt respektere databeskyttelsesreglerne, privatlivets fred og miljøet.

Droneflyvning inddeles under de nye regler efter flyvningens type i tre kategorier med forskellige alders- og uddannelseskrav til hver kategori:

- 1. Open** (lav risiko) dækker over flyvninger, der ikke kræver forudgående godkendelse og kan sammenlignes med, hvad der er tilladt under den nuværende danske dronelovgivning. I denne kategori skal droner jf. den supplerende markedskontrolforordning være CE-mærket samt mærket med en klassebetegnelse fra C0-C4, der dækker over bl.a. vægt, støj, maksimal flyvehøjde og droneidentifikation. Markedskontrolforordningen kan frivilligt anvendes fra juni 2019, men er obligatorisk fra juni 2022.
- 2. Specific** (øget risiko) dækker over flyvninger, der falder uden for "Open"-kategorien, men som ikke medfører risiko på højde med bemannet luftfart. Dette omfatter bl.a. BVLOS-flyvning, flyvning over 120 m og flyvning med droner i klasse C3-C4 (droner tungere end 4 kg) i et bymæssigt område. Tilladelse til flyvning i denne kategori opnås gennem a) at følge et prædefineret standardscenarie eller b) ved at udarbejde en risikovurdering gennem SORA (Specific Operations Risk Assessment), som skal godkendes af den nationale myndighed (i Danmark Trafik-, Byg- og Boligstyrelsen) eller selvgodkendes af LUC-indehavere (Light UAS Certificate).
- 3. Certified** (risiko på linje med bemandede fly) dækker operationer, der på grund af høj risiko kræver et certificeret fartøj, og en godkendt pilot/operatør. De nærmere regler for denne kategori er stadig under udarbejdelse.

EU-reglerne bygger på princippet om national selvbestemmelse, og medlemslandene har mulighed for at definere områder, hvor der gælder begrænsning i type af operationer, særlige flyveregler, eller hvor der kræves elektronisk ID og/eller geofence. De nye regler gør desuden op med den differentierede lovgivning for professionel brug og ikkeprofessionel brug af droner.

STANDARDISERING

Med henblik på at få fælles rammer og retningslinjer på droneområdet er internationale standarder for droneteknologi og -procedurer under udarbejdelse. Standarderne skal sætte rammerne for den fremtidige udvikling, innovation og anvendelse af droneteknologien samt opstille retningslinjer og krav til fx design, luftdygtighed, sikkerhed, distance, programmering, kontrolsystemer og operationelle processer samt systemernes interoperabilitet og informationsflow. Standarderne skal også sikre, at der bliver et fælles internationalt sprog med fælles termer og definitioner på droneområdet.

Standarderne udvikles i den internationale standardiseringsorganisation ISO, der har ca. 170 medlemslande. Arbejdet med at udvikle standarder er relevant både for operatører og producenter af droner og teknologisk udstyr, forskere, udviklere, myndigheder samt certificerings- og testinstitutter. Udvalget arbejder med international standardisering af droner, herunder fælles kvalitetskrav og sikkerhedsbestemmelser på området.

Selvom der kun er ganske få producenter af droner og droneudstyr i Danmark, er der mange, der arbejder med droner inden for alt lige fra film og tv til shipping og fragt. Ved at deltage i det internationale standardiseringsarbejde får danske operatører og producenter indflydelse på de krav og rammer, der bliver opstillet i de endelige standarder. Det giver klare konkurrencemæssige fordele for de virksomheder, der deltager, og globale forretningsmuligheder for danske virksomheder. Den nationale strategi for udvikling af droneteknologi og -anvendelse fra september 2016 har fokus på at styrke dansk deltagelse i det internationale standardiseringsarbejde på droneområdet samt at gøre det nemmere for mindre virksomheder at anvende internationale standarder.







Information om droners funktioner og anvendelse

DRONERS ANVENDELSESOMRÅDER

Droner er ubemandede flyvende fartøjer, fjernstyrede eller (semi-)autonome, der løbende er taget i brug i meget forskellige kontekster. For eksempel bruger bygningsingeniører droner til inspicering af broer, landmænd bruger dem til overvågning af marker, dyrerettighedsorganisationer bruger dem til overvågning af truede dyr, og ejendomsmæglere bruger dem til video- eller fotooptagelser.

I 2018 udarbejdede Teknologisk Institut i samarbejde med AUVSI (The Association for Unmanned Vehicle Systems International) en kvantitativ undersøgelse af 2.185 droneapplikationers tekniske specifikationer. Undersøgelsen var baseret på AUVSI-databasen, som er verdens største database om droner.

