

MAATUTKADROONIN TOIMINTAMALLI



Toimintamalli maatutkadroonin turvalliselle käytölle

Veijo Sutinen, Pasi Karjalainen, Roope Koponen,
Oulun yliopisto, Mittaustekniikan yksikkö

Tiivistelmä

Uudet teknologiat uomien ja kaivosaltaiden kartoitukseen (UOMARI) -hankkeessa tutkittiin drooniin liitetyn maatutkajärjestelmän (Ground Penetrating Radar, GPR) hyödyntämistä erityyppisten vesistö- ja kaivosympäristöjen pohjarakenteiden selvittämisessä. Hankkeen tavoitteena oli kehittää menetelmiä, joilla voidaan tuottaa luotettavaa ja tarkkaa tietoa kohteista, joissa perinteisten mittausmenetelmien käyttö on haastavaa tai riskialtista.

Tutkimuksen aikana toteutettiin mittauksia erilaisissa kohteissa, kuten uomissa, vesistöissä ja kaivosaltailla, joissa ympäristöolosuhteet, turvallisuusvaatimukset ja mittaustekniset haasteet vaihtelivat merkittävästi. Näiden mittausten perusteella muodostettiin kokonaisvaltainen toimintamalli, jossa huomioidaan sekä droonilennättämiseen että maatutkamittaukseen liittyvät erityispiirteet.

Tässä raportissa esitetään Mittaustekniikan yksikön kehittämä maatutkadroonin operatiivinen toimintamalli, joka kattaa kaikki työvaiheet mittauksen suunnittelusta kenttätoimintaan, datan käsittelyyn ja raportointiin. Toimintamalli sisältää keskeiset roolit ja vastuut, lupakäytännöt, vakuutukset sekä riskienhallinnan menettelytavat, joiden avulla varmistetaan toiminnan turvallisuus ja lainmukaisuus.

Erityistä huomiota on kiinnitetty toiminnan toistettavuuteen ja mittaustulosten laatuun. Tämä on saavutettu määrittämällä selkeät menettelytavat muun muassa lentosuunnitteluun, mittausparametrien valintaan, laadunvarmistukseen ja datan hallintaan liittyen. Lisäksi raportin liitteisiin on koottu käytännön ohjeita ja työkaluja, jotka tukevat toimintamallin soveltamista erilaisissa mittauskohteissa.

Tulokset osoittavat, että drooniin yhdistetty maatutkateknologia tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia haastavien kohteiden tutkimiseen turvallisesti, tehokkaasti ja kustannustehokkaasti. Kehitetty toimintamalli toimii perustana maatutkadroonin operatiiviselle käytölle sekä tutkimus- että soveltavissa hankkeissa, ja sitä voidaan jatkossa kehittää edelleen teknologian ja käyttökokemusten karttuessa.

Sisällys

1	JOHDANTO	2
2	TOIMINTAMALLIN YLEISKUVAUS	2
3	ROOLIT JA VASTUUT	2
4	LUVAT JA VAKUUTUKSET	3
5	RISKIENHALLINTA.....	3
6	OPERATIIVINEN PROSESSI.....	4
6.1	SUUNNITTELU	4
6.2	VALMISTELU	4
6.3	KENTTÄTOIMINTA - MITTAUS	5
6.4	DATAN KÄSITTELY, HALLINTA JA LAADUNVARMISTUS SEKÄ RAPORTOINTI.....	5
6.5	POIKKEAMIEN HALLINTA JA LAADUN HYVÄKSYNTÄ.....	5
7	YHTEENVETO.....	6
8	LIITTEET	6
8.1	LIITE 1: RADIONLUVAN HAKEMINEN JA MUUTOKSET	7
8.2	LIITE 2: VAKUUTUKSEN TEKEMINEN	8
8.3	LIITE 3: RISKIARVILOMAKE.....	9
8.4	LIITE 4: LENTOILMOITUKSEN TEKEMINEN FLYK-JÄRJESTELMÄÄN	10
8.5	LIITE 5: REITIN LUONTI UGCS-OHJELMAAN	11
8.6	LIITE 6: MAATUTKAN KÄYTTÖ JA PARAMETROINTI	12
8.7	LIITE 7: LENTOJEN MERKKAAMINEN LENTOLOKISOVELLUKSEEN	13
8.8	LIITE 8: RAPORTOINTIPOHJA	14
8.9	LIITE 9: TARKISTUSLISTA KENTTÄKÄYTTÖÖN	15
8.10	LIITE 10. FINPOS-PALVELUN KÄYTTÖ	16

