

# INTELLIGENS KOMPAKT TÁRCSÁS BORONA FEJLESZTÉSE

## INTELLIGENT COMPACT DISC HARROW DEVELOPMENT

*Kotrocz Krisztián, Modok Kálmán, Rádics János Péter, Gyatyel György  
BME, Gép- és Terméktervezés Tanszék, H-1111 Budapest, Bertalan Lajos u. 1.*

### ABSTRACT

*It is essential in the concept of precision agriculture to use intelligent tillage machines, which are measuring the working parameters or using before generated working maps to adjust optimal settings to do optimal work. To satisfy requirements of computer aided farming systems, new tillage machines need to be developed which are able to measure the working parameters like working- depth, width, efficiency, tool angle in real-time to be able to calculate necessity and values of adjustments*

*Our team is working since 2003 to create solutions to measure and record working parameters, to build the grounds of adaptable algorithms in favour of accelerating native precision farming systems.*

### 1. BEVEZETÉS

A környezet-orientált talajművelési rendszerek megvalósításának alapvető feltétele, hogy rendelkezésre álljanak azok a gépek és eljárások, melyekkel a befektetett energia és ezzel a művelési költségek mellett csökkenthető a víz- és szélerezózió, a művelést követő talaj CO<sub>2</sub> kibocsátás. [Rádics 2010]

A precíziós mezőgazdasági technológiák (Computer Aided Farming, CAF) fejlettségi szintje ma már lehetőséget biztosít, a létrejött fejlett mezőgazdasági géprendszer elemeinek integrálására, amely elősegíti a környezet-orientált talajművelési rendszerek rohamos fejlődését.



1. ábra: A művelési rendszerek fejlődése

A korábbi kutatások során meghatároztuk azt az irányvonalat, amely a talajművelő géprendszerek evolúciós folyamatának következő lépése. A jelenlegi eszközrendszerrel lehetőség nyílt megalkotni azokat az intelligens gépeket, amelyek egyes döntéseket átvéve a gépkezelőtől, precízebb, pontosabb munkavégzésre alkalmasak. Ez a fejlődési lépcső nem jelenti a gépkezelők kizárását a döntési folyamatokból, hanem lehetőséget ad arra, hogy azok a paraméterek, amelyek a munkavégzés hatékonyságát, a talajkímélő művelés követelményeinek megvalósítását célozzák meg, folyamatosan nyomon követhetők és bonyolult algoritmusokon, vagy esetenként egyszerű rutinokon keresztül valós idejű módon szabályozhatók legyenek. A gépkezelők feladata ezzel nem változik, de a munkavégzés minősége egy magasabb követelményszinten válik megvalósíthatóvá.

A precíziós mezőgazdasági géprendszer meglévő elemeinek adaptációja, új elemek, elem kombinációk megalkotása, a lefektetett irányvonal mentén, a talajművelő gépek területén is előre vetíti az intelligens munkagépek megalkotásának lehetőségét.

Intelligens munkagép fogalma alatt azt a traktor munkagép csoportot értjük, amely képes geometriai munkapontját azonosítani, a talaj művelési igényét meghatározni, a gép beállítását, munkaminőségét mérni, értékelni és változtatni.

Ennek feltételrendszere

— Fedélzeti számítógéppel, DGPS és ISOBUS rendszerrel ellátott traktor

— Digitális, művelhetőségi talajtérkép,

— ISOBUS rendszerrel rendelkező munkagép (szenzor és beavatkozó szervek) [Rádics 2008]

Kutatócsoportunk 2003 óta vizsgálja annak lehetőségét, hogy a talajművelés mely területe alkalmas az ilyen jellegű továbbfejlesztésre.

