

Anders Homm

LÄMPÖKUVAUSDRONEN RAKENNUS JA KÄYTTÖÖNOTTO

Tieto- ja viestintätekniiikan koulutusohjelma

2019

LÄMPÖKUVAUSDRONEN RAKENNUS JA KÄYTTÖNOTTO

Homm, Anders
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Tieto- ja viestintäteknikan koulutusohjelma
Lokakuu 2019
Sivumäärä: 25
Liitteitä: -

Asiasanat: miehittämättömät ilma-alukset, multikopterit, lämpökuvaus

Opinnäytetyön aiheena on multikopterin kunnostaminen lämpökameralla varustetuksi ja toimivaksi kuvausalustaksi. Lähtökohtana työlleni minulla on vanha vuonna 2015 Satakunnan ammattikorkeakoulun muiden työntekijöiden rakentama multikopteri. Kopterista oli tarkoitus tehdä helposti lennettävä ja pitkän toiminta-ajan omaava kopteri lämpökameralla kuvaamista varten.

Multikopterit ovat aerodynaamisesti epävakaita ja niiden toiminnan edellytyksenä on aina jonkinlainen kyydissä oleva tietokone, lennonohjain, joka pitää huolen vakaasta lennosta ja koko laitteen asennosta. Kopterissa oli valmiina DJI:n valmistama NAZA Multirotor V2-niminen lennonohjain. Kopterissa pitkään väärin varastoituneena olleet akut olivat menneet pilalle ajan saatossa. Poistin kopterista nämä akut ja aloitin kopterin työtämisen irrottamalla sen jalakset rungon yläosasta. Tämän jälkeen siistin moottorien johdot, mallinsin akuille uudet telineet ja 3D-tulostin ne. Laadittiin myös lista osista, joilla kopterin toimintaa voisi parantaa sekä kehittää eteenpäin. Kun kopterin fyysinen rungon kokoonpano oli saatu melkein valmiiksi ja oli aika siirtyä lennonohjaimen konfigurointiin, työ kohtasi kuitenkin esteen. Lennonohjaimen vaatimaa sarjanumeroa ei löytynyt.

Kopterin lennonohjain jäi siis konfiguroimatta tämän työn osalta. Työn toteuttaminen muilta osin onnistui kuitenkin hyvin. Kopteri on muuten paremmin johdotettu sekä uudet 3D-tulostetut osat helpottavat sen käyttöä. Työn toteutuksen aikana kertyi kokemusta suunnittelusta, rakentamisesta sekä taustatutkimuksen tekemisestä.

BUILDING AND DEVELOPMENT OF A THERMAL IMAGING DRONE

Homm, Anders

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Information and communication technologies

October 2019

Number of pages: 25

Appendices: -

Keywords: uav, thermal imaging, aerial photography, drone

The purpose of this thesis was to build and renovate a multicopter to function as a platform for aerial imaging. As a basis for the work I had a multicopter previously built by employees of Satakunta university of applied sciences. The idea was to make this copter easily flyable and to have a very long operating time.

Multicopters are unstable by nature, and always require some sort of a computer or flight controller in order to be able to fly. In this copter there was already a Naza Multicopter V2 flight controller built by DJI. The batteries that were incorrectly held in storage for too long were not in a working condition anymore. These batteries were removed and then I began the work by separating the landing legs from the top part of the copter. After this I started to work on the electronics and did a general cleanup for the motor wiring. I also did 3D-print some mounting hardware for the new batteries and thermal imaging equipment. Also, a list about parts to further improve the copters features was created. After the frame was done, the work however came to a halt due to a missing serial number of the flight controller.

After all the flight controller was left unconfigured in this process of work. Because of this, the configuration of the copter could not be verified, and the copter was not test flown. During the work a lot of experience was gathered about the process of planning and making a large multicopter for a specific use.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	5
2 MIKÄ ON MULTIKOPTERI	6
3 MULTIKOPTERIN OSAT	7
4 LÄHTÖKOHDAT TYÖLLE	11
5 TYÖN ALOITUS.....	14
5.1 KOPTERIN PALOITTELU	14
5.2 MOOTTORIJOHTOJEN SIISTIMINEN	15
5.3 UUSIEN AKKUTELINEIDEN SUUNNITTELU	17
6 OSTOSLISTAN LAATIMINEN	19
7 LENNONOHJAIMEN KONFIGUROINTI.....	21
8 OHEISLAITTEISTO	22
9 KEHITYSMAHDOLLISUUDET	23
10 YHTEENVETO	24
LÄHTEET.....	25
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Lähtökohtana työlleni minulla on vanha vuonna 2015 Satakunnan ammattikorkeakoulun muiden työntekijöiden rakentama multikopteri (kuva 1). Kopterin runko on pääosin alumiinia, ainoat muoviset osat ovat oranssit pidikkeet joihin varret kiinnittyvät, sekä muovinen kupu. Yleisesti alumiini on tämänkaltaisiin multikoptereihin huono materiaali, sillä se on liian pehmeää ja taipuu helposti. Alumiini kyllä toimii rungon materiaalina, kunhan se ei koe mitään sitä taittavia kolhuja. Parempi vaihtoehto olisi hiilikuitu, alumiini on kuitenkin kevyttä, ja ennen kaikkea paljon halvempi vaihtoehto.

Kopterista on tarkoitus tehdä helposti lennettävä ja pitkän toiminta-ajan omaava kopteri lämpökameralla kuvaamista varten. Kopterissa tulee olemaan autopilotin avustamia toimintoja ja lentotiloja.



Kuva 1. Kopteri siinä kunnossa kuin se oli ennen työni aloittamista.

2 MIKÄ ON MULTIKOPTERI

Multikopterit ovat mekaanisesti hyvin yksinkertaisia lentäviä laitteita. Niiden liikkumista ohjataan kiihdyttämällä tai hidastamalla useita alaspäin työntöä tuottavia moottoreita, joissa on kiinni jonkinlainen potkuri.

Multikoptereissa on määritelmänsä mukaan vähintään kaksi, yleensä useampia, moottoreita. Moottoreiden määrä voi vaihdella suuresti ja joissakin tapauksissa useampi moottori voi myös toimia yhdessä yhtenä yksikkönä. Multikopterit voivat myös ulkoapäin erota toisistaan huomattavasti joko erilaisen toteutuksen tai erikoisemman käyttökohteen johdosta. Samalla tavalla toimiva ja samaa tarkoitusta varten suunniteltu kopteri voidaan myös toteuttaa muutamalla eri tavalla eri konfiguraatioissa.