1 JOHDANTO

Tässä dokumentissa esitetään Mittaustekniikan yksikön maatumkadronin operatiivinen toimintamalli suunnittelusta raportointiin. Mallin kehittämisen tavoitteena on jäsenetty ja yhtenäinen kuvaus maatumkadronimittauksille. Malilla varmistetaan turvallinen, toistettava ja laadukas maatumkadronimittaustoiminta.

Tavallisen maatumkan käyttö, jota käytetään mm. pohjatutkimuksiin, rakennus- ja kunnallistekniikkaan ei tarvitse erillistä lupaa, jos laite on EU-hyväksytty ja laitetta käytetään alle yhden metrin etäisyydeltä maanpinnasta. Mikäli maatumka liitetään drooniin, tarvitaan Traficomilta lupa tämän lennättämiseksi. Mikäli maatumka on EU-vaatimusten mukainen, Traficom voi myöntää luvan lennättämiselle ilman paikkakohtaista rajoitusta yhden metrin etäisyydellä maanpinnasta (yleisten droonin lentosääntöjen puitteissa). Mittaustekniikan hankinta maatumka ei täyttänyt EU:n vaatimuksia, joten jouduttiin hakemaan testipaikkakohtaiset luvat sekä päivittämään lupaa, mikäli uusia testikohteita tarvittiin.

Maatumkadroni koostuu miehittämättömästä ilma-aluksesta DJI Matrice 350 RTK, Radar Systems Zond Aero LF -maatumkasta, SkyHub-tiedonkeruuyksiköstä sekä Terrain Follow -pinnanseurantajärjestelmästä (kuva 1).



Kuva 2. MITY:n maatumkadroni

Järjestelmässä droonina käytetään DJI Matrice 350 RTK -droonia, jossa on RTK (Real Time Kinetic) -tarkkuuspaikannus sekä laaja käyttölämpötila-alue (-20 ... 50 °C) ja IP55 suojaus. Ominaisuudet mahdollistavat toistettavat lentoreitit ja tarkat paikkatiedot mittausdatalle erilaisissa sääolosuhteissa.

Maatumkajärjestelmä koostuu Radar Systems Zond Aero LF -maatumkasta, SkyHub-

tiedonkeruuyksiköstä ja Terrain Follow -pinnanseurantajärjestelmästä. Maatumkassa on vaihdettavat antennit, joiden avulla mittaustaajuus voidaan valita 100, 150 tai 300 MHz väliltä. Tiedonkeruuyksikkö tallentaa mittausdatan reaaliaikaisella näytteistyksellä hyödyntäen hardware stacking -ominaisuutta. Järjestelmään kuuluu lisäksi pinnanseurantajärjestelmä, jonka avulla drooni säilyttää asetetun etäisyyden maanpintaan automaattilennon aikana.

Toimintamallidokumentissa käydään läpi rooleja, vastuita, tarvittavia lupia, vakuutusasiaa, riskienhallintaa sekä operatiiviseen toimintaan liittyvää ohjeistusta.

2 TOIMINTAMALLIN YLEISKUVAUS

Maatumkadronin toimintamallin päävaiheet on kuvattu kaaviossa 1.



