

# A GAZDÁLKODÁS

## SZERKESZTŐBIZOTTSÁGA

**SZÉKELY CSABA**

a Szerkesztőbizottság elnöke

**KAPRONCZAI ISTVÁN**

főszerkesztő

**TAKÁCSNÉ GYÖRGY KATALIN**

doktori iskolák koordinátora

**RIEGER LÁSZLÓ**

felelős koordinátor

**BARANYAI ZSOLT**

**BORBÉLY CSABA**

**GODA PÁL**

**HEGYI JUDIT**

**KÁPOSZTA JÓZSEF**

**LAKNER ZOLTÁN**

**KEMÉNY GÁBOR**

**MEZŐSZENTGYÖRGYI DÁVID**

**POÓR JUDIT**

**RÁKOS MÓNIKA**

**SZABÓ G. GÁBOR**

**SZALMÁNÉ CSETE MÁRIA**

**SZŰCS ISTVÁN**

**TÖRÖK ÁRON**

## TUDOMÁNYOS TANÁCSADÓ TESTÜLETE

**ALVINCZ JÓZSEF**

**CSÁKI CSABA**

**FERTŐ IMRE**

**FORGÁCS CSABA**

**JUHÁSZ ANIKÓ**

**LEHOTA JÓZSEF**

**MAGDA SÁNDOR**

**NÁBRÁDI ANDRÁS**

**PUPOS TIBOR**

**POPP JÓZSEF**

**SZŰCS ISTVÁN**

**UDOVECZ GÁBOR**

//////////////////////////////////TUDOMÁNYOS CIKK//////////////////////////////////

*Innovatív mezőgazdasági technológiák  
üzemgazdasági elemzése*

**SZÉKELY CSABA – LENCSES ENIKŐ – KOVÁCS ATTILA**

**Kulcsszavak: precíziós növénytermesztés, fejőrobot, gazdasági elemzés,  
megtérülés**

**JEL-kódok: M11, M21, O13, O32**

**ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK,  
JAVASLATOK**

A következő években és évtizedekben a mezőgazdaságban egyre nagyobb szerepük lehet azoknak az innovációs folyamatoknak, amelyek az ágazati kutatások és fejlesztések eredményeként jelennek meg. Ezt a folyamatot elősegítik a más területeken már bevezetett új technológiai eljárások és az egyre nagyobb teret hódító digitalizáció. Az új technológiák már elérhetők a gyakorlat számára, ennek ellenére ezeknek csak lassú terjedését lehet tapasztalni Magyarországon. A jelentős beruházási összegek és az új technológiák bevezetésével kapcsolatos kockázatok bizonytalanra teszik a mezőgazdasági termelőket. A fejlesztések előnyeit elsősorban ők élvezhetik, de az esetleges kudarc is az ő egzisztenciájukat veszélyeztetheti. Ezért döntéseiket megalapozó vizsgálatokat kell végezniük, amelyhez megfelelő információkkal és erre a célra alkalmas módszertani háttérrel kell rendelkezniük. A tanulmány elsősorban ehhez kíván segítséget nyújtani a gazdasági-ökológiai összefüggések feltárásával, számszerűsítésével és elemzésével, két gyakorlati példán keresztül.

**BEVEZETÉS**

Az utóbbi évtizedekben a mezőgazdasági termelés növekedése, hatékonyabbá válása és az azt lehetővé tevő technológiák gyors fejlődése volt jellemző. Ebben jelentős szerepük volt a termelés minden területén zajló innovációs folyamatoknak, amelyek az ágazati kutatások és fejlesztések eredményeként jelentek meg a gyakorlatban. Az ágazati fejlesztéseken túl az ipari és katonai területekről is sok olyan technológiai elem és rendszer került át az élelmiszer-termelés területére, amelyeknél a másutt már bevált technológiák kidolgozói ezen a területen is keresték a hasznosítás lehetőségét. Több esetben a nagy nemzetközi „mezőgép” vállalatok fej-

lesztették tovább ezeket az innovációkat, és tették alkalmassá a mezőgazdasági területen történő elterjesztésre. A gépgyártók mellett a mezőgazdasági kereskedelmi és szolgáltató cégek is részt vettek ebben a sajátos technológiatranszferben.

A jelentősebb technológiai fejlesztések között lehet megemlíteni például a műholdas helymeghatározást, a meteorológiai radar és a drónok alkalmazását, az automata gépjárművezetést, a robotok egyre bővülő alkalmazását, illetve a digitalizáció újabb és újabb fejlesztései révén az „okos” applikációk, rendszerek bevezetését a mezőgazdasági termelés területén. A felsorolt innovációk nagy része a „precíziós mezőgazdaság” fogalomkörbe sorolható, amely

elnevezés elsősorban az innovációk hatékony és takarékos tulajdonságait emeli ki.

Az említett technológiai rendszerek nagy részét ugyan már régóta (esetleg több évtizede) alkalmazzák a mezőgazdaság területén is, de tanulmányunkban ezeket mégis *innovatív technológiáknak* tartjuk, mert azok folyamatosan fejlődnek (lásd: digitalizáció, mesterséges intelligencia stb.) és alkalmazkodnak a mezőgazdaság adott-ságaihoz, körülményeihez.

Az új technológiák feltételezett előnyei mellett azonban azzal a kereskedelemben már megszokott rutinnal is számolni kell, hogy a gyártók a mindenáron történő értékesítésre törekednek. Ehhez látványos bemutatókat, konferenciákat szerveznek, és az értékesítés más hagyományos marketing eszközeit is felhasználják. A technológiák terjedése ennek ellenére lassú: a nagyméretű mezőgazdasági vállalkozások közül is csak az „élenjárók” alkalmazzák ezeket a technológiai berendezéseket rendszeresen a gyakorlatban. Ezzel az anomáliával szakirodalom is kiemelten foglalkozik, elemezve a viszonylag lassú terjedés „filozófiai” és gazdasági okait (Takácsné, 2010; Takácsné, 2012; Kemény et al., 2017). Az innovatív technológiák alkalmazása területén még nem lehet áttörésről beszélni – legalábbis Magyarországon.