Overordnet kan anvendelsen af droner inddeles i fem hovedområder, hvor en drone kan indgå på flere markeder:



Det akademiske marked. Droner på dette marked er udviklet af universiteter og andre akademiske institutioner og er ofte videnskabelige forskningsstudier, såsom overvågning af natur og miljø, udvikling af prototyper og videreformidling af nye tendenser.



Det civile marked. Droner på det civile marked anvendes af offentlige instanser, som politiet og brandvæsenet i eftersøgnings- og redningsarbejde.



Kommercielle marked. Dette marked omfatter kommercielle dronevirksomheder inden for fx landbrug, minedrift, ejendomsmægling, bygningskonstruktion og filmfotografering.



Forbrugsmarkedet. Droner på dette marked henvender sig til forbrugere, der benytter droner på hobbyplan. Droner på forbrugsmarkedet kan typisk tage billeder eller optage videoer. De bliver solgt på det kommercielle dronemarked, hvilket gør de to markeder overlappende.



Det militære marked. Dette marked omfatter droner, der anvendes inden for militæret, både små droner, som kan håndteres af en enkelt soldat til trusselvurdering eller til lokationsovervågning, og større droner med længere flyvetid til brug i større områder og angreb.

De to mest dominerende markeder for droner er det civile og det kommercielle marked. Næsten 80 % af alle droneapplikationerne i undersøgelsen indgår på det civile marked, og 65 % af dem er solgt på det kommercielle marked. Over halvdelen af alle droner i undersøgelsen kan anvendes på det militære marked, mens under 10 % af dronerne anvendes på det akademiske marked og forbrugsmarkedet ifølge AUVSI-databasen.

Droner kan desuden klassificeres efter deres formål på tværs af markeder. Dronens udstyr er afgørende for, hvad den kan bruges til, og en drone med kamera kan fx anvendes til både kortlægning, overvågning mv. Mere end 30 forskellige formålskategorier optræder i det fulde AUVSI-datasæt, hvor kun de seks mest anvendte kategorier fremhæves her.

Den mest almindelige anvendelsesmulighed er visualisering, hvilket er formålet for 86 % af dronerne. Visualisering indebærer, at kameraet på dronen kan tage fotos af et område eller objekt, hvilket er billigere end alternati-

vet med fly eller helikopter. 69 % af dronerne har til formål at rekognoscere, overvåge eller bidrage til efterretningsarbejde. Det kan for eksempel være overvågning af trafikken, hvor droner kan erstatte stationære kameraer eller menneskelig tilstedeværelse. 66 % af droner har til formål at bistå patruljering eller yde sikkerhedsmæssig assistance, og samme andel af dronerne anvendes i katastrofesituationer, hvor kameraer kan live-stream eventuelle sikkerhedsrisici samt lokalisere overlevende efter en naturkatastrofe. 64 % anvendes til kortlægning af svært fremkommelige eller farlige områder.

Procentvis fordeling af anvendelsesområderne for droner på verdensplan



Kilde: Data er baseret på AUVSI-databasen

Droneteknologiens anvendelse i Danmark

En undersøgelse udført af Teknologisk Institut i 2018 viser, at i Danmark anvendes droneteknologi især af virksomheder i servicebranchen, hvor 75 % af alle dronevirksomheder er placeret. Herefter kommer offentlige myndigheder som fx Beredskabsstyrelsen, politiet, brandvæsenet og universiteter, hvor 10 % af dronerne opererer. I mindre grad anvendes droner inden for handel, industri, byggeri og landbrug.

Langt størstedelen af de danske dronevirksomheder anvender droner med kameraer, hvor mere end halv-

delen, nemlig 54 %, anvender kameraet til opmåling og inspektion. 49 % af dronevirksomhederne bruger de indsamlede data i journalistisk øjemed eller til film og reklamer. I relation hertil ligger optagelser til salgsoptillinger og præsentationer, som 45 % af virksomhederne benytter dronerne til. 21 % af dronevirksomhederne tilkendegiver, at de bruger data i forbindelse med eftersøgning og/eller redningsaktiviteter, hvor 27 % af dronevirksomhedernes anvender droner til hobbyformål.

Kilde: Teknologisk Institut i 2018, Flere dronevirksomheder i Danmark

DRONEFUNKTIONER

Droners udformning og evner spænder vidt, og for at opnå et overblik kortlagde Teknologisk Institut i foråret 2019 droners kapabiliteter og tekniske specifikationer

ved hjælp af AUVSI-databasen. Datasættet omfatter 752 droner med faste vinger og 676 droner med rotorbaserede vinger.