Kuva 2. Toimintamallin päävaiheet

3 ROOLIT JA VASTUUT

Maatumkadronin käytöstä voidaan jakaa roolit ja näihin liittyvät vastuut on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Roolit ja vastuut

Tekijä/Rooli	Vastuu
Operaattori	Mittaustekniikan yksikkö on droonioperaattori ja vastuuhenkilö on nimetty.
Lentäjä	Lentäjältä vaaditaan Traficom drooniverkkokoulutuksen suoritus sekä drooniin liittyvä lento-osaaminen. Kenttätoiminnassa lentäjä vastaa droonin turvallisesta

	lennätyksestä. Lisäksi lentäjä tekee lentoilmoitukset sekä lentolokikirjaukset.
Turvallisuusvastaava	Lentäjä toimii pääsääntöisesti myös turvallisuusvastaavana ja ohjeistaa lentoalueella olevia henkilöitä, mikäli erikseen ei ole nimetty.
GPR-mittauksesta vastaava	GPR-mittauksista vastaa erillinen henkilö tai yksinoperoidessa lentäjä. Vastaa maatutkan oikeista parametreista, toiminnasta ja datan tallennuksesta, siirrosta ja oikeellisuudesta.
Datan käsittelystä ja raportoinnista vastaavat	GPR-mittauksesta vastaava vastaa myös datan käsittelystä ja tämän osan raportoinnista. Lentäjä vastaa lentoihin liittyvistä raportoinnista, kuten lentojen merkkamisesta lentolokisovellukseen sekä raportissa lentoon liittyvistä asioista.

4 LUVAT JA VAKUUTUKSET

Mittaustekniikan yksikön maatutkadroonin käyttö vaatii taulukon 1 mukaisia lupia.

Taulukko 2. Maatutkadroonin käyttöön tarvittavat luvat

Lupa	Myöntäjä
Lupa maatutkan käytölle droonissa	Traficom myöntää testipaikkakohtaisen luvan maatutkan käytölle droonissa. Uudet testipaikkakohtaiset luvat haetaan Traficomin verkkopalvelun kautta. Tähän liittyvä ohjeistus liitteessä 1.
Lentäjän verkkokoe A1	Lentäjältä vaaditaan Traficomin A1 verkkokokeen suoritus. Lentäjän A1-verkkokoe suoritetaan Traficomin sivuilla ja se on voimassa 3 vuotta. Uusittavissa samassa paikassa.
Lentäjän verkkokoe A2	Lentäjän A2-verkkokoe tarvitaan, mikäli lennetään kategoriassa A2. Maatutkadroonikäytössä lennot tehdään kategoriassa A3, joten A1 verkkokoe riittää. A2-verkkokoe suoritetaan palvelun tarjoajan luona (Kajaanissa KAMK).
RTK-palvelu	Maatutkadrooni käyttää RTK-paikannusta, joten tähän tarvitaan palvelun tarjoajan RTK-palvelu. MITYssä käytetään Maanmittauslaitoksen RTK-palvelua, joka haetaan Maanmittauslaitokselta (Liite 10)
Teollisuusalueella lentämiseen tarvittavat luvat	Mikäli lennetään teollisuusalueella, niin tarvitaan teollisuuslaitoksen lupa lentämiseen sekä riskiarviointin laatimisen tehtävälle. Näistä sovitaan tarkemmin kohteen henkilöiden kanssa tapauskohtaisesti.

Mittaustekniikan yksikön maatutkadroonin liittyvät vakuutukset koostuvat taulukon 3 mukaisista vakuutuksista.