A fő kérdés az, hogy a mezőgazdaság fejlesztéséért felelős, illetőleg az azon munkálkodó szervezetek (minisztérium, kutatóintézetek, egyetemek, gazdaszervezetek) támogassák, illetőleg gyorsítsák-e ezt a folyamatot, vagy hagyják-e ezt a felelősséget a gazdálkodókra. A precíziós technológiák témakörében már viszonylag korán megszülettek az első üzempazarásági értékelések (Székely et al., 2000), és ma már sok ide sorolható tudományos kutatási eredmény áll rendelkezésre (lásd: Mizik, 2023). Az Agrárminisztérium a maga részéről igyekszik egyre több támogatási lehetőséget teremteni (pl. VP2-4.1.8-21 pályázat, 2022). A mezőgazdasági termelők feladata ebben

a helyzetben az, hogy mérlegeljék a technológiai fejlesztésből adódó előnyöket és hátrányokat, és a számukra megfelelő döntéseket hozzák meg az új eljárások rendszerbe állításáról. A tanulmány elsősorban ehhez kíván segítséget nyújtani a gazdasági-ökológiai összefüggések feltárásával, számszerűsítésével és elemzésével, két gyakorlati példán keresztül.

### A GAZDASÁGI ELEMZÉS FONTOSSÁGA ÉS MÓDSZERTANA

A technológia fejlődése mindig döntés elé állította a mezőgazdasági termelőket: átvegyék és alkalmazzák-e az új technológiai elemeket, mérlegelve ezek előnyeit és hátrányait. Abban a szerencsés helyzetben, ha az új technológia előnyei egyértelműen és lényegesen felülmúlják az esetleges gazdasági áldozatokat (például a vaseke, a traktor vagy a kombajn elterjedésekor), egyszerű az új eljárás átvételéről szóló döntés. Bonyolultabb esetekben végső soron a termelők feladata és felelőssége az új eljárások bevezetésével kapcsolatos gazdasági elemzés és döntés, ha nem akarják viselni az új technológiával járó, sokszor előre nehezen felmérhető kockázatok terheit.

Carpentier et al. (2015) tanulmányukban részletesen foglalkoznak a mezőgazdasági termelés gazdasági modellezésével, és arra a következtetésre jutnak, hogy az egyes gazdasági-elemzési problémák esetén különböző modelleket kell alkalmazni az eredményes ökonómiai vizsgálatokhoz. A technológiai fejlesztések gazdasági elemzéséhez azonban nem szükséges új eljárásokat kifejleszteni, ehhez az üzempazarás tan tudományterületén már kidolgozták a megfelelő módszereket. A feladat inkább az, hogy az innovatív eljárások sajátosságainak megfelelően kell alkalmazni (esetleg átalakítani) ezeket a kalkulációs eljárásokat. Emellett arról is gondoskodni kell, hogy a döntéshozók számára elegendő és megfelelő információ álljon rendelkezésre.

## I. táblázat

**Az innovatív technológiák bevezetésének lehetséges előnyei és hátrányai**  
**(Possible advantages and disadvantages of introducing innovative technologies)**

Előnyök	Hátrányok (kockázatok)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• termelési hatékonyság (hozamok) növelése,</li> <li>• inputanyag-felhasználás, ráfordítások csökkentése, energiatakarékosság,</li> <li>• munkaerő-megtakarítás,</li> <li>• környezetterhelés mérséklése (talaj, víz, élelmezés-egészségügy),</li> <li>• minőségjavulás,</li> <li>• nyomon követhetőség, átláthatóság javulása,</li> <li>• nagyobb élelmiszer-biztonság,</li> <li>• többlet/pontosabb információ a döntésekhez,</li> <li>• munkabiztonsági és kényelmi szempontok.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• speciális gépek és kiegészítő eszközök beszerzésének igénye,</li> <li>• a beruházás és a működtetés többletköltsége,</li> <li>• hosszabb megtérülési idő,</li> <li>• az új technológia kockázata,</li> <li>• több szaktudás és nagyobb felkészültségi igény,</li> <li>• kompatibilitási problémák az egyes rendszerelemek között,</li> <li>• munkaerő-szükséglet és/vagy munkaidő-növekedés,</li> <li>• növekvő adminisztrációs feladatok,</li> <li>• átszervezési, átalakítási költségek és veszteségek.</li> </ul>

Forrás: saját szerkesztés gazdálkodási tapasztalatok alapján

A fejlesztési döntések meghozatalához – a gazdasági kalkulációk és a döntéselőlkészítés szabályainak megfelelően – első lépésben fel kell mérni azokat a gazdasági (és egyéb számszerűsíthető) előnyöket és hátrányokat, amelyek az innovatív eljárások alkalmazásával kapcsolatban felmerülhetnek. Ezek általában a következők lehetnek (1. táblázat).

Az 1. táblázat egyes tételeihez kapcsolódó értékek viszonylag könnyen felmérhetők, vagy megállapíthatók (pl. a beruházási költség vagy a támogatási összeg), de más tényezők tekintetében (pl. a hozamok potenciális növelése, a környezetterhelés mérséklése stb.) kutatással, speciális vizsgálatokkal és szakirodalomból lehet többletinformációhoz jutni. Olyan előnyök és hátrányok is lehetnek, amelyekről csak becsléssel vagy másoktól szerzett tapasztalatok alapján lehet számszerű megállapításokat tenni (pl. az új technológia kockázata). Egyes tényezők esetleg nem is számszerűsíthetők, vagy szubjektív jellegűek lehetnek (pl. a kényelmi szempontok). Az utóbbiak miatt nem szabad visszarettenni a kalkulációk elvégzésétől, mivel az élet szinte minden területén ilyen körülmények között kell a döntéseket meghozni (lásd: kockázat és bizonytalanság a döntéshozatalban).

