



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Sakari Riikonen

Turf Gamechangerin etäohjauslaitteiston valinta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

27.5.2021

Tekijä Otsikko	Sakari Riikonen Turf Gamechangerin etäohjauslaitteiston valinta
Sivumäärä Aika	24 sivua + 2 liitettä 27.5.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Ajoneuvotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Ajoneuvosuunnittelu
Ohjaajat	Lehtori Janne Nuotio CEO Ilkka Kankkunen
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Turf Gamechanger Oy:n tarpeeseen saada sopiva etäohjausjärjestelmä yhtiön nurmialueiden hoitoon suunnitelluille laitteille. Turf Gamechanger -menetelmä korvaa jopa kahdeksan golfkentänhoidon vaihetta yhdellä koneella, ja se soveltuu myös muiden korkealaatuisten nurmialueiden hoitoon. Työ käsittelee menetelmään kuuluvien työkoneiden etäkäyttöön liittyviä vaihtoehtoja.</p> <p>Työn tavoitteena oli löytää radio-ohjain ja vastaanotin, joita pystytään aluksi hyödyntämään kolmeen eri käyttötarkoitukseen. Näihin kolmeen käyttötarkoitukseen soveltuva etäohjausjärjestelmä on käyttökelpoinen myös tulevaisuudessa lisättäville toiminnoille.</p> <p>Insinöörityössä kartoitettiin saatavilla olevia etäohjausjärjestelmiä ja näiden järjestelmien maahantuojia. Työssä listattiin etäohjauslaitteille asetettavia vaatimuksia ja tehtiin riskianalyysi. Etäohjausjärjestelmiä verrattiin keskenään vaatimuslistan ja riskianalyysin perusteella. Lisätietoja etäohjauslaitteista selvitettiin maahantuojilta puhelimitse ja sähköpostitse.</p> <p>Työssä löydettiin muutamia potentiaalisia Turf Gamechangerin laitteiden etäohjaukseen soveltuvia laitteita, joista valittiin yksi otettavaksi käyttöön.</p> <p>Etäohjauslaitteita on nykyään saatavilla moneen tarkoitukseen, eikä vaihtoehtoja ole pulaa. Vaikka erityisesti nurmialueiden hoitoon suunniteltuja etäohjausjärjestelmiä ei juuri ole, voidaan jo olemassa olevia järjestelmiä räätälöidä kyseiseen käyttötarkoitukseen.</p>	
Avainsanat	etäohjaus, radio-ohjain, vastaanotin

Author Title	Sakari Riikonen Finding a Suitable Remote-Control System for Turf Gamechanger
Number of Pages Date	24 pages + 2 appendices 27 May 2024
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Professional Major	Automotive Design Engineering
Instructors	Janne Nuotio, Senior Lecturer Ilkka Kankkunen, CEO
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to find a suitable remote control system for a range of machines that maintain turf. This thesis was commissioned by Turf Gamechanger Oy. Turf Gamechanger is a new method for maintaining turf. With this method, up to eight different stages of maintenance work can be carried out with one machine. This Bachelor's thesis examines different options of remote control systems for range of machines which are part of this method.</p> <p>The remote control system consisting of a radio controller and a receiver is intended to be used in three different cases in the beginning. The remote control system, which is suitable for these cases, is also suitable for future applications.</p> <p>Firstly, topic-related literature was studied. Remote control systems on the market and importers of these systems were examined. Thirdly, requirements for the remote control system were listed, and a risk analysis was made. Suitable options were compared to each other, to the requirement list and to the risk analysis. Further information on remote control systems was gathered by sending inquiries to importers via e-mail and telephone.</p> <p>As a result, several suitable remote control systems were found, and one of them was selected for Turf Gamechanger. In conclusion, it was discovered that there is no shortage of remote control devices on the market. Remote control devices designed specifically for turf maintaining machinery are a rarity, though. However, already existing devices designed for forestry machines and excavators for example can be tailored for very specific usage, such as Turf Gamechanger.</p>	
Keywords	remote control, radio controller, receiver

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Turf Gamechanger	2
2.1	Esittely	2
2.1.1	TGC-menetelmä	2
2.1.2	Menetelmän ydin	5
2.2	Tulevaisuuden käyttökohteet	6
2.2.1	Kenttien peruskorjaus	6
2.2.2	TGC-menetelmän tulevaisuuden laajennukset ja jatkokehitys	6
3	Radioteknologia etäohjauslaitteissa	8
3.1	Langaton tiedonsiirto	8
3.2	Vastaanotin	8
4	Etäohjausjärjestelmälle asetettavat vaatimukset	10
4.1	Käyttötarpeitten määrittely ja etäohjauslaitteelle asetettavat vaatimukset	10
4.2	Muita vaatimuksia	11
4.3	Vastaanottimen vaatimukset	12
5	Riskianalyysi	13
5.1	Koneen käyttöön liittyvät riskit	13
5.2	Radioteknologian riskit	14
6	Vaihtoehtojen kartoittaminen	15
6.1	AUTEC	16
6.2	Abitron ja Technion	17
6.3	Danfoss	18
6.4	IMET	19
7	Johtopäätökset	21

Liitteet

Liite 1. Tuotevertailu

Liite 2. AUTEK tuoteinfo

Lyhenteet ja käsitteet

TGC	Turf Gamechanger. Vuonna 2017 perustettu startup-yritys, joka pyrkii tuomaan nurmialueiden hoidon tälle vuosituhannelle.
POC	Proof of Concept. Menetelmän tai idean osoittaminen toteuttamiskelpoiseksi.
GPS	Global Positioning System. Satelliittipaikannusjärjestelmä.
UMFS	Unintended Movement From Standstill. Suunnitteluperiaate, joka estää laitteen liikkumisen vikatilaa ilmetessä.

1 Johdanto

Työ sai alkunsa työskennellessäni entisellä Hill Side Golf & Country Clubin golfkentällä (nykyiseltä nimeltään Hills golf) syksyllä 2020. Silloinen esimieheni agrologi Ilkka Kaivosoja toimi golfkentän kenttämestarina sekä Turf Gamechangerin teknologiajohtajana. Turf Gamechanger on hänen kehittämänsä uusi menetelmä nurmialueiden hoitoon. TGC ei siis ole ainoastaan golfkentille suunniteltu kone tai koneperhe.

Kaivosojan sekä Turf Gamechangerin toimitusjohtajan Ilkka Kankkusen kanssa opinnäytetyön aiheeksi määritettiin sopivanlaisen etäohjausjärjestelmän kartoittaminen ja valinta Turf Gamechangerin laitteisiin. Etäohjaus on yksi suunnittelemaan osa-alue, joka halutaan saada osaksi TGC-menetelmää, joten työn toteuttamisella on niin rahallista kuin käytännöllistä hyötyä. Työn tavoitteena on valita toimiva, selkeäkäyttöinen ja turvallinen etäohjausjärjestelmä, joka pystytään yhdistämään TGC:n automaatiojärjestelmään ja jolla on edellytykset mahdollisien tulevaisuudessa lisättävien toimintojen ohjaukseen. Työn julkaisuhetkellä TGC:n kalusto käsittää yhden Proof of Concept -laitteen. Se on koelaitte, jonka tarkoituksena on osoittaa menetelmä toteuttamiskelpoiseksi.

2 Turf Gamechanger

2.1 Esittely

2.1.1 TGC-menetelmä

Nykykäytännön mukaan nurmialueiden, erityisesti golfkenttien, hoitoon on neljästä kahdeksaan eri työvaihetta, joista jokainen tehdään eri koneella. Työvaiheet, jotka on esitetty kuvassa 1, ovat

- leikkuu
- tappi-ilmastus / holkki-ilmastus / pystyleikkuu
- jätteen keruu (edellisen työvaiheen mukaan)
- kylvö
- jonkin lannoitteen, maaparannusaineen, kalkin tms. levitys
- hiekoitus tai muu kattaus
- harjaus
- jyräys.



Kuva 1. Golfkenttien hoitotoimenpiteiden nykykäytännöt (1, s. 4).

TGC tekee nämä työvaiheet yhdellä koneella ja yhdellä ajokerralla kentän kaikille alueille. Tämän mahdollistaa erityisesti TGC:n patentoitu kuormatila, jonka tilavuussuhteet muuttuvat työn edetessä (1, s. 9). Työt toteutetaan paremmin kuin nykykäytännöillä on mahdollista. TGC-menetelmä ei tuo kustannussäästöjä pelkästään pienempien

kalustokulujen muodossa, vaan myös kehittyneiden hoitomenetelmien ansiosta. Säästöjen lisäksi menetelmä lisää kentän tuloja, sillä kenttä on nopeammin pelikunnossa nopeampien hoitotoimenpiteiden ansiosta. Menetelmä myös säästää ympäristöä, sillä vähentyneet erilliset työsuoritteet vähentävät välittömästi energiankulutusta. Tämä vaikuttaa osaltaan kentän tuloihin, koska yhä useampi golfinpelaaja tekee pelaamispäätöksen kentän hiilijalanjäljen perusteella. TGC-tuoteperheen alustakoneena toimii Deutzin 3,6-litraisella turbodiesel koneella varustettu Power-yksikkö (kuva 2), joka tuottaa voiman kaikille tuoteperheen muille toiminnoille (2, s. 1).



Kuva 2. TGC:n Power-yksikkö (3, s. 7).