Taulukko 3. Maatutkadroonin vakuutukset

Vakuutus	Myöntäjä
Vastuuvakuutus	Yliopiston vakuutukset sisältää droonitoiminnan vastuuvakuutukset, joka kattaa toiselle osapuolelle aiheutuneet vahingot.
Valmistajan laitevakuutus	Droonitoimittaja DJI tarjoaa Care-vakuutusta maksua vastaan ja tällä hetkellä tämä on voimassa maatutkadroonissa (DJI 350 RTK-droneissa). Tämä kattaa vain droonin korjauksen, muttei hyötykuormana olevaa maatutkaa. Tämä on maksullinen ja se on mahdollista uusia tietyksi ajaksi.
Kattava laitevakuutus	Coverdrone tarjoaa laitevakuutusta, joka kattaa sekä droonin että hyötykuorman. Vakuutus on maksullinen ja se hankitaan tarpeen mukaan. Vakuutus voidaan ottaa minimissään yhdeksi kuukaudeksi. Vakuutuksen hankintaa liittyen ohjeistus liitteessä 2

5 RISKIENHALLINTA

Maatutkadroonia lennätetään vesistöjen ja kaivos-
altaiden päällä sekä myös muissa erilaisissa ympäristöissä. Maatutkadroonia lennätetään yhden metrin etäisyydellä maanapinnasta, joka on luvan edellyttämä lennätystapa. Manuaalisessa lentomoodissa pilotti hallitsee droonia ja säätää ohjaimen avulla etäisyyden maahan sopivaksi. Autonomisessa moodissa maatutkajärjestelmään sisältyvä etäisyystutka mittaa etäisyyden maahan ja lento-ohjelmisto säätää droonin korkeuden oikeaksi.

Maatutkadroonin lennätykseen liittyy paljon riskejä ja niihin täytyy varautua. Lisäksi suunnitteluvaiheessa pitää kartoittaa uuden kenttäkohteen riskit. Jos riskit ovat hallittavissa, niin suunnittelua voidaan jatkaa, muussa tapauksessa lentoa ei voida toteuttaa. Lisäksi riskiä pitää arvioida myös kenttätoiminnan aikana koko ajan ja mikäli riski ei ole hallittavissa, niin lento täytyy keskeyttää.

Maatutkadroonin käyttöön liittyen tunnistetaan taulukon 1 mukaisia riskejä. Lisäksi taulukossa kuvattu, miten riskejä hallitaan.

Taulukko 4. Maatutkadroonin käyttämisen riskit

Riski	Riskinhallinta ja riskien pienentämistoimenpiteet
Lentäjän virhe	Lentäjältä vaaditaan A1-kategorian verkkotentti ja siihen liittyvä osaamisvaatimus. Lisäksi lentäjältä vaaditaan osaamista droonista ja sen käytöstä.
Droonin tekninen vika	Droonin ohjelmistot pidetään ajantasalla ja seurataan droonin toimintaa lennon aikana sekä tarkastetaan drooni ennen ja jälkeen lennon. Veden päällä lennettäessä käytetään automaattista turvaliiviratkaisua, estämään droonin vajoaminen veden alle vikatilanteessa.
Esteeseen törmääminen	Tehdään kattava ja huolellinen reittisuunnittelu sekä tehdään ennen lentoa tarkastus reitille. Käytetään droonin esteentunnistimia sekä automaattista pysäytystoimintaa esteen havainnoinninyhteydessä
RTK-yhteys katoaa	Maatutkadrooni käyttää RTK-paikannusta, joten tähän tarvitaan palvelun tarjoajan RTK-palvelu. Mikäli palvelu katoaa kesken lennon, droonin pitäisi jatkaa lentoa GPS-mukaisesti. Mikäli vaaditaan RTK-paikannus, lento täytyy keskeyttää.
Radiotaajuushäiriö - GPS-häiriinty	Pyritään käyttämään laitteita, jotka tunnistavat häiriön. Tällaisen tapauksen yhteydessä keskeytetään lento ja lennetään manuaalisesti lähtöpisteeseen tai laskeudutaan turvalliseen paikkaan.
Radiotaajuushäiriö - Tiedonsiirto häiriinty	Mikäli yhteyden heikentyminen johtuu esteistä, pyritään siirtymään parempaan kohtaan (esim. korkeammalle). Muussa tapauksessa pyritään lentämään drooni turvalliseen kohtaan ja laskeutumaan turvallisesti.
Äkillinen muutos säässä	Seurataan säätiedotteita verkosta sekä visuaalisella tarkailulla lennon aikana. Mikäli tilanne tulee, lento keskeytetään ja lasketaan turvalliseen paikkaan.
Ilmatilassa muuta liikennettä	Tehdään lentoilmoitus Flyk-palveluun ja samalla tarkastetaan alueen muu lentotoiminta. Mikäli havaitaan muuta liikennettä, laskeudutaan turvalliseen paikkaan.