A gazdasági előnyökkel és áldozatokkal kapcsolatos felmérés, majd a tényezők számszerűsítése után lehet elvégezni a kalkulációt, amely az adott alkalmazási (fejlesztési) körülményektől függően, különböző logikai megfontolások miatt, eltérő lehet. Így, ha már meglévő technológiai eszközök, géprendszerek fejlesztéséről, kiegészítéséről van szó, a kalkulációkban csak azokat a tényezőket kell figyelembe venni, amelyek a meglévő hagyományos technológiához képest nagyobb gazdasági áldozatot jelentenek, illetőleg többleteredménnyel járnak. Az ilyen esetben megállapítható többletjövedelem kalkulációjának általános sémája a következőképpen írható fel (Székely és Kovács, 2006):

$$TJ_0 = - (BK - KE) + (TÁ \pm TK \pm KH) \cdot \frac{q^n - 1}{q^n(q - 1)}$$

**(1.képlet)**

ahol:

TJ<sub>0</sub>: a többletjövedelem jelenlegi értéke (NPV-ként is ismert)

BK: a beszerzendő innovatív eszközök beruházási többletköltsége (Ft)

KE: esetleges támogatások, kedvezmények (Ft)

TÁ: az innovatív eszközök alkalmazásának többlethozamából, minőségjavító hatásából eredő többlet árbevétel (Ft/év)

TK: az innovatív eszközök működtetési többletköltségeinek és esetleges megtakarításainak egyenlege (Ft/év)

KH: az innovatív eszközök alkalmazásának közvetett gazdasági hatásai (Ft/év)

q: kamattényező  $(1+p/100)$ , p: kamatláb

n: az évek száma (élettartam)

Ennél az egyszerűsített számítási módnál a beruházási költség (BK – KE) megtérülését az évente azonos összegben keletkező feltételezett gazdasági előnyökkel való összevetéssel, azok jelenlegi értékre történő átszámításával határozzuk meg. Ugyanebből az összefüggésből kiindulva a megtérülési idő is számítható.

Ha a fejlesztés a teljes technológiai rendszer beszerzésével történik meg, akkor is a fenti összefüggést lehet alkalmazni, de ekkor a teljes beruházásra történik a megtérülés számítása. Ezt célszerű kiegészíteni az alternatív technológiák (pl. a hagyományos eljárások) párhuzamos vizsgálatával vagy a különböző lehetséges technológiai változatok (pl. eltérő géprendszerek) összehasonlításával.

A következő fejezetekben két gyakorlati példát mutatunk be a többletjövedelem megállapításáról bemutatott összefüggés alapján a növénytermesztés és az állattenyésztés területén. Egyrészt az azt vizsgáljuk meg, hogy érdemes-e átállni a precíziós gazdálkodásra egy adott gazdaság esetén, másrészt az, hogy milyen gazdasági következményei vannak a fejérobot bevezetésének. Mindkét példa meglévő üzemi adatokon alapul, és a 2021-es gazdasági környezetet veszi figyelembe. A célunk nem az, hogy általánosságban alátámasszuk vagy elvessük az innovatív technológiákra történő áttérést, csupán módszertani segítséget kívánunk nyújtani a gazdálkodóknak a beruházási döntéseik előkészítéséhez.

## GAZDASÁGI KALKULÁCIÓ A PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁSRA VALÓ ÁTÁLLÁS ALÁTÁMASZTÁSÁRA

A precíziós gazdálkodásra vonatkozó első gazdasági értékelések már az eljárás hazai megjelenésével párhuzamosan ismertté váltak, még ha nem is komplex precíziós gazdálkodási fejlesztések ökonomiai vizsgálata történt meg ezekben a publikációkban. Ma már azonban teljesebb, csaknem minden technológiai elemre kiterjedő elemzéseket lehet végezni, mivel időközben piacra kerültek a részfeladatok ellátására alkalmas gépek és berendezések is.

A példában egy 250 hektáros, szántóföldi növénytermesztéssel foglalkozó modelgazdaság konkrét adatai alapján végzzük el a többletjövedelem számítására vonatkozó kalkulációt. A teljes területből 200 hektárt szándékoznak bevonni a precíziós gazdálkodási rendszerbe. A magyar piacon jelenleg elérhető erő- és munkagépek teljesítménye alapján ekkora üzemméretnél a „szokásos” őszi búza, kukorica, repce, napraforgó vetésszerkezet mellett elegendő egy közepes teljesítményű traktor és 1-1 munkagép az egyes műveletekhez.

A jelenlegi gépkereskedői vélemények szerint még a konvencionális termelést folytató gazdálkodók is rendelkeznek olyan gépekkel, amelyek kisebb átalakításokkal képesek precíziós növénytermesztési műveletek elvégzésére, de a gazdálkodók általában nem gondolnak erre az opcióra.

### A többlet beruházási többletköltség (BK) megállapítása

A precíziós szántóföldi növénytermeléshez a következő gépekre és berendezésekre van szükség: traktor, kombájn, automata

kormányzás, GPS-vevő, fedélzeti monitor, szakaszolható műtrágyaszóró és permetezőgép, szakaszolható vetőgép, valamint farmmenedzsment szoftver (Pintér, 2019). A precíziós növénytermesztés megvalósításakor, a teljes géppark cseréje esetén 211 millió Ft beruházási teljes költséggel kellene számolni, ami az idézett szerző szerint 24 millió Ft-ra csökkenthető a konvencionális géppark további hasznosítása esetén.

### **Az esetleges támogatások és kedvezmények (KE) megállapítása**

Régóta vártak a magyar gazdálkodók olyan vissza nem térítendő támogatásra, amiből új és magas hatékonyságú gépeket (erő- és munkagépet egyaránt) tudnának vásárolni. 2021-ben megnyílt egy 100 milliárdos keretösszegű és 40–70% támogatási intenzitású pályázat, ami a mezőgazdaság digitális átállásához kapcsolódó precíziós fejlesztések megvalósulását támogatta (VP2-4.1.8-21 pályázat, 2022). Ez a támogatás kizárólag abban az esetben volt igényelhető, ha valamilyen digitális eszközt szereztek be a gazdák. Mivel úgy tűnik, hogy ez egy egyszeri támogatás volt, ezért megvizsgáltuk a többletjövedelem jelenlegi értékének alakulását a legalacsonyabb, 40%-os, a legmagasabb, 70%-os támogatási intenzitás mellett is, valamint abban az esetben, hogyha nincs támogatás a gépbeszerzésre.