Multikopterit ovat aerodynaamisesti epävakaita ja niiden toiminnan edellytyksenä on aina jonkinlainen kyydissä oleva tietokone, lennonohjain, joka pitää huolen vakaasta lennosta ja koko laitteen asennosta. Tämän tuloksena multikopterit ovat aina fly-by-wire-järjestelmiä. Lennonohjain yhdistää dataa sen gyroskoopeista ja kiihtyvyyssantureista muodostaakseen mahdollisimman tarkan ja häiriövapaan kuvan kopterin asennosta ja tilasta. Tähän dataan lennonohjain sitten yhdistää operoijaltaan saadut käskyt liikkua haluttuun suuntaan. Nykyaikainen lennonohjain pitää myös huolen kaikista muista kopterin toiminnoista ja turvaominaisuuksista. Lennonohjaimen voidaan myös yhdistää monenlaisia ulkoisia sensoreita, kuten GPS tai LiDAR, parantamaan sen muodostamaa kuvaa ympäröivästä maailmasta. (Ardupilot 2019.)

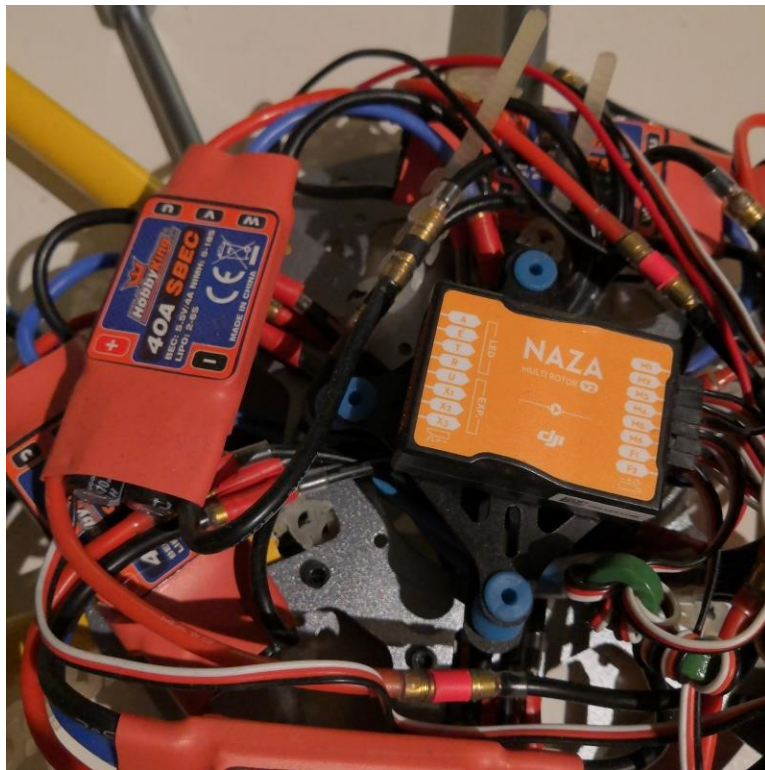
Multikopterit ovat nykypäivänä hyvin monipuolisia ja moniin erilaisiin käyttökohteisiin soveltuvia. Kopterit sekä niiden osien hinnat ovat tulleet viime vuosina huomattavan paljon alaspäin, tehden niistä hyvin paljon paremmin sekä realistisesti saatavilla olevia kaikille harrastelijoista, oppilaitoksiin sekä erikokoisille yrityksille.

3 MULTIKOPTERIN OSAT

Listaus ja selitys eri osista, joista multikopteri koostuu.

- Runko
 - Runko on tietenkin kopterin tärkein osa. Kaikki kopterin osat kiinnityvät kopterin runkoon. Rungon on oltava tarpeeksi tilava kaikelle elektronikalle, mitä kopteriin on tarkoitus kiinnittää. Liian isokaan rungon ei kannata olla. Rungon on myös oltava tarpeeksi jäykkä ja kestävä, jotta se kestää hyvin kaikki siihen kohdistuvat voimat.
- Lennonohjain
 - Lennonohjain on kopterin aivot. Kuten edellä mainittiin, kaikki multikopterit ovat fly-by-wire, järjestelmiä, joten jokainen niistä tarvitsee toimiakseen jonkinlaisen lennonohjaimen. Lennonohjain yhdistää datan, jota se kerää joko sisäisillä sensoreillaan, tai ulkoisilla siihen liitetyillä sensoreilla, ja yhdistää sen käyttäjän syöttämiin komentoihin ja lopputuloksena kopteri voi hallitusti liikkua halutulla tavalla. Tässä kopterissa on käytössä DJI:n NAZA V2-lennonohjain.

- Nopeudensäätimet
 - Elektroniset nopeudensäätimet muuntavat akulta tulevan tasavirran kolmivaihesähköksi harjattomia moottoreita varten. Nopeudensäätimet säätelevät myös moottorin pyörimisnopeutta lennonohjaimelta tulevien ohjeiden mukaisesti. Moottorien kiihdyttämisen lisäksi ne tarvittaessa voivat myös aktiivisesti jarruttaa moottoreiden pyörimistä. Jarruttaminen saattaa kuulostaa hassulta mutta se mahdollistaa nopeammat muutokset ja siten tarkemman ohjauksen. Koska nopeudensäädinten läpi voi mennä suuriakin virtoja, usein ne lämpenevät ja ovat kopterissa eniten kuormitettu elektroninen osa. Tässä kopterissa on Hobbyking-merkkiset 40-ampeerin kuormituksen kestävät nopeudensäätimet. (Kuva 2).



Kuva 2 Oranssi NAZA V2 lennonohjain ja punaiset Hobbyking-merkkiset 40A nopeudensäätimet.

