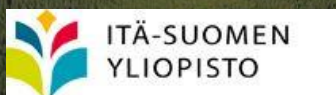


# UAV-lennokit

Kokemuksia UAV-laitteista



Alpo Hassinen  
Mekrijärven tutkimusasema  
Itä-Suomen yliopisto



This UAV-lennokit has been produced with the assistance of the European Union ( <http://europa.eu> )  
The content of this publication is the sole responsibility of author and can in no way be taken to reflect the views of the European Union.

Tämä julkaisu UAV-lennokit on tuotettu Euroopan unionin tuella. Julkaisun sisältö on täysin kirjoittajan vastuulla eikä sitä voida missään olosuhteissa pitää Euroopan unionin kannan ilmaisuna.

Tämä kirja kertoo pelkästään omista kokemuksista ja näkemyksistä, ja siinä saattaa olla virheitä.  
Vastuu siirretään lukijalle.

Vastuu lentotoiminnassa on aina lennokin lennättäjällä tai päälliköllä.

ISBN: 978-952-61-1205-3 (PDF)

Versio 1.0, päiväys 15.8.2013

Tästä kirjasta tehdään uusi painos viimeistään silloin kun uusi ilmailulaki tulee voimaan.

Ehdotuksia, korjauksia ja palautetta voit lähettää alla olevaan osoitteeseen

Alpo Hassinen  
Mekrijärven tutkimusasema  
Itä-Suomen yliopisto  
Yliopistontie 4  
82900 Ilomantsi  
Puh. 0500 181328  
[alpo.hassinen@uef.fi](mailto:alpo.hassinen@uef.fi)

Valokuvat sivuilla 1, 3, 25 ja 32 Jouni Raivio, sivuilla 39 ja 56 Itä-Lapin ammattiopisto,  
muut Alpo Hassinen

Ilmailukartta sivulla 11, Karttakeskus Oy

## Mikä on UAV

UAV (Unmanned Aerial Vehicle) on ilmassa liikkuva laite, joka osaa autopilotin avulla lentää ennakolta määrätyn reitin GPS-koordinaattien avulla. Laitteessa on myös tavanomainen radio-ohjaus, jotta vika- tai vaaratilanteessa sitä voi ohjata myös käsin. Joskus käytetään UAS-nimitystä, ja silloin tarkoitetaan koko järjestelmää maa-asemineen ja videojärjestelmineen. Tässä kirjassa puhutaan lennokeista, melkein aina sillä tarkoitetaan sekä lennokkeja että helikoptereita, eli kiinteä- ja pyöriväsiipisiä.



### UAV lyhyesti:

- Maksimilentokorkeus on 150m ja lennokin pitää olla koko ajan näkyvässä (säännöt ovat jopa kiristymässä lähiaikoina)
- Lähtöpaikan löytäminen kuvauskohteen läheltä voi olla hankalaa.
- Maksimipaino on 20kg
- Lennokissa pitää olla myös radiokauko-ohjaus, jotta lennokka voi väistää muita ilmailijoita
- Lennokeilla otetut kuvat ovat tarkempia kuin tavanomaiset ilmakuvat
- Ovat lennolla melko luotettavia, tosin taajamien päälle ei kannata mennä lennättämään
- Silti lennokin korjaamista riittää, jo 20 ensimmäisen lähdön tai laskun aikana taatusti rysähtää!
- Kuvauksia ei voi tehdä yli 5 m/s tuulella, sateella tai kovalla pakkasella, lentopäiviä tulee vähän
- Ammattilaisten kannattaa ostaa valmis testattu järjestelmä, hinta 7 000 – 60 000 euroa, lisäksi tulevat huolto- ja korjauskulut
- Ei sovi heikkohermoisille: hikikarpalot ovat otsalla kun jopa 60 000 euron arvoinen kone on ilmassa
- Harrastajat voivat ostaa opensource-autopilotin, hinta 200 – 300 euroa, lisäksi lennokka, radio-ohjain, akut, akkulaturit jne, jolloin kokonaishinnaksi tulee 600 – 2000 euroa, mutta tällainen vaatii paljon rakentelua ja virittämistä
- Ensimmäiseksi kannattaa hankkia lennokkisimulaattori, jolla voi opetella radio-ohjausta
- Hyviä oppaita radiolennokeista on sivulla <http://www.kuopionlennokkikerho.net/opas.php>
- Tämän kirjan linkkilista on sivulla <http://mekri.uef.fi/uav/uavlinkit.htm>

## UAV-lennokin hyvät ja huonot puolet

UAV-lennokki ja –helikopteri soveltuu maisemakuvaukseen ja pienten alueiden tarkkaan kuvaukseen, sekä videokuvaukseen matalalta ilmasta. Kuvaus on helppo ja nopea tehdä haluttuna aikana sopivassa säässä ja esimerkiksi auringon paistaessa oikeassa kulmassa. Lennokki tai helikopteri kulkee henkilöauton peräkontissa, ja siten se on helppo viedä kohteen lähelle sopivaan lähtöpaikkaan.

Ilmailusäännöt rajoittavat hyvin paljon lennokin tai helikopterin käyttöä. Lennokilla voi lentää valvomattomassa ilmatilassa ilman erillistä lupaa. Valvotussa ilmatilassa saa lentää vain lennonjohdon luvalla, tosin sen saa yleensä puhelinsoitolla. Säännökset määräävät, että UAV-laitteen maksimilentokorkeus on 150 metriä ja laitteen pitää olla aina näköpiirissä. Uuden ilmailulainsäädännön myötä säännökset ovat jopa kiristymässä, eli maksimilentokorkeus olisi 120 metriä ja koneen maksimietäisyys 500 metriä. Tämä sääntö käytännössä estää esimerkiksi metsien ilmakuvaukset ja sähkölinjojen tarkastukset. Säännöistä on joitakin kiertoiteitä, niistä lisää myöhemmin.

## UAV-, ilma- ja satelliittikuvat

Satelliittikuvat soveltuvat kartoituksiin. Käytännössä tuoreiden satelliittikuvien ostaminen on hankalaa: kuvausfirmoilla on isoja tilauksia ympäri maailmaa, eikä heitä juurikaan kiinnosta pienen läntin kuvaus josain syrjäisessä Suomessa. Satelliittien radat ja pilvisyys aiheuttavat omat rajoituksensa, silloin kun satelliitti on päällä, niin voi olla pilvistä. Satelliittikuvien tarkkuus on luokkaa 20 – 50 cm/pikseli.



*Kuvassa on Mekrijärven tutkimusasema Googlen satelliittikuvassa (Lähde: <http://maps.google.com>)*

Lentokoneesta otetut ilmakuvat ovat huomattavasti tarkempia. Suomessa on saatavana kaikkialta korkeintaan muutaman vuoden vanhoja ilmakuvia. Helpoimmin kuvat löytyvät esim Paikkatietoikkunasta tai Kansalaisen karttapaikalta. Omia kuvauksiakin voi tilata, mutta niiden hinta on tuhansia tai kymmeniä tuhansia euroja, ja kuvausaika riippuu keleistä ja muista tilauksista. Ilmakuvien tarkkuus on noin 10 cm/pikseli.



*Kuvassa on Mekrijärven tutkimusasema Paikkatietoikkunassa (Lähde: <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/kartta>)*

UAV-lennokilla kuvattujen ilmakuvien tarkkuus on 1 – 4 cm/pikseli, ja niinpä ne soveltuvat parhaiten tutkimuksiin ja mittauksiin. Kartoituksiin riittäisi huomattavasti vähempikin tarkkuus. Isot alueet joudutaan koostamaan hyvin monesta pienestä kuvasta, ja joskus tämä on hyvinkin työlästä ja hankalaa.



*Tämä huomattavasti pienennetty kuva on otettu 109 metrin korkeudelta. Kuvassa näkyy mm piha- maalla käveleviä ihmisiä. (Mekrijärven tutkimus- asema)*

# UAV-laitteiden käyttötarkoituksia

## Maisemakuvat

Perinteinen talojen ja maisemien ilmakekuus lienee yksi helpoimmista tavoista aloittaa. Rakennuksista otetut valokuvat tulevat melkein yhtä hyviksi kuin kalliista oikeasta lentokoneesta tai helikopterista hyvin kalliilla kameralla otetut kuvat. Lennokilla tai pikkukopterilla voi lentää matalalla halutussa kohdassa ja ottaa sitten kuvia riittävä määrä. Lennokilla voi myös lentää kohteen ympärillä eri etäisyyksillä ja ottaa kuvia koko ajan, jo on ihme jos joku niistä ei ole hyvä.

Kiertävät ilmakekuaajat myyvät omakotitalosta otettuja kuvia noin 300 – 500 eurolla, tehtaan tai esimerkiksi kaivoksen kuvista kysytään jopa 1000 euroa. Lennokilla tai helikopterilla kuvaus tulee huomattavasti halvemmaksi, etenkin kun kuvia voi ottaa pelkästään tilauksen perusteella, ja siten hukkakuvauksia ei tule.

Maisemakuvia voi laittaa myyntiin myös valokuvatoimistojen sivuille (esim vastavalo.fi). Sinne kannattaa laittaa vain hyvät ja onnistuneet kuvat, ja kuvien tageihin eli tunnisteisiin kannattaa kiinnittää huomiota, jotta käyttäjät löytävät ne. Nyrkkisääntönä voitaneen sanoa, että jos kuvatoimistoon laittaa 100 hyvää kuvaa, niin vuodessa tienaa noin satasen, ja jos 500 kuvaa, niin 500 euroa.



*12 Megapikselin kuvan voi suurentaa jopa 50 x 70 cm kokoon, ja sellaisen valmistus valokuvafirmoissa maksaa vain pari kymppiä. Kehykset maksavatkin sitten enemmän.*

## Luonnonvarat

Lennokeja on käytetty menestyksellä mm peltojen tarkastuksiin. Ilmakuviissa näkyvät selvästi esimerkiksi lannoitusta kaipaavat kohdat. Maailmalla lennokeja on käytetty tautien etsintään: infrapunakuviissa jotkut kasvitautit näkyvät selvästi jo viikkoja ennen kuin tauti näkyisi muuten.

Lennokkien tarkoista ilmakuviista on myös tutkittu ikimetsien tyypillisiä piirteitä. Kun ne on saatu selville, niin vastaavia piirteitä voi hakea myös ilma- ja satelliittikuvista. Lennokeilla on myös laskettu pesivien lintujen määriä. 140 metrin korkeudella lentävä lennokki ei hetkauta lintuja, ja ne pysyvät maassa, ja siten lintujen ja pesien määrän voi laskea valokuvista.



*Ilmakuva Ilomantsin Kesonsuolta 140 metrin korkeudelta. Kuvan keskiosassa on kolme harmaalokkia.*

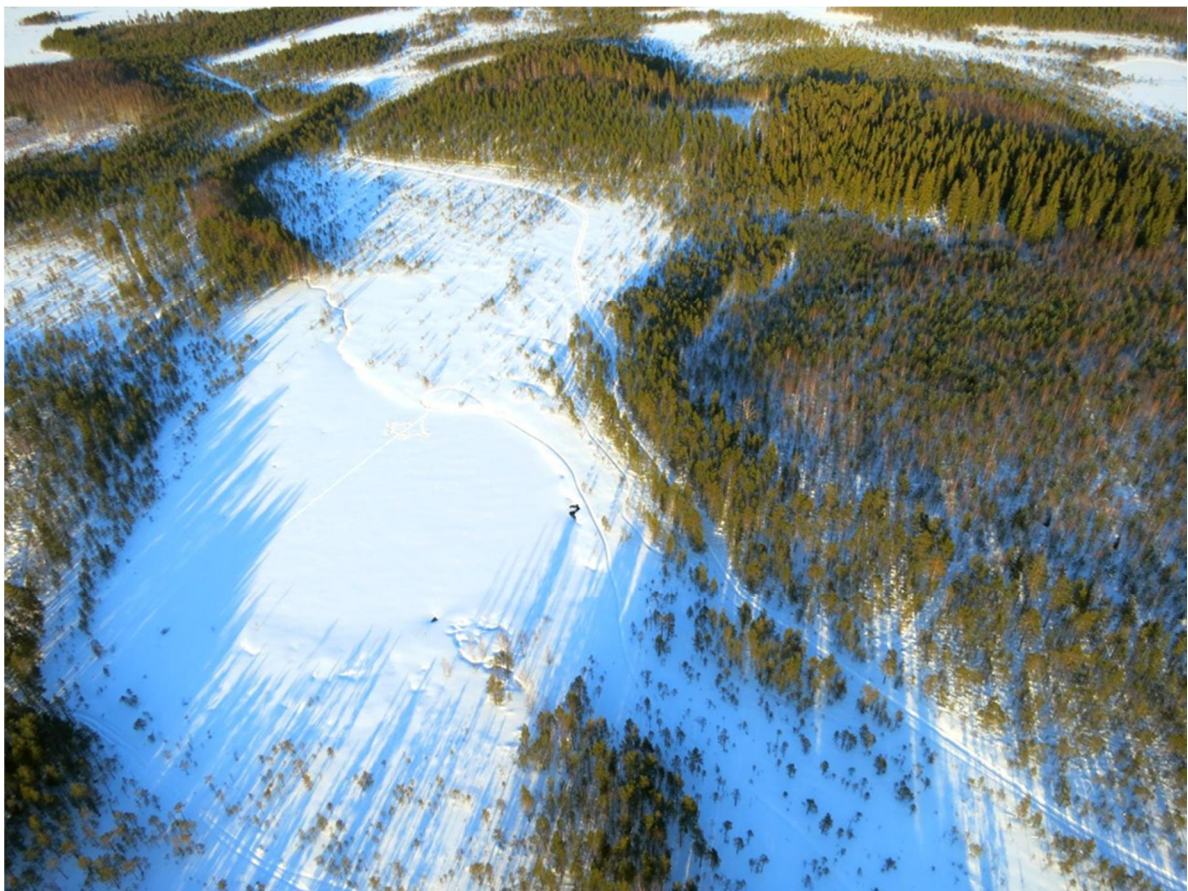
## Valvonta, tarkastus ja etsintä

UAV-lennokkia voi käyttää myös etsinnässä. Ongelmana tässä on luvallisen alueen pieni koko, eli etsintää voi tehdä vain lähtöpaikan lähellä. Lennokki voi lähettää ilmasta reaaliaikaista ilmakuvaa, mutta kuvan laatu ei ole kummoinen, ja esimerkiksi paikallaan olevan ihmisen löytäminen isosta metsästä on liki mahdotonta. Toinen vaihtoehto on ottaa valokuvia, ja sitten jälkikäteen etsiä tarkoista valokuvista kohdetta. Soveltuvien etsintämaasto UAV-laitteelle on matalahko taimikko tai korkea heinä kasvava pelto. Näiden tarkistusmiestyönä vaatisi etsijöiden kulkemista muutaman metrin välein läpi koko alueen, ja olisi erittäin hidasta ja työlästä. UAV voisi tarkistaa samat alueet muutamassa minuutissa.

Australiassa tutkitaan mahdollisuuksia etsiä henkilö aavikolta, ja sitten jopa vesipullon pudottamista hänelle. Lapissa on tutkittu kuolleiden porojen etsimistä helikopterilla: Poroilla on panta, ja jos poro ei liiku muutama tuntiin, niin se alkaa lähettää paikannussignaalia. Alavilta paikoilta signaali ei välttämättä kuulu kauas, mutta esimerkiksi kerran viikossa lennätettävä helikopteri voi vastaanottaa signaalit.

Sähkölinjojen tarkastus onnistuu myös lennokilla. Ongelmana tässäkin on se vaatimus lennokin näkymisestä lähtöpaikalle. Mutta yleensä tarkastukset ovat tiedossa hyvissä ajoissa, ja siten alueen ilmatila voidaan sulkea muulta liikenteeltä. Silloin nämä rajoitukset eivät ole voimassa, ja tarkastuksia voi tehdä ihan koneen toimintasäteen sallimissa rajoissa, siis jopa yli 50 km yhdellä lennolla.

Jos etsintää tehdään poliisi- tai pelastusviranomaisten pyynnöstä, niin heitä voi pyytää sulkemaan ilmatila muulta liikenteeltä. Tämä voi onnistua jopa alle tunnissa, ja sen jälkeen etsintää voi tehdä myös korkeammalta, ja tarvittaessa lennokki voi lentää myös näkösäteen ulkopuolelle.



*Valokuvassa on punapukuinen henkilö, etsi hänet. Kuva on otettu 150 metrin korkeudelta varjoliitimestä*



## Mittaukset ja kartoitus

Lennokeja ja helikoptereita on käytetty esimerkiksi hakekasojen tilavuuksien laskentaan, tai avolouhosten ja hiekkamonttujen mittaamiseen. Lennokilla lennetään alueen päällä useita vierekkäisiä linjoja, ja kuvien perusteella erikoisohjelmat osaavat laskea kohteesta kolmiulotteisen mallin. Siitä sitten voidaan edelleen laskea pinta-aloja ja tilavuuksia. Tulos saadaan nopeammin ja halvemmalla kuin perinteisillä mittausmenetelmillä.

Varsinaiseen isojen alueiden kartoitukseen lennokka ei oikein sovellu, sillä ilmaussäännot edellyttävät koneen olevan koko ajan näkyvässä, ja maksimikorkeus on 150 metriä. Yhdestä lähtöpaikasta saa kuvattua vain 20 – 100 hehtaaria.



*Tämä kuva on koostettu noin 120 lennokilla otetusta valokuvasta Pix4D-palvelussa. Lentokorkeus oli 146 m.*

## Harrastukset ja elokuvat

Etenkin helikoptereita käytetään paljon laskettelijoiden, skeittailijoiden, pyöräilijöiden jne. suoritusten kuvaamiseen. Tällä tavoin saa erittäin näyttäviä videoita, niitä on Youtubessa yms läjäpäin.



## Ilmailusäännöt

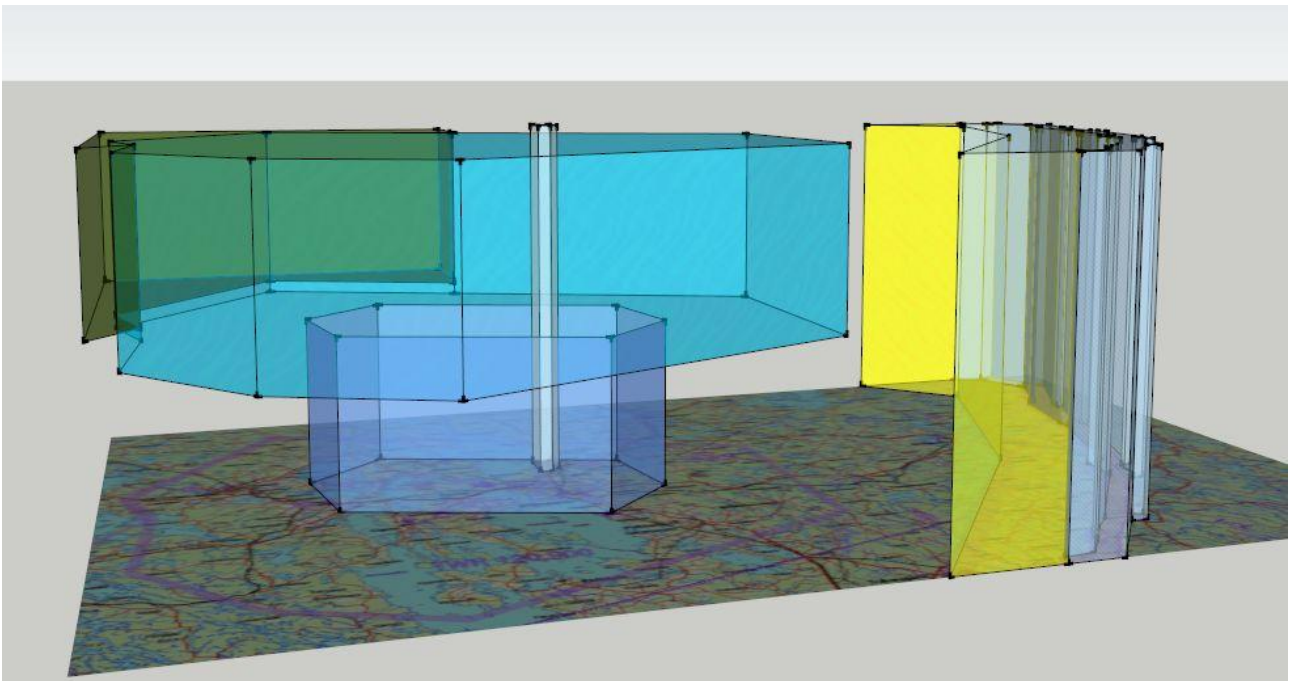
UAV-lennokilla on ihan yhtä suuri oikeus lentää kuin muillakin ilmailijoilla. Sillä saa nykyisten sääntöjen mukaan lentää maksimissaan 150 metrin korkeudella ja koneen pitää olla aina näkyvissä. Valvotussa ilmatilassa on lisäksi noudatettava lennonjohdon määräyksiä.

## Ilmatila, muu lentoliikenne ja rajoitukset

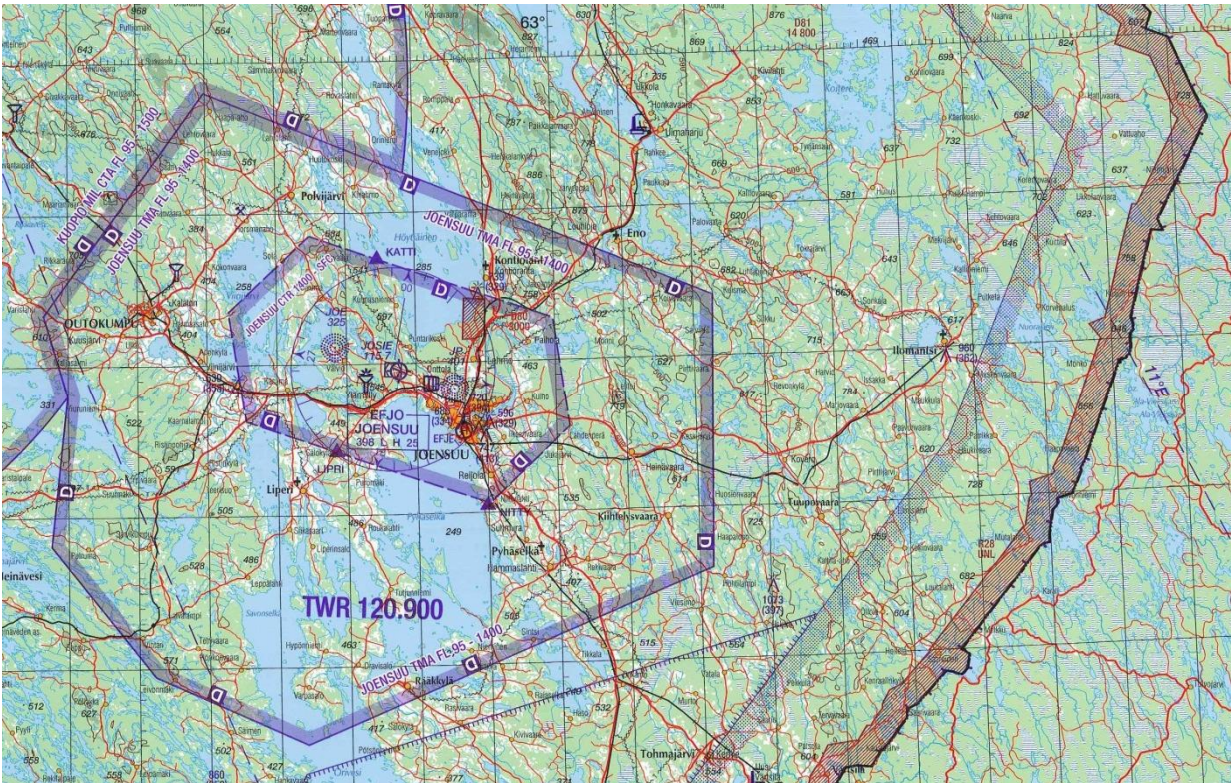
”Oikeiden” lentokoneiden minimilentokorkeus on taajamien päällä 300 metriä ja muualla 150 metriä maan pinnasta. Tätä alempanakin voi olla varjoliitimiä, ilmapalloja, helikoptereita tai lentoon lähteviä tai laskeutuvia vesi- ja ultrakevytlentokoneita.