### **A többlet árbevétel (TÁ) és a többletköltségek (TK) egyenlege**

Az innovatív eszközök alkalmazásának többlethozamából, minőségjavító hatásából eredő többlet árbevétel (TÁ) és működtetési többletköltségeinek, esetleges megtakarításainak egyenlegét (TK) egy évre becsültük meg, amihez az Agrárközgazdasági Intézet által a precíziós növénytermesztés elterjedését és termelékenységét vizsgáló 2020-as tanulmányt is felhasználtuk (Gaál et al., 2020). Ennek adatai alapján a modellkalkulációkban a termelési érték precíziós technológia alkalmazásával bekövetkező

növekedését a konvencionális technológiához képest 6,25%-ban állapítottuk meg, míg a termelési költségek esetében, a racionális inputanyag-felhasználásnak köszönhetően 5,75%-os költségsökkenéssel számoltunk. Tesztüzemi adatok alapján a modellben a konvencionális szántóföldi növénytermesztés átlagos nettó árbevételét vettük alapul (374 790 Ft/ha), a költségek átlaga pedig 166 810 Ft/ha volt 2021-ben (Áldorfai et al., 2021). A fenti információk alapján a költségmegtakarítás a modellszámításokban 1 918 315 Ft, de ebből levonásra kerül még a farmmenedzsment szoftver éves díja (81 200 Ft), így a képletbe bekerülő költségmegtakarítás 1 999 515 Ft (TK). A termelési érték 6,25%-os növekedése a modellszámítások esetében 4 684 875 Ft (TÁ).

### **Az innovatív eszközök alkalmazásának közvetett gazdasági hatásai (KH)**

A precíziós növénytermelési technológiára való átállás legkiemelkedőbb közvetett gazdasági hatása az időmegtakarítás a tervezési folyamat és a munkavégzés során. Ennek az időmegtakarításnak a mértéke hektáronként 3248 Ft (Oldal, 2022), így a teljes modellszámítás esetén ez 649 600 Ft (KH) megtakarítást jelenthet.

### **Kamatnényező (q)**

A többletjövedelem jelenlegi értékének meghatározásához szükséges kamattényező megállapításánál a CAPM- (magyarul: pénzügyi eszközök értékelése) modell volt segítségünkre. A CAPM-modell előnye, hogy figyelembe veszi, hogy melyik szektorban végezzük a beruházást (jelen esetben mezőgazdaság), melyik országban történik meg ez a beruházás (a modellben Magyarország) és hogy melyik évben (esetünkben 2022-ben). Ezen változókat figyelembe véve a CAPM-modell alapján a modellben alkalmazott kamattényező 1,1193 volt (ez megközelítőleg 12%-os kalkulációs kamatlábnak felel meg).

## Évek száma, élettartam (n)

A precíziós szántóföldi növénytermesztésre alkalmas gépek átlagos élettartamának meghatározásához figyelembe vettük a magyar mezőgazdaság sajátosságát, miszerint az itt alkalmazott gépeknek több mint fele 20 évnél idősebb. Ugyanakkor a magyar számviteli gyakorlatban a számítógépes eszközök esetében 5 éves használati idővel számolnak. Ennek a kettőnek az átlagát, a 12 évet határoztuk meg a modellben az évek számaként.

## A többletjövedelem jelenlegi értéke ( $TJ_0$ ) a precíziós szántóföldi növénytermelési technológia esetében

A 2. táblázat az előzőekben bemutatott (1.) összefüggés alapján mutatja be a konkrét gyakorlati példát, a precíziós gazdálkodásra való átállással kapcsolatos gazdasági kalkuláció eredményeit. A számításokat három támogatásintenzitási fokozatban (0%, 40%, 70%) is elvégeztük.

Az 1. táblázat eredményei egyértelműen az mutatják, hogy a feltételezett költség- és árbevételadatokkal, valamint a figyelembe vett közvetett gazdasági hatásokkal a precíziós gazdálkodásra való átállás többletjövedelemmel járhat. Ugyanakkor a fejlesztés pénzügyi feltételeit szem előtt kell tartani. A példában jól látható a támogatási intenzitás nagyságának fontossága, mivel növekvő támogatással 9, illetőleg 7 éves a megtérülési idő, míg támogatás nélkül csak 16 év alatt térülhet meg a beruházás, ami a feltételezett 12 éves élettartammal összehasonlítva kritikusnak tekinthető. Ilyen helyzetben esetleg az egyéb közvetett, nem számszerűsített előnyök indokolhatják a fejlesztés megvalósítását.

## GAZDASÁGI KALKULÁCIÓ A FEJŐROBOT ALKALMAZÁSÁNAK ALÁTÁMASZTÁSÁRA

### Az automata fejőgépek (fejőrobotok) jelentősége

A precíziós technológiák az állattenyésztés területén is elterjedtek. Tekin

2. táblázat

**A többletjövedelem jelenlegi értéke és a megtérülési idő meghatározása a precíziós gazdálkodás megvalósításakor a bemutatott példában**  
(*The present value of the additional income and the determination of the payback period when implementing precision farming in the presented example*)

Megnevezés	Értékek		
Támogatási intenzitás (%)	0	40	70
Támogatás mértéke (ezer Ft)	0	9 595	16 792
Terület nagysága (ha)	200		
Többlet beruházási költség (ezer Ft) (BK)	23 989,51		
Többlet árbevétel (ezer Ft/év) (TÁ)	4 684,87		
Többletköltségek és megtakarítások egyenlege (ezer Ft/év) (TK)	- 1 999,51		
Közvetett gazdasági hatás (ezer Ft/év) (KH)	- 649,6		
Kamattényező (q)	1,1193		
Élettartam (év) (n)	12		
Többletjövedelem jelenlegi értéke (millió Ft) ( $TJ_0$ )	13,01	22,61	29,80
Hektáronkénti többletjövedelem jelenlegi értéke (ezer Ft)	65,05	113,03	149,01
A többletberuházás megtérülési ideje (év)	16	9,25	7

et al. (2021) részletes áttekintéseket adnak ezekről a fejlesztésekről (Precision Livestock Farming). Az utóbbi évtizedek egyik legjelentősebb innovációja az állattenyésztés területén az automata fejőgépek (fejőrobotok) alkalmazása a tehenészetekben. A fejőrobotoktól elsősorban a fáradtságos és speciális szakértelmet igénylő igénylő fejési munkaműveletek kiváltását, a munkaerőigény számottevő csökkentését várják a gazdálkodók. Ezért elsősorban azokban az országokban terjedtek el ezek a technológiák, ahol drága és szűkös a kézi munkaerő. Németországban például már a 2000-es évek elején 118 olyan tejtermelő családi gazdaságot tartottak nyilván, amelyekben fejőrobotot alkalmaztak (Motika et al., 2003).