Maintain-yksikkö on Power-yksikön päälle asennettava lava, johon on kiinnitetty seuraavat toimilaitteet

- ilmastin, holkitin tai pystyleikkuri
- kylvölaite
- katemateriaalin levityslaite
- harjat
- jyrät
- imuputki
- imuri
- keruujätteen tila
- katemateriaalin tila
- liikkuva väliseinä
- pohjakuljetin

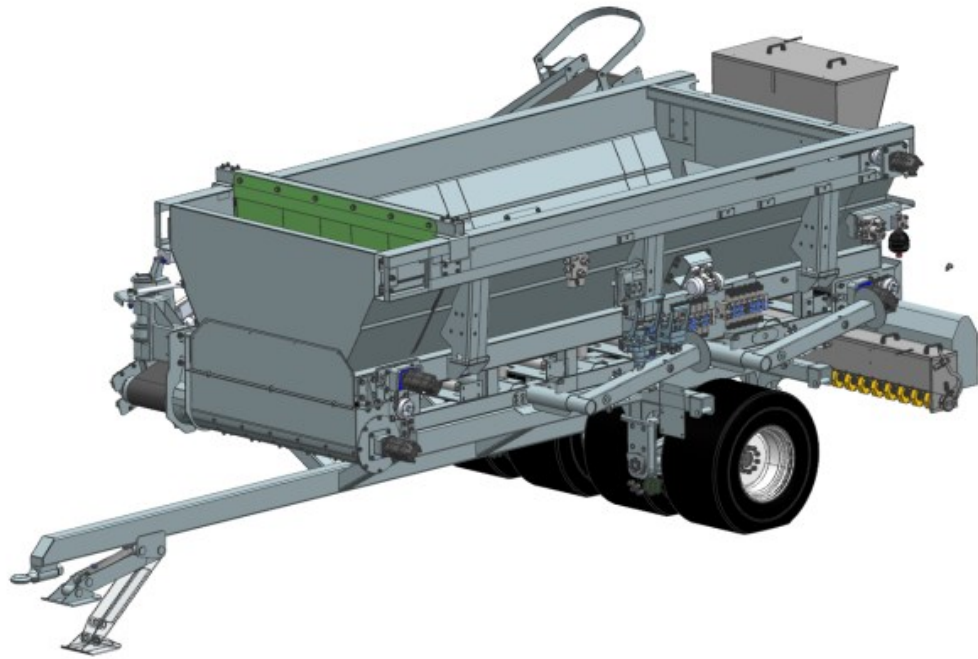
- lisäaineen syöttölaite
- poikkikuljetin
- sivukuljetin.

Näiden toimilaitteiden avulla Maintain-yksikkö (kuva 3) pystyy suorittamaan aiemmin luetellut työvaiheet yhdellä ajokerralla.



Kuva 3. TGC:n Maintain-yksikkö (1, s. 8).

Transfer-yksiköllä tarkoitetaan Power-yksikön perässä vedettävää logistiikkayksikköä. Kuvassa 4 kuvatun Transfer-yksikön alustaan voidaan kiinnittää joko työlava, jonka toiminnallisuus vastaa Maintain-yksikön lavaa (väliseinä, kuljettimet ja lisäainelaatikko) tai maalava.



Kuva 4. TGC Transfer (3, s. 10).

Muita Power-yksikköön liitettäviä yksiköitä ovat tällä hetkellä Payloader, Aerator ja Mower. Payloader-yksikkö on Power-yksikön päälle kiinnittyvä kurottavalla puomilla varustettu kauhakuormaja. Aerator-yksiköllä tarkoitetaan Power-yksikön takanostolaitteisiin kiinnittyviä ilmastajia. Power-yksikössä on paikat kahdelle Aerator-yksikölle. Ruohonleikkuusta vastaavat laitteen etu- ja takanostolaitteisiin kiinnitettävät Mower-yksiköt. Edessä olevassa leikkuuyksikössä leikkureita on 5 kappaletta ja takana olevassa 3 + 3.

2.1.2 Menetelmän ydin

Nykyään käytössä olevat hoitokäytännöt on yhdistetty menetelmässä muutamalla keskeisellä innovaatiolla. Ensinnäkin katehiekkä ohjataan työkoneiden yli, jolloin työjärjestys saadaan oikeaksi. Toiseksi 7-pyöräinen alustarakenne mahdollistaa erittäin pienen pintapaineen. Jousitettu kolmiakseli edessä, nivelrunko ja kaksi rinnakkaista keinuvaa teliä takana mahdollistavat hellän ja hyvin maanpinnan muotoja mukailevan etenemisen. Tämä erityinen alustarakenne sallii useiden työlaitteiden kytkemisen Maintain-koneeseen, koska pintapaine on vain perinteisen traktorin luokkaa. Kehitystyö on vielä kesken, ja koneen paino tulee laskemaan tulevaisuudessa.

Aikaisemmin mainittu muuttuvatilavuuksinen kuormatila mahdollistaa jätteen keräyksen ja katemateriaalin levityksen samalla kertaa. Tämä patentoitu ratkaisu avaa mahdollisuuden tehokkaalle logistiselle ketjulle tukemaan hoitotyötä.

2.2 Tulevaisuuden käyttökohteet

2.2.1 Kenttien peruskorjaus

Hakulinen (4) mainitsee kirjoittamassaan artikkelissaan golfkenttien rakenteiden teknisen iän olevan 30 vuotta, jonka jälkeen kenttä tarvitsee peruskorjausta. Peruskorjauksen tarpeeseen vaikuttavat monet syyt. Väylät ovat epätasaisia, niillä on vettä kerääviä painanteita, niiden pinta on märkä ja kuitukerros on liian paksu. Väärät heinälajit ovat ottaneet valtaa ja yksittäiset viheriöt, lyöntipaikat tai esteet ovat korjauksen tai uudelleensijoituksen tarpeessa. Kuivaus- ja kastelujärjestelmässä on myös voinut ilmetä puutteita. Peruskorjaus on kallista ja aikaa vievää ja kenttä voi olla pois pelikäytöstä jopa vuosia. TGC-menetelmä mahdollistaa perinteisen peruskorjauksen välttämisen kokonaan. Perustan tähän luovat paikkatiedon hyödyntäminen, automaatio koneen ja toimilaitteiden ohjauksessa, tehostunut logistiikka sekä kaluston monikäyttöisyys ja soveltuvuus nurmipinnoilla tapahtuvaan työskentelyyn.

2.2.2 TGC-menetelmän tulevaisuuden laajennukset ja jatkokehitys

Konealustan päälle voidaan tulevaisuudessa kehittää erilaisia herkille nurmipinnoille sopivia kokonaisuuksia kuten

- kaivuri
- maanrakennuksen maalavat
- erilaiset mekaaniset varsiston päässä liikkuvat leikkuuyksiköt, luiskaleikkurit ja raivauspäät.
- hiekkasteiden hoitolaitteet.

Myös monet muut työvaiheet, jotka on nykyisin tehtävä käsityönä, on mahdollista ja järkevää mekanisoida. Power-yksikköön on hyvät edellytykset luoda helposti kytkettäviä ja tarkasti hallittavia lisälaitteita.

Paikkatiedon ja automaation hyödyntäminen avaavat täysin uusia mahdollisuuksia kehittää hoitokäytäntöjä. Erityisesti maataloudessa paikkatiedon hyödyntäminen on muuttanut viljelemistä merkittävästi tehokkaampaan suuntaan. Savagen (5) mukaan erilaisten sensorien käyttö yhdessä GPS-järjestelmän kanssa mahdollistaa peltojen kartoittamisen siten, että hoitokäytäntöjä voidaan optimoida pellon jokaiselle alueelle jopa senttimetrin tarkkuudella. Maanviljelijä saa tietoonsa esimerkiksi pellon eri kohdissa vallitsevat ympäristöolosuhteet, minkä avulla ravinteiden levitystä voidaan säädellä tarkasti. Viljelyksiä pystytään hoitamaan täten nopeammin ja tarkemmin ilman, että itse vilja vahingoittuu.

Vastaavia menetelmiä ei golfkentillä ole juurikaan käytössä nykyään. TGC:n koneet ja laitteet ovat suunniteltu siten, että ne voivat mitata ja välittää tietoa kasvustosta sekä kasvualustasta samaan tapaan kuin modernit maanviljelyslaitteet. Lannoitteiden, kasteluveden ja muiden tuotteiden käyttöä saadaan optimoitua ja niiden kokonaiskäyttömääriä vähennettyä. Tulevaisuudessa koneet ja toimilaitteet on anturoitu monipuolisesti, ja ne ovat jatkuvassa yhteydessä tietojärjestelmään. Kentältä kerätty data muutetaan automaattisesti säätöarvoiksi, jotka syötetään takaisin koneelle. Tämä kahdensuuntainen tiedonsiirto ja tuotetun datan digitaalinen käsittely luo pohjan kattavalle ja hallitulle kentänhoidolle.