KAPABILITETER



STØRRELSE. Størrelsen på dronen afhænger typisk af formålet med dronen. På tværs af alle droner i undersøgelsen er mere end 60 % mindre end to meter, og det er – ikke overraskende – det militære marked, som har den største andel af droner over fem meter. Større droner kan bære tungere last og blive længere tid i luften, idet de kan have større og mere effektive motorer samt bedre muligheder for at opbevare brændstof.

Fastvingede droner er typisk større end rotorbaserede droner. Omkring halvdelen af dronerne med faste vinger er over to meter, hvor kun omkring hver sjette af de rotorbaserede droner er over to meter. De rotorbaserede droner er oftere under to meter, hvor 2/3 af de rotorbaserede droner er 50-200 cm, og hver sjette er under 50 cm. I sammenligning hermed er kun en ud af 30 af fastvingede droner under 50 cm.



HASTIGHED. Militærdronerne er også hurtigere end andre droner. Deres gennemsnitlige maksimumshastighed er 235 km/t og deres optimale gennemsnitshastighed, hvor dronen maksimerer varigheden i luften, er 130 km/t. Dronerne på forbrugsmarkedet er de langsomste med en gennemsnitshastighed på 70 km/t.

De fastvingede droner er omkring dobbelt så hurtige som de rotorbaserede droner med hensyn til gennemsnitlig marchhastighed (cruise speed) – hhv. 122 km/t og 60 km/t. Maksimumhastigheden for de fastvingede droner (284 km/t) er næsten fire gange så hurtig som for rotorbaserede droner (75 km/t).



FLYVEVARIGHED. Den tid, som dronen kan forblive i luften, kaldes flyvevarigheden og må ikke forveksles med den distance, som dronen kan flyve. Flyvevarigheden bestemmes af energikapacitet, last, barometertryk og lufttemperatur, hvor varigheden fx forkortes ved faldende temperaturer. Der findes ikke en standard for måling af flyvevarigheden. I AUVSI-databasen kan dronernes flyvevarighed sammenlignes på tværs, idet de er undersøgt under samme forhold. Forbrugsmarkedet er der, hvor dronerne har kortest flyvevarighed. I modsætning hertil kommer militærdronerne, hvor 20 % af dronerne kan være i luften i mere end 12 timer.

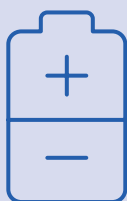
Generelt er det muligt for droner med faste vinger at flyve i længere tid i forhold til rotorbaserede droner. Cirka en tredjedel af de fastvingede droner har en flyvevarighed på over seks timer. Af disse kan 40 % flyve 6-12 timer, 35 % 12-24 timer og 25 % over 24 timer. Af de rotorbaserede droner har under 4 % en flyvetid over seks timer, derimod kan 75 % flyve maksimum én time og omkring hver femte mellem 1-6 timer.



LØFTEKAPACITET. Militærdroner kan typisk bære en tungere last. 20 % af dronerne kan løfte mere end 50 kg, og færre end 20 % af militærdronerne har en løftekapacitet på mindre end fem kg. Til sammenligning har over halvdelen af dronerne på de andre markeder en løftekapacitet på mindre end fem kg. Ikke overraskende har dronerne på forbrugsmarkedet den mindste løftekapacitet, idet 80 % af dronerne kan løfte mindre end fem kg.

Droner med faste vinger kan flyve med tungere last end rotorbaserede droner. Næsten 30 % af de fastvingede droner har en løftekapacitet over 30 kg, hvor kun omkring 13 % af de rotorbaserede droner kan løfte tilsvarende. Lidt over halvdelen af rotorbaserede droner kan løfte maksimum fem kg, hvor 40 % af de fastvingede droner har samme maksimum.

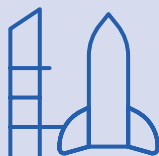
TEKNISKE SPECIFIKATIONER



ENERGIKILDE. Dronens energikilde hænger sammen med dronens fremdriftssystem. Omkring 75 % af de rotorbaserede droner er forsynet med batterier, som dermed er den hyppigst anvendte energikilde for denne type drone. Kun omkring 40 % af de fastvingede droner forsynes med energi fra batterier.

Omkring halvdelen af de fastvingede droner og hver femte af de rotorbaserede droner er bygget op omkring forbrændingssystemer (ICE), som anvender forskellige typer benzin. Ulempen er vedligehold, emissioner eller rystelser, der kan forstyrre målinger.