6 OPERATIIVINEN PROSESSI

Operatiivinen toiminta jakautuu viiteen vaiheeseen. Seuraavassa käydään läpi vaiheiden sisältö.

6.1 SUUNNITTELU

Suunnitteluvaiheessa määritetään mittauksen tavoite, laajuus ja vaadittava tarkkuustaso. Mittauskohteesta kerätään ennakkotiedot, kuten alueen maasto-olosuhteet, mahdolliset esteet, vesistöt

sekä turvallisuuteen vaikuttavat tekijät. Näissä hyödynnetään maastokarttoja, esim. paikkatietokunaa. Lisäksi tarkastetaan ilmatilan rajoitukset, tehdään tarvittavat lentoilmoitukset (esim. Flyk-palveluun) ja haetaan testipaikkakohtaiset luvat Traficomilta (mikäli lupaa ei ole).

Tässä vaiheessa laaditaan alustava lentosuunnitelma, jossa määritellään lentoreitit, lentokorkeus, nopeus, linjavälit sekä mittauksen kattavuus. Samalla suoritetaan ennakkoriskien arviointi, jonka perusteella päätetään, voidaanko mittaus toteuttaa turvallisesti suunnitelluissa olosuhteissa. Suunnitteluvaiheessa myös määritetään mittauskohde, hankitaan tarvittavat luvat ja arvioidaan riskit. Lisäksi laaditaan alustava lentosuunnitelma.

Suunnitteluvaiheeseen liittyviä ohjeita on tämän toimintamallin seuraavissa liitetiedostoissa.

- Liite 1: Radioluvan hakeminen ja muutokset
- Liite 3: Riskiarviointilomake
- Liite 5. Reitin luonti UGCS-ohjelmaan

6.2 VALMISTELU

Valmisteluvaiheessa tarkennetaan lentosuunnitelma, hankitaan vakuutus (tarvittaessa) ja määritetään lopulliset lentoreitit mittauskohteeseen. Maatutkalaitteisto tarkastetaan ennen käyttöä, mukaan lukien droonin mekaaninen kunto, ohjelmistojen ajantasaisuus (päivitykset) sekä sensorien ja mittalaitteiden toiminta. Lisäksi ladataan droonin, ohjaimen ja kannettavan akut.

Maatutkan mittausparametrit asetetaan kohteen mukaan, esimerkiksi valitsemalla sopiva antennitaajuus ja näytteenottoparametrit. RTK-yhteyden toimivuus varmistetaan ennen lentoa (palvelun voimassaolo). Lisäksi pidetään tarvittaessa lyhyt turvallisuus- ja toimintabriefing, jossa käydään läpi roolit, vastuut ja mahdolliset riskit.

Tähän liittyviä ohjeita on mm.

- Liite 2: Vakuutuksen teko-ohje
- Liite 3: Riskiarviointilomake
- Liite 4. Lentoilmoituksen tekeminen Flyk-järjestelmään
- Liite 5. Reitin luonti UGCS-ohjelmaan
- Liite 6. Maatutkan parametrintointi
- Liite 7. Lentojen merkkäminen lentolokisovellukseen
- Liite 8. Raportointiohje
- Liite 9. Tarkistuslista kenttämittaukselle
- Liite 10. FINPOS-palvelun käyttö

6.3 KENTTÄTOIMINTA - MITTAUS

Kenttätoimintavaiheessa suoritetaan varsinainen maatutkadroonilento ja mittaus ennalta suunnitellun reitin mukaisesti. Ennen lentoa tehdään lähtöalueen turvallisuustarkastus ja varmistetaan, ettei alueella ole ulkopuolisia henkilöitä tai esteitä, jotka voisivat vaarantaa toiminnan.