3 Radioteknologia etäohjauslaitteissa

3.1 Langaton tiedonsiirto

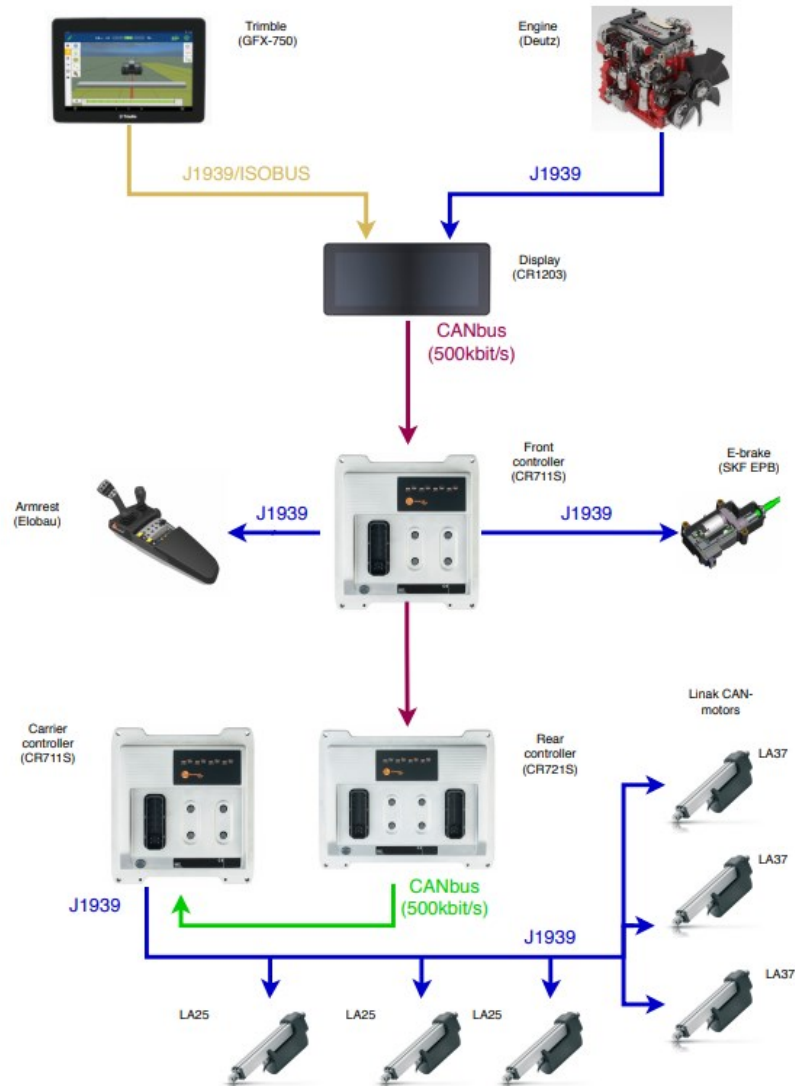
Geier (6, s. 69) kertoo tiedonsiirron tapahtuvan langattomissa verkoissa näkymättömästi ilmateitse radiotaajuus- eli RF- tai valosignaaleina. Radioaallot ovat sähkömagneettisia aaltoja, jotka liikkuvat ilmassa. Niiden energia esiintyy sekä sähköisinä että magneettisina kenttinä. Nämä kentät esiintyvät yhdessä, sillä muutos kumpaankin tahansa kenttään vaikuttaa aina toiseen kenttään. Langaton lähetinvastaanotin muodostuu lähettimestä ja vastaanottimesta. Lähettimessä laitteen sisäiset sähköiset datasiignaalit moduloidaan analogisiksi radiotaajuus- tai valosignaaleiksi. Granlundin (7, s. 10) mukaan lähetettävä tieto moduloidaan sen vuoksi, että digitaalinen signaali sisältää aivan liian suuren joukon taajuuskomponentteja, jotta se siirtyisi luotettavasti pitkiä matkoja, ja lisäksi taajuuskomponenttien suuri lukumäärä laajentaa teoriassa tarvittavaa kaistanleveyttä äärettömäksi. Yksittäinen digitaalinen radioyhteys voisikin näin ollen häiritä kaikkea muuta radioliikennettä. Osana tiedonsiirtoprosessia modulaatio sijoittaa informaatio-signaalin kantoaalton päälle. Kantoaalto on tietyn taajuuden omaava signaali. Käytännössä tieto kulkee kantoaalton päällä. Modulaatio-signaali muuntelee kantoaaltoa siten, että se edustaa informaatiota. Amplitudimodulaatio on yksi modulaation yksinkertaisimmista muodoista. Nimensä mukaisesti amplitudimodulaatio moduloi signaalin amplitudia edustamaan dataa.

3.2 Vastaanotin

Radioaallot saapuvat vastaanottajan antennille eri teitä ja eri voimakkuuksilla. Antennissa aallot summautuvat ja vastaanotin näkee yhden signaalin. Vastaanottimen antenni yhdistää moduloidun signaalin demodulaattoriin, joka erottaa informaatio-signaalin radio-signaalikantoaallostaa. Vastaanotin tulkitsee ohjaimen lähettämän komennon ja välittää käskyn CAN-väylää pitkin toimilaitteelle, joka aktivoituu.

TGC:n POC-laitteen automaation ohjausjärjestelmänä toimii IFM:n CR711S- ja CR721S-turvaohjaimet sekä näyttö CR1203. IFM on elektroniikkayritys, joka tuottaa, kehittää ja myy ohjaimia, ohjelmistoja ja järjestelmiä teollisuusautomaatioon. Näyttö on sijoitettuna koneen hyttiin monitoimikäsinojan yhteyteen. Näytöstä voidaan hallita mm.

sivukuljetinta, lukea toimilaitteiden käyttöön ja ajamiseen liittyviä parametrejä ja säätää niitä. Koneen etuosan sähkölaatikkoon on sijoitettu yksi CR711S-turvaohjain, johon radiovastaanotin tullaan kiinnittämään käyttäen M12-CAN-liitäntää. M12-liitin toimii rajapintana radiovastaanottimen sekä laitteen automaation välillä. POC-laitteen väylähierarkia on kuvattu kuvassa 5.



Kuva 5. TGC:n POC-laitteen CAN-hierarkia (2, s. 1).

Koneen takaosassa on yksi CR711S-turvaohjain sekä yksi CR721S-turvaohjain. Turvaohjaimet sekä näyttö ovat yhteydessä toisiinsa CANbus-väylällä tiedonsiirtonopeudeltaan 500 kbit/s. Automaation ohjausjärjestelmä kommunikoi koneen moottorin, sähköisen käsijarrun, monitoimikäsinöjan, ajo-opastimen sekä karamoottorien kanssa SAE J1939 standardin mukaisella väyläprotokollalla.

4 Etäohjausjärjestelmälle asetettavat vaatimukset

4.1 Käyttötarpeitten määrittely ja etäohjauslaitteelle asetettavat vaatimukset

Käyttötarpeet voidaan määrittellä kanavien ja enimmänsään tarvittavien liikkeiden mukaan. Toiminnot, joita etäohjauksella käytetään, voidaan jakaa aluksi kolmeen tapaukseen. Tulevaisuudessa lisättävät toiminnot, kuten sekoituslaitteiston käyttäminen, voidaan johtaa näistä tapauksista:

- kaivuulaite (Payloader-yksikkö)
- koneen liikuttaminen kytkentätilanteessa
- koneiden käyttö ristiin kuormaustilanteessa.

Kaivuulaitteen etäkäyttö on keskeisessä roolissa, sillä sen vaatimukset täyttävä järjestelmä kykenee myös muihin tarvittaviin toimintoihin. Kaivuulaitteen etäkäytössä kaivurin ohjaukseen liittyvän ISO-standardin 10968 pitää täytyä ja kaikkien liikkeiden täytyy olla proportionaalisia, eli kaiken radio-ohjaimelta syötetyn datan täytyy olla suhteessa hallittavassa laitteessa tapahtuvaan liikkeeseen. ISO-standardi 10968 määrittelee, kuinka ihminen hallitsee kaivuulaitteen ohjaimia, kuten kauhan kääntämistä, kiertämistä ja nostamista (8). Kaivuulaitteessa ohjattavia kohteita ovat pääpuomi, kauhapuomi, kauhan avaus, sivukääntö, kauhan pyöritys ja kallistus sekä lisähydrauliikka.

Erilaisten työlaitteiden kytkeminen koneeseen etäyhteydellä vaatii koneen liikuttelua eteen ja taakse. Nostolaitteita täytyy pystyä nostamaan ja kallistamaan ja työlaitteet pitää pystyä lukitsemaan.

Kuormaustilanteessa Transfer- ja Maintain-yksiköitä käytetään ristiin. Tällöin Transfer-yksikön moottorin kierrosluvun täytyy olla hallittavissa. Pohjakuljetin, sivuruuvi ja sivukuljetin pitää pystyä käynnistämään ja niitä täytyy pystyä ohjaamaan. Sivukuljettimessa ohjattavia toimintoja ovat sivuttaissäätö, korkeussäätö sekä ohjausläpän säätö. Lisänä olisi hyvä olla myös mahdollisuus huoltotoimintoihin, kuten esimerkiksi kuljettimien edestakaiseen ajoon tukkeumien selvittämiseksi.

Edellä kuvattujen tilanteiden perusteella, radio-ohjain tulisi koostumaan kahdesta propo-
rullilla varustetuista ohjainsauvoista, jotka toimivat X- ja Y-akselilla. Lisäksi ohjaimessa

tulisi olemaan neljä kappaletta yksiakselisia ”fingertip”-ohjainsauvoja, neljä kappaletta on/off katkaisijoita, yksi kolmen askeleen säätörulla eri ajotilojen valinnalle, informaatiönäyttö sekä hätäpysäytyskytkin. Etäohjauslaitteita kartoittaessa tärkeimpänä kriteerinä on luonnollisesti ohjaimen kyky suorittaa nämä kaikki toiminnot, mutta on myös monia muita huomioon otettavia asioita, kuten radio-ohjaimen kantama, kestävyys ja akunkesto.