Magyarországon a fejőrobotok elterjedése lényegesen lassabban halad, amelynek okai a beruházási költség nagyságában, a technika bonyolultságában, az egyelőre alacsonyabb munkabérekben, továbbá a németországitól eltérő üzemstruktúrában keresendő, mivel Németországban jellemzőek a közepméretű családi tehenészetek, míg Magyarországon a nagyobb méretű tejgazdaságok terjedtek el.

### **A fejőrobotok alkalmazásának gazdasági előnyei és hátrányai**

A fejőrobotok alkalmazásánál – mint általában a jelentős beruházási költséggel járó fejlesztéseknél – érdemes alaposan áttekinteni az új eljárás bevezetésével járó gazdasági és egyéb előnyöket, hátrányokat. Az 1. táblázatban felsoroltak közül az automatikus fejőberendezések esetében számos *előnnyel* lehet számolni.

Az automata fejőrendszerek alkalmazásának fő célja, hogy csökkentse az emberi munka-szükségletet a fejés folyamatában. A fejőkehely felhelyezését automatizálták, ráadásul a technológia további fejlesztése által lehetővé vált a közvetlen emberi közreműködés nélküli fejés, az állatok szempontjából „önkiszolgáló” rendszerben. Ebből a

következő előnyök adódhatnak (Motika et al., 2003):

- a munkaerőigény csökkentése következtében megszűnik a munkavégzők túlterheltsége, racionálisabb munkaszervezés, beosztás alkalmazható;
- az automata fejőberendezést a tehenek szabadon kereshetik fel, ezáltal lehetővé válik az egyéni fejési ritmus kialakulása és az állatok többszöri fejése;
- az „önkiszolgáló” rendszer következtében a meghatározott időpontokban történő (napi kétszeri vagy háromszori) fejés szükségtelemmé válik;
- a gyakoribb fejés miatt jelentős teljesítménynövekedéssel, a tőgyegészségre kifejtett pozitív hatással lehet számolni;
- a termeléssel jobban összeegyeztethető az egyéb tevékenység folytatása és a szabadidő alakítása;
- a tehenészeti munka társadalmi presztízse javul, ezáltal kisebb problémát jelenthet a gazdaság átadásakor az „utód” biztosítása.

A fejlesztéssel együtt járó hátrányok mérlegelésénél elsősorban a fejlett technológia által igényelt átalakítások tetemes beruházási költségét kell figyelembe venni. Az idézett szerzők szerint felmerülő költségek három csoportba sorolhatók (Motika et al., 2003):

- a tartásrendszer és az állatállomány alkalmassá tétele a fejőrobot működtetésére,
- az alkalmazott fejőrobot bekerülési költsége (ára),
- valamint a működés során felmerülő költségek.

A fejőrobot meglévő istállóban történő elhelyezésénél nagymértékű átalakítások válnak szükségessé, mivel a megfelelő fejési gyakoriság érdekében a robotot a pihenőboksok és a takarmányautomata vagy -asztal közé kell helyezni. A fejőrobot előtt érdemes kialakítani egy előválogatót annak érdekében, hogy a tehenek ne csak a roboton keresztül tudjanak a



takarmányasztalhoz jutni (Tóth, 2002). A gazdaság számítógépes rendszerébe integrálni kell a robotot, biztosítani kell egy vonalas vagy mobil összeköttetést, hogy a berendezés meghibásodása esetén a robot hibaüzenetet tudjon küldeni a gazdálkodó telefonjára.

A fejőrobotok alkalmazásának érdekében a meglévő állatállományt szelektálni kell, mivel a fejőrobotok csak bizonyos mérethatárokon, tőgyformák esetében képesek a teheneket fejni. A határértékeken kívül eső állatokat selejtezni kell. Egyes tehenek hosszú távon sem képesek a fejőrobot működését megszokni (nem keresik fel a fejőrobotot), ezeket az egyedeket is szelektálni kell. A felsorolt okok miatt az állomány 5–20%-át szükséges selejtezni (Bohlsen, 2000).

A fejőrobotok ára a típus és a teljesítmény függvényében eltérően alakul. Az automata fejőrendszerek ára elterjedésük, a nagyobb szériájú gyártás, illetőleg az elektronikai részegységek (mikrochipek) egységesebbé válása következtében csökkenő tendenciát mutat.

A *működési költségeket* elsősorban az elektromos áram felhasználása befolyásolja. Az automata fejőrendszer villamosenergia-fogyasztása Bohlsen (2000) mérései szerint hatszorosa a 2x8 halszálkás fejőberendezésének. A vízfelhasználás és a tisztító/fertőtlenítő anyagok többletfelhasználása szintén jelentős. Az automata fejőrendszer a hagyományos fejőrendszerekhez képest sokkal gyakoribb szervizelést igényel. A fejőrobotot alkalmazó gazdaságokban lényeges a fejőrobot folyamatos működése. Ha üzemzavar merül fel, azt minél hamarabb el kell hárítani, ezért a szervizt biztosító cég szakembereinek szinte azonnal a helyszínre kell érkezniük. A fejőrobot működésképtelensége esetén, ha az üzemzavart nem hárítják el egy-két napon belül, akkor a tehenek elapaszthatnak.

### **A fejőrobot bevezetésével kapcsolatos gazdasági elemzés**

A felsorolt gazdasági előnyök és hátrányok számszerűsített adatai alapján végezhető el a fejlesztési döntést megalapozó ökonómiai vizsgálat, az élettartam alatti többletjövődelem kalkulációja. A bemutatásra kerülő gyakorlati példa a gödöllői Szent István Egyetem Józsefmajori Kísérleti és Tangazdaságban 2013–2015 években végrehajtott fejőrobot-fejlesztési projekt konkrét adatai alapján készült.

Az egyetem kísérleti gazdaságában 1997-ben indult meg a tejtermelés halszálkás elhelyezésű, kehelyleemelő technológiával felszerelt 2x5 állásos fejési rendszerrel, amely kötetlen csoportos tartási rendszerben, egyedi azonosítással, megközelítően 100-as tehénállománnyal működött. A 16 éves folyamatos működés után vetődött fel a korszerűsítés igénye, a gazdaság vezetői a robotfejésre való átállás mellett döntöttek, amely összhangban volt a kísérleti gazdaság eredeti célkitűzéseivel, az élvonalba tartozó technológiák kipróbálásával és fejlesztésével.

