

# AGRIX-järjestelmä - älyä, automaatiota ja tehokkuutta kasvintuotantoon

P. Suomi<sup>1</sup>, L. Pesonen<sup>1</sup>, J. Kaivosoja<sup>1</sup>, H. Haapala<sup>1</sup>, T. Oksanen<sup>2</sup>, M. Öhman<sup>2</sup>, M. Miettinen<sup>2</sup> ja A. Visala<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *MTT Maa ja elintarviketalouden tutkimuskeskus*

*Maatalousteknologian tutkimus*

*Vakolantie 55, 03400 Vihti*

*pasi.suomi@mtt.fi*

<sup>2</sup> *TKK Teknillinen korkeakoulu*

*Automaatiotekniikan laboratorio*

*Otaniementie 17, 02015 TKK*

*timo.oksanen@tkk.fi*

## Tiivistelmä

Suomen maatalouden on yhä nopeammin reagoitava maailmalla tapahtuvaan kehitykseen. Tuottajahintojen aleneminen ja tuotantopanosten jatkuva hinnan nousu pakottavat viljelijät harkitsemaan yhä tarkemmin koneketjujen mitoitusta ja tehokkuutta. Asiakkaat ja viranomaiset asettavat entistä kovempia vaatimuksia tuotteiden ja tuotannon laadulle sekä jäljitettävyydelle. Työvoiman vähetessä automaation merkitys kasvaa. Myös kotimaisen maatalouskoneteollisuuden olisi pystyttävä vastaamaan yhä kiristyvään kansainväliseen kilpailuun. Agrix-hankkeessa kehitettiin täsmäviljelyä tukeva, avoin ja yleiskäyttöinen kasvinviljelykoneiden automaatiojärjestelmän prototyyppi. Agrix-järjestelmä ohjaa toimintoja, kokoaa, prosessoi ja välittää tietoa traktorin ja työkoneen välillä ISOBUS:n kautta. ISOBUS on standardisoitu väyläratkaisu traktorin ja työkoneen väliseen säätöön, ohjaukseen ja tiedonsiirtoon. Se koostuu traktorin ja työkoneen elektronisista ohjauksyksiköistä, tehtäväohjaimesta sekä virtuaalitermiinialista, joka toimii järjestelmän käyttöliittymänä. Väylälle on mahdollista saada myös tietoa ulkoisista mittauksista, kuten paikkatietoa GPS:ltä. Tehtäväohjaimen kautta järjestelmä on yhteydessä ulkoisiin tietojärjestelmiin, kuten maatalon tietojärjestelmään. Työkonevalmistajien on mahdollista rakentaa erilaisia työkoneita ISOBUS-yhteensopiviksi Agrix-hankkeen aikana kehitetyn menetelmän avulla. Jotta ISOBUS-väylää voitaisiin hyödyntää tehokkaasti, työkone on instrumentoitava tarvittavaa tiedonkeruuta ja mahdollisia automaattisia toimintoja varten mittausanturein ja toimielimin.

Agrix-järjestelmällä voidaan toteuttaa älykkäitä, viljelijän työtä helpottavia ja työn laatua varmistavia toimenpiteitä. Järjestelmällä kyetään toteuttamaan paikkakohtaiset kylvö-, lannoitus- ja ruiskutus suunnitelmat sekä dokumentoimaan niiden toteutus. Tuotannon jäljitettävyys syntyy dokumenteista, joiden avulla voidaan osoittaa viljelyssä käytetty tuotantotapa. Tulevaisuudessa järjestelmän tuottamia dokumentteja voidaan käyttää myös sähköisessä kirjanpidossa. Viljelytiedon ohella järjestelmä huolehtii koneautomaation tarvitsemasta tiedonkulusta. Parhaan tehokkuuden saavuttamiseksi automaatiojärjestelmän käytettävyys ja luotettavuus ovat keskeisiä tekijöitä. Päisteautomaatiikka vähentää työn rasittavuutta ja parantaa toteutuksen laatua. Työn laatua pyritään parantamaan myös opastavalla tai automaattisella työkoneen kalibroinnilla. Järjestelmä tarkkailee tilaansa ja ilmoittaa varhaisessa vaiheessa laitteiston vikaantumisesta. Tämän lisäksi järjestelmä valvoo ja säätää työn laatua ja ilmoittaa, jos laatukriteereitä ei voida saavuttaa.