Pääosassa Suomea ilmatila on valvomatonta, eli siellä voi lentää ilman erityisiä lupia tai ilmoituksia.

Lentokenttien ympärillä, valtakunnan rajojen läheisyydessä, ja muutamissa muissa paikoissa on valvottua tai rajoitettua ilmatilaa, ja sinne pääsee lentämään vain lennonjohdon luvalla. Lentokentästä riippuen luvan saanti yleensä onnistuu, ja puhelinsoitto riittää. Tietenkään Helsinki-Vantaan lähistölle ei kannata mennä edes yrittämään.



*Oheisen ilmailukartan alue viistokuvana, korkeussuhteita on liioiteltu. Lentokentän ympärillä on tumman sininen maasta alkava CTR-lähialue. Ylempänä 1400 jalan eli noin 420 metriä meren pinnan yläpuolelta ylöspäin on vaalean sininen TMA-lähestymisalue. Taustalla näkyy vihreää sotilaslennonjohtoaluetta. Valtakunnan rajan lähellä on keltainen ADIZ-vyöhyke, ja ihan rajan vieressä vaalea rajoitusvyöhyke, jossa saa lentää vain kirjallisella luvalla. Kuten näkyy, niin valvomatonta ilmatilaa on sittenkin aika paljon.*



Ilmailukartan korkeudet ilmoitetaan jalkoina (ft) ja yksi jalka on noin 0,3 metriä. Muutama ilmailukartassa oleva termi:

- CTR, lentokentän lähialue, ulottuu maan pinnasta 300 – 500 metrin korkeuteen
- TMA lähestymisalue lentokentän ympärillä, alaraja on 300 – 500 metriä, yläraja yleensä 2900m
- TWR (Tower) lähilennonjohto, kartassa myös lentokentän tornin radiotaajuus
- FIZ lennontiedotusalue, täällä lennettäessä pitää olla ilmailuradio
- MIL CTA sotilaslennonjohtoalue
- P (Protected) kielletty alue, lentäminen ilman erityislupaa kielletty
- R (Restricted) rajoitusalue, lentäminen ilman erityislupaa kielletty
- D (Danger) vaara-alue, lentäminen kielletty alueen ollessa aktiivisena
- MSL (Mean Sea Level) korkeus merenpinnasta jalkoina
- SFC (Surface) tai GND (Ground) maanpinta
- FL95, (Flight Level xxx), korkeus meren pinnasta satoina jalkoina, eli tässä 9500 ft eli noin 2900m
- Ilmatilaluokkia on useampia, ja niiden tunnuksia ovat C, D, G+ ja G
- Ilmailuradio täytyy olla käytössä luokissa C, D ja G+
- Ilmailukartan karttamerkit: [https://ais.fi/ais/aica/A/A2010/EF\\_CIRC\\_2010\\_A\\_005\\_EN.pdf](https://ais.fi/ais/aica/A/A2010/EF_CIRC_2010_A_005_EN.pdf)

Yleensä lentokenttien lähellä on CTR-alue, se alkaa maanpinnasta, ja loppuu 300 – 500 metrin korkeudessa. Tällä alueella voi lentää myös UAV-lennokeilla, mutta ensin täytyy tehdä lentosuunnitelma, ja lennonjohdon ohjeita on noudatettava. Maksimilentokorkeus on joka tapauksessa 150 metriä.

CTR-alueen yläpuolella on isompi lähestymisalue TMA, joka on myös valvottua ilmatilaa. Se jatkuu lentopinnalle FL95 asti (Flight Level 95, eli 9500 jalkaa eli 2900 metriä merenpinnan yläpuolella.) Sen alapuolella on paljon myös valvomatonta ilmatilaa, jossa saa yleensä lennellä ilman ilmoituksia ja lupia. Tosin käytännössä kannattaa soittaa lennonjohtoon, jotta he osaavat varoittaa muita lentäjiä.

Lentopaikkojen kartat, puhelinnumerot ja muut tiedot löytyvät AIS-sivustolta <https://ais.fi/ais/eaip/fi/index.htm> ja tuolla kohta AD. Kentän aukioloajat ovat bulletiinissa <https://ais.fi/ais/bulletins/efinen.htm> , ajat ovat UTC-aikaa, joka on kesällä 3 tuntia ja talvella 2 tuntia jäljessä Suomen aikaa. Kuten näkyy, niin tiedot on laitettu kansainvälisten direktiivien mukaan, ja selvydestä niitä ei voi ainakaan kehua! Puhelinsoitto lennonjohtoon selvittää kummasti asioita.

Indeksikartat ovat kohdassa ENR6. Maastokäyttöön on melkein välttämätön ajantasainen ilmailukartta. Tällainen kansalaisten oikeuksia paljon rajoittava kartta pitäisi olla saatavissa maksutta Internetissä! Paperikartan voi ostaa Karttakeskuksesta. iPadiin ja Android tabletteihin on saatavana muutamalla kymppillä Air Navigation Pro –ohjelma, ja lisämaksusta siihen saa asennettua myös Suomen ilmailukartat. Etuna näissä laitteissa on se, että GPS:n avulla ne tietävät oman sijainnin tismalleen.

Lentosuunnitelma voi sanana kuulostaa monimutkaiselta, mutta käytännössä se tehdään soittamalla lähimpään lennonjohtoon, tässä esimerkissä Joensuun lennonjohtoon: *”Haluaisin lentää miehittämättömällä lennokilla Joensuussa, Marjalan ja Pyhäselän välisellä alueella. Lentokorkeus on 120 metriä ja lentoaika noin yksi tunti. Toiminta alkaisi tunnin kuluttua. Onnistuuko?”* Tarvittaessa lennonjohto kyselee sitten tarkempaa sijaintia. Ainakin oudommilla paikoilla lennettäessä olisi hyvä olla ilmailukartta käsillä, jotta molemmilla on samanlainen kartta ja samat paikannimet näkyvissä.

Jos torni on kiinni, niin ilmailuradiolla kannattaa ilmoitella muille lentäjille aikomuksistaan. Esimerkiksi: *”Joensuun liikenne. Miehittämätön lennokka on lentämässä Ylämyllyn ja Pyhäselän välisellä rantakaistalla. Lentokorkeus on 120 metriä ja toiminta aika yksi tunti.”*

FIZ-alueella ei ole varsinaista lennonjohtopalvelua, mutta AFIS-lentotiedotuspalvelu vastaanottaa lentäjiltä tietoa ja välittää sen muille lentäjille. Ilmatilaluokka on G+, joten ilmailuradiota on käytettävä.

Pysyvät kielto- ja rajoitusalueet näkyvät ilmailukartassa. Ydinvoimaloiden ympärillä on kieltoalueet (merkitty tunnuksella **P**, eli Prohibited). Sotilasalueiden ympärillä voi olla rajoitusalueita (merkitty tunnuksella **R** eli Restricted) Näilläkin voi lentää, mutta se vaatii kirjallisen luvan Trafilta, lupa on haettava vähintään 7 vuorokautta ennen lentoa, ja se maksaa 600 euroa. Myös näiden alueiden valokuvaus ilmasta on kielletty, siis vaikka ei lentäisi itse alueelle. Lupa valokuvaukseen tulee hakea erikseen Puolustusvoimien Pääesikunnasta tai itärajalta olevan 3 km leveään EF R28 alueen osalta Rajavartiolaitoksen Esikunnasta.

Vaara-alueet (merkitty tunnuksella **D** eli Danger) ovat sellaisia, että niissä on ajoittain esimerkiksi kova-panosammuntoja, muina aikoina siellä voi lentää. Alueen käytöstä ilmoitetaan sivulla <https://ais.fi/ais/aipsup/AipSup.htm> Tällä AIS-sivulla näkyvät kyseisenä päivinä aktiiviset tilapäiset vaara-alueet, sivu kannattaa siis tarkistaa aina ennen lentopäivää: <https://ais.fi/ais/bulletins/wrng1map.pdf>

Valtakunnan rajoilla on noin 15 km leveä ADIZ-tunnistusvyöhyke. Siellä lentämiseen vaaditaan lentosuunnitelma, sen voi tehdä puhelimitse soittamalla aluelennonjohtoon vähintään tuntia aikaisemmin. Yleensä ilmailuradiota ei ole vaadittu.

Sotilaslennonjohtoalueet (MIL CTA) ovat valvottua ilmatilaa. Alueiden alla on yleensä valvomatonta, ja siellä voi lentää ilman lupaa. Tosin alueen lento- paikkojen ympärillä voi olla suojailmatilaa, joten taaskin kannattanee ilmoittaa, jotta Hornet ei hurauta lennokin vierestä ja puhalla sitä pöpelikköön.

Purjelento- ja laskuvarjohyppyalueet ovat etukäteen määritellyjä paikkoja, joissa voi vähällä byrokratialla harjoittaa kyseistä toimintaa. Ne eivät varsinaisesti rajoita muuta ilmailutoimintaa, mutta alueiden ollessa aktiivisia siellä voi olla lentokoneita ja hyppääjiä. Ilmailuradion käyttö on oikeastaan välttämätöntä, sillä alue voi tulla aktiiviseksi keskellä päivää.



Lentopinnan FL95 yläpuolelle eli yli 2900 metrin korkeudelle saa koko maassa mennä vain aluelennonjohdon luvalla, ja siellä lennettäessä koneessa pitää olla transponderi (yli kilon painoinen laite joka lähettää lennonvalvontaan koneen tunnuksen, sijainnin ja korkeuden), joten UAV-lentäminen tulee vain harvoin kyseeseen.

Mikäli ilmatilan käytöstä on vähänkin epäselvää, niin kannattaa soittaa lähimmän lentokentän lennonjohdon. He ovat siellä sitä varten ja osaavat neuvoa. Aina soitettaessa olen saanut ystävällistä ja asiallista palvelua, ja tarvittaessa he ovat osanneet ohjata ottamaan yhteyttä oikeaan paikkaan. Kertaakaan ei ole jäänyt lentämättä luvan epäämisen vuoksi.

Trafilta voi myös kysellä, tosin yksinkertaisimpaankin kysymykseen saa vastauksen vasta 2 – 4 viikon jälkeen!

Hyvä opas ilmatilasta on osoitteessa [https://ais.fi/ais/vfr/gen\\_fi/ilmatilan\\_jako.html](https://ais.fi/ais/vfr/gen_fi/ilmatilan_jako.html)

Tuntuiko ilmatilan selostus sekavalta? Sitä se onkin! Trafi ja Finavia vain tuijottavat kansainvälisiä standardeja, ja unohtavat, että ne eivät estä asioiden ja tietojen esittämistä myös selväkielisenä. Ensimmäinen aste olisi ilmailukartan laittaminen julkiseksi ja ilmaiseksi nettiin. Näin kaikilla olisi aina ajan tasalla oleva kartta saatavissa lentojen suunnittelua varten.

### ***Pitkät ja korkeat lennot***

Jos haluaa lentää näköetäisyyden ulkopuolelle, tai lentää yli 150 metrin korkeudella, niin ilmatilan voi varata tätä tarkoitusta varten. Anomus tehdään Trafille 10 viikkoa etukäteen, ja varaus maksaa 600 euroa. Kun luvan on saanut, niin sitten voi lentää kahden viikon aikana tuolla alueella. Alueella lentämisestä on kuitenkin ilmoitettava 2 tuntia ennen lennonjohtoon. Muut ilmailijat näkevät sitten tämän alueen varatuksi joko lentokentällä tai Internetissä sivulla <https://ais.fi/ais/aipsup/AipSup.htm>

Jos etsintää tai muuta tarkkailua tehdään poliisin tai pelastusviranomaisten pyynnöstä, niin he voivat sulkea ilmatilan muulta liikenteeltä, ja silloin näitä rajoituksia ei ole. Tosin silloinkin lennot on tehtävä mahdollisimman turvallisesti. Ilmatilan sulkeminen voi onnistua jopa alle tunnissa.

Harrastajat järjestävät joskus UAV- ja FPV-tapahtumia, ja he varaavat oman ilmatilan tapahtuman ajaksi. Näistä saa tietoa lennokkiharrastajien keskustelupalstoilta.

## Ilmailuradio

Ilmailuradio on tarkoitettu pelkästään ilmailijoiden käyttöön. Sen käyttö edellyttää kurssin käymistä ja radiolle tarvitaan radiolupa. Kurssseja järjestävät lentokerhot, lentokoulut, varjoliitokouluttajat jne. Kurssin hinta on 150 euron luokkaa, ja radiolupa maksaa 20 euroa vuodessa.

Myös lennokkitoiminnassa sen avulla voi ilmoitella lennoista muille ilmailijoille. Tässä esimerkissä valvomattoman lentokentän lähellä vain kerrotaan lähellä lentäville, että ilmassa on muitakin: *"Kiteen liikenne. Miehittämätön lennokka on lentämässä Tolosenmäen län-sipuolella. Lentokorkeus on 120 metriä, ja toiminta-aika 40 minuut-tia."*

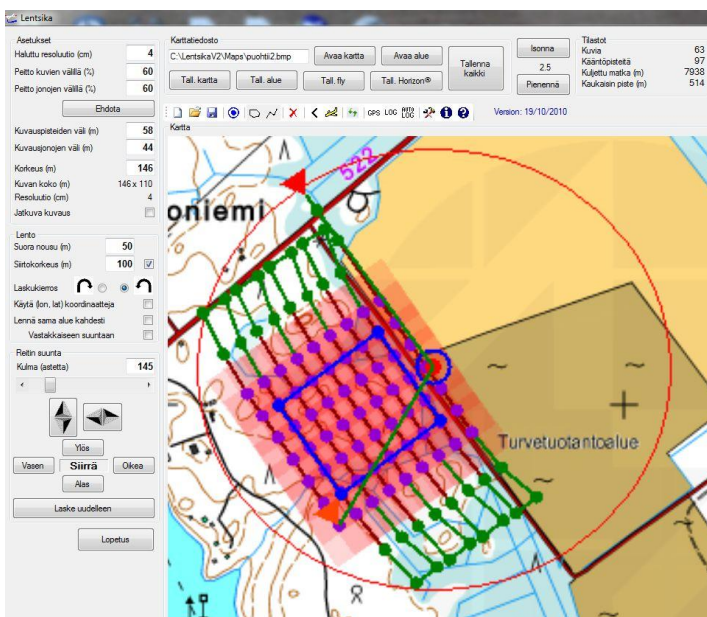


Ilmailun radioliikennettä voi kuunnella myös skannerilla. Sen avulla voi pysyä kärryillä, että mitä ilmatilassa tapahtuu, ja samalla oppii radiokäytäntöjä. Skannerin käyttöön ei tarvita lupaa.

## Uudet säännöt

Ilmailulaki on uudistumassa. Uuden lain perusteluissa esitetään, että *"miehittämätöntä ilma-alusta voidaan käyttää, kunhan alus on koko ajan lennättäjän tai lennättäjään suorassa yhteydessä olevan tarkkailijan näköpiirissä korkeintaan 500 metrin etäisyydellä ja korkeintaan 120 metrin korkeudessa."*

Nyt siis lentokorkeus alentuisi, ja tämä sääntö kyllä estäisi melkein kokonaan kartoituskuvaukset. Matalalta otettujen kuvien yhdistäminen mosaiikiksi olisi liki mahdotonta, sillä puut näyttäisivät niin erilaisilta eri kulmista. Myös tuo etäisyys 500 metriä on naurettavan vähän, optimiolosuhteissa yhdellä lennolla yhdestä paikasta saisi kuvattua 9 hehtaaria. Yleensä kuvauskohteet ovat 50 – 100 hehtaarin luokkaa, joten lähtöpaikkojen hakemista riittää. Toisaalta tuo "tarkkailija" on uutta, sillä nyt maastoon voisi mennä joku henkilö, joka pitäisi silmällä ilmatilaa ja ilmoittelisi sitten koko ajan auki olevalla radiolla tai puhelimella mahdollisista muista lentäjistä. Isolla alueella hänen pitäisi siirtyä lennokin lentolinjojen mukaan tai sitten pitäisi olla useampi tarkkailija.



*Uusien sääntöjen mukaan parhaissa mahdollisissa olosuhteissa saisi ilmakuvattua vain 9 hehtaaria metsää yhdestä paikasta.*

# Ilmakuvaus ja lainsäädäntö

Ilmavalokuvaus on Suomessa pääosin sallittua muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta.

## Kielletyt alueet

Aluevalvontalaki kieltää sotilaskohteiden valokuvauksen. Lisäksi kielletään muidenkin pysyvästi ilmailulta kiellettyjen alueiden ilmakuvaus, nämä alueet on merkitty ilmailukarttaan P tai R-tunnuksella. Siis myös esimerkiksi ydinvoimaloita ei saa ilmakuvailla ilman lupaa, ei edes alueen ulkopuolelta.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000755>

*”14 § Ilmakuvaus*

*Suomen alueella ei saa ilman lupaa kuvata lennon aikana ilma-aluksesta tai muusta ilmassa liikkuvasta laitteesta sähkömagneettisen säteilyn taltiointiin käytettävällä laitteella, ellei Suomea velvoittavasta kansainvälisestä sopimuksesta muuta johdu:*

- 1) ilmailulain 1194/2009 8 § 1 momentin (tek.korj.) nojalla ilmailulta pysyvästi rajoitettuja alueita;*
- 2) linnoitusalueita, linnakkeita tai kasarmialueita;*
- 3) sotasatamia tai sotilaslentokenttiä;*
- 4) puolustusvoimien varikoita tai varastoja;*
- 5) puolustusvoimien viestiasemia, antennikenttiä tai puolustuslaitteita tai -välineitä;*
- 6) puolustusvoimien tai rajavartiolaitoksen maastoharjoituksia.*

*Mitä 1 momentissa säädetään, ei koske kuvaamista lentoväylällä liikkuvasta ilma-aluksesta yksityiseen tarkoitukseen.*

*Luvan perusteella otetut tallenteet voidaan lupamääräysten noudattamisen valvomiseksi määrätä esitettäväksi lupaviranomaiselle.*

*2.2 Luvan ilmakuvaukseen myöntää pääesikunta. Rajoitusalueen EF R28 (Itäinen rajoitusalue) sekä siellä sijaitsevan kohteen ja toimintojen ilmakuvaukseen myöntää luvan rajavartiolaitos”*

Laissa ei siis kiellä kuvaamista esimerkiksi vankiloita.

## Kotirauha ja yksityisyyden suoja

Ihminen on kotonaan ja pihamaallaan kotirauhan piirissä, eikä häntä saa siten kuvata ilman lupaa. Kotirauha koskee myös esimerkiksi kesämökkiä, telttaa, asuntoautoa, hotellihuonetta tai asuttavaa venettä. Itse rakennuksen kuvaus on sallittua, tosin hyvin tarkkan kuvan julkaiseminen toisen talosta tai pihamaasta ilman lupaa voi olla muuten epäkorrektia. Ihmisten ja pihamaiden valokuvauksesta käytiin melkomoista keskustelua, kun Google kuvasi Street viewiä varten näkymiä maanteiltä. Google tosin sumensi kasvot ja rekisterikilvet tunnistamattomiksi, ja lupasi poistaa myös muut käyttäjien vaatimat kuvat.

Julkisilla paikoilla, eli toreilla, kaduilla, maastossa, metsissä ja muissa vastaavissa kohteissa kuvaaminen on sallittua. Tosin täälläkin kannattaa käyttää tervettä järkeä, eikä esimerkiksi julkaista kuvaa, jossa joku joutuu nolatuksi. Yleensä ihmisiä ei kannata kuvata vastoin heidän tahtoaan. Jos joku kieltää kuvaamisen tai kuvansa julkaisemisen, niin sitä kannattaa yleensä kunnioittaa.

Mitä ja missä saa kuvata: [http://www.nikkemedia.fi/ivailu/sivut\\_ex/fotopykalat.pdf](http://www.nikkemedia.fi/ivailu/sivut_ex/fotopykalat.pdf)

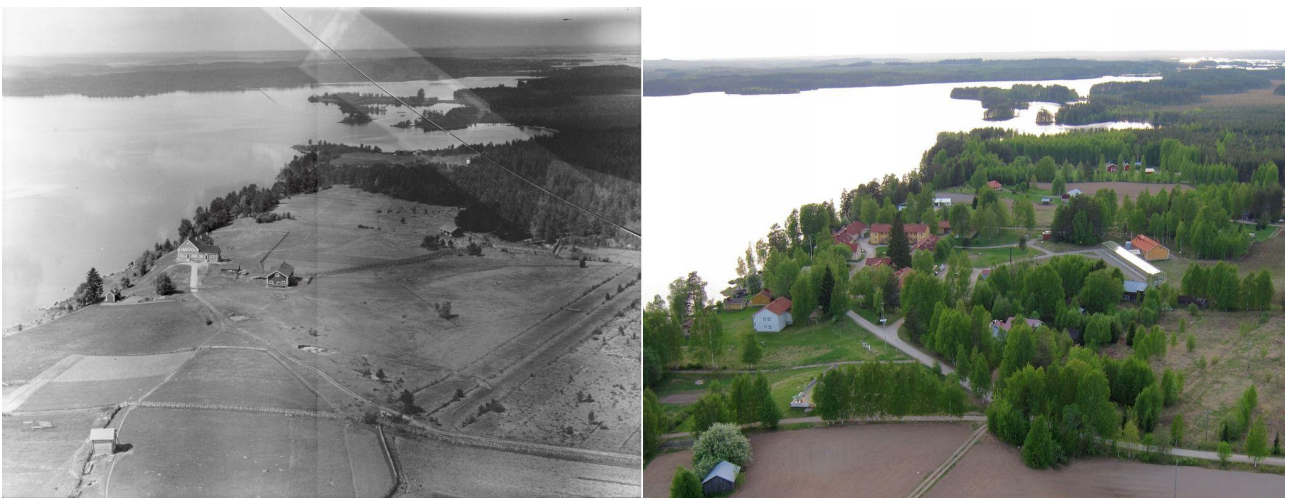
Toimittajan rikoslaki: <http://toimittajanrikoslaki.fi/kuvaaminen-ja-salakatselu/>

## Tekijänoikeus

Valokuvan ottajalla on tekijänoikeus ottamiinsa valokuviin. Tekijänoikeus on myös työssä työaikana otettuihin valokuviin, ellei ole toisin sovittu. Tietenkin työnantajalla on käyttöoikeus valokuviin, mutta siis myös lennokin lennättäjä saa oikeuden käyttää valokuvia, ellei ole toisin sovittu.

Toisen ottamia valokuvia ei saa käyttää ilman lupaa nettisivuilla, kirjoissa, mainoksissa tms. Tavanomaisen ilmakuvan julkaisuoikeus maksaa noin 70 – 90 euroa lehdissä ja kirjoissa, ja 100 – 150 euroa esitteissä ja mainoksissa. (Katso hintoja esimerkiksi vastavalo.fi:n sivuilta.)