- Moottorit
 - Harjattomat sähkömoottorit ovat usein multikopterin ainoa mekaanisesti liikkuva osa. Moottorit niihin kiinnitettyjen potkurien kanssa tuottavat nosteen, jonka avulla multikopteri lentää ja liikkuu. Oikea potkurin ja moottorin yhdistelmä on myös tärkein multikopterin lentoaikaan

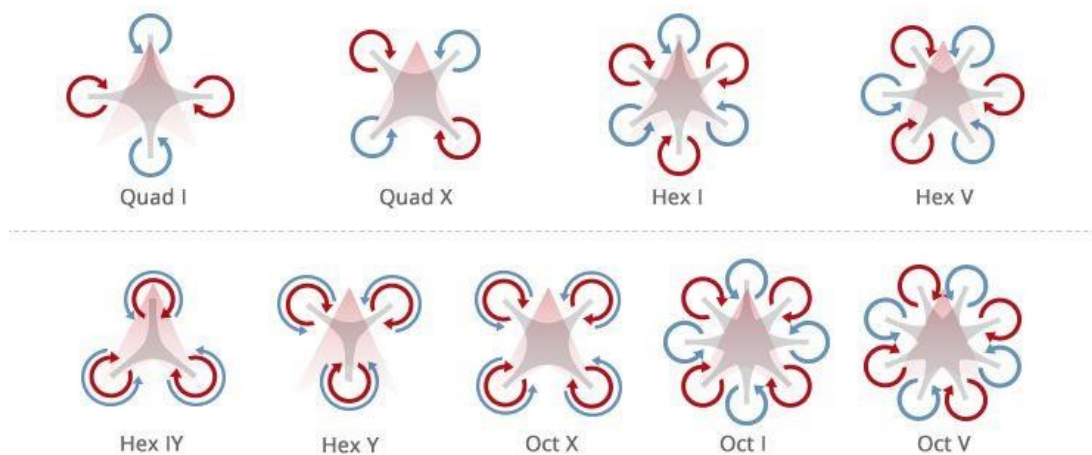
vaikuttava tekijä. Pääsääntöisesti mahdollisimman suuri potkuri tarpeeksi pienellä nousulla yhdistettynä hitaammin pyörivään moottoriin tuottaa parhaan lentoajan. Mikäli yhdistetään pienempi potkuri jyrkällä nousulla nopeammin pyörivään moottoriin, kopterin lentoaika kärsii, mutta se on liikkeistään paljon nopeampi ja ketterämpi. Kopterin käyttötarkoituksen mukaan valitaan sopiva aste lentoaikaa ja suorituskykyä. Koska moottorit ovat kuitenkin kopterin ainoa liikkuva osa, ovat ne myös eniten kuluva osa. Moottoreihin kohdistuva kuluma kohdistuu kuitenkin lähinnä moottoreiden laakereihin, jotka vaihtamalla voidaan käytettyjäkin moottoreita elvyttää uuteen elämään ja saada ne taas pyörimään sulavasti.

- Akut
 - Useimmiten litium-polymer tai litium-ioni tyyppinen akku joka tarjoaa virtaa kopterille. Li-Po (litium-polymer) on yleisempi, sillä se pystyy luovuttamaan enemmän virtaa. Hetkellisesti multikopteri saattaa tarvita jopa satoja ampeereja virtaa. Li-Ion akut ovat energiatiheydeltään parempia tarjoten suuremman kapasiteetin pienemmässä paketissa, mutta pystyvät luovuttamaan parhaimmillaan vain noin 30 ampeeria. Tietenkin li-ion akkujen heikkoa virranluovutuskykyä voi kompensoida tekemällä akkupakan, jossa on useampia kennoja rinnan.
- Vastaanotin
 - Vastaanottaa kopterin ohjaussignaalin sitä operoivalta ohjaimelta. Yleisin ohjaussignaalin taajuus on 2.4Ghz, mutta myös 868Mhz ja 433Mhz taajuuksia käytetään pidemmän kantaman tai paremman esteiden läpäisykyvyn saavuttamiseksi.

- Gimbal
 - Gimbaali on kolmeakselinen moottoroitu ripustuslaite eli mekaaninen kuvanvakaaja. Gimbaali mahdollistaa kameran pitämisen suorassa ja vakaan kuvan tallentamisen myös kopterin kallistuessa sekä ollessa liikkeellä. Gimbaalien toiminta perustuu kardaansiseen ripustukseen, jota liikutetaan sähkömoottoreilla ja sen asennosta saadaan tietoa gyroskoopeilla. Gimbaaleita voi olla yksi-, kaksi, tai kolmiakselisia. Kolmiakselinen gimbaali minimoi kameran liikkeen jokaisessa suunnassa, niin pituus-, pysty- kuin poikkiakselillakin. Tässä projektissa käytettävä gimbaali on kolmeakselinen, tosin sen pystyakselin liikerata on melko rajattu.
- Kamerateat
 - Tähän multikopteriin tulee kaksi kameraa. Isompi kameroista on lämpökamera, joka on myös kopterin pääasiallinen hyötykuorma. Sen rinnalle tulee toinen, pienempi kamera, joka kuvaa matalaresoluutioista videota, joka välitetään sitten ohjaajalle. OSD (On Screen Display) moduuli istuttaa tämän videon päälle myös lennonohjaimelta saatavaa dataa, esim. akun jännitteen ja lentokorkeuden.
- Videolähetin
 - 5.8Ghz taajuudella toimiva videolähetin välittää kuvan kopterista sen ohjaajalle. 5.8Ghz taajuudella on 5725 – 5875Mhz alue luvasta vapautettuja laitteita varten. Näiden laitteiden säteilyteho saa olla enintään 25mW. 25mW lähetysteho on kuitenkin hyvin riittävä tällaiseen käyttöön.