A talajművelő gépek széles választékában az ekéket követően – hazánkban – a tárcsás talajművelő eszközök a legelterjedtebbek és egyúttal legfontosabbak. [Jóri 2007]

Az elmúlt években végzett K+F tevékenységünk célja a technológiai követelményeket maximálisan kielégítő, széles körben használható, de főként a hazai viszonyokat szem előtt tartó intelligens tárcsás borona működési mechanizmusainak és konstrukciójának kifejlesztése volt.

## 2. A TÁRCSÁS BORONÁK FEJLŐDÉSE

A tárcsás talajművelő eszközök mintegy százötven éves fejlődéstörténetét tekintve lényeges, de nem forradalmi változások figyelhetők meg. A művelőelemek tekintetében szinte alig tapasztalható változás, hiszen a gömbsüveg alak végig uralkodó maradt. Az utolsó két évtizedben megjelent csonkakúp alakú tárcsalevelek - ismert előnyeik ellenére – csak színesítik a választékot. [Jóri 2007]

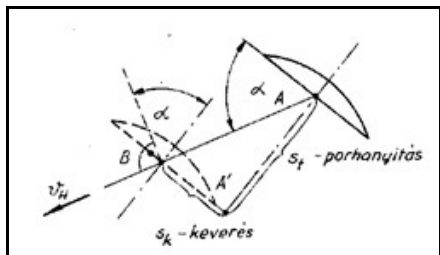
A gömbsüveg (csonkakúp) alakú művelőelemekből felépíthető eszközök közül folyamatos és sikeres fejlődést csupán a tárcsás boronák mutatnak. Az egyirányú tárcsák kezdeti népszerűségüket elvesztették, mivel konstrukciós hiányosságaik következtében a munkasebesség növelését nem tették lehetővé és a munkaszélesség növelését is csak bonyolult, nehezen üzemeltethető megoldásokkal érték el.

A tárcsás ekék, a mérsékelt éghajlatú országokban sohasem váltak népszerűvé, alkalmazásukra csak extrém körülmények (pl. gyökerekkel átszőtt köves talaj) között került sor. Ennek következtében lényeges műszaki fejlesztési eredményekkel sem dicsekedhetnek.

A tárcsás boronák fejlesztése a traktorfejlesztés eredményeit követte. A modern traktorok lehetővé tették, sőt megkövetelték a keretszerkezet és a kiegészítő berendezések fejlesztését. Ennek eredményeként napjaink tárcsás boronái változtatható szögállású tagokból épülnek, szállításkor a traktor függesztő berendezését terhelik, vagy gumiabroncsosozású kerekeken gördülnek, amelyeket egyúttal mélységhatárolásra is szolgálnak, és amelyeket kihelyezett hidraulikus munkahengerekkel működtetett mechanizmusok mozgatnak éppúgy, mint a nagy szélességű változatok szárnyrészeit.

Az általános fejlődés, s az egyes helyeken és időszakokban elért népszerűség ellenére tárcsás boronák alkalmazási lehetőségei behatároltak. Ennek egyrészt agrotechnikai (túlzott lazítás, néha porosítás, káros talajtömörítés), másrészt konstrukciós okai vannak.

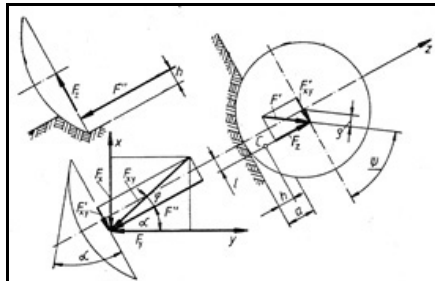
A tárcsás boronák közös jellemzője, hogy művelő elemeik acélból készült gömbsüveg v. csonkakúp alakú tárcsalapok, amelyek a rendeltetéstől függően különböző kialakítású kereteken úgy vannak elhelyezve (csapágyazva), hogy a talaj által hajtva szabadon foroghatnak.