Nykyisin ottamiemme tavanomaisten ilmakuvien tekijänoikeus on voimassa 50 vuotta kuvan valmistamisesta eli siis kuvan ottamisesta. Mikäli kuva voidaan katsoa taideteokseksi, niin sen suoja-aika on 70 vuotta tekijän kuolemasta.



*Sama kohde kahdessa kuvassa, vanha SA-kuva on otettu vuonna 1933, toinen vuonna 2010.*

Joskus käytössä on vanha valokuva, ja samasta paikasta halutaan ottaa uusi kuva vertailuksi. Suomen lain mukaan kaikki ennen vuotta 1966 otetut "ei taiteelliset" valokuvat voi julkaista ilman erillistä lupaa, tosin hyviin tapoihin kuuluu ilmoittaa valokuvaajan nimi tai lähde. Esimerkiksi Wikipediassa on paljon kuvia, joiden yhteydessä on teksti:

*"Tämä valokuva on ilman lähioikeuden suoja, koska tämän valokuvan luontivuodesta on kulunut 50 vuotta tai se on julkistettu ennen vuotta 1966. Suomen tekijänoikeuslain 49a § mukaan valokuvien lähioikeus raukeaa valokuvista, jotka eivät ole valokuvateoksia, 50 vuotta luontivuoden jälkeen. 50 vuoden suoja-aika tuli kuitenkin voimaan vasta vuoden 1991 alussa. Sitä ennen valokuvien suoja-aika oli 25 vuotta julkistamisvuodesta vuoden 1961 lain oikeudesta valokuvaan 16 § mukaisesti, joten vuoden 1991 alussa kaikki ennen vuotta 1966 julkistetut valokuvat olivat vapaita. Valokuvat, jotka olivat jo ilman valokuvien lähioikeuden suoja vuoden 1991 alussa, säilyivät vapaina, ja siten valokuvien lähioikeus on rauennut myös kaikista ennen vuotta 1966 julkistetuista valokuvista."*



Tässä vielä linkki tekijänoikeusneuvoston lausuntoon, jossa se toteaa, että tavanomainen ilmakuva ei ole valokuvateos, ja siten tuo yllä mainittu pätee myös siihen.

[http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Tekijaenoikeus/tekijaenoikeusneuvosto/tekijaenoikeusneuvoston\\_lausunnot/2008/liitteet/TN\\_2008\\_12.pdf#Muiden\\_valokuvien\\_kuin\\_valokuvateosten\\_suojasta](http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Tekijaenoikeus/tekijaenoikeusneuvosto/tekijaenoikeusneuvoston_lausunnot/2008/liitteet/TN_2008_12.pdf#Muiden_valokuvien_kuin_valokuvateosten_suojasta)

*"Tekijänoikeusneuvosto on arvioinut sille toimitettua ilmavalokuvaa. Tekijänoikeusneuvosto katsoo, että lausuntopyynnön kohteena olevaa valokuvaa ei ole pidettävä niin itsenäisenä ja omaperäisenä, että se nauttisi tekijänoikeussuojaa. Valokuva ei ilmennä sellaista valokuvaajan persoonallista luomistyötä, ettei joku toinen henkilö vastaavaan ilmakuvaustyöhön ryhtyessään olisi voinut päätyä samanlaiseen lopputulokseen."*

## UAS-järjestelmiä

Autopilotti on **kaksikäyttötuote**. Tämä tarkoittaa sitä, että laitetta voi käyttää sekä siviili- että sotilaskäytössä. Sellaisen vieminen tai tuominen EU:n ulkopuolelta saattaa vaatia luvan. Esimerkiksi kanadalaisen Micro-pilot-autopilottin ostajan tulee ensin täyttää hakemus Kanadan hallitukselle, ja kun lupa on saatu (yleensä parin viikon jälkeen), niin vasta sen jälkeen voidaan tilata laite. Jos laite menee rikki ja se pitää lähettää korjattavaksi Kanadaan, niin ensin pitää tehdä ilmoitus Suomen Ulkoasianministeriöön laitteen viennistä, ja myös anoa lupa Kanadan hallitukselta korjatun laitteen palautuksesta. Lomakkeet on helppo täyttää, sillä myyjä on yleensä esittänyt lomakkeet, joten ainoa ongelma on anomusten aiheuttama viive. Käytännössä nämä ilmoitukset ja luvat anotaan usealle laitteelle ja pitkälle ajanjaksolle, jotta vahingon sattuessa niitä ei tarvitse erikseen hakea, vaan laitteen voi lähettää heti kun palautuksesta on sovittu myyjän kanssa.

Ardupilot on suunniteltu USA:ssa. Sen myynti tehtiin aiemmin niin, että itse prosessorikortti myytiin yhdestä liikkeestä ja gyroskoopit ja kallistusmittarit yms sisältävä IMU-kortti myytiin toisesta liikkeestä. Näin osille ei tarvinnut hakea lupaa. Nykyään Ardupilot valmistetaan Meksikossa, ja siinä on kaikki anturit valmiina mukana, mutta laitteessa ei ole mitään ohjelmaa sisällä. Niinpä se on vain pelkkä elektroniikka sisältävä kortti, ja siinä on samankaltaisia osia kuin vaikkapa nykyisissä puhelimissa tai tableteissa. Vasta kun laitteeseen lataa sisään ohjelman (vie alle 5 minuuttia), niin laite on autopilotti.

Jos laite pitää lähettää EU:n ulkopuolelle huoltoon, niin valmistajalta pitää käytännössä saada RMA-numero ja ohjeet. Jos laite lähetettäisiin ilman noita, niin valmistaja joutuisi tullaamaan laitteen ja maksamaan siitä verot. Myös lähettäjän kannattaa ottaa yhteyttä tulliin, ja kertoa että laite lähetetään korjattavaksi, ja se palautuu takaisin korjauksen jälkeen. Kun laite sitten tulee takaisin, niin tullissa voi kertoa, että laite oli korjattavana, ja silloin tarvitsee maksaa verot vain korjauksen hinnasta, ei koko laitteen arvosta.

Edellä olevien syiden vuoksi kannattanee suosia EU:sta ostettuja laitteita, ja lisäksi tarkistaa, että myös laitteiden huolto ja korjaus voidaan tehdä EU:ssa. Näin vältetään monen viikon luparuljanssit juuri parhaimpaan lentoaikaan.

Laitteisiin tulee vikoja ennen pitkää. Jo laitetta hankittaessa kannattaa selvittää, että voiko ja saako laitetta itse korjata, vai pitääkö se aina lähettää valmistajalle korjattavaksi. Viime mainitussa tapauksissa tulee aina 1 - 3 viikon viive kaikkine postituksineen sun muine tiedusteluineen ja ohjeiden kyselyineen, ja yleensä korjausten hinnat ovat aika kalliita. Monissa laitteissa on määrätty huoltojakso, jonka kuluttua laite on lähetettävä valmistajalle huoltoon. Autopilotti on laitteen kallein osa, itse elektroniikan hinta on vain muutaman satasen, mutta ohjelmisto maksaa. Monilla valmistajilla on vaihtopalvelu, että rikkoutuneen tilalle saa uuden laitteen esimerkiksi puolella uuden hinnasta. Tämäkin kannattaa tiedustella ennen laitteen hankintaa.

Joillakin kaupallisilla autopiloteilla on vain esimerkiksi 3 kuukauden jakso ostamisen jälkeen, jolloin saa opastusta laitteen käytöstä ja vioista. Sen jälkeen joutuu maksamaan esimerkiksi 1000 dollarin huoltomaksua, mutta sillä saa sitten selkeää ja asiantuntevaa palvelua nopeasti.

Perinteisesti opensource-laitteiden asennus- ja käyttöohjeet ovat usein ylimalkaisia, ne ovat huonosti ajan tasalla, ohjeissa on suloisesti sekaisin eri versioiden ohjeita jne, joten ongelmien sattuessa voi olla työlästä löytää apua. Monien autopilottien ostajilla on joku foorumi, keskustelupalsta tai sähköpostilista, josta voi kysellä ja selvittää vastauksia ongelmiin. Vastauksia sitten saa tai ei. Kun tulee uusi versio ohjelmistosta, niin ennen päivitystä kannattaa odottaa hieman, jotta muut käyttäjät raportoivat mahdollisista virheistä.

## Kaupallisia UAS-järjestelmiä

Valmiiden UAS-järjestelmien hinta on 7000 – 60 000 euroa. Niillä saa valmiin ja testatun laitteiston, ja sitä pääsee heti käyttämään. Tosin ensin kannattaa käydä valmistajan järjestämä yleensä maksullinen kurssi. Se tulee halvemmaksi kuin opetella itse kantapään kautta kaikki mahdolliset virheet. Kurseilla käydään läpi tarvittavat toimenpiteet lennon suorittamiseksi ja jopa kuvien käsittelemiseksi.

Kanadalaisen Micropilotin tekemä Cropcam on maanviljelijöille tarkoitettu lennokki. Näitä lienee myyty useita satoja eri puolille maailmaa. Cropcamin hinta on 7000 euron luokkaa.

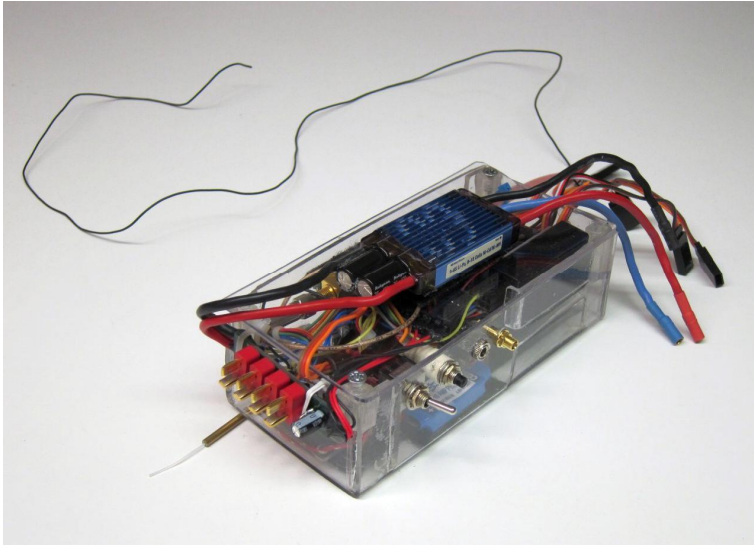
Pteryx on puolalainen laite. Siinä on mielenkiintoinen ratkaisu laittaa kamera koneen nokkaan, ja koko nokka kääntyy toimien kameravakaimena, ja laskussa kameran voi kääntää suojaan. Hinta on noin 8000 euroa.

C-Astral Bramor on slovenialainen lentävä siipi. Koko järjestelmän hintaluokka on 60 000 euroa. Laite lähetetään ilmaan katapultilla ja se laskeutuu laskuvarjolla, joten se soveltuu melko hyvin suomalaiseen maastoon.



*Ranskalainen Infotron-helikopteri painaa noin 14 kg, ja se voi nostaa 5 kg kuormaa. Laitteen hinta on noin 60 000 euroa. Laitteessa on mopon moottori. Sytytystulppa pitää vaihtaa 4 tunnin välein, ja 25 tunnin välein laite pitää lähettää Ranskaan huoltoon. Moottorin vaihtoväli on 100 tuntia. Niinpä vuotuisiksi käyttökustannuksiksi tulee jopa noin 15 000 euroa. Huoltosopimus tulee edullisemmaksi. Se voi korvata myös kaputit, ainakin jos on selvää, että kyse ei ole lennättäjän huolimattomuudesta.*

## Autopilotti



*TaigaCamissa Micropilot autopilotti kaikkine tarvittavine lisälaitteineen on pakattu iskunkestävään polykarbonaatti-laatikkoon. Vesi ja staattinen sähkö ovat vielä uhkana.*

Autopilotissa on mikroprosessori, eli pieni tietokone ja erilaisia antureita. Mikroprosessorissa on ROM-muistia autopilotin ohjelmistoa varten. Jos autopilotin ohjelmistoa eli firmwarea päivitetään, niin se kirjoitetaan tähän muistiin. Autopilotissa on myös EPROM-muistia, johon tallennetaan lennokin asetukset ja esimerkiksi lentoreitin koordinaatit. Yleensä kortilla on vielä Dataflash-muistia, johon tallennetaan lokitiedostoa lennon ajalta, se on siis se kuuluisa ”musta laatikko”. Kaikissa edellä mainituissa muisteissa tieto säilyy vaikka virta katkaistaan. Lisäksi mikroprosessorissa on RAM-käyttömuistia, siellä on mm tämänhetkiset koordinaatit ja lennokin asentotiedot. Nämä tiedot katoavat kun virta katkaistaan.

Autopilottikortilla on kolme kiihtyvyyssanturia, ne mittaavat lennokin asentoa X-, Y- ja Z-suunnissa. Lisäksi siellä on kolme gyroskooppia, jotka mittaavat suunnan muutoksia. Nämä tiedot yhdistämällä lennokin asento voidaan laskea.

Autopilotissa on GPS-laite, josta saadaan sijaintitiedot. Yleensä GPS-koordinaatit päivitetään kerran sekunnissa, ja tämä yleensä riittää. Joissakin laitteissa on tarkkuus-GPS, joka päivittää sijainnin 4 tai 10 kertaa sekunnissa. Parhaimpienkin GPS-laitteiden tarkkuus on 5 metrin luokkaa, virhe aiheutuu ilmakehän häiriöistä. Ainoa keino lisätä tarkkuutta on käyttää DGPS:ää. Siinä käytetään jotakin maa-asemaa, jonka sijainti tiedetään tarkalleen, ja jossa on myös GPS. Kun seurataan tämän kiinteän aseman virheitä, niin lennokin paikkatietoa korjataan samalla metrimäärällä. Siis jos esimerkiksi maa-aseman paikkatieto on 5 metriä liian pohjoisessa, niin myös lennokin paikkatieto on 5 metriä liikaa pohjoisessa. Tämä korjaus voidaan tehdä reaaliajassa ilmassa, tai myöhemmin jälkikäteen maassa.

Lisäksi autopilotissa on ilmanpaineeseen perustuva korkeusmittari. GPS-laitteesta saadaan kyllä korkeuslukema, mutta sen tarkkuus on huono, virhe voi olla kymmeniä metrejä. Ilmanpaineantureiden pitää olla hyvin herkkiä, sillä niiden tarkkuus on alle metrin luokkaa, ja ilmanpaine ei todellakaan muutu sillä matkalla kovin paljoa. Niinpä myös lämpötilanvaihtelu saattaa aiheuttaa virheitä, joskus jopa auringon valon osuminen anturiin aiheuttaa useamman metrin tilapäisen virheen, ja siten omituisen pompun lentorataan. Anturin kotelointi pitää tehdä huolellisesti. Pienikin lentonopeuden aiheuttama yli- tai alipaine voi aiheuttaa useiden metrien virheen korkeuslukemaan.

Lennokin lentonopeus mitataan varmimmin ilmanpaineeseen perustuvalla pitot-putkella. Ilmavirta aiheuttaa edestä avoimen putken sisälle ylipaineen, ja se mittaamalla saadaan selville lentonopeus. Pitot putki kiinnitetään siipeen kauas pyörteitä aiheuttavista osista.

UAV-helikoptereissa on aina myös magneettinen kompassi. Lennokki tietää muutenkin lentosuuntansa, joten se ei ole siinä aivan välttämätön.

## Laitevaihtoehtoja

Markkinoilla on paljon erilaisia ja eritasoisia autopilotteja. Kannattaa ensin tutustua käyttäjien kokemuksiin. Valmistajan markkinointiosasto kehuu kyllä laitteitaan, mutta soveltuuko se oikeasti Suomen olosuhteisiin? Kannattaa myös tarkistaa, että onko laite todellakin jo valmis. Se voi olla jo nettisivuilla ostettavissa ja maksuun onnistuu, mutta toimitusaika voi olla jopa yli puoli vuotta!

Tässä ihan pari laitetta, joita on testattu Suomessa:

Ardupilot on harrastajien kehittämä open-source-autopilotti. Tai ei ne mitään harrastelijoita ole, kehittäjätiimissä on tekniikan tohtoreita, insinöörejä ja ammattilentäjiä. Ardupilotin sivustoilla on yli 40 000 rekisteröitynyttä käyttäjää. Ardupilotin hinta on 200 euron luokkaa. Sama elektroniikka käy lennokeille ja helikoptereille, ja jopa autoille ja veneille.

Paparrazzi on ranskalainen open-source autopilotti. Se lienee Ardupilotin tasoinen, ohjelmisto on tehty pääosin Linuxille.

Micropilot on kanadalainen, jo lähes kaksikymmentä vuotta alalla toiminut yhtiö. Sen pääasialliset asiakkaat ovat sotilas- ja tiedustelupalvelut. Micropilotilla on useita erilaisia autopilotteja lennokeille ja helikoptereille, hinnat alkavat 5000 eurosta. Joissakin on sisällä kolme autopilottia, jotka äänestävät keskenään, että mitä pitäisi tehdä, enemmistö voittaa. Heillä on myös noin 1500 euron hintainen kertakäyttöversio esimerkiksi maalilennokkeja varten, siinähan autopilottia tarvitaan vain menomatkaa varten...

## Telemetry

Telemetry tarkoittaa lennokin tietojen välittämistä radiolinkillä maa-asemalle. Hyödyllisimpiä tietoja ovat sijainnin koordinaatit, lentokorkeus ja akkujen jännite. Yleensä samalla lähetetään myös kaikkea muuta tietoa lennokista ja sen asennosta. Tiedot näytetään yleensä tietokoneessa olevalla ohjelmalla, ja koneen sijainti näkyy kartalla.

Käytännön lentotilanteissa telemetry ei välttämättä ole ihan katkotonta, vaan esimerkiksi kaarroksissa voi yhteys pätkiä lyhyeksi ajaksi. Tästä ei yleensä ole haittaa, ja yhteys palaa kaarroksen päätyttyä. Joissakin autopiloteissa voi lennokin määrätä tulemaan kotiin, jos telemetry on poikki tietyn ajan. Aikaa ei kannata laittaa liian lyhyeksi, jotta vältetään tarpeettomat lennon keskeytykset.

Telemetryn lisäksi jotkut lisäävät lennokkiin myös koiratutkan lähettimen. Sillä lennokka löytyy myös virran loputtua lennokin akuista. Lennokkiin voi asentaa myös kevyen puhelimen, johon asennettu ohjelma lähettää pyynnöstä GPS-tiedot tekstiviestinä tai Internetin kautta.



## ***Sallitut radiotaajuudet***

Telemetriaa varten on käytettävissä muutamia luvallisia taajuusalueita, tosin niissäkin lähetysteho on rajoitettu pieneksi. Yleisesti ottaen mitä pienempi taajuus, sitä pitempi kantama. Taajuusaluetta valitessa kannattaa miettiä myös muiden laitteiden taajuudet: Nykyiset radio-ohjaimet toimivat 2,4 GHz taajuudella, ja siten samalla alueella olevat telemetrialaitteet voivat aiheuttaa häiriöitä. Kannattaa myös selvittää laitteiden laillisuus, esimerkiksi USA:ssa hyväksytyt laitteet eivät välttämättä ole luvallisia Suomessa.

868 MHz alueella luvataan jopa kilometrien kantavuuksia. Tällä taajuusalueella liikennettä on rajoitettu 10%:iin ajasta. Jos esimerkiksi lähetetään tietoa koko ajan, niin lähetinmoduuli lopettaa lähetyksen 6 minuutin kuluttua, ja jatkaa vasta tunnin kuluttua. Lähetystä pitäisi siis voida lähettää lyhyinä purskeina, joiden pituus on 10% ajasta, ja loppuaika pitäisi olla hiljaa. Tällainen ei välttämättä onnistu kaikilla autopiloteilla.

900MHz alue ei ole sallittu Suomessa. Näitä laitteita myydään paljon esim USA:ssa.

2,4 GHz alue on siis sama kuin nykyisten radio-ohjainten, tosin uusimmat radio-ohjaimet lähettävät useilla taajuuksilla, ja siten lähettimet eivät häiritse toisiaan. Myös tietokoneiden langaton verkko WiFi toimii samalla alueella, ja nämä voivat myös aiheuttaa häiriöitä, puolin ja toisin. Antennit tällä taajuusalueella ovat sopivan pienikokoisia lennokkeihin. Kantavuus on maksimissaan kilometrin luokkaa.

5,8 GHz on laillinen pienillä lähetystehoilla. Tällä alueella ei ole niin paljon muuta liikennettä kuin 2,4 GHz alueella. Kantavuus on alle kilometrin.

## **Säätäminen**

Erilaiset lennokit vaativat erilaiset säädöt. Pieni temppukone vaatii aivan toisenlaiset säädöt kuin iso ja painava kone. Esimerkiksi jos halutaan kallistaa konetta, niin pikkukoneessa pienikin liike riittää kallistamaan heti konetta, sen sijaan isossa koneessa liikeradan tulee olla isompi, ja silti koneen kääntyminen tapahtuu hitaasti. Tämän vuoksi autopilottia joutuu säätämään eri koneille ja etsimään niille sopivat asetukset. Tämä voi olla joissakin tapauksissa hyvinkin hidasta ja työlästä hommaa. Esimerkiksi eräs kaupallinen yhtiö ilmoitti uuden konetyypin säätämisen vievän jopa viikon, ja tämä siis ammattilaisilta.



*Kannattaa suosia valmiiksi testattuja laitteita, jotta potkurikauppiat eivät rikastu.*

## ***PID-säädin***

Autopilottien ja monien muiden laitteiden säädössä käytetään PID-säädintä. Kyseessä on itse asiassa kolmi-osainen säädin, ja siinä on Proportional, Integral ja Derivate osat. Näillä kolmella osalla kullakin on oma kerroin K, joita säätämällä saadaan haluttu lopputulos. Seuraavassa käytetään esimerkkinä henkilöauton vakionopeussäädintä, jossa on PID-säädin.

**P-säädin** lukee nykyisen ja halutun arvon välisen eron, ja laskee niiden perusteella vahvistuksen. Esimerkiksi autolla ajetaan nopeutta 70 km/h, ja vakionopeussäätimeen asetetaan halutuksi nopeudeksi 80 km/h. Ero on siis 10, ja tämä luku kerrotaan P-vahvistimen kertoimella  $K_p$ . Se voisi olla esimerkiksi 0,5. Niinpä kaasua painetaan lisää  $10 \times 0,5$  eli 5 %. Hetken kuluttua seuraavalla säätökierroksella nopeus on noussut ja ero on pienentynyt, mutta silti kaasua hieman lisätään, mutta ei enää yhtä paljon. Lopulta nopeus ylittää halutun arvon, ja kaasua aletaan vähentää.

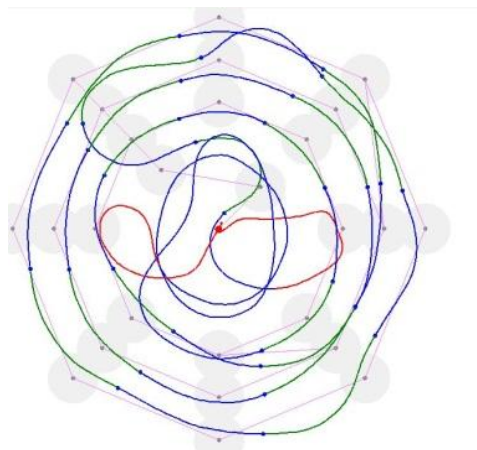
Liian suurella  $K_p$ -arvolla nopeus nousee selvästi yli halutun, ja sitten se taas laskee reilusti halutun alle jne, eli nopeus muuttuu aaltomaisesti. Usein paras  $K_p$ -arvo etsitään niin, että ensin etsitään arvo, jossa tulee tuo aaltomainen liike, ja sitten pienennetään hieman  $K_p$ :tä kunnes aaltoliike katoaa.