Agrix-järjestelmä on osoittautunut sekä toiminnan että toteutuksen dokumentoinnin osalta luotettavaksi. Käytettävyyttä tutkittiin ja kehitettiin osana yleisempää maatalousteknologian käytettävyiden tutkimusmenetelmien kehittämistä. Agrix-järjestelmää kehitettäessä havaittiin, että hyvä käytettävyys on turvallisen ja tehokkaan automaatiojärjestelmän edellytys.

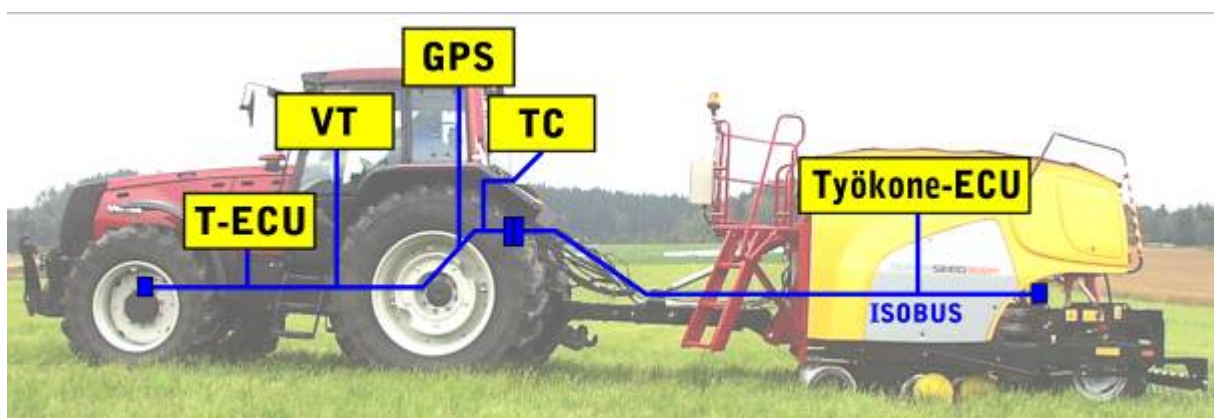
Asiasanat: ISOBUS, täsmäviljely, automaatio, dokumentointi, käytettävyys ja äly

## Johdanto

Suomalaisen maatalouden ja maatalouskoneteollisuuden on yhä nopeammin reagoitava ja vastattava maailmalla tapahtuvaan kehitykseen. Tuottajahintojen aleneminen ja tuotantopanosten jatkuva hinnannousu pakottavat viljelijät harkitsemaan yhä tarkemmin koneketjujen mitoitusta ja tehokkuutta. Tuotteiden ja tuotannon laatu ja jäljitettävyys on kyettävä osoittamaan markkinoille. Työvoiman vähe-  
tessä automaation merkitys kasvaa. Standardisoinnilla on pyritty tehostamaan koneketjujen yhteensopivuutta eri konevalmistajien tekemien työkoneiden välillä. Traktoreiden ja työkoneiden väliseen tiedonsiirtoon kehitetty ISO 11783 (ISOBUS) standardi on osaltaan helpottanut yhteensopivuusongelmissa. Agrix - Kasvinviljelykoneiden automaatiojärjestelmä -hankkeessa kehitettiin täsmäviljelyä tukeva, avoin ja yleiskäyttöinen kasvinviljelykoneiden automaatiojärjestelmän prototyyppi. Agrix - järjestelmän vaatimuksiin kuuluivat ISOBUS -yhteensopivuus, täsmäviljelyominaisuudet, helppokäyttöisyys sekä perustoimintojen lisäksi älykkäät, kuljettajan työtä helpottavat ja varmentavat ominaisuudet. Järjestelmältä vaadittiin toteutuneen työn dokumentointia. Projektin keskeinen tavoite oli siis työkoneohjaimen yleiskäyttöisyys ja ohjelmoitavuus. Helpon ohjelmoitavuuden avulla eri työkoneille yhteisiä toimintoja ei tarvitse toteuttaa moneen kertaan, vaan samaa työkoneohjainta ja sen ohjelmiston runkoa voidaan soveltaa kaikissa eri sovelluksissa. Tässä tekstissä keskitytään Agrix-järjestelmän tuomaan hyötyyn ja tehokkuuteen, joita suomalaisen maanviljelijän ja koneteollisuuden on mahdollista tulevaisuudessa hyödyntää.

