

# Ubemannede flaksende mikrofly

Flaksende mikrofly på størrelse med insekter har et stort potensial og kan benyttes til oppdrag hvor vanlige fly og helikoptre er uegnet.

Av Espen Oland, stipendiat, Høgskolen i Narvik

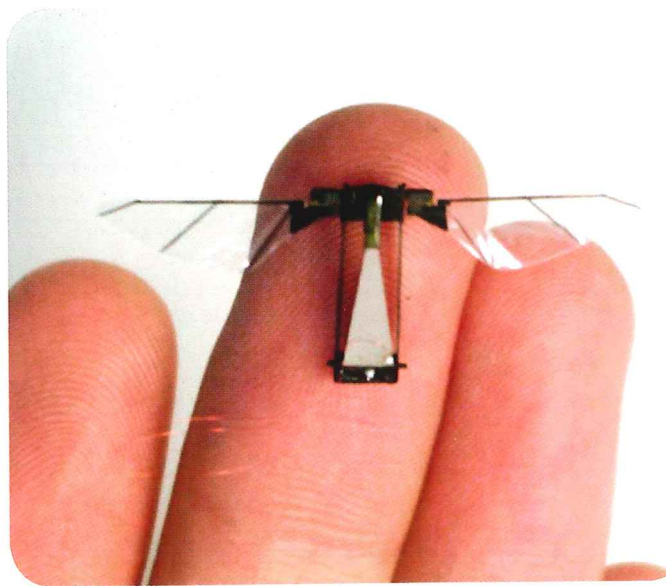
Mennesker har alltid vært interessert i hvordan fugler og insekter kan fly ved å flakse vingene, og mange forskjellige forsøk på å lage flaksende fly har blitt utført i løpet av menneskenes historie. Allerede 400 år før Kristus ble det første flaksende flyet omtalt i en indisk historie, og siden da har flere forskjellige fly blitt laget for å oppfylle menneskets drøm om å fly som fuglen. I dag holder flere universiteter rundt om i verden på å forske på hvordan man kan lage små ubemannede flaksende mikrofly. Det finnes flere prototyper av flaksende mikrofly på størrelse med fugler, men det er veldig få som klarer å lage dem på størrelse med insekter.

## Flaksende mikrofly

RoboFly er det første flaksende mikroflyet på størrelsen med et insekt og ble laget på Harvard University i 2007. Mikroflyet veier 60mg og har en vingelengde på 3cm, og benytter endring i flaksefrekvens for å bevege seg opp eller ned. I det første forsøket med RoboFly beveget flyet seg langs en tråd for å begrense bevegelsen til det vertikale planet, og ved å velge flaksefrekvens på rundt 120Hz fikk de flyet til å bevege seg opp og ned langs tråden.

## Aktuatorer

Ved hjelp av en bimorfisk piezoelektrisk aktuator kan man få vingene til å flakse opp og ned. En bimorfisk aktuator består av to fysiske lag, et metall lag og et piezoelektrisk lag. Ved å påtrykke et elektrisk felt på lagene fører det til at det ene laget trekker seg sammen, mens det andre ekspanderer, noe som benyttes til å skape en flaksebe-



Bilde av RoboFly (hentet fra Wood, 2008).

vegelse. Frekvensen på vingeslagene kan dermed moduleres direkte via det elektriske feltet. RoboFly trenger et elektrisk felt på  $2V\mu\text{m}^{-1}$ , noe som førte til at de benytter en ekstern energikilde for å drifte mikroflyet. Ambisjonen er å integrere et batteri på flyet, noe som vil utgjøre rundt 42 % av den totale massen og som vil gjøre det mulig å fly i 5-10 minutter.