4.2 Muita vaatimuksia

Valittavan radio-ohjaimen täytyy toimia moitteettomasti etäisyyksienkin päästä. Vaikka käyttötilanteita, joissa radio-ohjainta käytettäisiin kymmenien metrien päässä koneesta, tulee todennäköisesti harvoin, on kantaman hyvä olla vähintään 50 metriä. Ohjaimen sekä vastaanottimen täytyy myös kestää golfkentillä ja muilla nurmialueilla vallitsevia olosuhteita. On hyvinkin mahdollista, että etäohjausta käytetään vesisateessa tai hiekan pölistessä. Ohjaimen ja vastaanottimen täytyy täten olla IP-suojaluokiteltu. IP-luokitusjärjestelmä määrittää sähkölaitteiden ja laitekoteloiden tiiveyden Euroopassa (9). Luokitus siis kertoo, kuinka hyvin laite on suojattu vettä ja pölyä vastaan. Yleisesti ottaen lähes kaikki sähkölaitteet ovat jollain tapaa IP-luokiteltuja, mutta luokituksissakin on eroja, jotka on hyvä ottaa huomioon ohjainta ja vastaanotinta valitessa. Ohjaimen ja vastaanottimen olisi suotavaa olla vähintään IP65-suojaluokiteltu. Kyseinen luokitus takaa täydellisen suojauksen pölyltä sekä suojauksen joka suunnasta tulevalta vesisuihkulta.

Radio-ohjaimen täytyy olla varustettu jonkinlaisella näytöllä, jotta ohjattavan koneen toiminnasta saadaan välittömästi palautetta. Esimerkiksi moottorin käyntinopeus ja hydraulikkaöljyn lämpötila ovat asioita, jotka on hyvä olla jatkuvasti tiedossa. Ohjaimessa olevan pienen näytön avulla toimilaitteita voidaan kytkeä nopeasti pois päältä, jos ohjaimen käyttäjä huomaa esimerkiksi hydraulikkaöljyn lämpötilan nousevan liian korkeaksi. Myös vastaanottimessa olisi suotavaa olla pienehkö näyttö vikadiagnostiikkaa varten. Ohjaimen täytyy olla käytettävissä koko työpäivän, eli akunkeston täytyisi olla vähintään 8 tuntia. Akun olisi hyvä kestää parikin päivää yhdellä latauksella, jos akku unohdetaan laittaa lataukseen päivän päätteeksi. Vaihdeettava akku olisi erinomainen lisäominaisuus, joka tarjoaisi turvaa tilanteissa, joissa ohjaimen akku tyhjenee kokonaan.

Hieman vähemmän merkittäviä radio-ohjaimelle asetettavia vaatimuksia mutta kuitenkin huomionarvoisia sellaisia ovat lämpötila, jossa ohjainta voidaan käyttää, sekä ohjaimen paino. Etäohjausta tai itse ohjattavaa laitetta tullaan käyttämään harvoin olosuhteissa, joissa lämpötila laskee pakkaslukemiin. Korkeat lämpötilat esimerkiksi Australian ja Etelä-Aasian kaltaisissa paikoissa ovat kuitenkin jo huomion arvoisia. Jopa +45 celsiusasteen lämpötilat ovat normaalia näissä paikoissa. Ohjaimen ja vastaanottimen täytyy toimia näissä olosuhteissa yhtä hyvin kuin missä tahansa muualla. Ohjaimen painolla ei ole suurta merkitystä, koska ohjainta käytetään vain lyhyitä aikoja ja ohjain tulee roikkumaan valjaissa.

4.3 Vastaanottimen vaatimukset

Tärkeimpänä vaatimuksena vastaanottimelle voidaan radio-ohjaimen tapaan pitää riittävää lähtöjen määrää. Vastaanotin, joka kykenee välittämään aiemmin mainittujen käyttötilanteiden ohjauskomennot, on riittävän kykenevä tulevaisuuden käyttötarpeisiin. On myös tärkeää, että vastaanottimen käyttöjännite on yhteensopiva TGC:n laitteiden käyttämän 24 V:n jännitteen kanssa. Yleisesti ottaen tämäntyyppiset sähkölaitteet on suunniteltu toimimaan tietyllä jännitealueella, joka sisältää niin 12 V:n kuin 24 V:n järjestelmät.

Niin kuin radio-ohjaimen, myös vastaanottimenkin on oltava IP65-suojaluokiteltu. Vastaanottimen suojaluokitus on tärkeä huomioida erityisesti, jos vastaanotin sijoitetaan paikkaan, joka altistuu helposti esimerkiksi vesisateelle. On kuitenkin mahdollista, että vastaanottimessa tai radio-ohjaimessa ilmenee jokin vika, oli ne suojattu kuinka hyvin tahansa. Tämän vuoksi vastaanottimen olisi hyvä olla varustettu jonkinlaisella diagnostiikkanäytöllä, josta voitaisiin tulkita vian syy. Vastaanottimen täytyy myös olla yhteensopiva IFM:n turvaohjaimien kanssa.

5 Riskianalyysi

5.1 Koneen käyttöön liittyvät riskit

Kun puhutaan metsätyökoneen kokoisen koneen ohjaamisesta etäyhteydellä, on tärkeää ottaa huomioon mahdolliset koneen liikutteluun liittyvät riskitekijät. Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi on ennakoivan työturvallisuuden perusta. Tunnistamisella ja arvioinnilla voidaan välttää mahdolliset etäohjaukseen liittyvät tapaturmat. Paikallisohjaustoiminnolle on määritetty vaatimuksia koneturvallisuusstandardissa ISO 13849-1. Standardi määrittelee mm. seuraavaa: ”vaaraa aiheuttavien tilanteiden aikaansaaminen saa olla mahdollista vain riskin arvioinnin perusteella määritetyllä paikallisohjauksen vyöhykkeellä” (10, s. 39).

Yhtenä merkittävimmistä riskitekijöistä voidaan pitää laitteen liikkumista ilman, että kukaan ohjaa sitä. Laitteen liikkuminen ilman kontrollia voi aiheuttaa vahinkoa henkilöille, ympäröivään maastoon sekä laitteelle itselleen. Erityisesti mäkisillä ja vilkkailla golfkentillä koneen täytyy olla jatkuvasti hallinnassa. Etäohjausjärjestelmän olisikin suotavaa olla Unintended Movement From Standstill (UMFS) -suunnittelun mukainen. Kyseinen suunnitteluperiaate estää kaiken ei-halutun liikkumisen, joka aiheutuu laitteen hallintajärjestelmän viasta. Laitte säilyy turvallisessa tilassa vian tai virhetilan sattuessa, kun toimilaitteet ovat neutraalissa asennossa.

Myös toimilaitteiden toimiminen ei-halutulla tavalla on merkittävä riskitekijä. Esimerkiksi öljynpaineitten tai moottorin kierrosluvun äkillisen ja hallitsemattoman nousun täytyy olla estettävissä. Kaikki koneen toiminnot pitää pystyä kuolettamaan yhdellä napin painalluksella. Häätäpysäytystoiminto on määritelty koneturvallisuusstandardissa ISO 13850 kohdassa 3.1 seuraavanlaisesti: ”toiminto, jonka tarkoituksena on torjua uhkaavia tai pienentää olemassa olevia henkilöihin kohdistuvia vaaroja ja koneisiin tai meneillään olevaan työprosessiin kohdistuvaa vahinkoa ” (11, s. 7). Useimmat markkinoilla olevat kauko-ohjaimet ovat varustettu kyseisen standardin mukaisella hätäpysäytys-painikkeella.

5.2 Radioteknologian riskit

Useat ilmassa samanaikaisesti liikkuvat radiosignaalit voivat aiheuttaa häiriötä toisilleen. Varsinkin kovemalla teholla lähetetty signaali voi häiritä pienemmällä teholla lähetettyä signaalia. Vaikutus on sitä suurempi, mitä lähempänä laitteet ovat toisiaan taajuudeltaan ja fyysiseltä sijainniltaan. Vuorovaikutuksen ollessa tarpeeksi voimakas se ilmenee haitallisena häiriönä, siirtokapasiteetin pienenemisenä tai siirron laadun heikkenemisenä. Vastaanottimet kuitenkin kuuntelevat radioaaltoihin piilotettuja koodeja, joilla yksilöidään tietyn laitteen signaalit, joten useimmiten häiriötä ei aiheudu.

Kotitalouksissa tapahtuvilla häiriöillä ei ole suurta turvallisuusriskiä, mutta suurten työkooneiden kanssa toimiessa häiriöt voivat aiheuttaa vakavan tapaturmariskin. Euroopan unioni onkin tästä syystä laatinut useita määräyksiä, joiden avulla radiolaitteista saadaan entistä turvallisempia käyttäjilleen ja ympäristössä oleville henkilöille. Erilaisille radiosignaaleilla tapahtuville toiminnoille on varattu omat taajuusalueensa. Suomessa näiden taajuusalueiden käyttöä hallitsee viestintävirasto.

6 Vaihtoehtojen kartoittaminen

Erilaisten laitteiden etänä hallitseminen on nykypäivänä hyvin tavallista. Muun muassa varastoinnissa, maansiirrossa ja rakennuksessa etäohjaus on arkipäivää. Tämän takia etäohjausjärjestelmiä onkin yleisesti ottaen hyvin saatavilla ja tarjonta on monipuolista. Etäohjaus voidaan toteuttaa hyödyntämällä esimerkiksi radioaaltoja, infrapunasäteilyä tai Bluetoothia. Käyttötarpeitten ja riskianalyysin perusteella radio-ohjaimelle ja vastaanottimelle saatiin luotua vaatimuslista.