Lennon aikana seurataan jatkuvasti droonin toimintaa, ympäristöolosuhteita sekä mittausdatan kertymistä. Turvallisuutta arvioidaan jatkuvasti, ja tarvittaessa lento keskeytetään, mikäli havaitaan riskejä tai poikkeamia. Mittaus suoritetaan joko manuaalisesti tai autonomisesti siten, että drooni säilyttää määritellyn etäisyyden maanpintaan ja mittausdata täyttää vaaditut laatuvaatimukset.

Mittauksen jälkeen mittausdata siirretään maatutkalta tietokoneelle ja tarkastetaan että kaikki mittauksat ovat tallentuneet sekä mittausdata näyttää oikeanlaiselta. Lisäksi tehdään lentolokisovellukseen kirjaus lennoista ja käytetyistä maatutkista.

Kenttätoimintaan liittyviä ohjeista on tämän toimintamallin seuraavissa liitetiedostoissa.

- Liite 3: Riskiarviointilomake
- Liite 4: Lentoilmoituksen tekeminen Flyk-järjestelmään
- Liite 5. Reitin luonti UGCS-ohjelmaan
- Liite 6. Maatutkan parametointi
- Liite 7. Lentojen merkkäminen lentolokisovellukseen
- Liite 9. Tarkistuslista kenttämittaukselle

6.4 DATAN KÄSITTELY, HALLINTA JA LAADUNVARMISTUS SEKÄ RAPORTOINTI

Kerätty mittausdata siirretään analysointijärjestelmään (Prism2, Geolitix), jossa data tarkastetaan ja esikäsitellään. Laadunvarmistuksessa arvioidaan datan kattavuus, signaalin laatu sekä paikannustiedon (GNSS/RTK) tarkkuus. Tarvittaessa dataa suodatetaan ja käsitellään virheiden minimoimiseksi. Mahdolliset puutteet tai virheet mittausdatassa tunnistetaan ja dokumentoidaan. Mikäli havaitaan merkittäviä laatuongelmia, arvioidaan uusintamittauksen tarve.

Mittausdata, paikkatiedot, lentolokit ja mittausasetukset tallennetaan yhtenäisen käytännön mukaisesti. Projekteille suositellaan selkeää kansiorakennetta ja nimeämiskäytäntöä, joka varmistaa

datan jäljitettävyyden ja helpon käytettävyyden myöhemmin. Datat varmuuskopiointi suoritetaan organisaation käytäntöjen mukaisesti.

Tulokset analysoidaan ja esitetään raportissa, joka sisältää mittauksen tavoitteen, käytetyt menetelmät, mittauksen tehneet henkilöt, mittausreitit, mittausparametrit, havainnot (valokuvat) sekä tulokset. Raporttiin liitetään tarvittavat kuvat, kartat ja profiilit.

Tähän liittyviä ohjeita on tämän toimintamallin liitetiedostossa 8 (Liite 8. Raportointiohje).

6.5 POIKKEAMIEN HALLINTA JA LAADUN HYVÄKSYNTÄ

Maatutkadroonin operatiivisessa toiminnassa voi esiintyä poikkeamia, jotka liittyvät esimerkiksi lennätukseen, mittausdataan, laitteiston toimintaan tai ympäristöolosuhteisiin. Poikkeamien hallinnan tavoitteena on varmistaa turvallinen toiminta, mittauksien luotettavuus sekä toiminnan jatkuva kehittäminen.