## Hvordan flyr det?

Flere forskjellige strategier eksisterer, men hovedelementet er at man modulerer flaksesyklusen for å oppnå de kreftene og momentene som man trenger for å bevege seg dit man ønsker. La vinkelen vingen utgjør relativt kroppen være styrt av en sinus funksjon. En sykklus kan da deles inn i to deler; nedslag og oppslag. Hvis man for eksempel ønsker å bevege seg oppover, må kraften i nedslagsdelen være større enn oppslagsdelen. Man ser i figuren at hvis man ikke modulerer flaksingen, vil integralet være null, noe som ikke vil gi noe bidrag opp eller ned og tyngdekraften vil da sørge for at flyet faller ned. Ved å dele sykklusen inn i to deler som er gjort i (Doman et al., 2010), ser man at integralet i nedslagsdelen er større enn i oppslagsdelen og man får et positiv løft som hjelper flyet oppover.

## Styring av vinger

Ettersom vingene er uavhengige av hverandre kan man endre flaksefrekvensen på hver av dem, noe som gjør det mulig å rulle mikroflyet for å oppnå en bevegelse sidelengs.

For å kunne bevege seg fremover, er det mulig å benytte en indre aktuator som flytter tyngdepunktet i flyet slik at pitch vinkelen endres og man får en bevegelse fremover. Men ettersom massen er veldig begrenset, er en indre aktuator uønsket, og man kan i stedet benytte avansert modulering av vingene. I stedet for å la hvert vingeslag gå til lik amplitude, kan man stoppe vingeslaget ved en annen vinkel. Dette fører til at trykksenteret på vingen flyttes, noe som gir et pitch-moment som gjør det mulig å bevege flyet fremover, en metode som er presentert i (Oppenheimer et al., 2011).

## Anvendelser

Et flaksende mikrofly dekker det teknologiske rommet mellom helikoptre og vanlige fly og har mange anvendelser. Det kan benyttes blant annet til å kartlegge områder, militær overvåking og å utføre atmosfæriske målinger. Mens roterende aktuatorer som benyttes på helikoptre har mye støy, er flaksende vinger relativt stille noe som gjør det veldig attraktivt for militære

formål hvor man kan sende ett eller flere mikrofly for å lokalisere fiender uten å bli oppdaget. Det har også mulighet til å stoppe opp i luften, noe som et vanlig fly ikke kan gjøre, som dermed gjør det anvendbart til å bevege seg innendørs.

## Autonom styring

Hvis man skal fjernstyre et mikrofly, vil det føre til at mye av effekten forsvinner på kommunikasjon som reduserer hvor lenge flyet kan være i luften. Derfor må mikrofly designes som autonome enheter, som vil si at de må klare å gjennomføre et oppdrag helt uten menneskelig innblanding. Dette resulterer i et vanskelig reguleringsproblem hvor man i første omgang må sørge for at flyet klarer å fly dit man ønsker. Videre må flyet unngå å kolliderer med vegger og andre hindre mens den gjennomfører oppdraget sitt.

## Formasjoner av flaksende mikrofly

Mikrofly kan anvendes til å finne savnede personer etter for eksempel jordskjelv hvor de kan bevege seg gjennom sprekker for å lokalisere overlevende. Hvis man kun skal benytte ett enkelt flaksende mikrofly, så vil det ta veldig lang tid å kartlegge et område, noe som kan få fatale konsekvenser for de som trenger hjelp. Av den grunn kan man utvide det autonome mikroflyet til en formasjon av ubemannede fly som klarer å samarbeide med å kartlegge et område raskest mulig. Dette fører til at i tillegg til at flyene må unngå å kolliderer med vegger og bygninger, så må de også unngå å kolliderer med hverandre. Det vil si at de er nødt til å detektere hvor de andre flyene og hindrene er, og styre unna slik at kollisjoner unngås. Dette gjør styringsproblemet mer utfordrende ettersom det er vanskeligere å unngå kollisjon med noe som beveger seg fremfor noe som står stille.