## ISO 11783 / ISOBUS

ISOBUS-yhteensopivuudella pyritään tuottamaan viljelijälle traktori-työkoneyhdistelmiä, jotka olisivat nykyistä helpommin kytkettävissä toisiinsa. Agrix-järjestelmä ohjaa toimintoja, kokoaa, prosessoi ja välittää tietoa traktorin ja työkoneen välillä ISOBUS-väylän kautta (kuva 1). ISO 11783 on varsinaisen standardi ja ISOBUS on sen toteuttamista varten tehty ohjeistus. ISOBUS-yhteensopiviksi saa markkinoida tuotteita, joiden yhteensopivuus on testattu (testaajina Euroopassa VDMA/DLG, muualla AEM). Standardin mukaisessa järjestelmässä väylälle on kytketty vähintään traktorin ohjain, työkoneohjain sekä virtuaaliterminaali (VT). Lisäksi väylälle voi olla kytkettynä GPS-paikannuslaite, tehtäväohjain (TC) ja käyttöliittymän lisäpainikkeita. Traktori tarjoaa väylälle traktorin mittaustietoja, kuten esimerkiksi ajonopeus, nostolaitteen asema ja voimanoton kierrosnopeus. Virtuaaliterminaali toimii kaikkien työkoneiden käyttöliittymänä: kulloinkin kytkettynä oleva työkone lataa käyttöliittymänsä virtuaaliterminaaliin, kun pistoke on paikoillaan ja virrat laitetaan päälle. Tehtäväohjain on linkki ulkoiseen maatalan tietojärjestelmään ja se voi toimia myös täsmäviljelyohjaimena. (ISO 2004, ISO 2002 ja ISOBUS)



Kuva 1. ISO 11783 (ISOBUS) standardin mukaiset osat.

## **Agrix-järjestelmän toteutetut koneyhdistelmät ja tehdyt konfiguroinnit**

Agrix-järjestelmään kuului Valtran kehittämä ISOBUS-yhteensopiva traktori sekä neljä eri työkonetta. Projektin kuluessa työkoneet varustettiin ja tehtiin ISOBUS-yhteensopiviksi yhteistyössä valmistajien kanssa. Työkoneet olivat pneumaattinen Tume Airmaster -kylvölannoitin, suorakylvöön soveltuva Junkkari Superseed -kylvölannoitin sekä Junkkari –kasvinsuojeluruisku. Traktori-työkoneyhdistelmien toimintoja hallittiin siis virtuaaliterminaalin (VT) avulla. Työkoneiden hydraulitoimintojen käskyttäminen VT:ltä ISOBUS-väylän kautta edellytti erillisten, sähköisesti ohjattavien hydraulikkalohkojen asentamista joko työkoneeseen (Tume Airmaster) tai traktoriin. Junkkari -kasvinsuojeluruiskun hydrauliset toiminnot toteutettiin traktorin alkuperäisellä hydraulikalla. Ruiskun kaikki muut toiminnot on mahdollista hallita virtuaaliterminaalin avulla.

Kuljettajaa avustavina toimintoina demonstroitiin kylvökoneiden päisteautomaatiikka, opastava kiertokoe sekä säiliön täyttöasteen ja vannaspainotuksen seuranta. Kasvinsuojeluruiskutukseen ohjelmoitiin automaattinen ruiskun kalibrointi, puomin kaltevuuden ja korkeuden sekä säiliön nestemäärän seuranta. Lisäksi järjestelmään rakennettiin opastava kasvinsuojeluruiskun tankkaus. Tällainen automaatio ja automaattiset älykkäät toiminnot edellyttävät tietoa työkoneen omasta tilasta. Tutkimuksen prototyypikoneet anturoitiin ja instrumentoitiin siten, että työkoneet tietävät eri toimielintensä tilan ajantasaisesti. Esimerkiksi Tume Airmasterin päisteautomaatiikassa etulata, vantaisto, sitkaimet ja ajouratoiminto toimivat kaikki automaatiikan avulla, toisiinsa nähden oikea-aikaisesti. Toimiakseen automaatiikka vaatii ajantasaista tietoa vantaiston, etumuokkainten, sitkainten ja ajoura-automaatiikan asennosta. Opastavaa kiertokoea varten järjestelmä mittaa syöttöakselia säättävän karamoottorin asentoa yhtäjaksoisesti. Näiden lisäksi kylvökoneiden säiliöiden täyttöastetta ja vannaspainetta mitataan, jotta kuljettajan olisi helpompi säätää ja tarkkailla konetta työn aikana. Kasvinsuojeluruiskun automaattinen kalibrointi vaatii tiedon ruiskutusnesteen virtauksesta ja paineesta. Lisäksi ruiskun puomin kaltevuus ja korkeus sekä säiliön nestemäärä mitattiin anturein. Erityisesti tankin nestemäärää mittaavan anturin informaatiota käytettiin hyväksi opastavassa tankkauksessa. Koneiden instrumentointi ja anturointi mahdollistaa vikadiagnostiikan, jossa työkone tarkkailee itseään ja ilmoittaa käyttäjälle virhetilanteista. Julkaisuissa Oksanen, Suomi ym. 2005 ja Oksanen, Öhman ym. 2005 on käsitelty yksityiskohtaisemmin koneiden instrumentointia.