Kaikki merkittävät poikkeamat tulee tunnistaa ja dokumentoida. Poikkeamia voivat olla esimerkiksi lennon keskeytyminen, tekniset häiriöt (esim. RTK-yhteyden katoaminen), mittausdatan puutteellisuus tai laatuongelmat sekä turvallisuuteen liittyvät havainnot. Poikkeaman ilmetessä lentäjä tai vastuuhenkilö arvioi tilanteen vaikutuksen turvallisuuteen ja mittaus tuloksiin sekä päättää tarvittavista toimenpiteistä, kuten lennon keskeyttämisestä, mittauksen uusimisesta tai jatkamisesta muuttunein ehdoin.

Poikkeamat kirjataan mahdollisuuksien mukaan lentolokisovellukseen. Kirjauksen tulee sisältää vähintään kuvaus tapahtumasta, ajankohta, vaikutukset sekä tehdyt toimenpiteet. Tarvittaessa poikkeamat käsitellään jälkikäteen, jotta voidaan tunnistaa toistuvat ongelmat ja kehittää toimintamallia.

Mittauksen laadun hyväksyntä perustuu ennalta määriteltyihin kriteereihin. Mittaus voidaan hyväksyä, mikäli:

- mittaus kattaa suunnitellun alueen riittävällä tarkkuudella
- paikannustiedon laatu (GNSS/RTK) on vaatimusten mukainen
- mittausdata on teknisesti laadukasta ja tulkittavissa
- mittausparametrit vastaavat suunniteltua

Mikäli edellä mainitut kriteerit eivät täyty, tulee arvioida mittauksen osittainen tai täydellinen uusiminen. Laadun arviointi dokumentoidaan osana datan käsittelyä ja raportointia.

Poikkeamien systemaattinen käsittely ja laadunvarmistus tukevat toiminnan kehittämistä sekä varmistavat maatutkadroonimittausten turvallisuuden, luotettavuuden ja toistettavuuden.

7 YHTEENVETO

Tässä dokumentissa esitetty toimintamalli määrittelee Mittaustekniikan yksikön maatutkadroonin turvallisen, suunnitelmallisen ja laadukkaan käytön koko mittausprosessin ajan. Toimintamalli kattaa mittaustoiminnan keskeiset vaiheet suunnittelusta kenttätööhön, datan käsittelyyn ja raportointiin sekä huomioi toimintaan liittyvät roolit, vastuut, lupavaatimukset, vakuutukset ja riskienhallinnan.

Maatutkadroonin käyttö mahdollistaa tehokkaan ja kustannustehokkaan tavan kartoittaa haastavia kohteita, kuten vesistöjä ja kaivosaltaita, joissa perinteiset mittausmenetelmät ovat vaikeasti toteutettavissa. Samalla toiminta asettaa erityisvaatimuksia turvallisuudelle, lennon suunnittelulle sekä mittausdatan laadun varmistamiselle. Näihin vaatimuksiin on vastattu tässä toimintamallissa esitettyjen menetelmien ja ohjeistusten avulla.

Toimintamallin keskeisiä periaatteita ovat huolellinen ennakkosuunnittelu, selkeä vastuunjako, jatkuva riskien arviointi sekä mittausdatan laadun systemaattinen varmistaminen. Lisäksi liitteissä esitetyt käytännön ohjeet ja tarkistuslistat tukevat toimintamallin käytännön toteutusta ja varmistavat toiminnan toistettavuuden eri mittauskohteissa.

Toimintamalli toimii pohjana maatutkadroonin operatiiviselle toiminnalle sekä nykyisissä että tulevaisissa tutkimus- ja kehityshankkeissa. Mallia voidaan jatkossa kehittää kokemusten ja uusien teknologioiden myötä, jotta se vastaa jatkuvasti muuttuvia toimintaympäristön ja sääntelyn vaatimuksia.