**I-säädin** laskee yhteen virheitä (eli sen hetkisen arvon ja halutun arvon ero) joiltakin viimeisiltä mittauksilta, ja laskee siitä I-säätimen vahvistuksen. Vahvistus on virheiden summasta riippuen joko positiivinen tai negatiivinen, ja se suurenee, ellei tilanne korjaudu. I-säädintä tarvitaan silloin, kun P säätimellä ei saada tarkasti haluttua arvoa. Liian suuri  $K_i$ -arvo näkyy laiskana liikehtimisena. Joissakin tapauksissa I-säätimessä myös tuo summan laskenta-aika on säädettävissä, tosin lennokikäytössä se lasketaan usein edellisestä käännokestä lähtien.

**D-säädin** katsoo edellisen virheen (eli sen hetkisen arvon ja halutun arvon ero) ja nykyisen virheen. Jos virhe on suurentunut, niin säätö ei ole riittänyt, ja D-säädin lisää vahvistusta. Jos taas virhe on pienentynyt, niin säädin hieman toppuuttelee muutosta. Kun mittauksista aloitetaan, niin edellinen virhe on 0, joten uusi virhe on huomattavasti isompi. Niinpä D-säädin tekee aina säädön alussa isohkon liikkeen. Yleensä tämä on toivottavaa, mutta jos ei, niin  $K_d$ -arvo kannattaa laittaa pieneksi. Jos  $K_d$  on liian iso, niin se aiheuttaa hyvin nopean aaltomaisen tai jopa värisevän liikkeen.

Yleensä autopilottien ohjekirjoissa on ohjeet säätämisestä ja säätöjärjestyksestä. Usein säädettäessä asetetaan  $K_i$  ja  $K_d$  nolliksi, ja säädetään vain  $K_p$ :tä. Kun se on saatu kohdalleen, niin sitten tarvittaessa lisätään  $K_i$ :tä ja  $K_d$ :tä. Lopuksi vielä kokeillaan  $K_p$ :n suurentamista.

”Oikeiden” lentokoneiden ohjaajia opetetaan säätämään lentokoneen nopeus nokkaa nostamalla ja laskemalla, ja korkeus säädetään kaasulla. Aluksi tämä voi kuulostaa oudolta, mutta tarkoitus on saada selkäyttimeen tuo ohjaus, jotta kaikissa tilanteissa lentäjä osaa pitää vauhtia yllä, olipa moottori käynnissä tai ei. UAV-lennokeissakin käytetään tätä tapaa, tosin nyt sen vuoksi, että jos korkeutta säädettäisiin korkeusperäsimeillä, niin turbulenssilla kone olisi aina joko nokka ylhäällä tai alhaalla yrittämässä pitää korkeutta oikeana, ja kuvat olisivat mistä sattuu. Kun korkeutta säädetään kaasulla, niin kone on koko ajan jotakuinkin vaaterissa.



## Virhetilanteet

Autopilotit osaavat tunnistaa erilaisia virhetilanteita, ja yleensä käyttäjät voivat ohjelmoida niitä varten sopivat toimintaohjeet. Esimerkiksi kun akkujen jännite laskee liian alas, niin yleensä tässä vaiheessa pitänee palata lähtöpaikalle ja tehdä lasku. Jos GPS-sijainti katoaa jostain syystä, niin silloin voi vain alkaa kaartaa ympyrää kunnes GPS saa sijainnin, eipä sitä oikein muutakaan pysty? Jos radio-ohjaimen signaali katkeaa, niin tässä tapauksessa kannattanee odottaa jonkin aikaa, että yhteys palaisi. Ellei palaa, niin nokka kohti kotia. Sama menetelmä käy telemetrialinkin katkeamisen kanssa.

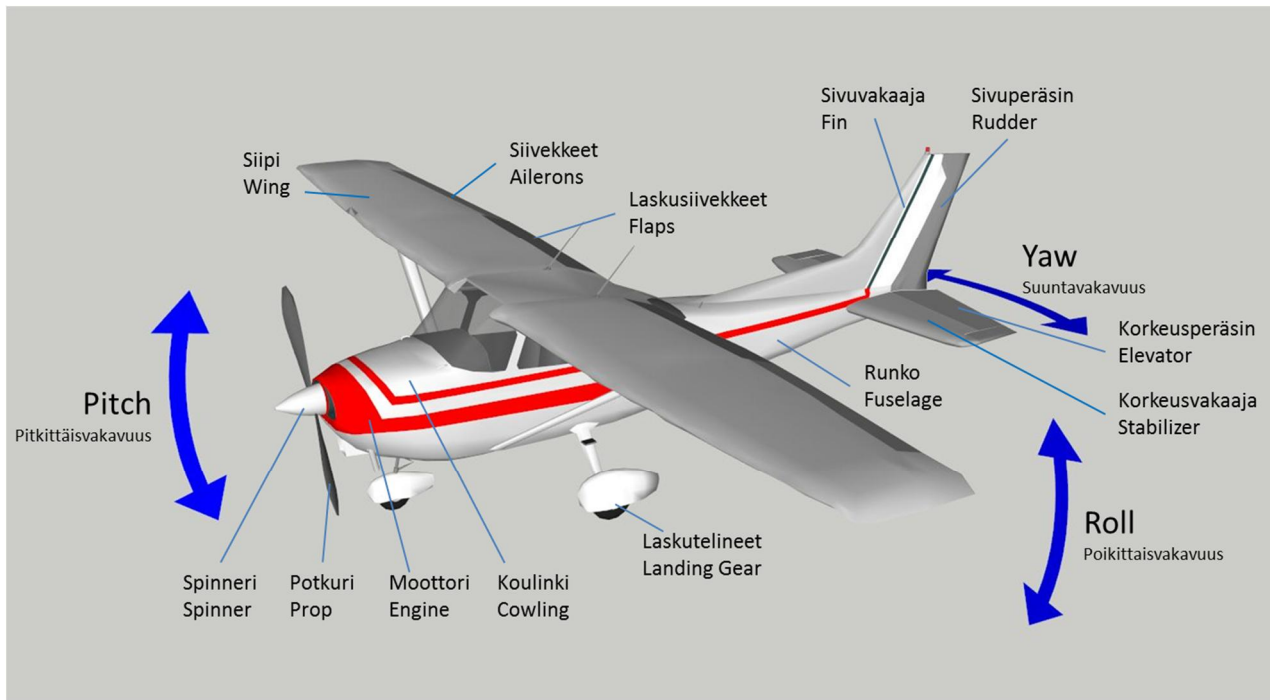
Osa virhetilanteista on pysyviä, osa palautuvia. Jos radiosignaali katkeaa ja kone kääntyy kohti lähtöpaikkaa, niin ennen pitkää yhteys palautuu. Mitä sitten pitää tehdä? Yleensä kone palaa takaisin jatkamaan keskeytynyttä lento-ohjelmaa. Asiasta tietämätön lennättäjä ihmettelee sitten lennokin omituista poukkoilua reitillä. Asian todellinen tila selviää kyllä telemetrian tiedoista tai viimeistään lokitiedostoa selailemalla.

Jos virhetilanne on luonteeltaan palautuva, niin komentoihin ei kannata laittaa mitään lopullista, esimerkiksi moottorin sammutusta.

Jos helikopterin moottorit sammuvat ilmassa, niin ilmapirta voi alkaa pyörittämään niitä takaperin. Moottorisäätimet eivät välttämättä pysty enää muuttamaan pyörimissuuntaa, ja kopteri tulee alas kuin kivi.



*Lennokki taustalla on kallellaan vasemmalle, mutta telemetriaohjelman alaosassa oleva keinohorisontti on kallellaan oikealle???. Kyllä näyttö on ihan oikein. Jos istuisit koneessa suorassa, niin horisontti näkyisi tuolla tavoin kallellaan. Tai kallista tietokonetta vasemmalle saman verran kuin lennokkia, niin keinohorisontti olisi vaakasuorassa. Tämä on yksi aloittelijoiden yleisimmistä ihmettelyn aiheista.*



Lennoikkien osista puhuttaessa käytetään oikeiden lentokoneiden termejä. Kuvassa ovat yleisimmin käytetyt nimet suomeksi ja englanniksi.

- Aileron eli siiveke, siiven liikkuva osa, jolla kallistetaan konetta sivusuunnassa
- Cowling on moottorin suojus
- Engine tai motor, eli moottori
- Elevator eli korkeusperäsin on liikkuva osa, tällä saadaan koneen nokka nousemaan tai laskemaan
- Fin eli sivuvakaaja pitää koneen suunnassa
- Flaps, laskusiivekkeiden ansiosta kone voi lentää hitaammin lähdössä ja laskussa
- Fuselage eli runko
- Landing gear eli laskutelineet
- Prop tai propeller eli potkuri
- Rudder eli sivuperäsin on liikkuva osa, kääntää konetta sivusuunnassa
- Spinner eli potkurin keskiön suojus
- Stabilizer eli korkeusvakaaja, pitää koneen korkeussuunnan vakaana
- Wing eli siipi kannattelee konetta ilmassa

Lisäksi muutama muu aiheeseen liittyvä sana:

- Accelometer eli kiintyvyyssanturi mittaa lennokin asentoa
- Gyro tai gyroscope, mittaa lennokin asennon muutosta
- Barometer eli ilmanpainemittari mittaa käytännössä lentokorkeutta ilmanpaineen avulla
- Pitot tube eli avoin Pitot-putki osoittaa lentosuuntaan, ja se mittaa nopeutta ilmanpaineen avulla
- Throttle eli kaasusäädin, siis moottorin haluttu kierrosluku tai teho
- Heading eli koneen kulkusuunta, yleensä ilmoitetaan asteina
- Magnetometer on käytännössä kompassi, jossa on kompensoitu kallistelun vaikutus
- Declination eli eranto on ero asteina maapallon pohjoisnavan ja magneettisen pohjoisen välillä
- Xtrack tai crosstrack, tämän avulla lennokkia ohjataan tarkasti kahden kääntöpisteen välistä viivaa pitkin



# Lennot

Ilmakuvaukseen käytettyjen lennokkien painot ovat yleensä 2 – 3 kilon luokkaa, lentonopeudet noin 40 – 60 km/h, ja toiminta-aika yhdellä latauksella 20 – 60 minuuttia eli 20 – 60 km lentomatka.

## Perinteinen lennokka

Perinteisestä lennokista on jo yli sadan vuoden kokemukset, joten siinä ei pitäisi olla mitään uutta tai yllättävää. Hyvin suunniteltu kone on vakaa ja helppo lentää. Jos potkuri on edessä, niin se joskus haittaa kuvausta eteenpäin. Joissakin koneissa moottori on siiven takana suojassa, tai ihan perässä, jolloin tärinäkään ei haittaa.



## Lentävä siipi

Lentävässä siivessä on yleensä vain kaksi liikkuvaa siivekettä, ja ne toimivat samalla korkeusperäsiminä. Siivekkeiden miksaus tehdään joko radio-ohjaimessa tai autopilotissa. Lentävän siiven etuna on yksinkertainen rakenne ja hyvä kantavuus. Huonona puolena on pitkittäissuuntainen kiikkeryys, eli lyhyt kone keikkuu helposti tuulen mukana. Pienikin vaurio koneessa voi aiheuttaa ison muutoksen lento-ominaisuuksiin. Yleensä lentävät siivet laskeutuvat mahalleen, ja silloin laskuasennossa olevat siivekkeet voivat vaurioitua. Lentävän siiven moottori on lähes aina takana, joten se ei haittaa kuvausta eteenpäin.



*Rapatessa roiskuu. Huonoilta lentopaikoilta operoitaessa syntyy väistämättä vaurioita koneisiin.*

## Valmistusmateriaalit

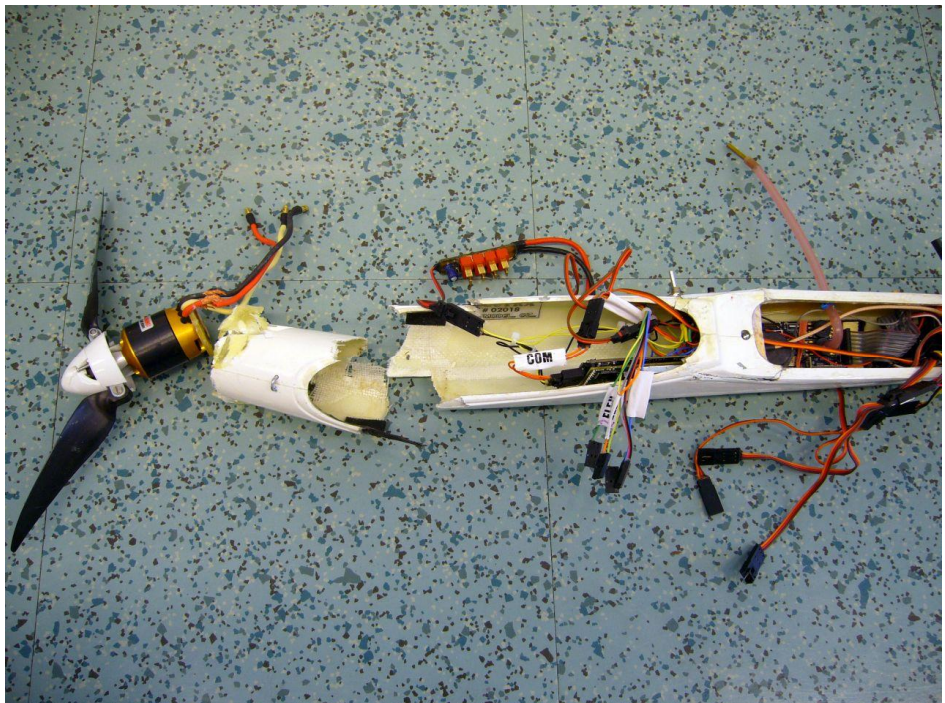
### *Balsa*

Balsapuu on perinteinen kevyiden lennokkien materiaali. Sen etuna on keveys ja helppo työstettävyys. Haittana on hauraus ja korjausten hankaluus. Balsaa saa lennökkikaupoista eri paksuuksina levyinä, tikkuina tai profiileina. Osia voi leikata terävällä askarteluveitsellä. Liimaukseen käyvät tavanomaiset puuliimat. Pintaa on helppo hioa, ja myös kevyttä pakkeliä on saatavissa. Kuvan kaltaisen balsa-lasikuitukangas-styrox rakenteen korjaaminen on hidasta ja työlästä, ja lopputuloksesta on hankala saada siistiä.



### *Lasikuitu*

Lasikuidun etuna on keveys, sileä aerodynaaminen pinta, ja melko hyvä kestävyys. Lasikuiturakenteen tekeminen vaatii muotin, ja sen tekeminen voi olla hidasta ja kallista. Lasikuitu ei kestä taivutusta, ja niinpä esimerkiksi siipien kiinnityspisteet murtuvat ennen pitkää käytön aikana; laskeuduttaessa toinen siipi koskettaa ensiksi maata, ja tämä aiheuttaa runkoon kiertoliikkeen. Vaurioiden korjaamiseen käytetään lasikuituhartsia ja lasikuitukangasta. Hätätilassa voi maastossa tehdä korjauksen nopeasti epoksiliimalla.



## ***Hiilikuitu***

Hiilikuitua käytetään usein vahvikkeena rakenteissa, esimerkiksi siipien tukiputkina. Hiilikuitu on lujaa ja kevyttä. Haittana on huono iskunkestävyys, ja jos esimerkiksi putki murtuu säleiksi, niin sitä ei välttämättä huomaa päällepäin. Joskus myös rungon vahvikkeena on käytetty lasikuitukangasta. Hiilikuitu johtaa sähköä, joten elektroniikkakortit on eristettävä niistä. GPS- ja muut antennit on asennettava kotelon ulkopuolelle. Hiilikuitulevyä, -putkia, -lattoja ja -kangasta on saatavissa harrasteliikkeistä tai Kevrasta.

## ***Elapor***

Elapor on Multiplexin käyttämä nimitys heidän vaahtomuovistaan. Sen kestävyys on styroxin ja EPP:n välillä. Aihetta voi liimata pikaliimalla tai epoksilla. Kolhun jälkeen aineeseen voi tulla muodonmuutoksia, mutta ne voi korjata kiehuvalle vedelle.

## ***EPP-muovi***

EPP-muovi on styroxin näköistä mutta huomattavasti sitkeämpää materiaalia. Se kestää melko hyvin taivutusta, ja se palautuu iskun jälkeen hyvin ennalleen. Haittana on pinnan epätasaisuus ja likaantuminen käytössä. EPP:n kovuus näkyy painosta, 20 g/litra soveltuu runkoihin, mutta siipiin kannattaa valita 25 tai 30 g/litra olevaa materiaalia. EPP:tä voidaan leikata kuumalankaleikkurilla tai terävällä fileointiveitsellä. Liimaus voidaan tehdä esimerkiksi epoksiliimalla tai polyuretaaniliimalla (mm Cascon oranssi pullo, vihreä korkki). Polyuretaaniliimalla liimattaessa pinnat ensin kastellaan vedellä, ja sitten levitetään liima. Liima pursuaa voimakkaasti ja



täyttää kolot, mutta samalla liimattavat osat voivat liikkua, joten osien kohdistus täytyy tehdä pitävästi. EPP likaantuu käytössä, ja siten ainakin rungon alaosa kannattaa teipata. Teipiksi soveltuu vain PowerTape-merkatut tuotteet (Esim Plastic Padding Power Tape) Muut teipit näyttävät kyllä tarttuvan, mutta ne irtoavat kokonaan viimeistään seuraavaan päivään mennessä.

## **Moottori ja säädin**

Ilmakuvauslennokeissa käytetään melkein pelkästään harjattomia sähkömoottoreita. Moottoria ohjataan säätimellä (ESC), ja säätimestä menee kolme piuhaa moottoriin. Moottorin säätimen tehtävänä on antaa sopivasti tahdistettuja pulsseja moottorin sähkömagneetteihin, jolloin potkurin akseli lähtee pyörimään. Minkä tahansa kahden johdon paikkaa vaihtamalla voi muuttaa pyörimissuuntaa. Moottorit ovat usein "outrunner" moottoreita, eli moottorin kotelo pyörii potkurin mukana.

Säätimet antavat usein virran myös vastaanottimelle ja autopilotille. Tällöin kannattaa valita sellainen moottorisäädin, jossa on kytkin. Sillä virran saa helposti päälle ja pois, ja tästä on etua etenkin autopilotikäytössä. Joskus käytetään erillistä jännitesäädintä (BEC), jolla saadaan enemmän virtaa, moottorin aiheuttamat häiriöt ovat pienemmät ja toiminta varmempaa.

Säätimissä on useita erilaisia asetuksia, joita voidaan asettaa joko tietokoneella tai radio-ohjaimen kaasuvivulla. Esimerkiksi kun moottori sammutetaan laskeutuessa, niin käyttäjä voi valita, että pyöriikö moottori edelleen ilmapirran mukana toimien jarruna, vai pysäytetäänkö moottori, jolloin potkuri ei vaurioidu niin herkästi. Asetukset kannattaa tehdä erillisellä asetuskortilla tai tietokoneella, pitää olla melkoinen fakiiri, joka tekee asetukset radio-ohjaimella piippausten mukaan tahdistettuna.

Useissa radio-ohjaimissa kaasun maksimiasento säädetään niin, että kaasua laitetaan täysille, ja sitten laite- taan lennokkiin virta päälle. Hetken kuluttua kuuluu varmistuspiippaus, ja kaasun asento on tallennettu muistiin. Nyt kaasua voidaan laittaa pois ja kokeilla. Tämä on sinänsä kätevä piirre, mutta haittana on se, että jos kaasua on vahingossa päällä virtaa kytkettäessä, niin sen hetkinen kaasun asento tallentuu maksimiasen- noksi, ja siten lennokki ei ehkä jaksa edes nousta ilmaan.

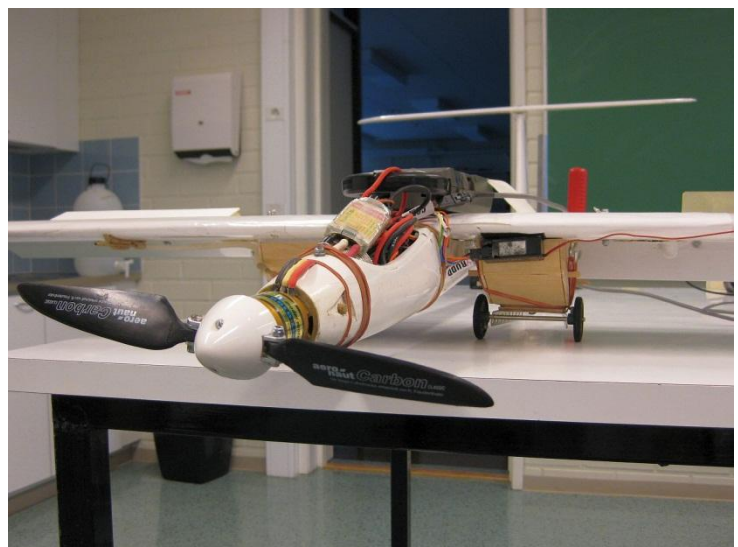
Lennoikkia käynnistettäessä kuuluu usein varmistuspiippauksia ja -ääniä. Ne äänet eivät tule kaiuttimesta vaan itse moottorista! Sopivasti antamalla virtaa eri vaiheille sieltä saa kulumaan haluttuja ääniä.

Ylätasoisella lennokilla suurin ilmanvastus on yläosassa, ja kun moottori vetää tai työntää konetta, niin samalla kone pyrkii kääntymään ylöspäin. Yleensä tämä vaikutus eliminoidaan kääntämällä moottoria muutama aste alaviistoon. Samalla sitä pitäisi kääntää hiveneren sivuun, tosin autopilotti kyllä osaa hoitaa tämän. Kun korkeuseräsin on normaaliasennossa, niin lennokin pitäisi aina kaikilla kaasun asennoilla mennä vaakasuoraan eteenpäin.

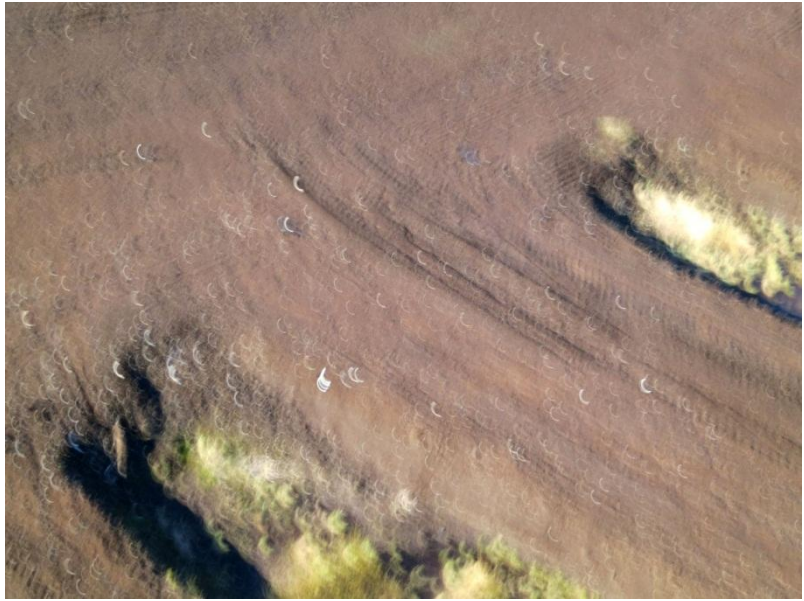


Ei ole lainkaan sama, minkälaisen potkurihuiskun laittaa koneeseen. Melko samannäköisillä potkureilla voi olla hyvinkin isoja eroja työntövoimassa. Moottorien ja potkurien valmistajilla on erilaisia potkurilaskuriohjelmiä, jotka osaavat laskea työntön ja virran kulutuksen. Tässä testissä potkuria vaihtamalla työntövoima lisääntyi 50%. Tosin nyt mitattiin vain lähdössä tarvittavaa staattista työntöä, lennolla ilmapirrassa tilanne voi olla erilainen.