## **Agrix-järjestelmän älykkäät toiminnot ja käytettävyys**

Agrix-järjestelmässä automaattisten toimintojen avulla on parannettu työn tehokkuutta. Automaattiset toiminnot saattavat aiheuttaa vaaratilanteita, ellei niiden käyttäminen ole mahdollisimman yksinkertaista ja helposti ymmärrettävää. Tämä otettiin erityisesti huomioon järjestelmän kehityksessä.

### ***Toimintamoodit***

Käyttöliittymä suunniteltiin siten, että kaikille työkoneille on yhteinen aloitusnäyttö, josta on mahdollisuus edetä eri toimintatiloihin eli moodeihin (3 kpl). Vapaamoodissa koneen kaikkia toimintoja on mahdollista käyttää manuaalisesti virtuaaliterminaalin painikkeiden avulla. Hydraulisia toimintoja käytettäessä on kuljettajan painettava painiketta pohjassa koko toiminnon ajan. Vapaamoodia on tarkoitus käyttää koneen kiinnityksessä, kalibroinnissa ja poikkeustilanteissa. Kuljetusmoodiin siirryttäessä kaikki koneen liikkuvat osat siirtyvät kuljetusasentoon ja niitä ei pysty liikuttamaan tässä moodissa. Peltomoodissa käytössä ovat kaikki automaattiset toiminnot.

### ***Täsmäviljely ja tiedonhallinta***

Kaikissa koneyhdistelmissä toteutettiin täsmäviljelyn vaatimat ominaisuudet, eli lohkon sisällä paikakkokohtaisesti suunniteltujen viljelytehtävien lataaminen toimistosta/palvelusta järjestelmään, suunnitelmien paikkakohtainen automaattinen toteutus ja toteutuneen työn tallentaminen takaisin maatilan toimistoon/palveluun. Yhteys maatilan muun tietojärjestelmän ja koneyhdistelmän välillä on olennai-

nen osa järjestelmää. Suunnitelmat toteutettavista lannoite- tai ruiskutusainemääristä on mahdollista ladata tehtävöohjaimelle joko maatilán tietokoneelta suoraan tai keskitetysti internetin välityksellä.

Keskitetyn palvelimen avulla on erityisesti palveluntarjoajien mahdollista välittää tarvittavat suunnitelma- ym. tiedot suoraan tehtävöohjaimelle. Tehtävöohjaimeksi (TC) valittiin WisuCE-yhteensopiva kämmentietokone. WisuCE-sovellusta laajennettiin yhdessä ohjelmiston valmistajan kanssa siten, että se pystyy hallitsemaan tietoliikennettä ISOBUS:ssa, sekä laskemaan halutut täsmäviljelykarttoihin perustuvat lannoitteen, siemenen tai kasvinsuojeluaineen syöttömäärät.

Tehtävöohjaimelle tallennetaan myös toteutunut työ. Työsuorituksen aikana järjestelmä mittaa useita eri parametreja, kuten esimerkiksi yhdistelmän ajonopeutta, toimilaitteiden asentoja ja kierroslukuja, työpainetta, virtausta, levitysmäärää sekä työsyvyyttä. Järjestelmään määritellään mitä mittauksia halutaan kerätä ja kuinka usein. Määrittely tehdään maatilán toimisto-PC:llä tai palvelussa ja ladataan tehtävöohjaimelle muun tehtävän latauksen yhteydessä. Raportointia varten tehtävöohjain laskee valmiiksi halutut lohko-kohtaiset kokoomatiedot esimerkiksi kirjanpidon tarpeisiin. Myös paikkakohtainen data tallennetaan halutulla taajuudella, jotta toteutumaa voidaan analysoida karttoina myöhemmin, esim. viljelytavoitteen toteutumista ja työn onnistumista tarkasteltaessa. Urakoitsijan on dokumentointiominaisuuden avulla mahdollista osoittaa toteuma palvelun ostajalle.