2. ábra: Tárcsalevél jellemző szögei

A tárcsás talajművelő eszközök rendeltetése sokféle lehet, ennek megfelelően szerkezeti felépítésük is eltérő, működési elvük azonban alapvetően azonos

A haladási iránnyal adott szögben vontatott tárcsalevél aprítja, porhanyítja a talajt. E munkája közben a talajrések jól keverednek. Az előzőeken túlmenően a tárcsa bizonyos mértékben forog, elvágja a növényzetet, ill. a növényi(tarló) maradványokat. Porhanyító és keverő munkájuk jobb, mint az ekéé, ezért bizonyos körülmények között használatuk is előnyösebb (tarlólántás, szántás elmunkálás).



3. ábra: Tárcsalapra ható erők

A tárcsás talajművelő eszközöknek a következő igényeket kell kielégíteniük:

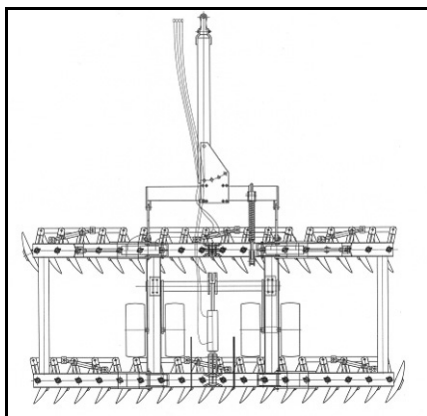
- az előre beállított mélységben porhanyítsák, lazítsák a talajt;
- a munkamélység állítható, de hossz- ill. keresztirányban azonos legyen;
- vontatás közben a változó talajellenállás ellenére is tartsák a haladás irányát;
- behúzó hatásuk kemény talajon is megfelelő legyen;
- a talajfenék csipkézettsége ne emelkedjen a felszínig és ne maradjon műveletlen sáv;
- a fogások szélein ne hagyjanak nagy mélységű barázdákat;
- a szár-, ill. tarlómaradványok aprítását és keverését eltömődés mentesen végezzék;

A tárcsátagok elrendezése alapján a következő felosztás lehetséges:

- egysoros aszimmetrikus (egyirányú tárcsák, tárcsás ekék)
- kétsoros X elrendezésű
- kétsoros V elrendezésű
- kettő vagy négsoros, párhuzamos elrendezésű (kompakt tárcsák).

A környezet-orientált talajművelési rendszerek gyakorlatában manapság a kompakt tárcsás boronák elterjedése figyelhető meg. Számos előnyük és hátrányuk mellett, főként a kompakt építési mód, illetve a használt művelési rendszerek csökkent művelési igénye segítette népszerűségüké.

A kompakt tárcsák kialakulását a korábbi építési elvek átgondolása tette lehetővé. A tárcsás boronák a hagyományos talajművelési rendszerben alapművelő eszközhöz számíthatnak, és napjaink talajvédő művelési rendszereiben is szerepet kapnak, viszont használatuk sok kompromisszummal járt a nagy szerkezeti hosszúság miatt.

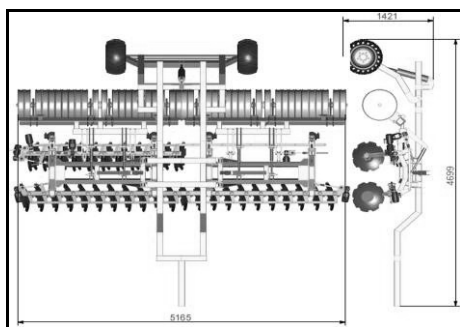


4. ábra Kompakt tárcsás borona

A hagyományos tárcsás boronák használata magágykészítő- vető gépkombinációkban extrém hossz- növekedéssel járna, ami mind a vontató traktor vonóerő igényét növelné meg megengedhetetlenül, mind a munkagépet tenné mozgásképtelenné (pl.:fordulókörök megnövekedése, országúti szállítás). A kompakt tárcsás borona, más nevén rövid tárcsás borona, hosszmérete akár 1/4-e lehet a hagyományos tárcsás boronáénak. Ez a kimagasló hossz csökkentés a tárcsalevelek önálló csapágyazásának és kerethez történő egyedi felerősítésének köszönhető.