<http://mekri.uef.fi/cropcam/proptest.htm>

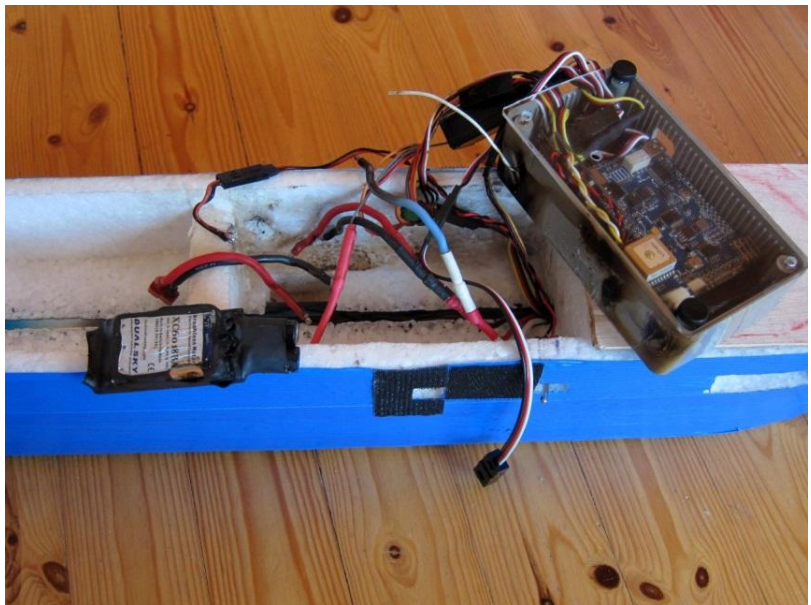


Moottorit ja potkurit kannattaa tasapainottaa. Tärhtäneiden valokuvien lisäksi tärinä voi aiheuttaa ongelmia autopilotin kiihtyvyyssantureille, ja seurauksena on vaikeasti paikannettavia toimimattomuusongelmia. Moottorin tasapainotus tehdään yrittys-erehdys menetelmällä: Moottoria pyöritetään ilman potkuria ja jos kone tärisee, niin moottorin jollekin sivulle laitetaan pala teippiä. Sitten kokeillaan, että vähenikö tärinä. Ellei, niin siirretään teippiä toiseen kohtaan, jne.



Potkurin tasapainotus tehdään niin, että potkurin laitetaan herkälle akselille, ja katsotaan onko potkuri tasapainossa. Ellei, niin kevyemmän lavan sisäpuolelle (siis lennokissa taaksepäin tulevalle, tasisemmalle sivulle, helikopterissa alapinnalle) laitetaan pala tavallista teippiä, ja kokeillaan uudelleen. Potkureissa keskikohta ei välttämättä ole se siinä oleva reikä, vaan akselilla on isompi aukko, johon laitetaan potkurin mukana tuleva sopiva holkki, ja sen holkin reikä määrää keskikohtan. Taittolapapotkurien pelkkä lapojen painon mittaaminen on epävarmempaa: vaikka lavan painot olisivatkin samat, niin lavassa massan keskipiste voi olla eri kohdassa. Niinpä nekin kannattaa tasapainottaa edellä mainitulla tavalla kokonaisena potkurina.

Moottoreissa käytetään isoja sähkövirtoja, jopa 50 – 100 Ampeeria. Jos moottori esimerkiksi kaputissa menee jumiin, ja kaasua jää vain sekunniksi päälle, niin yleensä joko moottori tai säädin, tai joskus molemmat tuhoutuvat. Tuollaiset virrat sulattavat tinaukset, ja tuloksena on pahanhajuista elektroniikkaromua.



Moottorit ja potkurit ovat vaarallisia! Lennokeissa on tehoja yhtä paljon kuin käsisirkkeleissä ja kulmahiomakoneissa. Lennokiharrastajien sivuilla on paljon valokuvia vahingoittuneista sormista, käyttäjillä on moottori lähtenyt käyntiin äkkivierasta esimerkiksi puseron hihan osuessa kaasuvipuun tai käyttäjän sammuttaessa vahingossa radio-ohjaimen väärään aikaan. Käytäntö on opettanut, että lennon jälkeen kannattaa aina irrottaa kaksi moottoriin menevää kaapelia.

Polttomoottoreiden haittana on tärinä, sekä öljyn ja pakokaasun roiskuminen joka paikkaan.

Polttomoottoreiden haittana on tärinä, sekä öljyn ja pakokaasun roiskuminen joka paikkaan.

## Akut

Litium-Polymeeriakuissa (LiPo-akut) on paras energiatiheys, ja siten ne ovat käytännössä syrjäyttäneet muut akut lennokkimaailmassa. LiPo akuilla on ikävä taipumus räjähtää väärin käytettäessä, ja akun räjähdys ei ole välttämättä pieni tussaus, vaan se voi olla ihan kunnan pamaus, jossa ikkunoita rikkoontuu ja jopa syttyy tulipalo. Siksi sen käytössä on oltava huolellinen ja noudatettava ohjeita.

Jos akkuihin joutuu tekemään uudet liittimet, niin missään tapauksessa johtimia ei saa katkaista yhtä aikaa sivuleikkureilla! Homma pitää tehdä niin, että ensin toinen johto katkaistaan tai irrotetaan, sitten se juotetaan uuteen pistokkeeseen, laitetaan kutistemuovi päälle jne, ja vasta sen jälkeen tehdään sama toiselle johdolle. Tässä yhteydessä voi myös lyhentää liian pitkiä johtoja, jos ne eivät mahdu kunnolla lennokin sisään. Törmäyksissä saattaa myös latausliitin vaurioitua. Sen kanssa pitää olla hyvin varovainen. Lyhytkin kosketus toiseen piuhaan saa molemmat johdot punahehkuisiksi, ja ne polttavat sormet ja kaiken muun lähettyvillä olevan.

LiPo-akku ei siedä ylilatausta ja ylijännitettä, ja siten latauksessa on käytettävä nimenomaan LiPo-akkuihin tarkoitettua laturia, joissa on balancer-toiminto. Niissä on jännitemittaus erikseen jokaiselle kennolle, ja ladattaessa akun jokainen kenno ladataan samalla tavalla. Lataus täytyy tehdä erityisessä LiPo-pussissa, tai ainakin palamattomalla alustalla, esimerkiksi lautasella, savesta tehdyssä kukkaruukussa tai sammutuspeitteen päällä.

LiPo akun yhden kennon jännite on 3,7 Volttia. Akuissa on merkintä, kuinka monesta kennosta se koostuu. Esimerkiksi 3s1p akku koostuu kolmesta kennosta, jotka on kytketty sarjaan, ja siten jännite on 11,1 Volttia. Akun 3s2p merkinnässä tuo 2p tarkoittaa sitä, että siinä kaksi kennoa on kytketty rinnan, jolloin pienistä kennoista saadaan enemmän tehoa, ja näitä tällaisia pareja on tuossa akussa kolme kappaletta.

Akkujen tarrassa näkyy kapasiteetti, esimerkiksi 2200 mAh. Toinen tärkeä arvo on C-arvo, se ilmoitetaan erikseen lataukselle ja purkamiselle. Esimerkiksi 5C lataus tarkoittaa sitä, että akkua voidaan ladata maksimissaan  $5 \times 2200 \text{ mA} = 11000 \text{ mA}$  eli 11 Ampeerin virralla. Näitä arvoja ei pidä ylittää. Vastaavasti esimerkiksi 25C purkuvirta tarkoittaa  $25 \times 2200 \text{ mA} = 55000 \text{ mA}$  eli 55 Ampeerin virralla. Joskus purkuvirta on annettu muodossa 35 – 55C, tällöin ensimmäinen lukema on jatkuva virta, ja toinen on lyhytaikainen virta esim startin aikana.

Laturit osaavat itse säätää virran ja jännitteen niin, että yksittäisessä kennossa jännite ei nouse yli 4,2 Voltin. Akku ei saa lämmetä ladattaessa. Kun akku on täysi, niin laturi osaa lopettaa itse lataamisen.



Jos LiPo akkua käytetään väärin, eli jännite laskee alle 3 Voltin kennoa kohti, tai sitä kuormitetaan liikaa, niin akku alkaa paisua. Tällöin akkua ei kannata enää käyttää.

LiPo akuissa on sisällä litiumia. Se reagoi herkästi kosteuden kanssa, joten akut on suljettu umpinaiseen muovikuoreen. Jos se puhkeaa, niin akkua ei pidä enää käyttää, vaan se on hävitettävä asianmukaisesti.

LiPo akut pitää purkaa ennen kierrätykseen laittamista. Helpoimmin tämä tapahtuu siten, että kytkee jonkin lampun akkuun, ja antaa sen olla päällä päivän tai kaksi. Lisäksi akkujen johdot, liittimet tai kosketuspinnat pitää teipata esimerkiksi maalarinteipillä ennen kierrätyslaatikkoon laittamista.

Akkuja pitäisi olla ainakin kaksi settiä, jolloin toinen voi olla latauksessa lennon aikana. Akkuja saa suomalaisista lennokkaupoista, tai tilaamalla eurooppalaisista liikkeistä. Kaukomailta akkujen osto ei välttämättä onnistu, sillä jotkut lentoyhtiöt eivät suostu kuljettamaan LiPo akkuja. Hobbykingiltä tilaus onnistuu, kun valitsee European tai Netherlands Warehousen toimituspaikaksi, ja silloin myös ALV ja tulli on maksettu.



Lennox.netissä osuvasti todettiin: *"Laite joka sisältää kaiken palamiseen tarvittavan aineen. Palaa noin puolisen tuntia. Syttyy pienellä oikosululla. Ei sammu helposti. Tuottaa satoja asteita lämpöä ja vähintään haitallista jollei myrkyllistä savua. Painaa noin kilon. Ei saa kuljettaa lentokoneessa. Ei, ei se ole sodanaikainen saksalainen palopommi. Se on harrastekäyttöön tarkoitettu lennokkaakku."*



*Neljää lennokin akkua ladataan ottamalla virta suoraan auton akusta. Tupakansytyttimen sulake ei sallisi näin isoja virtoja.*

## Servot

Lenkkiservossa on pieni moottori, joka kääntää servon akselia halutun määrän. Liike on suhteellinen, eli esimerkiksi 15 % liike radio-ohjaimessa kääntää akselia 15 % liikeradasta, käytännössä noin 15 astetta. Servoja käytetään siivekkeiden ja peräsinten liikutteluun. Lenkkikäyttöön kannattaa hankkia vain metallirattaisia kunnollisia merkkiservoja. Muovirattaiset hajoavat kuitenkin ennen pitkää, ja tämä tietää yleensä kaputtia. Kun virta ei ole päällä, niin servon akselin pitää pyöriä käsin jotakuinkin kevyesti, sillä maastossa ja kuljetuksissa tulee kuitenkin iskuja siivekkeisiin ja peräsiimiin.

Servojen tiedoissa on mainittu esim 2,5 kg/cm. Tämä tarkoittaa, että servo jaksaa nostaa 1 cm pitkällä varrella 2,5 kg taakan. Lisäksi tiedoissa on mainittu nopeus, mutta tämä ei ole niin merkittävä hitaahkoissa UAV-lennokeissa. Servon akseli kääntyy yleensä 60 astetta puoleen ja toiseen.

Servon liikesuunta käännetään radio-ohjaimessa siellä olevan Reverse-asetuksen avulla. Siis johtoja ei kannata yrittää kääntää, siitä tulee vain savua.

Servon mukana tulee yleensä useampia akselin päähän sopivia servon varsia eli horneja. Niistä voi sitten valita käyttöön sopivimman. Horni asetetaan sopivaan asentoon akselille. Huomaa, että esimerkiksi nelisaraisen hornin voi asentaa neljälle eri kantille, mutta ne kaikki ovat silti ihan hivenen eri asennoissa. Näin asennon voi hienosäätää tarkasti. Siivekkeen asennon voi säätää myös työntötangon päässä olevaa linkkiä säätämällä. Lopullinen säätö tehdään radio-ohjaimen trimmeillä lentotestauksen aikana.

### Servon johdot:

- Musta tai ruskea = miinus = maa = Gnd
- Punainen = jännite = 5V
- Oranssi, valkoinen tai keltainen = signaali

Signaalijohtimessa tulee servolle pulsseja, niiden pituus on 900 – 2100 mikrosekuntia, keskiasento on 1500 mikrosekuntia. Servon ohjaus ei siis ole ihan yksinkertaista, vaan vaatii mikroprosessorin.

## Radio-ohjain

UAV-lennokissa pitää olla mahdollisuus ohjata myös manuaalisesti, esimerkiksi silloin kun joudutaan väistämään muuta lentoliikennettä. Yleensä käytetään tavanomaista lenkkien radio-ohjainta. Lenkokissa on pieni vastaanotin, joka muuttaa käskyt servojen ymmärtämään muotoon. Hanki heti kunnon laitteet, halpissarjojen 4-kanavaisilla ei pääse edes alkuun. Nykyisissä laitteissa käytetään 2,4 GHz taajuuksia, ja niissä lähetys tehdään useammalla alitaajuudella, joten häiriöitä ei ole normaaleilla lentoetäisyyksillä. Kantavuus on käytännössä noin kilometrin luokkaa. Hyvän 8-kanavaisen laitteen saa halvimmillaan vähän päälle satasella.





Aiemmin käytettiin 35 MHz radioita. Niissä oli 23 taajuutta käytössä. Jos joku toinen laite oli samalla taajuudella, niin tuloksena oli romua. Lentotapahtumissa oli käytössä pyykkipoikasysteemi, ja vain se jolla oli kyseisellä taajuudella oleva pyykkipoika, sai laittaa virran päälle. UAV-lennättäjien piti käyttää ennen lentoa taajuusskanneria, jotta ketään ei ole sattumalta samalla taajuudella siinä lähistöllä. Radion teleskooppiantenni on aina muistettava vetää kokonaan ulos.

#### **Radio-ohjaimen kanavat:**

1. Siivekkeet, eli lennokin kallistaminen (Ailerons)
2. Korkeuseräsin, eli nousu ja lasku (Elevator)
3. Kaasu (Throttle)
4. Sivuperäsin, eli koneen suunnan korjaus (Rudder)
5. Pyörät (jos sisäänvedettävät pyörät) (Gears)

Kanavaa 5 ja siitä eteenpäin voidaan siis käyttää muihin tarkoituksiin. Uusissa radio-ohjaimissa näitä lisäkanavia voidaan käyttää kytkimillä tai potentiometreillä. Ohjaimissa on myös miksauksia, jolloin voidaan ohjata esimerkiksi lentävää siipeä. Miksauksilla siivekkeitä voi käyttää myös laskusiivekkeinä, jolloin laskussa voi käyttää pienempää nopeutta. Monet autopilotit tekevät nämä miksaukset itse, ja radiota käytetään normaalin lennokin ohjelmalla. Myös jotkut UAV-helikopterit toimivat radion lennokkiasetuksilla.

Ohjaimissa on erilaisia mallimuisteja, joten samaa ohjainta voi käyttää usean eri koneen ohjaamiseen. Eri koneisiin kannattaa hankkia omat vastaanottimet, jotta niitä ei tarvitse siirrellä konetta vaihdettaessa. Ennen lentoa pitää vain muistaa tarkistaa, että käytössä on oikean koneen asetukset.

## **Laskuvarjo**

Laskuvarjolla voi laskeutua ahtaaseen tai epätasaiseen paikkaan. Laskuvarjo lisää painoa 200 – 300 grammaa, mutta toisaalta se sallii huonotkin laskupaikat. Jotkut autopilotit osaavat itse arvioida tuulen suunnan, ja sitten laskea oikean laskuvarjon avaamispaikan ja korkeuden. Laskuvarjo kannattaa pakata vasta hieman ennen lentoa, muuten ahtaaseen tilaan pakattu kangas muotoutuu kotelonsa mukaiseksi klöntiksi, eikä välttämättä aukea ilmapirrassa.

Laskuvarjo on hyvä fail-safe varuste. Jos kone ei ole enää ohjattavissa, niin aina voi laukaista laskuvarjon, jolloin kone laskeutuu edes jotakuinkin kunnossa.

Kun kolmen kilon kone rämähtää kivikkoon ja kannokkoon laskuvarjon varassa, niin ainakin siivekkeet ja pyrstö ovat kovilla. Servojen ja siivekkeiden hornit rikkoutuvat helposti iskuissa, ne pitää tarkistaa aina laskun jälkeen. Myös kameran linssi on yleensä alttiina maassa tököttävälle risuille ja kannoille.



## Lennoikkivaihtoehtoja

Autopilottin, radiovastaanottimen ja moottorisäätimen paino on pari sataa grammaa, akut painavat saman verran, ja pokkarikamera laukaisulaitteineen vielä vähintään 150 grammaa. Niinpä ihan pieni lennokka ei jaksakaan kunnolla lentää tuollaisen kuorman kanssa.

Harrastajat käyttävät lennokkina yleensä jotain valmista helppoa lennokkia. Multiplex Easystar, Bixler ja isompi Skywalker lienevät yleisimmät. Niissä kaikissa moottori on siiven takana suojassa, ja niiden ohjaimoon on helppo asentaa autopilotti. Borjet Maja on isohko kone, ja siinä on hyvin tilaa autopilotille ja muille laitteille, ja moottori on perässä suojassa. Lentäviä siipiä kannattanee kokeilla sitten kun kokemusta on enemmän. Yleisesti ottaen kannattaisi valita sellainen kone, johon on jo saatavana valmis asetus- eli konfigurointitiedosto. Näin pääsee heti lentämään, ja asetuksia voi hienosäätää kun kokemusta karttuu.

Lennoikkikaupoissa on myytävänä myös oikeiden vakoilulennokkien näköisiä koneita. Ne ovat katuuskottavan näköisiä, mutta ne on rakennettu perinteisellä tavalla balsasta, vanerista ja lasikuidusta, joten ne eivät kestä todellista käyttöä maastossa.

Jos haluat itse rakentaa lennokin, niin TaigaCam on varteenotettava vaihtoehto. Se lienee lujarakenteisin lennokka tällä hetkellä. Jos et usko, katso video tältä sivulta <https://sites.google.com/site/taigacam/>

## Helikopterit

Helikopterin etuna on se, että se ei tarvitse varsinaista lentokenttää, pienikin tasainen alue riittää nousuun ja laskeutumiseen. Perinteisessä helikopterissa ilmassa liikkuminen tapahtuu roottorin lapojen kulmia muuttamalla. Tämä vaatii melko monimutkaisen roottorin rakenteen. Iso roottori on myös melkoinen pyörivä massa, ja pienissäkin törmäyksissä aiheutuu yleensä melko pahoja ja kalliita vaurioita kopteriin.

Ilmakuvauksissa käytetään nykyään useampi-roottorisia helikoptereita, eli quad-, heksa- tai oktokoitereita. Niissä on nimensä mukaan 4, 6 tai 8 roottoria, ja joka toinen moottori pyörii vastapäivään, joka toinen myötäpäivään. Kallistamiset tehdään moottorien kierroslukuja säätämällä. Koneen suunnan kääntäminen tehdään nostamalla esimerkiksi myötäpäivään pyörivien moottorien kierroksia, ja samalla pienentämällä vastapäivään pyörivien kierroksia. Vaikka ohjaus kuulostaa monimutkaiselta, niin mekaanisesti rakenne on yksinkertainen ja halpa, kaikki ohjaus tehdään autopilotin prosessorilla.



Nykyään on myös erilaisia muunnoksia, mm trikopteri, jossa on kolme roottoria, ja yhtä niistä voi hieman käännellä. Tästä tulee tietenkin yksi liikkuva ja herkästi rikkoutuva rakenne lisää. Yksi helikopterimalli on V:n muotoinen 6 tai 8 roottorinen. Tässä on etuna se, että koneen keskellä oleva kamera näkee esteettä eteenpäin, potkurit eivät ole tiellä.

Ohjauksen monimutkaisuus asettaa suuria vaatimuksia autopilotille tai ohjainkortille. Potkureiden epätasapainon aiheuttama tärinä voi vaikuttaa kallistusantureihin tai gyroihin, ja se taas voi sekoittaa asentotiedon. Jos korkeusmittaus perustuu ilmanpaineeseen, niin kotelointi saattaa aiheuttaa ei-toivottuja painevaihteluita esimerkiksi muutettaessa suuntaa nopeasti. Jos kop-teri esimerkiksi pomppaa ylös aina suuntaa vaihdettaessa, niin syyinä voi olla juuri tämä painevaihtelu kotelossa.



## Kamerat

Kameralle asetetaan hirmuiset vaatimukset: Sen pitää olla lujarakenteinen ja kevyt, siinä pitää olla valovoimainen linssi, jotta valotusaika olisi mahdollisimman lyhyt, linssin piirtokyky pitää olla oikeasti hyvä, kuvakennon koon olisi oltava mahdollisimman iso, valotuksen ja etäisyyden mittaukset pitäisi onnistua mahdollisimman nopeasti, se pitää pystyä laukaisemaan kauko-ohjauksella, muistikortin tulee olla nopein mahdollinen jne. Kamerassa pitäisi olla mahdollisuus asettaa manuaalisesti tarkennus äärettömään, jotta kameran ei tarvitse joka kerran arpoa kuvausetäisyyttä. Kameran virransäätö ja sammutus pitää kytkeä pois tai ainakin laittaa mahdollisimman pitkäksi aikaa, jotta kamera ei sammuta itseään jo menomatalla.

Jos otetaan ilmakehän pystysuoraan alaspäin esimerkiksi 140 metrin korkeudelta, kameran resoluutio on 4000 x 3000 pikseliä, ja käytetään tavanomaista linssiä, jolloin valokuvan pidemmän sivun koko on 140 metriä, niin yksi pikseli edustaa  $140 \text{ m} / 4000 = 3,5 \times 3,5$  sentin kokoista länttiä. Kuvissa näkyy siis tuon kokoisia yksityiskohtia, oikeasti ohuemmatkin oksat ja risut näkyvät selvästi, kunhan väriero eli kontrasti on riittävä.

Lenkki lentää tyypillisesti noin 60 km/h, eli sekunnissa se menee noin 17 m. Jos kuvan valotusaika on 1/100 sekuntia, niin lenkki kulkee valotuksen aikana 17 cm. Kun kuvan resoluutio on esim tuo 3,5 cm/pikseli, niin kuva ei yksinkertaisesti voi olla tarkka. Jos hämäränä päivänä lyhentää valotusaikaa manuaalisesti, niin kuvan laatu heikkenee pikselimössöksi. Kamerassa siis pitäisi olla herkkä kenno ja valovoimainen objektiivi, jotta laukaisuajan saisi lyhyeksi ja siten kuvat tarkoiksi.