### ***Automaatiota kylvökoneisiin***

Kylvökoneissa toteutettiin paikkakohtainen lannoitteen säätö. Tämän lisäksi Tume AirMasterissa on mahdollista säätää siemenmäärää portaattomasti. Lannoitteen ja siemenen säädön oikeellisuuteen vaikuttaa paikannustarkkuuden ja säätöviiveiden lisäksi järjestelmän kalibrointi ja säätöohjelmiston luotettavuus. Kylvökoneiden kiertokokeet eli kalibroinnit toteutettiin viljelijää opastaviksi. Näin varmistettiin kiertokokeiden helppous ja minimoitiin mahdolliset virhetoimenpiteet. Kylvökoneiden päisteautomaatiikka toteutettiin siten, että yhdellä napin painalluksella oli mahdollista hallita koneen lasku ja nosto sekä ajoura- ja sitkainautomaatiikka. Erityisesti Tume Airmasterilla työskennellessä automaation merkitys korostui. Koneen etuladan ja vantaiston syvyyden säätö on mahdollista tehdä traktorin hytistä virtuaaliterminaalin avulla. Kun ladan ja vantaiston korkeus asetetaan halutuksi, automaatiikka pitää huolen siitä, että päistekäännöksen jälkeen etulata ja vantaisto laskevat asetetulle tasolle.

### ***Älyruisku***

Junkkari-ruiskun paikkakohtainen tehoaineen ruiskutus toteutettiin ajonaikaisella ruiskutuspaineen säädöllä. Ruiskun ohjelmaan on syötetty valmistajien ilmoittamat suutinkohtaiset parametrit eli suutinten käyttökelpoiset painealueet ja paineen vaikutus nesteeseen virtaukseen. Tämän lisäksi kirjallisuuden perusteella järjestelmään syötettiin sallitut painealueet ruiskutettavan toimenpiteen mukaan. Esimerkiksi tuholaistorjunnassa olisi käytettävä mahdollisimman suurta painetta, jolloin ruiskutusnesteeseen pisarakoko saadaan mahdollisimman pieneksi (Hagenvall 1987 ja Matthews 1992). Parametrien avulla järjestelmä laskee käytettävien suutinten säätövaran (l/ha). Käyttäjän on mahdollista kokeilla suutinvalikoiman, ajonopeuden ja vallitsevan tuulennopeuden avulla mikä on paras suutin sen hetkiseen tehtävään ja olosuhteisiin.

Opastavassa tankkauksessa järjestelmä kertoo käyttäjälle etukäteen tehdyssä suunnitelmassa valitun suuttimen, ajonopeuden ja arvioidun tuulennopeuden. Jos olosuhteet poikkeavat suunnitelmasta, on muutoksia mahdollista tehdä vielä tankkausvaiheessa. Kun suutin, ajonopeus, ruiskutettava kohde ja ympäristöolosuhteiden valinta on tehty, järjestelmä kertoo käyttäjälle kuinka paljon vettä ja tehoainetta ruiskun säiliöön on tankattava.

Paikkakohtainen säätö on toteutettu siten, että viljelijä antaa kullekin tehoaineelle ns. nimellislevitysmäärän ja kaikille tehoaineille yhteisen säätökartan. Säätökartta voi saada arvoja väliltä 50 - 100 %. Mikäli valitun suuttimen sallittu painealue ei riitä levitysmäärän säätöön, järjestelmä varoittaa kuljettajaa äänimerkillä ja tämän perusteella kuljettaja voi muuttaa ajonopeutta. Agrix-järjestelmä ei pysty vielä ohjaamaan traktorin vaihteistoa, tähän tarvittaisiin kehittyneempi traktori.

## *Apuohjain*

Agrix-järjestelmässä koneiden päätoiminnot on mahdollista ohjelmoida myös erilliseen joystick-apuohjaimen, joka sijoitetaan kuljettajan käden ulottuville. Tutkijaryhmän käyttökokemusten perusteella apuohjaimen käyttö helpottaa oleellisesti kuljettajan työtä, koska kuljettaja ei tarvitse katsekontaktia löytääkseen koskettimia, joilla ohjataan koneen toimintaa. Saamiensa kokemusten perusteella tutkijaryhmä on vakuuttunut, että apuohjain on tulevaisuuden koneyhdistelmissä lähes välttämätön, mikäli ajonaikainen työkoneen ohjaus on toteutettu ISOBUS:n kautta.