### 3. A FEJLESZTÉS IRÁNYAINAK MEGHATÁROZÁSA

A korábbi kutatások eredményeként, az első lépcsőben kifejlesztett intelligens kompakt tárcsás borona konstrukciós folyamatában, először a munka- és vontatási szögek megváltoztathatóságának problémáját kellett megoldani. Követve a nemzetközi fejlesztések irányát és sebességét, a szögállító aktuátorok, az első gép esetben hajtóműves léptetőmotorok voltak, amelyek csavaroskat forgatva végezték volna a beállításokat.



5. ábra Az első fejlesztés eredménye

A kiindulási követelmények megváltoztatása és a gép továbbfejlesztése mellett döntöttünk.

A továbbfejlesztés alapja a működtető elemek újragondolása, mivel a mezőgazdasági gépeken az elektromos hajtások nem elterjedtek, amit leginkább a szántóföldi körülmények indokolnak. További problémát jelentett, hogy a jelenlegi mezőgazdasági erőgépeken nincs olyan

segédberendezés, amely lehetőséget adna a gép kielégítő elektromos ellátására.

A tervezéshez a következő szempontrendszert állítottuk fel:

- Változtatható jellemzők konstrukciós megoldásainak felülvizsgálata
- Léptetőmotorok helyettesítése hidraulikus munkahengerekkel
- Hidraulika kör és a munkagép vezérlésének megtervezése
  - kézi vezérlés:
    - Munkamélység kézi beállítása
    - Vontatási szög kézi beállítása,
    - Behúzási szög kézi beállítása, sorkompenzáció
    - fordulókör automatika kézi kapcsolása
    - közúti szállítóhelyzet kézi kapcsolása
  - autonóm rendszer kialakítás:
    - talajtérkép alapú munkaszabályozás
    - munkaminőség ellenőrzés, beállítás.

A fejlesztés során jelentős hangsúlyt fektettünk a rendszer vezérlésének fejlesztésére. A működtető vezérlő köröket rendszerben kezeltük, de bonyolultságuk miatt külön vezérlő köröknként, egyesével terveztük meg.

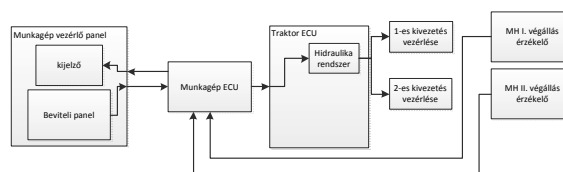
## 4. A VEZÉRLŐ RENDSZER TERVEZÉSE

### 4.1. A szállítási helyzet vezérlése

A munkagép szállítási helyzetből munkahelyzetbe történő átállításánál először szárny részek nyitását kell elvégezni, majd a szállító kerekeket kell kiemelni, mely után a gép munkahelyzetbe kerül. A munkavégzés után ezt a folyamatot kell fordított sorrendben elvégezni.

A fenti folyamat alapján ezekhez a műveletekhez két egymástól független munkahenger szükséges, melyek a traktor hidraulika csatlakozásáról tápláltak.

A folyamat vezérlése a traktor számítógépéről (ECU) történik, illetve a traktorvezérlő számítógépének utasításával a munkagép számítógépén keresztül, melynek sematikus kapcsolását szemlélteti a következő ábra.



