

SLUTRAPPORT

MUDP forprojekt

juli/2024 - april/2025

**Et stratosfærisk ballonsystem til
natur- og miljøovervågning**

1. JULI 2025

**Af Nicolai Iversen
Spaceline Labs**



SPACELINE



mudp

Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram

Projektet, som er beskrevet i denne rapport, er støttet af Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP) under Miljøministeriet, der støtter udvikling, test og demonstration af miljøteknologi.

MUDP investerer i udvikling af fremtidens miljøteknologi til gavn for klima og miljø i Danmark og globalt, samtidig med at dansk vækst og beskæftigelse styrkes. Programmet understøtter dels den bredere miljødagsorden, herunder rent vand, ren luft og sikker kemi, men understøtter også regeringens målsætninger inden for klima, biodiversitet og cirkulær økonomi.

Det er MUDP's bestyrelse, som beslutter, hvilke projekter der skal modtage tilskud. Bestyrelsen betjenes af MUDP-sekretariatet i Miljøstyrelsen.

MUDP-sekretariatet i Miljøstyrelsen

Lerchesgade 35, 5000 Odense | Tlf. +45 72 54 40 00

Mail: ecoinnovation@mst.dk

[Link til MUDP's hjemmeside](#)

Denne slutrapport er godkendt af MUDP, men det er alene rapportens forfatter/projektlederen, som er ansvarlige for indholdet. Rapporten må citeres med kildeangivelse efter følgende skabelon; "[Forfatterens/redaktørens navn, rapportens udgivelsesår, rapportens titel], MUDP slutrapport".

SLUTRAPPORT

Et stratosfærisk ballonsystem til natur- og miljøovervågning

FAKTA OM PROJEKTET

Projektperiode: 3. juli 2024 - 30. april 2025

Projektdeltager: Spaceline Labs

Bevilling fra MUDP: 475.800 kr.

Projektleder: Spaceline Labs, Nicolai Iversen

FORMÅL

Projektets hovedformål er at analysere og vurdere potentialet for at anvende stratosfæriske balloner til miljø- og naturovervågning. Først i Danmark og efterfølgende i EU.

Særligt undersøger projektet, den operationelle samt regulatoriske gennemførlighed samt, hvordan jævnlig og højopløselig optisk herunder også hyperspektralt data kan bruges til klassificering af naturtyper.

PROJEKTETS RELEVANS

I dag mangler de rette værktøjer til effektiv kortlægning og overvågning af større, sammenhængende naturområder, herunder Natura 2000-områder og nye skovområder etableret gennem grøn trepart. Både natur- og miljømonitoring samt præcisionslandbrug kræver data med høj rumlig, tidslig og spektral opløsning over store arealer. Det er i dag en stor udfordring, fordi eksisterende løsninger indebærer kompromiser: Droner giver høj detaljegråd, men dækker kun små områder, mens satellitter har stor arealdækning, men mangler opløsning og hyppighed.

To konkrete problemstillinger illustrerer behovet:

Monitoring af ny skov er hæmmet af utilstrækkelig billeddækning i relevante vækstperioder og manglende evne til at identificere unge træer, især under 3 meter.

Digital Naturovervågning kan i dag kun identificere 6–10 ud af 44 naturtyper i Danmark, selvom forvaltningen snart skal kunne håndtere op til 30 typer for at leve op til EU-krav

Præcis naturklassifikation er ikke blot teknisk relevant, men også afgørende for at vurdere naturens tilstand, målrette forvaltning, prioritere indsatser og dokumentere effekten af milliardinvesteringer i biodiversitet, klima og grøn omstilling. Uden bedre datagrundlag risikerer vi at træffe beslutninger på utilstrækkeligt grundlag og miste vigtige muligheder for at beskytte og genoprette vores natur.

HOVEDRESULTATER

Projektet har opnået en række konkrete tekniske og strategiske resultater, som samlet set har bragt os væsentligt tættere på en fuldt operationel løsning til storskala natur- og miljømonitoring.

Vi har gennemført testflyvninger i flere af de regulatoriske klasser i både DK og udlandet. Dette er sket i tæt samarbejde med en række industripartnere samt Syddansk Universitet, hvor vi har udført laboratorietests af “payloads” og samtidigt gennemført flyvninger med højopløselige RGB-kameraer, samt den første flyvning med et hyperspektralt demonstrationskamera. Datasæt er både valideret i laboratorieopstillinger og benchmarket op mod Copernicus Sentinel-2 – eksempelvis i forhold til NDVI-beregninger, hvor den stratosfæriske løsning nu muliggør højere rumlig og tidlig opløsning som ønsket.

Derudover har vi etableret partnerskaber med flere satellitoperatører, som muliggør observationer som supplerer vores ballondata med optimeret satellitdækning. Kombinationen af fleksibel flyvning og målrettet satellitdata danner grundlag for en ny, skalerbar model for naturdataindsamling.