4 LÄHTÖKOHDAT TYÖLLE

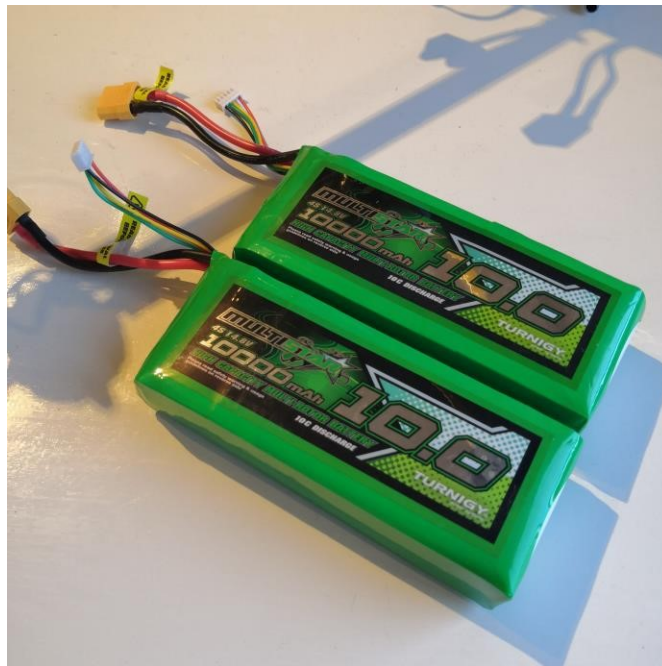
Kopterissa oli valmiina DJI:n valmistama NAZA Multirotor V2-niminen lennonohjain. Vaikka kyseinen lennonohjain NAZA-M V2 julkaistiin jo vuonna 2013, on se silti vielä nykypäivänäkin toimiva sekä suorituskykyinen lennonohjain. (dji.com 2019) Tulleessaan markkinoille tämä oli korvaaja DJI:n vanhemmalle Naza-M V1 lennonohjaimelle. Samoihin aikoihin, kun DJI julkaisi Naza-M V2 lennonohjaimensa se julkaisi myös toisen, aloitteleville harrastajille suunnatun, Naza-M Lite lennonohjaimen. Lite version perustui lennonohjaimen V1-versioon ja sen suurin ero muihin verrattuna oli sen huomattavasti edullisempi hankintahinta. Edullisuutensa vuoksi se oli houkutteleva vaihtoehto juuri sille tarkoitetulle kohdeyleisölle, eli aloitteleville harrastajille. Toinen huomattava ero Lite-versiossa oli sen laajennettavuuden puute, siihen ei käynyt uudet lisäosat, jotka DJI julkaisi myös tuodessaan V2-lennonohjaimen markkinoille. Nämä samat lisäosat toimivat kyllä Naza-M V1 lennonohjaimen kanssa. (dji.com 2019)



Kuva 3 DJI Naza-M V2 lennonohjaimen tukemat konfiguraatiot.

Tullessaan markkinoille Naza-M V2 lennonohjain tuki yhdeksää erilaista multikopteri konfiguraatiota, neljämoottorisesta quadkopterista aina kahdeksanmoottoriseen octokopteriin. Kopteri, jota tässä opinnäytetyössä käsitellään, on kuusimoottorinen DJI:n termistön mukaan Hex V-kopteri. Yleisemmin tämä konfiguraatio tunnetaan nimellä X6 tai Hex X.

Kopterissa, jossa on vähintään kuusi moottoria, on se hyvä puoli, että niihin saadaan tehtyä jo jonkinlaista vikasietoisuutta. Mikäli yksi moottori tai nopeudensäädin lakkaa toimimasta, on sen aiheuttama puutos yhä mahdollista kompensoida muilla moottoreilla. Olettaen siis, että vikaantunut moottori lakkaa pyörimästä. Mikäli tapahtuu esimerkiksi niin että nopeudensäädin vikaantuu aiheuttaen moottorin pyörimisen täydellä teholla, ei vikasietoisuudesta ole mitään apua. Moni asia voi siis mennä pieleen.



Kuva 4 Kopterissa olleet 10Ah kokoiset Litium-Polymer akut

Kopterissa olleet neljäkennoiset Multistar-merkkiset, suurehkot 10Ah Li-Po akut olivat olleet monta vuotta varastoituna väärässä jännitteessä, ja siten ne olivat menneet ajan saatossa pilalle. Akkujen kennojen sisäinen resistanssi oli kasvanut joissain kennoissa kohtuuttoman suureksi ja kummankaan akun erilliset kennot eivät olleet keskenään balanssissa. Kun monikennoisessa litium akussa on suuret erot kennojen sisäisissä vastuksissa, ja siten koko akun kunnossa, ei sellaisen käyttäminen ole enää suositeltavaa. Pahimmassa tapauksessa tällaista akkua käyttäessä sen huonokuntoisemmat kennot eivät pysty antamaan virtaa ulos tarpeeksi, aiheuttaen kyseisen kennon paisumisen tai aivan pahimmassa tapauksessa jopa räjähtämisen.

Alla olevissa taulukoissa on eritelty kunkin kahden eri akun erillisten kennojen sisäiset vastukset. Vastukset on mitattu ISDT D2-laturilla, joka mittaa akkujen kennojen sisäiset vastukset samalla niitä ladattaessa.

Kenno	Sisäinen vastus
1	28.7mΩ
2	19.6mΩ
3	7.9mΩ
4	22.3mΩ

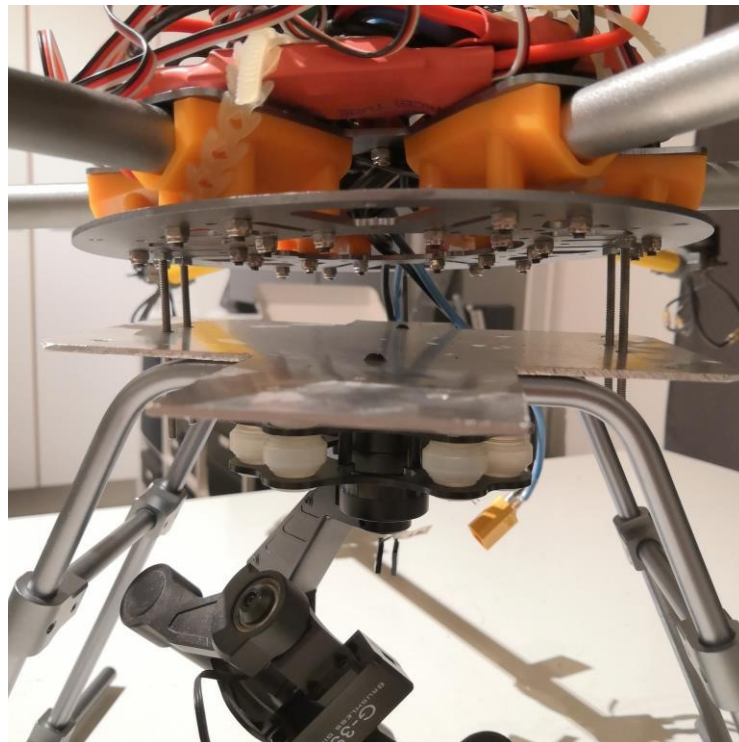
Kenno	Sisäinen vastus
1	26.0mΩ
2	6.2mΩ
3	1.0mΩ
4	23.9mΩ

Tyypillisesti hyväkuntoisen akun kennojen sisäiset vastukset ovat luokkaa alle 10mΩ noin 1.3Ah kennoissa. Suuremmissa kennoissa, kuten näissä 10Ah kennoissa, sisäisen vastuksen tulisi olla normaalisti vielä huomattavasti pienempi.