## Sensorer

For å kunne løse oppgaver som autonom styring, formasjonsflyging, kollisjonsdeteksjon og unn-

Merdeveien 8, 3676 Notodden Postboks 203, 3672 Notodden Tlf: 35 02 96 00 Fax: 35 02 96 01 salg@noppro.no

Kabelproduksjon  
El. mek. systemer  
Design og utvikling  
Rotasjonsstøping  
ISO 9001 - 2008  
ISO 14001 - 2004



Design: Brandingbox.no

# Industry Oil & Gas Defence Transport

www.noppro.no

der å benytte to kameraser for å bestemme orientering og posisjon. Eksempelvis er dette noe som benyttes på «the Golden Snitch», et mikrofly som veier 8g med et vingespenn på 20cm som har blitt laget på Tamkang universitetet i Taiwan. Ved å benytte to kameraser klarer man å måle avstanden, noe som gjør det mulig å benytte den synsbaserte styringen til å unngå kollisjoner med veggene og andre mikrofly. Hvis kameraene opererer i IR spekteret, vil man i tillegg kunne benytte teknologien til å oppdage overløpende etter et jordskjelv.

**Krav til teknologi**

Der er enna flere år til teknologien som trengs for å lage autonome mikrofly på størrelse med insekter er på plass. Det største teknologiske hinderet er miniaturiserte batterier og sensorer som er små nok til bruk på mikrofly, og batteriene må levere nok energi til at flyene kan være i luften i en lengre periode. Når man utvider til en formasjon av mikrofly, så må det også eksistere en form for kommunikasjon mellom mikroflyene, slik at de autonome kan koordinere seg for å løse en gitt oppgave. Dette stiller igjen store krav til kommunikasjonssystemet som også har samme strenge krav som valg av sensorer.

**Referanser**

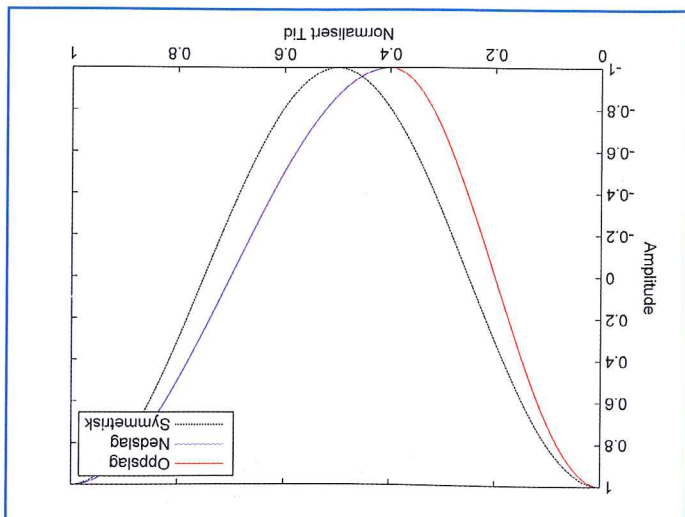
[1] R. J. Wood, *The First Takeoff of a Biologically Inspired Air-Scale Robotic Insect*, *IEEE Transactions on Robotics*, 24, No. 2, 2008.

[2] D. B. Doman, M. W. Oppenheimer, and D. O. Sigthorsson, *Wingbeat Shape Modulation for Flapping-Wing Micro-Air-Vehicle Control During Hover*, *Journal of Guidance, Control and Dynamics*, 33, No. 3:724-739, 2010.

[3] M. W. Oppenheimer, D. B. Doman, and D. O. Sigthorsson, *Dynamics and Control of a Biomimetic Vehicle Using Biased Wingbeat Forcing Functions*, *Journal of Guidance, Control and Dynamics*, 34, No. 1:204-217, 2011.

gælselse, så stilles det strenge krav til valg av sensorer. Det viktigste man må vite er posisjonen og orienteringen til mikroflyet. Det trengs også en sensor for å måle flaksetrekkevnsen på hver av vingene for å få en lukket sløyfe. Et naturlig valg av sensor for å finne posisjon og pekeringering er en IMU, noe som fungerer bra for vanlige fly. For et mikroflyforskere på med å utvikle metoder som utgangspunkt, driver man benner seg i rommet. Med man å se hvor man peker og hvor ved å benytte stereosyn klarer Inspirert av naturen vet man at Stereosyn må benyttes.

derimot, blir en IMU for stor, noe som gjør at andre teknologier må benyttes.



Modulering av flaksesyklus.