Ud over de tekniske fremskridt har projektet også haft betydning på tre strategiske niveauer:

- 1) Marked og forretning: Gennemførte studier og samarbejder har dokumenteret et klart forretningspotentiale i markedet for avanceret natur- og miljøovervågning, understøttet af efterspørgsel fra både nationale myndigheder og internationale aktører.
- 2) Teknologisk nyhedsværdi: Projektet har demonstreret potentialet for at kunne levere en unik platform samt datakilde, som kombinerer høj tidlig-, rumlig- og spektral opløsning, som pt. ikke kan opnås med hverken droner eller satellitter alene. Dette udgør et teknologisk spring

fremad.

- 3) Risikominimering: Vores operationelle demonstrationer i forprojektet har reduceret en række centrale risici, herunder særligt de regulatoriske. Vi har opnået tilladelser gennem udvikling og dokumentation af sikkerhedssystemer og operationelle procedurer, som nu danner standard for kommende operationer i både Danmark og udlandet.

Samlet har projektet dermed både leveret konkrete teknologiske komponenter, validerede datasæt og en gennemarbejdet vej frem mod demonstration i større skala.

PROJEKTFORLØB OG ERFARINGER

Udviklingsforløbet har fokuseret på testflyvninger, sensorintegration og dataanalyse, og er løbende blevet justeret på baggrund af erfaringer fra både teknik, brugere og myndighedsdialog.

En væsentlig udfordring var at få de nødvendige tilladelser til flyvninger i stratosfæren. Det krævede udvikling og dokumentation af sikkerhedssystemer og operationelle procedurer, men førte til godkendte flyvninger og vigtig erfaring, som nu danner grundlag for fremtidige operationer både nationalt og internationalt.

Teknologisk har payload-integrationen krævet særlig indsats ift. strømforbrug, vægt, stabilitet og databehandling. Gennem samarbejde med Syddansk Universitet og kameraproducenter er både laboratorietests og feltafprøvninger gennemført med succes.

Et andet centralt element har været arbejdet med Miljøstyrelsen og øvrige aktører omkring Digital Naturovervågning (DNO). Gennem en række møder, både fysiske og online, er der opnået en langt bedre forståelse af beslutningsveje og datakrav. Den nuværende DNO-model er blevet testet og resultaterne replikeret, hvilket betyder, at vi nu har et godt udgangspunkt for at integrere vores data i eksisterende analyseflows.

En vigtig erkendelse er, hvor stor betydning tidlig og tæt brugerinddragelse har for teknologiens anvendelighed. Samarbejdet med myndigheder og slutbrugere har været afgørende for, at kunne vurdere forprojektets tekniske gennemførlighed fremadrettet, så der ikke kun leveres teknologiske nybrud, men også løsninger der faktisk løser tidligere beskrevne udfordringer i praksis.

KONKLUSION OG PERSPEKTIVERING

Forprojektet har med stor klarhed dokumenteret, at en fuld demonstration af systemet er teknisk og operationelt gennemførlig. Projektets hovedformål har været at afklare, om det er muligt at etablere et fleksibelt, ballonbaseret jordobservationssystem, som kan levere data med højere rumlig, spektral og tidslig opløsning end eksisterende teknologier. Resultaterne viser, at dette ikke blot er muligt, men også praktisk realiserbart med de partnere, teknologier og arbejdsgange, der nu er etableret.

Der er opnået væsentlige fremskridt inden for testflyvninger, sensorintegration og samarbejde med både kameraudviklere, universiteter og myndigheder. De første datasæt fra både RGB- og Hyperspektrale kameraer er både valideret og benchmarket, og projektet har bidraget til at afprøve og replikere Digital Naturovervågningsmodellen (DNO). Det har givet et solidt grundlag for at integrere nye datakilder i eksisterende analyseflows hos Miljøstyrelsen.

Samtidig er regulatoriske og operationelle risici minimeret gennem udvikling af sikkerhedsprocedurer og afklaringer med myndigheder, hvilket har gjort vejen mod næste fase mere direkte.

På baggrund af resultaterne igangsættes nu et udviklingsprojekt med hovedformål at etablere en konstellation af styrbare stratosfæriske ballon-bårne satellitter. De vil danne et system som skal levere kontinuerlige, højopløselig jordobservationsdata til natur- og miljøovervågning i Danmark og på sigt internationalt. Systemet vil markant forbedre overvågningen af Natura 2000-områder, ny skovrejsning, kystmiljøer og effekten af genopretningstiltag og dermed levere et nyt datagrundlag til både myndigheder og forvaltere.

Forprojektets resultater har derfor ikke blot bekræftet idéens relevans, men konkret banet vejen for realisering.

FORMIDLING

Projektet blev formidlet igennem samarbejder med SDU til forskellige delegationsbesøg. Derudover blev projektet præsenteret for det Europæiske Rumfartsagentur (ESA) under deres Kickstart konference i København i 2024, samt ved Spaceline's indtræden som partner i ESA's "Civil Security From Space" gruppe i 2025.

Læs mere om MUDP på www.MUDP.dk