5 TYÖN ALOITUS

5.1 KOPTERIN PALOITTELU

Aloitin kopterin purkamisen sekä uudelleenrakentamisen irrottamalla sen jalakset rungon ylemmästä osasta. Jalakset sekä niiden välissä ollut kameran gimbaali olivat kiinnitettyinä alumiinilevyyn, joka taas oli M3 kierretangoilla kiinnitetty rungon ylempään osaan, jossa varret ovat kiinni. Jalasten alumiinilevyn sekä rungon ylemmän osan väliin oli jätetty kierretangoilla sekä muttereilla tila, jossa akut olivat. Vaikka periaatteessa tämä olisi hyvä paikka akuille, käytännössä akkujen sijoittaminen näin kiinteäksi osaksi rungon rakennetta tekee se niiden vaihtamisen kentällä kesken toiminnan melkein mahdottomaksi, sillä niiden pois saaminen vaati pientä purkamista.



Kuva 5 Rungon jalasten ja yläosan väli, jossa akut olivat olleet.

Sen jälkeen, kun olin saanut akut pois rungon välistä, irrotin rungon ylemmän ja osan jalaksista kokonaan. Tämän jälkeen kopterin käsittely oli paljon helpompaa, kun se ei heilunut kierretankojen päällä.



Kuva 6 Koptein yläosa ja jalakset erotettuina toisistaan.

5.2 MOOTTORIJOHTOJEN SIISTIMINEN

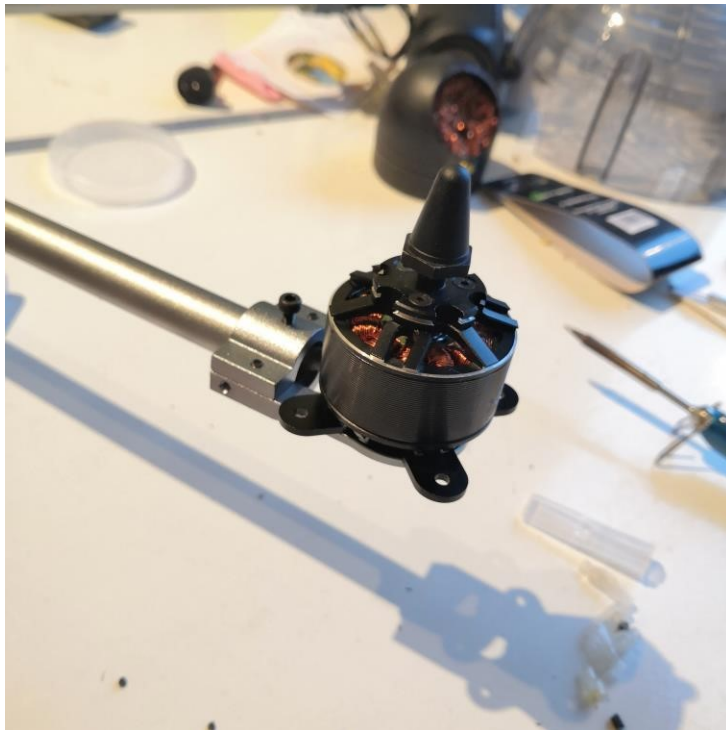
Moottorien ja niiden nopeudensäädinten välillä olevat johdot kulkivat onttojen alumiiniputkien sisältä, mutta ne olivat jätetty liian pitkiksi moottorien päästä. Moottorien alla roikkuvat johdot olivat niin pitkät, että ne ylettyivät jopa potkurilinjän yläpuolelle. Vaikkakin epätodennäköistä, tämä olisi saattanut aiheuttaa vaaratilanteen, mikäli johdot olisivat jotenkin päässeet osumaan potkuriin.

Moottorit olivat liitetty nopeudensäätimiin 3.5mm kokoisilla banaaniliittimillä. Tässä käyttötapauksessa on kuitenkin hieman turhaa käyttää liittimiä moottoreiden ja nopeudensäädinten välillä. Moottoreita todennäköisesti ei tulla vaihtamaan ja ylimääräiset liittimet ja johdot lisäävät vain turhaa painoa.

Yksi kerrallaan irrotin moottorit, leikkasin turhan pätjän johtoa ja liittimet pois, kuorin johtoja hieman ja juotin ne suoraan yhteen. Samalla käänsin moottoreita 180-astetta, jolloin moottorista tulevat johdot menevät nyt suoraan alumiiniputkeen sisälle. (Kuva 7.)



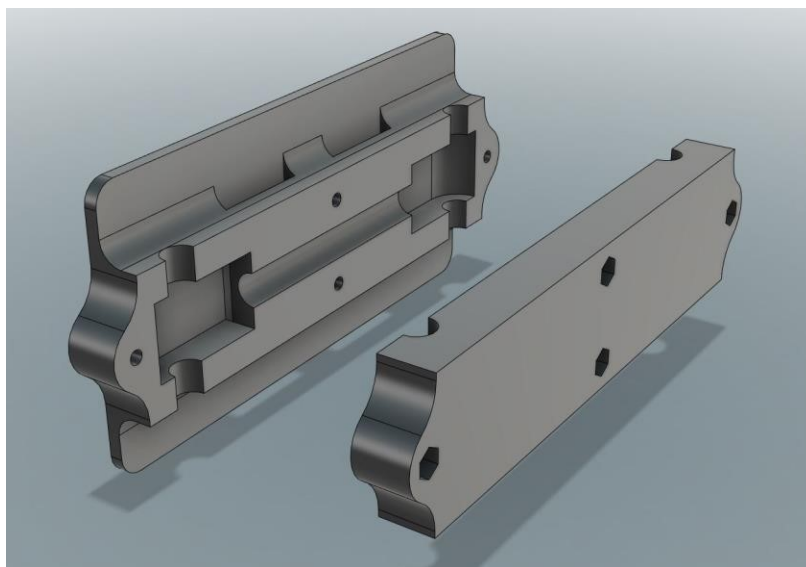
Kuva 7 Moottori ja sen alla roikkuvat tarpeettoman pitkät johdot.