6. ábra: A szállítási- és munkahelyzet működtetésének adat kapcsolati sémája

### 4.2. A MUNKAHELYZET VEZÉRLÉSE

A munkahelyzet vezérlésének megtervezése során három paramétert kell beállítanunk és az ezekhez tartozó vezérlőköröket megterveznünk:

- Vontatási szög ( $\alpha$ )

- Behúzási szög ( $\gamma$ )
- Munkamélység (h)

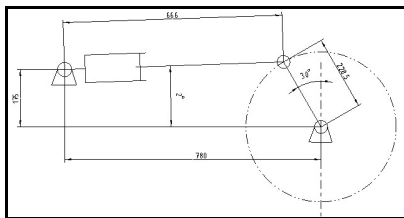
A vontatási szög vezérlése soronként különböző beállítást igényel, ezért két működtető elem szükséges a megvalósításához.

A behúzási szög beállítása mindkét tárcsasor esetén egyforma, ezért, mint a kiinduló gépen, célszerű ezeket együtt mozgatni, mely megvalósítására egy hidraulikus munkahenger elegendő.

A behúzási szög változtatásakor a két sor közötti tárcsaosztási távolság megváltozik, mely által műveletlen talajkeresztmetszet jön létre, ezért szükséges a hátsó sor eltolása, vagyis a sorkompensáció. Ennek megoldására a jelenlegi működési elv kerül továbbra is felhasználásra, hidraulikus munkahenger működtetésével.

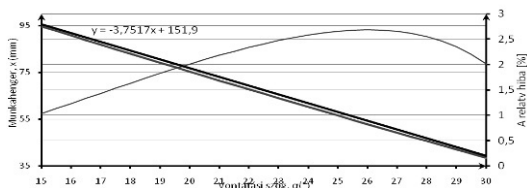
#### 4.2.1. Vontatási szög vezérlése ( $\alpha$ )

A vontatási szög változtatását biztosító mechanizmus elméleti ábrája a következő:



7. ábra: A vontatási szög beállító mechanizmusa

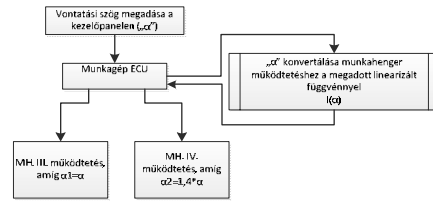
A munkahenger dugattyúja lineáris mozgást végez és a tárcsalevelek szögemelő karját mozgatja, míg a tárcsalevél a tárcsatag által a gerendelyen csapágyazva a tengelye körüli forgó mozgást végez. Minden egyes beállítandó tárcsaszőghöz a munkahenger egy adott lökethossza szolgál. A tárcsaleveleket 15-25°-os szögek között használják, ezért e tartomány beállítása a legfontosabb. A munkahenger lökete és tárcsaszőg közötti kapcsolatot mutatja a következő diagram, ahol a tárcsalevelek munkatartománya miatt 0-30° tartományban lettek elforgatva:



8. ábra: A vontatási szög és vezérlő munkahengerének löketeivel kapcsolata

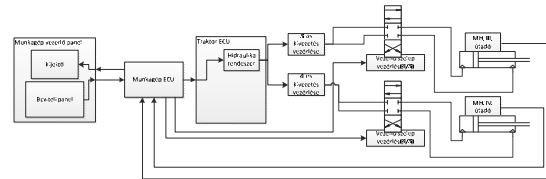
Az ábrán a 15° és 30° közötti elmozdulás van kiemelve, amin látható lineárishoz közeli jellege. Mivel a körmozgás szögfüggvényekkel írható le és ezeknek analóg, illetve digitális előállítása számításigényes, ezért ebben a tartományban a látható lineáris jelleg miatt lineáris függvénnyel jellemezhető az adott tartományban munkahenger lökete és a vontatási szög kapcsolata, mely által egyszerű vezérlési elektronika tervezhető. A köze-

lítés hibája a fenti diagramban ábrázolásra került, melynél látható, hogy a legnagyobb eltérés 2,7%, ami ennél az alkalmazásnál elfogadható közelítést jelent. A két sor vezérlésének folyamatát a következő ábra szemlélteti:



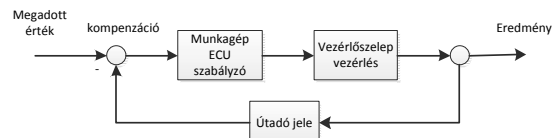
9. ábra: A vontatási szög beállításának folyamatábrája

A két sor vontatási szögének állítására a következő kapcsolási séma rajzolható fel:



10. ábra: A vontatási szög vezérlés elméleti sémája

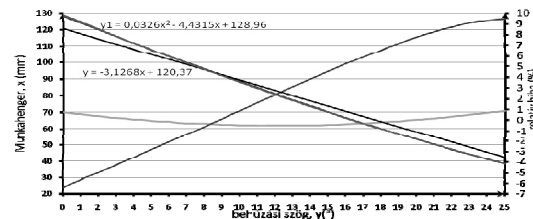
A munkahenger vezérlése az alábbi módon történik:



11. ábra: A vontatási szög szabályozási ábrája

#### 4.2.2. A behúzási szög vezérlése

A behúzási szög vezérlése a vontatási szöggel megegyező elven történik, melynél a munkahenger lökete és behúzási szög közötti kapcsolatot a következő diagram szemlélteti:



12. ábra: A behúzási szög és vezérlő munkahenger löket hosszának kapcsolata

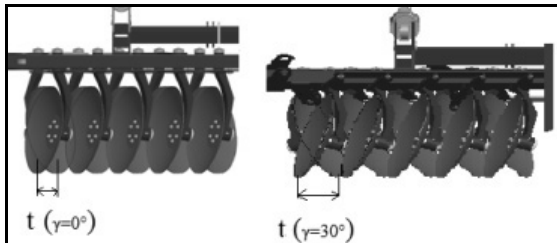
Az összefüggést egyenes illesztéssel és másodfokú polinom közelítéssel ábrázoltuk. A lineáris közelítés hibája 9,5%, ami nem elfogadható, de négyzetes közelítéssel ez a relatív hiba 1%, ami viszont kielégítő eredményt ad.

A behúzási szög változtatásával egy időben kell végre hajtani a sorkompensációt is, mivel a behúzási szög változtatásával az első és második sor közötti tárcsalevél osztás megváltozik. A soreltolás automatikus beállítására két féle módszer használható:

- Matematikai úton,

- Kísérleti iterációs módon

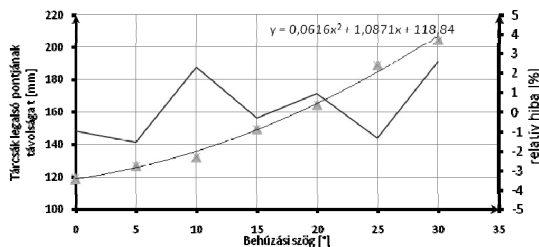
A matematikai módszer bonyolult számítást igényel, ahol a behúzási szöggel a tárcsalevél vontatási irányhoz képest merőleges irányban vett ellipszis formájú vetületek jellemző méretei változnak a szög változtatásával. A kísérleti iterációs módszernél a CAD modellen, az egymás mögött lévő tárcsalevelek közötti távolság változása vizsgálendő a behúzási szög függvényében. A soronkénti tárcsalevél-osztás állandó. Az első sor tárcsalevelei közé (geometria közép) kerültek a második sor elemei.



13. ábra: A sorkompensáció beállítás kezdeti- és vég állapota

A kísérlet a tárcsalevelek 0°-os behúzási szög és 23°-os vontatási szög beállítása mellett került elvégzésre. A vizsgált paraméter a behúzási szög változtatásával a második sor eltolódásának jellege, mértéke.