Radio-ohjain:

- 2 kpl X- ja Y-akselilla toimivia proportionaalirullilla varustettuja ohjainsauvoja
- 4 kpl yksiakselisia fingertip -ohjainsauvoja
- 4 kpl on/off-katkaisimia
- 1 kpl kolmen askeleen säätörulla tms. työtilan valinnalle
- ISO 10968 -standardin mukainen ohjaus, portaaton
- koneturvallisuusstandardin ISO 13849 mukainen suunnittelu
- UMFS-suunnitteluperiaate
- standardisoitu hätäpysäytystoiminto
- vähintään 50 m:n kantama
- IP-luokitus vähintään 65
- näyttö
- akunkesto vähintään 8 h, akun hyvä olla vaihdettavissa
- käyttölämpötila vähintään +45 celsiusastetta.

Vastaanotin:

- riittävästi lähtöjä
- IP-luokitus vähintään 65
- diagnostiikkanäyttö
- tuettava 24 voltin käyttöjännitettä
- ulkoinen antenni
- oltava yhteensopiva IFM:n turvaohjaimen kanssa.

Eriolaisten vaihtoehtojen kartoittamisen päätteeksi, päädyin lopulta neljään vaihtoehtoon, joita on vertailtu liitteessä 1.

6.1 AUTEC

Ensimmäisenä vaihtoehtona on AUTECin DYNAMIC+ sarjan DJR-radio-ohjain (kuva 6), joka on käytössä esimerkiksi kuormaajia ja työkoneita valmistavan Avantin 260-mallin kaivurissa. AUTEC tarjoaa myös ohjaimen kanssa yhteensopivaa CRD-vastaanotinta. Ohjain ja vastaanotin kommunikoivat toistensa kanssa ”frequency hopping” -tilassa, joka on esitelty liitteessä 2. Laitteet vaihtelevat lähetystaajuutta dynaamisesti 863–870 MHz:n taajuusalueella kantoaallon amplitudin pysyessä vakiona. Ennen kuin kanavaa vaihdetaan toiselle taajuudelle, laitteet varmistavat, että taajuus on vapaa ja sitä voi käyttää. Tällä tavoin pystytään säilyttämään vakaa radioyhteys, vaikka ympärillä olisi häiriötä. Samalla vaikutus muihin alueella oleviin radiolaitteisiin saadaan pidettyä mahdollisimman pienenä. Ohjaimen kantama on parhaimmillaan 100 metriä.

Ohjaimeen on mahdollista konfiguroida maksimissaan 12 proportionaalista ja 64 digitaalista lähtöä, ja ohjaimeen on saatavilla joko 2,7- tai 4,3-tuumainen näyttö. Muokkauksmahdollisuudet ovat monipuoliset, minkä ansiosta ohjaimesta saadaan asiakkaalle juuri oikeanlainen. Ohjain on IP65-luokiteltu eli laite on vesi- ja pölytiivis. Akunkesto laitteessa on 8–15 tuntia, riippuen siitä, millä näytöllä ja millä akulla ohjain on varustettu. Vastaanottimen tiedonsiirto tapahtuu CANopen- ja J1939-protokollia hyödyntämällä. Samat protokollat ovat käytössä myös TGC:n laitteiden automaatiassa, joten yhteensopivuuden kanssa ei tulisi olemaan ongelmia. Vastaanottimessa on myös nelinumeroinen näyttö vikadiagnostiikkaa varten. Yhteishinta radio-ohjaimelle ja vastaanottimelle on noin 2500 € - 2600 € (12).

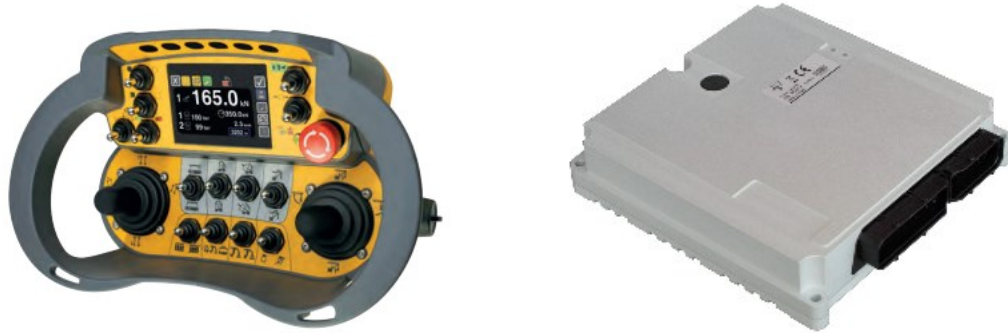


Kuva 6. AUTEK DJR-radio-ohjain ja CRD-vastaanotin (13; 14).

6.2 Abitron ja Technion

Toinen vaihtoehto TGC:n etäohjausjärjestelmäksi on Abitronin T-sarjan T5-radio-ohjain sekä Technionin TEC152-vastaanotin (kuva 7). Technion on Naantalissa sijaitseva työ-koneiden ja hyötyajoneuvojen elektronisten ohjausjärjestelmien suunnitteluun ja valmistukseen erikoistunut yritys, joka on myös saksalaisen Abitron GmbH:n kumppani Suomessa. Abitronin suunnittelemat ja valmistamat radio-ohjaimet ovat helppo liittää Technionin ohjausyksiköihin. T5 on Abitronin uusi kustomoitavissa oleva ohjain, johon on saatavilla graafinen näyttö ja monia katkaisijoita. T5 on samaan tapaan IP65-luokiteltu, kuin Autecin DJR-ohjain. T5 operoi hieman laajemmalla 863–930 MHz:n taajuusalueella. Ohjaimessa on parhaimmillaan 20 tuntia kestävä nikkeli-metallihydridiakku, jonka pystyy vaihtamaan tarvittaessa.

TEC152 on monipuolinen vastaanotin, joka tukee sekä 12 V:n että 24 V:n järjestelmiä. Vastaanottimen I/O-moduuli käsittää 73 porttia. Vastaanotin tukee sekä virtaohjattuja että jänniteohjattuja venttiileitä. Vastaanottimen sovellusohjelmiston kehitysyökaluna on Codesys 3.5 -sovelluskehitysympäristö.



Kuva 7. Abitron T5-radio-ohjain ja Technion TEC152-vastaanotin (15; 16).

6.3 Danfoss

Kolmantena vaihtoehtona on tanskalaisen Danfossin IK4 radio-ohjain sekä MP20 vastaanotin (kuva 8). Ohjaimen on saatavilla 4 ohjaussauvaa ja 8 säätönappia sekä 3,5-tuumainen värillinen näyttö. Ohjaimen voi konfiguroida asiakkaan tarpeisiin sopivaksi. IK4:n käyttää kommunikointiin laajaa 400–930 MHz:n taajuusaluetta. Laitteen kommunikointi on kaksisuuntaista, eli tiedon lähettäminen ja vastaanotto voi tapahtua samanaikaisesti. IK4 käyttää AUTEChin ohjaimen tapaan taajuudenhallintaa häiriöitten estämiseksi. Ohjain on niin ikään IP65-luokiteltu, kuin aikaisemminkin mainitut ohjaimet. Go-retex-suojattu ohjain on varustettu 16 tuntia kestäväällä nikkeli-metallihydridiakulla.

MP20-vastaanotin pystyy ohjaamaan konetta kahdella eri proportionaalisignaalityypillä, pulssinleveysmodulaatiolla tai jänniteohjatulla. Radioyhteyden muodostamisen ollessa mahdotonta tai ohjaimen akun ollessa loppu yhteys vastaanottimen ja ohjaimen välille voidaan muodostaa myös langallisesti. Vastaanottimessa on pieni LED-näyttö mahdollisten vikatilojen diagnosoimiseksi. MP20 käyttää TGC:n laitteiden kanssa yhteensopivaa CANopen-kommunikaatioprotokollaa.



Kuva 8. Danfoss IK4-radio-ohjain ja MP20-vastaanotin (17; 18).

6.4 IMET

Viimeisenä vaihtoehtona on italialaisen radio-ohjaimia valmistavan yrityksen IMET:in M880 THOR2 X radio-ohjain ja M880 H vastaanotin (kuva 9). Ohjaimen tilavassa paneelissa on tilaa kuudelle yksi- tai kaksiakselisille ohjaussauvalle sekä muille kytkimille ja napeille. Ohjain on muokattavissa asiakkaan tarpeitten mukaiseksi. Ohjaimen on saatavilla maksimissaan 56 on/off lähtöä ja 19 analogista lähtöä. ISO standardin 13849–1 arkkitehtuurin mukaisia ohjaussauvakontrolleja on saatavilla 16. IMET:in radio-ohjaimen kantama on noin 100 metriä ja ohjain IP65-suojaluokiteltu. Ohjaimen on mahdollista saada näyttö ja ohjaimen akunkesto on noin 22 tuntia. Ohjaimessa on perinteisen hätäpysäytystoiminnon lisäksi toinenkin turvallisuustoiminto. Ohjaimen saa lukittua nelinumeroisella PIN-koodilla, jotta vain asianomaiset voivat käyttää ohjainta.