Ortokuvia kuvattaessa valokuvissa pitäisi olla peittävyttä vähintään 50 % peräkkäisten kuvien välillä, eli seuraavassa kuvassa pitäisi näkyä ainakin puolet edellisessä kuvassa olevasta alueesta. Oikeastaan jokainen piste maastossa pitäisi näkyä yhdeksässä kuvassa, vasta sitten kuvista voi tehdä tarkkoja 3-ulotteisia malleja. Niinpä tärkeää on se, että kuinka nopeasti kamera voi ottaa kuvia peräkkäin. Vaikka kädessä kamera ottaa kuvia esimerkiksi sekunnin välein, niin liikkuvassa ja heiluvassa lennossa kameran täytyy pystyä tarkentamaan kohde, ja vasta sitten ottamaan kuva. Käytännössä lyhyin kuvien väliaika on ollut kolmen sekunnin luokkaa, siis kuvien väli on  $3 \times 17 \text{ metriä} = 51 \text{ metriä}$ . Onneksi kamerat kehittyvät koko ajan.

Kameroissa on yleensä sarjakuviasento. Ongelman tässä on se, että kamera mittaa etäisyyden ja valotuksen ensimmäisen kuvan perusteella. Jos ensimmäinen kuva on esimerkiksi tumman järven päällä, niin valoisampi metsä ylivalottuu, tai jos ensimmäisen kuvan etäisyyden mittaus epäonnistuu, niin koko jonon kuvat ovat epäteräviä.

Uusimmissa kameroissa on sisäänrakennettu GPS, jolloin valokuvien exif-tietoihin tallennetaan kuvauspaikan koordinaatit, korkeus merenpinnasta ja jopa kuvaussuunta. Näiden avulla isostakin kuva-arkistosta voi etsiä kuvia. Haittana on suuri virrankulutus, kamera voi ilmoittaa virran vähyydestä jo puolen tunnin sisällä. Tällaista kameraa ei voi asentaa hiilikuitukoteloon, GPS ei saa signaalia sen läpi.

## ***Near-Infrapunakamera***

Tavallisissa digikameroissa kuvakennon edessä on suodin, joka leikkaa osan infrapuna-alueen aallonpituuksista. Tämä suodin voidaan poistaa, tosin homma vaatii ehdottoman puhtaan tilan ja näppärät kädet. Tällaisia kameroita on saatavissa myös valmiiksi muutettuina. Suodattimen poiston jälkeen kuvista ehkä saa enemmän informaatiota, kun mukana on myös infrapunavaloa. Lisäksi kameran linssin eteen voi laittaa erilaisia suotimia, jotka poistavat osan näkyvästä valosta, ja saadaan paremmin infrapuna-alue esille. Ongelmana näissä lisäsuotimissa on se, että ne pimentävät kuvaa, ja siten tarvitaan pitempi valotusaika, ja tämä taas lisää kuvan tärähtämisen vaaraa.



*Myöhäsyksyllä otetut kuvat järvimatalikolta. Vasemmalla tavallinen, oikealla near-infrapunakuva.*

## ***Lämpökamera***

Oikea lämpökamera, jossa näkyy pelkästään lämpötiloihin perustuva kuva, maksaa halvimmillaan noin 3000 euroa. Tällaisella ihmisen etsiminen metsästä onnistuisi, ainakin yöllä tai talvella, jolloin ympäristön lämpötila on alhainen. Kesällä kivet ja muut auringossa lämmenneet kohteet aiheuttavat runsaasti väärää hälytyksiä.



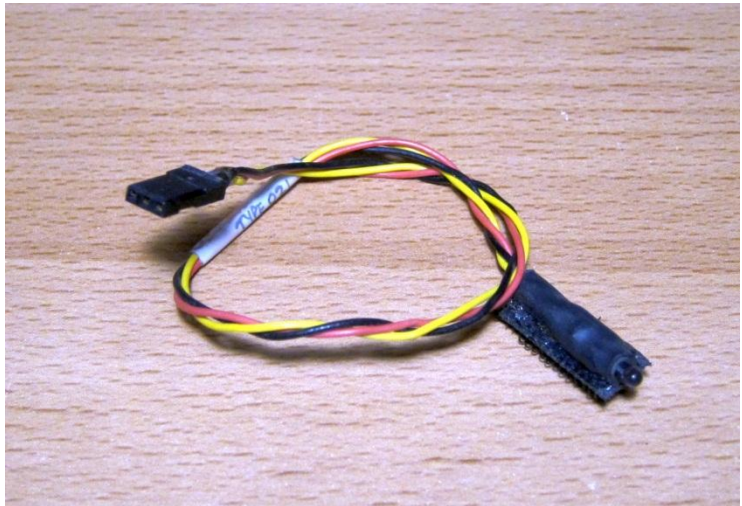
## Kameran laukaisu

### *Kytkin*

Joihinkin kameroihin on saatavissa erillinen piuhan päässä oleva kytkin, jonka avulla kamera voidaan laukaista. Tällaisiin kameroihin on yleensä myytävänä myös servokaapeli, jolloin se soveltuu myös lennokkeihin. Tämä on helpoin ja varmin ratkaisu.

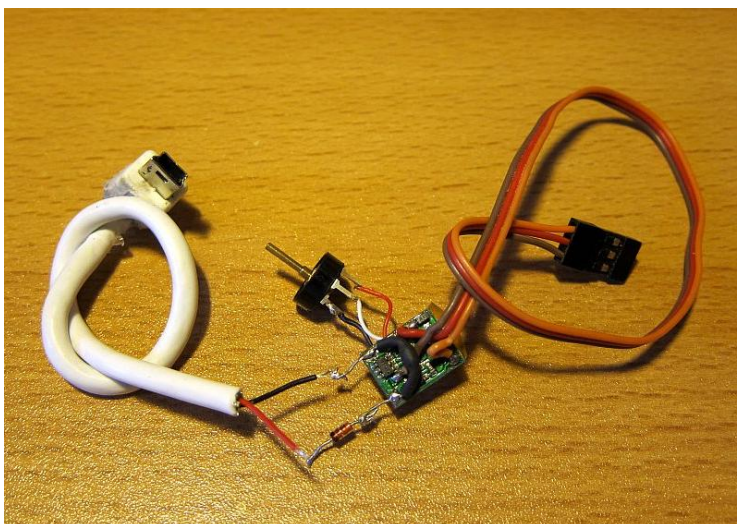
### *Infrapunalaukaisin*

Moniin kameroihin on saatavissa infrapunakauko-ohjain, jolla kamera voi laukaista, säätää zoomia jne. Joihinkin tällaisiin kameroihin on saatavissa myös pieni lennökkikäyttöön tarkoitettu laukaisin, joka kytketään lennökkiservon tilalle. Infrapunalaukaisin lähettää tietyllä tavalla koodatun valopurskeen, ja kamera osaa tulkita tämän laukaisukäskyksi. Laukaisujohdossa täytyy siis olla sisällä pieni mikroprosessori, pelkkä infrapunaLED ei riitä. Sanomattakin lienee selvää, että eri merkkisissä kameroissa on erilaiset koodit, ja siten infrapunalaukaisimet on tilattava tarkasti omalle kameramallille. Kamerakotelon tulee olla melko valotiivis, sillä kirkas auringonpaiste voi häiritä infrapunavalon näkymistä. Infrapunalaukaisimen (ja myös television kaukosäätimen) toiminnan voi tarkistaa, kun katsoo infrapunalinssiä vaikkapa pokkarikameran läpi.



### *CHDK*

CHDK on harrastajien tekemä Canon kameroiden ohjelmistopäivitys. Kameran sisäinen ohjelmisto korvataan muunnetulla ohjelmalla, ja siihen voidaan sitten tehdä haluttuja laajennuksia. Yksi lisäys on kameran laukaisu usb-liittimen kautta: kun usb-kaapeliin annetaan 5V jännite, niin kamera laukeaa. Ohjeita tällaisen rakentamiseen löytyy netistä, tai sellaisen voi tilata valmiina. Ohjelmiston päivitys on monivaiheinen homma, mutta se onnistuu varttitunnissa netissä olevien ohjeiden avulla.



<https://sites.google.com/site/alpohassinen/chdk>

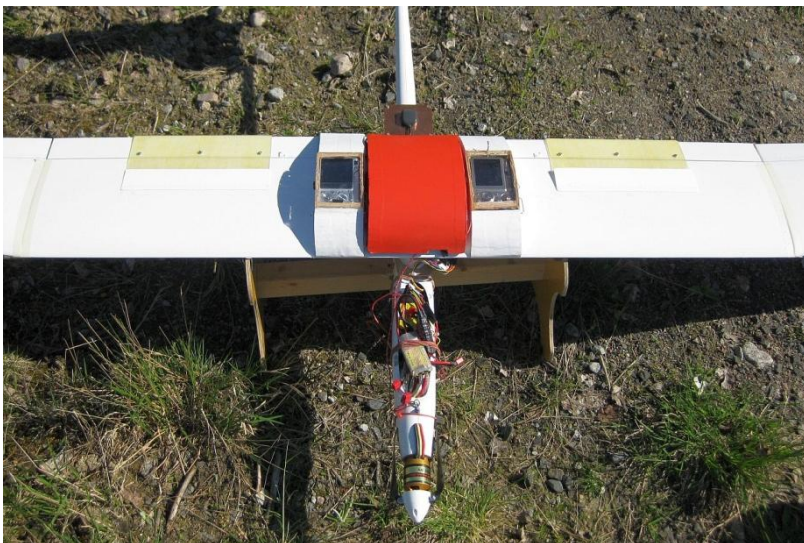
## Servo

Kamerakoteloon voidaan asentaa lennokkiser-vo, joka painaa kameran laukaisinta mekaani- sesti. Toiminta on melko luotettava, ja rakenne on helppo tehdä itse. Servoksi käy jopa halpa muovirattainen. Laukaisulangan pitää olla sen verran joustava, että se sallii servon kääntyä ääriasentoonsa. Etuna tässä on se, että kame- raan ei tarvita mitään muutoksia. Kuvan juppi- mallissa myös kameran virta voidaan katkaista kaukosäädöllä, joten linssi menee suojaan las- keuduttaessa.



## Painonappi

Kamerassa laukaisu tehdään painonapilla, joka painaa kameran sisällä olevaa pientä kytkintä. Tämän kytkimen nastoihin voi juottaa omat johdot, ja ne yhdistämällä kamera laukeaa. Tällainen on mahdollista tehdä, mutta se vaatii tarkat kädet ja kunnon välineet. Kameran takuu tietenkin raukeaa välittömästi. Kytkimessä on yleensä kaksi asentoa, hieman painamalla ka- mera mittaa jo ennakkoon etäisyyden ja arvioi valoisuuden, pohjaan painamalla ottaa kuvan. Johdot pitää siis juottaa viimemainitun kytki- men nastoihin. Etuna tässä laukaisimessa on se, että viivettä ei ole, vaan kuva otetaan heti käs- kyn tullessa. Kuvassa olevan kameran laukaisi- men rinnalle on juotettu punaiset johdot. Ne yhdistämällä kamera laukeaa.



*Kameroiden toiminta pitää testata aina ennen lentoa. Se tehdään lau- kaisemalla kamerat telemetrian avul- la.*

## Kameran stabilointi

Lennokia tai helikopteria ohjataan kallistelemalla, ja ne heiluvat myös ilmassa turbulenssin ja tuulenpuuskien takia. Niinpä kamera voi sojottaa minne tahansa. Asiaa voi korjata asentamalla koneeseen stabiloidun kameratelineen (Gimbal). UAV-lentokone tietää anturiensa ansiosta koko ajan, että missä asennossa se on, ja niinpä se voi ohjata automaattisesti kameraa ja pitää se suorassa. Yleensä käyttäjällä on mahdollisuus ainakin jossain määrin kääntää kameraa. Joissakin laitteissa on mahdollisuus asettaa karttaan kohdepiste, ja kamera kääntyy aina kohti sitä.



Kameran kiinnitysruuvi on 1/4", siis 1/4 tuuman kokoinen, jossa on 20 kierrettä tuumalle (UNC 1/4" - 20).

## Videokuvaus

### *Reaaliaikaista videokuvaa ilmasta*

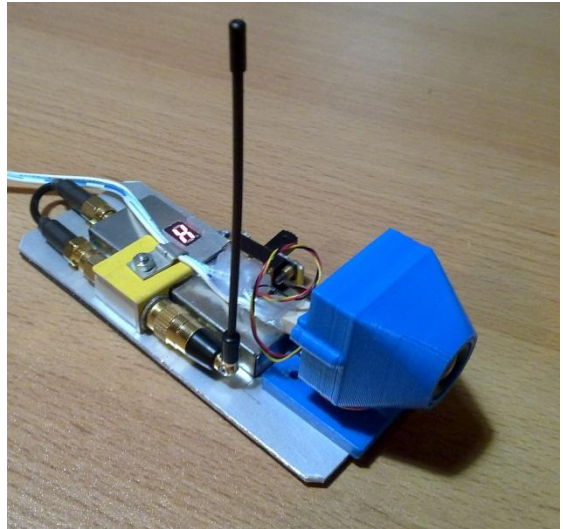
Nykyään on saatavissa edullisia videolähettämiä, joiden avulla saa helposti reaaliaikaista videokuvaa ilmasta. Videokuva on aina huonompi kuin tavanomainen valokuva. Niinpä esimerkiksi henkilön etsintä metsästä voi olla mahdotonta liikkuvasta, heiluvasta ja rakeisesta videokuvasta. Käytännössä tällaisessa työssä täytyy käyttää kameravakainta, joka pitää kameran vakaana. Silloin voi saada jopa HD-tasoista videokuvaa maahan.

Videokuvassa on myös mahdollista näyttää telemetrian tietoja (OSD eli on screen display)



*Ihmisen löytäminen valokuvasta ja etenkin videokuvasta on hyvin hankalaa. Tässä Lapissa otetussa kuvassa on harvaa metsää, ja siellä seisoo ihminen. Ei taitaisi löytyä ilman tuota punaista ympyrää?*

Videokuvaa voi käyttää ilma-aluksen ohjaamiseen, ja silloin on kyse FPV:stä (First Person View). Tällöin on kiinnitettävä huomiota videokuvan reaaliaikaisuuteen, eli kuvassa ei saa olla viivettä. Käytännössä luvallisilla laitteilla saa maksimissaan alle kilometrin luokkaa olevia kantavuuksia, ja yleensä jo sitä ennen yhteys alkaa pätkiä. Pätkiminen näkyy aluksi kuvan huonontumisen ja hämärtyksenä, kunnes lopulta tulee ”sininen ruutu”. Jotkut näytöt eivät siedä ollenkaan huonoa signaalia, vaan ne lopettavat näyttämisen heti häiriöiden ilmaannuttua. Tietenkään tällainen näyttö ei sovelu lennätykseen. Kuvan mennessä epäselväksi lennoksissa olisi hyvä olla RTL-toiminto (Return To Launch), eli koneen voi kätkeä lentämään automaattisesti lähtöpisteeseen.



FPV-lennätyksessä pitää olla aina kaksi lennätystaitoista henkilöä: Toinen lentää, ja avustaja tarkkailee ilmatilaa. Jos jokin menee pieleen, niin avustaja voi ottaa radiolaitteen ja ohjata koneen kotiin. Lennokin tulee olla aina avustajan näkyvissä,

### ***Sallitut radiotaajuudet***

Kännykän käyttö ilma-aluksessa on kielletty, siis myös videopuhelun välitys. Kännykän videokuvassa on myös melko paljon viivettä, joten se ei soveltuisikaan kovin hyvin tarkkailuun tai ohjaukseen.

1320 MHz taajuus on varattu videokuvan välittämiseen. Tehoa saa olla alipäästösuotimen kanssa peräti 1500 mW eli 1,5 W, ja sillä kantomatka on jopa kilometrejä. Taajuuden käyttö vaatii luvan, ja se maksaa 80 euroa/vuosi. Luvan vaatimat lomakkeet ja ohjeet löytyvät nettisivulta <http://mekri.uef.fi/uav/uavlinkit.htm>

2,4 GHz ja 5,8 GHz taajuuksilla kantomatka on muutama sata metriä. 2,4 GHz alueella on paljon muutakin liikennettä, joten se voi aiheuttaa häiriöitä.

Ficoralta voi anoa lupaa myös muiden taajuuksien käyttöön. Esimerkiksi lupa käyttää 2,3 GHz taajuutta 3 W teholla maksaa 150 euroa/vuosi. Jotkut luvat vaativat radioamatööritutkintoa.

### **Tietokoneen kuvaruudun säätö**

Valokuvia käsitellessä tietokoneen kuvaruutu pitäisi olla säädetty oikein. Tähän tarkoitukseen on saatavana hieman päälle satasen maksavia kalibrointilaitteita. Niillä kuvaruudun saa kalibroitua helposti ja nopeasti.

Internetissä on myös joitakin sivustoja, joiden avulla voi hieman katsoa ja tehdä säätöjä. Uusissa Windowseissa on myös jonkinlainen säätöohjelma, se löytyy kun laittaa Ohje ja tuki kohdassa hakusanaksi ”Näytön kalibrointi”





## Lentotoiminta

UAV-ilmakuvauksesta, kuvien tarkkuudesta, lennokkien käytöstä jne. on hyvä esitys kirjassa <http://www.aerialrobotics.eu/pteryx/pteryx-mapping-secrets.pdf>

### *Vakuutukset*

Lentotoimintaa varten kannattaa hommata vakuutus ulkopuolisille aiheutuneita vahinkoja varten. Lennokki voi esimerkiksi harhautua maantielle ja törmätä autoon tuhoisin seurauksin. Ilmailuliiton jäsenillä on vastuuvakuutus harrastustoiminnassa, mutta tämä ei siis kata kaupallisia lentoja. Jos harrastaa muutakin ilmailua, niin Ilmailuliiton jäsenrekisterissä olisi hyvä olla lajina myös lennokit. Suomalaisilla vakuutusyhtiöillä ei liene soveltuvia vakuutuksia, mutta vakuutusmeklarit voivat etsiä vakuutuksen jostain ulkomaisesta yhtiöstä. Esimerkiksi miljoonan euron vakuutus 1000 euron omavastuulla maksaa noin 150 – 500 euroa.



Lennokille itselleen voi myös yrittää saada vakuutuksen. Sellaisen saattaa löytää, mutta omavastuu lienee aika iso. Lennokkien luotettavuuden tuntien epäilen, että vakuutuksesta saa ehkä kerran tai kaksi korvauksen, mutta sitten vakuutusyhtiö nostaa hintaa hyvinkin reippaasti. Joissakin tapauksissa lennokille voi tehdä valmistajan kanssa huoltosopimuksen, ja se kattaa ainakin jossain määrin myös lennokin kaputit.

### *Ilmatilan luvallisuus*

Tarkista ensin ilmailukartasta, että lennätkö valvotussa tai valvomattomassa ilmatilassa. Tarkemmat kartat löytyvät osoitteesta <https://ais.fi/ais/eaip/fi/index.htm>

Onko alueella tilapäisiä rajoituksia, ne näkyvät sivulta <https://ais.fi/ais/bulletins/wrng1map.pdf>

Jos on tarkoitus lentää valvotussa ilmatilassa, niin selvitä lennonjohdon puhelinnumerot ja radiotaajuudet. Soita, kysy lupa ja tee lentosuunnitelma vähintään kaksi tuntia ennen lentoa.

### *Sää*

Lennokeille annetaan yleensä maksimituuli, jossa ne voivat lentää. Käytännössä jo sitä ennen kone heiluu hyvin pahasti, etenkin kun matalalla kaikki metsän reunat ja maastonmuodot muuttavat tuulen suuntaa. Niinpä valokuvat ovat mistä sattuu. Tilannetta voi hieman korjata kameran stabiloinnilla.

Helikoptereilla lentäminen vielä 5 m/s tuulessa ehkä onnistuu, kun kopteri on riittävästi kallellaan tuulta kohti, mutta laskeutumisessa kone pitää kääntää vaakasuoraan, ja sitten mennään tuulen mukana aika haipakkaa ja kenties mukkeliis makkeliis.

Vain harvat UAV-lennokit ovat sateenkestäviä. Vesi tunkeutuu pienistäkin rakosista elektroniikkaan ja kameraan, ja voi aiheuttaa ongelmia. Sateella yksikin pitot-putkeen osuva vesipisara voi aiheuttaa vääriä nopeuslukemia ja siten jopa koneen tuhoutumisen.

Talvella ongelmana on sekä pakkanen että lumi. Lennokin ja elektroniikan pitää antaa jäähtyä ulkoilman lämpötilaan ennen lentoa, jotta anturit näyttävät oikein. Pakkanen hyydyttää akut, joten ne täytyy pitää lämpimänä, ja laittaa koneeseen vasta juuri ennen lähtöä. Sama homma kameran akkujen kanssa, ne kestävät ehkä vain 10 minuuttia kovassa pakkasessa. Varsinkin kameran GPS-ominaisuus kuluttaa paljon virtaa.

Jos lennokka lähetetään ilmaan kuminauhakatapultilla, niin toimiiko kumi kunnolla pakkasella?



*Jos laskun joutuu tekemään lumeen, niin sen jälkeen joka paikka on täynnä lunta. Käytännössä talvella saa tehtyä vain yhden lennon päivässä.*

### ***Vinkkejä rakennus- ja maisemakuvaukseen***

Valokuvat kannattaa ottaa myötävaloon, siis aurinko kuvaajan takana. Pilvipoutainen sää on paras, ja aamulla valaistus on yleensä parempaa. Rakennusten kuvissa pitäisi näkyä ainakin kaksi seinää. Kuvat kannattaa ottaa matalalta, ja rakennuksista pitäisi näkyä enemmän seinää kuin kattoa. Jos on kirkas päivä, niin laita kamerasta alivalotus -1/3 tai -2/3, silloin vaaleat kohdat eivät pala puhki. Ota paljon kuvia, jotta ainakin muutamassa on horisontti suorassa ja kohde keskellä, ja naapuri on kohta kuitenkin kyselemässä valokuvaa omasta talostaan. Siis aina mahdollisimman paljon kuvia, niistä voi sitten valita parhaat. En keksi yhtäkään syytä, miksi kamera ei voisi olla päällä koko ajan. Älä nuukaile, muistikortti- ja kiintolevytila on halpaa.