Kuva 8 Siistityt johdot, jotka menevät moottorista suoraan putkeen.

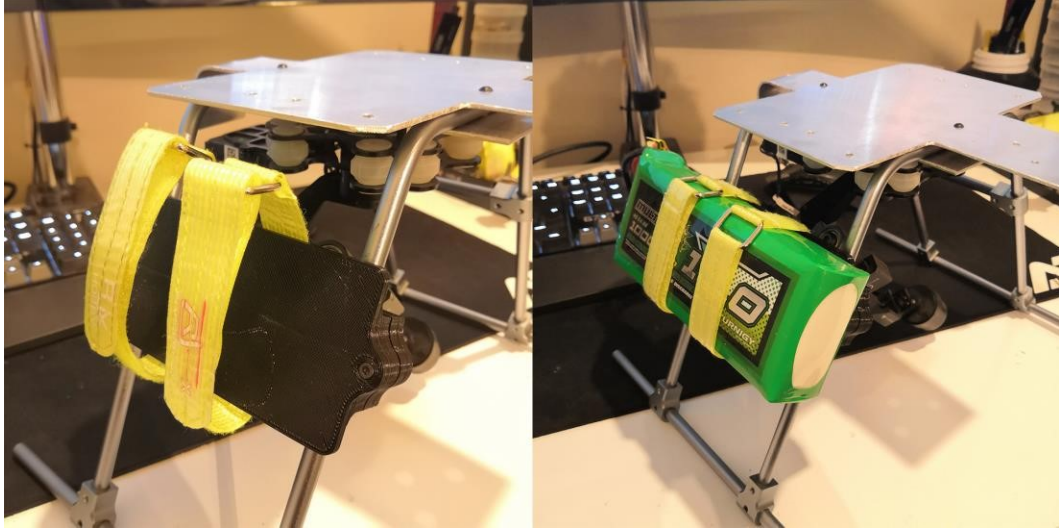
5.3 UUSIEN AKKUTELINEIDEN SUUNNITTELU

Akuille piti suunnitella uusi tapa kiinnittää ne kopteriin. Keksinkin että ne voisi hyvin kiinnittää kopterin jalaksiin 3D-tulostetuilla telineillä. Suunnittelin tähän sopivat 3D-tulostettavat levyt, jotka ruuvataan yhteen jalaksen poikkituen päälle. (Kuva 9) Osien 3D-mallintamiseen käytin Fusion360-nimistä CAD-ohjelmaa. Kappaleet on mallinnettu niin että ne kiristyvät kopterin laskutelineiden poikkitukien ympärille. Kappaleet kiinnitetään yhteen M3-kokoisilla ruuveilla. Toisella puolella on upote ruuvin kannalle ja toiselle puolelle voi tarvittaessa upottaa mutterin kiristämään osia yhteen. Jätin kyseisen mutterin kuitenkin pistämättä paikalleen sillä ruuvit pureutuivat hyvin kiinni jo itse muoviin.



Kuva 9 3D-malli tulostettavista osista.

Tulostin osat mustasta PLA-muovista. Akku kiinnittyy näihin tulostettuihin osiin tarranauhoilla, joilla akku kiristetään paikalleen. Tarranauhat ovat pitkittäissuuntaisilla kuiduilla vahvistettuja ja niissä on metallisolki, joten ne kestävät akkujen painon helposti. Tarranauhoja tulee kaksi kummallekin akulle (kuva 10). Lisäksi tarvittaessa akun voi kiinnittää tulostettuihin pidikkeisiin myös liimattavalla tarranauhalla, mikä estää akun mahdollisen liukumisen pois tarranauhojen alta. Tälle tuskin on kuitenkaan tarvetta sillä näin iso kopteri ei tee kovin äkkinäisiä liikkeitä.



Kuva 10 3D-tulostetut osat ja akku niissä kiinni.

Akut pysyvät hyvin kiristettyinä tiukasti paikallaan. Kopteriin tulee molemmin puolin yksi iso akku, joten ei tarvitse pelätä myöskään sitä, että kopteri olisi epätasapainossa akkujen takia. Tästä laskutelineiden ulkopuolelta akut on myös helppo vaihtaa kesken kopterin lennätyskeikan, eikä siihen tarvita mitään työkaluja.

6 OSTOSLISTAN LAATIMINEN

Akkujen huonon kunnan sekä iän vuoksi on selvää, että kopteri vaatii kunnolla toimiakseen uudet akut. Kopterin alkuperäisten suunnittelijoiden ja rakentajien mukaan tämänkokoiset neljäkennoiset 10Ah Litium-Polymer akut olivat kooltaan/painoltaan laskevasti kaikkein tehokkaimmat ja taloudellisimmat tälle kokoonpanolle, joten mahdollisimman samanlaisten vastaavien akkujen käyttö olisi varsin perusteltua. Uudemmat vastaavat akut ovat myös hieman kehittyneempiä, joten niistä saa enemmän virtaa ulos.

Kopteria varten olevassa ohjaimessa on myös 5.8Ghz taajuudella toimiva videovastaanotin, joka toimii hyvin tässä käyttötarkoituksessa. Kopteriin kannattaakin lisätä erillinen FPV-kamera sekä videolähetin. Tätä FPV-videokuvaa voidaan käyttää rinnakkain lämpökameran kanssa sen kohdistamiseksi sekä varmistamiseen, että haluttu kuvattava kohde on näkyvässä. Pelkän videon lisäksi samaan live-kuvaan saadaan mukaan myös erilaista statistiikkaa kopterin lennonohjaimelta, mikä tekee kopterin käytöstä paljon turvallisempaa ja helpompaa. Videoon saadaan näkyville esimerkiksi kopterin lentoaika, akun jännite, käytetty virta, sekä sijainti ja muita erilaisia hyödyllisiä tilastoja.

Videokuvan saamiseksi kopterista ohjaimeen, tarvitaan tietenkin tähän tarkoitukseen tehty pieni kamera, sekä videolähetin. Kameran on syytä olla mahdollisimman pieni, ja hyvällä kennolla varustettu, jotta se tuottaa mahdollisimman selvän kuvan hämärissäkin olosuhteissa. Koska kuva välittyy analogisena ja 5.8Ghz taajuudella toimivan radiolinkin yli, se ei ole HD-laatuista videota vaan matalaresoluutioinen, mutta myös matalaviiveinen video, jota on hyvä käyttää kameras kohdistukseen. Siitä huolimatta, että video ei voi olla mitenkään HD-tasoista, on eri kameroiden välillä silti hurjasti eroa erottelukyvyyssä sekä suorituskyvyssä hämärissä olosuhteissa. Tällainen kamera ei ole iso, eikä tuota kopterille käytännössä ollenkaan lisäkuormaa. Yksi hyvä vaihtoehto kameraksi on RunCam-merkkinen Micro Eagle-niminen kamera.