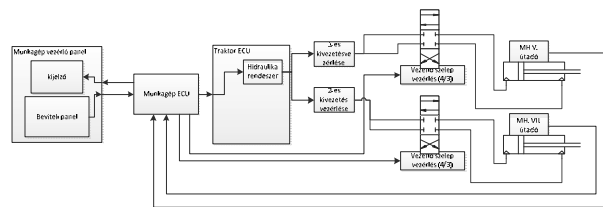
A következő ábrán az első sorban lévő tárcsalevelek legmélyebben lévő pontja és mögöttük lévő tárcsalevelek legmélyebben lévő pontjának távolsága kerül ábrázolásra a behúzási szög függvényében (háromszög-jel), ahol a diszkrét mérési pontokra másodfokú polinom került illesztésre a relatív eltérés ábrázolásra.



14. ábra: A sorok közötti tárcsacat távolság változás a behúzási szög változtatásánál sorkompensáció nélkül

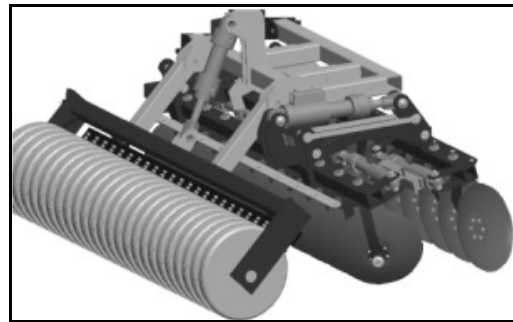
A vezérlésnek meg kell valósítania, hogy a tárcsalevelek legalsó pontja mindig az előtte lévő tárcsalevelek osztás közepébe essen. Ezért a sorkompensációnak a kezdeti értéket kell állandónak tartania. A diagramból kiolvasható pontokra illesztett görbe egyenletének előjelét megfordítva és a konstans részt elhagyva, megkapható a szükséges sorkompensációs érték, amivel a második sor jó közelítéssel az első sorban lévő tárcsák közötti területet a legjobban lefedti.

A behúzási szög és sorkompensáció vezérlésére a következő elméleti kapcsolási került kidolgozásra, melyben jelölésre került az adatforgalom, és a hidraulika olaj folyama.



15. ábra: A behúzási szög és sorkompensáció vezérlése

A vezérlés megtervezése után elvégeztük a szükséges szenzor-aktuátor elemek beépítésének megtervezését, valamint a gép részlettervezését.



16. ábra: A gép oldaltagjának modellje

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az elvégzett K+F tevékenység eredményeként egy olyan kompakt tárcsás borona kifejlesztésére került sor, amely a gyakorlatban található megoldásokat megelőzve képes az intelligens működés alapfeltételeit megteremteni. A kutatási program egyik célkitűzése, hogy lefektetett irányelvek és az ezekhez kapcsolódó műszaki megoldások alapján, egy kis munkazélességű kísérleti berendezés készüljön, melynek segítségével lehetőség nyílik a beállítási paraméterek és a munkaminőség közötti összefüggések vizsgálatára.

A fejlesztés további lépcsője, hogy a gépet alkalmazható kell tenni a teljesen autonóm működésre, amihez térinformatikai rendszerillesztés szükséges. Integrálni kell a GPS alapú helyzetérzékelést, melynek segítségével a munkagépet vezérlő számítógép, a traktor vezetőjének felügyelete mellett, például talajtérkép alapján, beállíthatja az adott területhez legalkalmasabb paramétereket.

## 6. IRODALOM

- [1] RÁDICS, J., JÓRI, J.I.: Requirements of intelligent tillage machines design, Gépészet 2008 Budapest, 29-30.May 2008. , ISBN 9789634209479
- [2] RÁDICS, J., JÓRI, J.I.: A 3E talajművelési rendszer géprendszerének kifejlesztése (Implement development for the 3E tillage system) MTA – AMB K+F Tanácskozás. Gödöllő, 2010. 1. kötet
- [3] Jóri J. István: Tárcsás Talajművelő eszközök. Agrár-gazdaság. VIII.évf. (2007) 5. 60-65p.