## Kartat

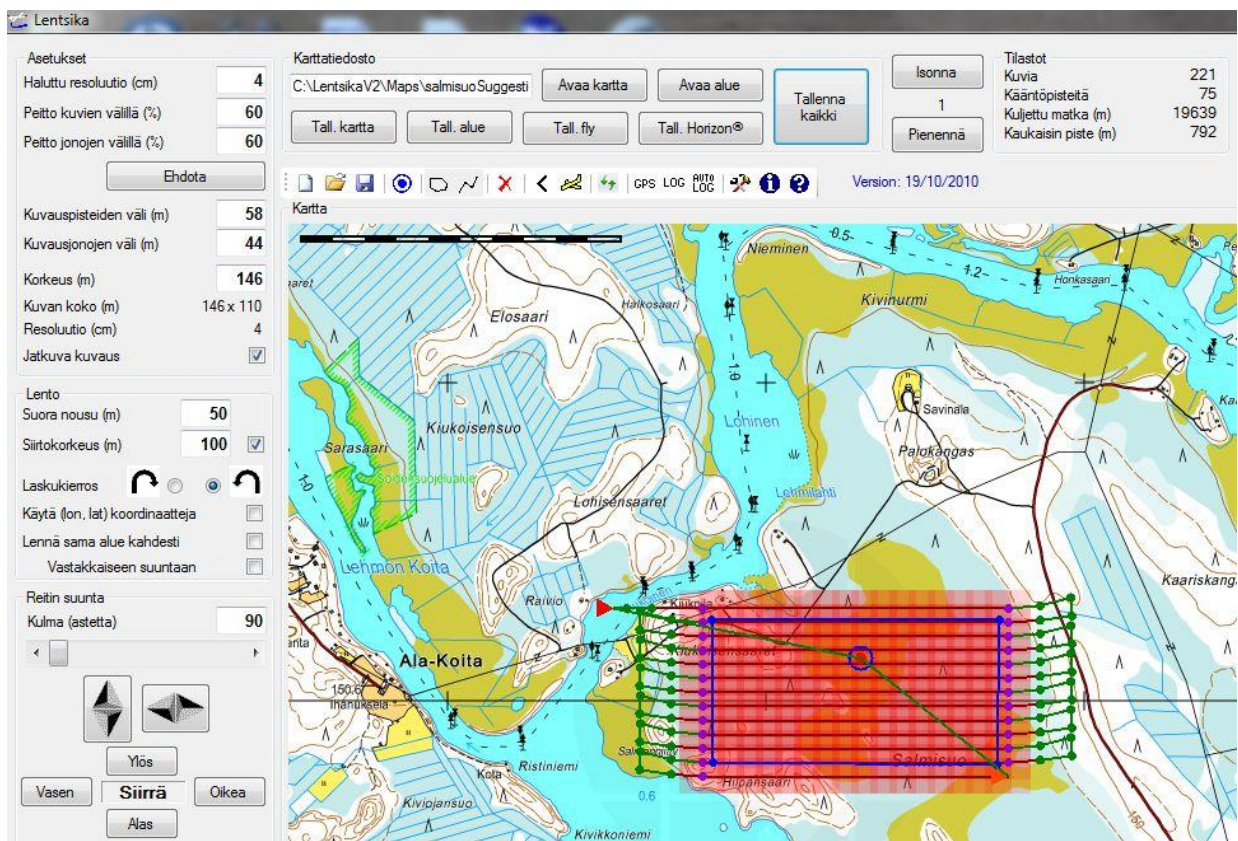
Suomesta on saatavissa hyviä karttoja ja ilmakuvia ilmaiseksi. Ainakin seuraavat palvelut kannattaa testata:

- <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/kartta>
- <http://kansalaisen.karttapaikka.fi/>
- <http://www.retkikartta.fi/>
- Näppärä ohjelma halutun kokoisen kartan tekemiseksi: [http://olammi.iki.fi/sw/fetch\\_map/](http://olammi.iki.fi/sw/fetch_map/)
- Suomalaiset peruskartat Ardupilottiin: <http://lennokit.net/showpost.php?p=594741&postcount=69>

## Valmistelut

Lennokki kannattaa tarkistaa huolellisesti aina ennen lentoa. Siivekkeiden ja peräsimen asentojen testaukseen on helppo tehdä pahvista tai tikusta sabluuna, joka näyttää keski- tai ääriasennot. Potkurin puhtaus kannattaa aina tarkistaa, pienikin multamäärä aiheuttaa epätasapainoa ja siten tärhtäneitä kuvia. Akkujen sijoitus pitää varmistaa, jotta lennokin painopiste on oikeassa paikassa.

Ennen lentoa tarkistetaan lähtö ja laskupaikka, soveltuuko se tuulen suunnalle. Lähtö ja lasku tehdään siis aina vastatuuleen. Näkeekö lähtöpaikalta lennokin koko lennon ajan? Sitten voikin tehdä lentosuunnitelman ja siirtää sen autopilottiin.



Lähtöpaikalla lennokki kannattaa kääntää haluttuun lähtösuuntaan, ja vasta sitten kytkeä virta. Yleensä tässä vaiheessa koneen pitää olla kymmenkunta sekuntia liikkumatta, jotta autopilotti saa asentoanturit nollattua. Ennen ilmaan heittoa lennokkia ei saa kallistella yli 45 astetta, muuten asentoanturit voivat mennä hetkeksi sekaisin. (Tee joskus testi: laita kone ylösalaisin ja käännä sitten oikeinpäin. Kuinka kauan menee ennen kuin telemetriasta näkyvä keinohorisontti on vaakasuorassa?)

## ***Tarkistuslista***

Vaikka olisi kuinka kokenut lennättäjä, niin tarkistuslista kannattaa tehdä, ja sitä kannattaa käyttää joka kerran. Näin mikään tärkeä ei pääse unohtumaan.

Kannattaa tehdä myös erillinen lista lennätysmatkalle otettavista tavaroista. On noloa ajaa 200 km lento-paikalle ja huomata, että radio-ohjain tai kameran kiinnitysruuvi unohtui...

## **TaigaCamin ja Micropilotin tarkistuslista**

### **Lähtö:**

1. Lataa lennokin, tietokoneen, radion, kameroiden yms akut, tyhjennä muistikortit.
2. Tarkista tuulen suunta ja valitse hyvä lähtöpaikka
3. Tarkista, että kone on koottu oikein, potkuri on puhdas, siivekkeissä ei ole klappia.
4. Käynnistä tietokone
5. Vedä radio-ohjaimen antenni ulos ja käynnistä radio. Automaattiasento, puolittajat pois.
6. Laita moottorinjohdot paikoilleen
7. Laita akut paikoilleen
8. Laita virta päälle, älä heiluta konetta 10 sekuntiin
9. Tarkista lento-ohjelma, ja lataa se koneeseen
10. Käynnistä kone uudelleen, älä heiluta konetta 10 sekuntiin
11. Kiinnitä GPS-kaapeli
12. Odota että kone saa GPS-signaalin ja näyttää reitin tietokoneen kartalla
13. Tarkista akun jännite
14. Tarkista koneen asento keinohorisontista
15. Kokeile siivekkeiden liikkumista radion manuaaliasennossa
16. Tee radion kantavuustesti (mene 25 metrin päähän, paina takana olevaa nappia ja testaa liikkeitä)
17. Tarkista, että siivekkeet ovat oikeassa asennossa, ne heiluvat konetta liikuteltaessa oikein
18. Tarkista pitot-putki
19. Laita kamerat päälle, laita tarkennus äärettömään
20. Testaa kamerat painamalla tietokoneen telemetrian nappia
21. Heitä kone ilmaan
22. Tarkkaile akun jännitettä, tarvittaessa kutsu kone takaisin

### **Lasku:**

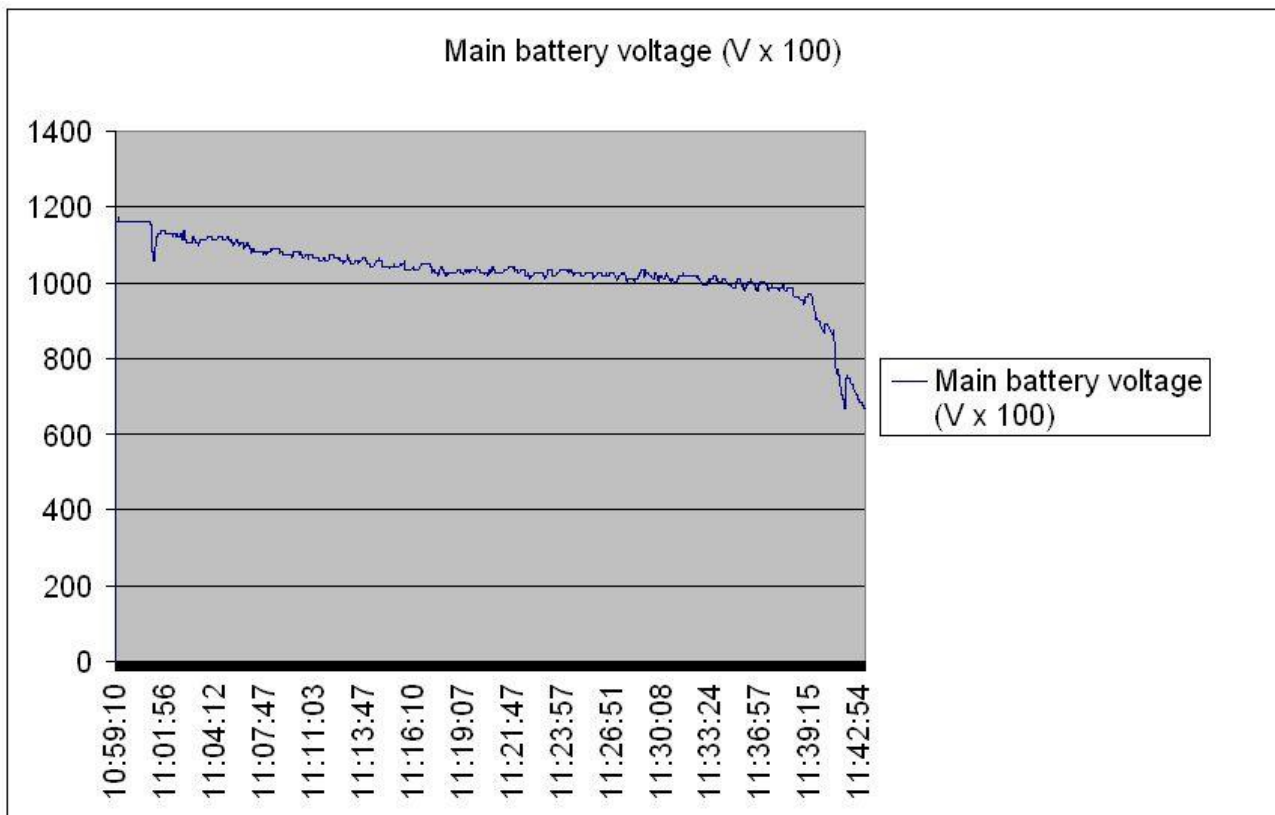
1. Laskun jälkeen irrota GPS-kaapeli
2. Kytke virta pois
3. Irrota akut
4. Sammuta kamerat
5. Sammuta radio-ohjain
6. Sammuta Horizon-ohjelma
7. Laita akut lataukseen, myös kameran ja tietokoneen
8. Käynnistä LogViewer-ohjelma
9. Laita lennokkiin joku akku, ja laita virta päälle, lokitiedosto ladataan tietokoneelle
10. Kopioi kuvat kamerasta tietokoneelle
11. Tarkista ainakin muutama kuva, että kaikki on ok

## Lento

Lennon aikana kone huolehtii itse reitistä, lennättäjän tehtäväksi jää vain tarkkailla toimintaa ja pitää silmällä ilmatilaa muiden ilmailijoiden varalta. Telemetriasta näkee, että pysykö kone halutulla reitillä, vai puhaltaako tuuli konetta sivuun. Puuskaisella tuulella kone voi harhailla paljonkin sivuun, ja silloin kannattaa miettiä lennon keskeyttämistä, sillä kuvat ovat mistä sattuu. Vaikka kone kulkee telemetrian mukaan oikein pitkin reittiä, niin konetta voi tarkkailla myös kiikareilla, ja niillä näkee, että heiluuko kone paljon, ja siten myös arvioida kuvien laatua.



Tärkeintä lienee tarkkailla akkujen tilaa, yleensä jännitettä. Jos esimerkiksi TaigaCamissa 11.1V akkujen jännite laskee ensimmäisen kerran alle 10 Voltin, niin lentoaika on jäljellä alle 4 minuuttia. Se viimeinen kuvauslinja on tietenkin tärkeä, mutta sen hintana voi olla akkujen loppuminen ja koneen rikkoutuminen.



*LiPo akkujen jännite romahtaa tietyn pisteen jälkeen. Sitä ennen pitäisi koneen olla jo matkalla laskupaikalle.*

## Lennon jälkeen

Lennon jälkeen akut laitetaan lataukseen, siis lennokin, kameran, radiolähtetimen ja myös maastotietokoneen akut. Lennokista imuroidaan lokitiedosto, eli ”mustan laatikon” sisältö. Sinne on tallennettu kaikki mahdollinen tieto lennosta, ja ainakin GPS-koordinaatteja, lentokorkeutta ja kallistuskulmia tarvitaan myöhemmin valokuvien asemoinnissa ja kuvamosaiikin teossa. Lennokki kannattaa myös tarkistaa vahinkojen varalta.

Ja kyllä, kerran olen onnistunut tyhjentämään erään henkilöauton akut pitkän lentopäivän aikana niin, että se ei illalla lähtenyt enää käyntiin.

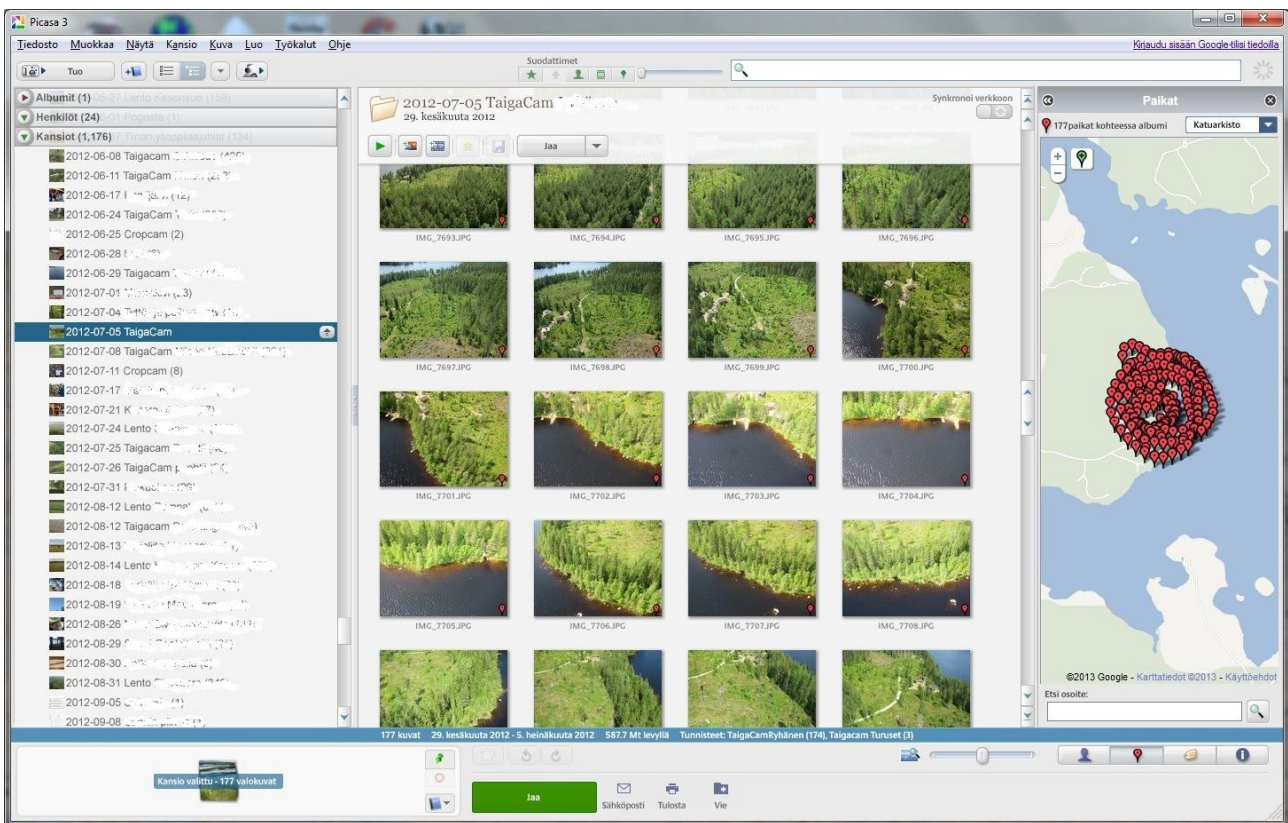


*Akut latauksessa, lennokin lokitiedosto ja kameran kuvat kopioitumassa lennon jälkeen.*

# Ilmakuvien käsittely

Ilmakuvien kansiot kannattaa nimetä jollain järkevällä menetelmällä. Hakemiston nimeen kannattane lait-  
taa ainakin päiväys ja kuvauspaikka.

Maisemakuvien arkistointiin yksi helpoimmista ohjelmista on ilmainen Googlen Picasa. Se näyttää valokuvat  
selkeinä luetteloina, ja kuvia on nopea selata. Ohjelma näyttää myös valokuvien ottamispaikan, jos ne on  
tallennettu kuviin. Ohjelmalla voi myös tehdä korjauksia ja värien säätöjä kuviin.



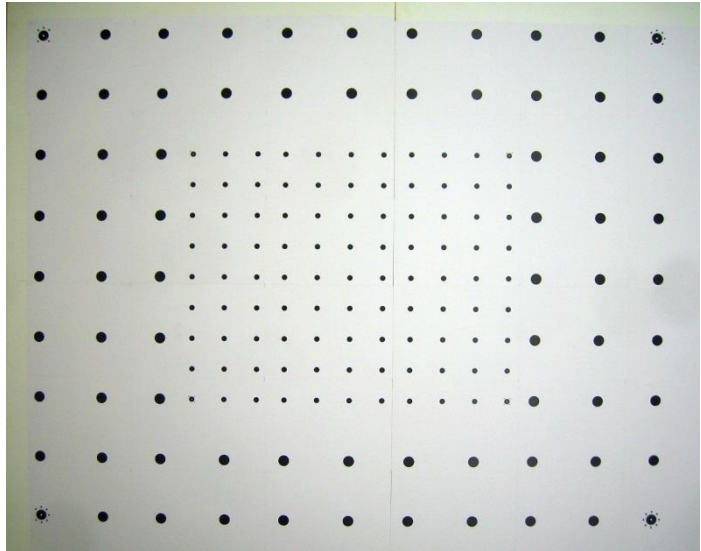
*Picasan kuvanäkymä Näissä esimerkkikuvissa on mukana myös GPS-koordinaatit. Lennokilla on kierretty  
kesämökin ympäri 4 kertaa, ja koko ajan on kuvattu. Lennon aikana tulee noin 150 valokuvaa, ja kymmen-  
kunta on niin hyviä, että niistä voisi tehdä suurennoksen. Muissa kuvissa kohde ei ole keskellä, horisontti on  
vinossa, rakennuksen edessä on puita jne.*

Ilmainen Irfanview on näppärä kuvankäsittelyohjelma. Sillä voi helposti ja nopeasti korjata yleisimmät vir-  
heet ja puutteet valokuvista, ja myös pienentää esimerkiksi sähköpostiin tai nettisivuille. Täällä on pikaohje  
Irfanviewin käytöstä ilmakuvien käsittelyyn: <https://sites.google.com/site/alpohassinen/irfanview>

## Ortokuvien käsittelyohjelmia ja palveluja

Nettisivulla <http://mekri.uef.fi/uav/uavlinkit.htm> on mainittu joitakin ohjelmia ja palveluja. Tällaisten oh-  
jelmien hinnat ovat 3500 eurosta ylöspäin, ja Internet-palveluina yhden kuvauksen käsittely maksaa noin  
100 eurosta ylöspäin. EnsoMosaic, Pieneering, Agisoft Photoscan ja Pix4D lienevät eniten käytettyjä? Oh-  
jelmien ominaisuuksiin voi tutustua ohjelmien kotisivuilla, ja joistakin saa rajoitetun demoversion tai ohjel-  
milla voi tehdä muutaman testiajon.

Kameran linssin tai kuvakennon pienet virheet voivat aiheuttaa jopa metrin virheitä lopputuloksiin. Tarkka kuvien käsittely vaatii, että kamera on kalibroitava. Se tehdään tavallisesti niin, että kameralla otetaan tietynlaisesta kalibrintitaulusta valokuvia eri kulmista, ja sitten kuvat ladataan kalibrintiohjelmaan.



Kalibrointi on kamerakohtainen, ja jokaisella eri ohjelmalla on tietenkin oma erilainen taulu. Se pitäisi saada tulostettua mahdollisimman isokokoisena, jotta kamerasmittaama etäisyys olisi sama kuin oikeassa kuvauksessa. Esimerkiksi 2 x 2 metrin kalibrintitaulun ainoa helppo sijaintipaikka on sisäkatto. Joskus apuna voi käyttää dataprojektorin, ja sillä kuvan voi heijastaa sopivalle seinälle.

### ***Mosaikin teko***

Ortokuvauksessa alueelta otetaan kuvia, ja jokaisessa kuvassa näkyy osa edellisestä ja seuraavasta kuvasta, ja myös kuvausjonot peittävät osin toisiaan. Näiden päällekkäisyyksien (overlap) ansiosta valokuvista voi tehdä ison mosaiikin. Tähän tarkoitukseen on monia ohjelmia ja nettipalveluja. Tosin metsien kanssa niillä on aina vaikeuksia, ohjelmat eivät välttämättä osaa tunnistaa yksittäisiä puita metsästä, ne näyttävät niin erilaisilta kahdesta suunnasta otetuissa kuvissa.

Yksityiskäyttöön melko käyttökelpoinen on ilmainen Microsoft ICE (Microsoft Image Composite Editor). Yleensä riittää, että ohjelmaan raahataan valokuvat, ja jonkin ajan kuluttua ohjelma on tehnyt mosaiikin. Joskus kuva on vääristynyt, ja silloin voi kokeilla eri Stitch-asetuksia. Kun kuva on valmis, niin sen voi tallentaa esimerkiksi jpg-muodossa, tai ohjelmalla voi tehdä zoomattavan nettikuvan. Kuvissa ei kuitenkaan ole GPS-koordinaatteja, eivätkä ne välttämättä ole mittakaavassa.

Kalliimmat ohjelmat käyttävät valokuvien GPS-koordinaatteja ja lennokin kallistuskulmia hyväkseen. GPS-koordinaatit saadaan tavanomaisesta UAV-lennokeissa käytetystä GPS-laitteesta sekunnin välein. Mutta sekunnissa lennokka kulkee noin 17 metriä, ja kuva on otettu jossain siinä välissä. Pahimmassa tapauksessa kamera on vielä arponut tarkennusta ja valaistusta ainakin sekunnin, ja siten kuva voi olla otettu mistä tahansa 34 metrin matkalla. Lisäksi GPS-laitteiden tarkkuus on parhaimmillaankin noin 5 metriä, ja nopeasti kulkevassa lennossa vielä huonompi.





Joissakin kameroissa on sisäänrakennettu GPS. Kuvaspaikan koordinaatit ja korkeus merenpinnasta tallennetaan jpg-kuvan exif-tietoihin.

Kaikesta huolimatta keskiarvoja laskemalla ohjelmat saavat mosaiikin asemoitua muutaman metrin tarkkuudella. Jos maastoon laittaa näkyviä kiintopisteitä, niin niiden avulla kuvan saa asemoitua jopa sentin tarkkuudella.

### **3D-mallin teko**

Ilmakuvista voidaan laskea myös kolmiulotteinen pistepilvi, siis iso läjä pisteitä, joiden x, y ja z koordinaatit tiedetään. Niitä yhdistelemällä voidaan sitten tehdä kolmiulotteinen malli maastosta. Mallin perusteella voidaan mm laskea esimerkiksi hakekasan tilavuus tai metsän puiden pituus. Kalliimmat ohjelmat osaavat tehdä nämä laskennat ja mittaukset jotakuinkin automaattisesti. Jos ohjelmille on saatavissa koulutusta, niin niihin kannattaa osallistua.