## *Tarkennettu paikannus*

Agrix-hankkeessa tutkittiin myös globaalin paikannuksen tarkentamista lähimittauksin. Testilaitteistona oli edullinen perus-GPS-vastaanotin, ja sen antamaa paikkaa pyrittiin parantamaan traktorimittauksilla (pyöränopeus, maanopeus, etupyörien kulma), inertiamittauksin (kiihtyvyyssanturit, gyroskoopit) ja sähköisellä kompassilla (3D-magnetometri). Mittaustietojen yhdistämiseen suunniteltiin dynamiikkamalli, ja kaikki mittaustieto siirrettiin samaan koordinaatistoon muunnosten avulla. Mallintamista varten tarvittiin tieto eri antureiden sijainneista. Tarkennetun paikannuksen suurimmaksi haasteeksi havaittiin perus-GPS-vastaanottimen paikkamittausvirheen ajalehtiminen. Hitaan ajalehtimisen kompensointi paikallisin mittauksin on hankalaa. Tämän vuoksi perus-GPS:n paikannustarkkuutta pystyttiin parantamaan tutkimuksissa vain hieman, paikannusvirheen 95 % todennäköisyysympyrän pinta-ala pieneni puoleen. Tarkennetun paikannuksen suurin hyöty onkin GPS-katvealueilla, jolloin muiden mittausten avulla on mahdollista arvioida ajoneuvoyhdistelmän paikka parin metrin tarkkuudella katveajan ollessa minuutin luokkaa. Virheen odotusarvo kasvaa luonnollisesti katveajan pidetessä. (Linja 2005 ja Oksanen, Linja ym. 2005)

## *Vikadiagnostiikka*

Vikadiagnostiikka on myös tärkeä Agrix-järjestelmän älykäs toiminto. Koneen ohjain pyrkii itse havaitsemaan koneen vikaantumisen ja virheellisen toiminnan. Koneiden viat pyritään automaattisen vikadiagnostiikan avulla havaitsemaan oireiden perusteella ennen koneen rikkoutumista. Kun kone on vikaantunut ja automatiikka ei enää toimi halutulla tavalla, vikadiagnostiikan tehtävä on paikantaa vika, ja tämän perusteella opastaa kuljettajaa tai huoltomiestä korjauksessa. Viallinen osa voi olla mikä tahansa koneen toiminnallinen osa tai anturi. Mikäli vika on kierrettävissä, vikadiagnostiikka sallii myös koneen käyttämisen vajaalla määrällä toimintoja (vapaa-moodi), jotta kesken oleva työtehtävä voidaan saattaa loppuun tai ainakin siirtää kone pellolta korjaamoon. (Miettinen 2005)

Vikadiagnostiikkaa tutkittiin kaikkien kolmen työkoneen yhteydessä: Airmasterissa valvotaan hydraulisia toimintoja, Junkkari Superseed -koneessa lannoitteen syötönsäätöä ja hydraulisia säätöjä sekä Junkkari kasvinsuojeluruiskussa pumpun vikoja. Airmasterissa hydraulikkaventtiilistön paineletkuun on kytketty paineanturi, ja hydraulikkaventtiilistöä ohjataan magneettiventtiilein. Painetieto yhdistettynä magneettiventtiilien ohjaustietoon antaa mahdollisuuden analysoida sylinterien ja letkujen kuntoa, hydraulikkapaine korreloi ei-kiihtyvässä liikkeessä sylinteriä vastassa olevaan voimaan. Kasvinsuojeluruiskussa vikadiagnostiikka pystyy havaitsemaan vuodon pumpun imuletkussa, pumpun kalvon rikkoutumisen sekä imu- ja paineventtiilien huonontuneen liikkuvuuden. (Miettinen 2005)