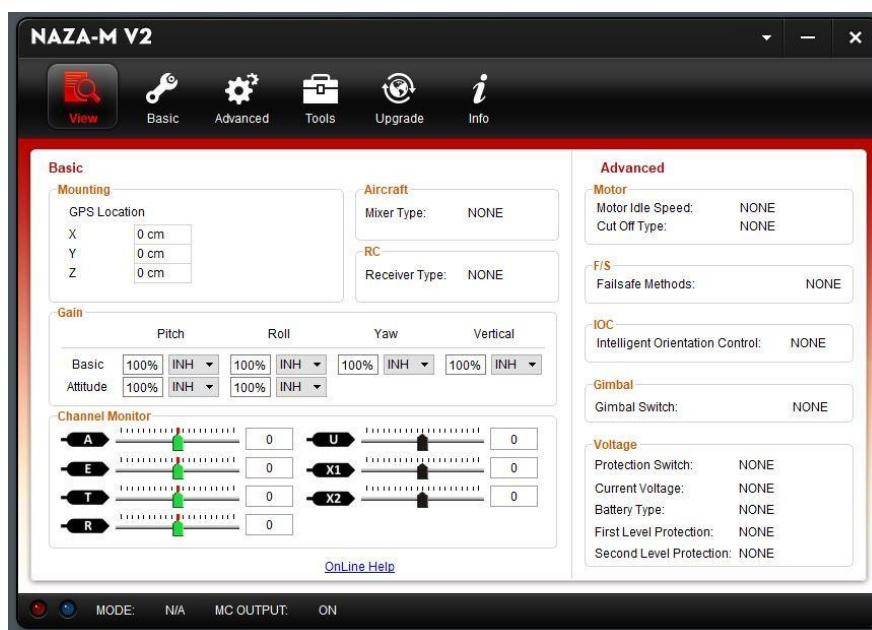
Kameran lisäksi tarvitaan myös 5.8Ghz taajuudella toimiva videolähetin. Suomessa näiden videolähettimien suurin sallittu lähetysteho on 25mW. Tällaiset

videolähettimet ovat myös pieniä ja kevyitä laitteita, jotka eivät tuota kopterille juuri minkäänlaista lisäkuormaa. Videolähetin tarvitsee myös antennin. Antenni on pieni, noin peukalonpään kokoinen, ja sillä on hyvä olla lyhyt varsi. Yleisin antennissa käytettävä liitin on SMA-liitin.

Kuvan ja tietojen näkymiseksi videolla tarvitaan kameran ja videolähttimen lisäksi myös DJI lennonohjaimen kanssa toimiva iOSD-niminen lisäosa lennonohjaimeen, joka tuottaa kaiken datan ja upottaa ne lähetettävään videoon ennen kuin video siirtyy videolähttimelle. Tämä lisäosa liitetään lennonohjaimessa sitä varten olevaan porttiin.

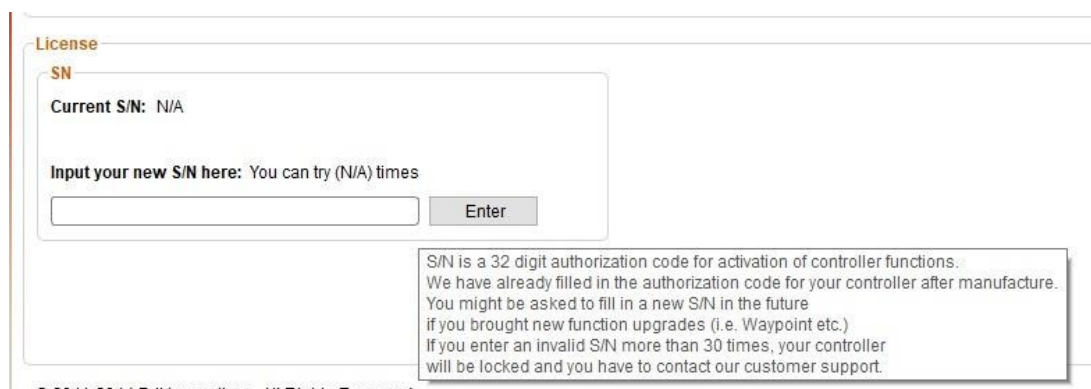
7 LENNONOHJAIMEN KONFIGUROIINTI

Kopterissa on käytössä DJI:n valmistama lennonohjain, jonka asetuksia ja parametrejä voi muuttaa vain DJI:n omalla DJI NAZAM Assistant-nimisellä tietokoneohjelmalla. Lennonohjain kytketään tietokoneeseen USB-johdolla, joka yhdistyy lennonohjaimen LED-valomoduulin kautta.



Kuva 11 DJI:n tietokoneohjelma, jolla säädetään lennonohjainta.

DJI:n lennonohjainta konfiguroidessa työn eteneminen kohtasi kuitenkin ongelman. Ohjelma, jolla lennonohjainta säädetään, vaati toimiakseen 32-merkkisen sarjanumeron (kuva 12). Tätä sarjanumeroa ei löytynyt mistään, joten en voinut konfiguroida lennonohjainta kokonaan toimintakuntoon.



Kuva 12 Lisenssikenttä johon konfiguraattori tarvitsee sarjanumeron.

8 OHEISLAITTEISTO

Kopterin kanssa ei maassa tarvitse juuri minkäänlaista maakalustoa. Ohjaimen, jota kopterin kanssa on suunniteltu käytettävän, on integroitu mukaan 5.8Ghz taajuudella toimiva vastaanotin, joka vastaanottaa videota kopterista (kuva 13).