Kommunikointiin on valittavana kolme eri taajuutta tai taajuuskaistaa. Ensimmäisenä vaihtoehtona on ISM-taajuuskaista 433,050–434,790 MHz. ISM-taajuusalue on maailmanlaajuinen radiotaajuuskaista, joka on alun perin tarkoitettu teolliseen, tieteelliseen ja lääketieteelliseen käyttöön ja jonka käyttö ei vaadi erillistä lupaa. Toinen vaihtoehto on ISM-taajuuskaista 434,040–434,790 MHz ja kolmas on 2,4 GHz. Mahdollisia ohjelmoitavia kanavia ensimmäisellä taajuuskaistalla on 69 ja toisella 30. Molemmilla kaistoilla IMET hyödyntää AFA (Adaptive Frequency Agility) -teknologiaa. Laite etsii jatkuvasti käytettävien kaistojen joukosta kaistaa, jolla on vähiten ruuhkaa ja valitsee sen. 2,4

GHz:n taajuudella valittavia kanavia on 16. Ohjaimessa on myös tapahtumaloki, joka tallentaa kaikki virheisiin ja äkillisiin pysähdyksiin johtaneet tapahtumat.

M880 H on IP66-suojaluokiteltu vastaanotin, jossa on 73 MOSFET-lähtöä ja 32 analogista lähtöä. Vastaanotin soveltuu käytettäväksi järjestelmiin 11–30 voltin jännitealueella. Tiedonsiirto vastaanottimelta automaatiolle tapahtuu CAN-portin välityksellä. Ohjainpaketin hinta ilman näyttöä alkaa 2500 €:sta (19).



Kuva 9. IMET M880 THOR2 X radio-ohjain ja M880 H vastaanotin (20; 21).

7 Johtopäätökset

Koska Turf Gamechangerin kaltaisia laitteita ei juurikaan vielä ole olemassa, ei niihin myöskään ole varta vasten suunniteltua etäohjausjärjestelmää. Työn tavoitteena ollutta sopivan etäohjausjärjestelmän löytämistä täytyikin lähteä suorittamaan TGC:tä eniten muistuttavien laitteiden etäohjausjärjestelmiä tutkimalla. Näitä laitteita ovat esimerkiksi kaivurit, metsäkoneet ja maatalouskoneet. Työn edetessä huomasin erilaisia etäohjauslaitteita olevan monenlaisia moniin eri tarpeisiin. Saatavilla on niin valmiita järjestelmiä kuin myös räätälöitävissä olevia. Etäohjauslaitteiden verottomat hinnat ovat suurin piirtein 2500 € - 3000 €.

Vaihtoehdot saatiin rajattua neljään. Valittujen vaihtoehtojen ominaisuuksia peilattiin käyttötarpeisiin sekä riskianalyyysiin ja vaihtoehtoja vertailtiin keskenään. Näiltä neljältä laitevalmistajilta pyydettiin tarjousta ja hieman lisätietoja. Kahdelta valmistajalta saatiin tarjous ja kahdelta tarjousta ei saatu.

AUTECin, Abitronin, Danfossin ja IMETin etäohjauslaitteet ovat ominaisuuksiltaan hyvin samankaltaisia. Kunkin laitevalmistajan ratkaisut olisivat päteviä Turf Gamechangerin käyttöön. AUTECin DJR-radio-ohjaimen muokkausmahdollisuudet ovat hyvin monipuoliset. Saatavilla on monia erilaisia ohjainsauvoja, kytkimiä ja nappeja, jotka sopivat TGC:n tarpeisiin. Radio-ohjaimella voidaan toteuttaa ISO 10968 -standardin mukainen ohjauskuvio. Ohjain on myös suunniteltu koneturvallisuusstandardin ISO 13849 sekä UMFS-periaatteen mukaisesti ja ohjaimessa on PL e -luokan hätäpysäytystoiminto. Aiemmin mainittujen radio-ohjaimen ja vastaanottimen ominaisuuksien, turvallisuuslähtöisen suunnittelun sekä selkeän käyttöliittymän perusteella päädyin valitsemaan AUTECin DJR-radio-ohjaimen ja CRD-vastaanottimen TGC:n etäohjauslaitteiksi.

Tulin tutustuneeksi AUTECin radio-ohjaimiin ja vastaanottimiin tutkiessani pienkuormajia valmistavan Avantin käyttämää etäohjausjärjestelmää. AUTECin tuotteet voidaan räätälöidä juuri asiakkaan tarpeisiin sopiviksi. Tarjouspyyntöä pyydetessä selvisi, että AUTEC oli viime kesänä räätälöinyt Luonnonvarakeskukselle lähes TGC:n tarpeiden mukaisen laitteiston. Kyseisen laitteiston hinta oli tuolloin 2600 €, joka on samaa suuruusluokkaa muitten valmistajien hintojen kanssa.

AUTEC on globaali yhtiö, jolla on toimintaa maailmanlaajuisesti. Suomessa heidän laitteidensa maahantuonnista vastaa Multirel Oy. Lopulliset kaupat etäohjauslaitteista tullaan siis tekemään Multirel Oy:n edustajan kanssa. AUTEC:in tuotteet ovat suunniteltu eri markkina-alueiden turvallisuuskriteerejä ajatellen, mikä on TGC:n potentiaalisia kauppaa-alueita ajatellen hyvä asia.

Aiempi tietämykseni etäohjausjärjestelmiin ja radiotekniikkaan liittyen oli lähinnä perustasoa. Aihetta enemmän tutkittuani työn aikana ymmärrykseni etäohjausjärjestelmistä ja radiotekniikasta kasvoi merkittävästi.

Lähteet

- 1 Kaivosoja, Ilkka. TGC menetelmä. Verkkoaineisto. <TGC_menetelmä_20102020.pdf>. Luettu 16.1.2021.
- 2 Hankamäki, Teppo. Turf Gamechanger CAN-hierarkia. Verkkoaineisto. <TURF_CAN04-Page-1.pdf>. Luettu 16.1.2021.
- 3 TGC tekninen määrittely. Verkkoaineisto. Comatec. <Tekninen_määrittely_TGC_Vaihe2_V04_IKU2602.pdf>. Luettu 27.2.2021.
- 4 Hakulinen, Juha. 2019. ”Suomalaisten golfkenttien peruskorjaustarve kasvaa”, sanoo golfkenttäarkkitehti Lassi Pekka Tilander. Verkkoaineisto. Golfpiste. <<https://golfpiste.com/ajankohtaista/suomalaisten-golfkenttien-peruskorjaustarve-kasvaa-sanoo-golfkenttaarkkitehti-lassi-pekka-tilander/>>. 1.12.2019. Luettu 23.1.2021.
- 5 Savage, Al. 2020. GPS technology will continue to transform agriculture. Verkkoaineisto. GPS world. <<https://www.gpsworld.com/gps-technology-will-continue-to-transform-agriculture/>>. 6.10.2020. Luettu 23.1.2021.
- 6 Geier, Jim. 2005. Langattomat verkot. Helsinki: Edita Publishing Oy.
- 7 Granlund, Kaj. 2001. Langaton tiedonsiirto. Helsinki: Docendo Finland Oy.
- 8 SFS-ISO 10968:2020: en. Earth-moving machinery — Operator’s controls. 2020. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 9 IP-luokitus. Verkkoaineisto. STEK. <<https://stek.fi/perustietoa-sahkosta/sahkojarjestelmat/ip-luokitus/>>. Luettu 24.3.2021.
- 10 SFS-EN ISO 13849-1. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. 2015. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 11 SFS-EN ISO 13850. Koneturvallisuus. Hätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet. 2015. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 12 Benfatto, Matteo. 2021. AUTEK Srl. Italia. Sähköpostikysely 20.4.2021.
- 13 AUTEK DJR transmitting unit. Verkkoaineisto. AUTEK. <https://www.autecsafety.com/en/product/5-dynamic_/69-djr.html>. Luettu 2.2.2021.

- 14 AUTEK CRD receiving unit. Verkkoaineisto. AUTEK. <https://www.auteksafety.com/en/product/5-dynamic_/67-crd.html>. Luettu 2.2.2021.
- 15 Abitron T5 transmitter. Verkkoaineisto. Abitron. <<https://www.abitronremote.com/de/produkte/t-serie/>>. Luettu 4.2.2021.
- 16 Technion TEC152 ohjausyksikkö. Verkkoaineisto. Technion. <<https://technion.fi/controllers/>>. Luettu 4.2.2021
- 17 Danfoss IK4 transmitter. Verkkoaineisto. Danfoss. <<https://www.danfoss.com/en/products/electronic-controls/dps/plus1-remote-controls/transmitters/ikontrol-family/ik4/#tab-overview>>. Luettu 9.2.2021.
- 18 Danfoss MP20 receiver. Verkkoaineisto. Danfoss. <<https://www.danfoss.com/en/products/electronic-controls/dps/plus1-remote-controls/receivers/mp-family/mp20/#tab-overview>>. Luettu 9.2.2021.
- 19 Kämäräinen, Tomi. 2021. KP-ServicePartner Oy. Helsinki. Sähköpostikysely. 1.4.2021.
- 20 IMET M880 THOR2 X transmitter. Verkkoaineisto. IMET. <http://eng.imetradioreMOTEcontrol.com/prod/39-m880_thor2_x.php>. Luettu 27.3.2021.
- 21 IMET receivers. Verkkoaineisto. IMET. <http://eng.imetradioreMOTEcontrol.com/receivers_m880>. Luettu 27.3.2021.