A fejlesztések megvalósítása után 2013 áprilisától egy fejőrobot végezte a közel 70 tehén fejését. Az istállóban irányított tehénforgalmi rendszert alakítottak ki, amelyben a tehenek az etetőasztalt egy válogatókapun keresztül érhetik el. Amennyiben a tehénnek „jogosultsága” van a fejésre (azaz már régen volt fejve), akkor a kapu a robot elővárakozó terébe irányítja, és csak fejés után mehet az etetőasztalhoz. A tehénforgalom folyamatosan zajlik, és mindig vannak tehenek a pihenőtérben, az etetőtérben és a robot elővárakozó terében is (Tóth, 2014). A napi fejési átlag a fejlesztés után 24,6 l/tehen, ami a 300 napos laktációs periódust figyelembe véve tehenenkénti 7380 literes teljesítménynek felel meg.

A fejőrobot bevezetésével kapcsolatos gazdasági elemzést alapvetően a fejlesztés első két éve alapján összegyűjtött adatok

alapján végeztük el, azonban a pénzbeli értékek adatokat (a költségeket és a bevételeket) a 2021-es gazdasági helyzetnek megfelelően számítottuk át.

A fejlesztés költségei egyrészt a fejőberendezés és az irányított állatforgalomhoz szükséges eszközök bekerülési értékéből, illetve az átalakításhoz kapcsolódó költségtételekből tevődnek össze. A kísérleti gazdaság esetében a fejlesztéssel kapcsolatos költségek viszonylag jelentősek voltak, mert a meglévő infrastruktúra átalakítások nélkül nem láthatta volna el megfelelően feladatát. A teljes fejlesztési költség 58 millió Ft volt, amelyből az átalakítások költségének összege 6 millió forintot tett ki.

A bevételek változása esetében a növekedési oldalon technológia beszállítója által feltételezett 20 százalékos többlettel számoltunk, ami az első két év termelési adatai alapján be is igazolódott. A bevételkiesések oldalán a szelekció miatt lecsökkentett létszám okozta tej- és borjúhozam mérséklődésével számoltunk. A két tétel együttes gazdasági eredménye valamivel több mint 5 millió forintot tett ki.

A működési költségek változása esetében a korábbi kalkulációkhoz képest jelentős változás tapasztalható, mely elsősorban a megemelkedett bérek és a működtetéshez szükséges erőforrások magasabb árának tudható be. A takarmányfogyasztás esetében nem számolhattunk komoly megtakarítással, mert amit a csökkenő tömegtakarmány felhasználáson meg lehetett spórolni, azt ellensúlyozta a tejelőkoncentrátum árának növekedése.

A közvetett hatások vizsgálatakor csak egy meghatározó tétellel számoltunk. Ez a tömegtakarmány természetsterületének megtakarításából eredő, megnövekvő területű árunövény-termesztés többletjövedelme. A területmegtakarítás 5,6 hektár lehet, a többletjövedelem pedig a kísérleti gazdaság árunövény-termesztésének adatai alapján hektáronként 30 ezer Ft.

A számítások során alkalmazott kamat-

tényező (q) értéke megegyezik a növénytermesztési példában alkalmazottnál (1,1193).

A fejőrobot-fejlesztés eredményeként elérhető többletjövedelem jelenlegi értékét és a megtérülési idő megállapításához szükséges költség- és bevételadatokat a 3. táblázat tartalmazza.

**3. táblázat**  
**A többletjövedelem számításához szükséges értékek a fejőrobot-fejlesztésnél**  
*(Value data required for the calculation of additional income for milking robot development)*

Az értékek megnevezése	Érték
<b>Fejlesztési költségek (Ft)</b>	<b>58 080 000</b>
A bevételek várható változása (Ft/év)	
Bevételnövekedés	11 741 598
Bevételcsökkenés	6 645 510
Egyenleg:	5 096 088
A költségek várható változása (Ft/év)	
Költségnövekedés	6 006 514
Költségcsökkenés	6 765 847
Egyenleg:	-759 333
Közvetett hatások (Ft/év)	
Bevételnövekedés	168 404
Költségnövekedés	-
Egyenleg:	168 404
Az évenkénti változások egyenlege (Ft/év)	6 023 826

Forrás: saját vizsgálat Kovács (2015) nyomán

A 3. táblázat adataival a többletjövedelem jelenlegi értékének számítására alkalmas (1. képlet) összefüggés alapján számoltuk ki a különböző feltételezett tárogatási intenzitási szintek mellett elérhető jövedelemösszegeket és a beruházás megtérülési idejét, amely eredmények a 4. táblázatban láthatók.

A 4. táblázat adatai egyértelműen bizonyítják, hogy a fejőrobot-fejlesztés az adott

4. táblázat

**A fejőrobot-fejlesztés többletjövedelmének jelenlegi értéke és a megtérülési idő a bemutatott példában**  
*(The present value of the additional income and the payback period of the milking robot development in the example presented)*

Megnevezés	Érték		
	0	40	70
Támogatás intenzitása (%)	0	40	70
A többletjövedelem jelenlegi értéke (ezer Ft)	-17 052,5	-2 162,5	9 176,3
A beruházás megtérülési ideje (év)	*	*	9