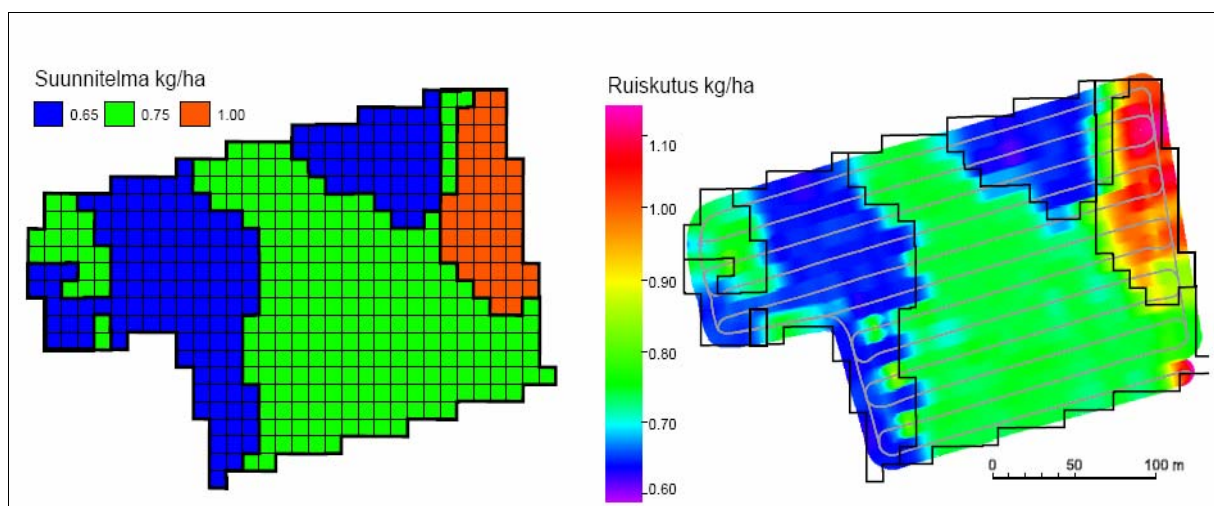
## **Saavutetut hyödyt ja kehitystarpeet**

Työkonevalmistajien on mahdollista rakentaa erilaisia työkoneita ISOBUS-yhteensopiviksi hankkeen aikana kehitetyn menetelmän avulla. Kehittyneellä automaatiolla on mahdollista parantaa kotimaisen koneteollisuuden kannattavuutta ja saada viljelijöille yhä tehokkaampia menetelmiä ja ratkaisuja käytäntöön. Yleiskäyttöinen ja konfiguroitava ISOBUS-ohjausyksikkö nopeuttaa uusien ISOBUS-koneiden kehittämistä. Konekohtaista ohjausyksikköä ja -ohjelmistoa ei tarvitse suunnitella perinteisillä menetelmillä vaan uusi ohjausjärjestelmä voidaan toteuttaa yleiskäyttöisen ohjausyksikön ja konfigurointityökalujen avulla. Tämä tulee vaikuttamaan koneiden tuotantokustannuksiin koneteollisuudessa, jonka toivotaan näkyvän myös viljelijälle kilpailukykyisempinä hintoina. ISOBUS-

virtuaaliterminaali ja ohjelmoitava apuohjain korvaavat traktorin hytissä työkonekohtaiset ohjaimet. Myös samaa tehtävöohjainta voi käyttää eri työkoneiden ohjaamiseen. Etuna voidaan pitää myös sitä, että terminaali voidaan sijoittaa helposti käytettävään paikkaan traktorissa. Tehtävöohjaimena voidaan käyttää esimerkiksi kämmentietokonetta, jota voidaan käyttää myös muissa maatilan tehtävissä. Myös paikannuslaitteistoa (GPS) voidaan käyttää muiden laitteistojen yhteydessä.

Automaation avulla voidaan toteuttaa kuljettajan peltotyöskentelyä helpottavia toimintoja. Täsmäviljelyn vaatima paikkakohtainen säätö ilman automaatiota edellyttäisi kuljettajalta herpaantumatonta keskittymistä. Työkoneyhdistelmässä on yleensä tarve säätää montaa tekijää yhtä aikaa, mikä olisi ilman automaattisia toimintoja kuljettajalle mahdotonta ainakaan vaaditulla tarkkuudella. Täsmäviljelyssä on tavoitteena tuotantopanosten sijoittaminen oikeaan aikaan oikeaan paikkaan siten, niistä että saadaan paras hyöty. Päästeautomaatiikka tehostaa työsaavutusta pienentämällä käänkösiin kuluvaa aikaa työn laadun kärsimättä. Työ helpottuu, kun automaatio vapauttaa kuljettajan joistakin rutiinitehtävistä, ja aikaa jää enemmän itse työtapahtuman tarkkailuun. Opastavat toiminnot ja toimintojen automaattinen suoritus varmistavat työn laatua varsinkin tilanteissa, jolloin kuljettaja on väsynyt tai ulkoiset häiriötekijät vievät kuljettajan huomion ja keskittymisen. Työn helpottuminen ja jouheva sujuminen sekä varmuus työn laadukkaasta toteutumisesta lisäävät työn mielekkyyttä.