8 LIITTEET

Liite 1: Radioluvan hakeminen ja muutokset

Liite 2: Vakuutuksen teko-ohje

Liite 3: Riskiarviointilomake

Liite 4. Lentoilmoituksen tekeminen Flyk-järjestelmään

Liite 5. Reitin luonti UGCS-ohjelmaan

Liite 6. Maatutkan parametointi

Liite 7. Lentojen merkkäminen lentolokisovellukseen

Liite 8. Raportointiohje

Liite 9. Tarkistuslista kenttämittaukselle

Liite 10. FINPOS-palvelun käyttö

8.1 LIITE 1: RADIONLUVAN HAKEMINEN JA MUUTOKSET

Kun maatutka kytketään drooniin, niin tämä vaatii luvan Traficomilta. Luvat maatutkalle haetaan Traficomilta (www.traficom.fi/fi/radioluvat-ja-taajuudet).

8.2 LIITE 2: VAKUUTUKSEN TEKEMINEN

Vastuuvakuutus drone toiminnalle on hankittu yliopiston vakuutusmeklarin kautta, joka kattaa ulkopuolisille aiheutetut vahingot.

COVERDRONE

Coverdronen vakuutus hankittiin heidän nettisivujen kautta, jonka osoite on <https://www.coverdrone.com/fi/>.

8.3 LIITE 3: RISKIARVIOLOMAKE

Riski	Todennäköisyys	Vaikutus	Riskitaso	Toimenpide

8.4 LIITE 4: LENTOILMOITUKSEN TEKEMINEN FLYK-JÄRJESTELMÄÄN

Lentoilmoitukset tehdään ennen lentoa osoitteessa <https://flyk.com/fi>.

8.5 LIITE 5: REITIN LUONTI UGCS-OHJELMAAN

Lentoreittejä suunniteltaessa on hyvä tutustua kohteeseen esim. google mapsin kautta ja jos on mahdollista käydä etukäteen paikkaan tutustumassa. Radioluvassa on määritelty, että lennämme metrin korkeudella maan/veden pinnasta niin tämän mukaan on lentoreitit suunniteltava. Jos lentoreitillä on tiedossa olevia esteitä, täytyy nämä kiertää lentoreiteissä. Olemme joissain kohteissa käyneet raivaamassa lentoreitit etukäteen, jotta on pystytty haluttu reitti lentämään.

UgCS ohjelmassa lentoreittien tekeminen löytyvät valmistajien ohjeista.

8.6 LIITE 6: MAATUTKAN KÄYTTÖ JA PARAMETROINTI

Maatutkan parametrisointi on tapauskohtainen ja siihen liittyvä ohjeistus löytyy laitteiston mukana tulevista materiaaleista.

8.7 LIITE 7: LENTOJEN MERKKAAMINEN LENTOLOKISOVELLUKSEEN

Mittaustekniikan yksikössä on omaan käyttöön suunniteltu DroneLoki-ohjelmisto, jonne lennot merkataan. Tähän liittyvä ohjeistus on ohjelmiston yhteydessä.

8.8 LIITE 8: RAPORTOINTIPOHJA

Maatutka mittauksista luodaan lopuksi mittausraportti, missä kerrotaan mitausten paikka, ajankohta, henkilöt, kalusto ja liitetään mittauksista tietoa mm. mittausreitit nimi, lennon kesto ja pituus, aloitus ja lopetus ajankohdat sekä maatutkadatan tiedostonimi. Maatutkaprofiileista otetaan myös kuvakaappaukset prosessoinnin jälkeen ja liitetään niille kuuluvaan osioon. Mittausraporttiin liitetään myös mahdolliset vertailumittaukset ja niiden tiedot sekä muita mahdollisia kuvia ja tietoja mittauksiin liittyen.

Raporttipohjan löytää Mittaustekniikan yksikön Teams-kansiosasta.

8.9 LIITE 9: TARKISTUSLISTA KENTTÄKÄYTTÖÖN

Mittaustekniikan yksikön tarkistuslistat löytyvät droonien yhteydestä.

8.10 LIITE 10. FINPOS-PALVELUN KÄYTTÖ

Käytämme RTK-paikannuksessa maanmittauslaitoksen FINPOS-paikannuspalvelua. Käyttöoikeudet haetaan verkko-osoitteesta <https://finpos.nls.fi/>.