\* nem értelmezhető

Forrás: saját vizsgálatok

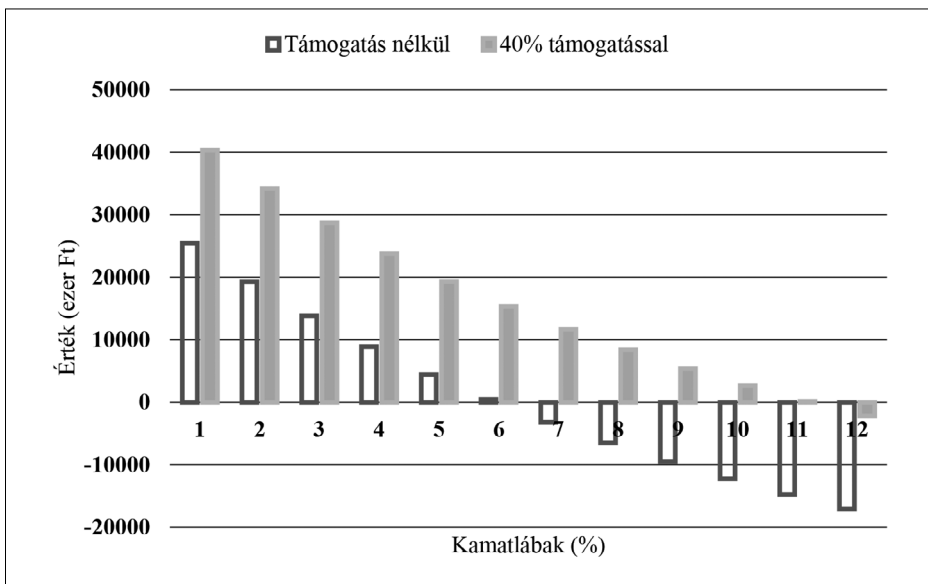
körülmények között nem jár pozitív gazdasági eredménnyel. Csak 70 százalékos beruházási támogatással lenne elérhető pozitív többletjövedelem az élettartam alatt. Itt a beruházás megtérülési ideje 9 év lehetne. Ilyen mértékű támogatásra azonban reálisan nem lehet számítani.

A kiegészítő számítások szerint még a 40 százalékos támogatás mellett is megközelítőleg 300 ezer Ft évi többlet bevétel és

kölségkülönbségre lenne szükség ahhoz, hogy legalább 0 Ft többletjövedelmet lehessen elérni (jelenlegi időpontra vetítve). Ez a hiányzó bevétel, illetőleg különbség a támogatás nélküli változatnál 2500 ezer Ft/év. A 4. táblázat alatt megjelenő „nem értelmezhető” megjegyzés azt jelenti, hogy az adott gazdasági körülmények között és adatok mellett a beruházás sohasem térülne meg.

1. ábra

**A fejőrobot-fejlesztéssel elérhető élettartam alatti többletjövedelem jelenlegi értékei különböző nagyságú kalkulatív kamatlábak figyelembevételével**  
*(Present values of the additional lifetime income achievable with the development of the milking robot, in case of taking into account different calculative interest rates)*



Forrás: saját vizsgálatok és szerkesztés

Megvizsgáltuk azt is, hogy az alapul vett (és egyértelműen kedvezőtlen) gazdasági körülmények esetleges megváltozása, mennyiben befolyásolná a számítások és egyúttal a fejlesztésekkel kapcsolatos gazdasági döntések eredményét. Erre a kérdésre elsősorban a kalkulatív kamatláb változtatásával kívántunk választ kapni. A gazdasági számításokat ezért 1,0–12,0 százalék közötti eltérő kamatlábak (kamattényező,  $q$ ) mellett is elvégeztük. A számítások eredményeit az 1. ábra szemlélteti.

Az ábra jól érzékelteti, hogy a beruházási kamatláb (és az e mögött álló közgazdasági helyzet) milyen jelentős hatással van a fejlesztések gazdasági eredményességére. 6 százalékos kamatszint alatt támogatás nélkül is pozitív eredménnyel jár a fejlesztés, sőt, 40 százalékos beruházási támogatással ilyen kamatok mellett kifejezetten jó gazdasági eredmények érhetők el a fejőrobotra való átállás esetén. A munkabérek további emelkedésével kalkulálva az innovatív fejlesztés előnyei még kifejezettebbé válhatnak.

## KÖVETKEZTETÉSEK

A két innovatív fejlesztési eset elemzése ugyan eltérő eredményekhez vezetett, de ettől függetlenül levonhatók olyan következtetések, amelyeket az ilyen típusú gazdasági döntéseknél célszerű figyelembe vanni.

Az első fontos megállapítás, hogy a mezőgazdasági technológiai rendszerek fejlesztésekor minden egyes konkrét esetben más-más kiindulási helyzettel és külső adottságokkal kell számolni, ezért nem lehet általános, mindenkor érvényes megállapításokat tenni. Eltérőek lehetnek a természeti feltételek (pl. a szántóföldi táblák adottságai), az üzemi forma és méret, a meglévő és fejlesztendő technológiai rendszerek paraméterei (pl. a gazdaságban rendelkezésre álló traktorok kora, teljesítménye, képességei stb.), a gazdasági feltételek (pl. az elérhető támogatások, banki kamatok, infláció mértéke stb.) vagy a ren-

delkezésre álló szakmai tudás. A konkrét fejlesztéseknél ezért nem lehet eltekinteni a körülmények alapos ismeretét feltételező és elméletileg biztos alapokon álló kalkulációs módszerek alkalmazására épülő saját elemzéstől.

A bemutatott két gyakorlati példa elég egyértelmű választ adott arra a kérdésre, hogy érdemes-e végrehajtani a tervezett fejlesztési lépéseket. Ugyanakkor azt is figyelembe kell venni, hogy a számításokat meghatározott időszakra, illetőleg az adott időszakban érvényes adatok alapján végeztük el. Ez azt is jelenti, hogy újabb, más időszak adataira épülő számítások más eredményekre vezetnek. A tanulmányban ezért elsősorban a döntési módszerek bemutatására, és nem kifejezetten az innovatív eljárások gazdasági megítélésére törekedtünk.

A gazdasági elemzésekhez olyan komplex gazdasági számításokat kell végezni, amelyeknél lehetőség szerint minden rendelkezésre álló információt (az előnyöket és a hátrányokat) egyaránt figyelembe vesszünk. Sok esetben azonban nehezen, vagy egyáltalán nem számszerűsíthető előnyök vagy hátrányok is felmerülnek (pl. a környezetre gyakorolt közvetett hatások vagy a munkavégzés szervezési, munkabiztonsági szempontjai). Mindent el kell követni annak érdekében, hogy ezekről a hatásokról további információkhoz lehessen jutni. Ennek híján legalább szubjektív becsléseket kell végezni a tényezők hatásainak számszerűsítése érdekében. Az esetleg nehezen felmérhető, kétséges esetekben a gazdasági kalkulációk elvégzése után „szubjektív” érvenként lehet alkalmazni ezeket a hatásokat.