Tehdyn työn dokumentointi mm. panosten annostelun, peltoliikenteen ja käytetyn ajan suhteen antaa mahdollisuuden analysoida tehtyä työtä ja viljelypanostusta kehitettäessä toimintaa edelleen. Tieto toteutuneesta paikkakohtaisesta säädöstä tuo viljelijälle varmuutta tuotantoprosessin hallinnassa. Tarvittaessa tietoa voidaan käyttää myös raportoinnissa hallinnolle tai liittää tuotannon jäljitettävyysettietoihin. Urakoitsijalle dokumentointi mahdollistaa entistä yksityiskohtaisemman raportoinnin. Lisäksi dokumentteja voidaan käyttää laskutusperusteena. Tämä parantaa sekä urakoitsijan että asiakkaan oikeusturvaa. Järjestelmä kokonaisuudessaan tekee täsmäviljelyurakoinnin mahdolliseksi, ja sitä kautta edistää täsmäviljelyn yleistymistä. Kuvassa 2 on esitetty ruiskutus suunnitelma, jonka on laatinut Kemira GrowHow, sekä Agrix-järjestelmän dokumentointi-tiedostosta tehty toteumakartta. Mallasohran tautiruiskutuksessa tehoaineen määrä vaihteli 0,65 – 1,00 kg/ha. Täsmäruiskutuksessa tehoainetta 5,35 ha:n alalle ruiskutettiin keskimäärin 74 % tavanomaiseen ruiskutukseen (1 kg/ha tehoainetta) verrattuna. Suurilla pinta-aloilla on mahdollista saavuttaa merkittäviä säästöjä tehoaineiden käytössä. Tässä yhteydessä on kuitenkin muistettava, että suunnitelmakartan kustannukset kumoavat osan tehoaineen kulutuksessa saavutetuista säästöistä.



Kuva 2. Suunnitelma- ja toteutuskartat mallasohran täsmäruiskutuksessa. Tässä tapauksessa säästetään tehoaineen määrässä noin 25 %. Toteutuskartassa on esitetty myös kuljettajan ajoreitit.

Tutkimusta ja kehitystyötä tarvitaan edelleen järjestelmän käytettävyyden ja esimerkiksi kuljettajan tilannetietoisuuden parantamiseksi automaatioympäristössä. Koneiden teknistä toteutusta tulee myös kehittää siten, että ne kykenevät suoriutumaan esimerkiksi jatkuvan säädön ja suurentuneen toteutus-tarkkuuden asettamista vaatimuksista. Yksi suurista haasteista on mobiilin tiedonhallinnan kehittämisen käytettäväksi sekä viljelytiedon että koneyhdistelmien käytön vaatiman tiedon osalta.

## **Kirjallisuus**

**Hagenvall, H.** 1987. Bestprutningsteknik i landbruket. Uppsala. Sveriges lantbruksuniversitet. 66 s.

**ISO.** 2002. Part 7. Implement messages application layer. ISO 11783. *International standard.*

**ISO.** 2004. Part 6. Virtual terminal. ISO 11783. *International standard.*

**ISOBUS.** <http://www.isobut.net>.

**Linja, M.** 2005. Traktorin paikannuksen parantaminen sensorifuusiolla. Teknillinen korkeakoulu, Automaatiotekniikan laboratorio. 62 s.

**Matthews, G., A.** 1992. Pesticide application methods 2<sup>nd</sup> edn. London. Longman. 405 s.

**Miettinen, M.** 2005. Liikkuvien työkoneiden vikadiagnostiikka ja etähuolto. Teknillinen korkeakoulu, Automaatiotekniikan laboratorio. 87 s.

**Oksanen, T., Linja, M. & Visala, A.** 2005. Low-cost positioning system for agricultural vehicles. 6th IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation, CIRA. 27.-30.6.2005. Espoo, Suomi.

**Oksanen, T., Öhman, M., Miettinen, M. & Visala, A.** 2005. ISO 11783 standard and its implementation. 16th IFAC World Congress. 4.-8.7.2005. Praha, Tsekki.

**Oksanen, T., Suomi, P., Visala, A. & Haapala, H.** 2005. ISOBUS compatible implements in the project AGRIX. In Stafford, J. (toim.). Precision Agriculture -05: 565 - 572