Harrastajakäytössä rakennusten kolmiulotteisen mallin voi tehdä esimerkiksi ilmaisella Autodesk 123D Catch ohjelmalla. Lennokilla tai helikopterilla otetaan 20 – 50 tavanomaista viistokuvaa rakennuksen eri puolilta niin, että kaikki kohdat varmasti näkyvät useissa eri kuvissa, ja kaikissa on käytetty samaa zoomia. Sitten kuvat ladataan ohjelman avulla nettiin, ja jonkin ajan kuluttua sieltä tulee sähköposti, että malli on valmis.

Kuvaa voi sitten pyöritellä ja tarkastella. Kuva ei tietenkään ole mittatarkka tai mittakaavassa, mutta tarvittaessa sille voi laittaa oikeat koordinaatit, joten malli lienee käyttökelpoinen ainakin joihinkin tarkoituksiin.



*Tämä 3D-malli on tehty talon eri puolelta otetusta 32 valokuvasta. Käyttäjän tarvitsi vain ladata kuvat Autodesk 123D Catch-ohjelmaan, ja jonkin ajan kuluttua malli oli valmis. Vertaa mallia valokuvaan sivulla 6.*

## Yleisimmät virheet

Kaikki ei aina mene niin kuin Strömsössä...

### Lähtö- ja laskupaikat

Nykyisten lentosääntöjen mukaan pitäisi siis päästä mahdollisimman lähelle kuvattavaa kohdetta, käytännössä alle puolen kilometrin päähän. Sieltä siis pitäisi löytyä vähintään 300 metriä pitkä tuulen suuntainen sileä alue. Älä unta näe! Elävässä elämässä joudutaan operoimaan taimikoista, avohakkuualueilta tai avosoilta.



Kaikissa noissa on esteenä puita, kiviä ja kantoja, myös siellä karttaan merkityllä "avosuolla". Suolla on vielä lisäongelmana vesi. Ja kaikki nämä edellä olevat ovat vielä syvän pajukkoa täynnä olevan tieojan takana.

Yleensä lennokka heitetään ilmaan. Alle neljän kilon lennokin heitto onnistuu, olemmehan keihäänheittäjäkansaa. Katapultilla lentoonlähtö helpottuu, tosin haittana on katapultin pystyttämiseen vaadittava aika. Paineilmakatapultti vaatii lisäksi akun ja kompressorin raahaamisen lähtöpaikalle. Kuminauhakatapultti on kevyempi, mutta se ei toimi välttämättä kylmillä keleillä.

Metsäautoteiltä voi yrittää operoida, siellä on ongelmana pyörteinen tuuli, joka voi heitellä konetta paljonkin. Lähtö ehkä vielä juuri ja juuri onnistuu, mutta lasku kokemuksen mukaan ei. Konetta voi ohjata myös käsiohjauksella, mutta 60 km/h laskeutuva kone ei salli pienintäkään virhettä tai epäröintiä. Käytännössä lennon päätyttyä lennokka tekee lentosuunnitelman mukaan laskun, ja jos käyttäjä huomaa jonkin menevän pieleen, niin hän ottaa koneen käsiohjaukseen. Ja aina liian myöhään! Niinpä jonkin ajan kuluttua huomaa, että aina kun koneen on ottanut käsiohjaukseen, niin joka kerta on kone törmännyt johonkin...

Jos lähdön joutuu tekemään metsän keskellä olevasta aukosta, niin aina ennen koneen heittoa ilmaan pitää katsoa taakse. Kone nimittäin tulee laskeutumaan siitä suunnasta. Onko siellä korkeita puita?

Jos koneen siipi osuu laskeuduttaessa esteeseen, esimerkiksi kiveen tai puuhun, niin siipi yleensä rikkoutuu. Isku aiheuttaa koneen runkoon melkomoisen vääntövoiman, ja myös siihen tulee repeämiä, joskus koko runko menee poikki.

Jos lennokka putoaa maahan, niin radio-ohjaimesta heti kaasun pois ja autopilotti manuaaliasennolle. Tämä ehkä estää moottorin ja säätimen palamisen.

Mikäli lennokka putoaa veteen tai lätäkköön, niin tärkeintä on ottaa virrat heti pois sekä lennokista että kameroista. Niitä voi sitten kuivatella sopivassa lämpimässä tilassa, ja ehkä myös puhallella kevyesti paineilmalla. Jos vesi on ollut likaista, niin elektroniikkaa voi puhdistaa tislattulla vedellä tai isopropanolilla. Varo kuitenkin ilmanpaineantureita, ne ovat hyvin herkkiä. Virran saa kytkeä laitteisiin vasta parin päivän kuluttua kun kaikki on varmasti ihan kuivaa. Ilmanpaineanturit kannattaa testata ennen seuraavaa lentoa.

Jos lennokka ei palaa takaisin lennolta ja katoaa, niin tärkeintä on kirjoittaa heti ylös ihan paperille viimeisin telemetriasta saatu koordinaatti- ja korkeustieto. Yllättävän usein tämä unohtuu siinä hötäkässä, ja tiedot joutuu jälkikäteen kaivelemaan esille lokitiedostoista. Sitten vaan gepsin kanssa konetta etsiskelemään.

## ***Lennokki puussa***

Ennen pitkää tämä sattuu jokaiselle maastossa lennättävälle. Kuuden metrin onkivavalla kurkottelemalla lennokin saa alas jopa 8 metrin korkeudelta. On myös olemassa jopa 16 metriä pitkiä onkivapoja ja 20 metriä pitkiä teleskooppimittakeppejä, ja niillä voi yrittää hosua lennokin alas. Tosin keppi on käytännössä melko taipuisa, ja hallittu lennokin pudotus ei välttämättä onnistu. Mutta kunnan iskun niillä saa, ja koneen alas ainakin jossakin kunnossa.

Paksuoksaiseen kuuseen voi kiivetä, tosin työsuojeluviranomaiset vaatinevat turvavaljaat. Sähkömiehen pylväskenkiä ei kannata käyttää vieraassa metsässä, ne tekevät pahoja reikiä runkoon ja tappavat puun. Arboristeilla on olemassa tarvittavat välineet ja taito kiivetä myös oksatomiin puihin, ainakin maksusta. Apua voi pyytää myös pelastusviranomaisilta. Puun kaataminen on lopullinen ratkaisu, usein myös lennokille.



*Radio-ohjattava lennokki osui 21 metriä pitkän puun latvaan ja jäi sinne. Majavanmetsästyksen tarkoitetulla nuolella ja narulla sen sai alas.*

## Virran loppuminen

Lennokista voi loppua virta liian aikaisin joko lataamattomuuden vuoksi, tai sitten on yliarvioitu lennokin lentomatka. Tuulella sähköä kuluu enemmän kuin tyynellä, ihan totta! Äärimmäinen esimerkki: Jos tuulee vaikkapa  $14 \text{ m/s} = 50 \text{ km/h}$ , ja koneen nopeus on  $51 \text{ km/h}$ , niin vastatuuleen maanopeus on siten  $1 \text{ km/h}$ . Kilometrin matkaa kone sinnittelisi siis tunnin. Paluumatka menisi sitten nopeasti nopeudella  $101 \text{ km/h}$  noin puolessa minuutissa. Mutta kahden kilometrin matkaan meni siis yhteensä yli tunti, ja akku olisi jo varmaankin tyhjä. Lennon keskinopeudeksi tuli noin  $2 \text{ km/h}$ . Jos et usko, niin laske itse 😊 Tyynellä tuohon matkaan olisi mennyt kaksi ja puoli minuuttia. Pienemmällä tuulella vaikutus on tietenkin pienempi, mutta silti selvästi havaittava.

Pakkasella LiPo akkujen kapasiteetti huononee. Niinpä akut kannattaa pitää lämpimässä, ennen kuin laittaa ne koneen sisälle. Käytön aikana akut yleensä lämpenevät, joten lentoaika ei vähene kovin paljon. Sen sijaan kameran akut tyhjenevät alle  $-10$  asteen pakkasessa jo  $10 - 15$  minuutissa.

## Tekniset viat

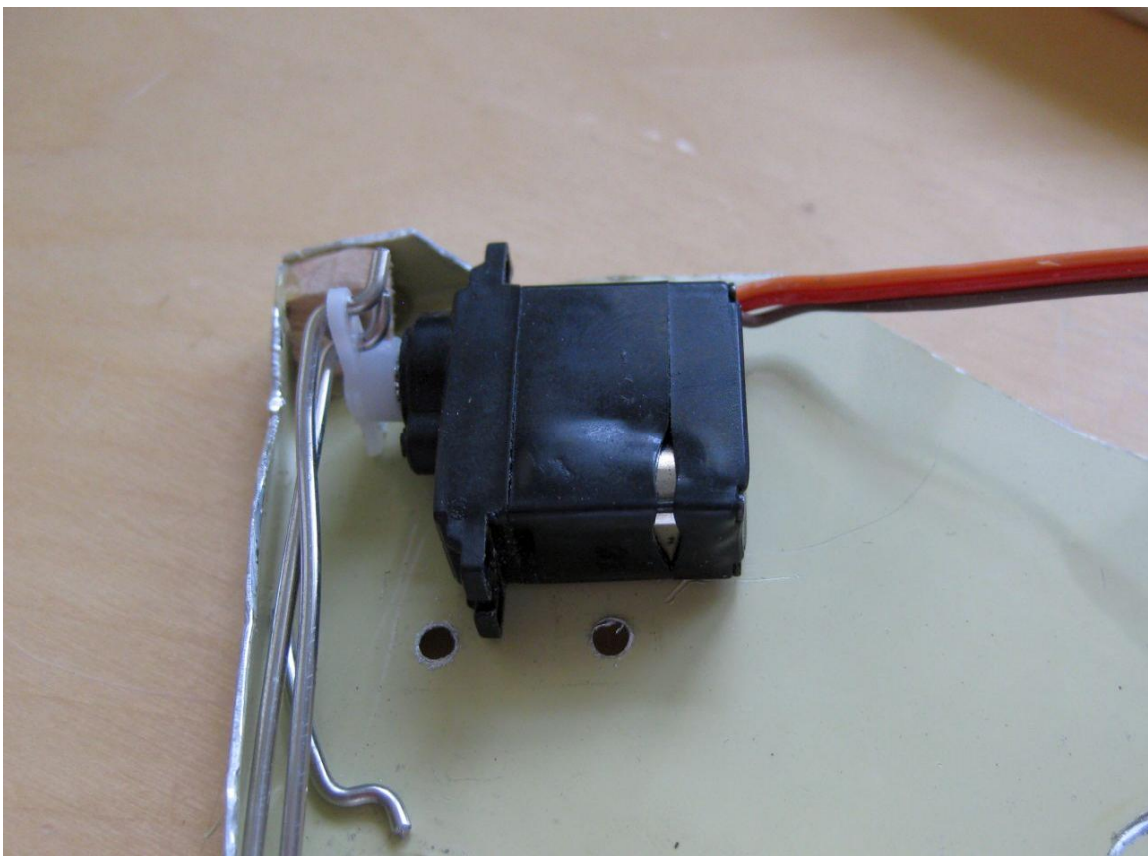
Kun lennokkia siirrellään ja kuljetellaan maastossa, niin aikaa myöten tulee väistämättä kolhuja ja vääntymisiä. Myös virtajohdot ja kaapelit vioittuvat, kun niitä joudutaan taivuttelemaan ja kytkemään. Tällaisia vikoja ei ehkä huomaa paljain silmin, eivätkä ne välttämättä näy testeissä. Vasta todellisessa tilanteessa ja rasituksessa lennon aikana ne tulevat esiin, yleensä tuhoisin seurauksin.



*Maastossakin joutuu tekemään korjauksia.*

## ***Salaperäinen tapaus***

Lennoilla tehtiin metsien kuvauksia, operoitiin tietenkin avohakkuualueilta. Laskeutumisissa käytettiin laskuvarjoa. Kerran eräällä lennolla lennokka syöksyi nokka edellä maahan heti lähdön jälkeen. Mitään viitettä ilmiöön ei löytynyt, eikä vikaa löytynyt. Seuraavalla kerralla kone nousi hyvin ilmaan ja kääntyi kohti ensimmäistä kääntöpistettä. Jossain välissä kone yhtäkkiä kääntyi alas ja syöksyi metsään. Kamera irtosi ja lensi tienoon ainoaan lätäkköön, onneksi sen sai myöhemmin kuivateltua kuntoon. Lennokin vauriot olivat aika isot. Taas mitään syytä ei löytynyt lokitiedostoista eikä muualtakaan. Koneen kunnostuksen ja koelentojen jälkeen lähdettiin taas metsään lentämään, nyt valittiin syrjäinen paikka, jossa lähin talo on 20 km päässä. Lyhyen lennon jälkeen meni autopilotin vikatila päälle, ja kone palasi kotiin, tosin se osui laskukieroksessa pehmeästi puuhun, ja säilyi vaurioitta. Jälleen lokitiedostojen tutkiskelua, ja mitään erikoista ei löytynyt. Sitten vaan uudelleen kone ilmaan. Jonkin ajan kuluttua kone syöksyi taas metsään, ja meni pahasti palasiksi. Edelleenkin vikaa ei löytynyt, ja kaikki mahdolliset paikat käytiin läpi kolmeen kertaan ja tehtiin onnistuneet koelennot. Sitten taas yrittämään lentoa maastossa edellisessä paikassa. Jälleen lähtö onnistui, mutta kone teki taas syöksykierteen ilmassa, ja rämähti miltei samaan paikkaan kuin aikaisemminkin. Lähtöpaikalta sinne oli puolisen kilometriä, ja oli ihan mielenkiintoista seurata koneen lentoa, kunnes se yhtäkkiä päätti syöksyä maahan. Kone näkyi menevän palasiksi puussa, ja parin sekunnin kuluttua kuului valtava räjähdys. Tämän kolarin jälkeen lokitiedostossa yhdessä 0,2 sekunnin pituisessa tietueessa oli merkintä, että jännite on liian alhainen. Koska kyse ei voinut olla itse akkujen jännitteestä, niin ainoaksi syyksi voi tulla servojen 5V jännite. Siispä servot esille ja etsimään syytä. Se löytyikin: laskuvarjon servo oli viallinen. Nyt siinä näkyi jo lämpenemisen aiheuttamaa muovin sulamista. Samalla selittyi myös se, että miksi koelennot pellolla onnistuivat, nehan tehtiin ilman laskuvarjoa.



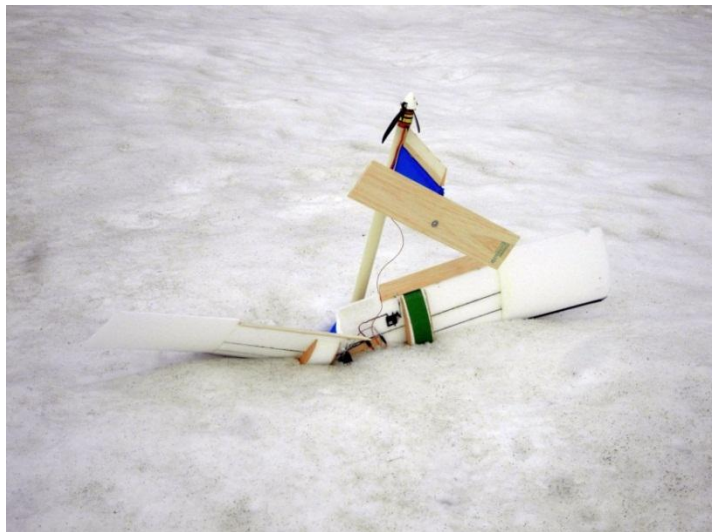
*Kuukauden lennot menivät pipariksi parin kympin servon takia. Viallinen servon moottori on lämmennyt ja sulattanut kotelon muovia.*

## Inhimilliset virheet ja huolimattomuus

Mikä tahansa virhe, huolimattomuus tai tarkkaamattomuus ilmailutoiminnassa kostetaan heti ja ankarasti. Murphyn laki on aina voimassa. Jos lennokissa on pienikin vika tai toiminnassa on jotain outoa, niin ei kannata lentää ennen kuin on tutkinut ja korjannut vian. Tässä joitakin töppäyksiä:

- Lentokorkeus oli 80 metriä, huonossa venäläisessä kartassa ei ollut merkitty 80 m korkeaa mäkeä siinä reitillä.
- Kameran akut eivät olleet täynnä, ja virta loppui kesken lennon.
- Talvipakkasella kameran akut hyittyivät jo 5 minuutissa, se otti vain muutaman kuvan.
- Lentokorkeus oli 140 metriä, pilvikorkeus 120 metriä, ja niinpä kaikki kuvat olivat valkoisia.
- Lennokin siivestä irtosi teippi osittain kesken lennon, toispuoleinen ilmanvastus teki lennon mielenkiintoiseksi.
- Automaattiohjaus on tuossa kytkimen asennossa, ja manuaaliohjaus toisessa, vai oliko se päinvastoin, tämä epäröinti tiesi romua.
- Lento-ohjelman lataus autopilottiin ei onnistunut, vaan kone lähti suorittamaan edellistä 50 km päässä olevaa ohjelmaa. Onneksi lennättäjä huomasi ajoissa asian ja kutsui koneen kotiin.
- Lähdössä tuuli oli hieman muuttanut suuntaa, ja kone heitettiin siihen suuntaan, laskuvaiheessa juuri sillä linjalla oli iso puu.
- Tuulenpuuska ahtaasta paikasta lähdeäessä heitti koneen sivuun, siis puuhun.
- Pienelle läntille laskeuduttaessa arvioin etäisyyden koneeseen väärin, ja se räsähti reunapuihin.
- Laskuvarjo oli pakattu edellisenä päivänä, mytty ei auennut.
- Talvipakkasella sisällä testasin lennokkia, olin sukkasillaan, staattisen sähköön piikki iski virtajohtimiin, autopilotin korjaus maksoi 2500 euroa.
- Siivekeservojen vaihdon jälkeen lentotestissä selvisi, että näissä pyörimissuunta on päinvastainen edellisiin verrattuna.
- Sitten liuta niitä säätöparametrien hakemisia, esimerkiksi D-vahvistus ei näköjään saa olla liian iso.
- Aina se viimeinen kuvauslinja tuntuu olevan tärkein, kyllä ne akut vielä sen verran riittävät...

Toisaalta jos ajellee 200 km kuvauspaikalle, ja vaikka sieltä löytyisi kuinka huono lähtöpaikka, niin koneen saa ilmaan ja kuvat otettua. Laskussa mahdollisesti vaurioituneen koneen korjaus vie vain pari tuntia, ja kuvauskeikka on kannattanut.



# Esimerkkejä UAV:n käytöstä Suomessa

Tässä muutama UAV-laitteiden käyttäjä Suomessa

## Mekrijärven tutkimusasema

Itä-Suomen yliopiston Mekrijärven tutkimusasemalla on ollut Cropcam-lennokki jo vuodesta 2007 lähtien. Alkuvuosina ongelmana oli se, että ala oli täysin uutta, ja mistään ei löytynyt tietoa tai ohjeita. Kaikki piti selvittää ja etsiä itse ihan lentosäännöistä lähtien.

Lennokilla on tehty satoja lentoja Suomessa ja kymmenkunta myös Venäjällä. Lennokin runko on myöhemmin vaihdettu TaigaCamiin. Lennokilla on tehty ilmakuvauksia tutkimustarkoituksiin, mm vanhojen metsien inventointia, metsäsuunnittelua, lintujen laskentaa, järviruokojen kartoitusta jne. Koneella on siis tehty melkein yksinomaan metsien kuvauksia, ja siten todellisuus lähtöpaikoista on tullut koettua kymmeniä kertoja. Ilmakuvia on otettu 6 vuoden aikana noin 70 000 kpl, osa tavallisia kuvia, osa lähi-infrapunakuvia.



*TaigaCam on tarkoitettu kovaan käyttöön, laskeutumiset onnistuvat myös taimikkoihin ja avohakkuualueille. Lennokissa on kaksi kameraa, toinen tavallinen ja toinen near-infrapunakamera.*

## Itä-Lapin ammattiopisto

Itä-Lapin ammattiopistossa on kehitteillä koulutusohjelma UAV-lennättäjille ja lennoilta saatavan tiedon loppukäyttäjille, esimerkiksi poliisi- ja pelastusviranomaisille. Laitteistona on mm. C-Astralin Bramor-lennokit, Infotronin polttomootorikäyttöinen helikopteri, Microdrones-kopteri, Mikrokofter, Micropilot-autopilotti, joka on asennettu Maja-lennokkiin jne.



*C-Astralin Bramor koneet laukaistaan katapultilla.*

## KopterCam

KopterCam on helsinkiläinen vuonna 2012 perustettu yritys, joka tarjoaa still- ja videoilmakuvauspalvelua median ja markkinoinnin tarpeisiin. Yrityksellä on multiroottorikoitereita, ja kuvauskalustona HD-video- ja ilmakuvauuskameroita.



*Kuva:  
KopterCam Oy*



MIKÄ ON UAV .....	3
UAV LYHYESTI: .....	3
UAV-LENNOKIN HYVÄT JA HUONOT PUOLET .....	4
UAV-, ILMA- JA SATEELLIITTIKUVAT .....	4
UAV-LAITTEIDEN KÄYTTÖTARKOITUKSIA .....	6
<i>Maisemakuvat</i> .....	6
<i>Luonnonvarat</i> .....	7
<i>Valvonta, tarkastus ja etsintä</i> .....	8
<i>Mittaukset ja kartoitus</i> .....	9
<i>Harrastukset ja elokuvat</i> .....	9
ILMAILUSÄÄNNÖT .....	10
<i>Ilmatila, muu lentoliikenne ja rajoitukset</i> .....	10
ILMAKUVAUS JA LAINSÄÄDÄNTÖ .....	15
<i>Kielletyt alueet</i> .....	15
<i>Kotirauha ja yksityisyyden suoja</i> .....	15
<i>Tekijänoikeus</i> .....	16
UAS-JÄRJESTELMIÄ.....	17
<i>Kaupallisia UAS-järjestelmiä</i> .....	18
AUTOPILOTTI .....	19
<i>Laitevaihtoehtoja</i> .....	20
<i>Telemetria</i> .....	20
<i>Säätäminen</i> .....	21
<i>Virhetilanteet</i> .....	23
LENNOKIT .....	25
<i>Valmistusmateriaalit</i> .....	26
<i>Moottori ja säädin</i> .....	27
<i>Akut</i> .....	30
<i>Servot</i> .....	32
<i>Radio-ohjain</i> .....	32
<i>Laskuvarjo</i> .....	33
<i>Lennoikkivaihtoehtoja</i> .....	34
HELIKOPTERIT .....	34
KAMERAT .....	35
<i>Kameran laukaisu</i> .....	37
<i>Kameran stabilointi</i> .....	39
<i>Videokuvaus</i> .....	39
<i>Tietokoneen kuvaruudun säätö</i> .....	40
LENTOTOIMINTA.....	41
<i>Lento</i> .....	45
<i>Lennon jälkeen</i> .....	46
ILMAKUVIEN KÄSITTELY.....	47
<i>Ortokuvien käsittelyohjelmia ja palveluja</i> .....	47
YLEISIMMÄT VIRHEET .....	50
<i>Lähtö- ja laskupaikat</i> .....	50
<i>Virran loppuminen</i> .....	52
<i>Tekniset viat</i> .....	52
<i>Inhimilliset virheet ja huolimattomuus</i> .....	54
ESIMERKKEJÄ UAV:N KÄYTTÖSTÄ SUOMESSA .....	55
<i>Mekrijärven tutkimusasema</i> .....	55
<i>Itä-Lapin ammattiopisto</i> .....	56
<i>KopterCam</i> .....	56