Tuotevertailu

Radio-ohjain	Autec DJR	Abitron T5	Danfoss IK4	IMET M880 THOR2 X
Lähtöjen määrä	12 propo / 64 digi	Ei mainittu	8 propo / 20 apulaitetta	56 on/off, 19 analog
Kantama / lähetysteho	100m	1-25mW	Ei tiedossa	100m
Suojausluokitus	IP65	IP65	IP65	IP65
Hinta	~ 2500€ vastaanottimen kanssa	Ei vastausta	Ei vastausta	Alkaen 2500€
Näyttö	2,7" / 4,3"	3,5" saatavissa	3,5" värillinen	Saatavissa
Akunkesto	8-15h näytön kanssa	20h	16h	22h
Turvallisuustoiminnot	hätäseis	hätäseis	hätäseis	käynnistys, töötti, hätäseis
Mahdollisten ohjaimien määrä	max. 6 joystickiä	Ei mainittu	max. 4 joystickiä ja 8 paddlea	Tilaa 6 joystickille, single- tai dual-axis
Käyttötaajuus	863-870MHz	863-930MHz	400-930MHz	433.050-434.790 MHz
Käyttölämpötila	-25 - +55 C	-20 - +60 C	-20 - +70 C	-25 - +55 C
Paino	2kg	1,8kg	2,3kg	2,3kg
Muita huomioita			Mahdollisuus valita ohjaimien kantaman rajoittaminen infrapunayhteydellä	AFA, DSC, tapahtumalogi
Vastaanotin	Autec CRD	Technion TEC152	Danfoss MP20	IMET M880 H
Lähtöjen määrä	12 analog / 64digital / 4 MOSFET / 2 CAN	16 PWM / 8ratio / 8 lowside	12 digital / 8 analog	73 MOSFET / 32 analog
Käyttöjännite	8-30V	9-32V	9-35V	11-30V DC
Antenni	Sisäinen, ulkoinen saatavilla	Sisäinen	Sisäinen, ulkoinen saatavilla	Sisäinen
Suojausluokitus	IP65	IP67	IP65	IP 66
Liitintyyppi	Pyöreä M12	Pyöreä M12 ja Tyco Sealed MQS/JPT	CAN connection / deutsch connector	CAN connection
Tiedonsiirtoprotokolla	CANopen / J1939	CANopen / J1939 / RS232	CANopen	CANopen, RS232, RS485
Diagnostiikanäyttö	Kyllä	Ei	Kyllä	Ei
Muita huomioita			Yhteyden radio-ohjaimen voi muodostaa myös langallisesti	

AUTEC tuoteinfo

RADIO REMOTE CONTROLS

FOR HYDRAULIC AND MOBILE MACHINERY

For direct current applications normally associated with hydraulic machinery used on work sites, in logistics and transportation, infrastructure maintenance and many other sectors, AUTEC offers DYNAMIC, DYNAMIC+ and DYNAMIC+P series radio controls with different features to meet specific requirements.

GENERAL FEATURES

- Human-machine interface available on a **wide range of graphic displays** or LEDs
- The colour displays are **CODESYS V3.5 programmable** via Ethernet in accordance with IEC 61131-3
- Customizable **CANopen 2.0A**, **CANopen 2.0B** and **J1939** communication protocols
- **Programmable functions** for several digital and proportional applications

Hamming distance: > 15

Typical working range: 100 m (330 ft)

Protection degree: IP65 (NEMA 4)

Working temperature range of transmitting units: (-25°C) ÷ (+55°C) / (-13°F) ÷ (+130°F)

Working temperature range of receiving units: (-25°C) ÷ (+70°C) / (-13°F) ÷ (+158°F)

Storage temperature of transmitting and receiving units: (-40°C) ÷ (+85°C) / (-40°F) ÷ (+185°F)

SAFETY

The DYNAMIC, DYNAMIC+, DYNAMIC+P series have been designed to meet the latest functional safety standards including EN ISO 13849-1 and IEC 62061. The transmitting and receiving units communicate with each other using a unique, univocal, non-reproducible code via a "proprietary AUTEC system".

- **STOP function up to PL e, cat. 4 / SIL 3** in accordance with EN ISO 13849-1/EN IEC 62061
- **Protection** from unintended movement of the actuators from standstill (**UMFS**) up to **PL d, cat.3 / SIL 2** in accordance with EN ISO 13849-1/ EN IEC 62061

The STOP and UMFS functions have been certified by TÜV SÜD on numerous models in the DYNAMIC series. A certificate issued by a competent, recognized and independent third party is a further guarantee of the product's safety, quality and reliability.

FHSS RADIO COMMUNICATION

The transmitting units and receiving units communicate with each other in "frequency hopping" mode which means they dynamically use the working frequencies. Essentially, they constantly change working frequencies and check that a frequency is free before using it. In this way, they maintain a stable radio link even when there is interference and simultaneously create as little interference as possible for other radio equipment in the area. The highly reliable radio link provides a rapid, accurate response to the proportional controls without the need for frequency mapping, even when radio frequencies are very crowded.

	DYNAMIC	DYNAMIC+	DYNAMIC+P
Frequency band	870 MHz (128 channels) 915 MHz (256 channels) 447 MHz (32 channels) 434 MHz (63 channels) 429 MHz (40 channels) 2.4 GHz (up to 83 channels)	870 MHz (128 channels) 915 MHz (256 channels)	870 MHz (128 channels) 915 MHz (256 channels) 2.4 GHz (up to 83 channels)
Fieldbus	CANopen 2.0 A	CANopen 2.0 A CANopen 2.0 B J1939 customizable	CANopen 2.0 A CANopen 2.0 B J1939 customizable
Special features	MULTIPLE SYSTEMS (with 2.4 GHz band) Multiple systems such as Take & Release, multi-receiving and multi-unit systems can be integrated.	DUAL BAND SINGLE MODULE Dual frequency band available in one radio module.	PAIRING VIA CABLE The transmitting unit and the receiving unit are PAIRED via a cable.
Receiving units available	CRX ARX ARM ADD	CRD	CRP

PAIRING

In the DYNAMIC+P series, the transmitting unit and the receiving unit are paired using a simple PAIRING procedure in which the two units are connected by cable control. The system leaves AUTEC already paired and identified. The units do not have a code key. The biggest advantage is when one of the two units has to be replaced with a back-up unit: when this occurs, PAIRING makes the procedure much simpler.



FJR/DJR/PJR

The FJR/DJR/PJR proportional joystick transmitting units have up to 12 proportional controls and up to 64 digital controls with a data feedback option that displays the information received from the machine on a graphic display, matrix LED or panel LED.



MAIN FEATURES

- FHSS bi-directional radio with automatic free channel search (870/915 MHz or 2.4 GHz, depending on model)
- STOP function up to PL e, SIL 3 (in accordance with EN ISO 13849-1/EN IEC 62061)
- UMFS up to PL d, cat.3 / SIL 2 (in accordance with EN ISO 13849-1/EN IEC 62061)
- Can also be used in multiple systems (2.4 GHz only)
- Removable power keyswitch: Key ID 0-1 or mechanical
- Typical work area: 100 m (330 ft)
- Customizable labeling
- Up to 6 joystick and several actuators plus START and STOP
- Autonomy with fully charged battery at 20°C (68°F):
18.5 h (Li-Ion), 11 h (NiMH) without display
15 h (Li-Ion), 9 h (NiMH) with 2.7" display
8 h (Li-Ion) with 4.3" display

STANDARD ACCESSORIES

- Shoulder harness or waist belt
- Removable NiMH or Li-Ion battery and battery charger

OPTIONS

- 2.7" transreflective LCD graphic display
- 4.3" TFT LCD display (480x272 pixels, 65536 colours)
- 32 LED matrix
- LEDs on panel
- Cable control
- External buzzer
- IR sensor
- Tilt or impact sensor (only with HiC controls expansion board or 4.3" display)
- Marine environment protection
- 3-axis joystick
- ID internal tx memory (if Key ID 0-1 is not present)
- M-key removable magnetic power keyswitch (only for PJR)



DISPLAYS

Due to bi-directional communication, all the transmitting units in the DYNAMIC, DYNAMIC+, DYNAMIC+P series can show messages received from the machine on graphic displays and/or high efficiency LEDs.

4.3" AND 7" COLOUR DISPLAYS

A 4.3" TFT LCD colour display has been introduced for models FJR/DIR/PJR, FJM/DJM/PJM, FJB/DJB and FJQ/DJQ/PJQ. This display is CODESYS V3.5 programmable via Ethernet in accordance with the international IEC 61131-3 standard; this development system is used to program the graphic interface and allows a wide selection of data display. With 65536 colours and 480x272 pixel resolution, this display provides an optimum display of the operating parameters and machine status or other warnings. A 7" TFT LCD colour display is available for the P18 model with 800x480 pixel resolution, 65536 colours and the same technical features as the 4.3" display.



MAIN FEATURES

- Easy to read even in very sunny conditions
- Viewing angle of display up to 130°
- CODESYS V3.5 programmable via Ethernet in accordance with IEC 61131-3
- 6 keys on the top for navigation on display and/or special functions
- 8 inputs
- 6 outputs in Source Mode
- 11 outputs in Sink Mode
- Operating temperature: -25°C to +55°C
- Storage temperature: -40°C to +85°C
- 3-axis accelerometer
- Customizable screens

ELECTRONICS

The internal electronics include a 2 GB Data Memory.

MECHANICS

The display is installed at the top of the transmitting unit. The anti-glare scratch-proof plexiglass screen is encased in a plastic structure with an IP65 protection degree.

4.3" GRAPHIC DISPLAY

- 480x272 pixel resolution, 16:9
- Brightness 500 cd/m²
- Up to 65536 colours
- 16 LEDs indicating correct functioning of machine and any warnings

7" GRAPHIC DISPLAY

- 800x480 pixel resolution, 16:9
- Brightness 800 cd/m²
- Up to 65536 colours

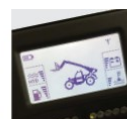
OTHER DISPLAYS

The FJR/DIR/PJR, FJM/DJM/PJM transmitting units have a 2.7" transfective LCD display which shows strings, machine data and icons of various shapes and sizes. A 2.8" colour display is available for the FJC/DJC/PJC, FJN/DJN/PJN, FJQ/DJQ/PJQ transmitting units.