Tällä ohjaimella tapahtuu kaikki kopterin ohjaaminen ja hallinnointi. Ohjaimessa on kaksi kappaletta kaksiakselisia gimbaaleja, joilla tapahtuu kopterin ohjaaminen eri akselien suuntiin. Ohjaimessa on myös lukuisia kytkimiä sekä potentiometrejä. Tyypillisesti kopterin erilaiset lentotilatoiminnot kuten GPS:n avulla paikallapysyminen sekä erilaiset avustetut lentotilat ovat valittavissa eri kytkimillä. Kopterissa olevan ison kameragimbaalin ohjaaminen sen sijaan on tyypillisesti toteutettu ohjaimessa olevilla potentiometreillä. Täten gimbaalin voi säätää portaattomasti haluttuun kulmaan ja kallistukseen aina tarpeen mukaan.

Se että kopterin ohjain ja videosignaalin vastaanotin on rakennettu samaan laitteeseen, vähentää ja yksinkertaistaa paljon kopterin kanssa kannettavan laitteiston tarvetta. Ihanteellisella kokoonpanolla kuvausreissulle tarvitsisi mukaan siis vain kopterin, akut sekä ohjaimen.



Kuva 13 Kopterin kanssa käytettävä ohjain sekä siihen integroitu näyttö.

9 KEHITYSMAHDOLLISUUDET

Laitteistoa voisi kehittää eteenpäin vielä monella eri tavalla, riippuen siitä miten laitteiston käyttöä halutaan jatkossa muuttaa, kehittää tai parantaa.

Yksi kuvaamisen kannalta hyvä rakenteellinen muutos minkä kopteriin voisi toteuttaa olisivat taittavat laskutelineet. Ylöstaitettavat, moottoroidut laskutelineet olisivat kuvaamisen kannalta hyvät, sillä ne voisi taittaa pois kameran edestä. Täten saataisiin hyvin käyttöön myös kameran gimbaalin pystysuora akseli, jolloin voitaisiin kameralla katsella myös muualle kuin kopterin etenemissuuntaan.

Mikäli kopterin monipuolisuutta haluaa parantaa niin toinen mahdollinen parannus, jonka siihen voisi tehdä olisi kahden ohjaajan toteutus. Tällaisessa toteutuksessa toinen ohjaaja ohjaa itse kopteria ja toinen käyttää kameraa sekä sen gimbaalia, Näin voitaisiin helposti varmistaa turvallinen lento, johon pilotti voi keskittyä jatkuvasti, sekä kohteen jatkuva kuvaaminen ja pysyminen kuvassa.

Mikäli kopterista halutaan muuttaa jonkinlainen monikäyttöinen yleisalusta, voisi kameran gimbaalin tilalle kehittää monitoimisen kiinnitysjärjestelmän, jonka avulla kopteriin olisi nopea vaihtaa erilaisia hyötykuormia kesken kuvauskeikan.

10 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli kunnostaa käyttämätön multikopteri toimimaan kuvauskopterina Satakunnan ammattikorkeakoulun tekniikan laboratoriolle. Kopterilla oli suunnitelmassa toteuttaa monipuolista kuvaustoimintaa lämpökameratekniikkaa hyödyntäen.

Kopterin runko on työn jälkeen paremmin organisoitu sekä paremmin rakenteellisesti toteutettu, tehden kopterin käytöstä sekä huollosta helpompaa. Akkujen uusi sijoittelu mahdollistaa niiden helpon vaihtamisen kesken kuvausoperaation. Johdot, antennit sekä GPS-moduuli on myös sijoitettu uudelleen varmistamaan paremman toimivuuden.

Työn tavoitteet jäivät kuitenkin saavuttamatta kopterin lennonohjaimen konfiguroinnin osalta, sillä sen ohjelmiston vaatimaa sarjanumeroa ei löytynyt. Kopterin toimintaa ei siis päästy testaamaan, eikä sitä päästy koelentämään tämän työn aikana.

Työn toteuttaminen opetti suurehkon multikopterin rakentamista sekä sen toteutuksen suunnittelua jotain tiettyä käyttötarkoitusta varten. Kokemusta kertyi myös 3D-printattavien osien suunnittelusta jo olemassa olevan rungon ympärille. Taustatutkimusta DJI:n lennonohjaintuotteista sekä niiden toiminnasta tuli myös tehtyä paljon.

LÄHTEET

Store.dji.com www-sivut. 2019. Naza-M V2 (Includes GPS). Viitattu 5.11.2019

https://store.dji.com/product/naza-m-v2?from=menu_products

dji.com www-sivut. 2019. DJI Released Naza-M V2 Multirotor Autopilot System. Viitattu 5.11.2019

<https://www.dji.com/newsroom/news/dji-released-naza-m-v2-en>

dji.com www-sivut. 2019. Naza-M V2. Viitattu 5.11.2019

<https://www.dji.com/fi/naza-m-v2>

dji.com www-sivut. 2019. What's difference of NAZA-M Lite/NAZA-M V1/NAZA-M V2. Viitattu 5.11.2019

<https://www.dji.com/fi/newsroom/news/whats-difference-of-naza-m-litenaza-m-v1naza-m-v2>

dji.com www-sivut. 2019. What's difference of NAZA-M Lite/NAZA-M V1/NAZA-M V2. Viitattu 5.11.2019

<https://www.dji.com/fi/naza-m-lite>

getfpv.com www-sivut. 2019. Fpv frame materials. Viitattu 12.11.2019

<https://www.getfpv.com/learn/fpv-essentials/fpv-frame-materials/>

ilmailuliitto.fi www-sivut. 2019. Kisakopterin voi valmistaa itse. Viitattu 12.1.2020

<https://www.ilmailuliitto.fi/ilmailu-lehti/kisakopterin-voi-valmistaa-itse/>

hobbyking.com www-sivut. 2019. Turnigy High Capacity 10000mAh 4s 12c multi-rotor lipo pack. Viitattu 11.1.2020

https://hobbyking.com/en_us/turnigy-high-capacity-10000mah-4s-12c-multi-rotor-lipo-pack-w-xt90.html

hobbyking.com www-sivut. 2019. Turnigy H.A.L Heavy aerial lift hexacopter frame. Viitattu 16.1.2020

https://hobbyking.com/en_us/turnigy-h-a-l-heavy-aerial-lift-hexacopter-frame-775mm.html?__store=en_us

wikipedia.org www-sivut. 2020. Gimbaali. Viitattu 3.2.2020

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Gimbaali>

Finlex.fi www-sivut. 2019. Radiotaajuusmääräys. Viitattu 26.1.2020

https://www.finlex.fi/data/normit/44839/Radiotaajuusmaarays_M4Y-FI.pdf