Langt størstedelen af dronerne bruger således batteri eller benzin som brændstof, men der udvikles også på alternative energikilder, som fx sol- og brændselsceller. Udviklingen har nået et punkt, hvor hydrogenbrændselsceller er standard til professionelle droner. Et stigende antal droner er forsynet med flere energikilder og hybride energisystemer, der kombinerer fordelene ved de forskellige løsninger.



OPSENDELSES- OG LANDINGSMETODE. Droners opsendelsesmetode og skrogtype er forbundet. Den mest almindelige metode for rotorbaserede droner er vertikal opsendelse og landing (VTOL). Fordelen ved VTOL-opsendelsesmetoden er, at pladsbehovet er begrænset i forhold til droner med hjul og faste vinger, som forudsætter en start- og landingsbane, katapult eller at blive kastet. Landingsmetoderne varierer mere for droner med faste vinger, fx anvendes mavelanding eller net/wire for at fange dronen. Oftest har fastvingede droner mulighed for flere typer opsendelses- og landingsmetoder. Cirka hver fjerde opsendes med håndkraft, omkring 40 % med affyringsramte og 40 % har hjul, så de letter ved brug af landingsbane. For så vidt angår landingsmetoder, så har omkring en tredjedel af de fastvingede droner en faldskærm med, 40 % bruger igen landingsbanen, og en tredjedel foretager mavelanding.

Droner med faste vinger og hjul kræver en vis fart for at kunne lette og forblive i luften, og de kan kun bevæge sig fremad, hvor rotorbaserede droner nemmere kan ændre retning i luften. Forbrugsmarkedet er det marked, der hyppigst anvender håndkraft som affyringsmetode.



NAVIGATIONSSYSTEM. Droners navigationssystem er typisk en kombination af flere systemer i form af autopilot og radiokontrol. Omkring 80 % af de fastvingede og 85 % af de rotorbaserede droner har denne kombination af navigationssystemer. Under radiokontrol opererer dronen trådløst via radiobølger transmitteret til en modtager på dronen. Udover at dronen er radiokontrolleret, så har den også ofte en autopilot, hvilket betyder, at dronen kan navigere helt eller delvist uden indgriben fra en pilot.

En autopilot udnytter typisk forskellige sensorer som en Inertial Measurement Unit (IMU) og GPS til at udbyde forskellige hjælpefunktioner. Fx automatisk at holde en position og orientering i luften, flyvning af prædefinerede ruter ved brug af GPS-waypoints, understøttelse af komplicerede bevægelsesmønstre, hvor orientering konstant holdes mod et bestemt punkt, og forskellige sikkerhedsfunktioner som hjælper i tilfælde af lavt batteri, mistet forbindelse, motorfejl osv. En autopilot understøtter autonom flyvning, som er en forudsætning for droner, der skal flyve uden for pilotens synsvidde.



Droneteknologi på Teknologisk Institut

Teknologisk Instituts tilbyder en række ydelser på droneområdet, og nedenfor finder du en kort beskrivelse af, hvad du blandt andet kan bruge Teknologisk Institut til.

DRONETEKNOLOGI



Droneteknologien har gennemgået en radikal udvikling de seneste år. Fra at være et område, som man kun beskæftigede sig med på universiteter og i forsvarsindustrien, er droner nu blevet hvermandseje. For et relativt beskedent beløb kan man købe sig en drone og få billeder, der tidligere var utilgængelige eller omkostningsfulde at skaffe.

Perspektiverne i teknologien er store, og de tilbyder adgang til en tredimensionel verden, hvor fugleperspektivet på problemet også kan tages med som en naturlig del af problemløsningen. Det kræver en ny måde at tænke på for at kunne indfri potentialet i teknologien til fulde, og den nuværende anvendelse af droner er bestemt kun toppen af isbjerget af, hvad vi vil se dem anvendt til i fremtiden.

Mange af de flyvetekniske problemstillinger er i dag løst for dronerne, og det er derfor applikationen af dronerne – og den teknologi, der monteres på dronerne – som adskiller dem fra hinanden. For at understøtte virksomheder, der producerer og arbejder med droneteknologi og -løsninger tilbyder Teknologisk Institut bl.a.:

- Match af ønsker med den tilgængelige drone- og sensorteknologi – her under inspektion vha. AI og visionsteknologier
- Rådgivning om droners opbygning og teknologi
- Udvikling af dronebaserede løsninger
- Sparring i forhold til droners integration i eksisterende systemer
- Måling, test og analyse af droner
- Flyvetidsforlængelse af droner, herunder optimeret energisystem vha. ICE og brændsels-celler
- Løsninger baseret på kablet droneteknologi.