2.8" COLOUR DISPLAY

- 65536 colour version
- 256x128 pixels
- Available for models: FJC/DJC/PJC, FJN/DJN/PJN, FJQ/DJQ/PJQ
- Customizable warnings and icons
- Can be used both indoors and outdoors
- 16 LEDs



2.7" TRANSECTIVE DISPLAY

- Monochrome version
- 128x64 pixels
- Available for models: FJR/DIR/PJR and FJM/DJM/PJM
- Customizable warnings and icons
- 16 LEDs

LED MATRIX



32 LED matrix

- 32 LED version
- Available for all models
- Customizable brightness for models FJC/DJC/PJC, FJN/DJN/PJN, FJQ/DJQ/PJQ

RECEIVING UNITS

CRX



Receiving unit with 12 analogue outputs and 64 digital outputs via CANopen interface, 4 MOSFET digital outputs. Connecting interfaces with M12 circular connectors, 10-pin reduced plug or cable gland. Optional internal antenna or external antenna as an option.

Power supply: 8-30 VDC
Rated current of STOP / Safety contacts: SO₁=2A (30VDC), SO₂=2A (30VDC)
Rated current of digital outputs: 2A (30VDC)
Max. dimensions: 144x122x53 mm (5.67x4.81x2.13 in)
Weight: 650 g (1.43 lb)

CRD



Compact receiving unit with 8-30 VDC power supply and customizable connecting interfaces: M12 circular connectors, 10-pin reduced plug or cable gland. With a maximum of 12 analogue and 64 digital outputs (via CANopen interface), 2 STOP outputs, 2 UMFS outputs, 4 programmable MOSFET outputs and 2 CAN outputs. The double CAN output can be used to simultaneously control the CANopen and J1939 protocols. The CRD also has a 4-digit display for diagnostics. The standard antenna is internal whereas the external one with a 1 m or 3 m extension is optional.

Power supply: 8-30 VDC
Rated current of STOP / Safety contacts: STP₁=3A (30VDC), STP₂=3A (30VDC), SAF₁=3A (30VDC), SAF₂=3A (30VDC)
Max. dimensions: 155x198x71.5 mm (6.10x7.80x2.81 in)
Weight: 1 kg (2.2 lb)

CRP



Receiving unit with 8-30 VDC power supply comes in two versions: dual-band 870/915 MHz or 2.4 GHz. Customizable connecting interfaces with M12 circular connectors, 10-pin reduced plug or cable gland. With a maximum of 12 analogue and 64 digital outputs (via CANopen interface), 2 STOP outputs, 2 UMFS outputs, 4 programmable MOSFET outputs and 2 CAN outputs. The double CAN output can be used to simultaneously control the CANopen and J1939 protocols. The CRP also has a 4-digit display for diagnostics. The standard antenna is internal whereas the external one with a 1 m or 3 m extension is optional. The CRP can also be used in a Take&Release system.

Power supply: 8-30 VDC
Rated current of STOP / Safety contacts: STP₁=3A (30VDC), STP₂=3A (30VDC), SAF₁=3A (30VDC), SAF₂=3A (30VDC)
Max. dimensions: 155x198x71.5 mm (6.10x7.80x2.81 in)
Weight: 1 kg (2.2 lb)

ARX



Compact receiving unit with up to 8 analogue outputs (voltage) and 16 analogue PWM outputs (8 bi-directional axes), up to 16 digital outputs, available also via CANopen interface on request. Direct connecting interfaces on solenoid valves or with 32, 40, 50 or 72-pin plug. External stylus antenna.

Power supply: 8-30 VDC
Rated current of STOP / Safety contacts: SO₁=2A (30VDC), SO₂=2A (30VDC)
Rated current of digital outputs: 2A (30VDC)
Rated current of proportional outputs (PWM): 2A (30VDC)
Rated current of proportional outputs (voltage): 10 mA (28 VDC)
Max. dimensions: 240x186x63 mm (9.45x7.32x2.48 in)
Weight: 1.2 kg (2.7 lb)

ARM



Receiving unit configurable with up to 12 analogue outputs (voltage) and 24 analogue PWM outputs (12 bi-directional axes), up to 64 digital outputs, available also via CANopen interface. Connecting interfaces with 32, 40, 50 or 72-pin plug. External stylus antenna.

Power supply: 8-30 VDC
Rated current of STOP / Safety contacts: STP₁=7.5A (30VDC), STP₂=7.5A (30VDC), SAF₁=7.5A (30VDC), SAF₂=3A (30VDC)
Rated current of digital outputs: 4A (30VDC)
Rated current of proportional outputs (PWM): 2A (30VDC)
Rated current of proportional outputs (voltage): 10 mA (28 VDC)
Dimensions: 185x280x105 mm (7.29x11.02x4.13 in)
Weight: 3 kg (6.6 lb)

ADD



Receiving unit with 16 built-in analogue inputs (current or voltage), up to 12 analogue outputs (voltage) and 24 analogue PWM outputs (12 bi-directional axes), up to 64 digital outputs, available also via CANopen interface. Can be used in a Supervisor - Operator system. Connecting interfaces with 32, 40, 50 or 72-pin plug.

Power supply: 8-30 VDC
Rated current of STOP / Safety contacts: STP₁=7.5A (30VDC), STP₂=7.5A (30VDC), SAF₁=7.5A (30VDC), SAF₂=3A (30VDC)
Rated current of digital outputs: 4A (30VDC)
Rated current of proportional outputs (PWM): 2A (30VDC)
Rated current of proportional outputs (voltage): 10 mA (28 VDC)
Dimensions: 268x343x110 mm (10.55x13.50x4.33 in)
Weight: 3.8 kg (8.4 lb)

OPTIONAL BOARDS

FSAAVO10A

- Board with 10 analogue outputs (voltage)
- Compatible with ARM and ADD

FSAAPO06A

- Board with 12 analogue PWM outputs (6 bi-directional axes)
- Compatible with ARM and ADD

FSADSO16A

- MOSFET board with 16 digital outputs
- Compatible with ARM and ADD

FSADRO06A/B

- Relay board with 8 digital outputs
- Compatible with ARM and ADD

FSADIA16A

- Board with 16 diodes
- Compatible with ARX

FSAAIM01A

- Board with 8 analogue inputs (current or voltage)
- 8 digital inputs
- RS 232/485 serial interface.
- Mounted only on ARM. ADD option has 16 analogue inputs without serial interface

FSAAP004A

- Board with 4 analogue PWM outputs (2 bi-directional axes)

- 4 MOSFET digital outputs
- Compatible with ARX

FSAAIM06A

- Board with 6 analogue inputs (current or voltage) and CAN output
- Compatible with ARX

DYNAMIC SERIES MULTIPLE SYSTEMS

The DYNAMIC series 2.4 GHz can be used to configure radio remote control systems consisting of several transmitting or receiving units: with these multiple systems one machine can be controlled by several operators or several machines (or parts of a machine) can be controlled by just one operator.

MULTI-TRANSMITTING SYSTEMS



The multi-transmitting (or Take&Release) system consists of several identical transmitting units (up to 7) that several operators can use to remotely control the machine and one receiving unit installed on the machine. Only one transmitting unit at a time can occupy the receiving unit using the "Take" command; no other transmitting unit can control the receiving unit until it is released by the occupying transmitting unit using the "Release" command. This solution is also available on DYNAMIC+ for a maximum of two transmitting units and one receiving unit.

MULTI-RECEIVING SYSTEMS



A multi-receiving system consists of a portable transmitting unit that the operator can use to control one or more machines and several identical receiving units installed on the machines. The number of receiving units depends on the work application it is used in and the type of radio link required.

MULTI-UNIT SYSTEMS



A multi-unit system consists of several portable transmitting units (2 to 4) that several operators can use to remotely control one or more machines and several receiving units (2 to 4) installed on the machines. The transmitting units can be simultaneously linked with all the receiving units selected. The receiving units can be controlled by one transmitting unit at a time independently and exclusively.

BATTERIES AND BATTERY CHARGERS

MBM06MH BATTERY for joystick transmitting units

- NiMH
- 7.2 V
- 750 mAh
- 5.4 Wh



BATTERY CHARGER MBC12V for MBM06MH

- Power supply: 12-24 VDC
- IP30
- 70x113.5x39.5 mm
- 2.76x4.47x1.56 in

LPM02 BATTERY for joystick transmitting units

- Li-Ion
- 7.4 V
- 1400 mAh
- 10.36 Wh



BATTERY CHARGER ULC932A for LPM02

- Power supply: 12-24 VDC
- IP30
- 70x113.5x39.5 mm
- 2.76x4.47x1.56 in

LPM04 BATTERY for joystick transmitting units with 4.3" or 7" display

- Li-Ion
- 7.4 V
- 2800 mAh
- 20.72 Wh



BATTERY CHARGER ULC932B for LPM04

- Power supply: 12-24 VDC
- IP30
- 76x135x53 mm
- 2.99x5.31x2.08 in

CABLE CONTROL

The cable control, available as an option, connects the transmitting unit and the receiving unit via a cable replacing the radio link and is used:

- in specific working conditions defined by the machine manufacturer;
- when a radio link cannot be established between the radio remote control units;
- when working in environments in which working using radio frequencies is not allowed or dangerous;
- when no battery is available.