Nem biztos, hogy minden esetben a komplex fejlesztési projektek jelentik a gazdasági szempontból is legmegfelelőbb megoldást. Meg kell vizsgálni annak a lehetőségét, hogy a komplex rendszerek helyett meg lehet-e valósítani nagy valószínűséggel mérhető előnyökkel járó elemeket vagy résztvekenységeket a fej-

lesztés során. Ehhez nagy segítséget jelenthetnek azok a szolgáltató vállalkozások, amelyek valamilyen innovatív fejlesztési területre (pl. automatizált talajvizsgálatok és adatgyűjtés, hozamtérképezés, precíziós növényvédelem, internetalapú kommunikáció stb.) specializálódtak. A szolgáltatókkal történő együttműködés különösen akkor lehet előnyös, ha a viszonylag kisebb méretek miatt nem éri meg minden tevékenységre kiterjedő saját fejlesztést végezni.

Végül arra is rámutattak a vizsgálatok, hogy az innovatív eljárások bevezetésével

kapcsolatos fejlesztések esetén is lényeges kérdés a makrogazdasági környezet, illetőleg a kormányzati (esetleg EU) fejlesztési célkitűzések alapos elemzése. Kedvezőtlen közgazdasági helyzetben, száguldó infláció és magas beruházási kamatlábak esetén még a csábítónak tűnő támogatási szándék esetén sem célszerű elhatározni a fejlettebb technológiákra való átállást. Ugyanakkor a gazdasági fejlődést támogató környezetben, különösen, ha azt a meggyőző számítási eredmények is visszaigazolják, nem érdemes várni a technológiai fejlesztésre vonatkozó lépések megtételével.

### FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- Aldorfai, Gy., Dobolyi, E., Keszthelyi, Sz., Kis Csátári, E., Kis, M., Kiss, A. és Suga, G. (2021). A Tesztüzemi Információs Rendszer eredményei, 2021. Agárközgazdasági Intézet, Budapest. <https://www.aki.gov.hu/termek/a-tesztuzemi-informacios-rendszer-eredmenyei-2021/>
- Bohlsen, E. (2000). Erprobung und Bewertung automatischer Melkverfahren (AMV) in Praxiseinsatz. Dissertation, Fakultät für Agrarwissenschaften Göttingen, Cuvillier Verlag, Göttingen, 2000, ISBN 3-89712-906-X.
- Carpentier, A., Gohin, A., Scokokai, P. és Thomas, A. (2015). Economic modelling of agricultural production: past advances and new challenges. *Review of Agricultural and Environmental Studies*, 96(1), 131–165.
- Gaál, M., Humenyik, N., Illés, I., Kiss, A., Kovács, G., Lámfalusi, I., Lencsés, E., Lőrincz, K., Matus, L. és Medve D. (2020). A precíziós szántóföldi növénytermesztés helyzete és ökonómiai vizsgálata. NAIK Agrárgazdasági Kutatóintézet, Budapest. <https://www.aki.gov.hu/termek/a-precizios-szantofoldi-novenytermeszteshelyzete-es-okonomiai-vizsgalata/>
- Kemény, G., Takácsné, György K., Gaál, M. és Keményné, Horváth Zs. (2017). A precíziós szántóföldi növénytermesztési technológiára való átállás becsült makrogazdasági hatásai, különös tekintettel a beruházási költségekre és megtérülésére. *Gazdálkodás*, 61(3), 223–234. <https://ageconsearch.umn.edu/record/265267/>
- Kovács, A. (2015). A mezőgazdasági vállalatok tervezése a környezeti kölcsönhatások figyelembe vételével. PhD-disszertáció, Szent István Egyetem, DOI: 10.14751/SZIE.2015.016
- Mízik, T. (2023). How can precision farming work on a small scale? A systematic literature review. *Precision Agriculture*, 24(1), 384–406. <https://doi.org/10.1007/s11119-022-09934-y>
- Motika, D., Székely, Cs. és Tóth, L. (2003). Az automata fejőrendszerek ökonómiai értékelése. *Gazdálkodás*, 47(1), 61–71.
- Pintér, L. (2019). A precíziós gazdálkodás vállalati bevezetésének lehetőségei a növénytermesztésben. 34. OTDK Agártudományi Szekció, 3. helyezett pályamunka; témavezetők: Kovács, A. és Lencsés, E. <https://otdk.hu/eredmenyek/60694>
- Székely, Cs. és Kovács, A. (2006). A precíziós gazdálkodás hatása a növényvédelem költségeire. In: Takácsné György, K. (szerk.), *Növényvédő szer használat csökkentés gazdasági hatásai* (pp. 63–70.). Szent István Egyetemi Kiadó.
- Székely, Cs., Kovács, A. és Zerényi, E. (2000). A precíziós gazdálkodás ökonómiai értékelése. *Gazdálkodás*, 44(5), 1–10.
- Takácsné, György K. (2010). Precíziós növénytermelés növényvédőszer-használatának gazdasági hatásai. *Gazdálkodás*, 54(4), 368–375.

- Takácsné, György K. (2012). A precíziós növénytermelés, mint innováció elterjedését befolyásoló tényezők közgazdasági aspektusai. In: Kovácsné, Gaál Katalin (szerk.), *A magyar mezőgazdaság – lehetőségek, források, új gondolatok* (pp.165-171.). Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar.
- Tekin, K., Yurdakök-Dikmen, B., Kanca, H. és Guatteo, R. (2021). Precision Livestock Farming Technologies: Novel Direction of Information Flow. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 68(2), 193–212. DOI:10.33988/auvfd.837485
- Tóth, L. (2002). *Elektronika és automatika a mezőgazdaságban* (pp. 377–394.). Szaktudás Kiadó Ház.
- Tóth, T. (2014). DeLaval fejőrobot sikertörténet Józsefmajorban. *Holstein Magazin*, 12(3), 64–65. [https://www.holstein.hu/magazin/hm\\_2014\\_03.pdf](https://www.holstein.hu/magazin/hm_2014_03.pdf)
- VP2-4.1.8-21 pályázat (2022). <https://www.palyazat.gov.hu/-vp2-418-21-mezgazdasg-digitlis-tllshoz-kapcsold-preczis-fejlesztsek-tmogatsa>