KONTAKT

Lars Dalgaard, sektionsleder, Robotteknologi

Telefon: +45 72 20 39 83 / e-mail: ldd@teknologisk.dk



AFPRØVNING OG MARKFORSØG



Brug af droner i mark- og skovbrug er, udover at det kan give overblik over arealerne, interessant til måling af planter og træers vækst og stressniveau. Målinger fra droner kan fx bruges til bestemmelse af biomasse, vækstmodeller, udbyttepotentiale, plantedække, tælling af enkeltplanter, skadebedømmelser i forbindelse med forsikringsskader m.m.

Vi arbejder med anvendelse af dronebårne højpræcise multispektrale kameraer i markforsøg og storskala markdemonstrationer. Vi tilbyder løsninger, der omsætter data fra dronen til værdifuld viden ved hjælp af vores unikke kombination af agronomisk indsigt, adgang til "Ground Truth", web-programmering og matematisk modellering:

- Overflyvning med højpræcis drone monteret med RGB, multi- eller hyperspektral kamera og efterfølgende stiching af dronefoto
- Udklipning af parselværdier fra dronedata og statistiske beregninger
- Statistisk modellering af vækstmodeller ved gentagne flyvninger igennem vækstsæson
- Udarbejdelse og validering af metoder til afgrødeanalyser fra dronebårne sensor og billed-data
- Implementering af udviklede metoder i softwareløsninger
- RTK styret drone til udarbejdelse af højpræcise georefererede enkeltbilleder og Ortophoto
- Med dataanalyse fra forsøgsregistreringer og tolkning af billeder udvikles algoritmer til fortolkning af planternes respons
- Droneuddannelse af dronefører til markforsøg og standardiseringsarbejde til udvikling af nye procedurer.

KONTAKT

Thomas Nitschke, faglig leder, Markforsøg, teknologi og analyse
Telefon: +45 72 20 33 77 / e-mail: tnit@teknologisk.dk

DRONETJEK



Teknologisk Institut tilbyder måling, test og analyse af droner til brug i opbygning, regelmæssig kontrol samt risikovurdering af droner. Vi har udviklet et testmiljø til droner for at understøtte risikomodellen beskrevet i Specific Operations Risk Assessment (SORA), hvorigennem vi hjælper med at identificere risici forbundet med drone- og payload-konfiguration.

I testmiljøet er det muligt at påvirke dronen med gentagne og kontrollerede eksterne kræfter, og gennem avanceret fault-injection at forårsage bl.a. motorudfald. Dermed kan vi på forskellige måder måle og dokumentere dronens robusthed og nødprocedurer.

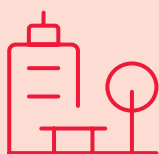
- Måling af droners løftekapacitet og beregning af MTOW
- Måling af droners maksimale flyvetid med forskellige batterier og med/uden payload
- Måling af droners masse og massemidtpunkt til optimering af flyveegenskaber
- Måling af energiforbrug med/uden payload
- Test af fejlhåndtering, herunder fx backup-batteriforsyning og motorfejl
- Test af Sense & Avoid-systemer og positioneringsteknologier

KONTAKT

Jeshith Damsbo Anandasubramaniam, konsulent, Robotteknologi
Telefon: +45 72 20 35 50/ e-mail: jeda@teknologisk.dk



DRONEBASERET SKADESREGISTRERING AF BETONKONSTRUKTIONER



Droner er avancerede værktøjer, der åbner for en række muligheder, hvad angår undersøgelse af svært tilgængelige steder og indsamling af store mængder data. Droneundersøgelser vil i de fleste tilfælde være den billigste måde visuelt at inspicere svært tilgængelige steder, og den billigste måde at indsamle et komplet fotografisk datasæt.

Teknologisk Institut råder over droner til inspektion af broer, altaner og lignende og tilbyder dronebaseret skadesregistrering ved hjælp af scanning og 3D-modellering. Resultaterne afleveres i en overskuelig elektronisk rapport med markering af interesseområder og gradering af eventuelle skader. Alle droneflyvninger foretages af certificeret dronepilot, efter gældende regler. Rapporten og det indsamlede data er et vigtigt redskab for bygningsejer, hvis der skal iværksættes reparationsarbejde, eller blot som et detaljeret øjebliksbillede, der kan indgå i det langsigtede opsyn med bygningens udvikling.

KONTAKT

Morten Holten Petersen, konsulent, Beton

Telefon: +45 72 20 29 73 / e-mail: mhop@teknologisk.dk





TEKNOLOGISK
INSTITUT