SZENT ISTVÁN EGYETEM
GÖDÖLLŐ
Gazdálkodás és Szervezéstudományok Doktori Iskola

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

VÁLLALATI SZINTŰ BIOMASSZA TERMELÉS OPTIMALIZÁLÁSA

Készítette: Bedéné Szőke Éva

Gödöllő
2011

A DOKTORI ISKOLA

MEGNEVEZÉSE: Gazdálkodás és Szervezéstudományok Doktori Iskola

TUDOMÁNYÁGA: gazdálkodás- és szervezéstudományok

VEZETŐJE: **Dr. Szűcs István**
egyetemi tanár, MTA doktora
SZIE, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar,
Közgazdaságtudományi és Módszertani Intézet

TÉMAVEZETŐ: **Dr. Szelényi László**
egyetemi docens, mezőgazdasági tudományok kandidátusa
SZIE, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar,
Közgazdaságtudományi és Módszertani Intézet

…… ……

Az iskolavezető jóváhagyása A témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS 5

1.1. A vizsgálat célja, köre 5

1.2. A téma aktualitása 7

2. SZAKIRODALMI FELDOLGOZÁS 9

2.1. A vállalati termelési szerkezet optimalizálásával foglalkozó hazai és nemzetközi irodalom értékelése 9

2.1.1. A modellek szerepe 9

2.1.2. Rendszerszemléletű megközelítés, mint vizsgálati módszer 11

2.1.3. Operációkutatási módszerek a mezőgazdaságban 13

2.1.4. A mezőgazdasági termelés modellezésének sajátosságai napjainkban, komplex földhasználati modellek 19

2.2. A biomassza energetikai célú felhasználásával foglalkozó szakirodalom feldolgozása 24

2.2.1. A biomassza termelés, mint gazdasági szükségszerűség 24

2.2.2. Az energiaforrások típusai 24

2.2.3. A bioenergia formái 26

2.2.4. A biomassza energiacélú felhasználásának helyzete hazánkban 28

3. ANYAG ÉS MÓDSZER 33

3.1. A vizsgálatokhoz felhasznált adatbázisok 33

3.2. Az alkalmazott adatelemzési módszerek 34

3.2.1. A lineáris modell általános matematikai megfogalmazása 34

3.2.2. A lineáris programozási modell 35

3.2.3. Lineáris programozási modell a termelési szerkezet optimalizálására ... 37

4. EREDMÉNYEK 43

4.1. A biomassza termelési modell általános matematikai megfogalmazása 43

4.1.1. A modell változói 44

4.1.2. A modell feltételrendszere 46

4.1.3. A modell célfüggvényei 49

4.2. A biomassza Tass-pusztai modellje (A modell paramétereinek becslése) ... 54
4.2.1. A modell főbb jellemzői ... 55
4.2.2. A termelési szerkezet optimalizálásának menete ... 57
4.3. Modellszámítási munkák eredményeinek értékelése ... 66
4.4. Érzékenységi és hatékonysági vizsgálatok ... 69
4.4.1. Az érzékenységvizsgálat eredményei a jövedelem maximalizálása mellett ... 70
4.4.2. Érzékenységvizsgálat eredményei a megtermelhető biomassza-mennyiség maximalizálása mellett ... 79
4.4.3. Érzékenységvizsgálat eredményei a biogáz-mennyiség maximalizálása mellett ... 83
4.4.4. Érzékenységvizsgálat eredményei a megtermelhető biomasszából előállítható bioetanol mennyiségének maximalizálása mellett ... 85
4.4.5. Érzékenységvizsgálat eredményei a kinyerhető biodízel-mennyiség maximalizálása mellett ... 88
4.5. A modell „Copyright” általánosított változata ... 88

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK ... 95
6. ÚJ, VAGY ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ... 97
7. ÖSSZEFOGLALÁS ... 99
8. SUMMARY ... 101
9. MELLÉKLETEK ... 103
M1. Irodalomjegyzék ... 103
M2. A témához kapcsolódó saját publikációk jegyzéke ... 113
M3. Ábrák jegyzéke ... 116
M4. Táblázatok jegyzéke ... 117
M5. A kapacitásvektor és célegyütthatók érzékenységvizsgálatához tartozó táblázatok ... 121
M6. WinQSB segítségével végzett számítások ... 129

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS ... 143

1. BEVEZETÉS

1.1. A vizsgálat célja, köre

A rendszerváltás előtt a több ezer hektáros állami gazdaságok és termelőszövetkezetek számára sokszor külső szakemberek készítettek komplex éves, vagy többéves fejlesztési, vállalati terveket. A mezőgazdasági üzemek általában többféle növényt termesztettek, többféle állatot tartottak, többféle technológia alkalmazására volt lehetőségük. Az alaptevékenységen túl segédüzemmel, ipari, kereskedelmi vagy szolgáltató ágazattal is rendelkeztek. A komplex tervek elkészítése bonyolult számítástechnikai munka volt, külső szakemberek bevonásával.

Jelenleg a mezőgazdasági vállalkozások zöme jóval kisebb területen, 50-500 hektáron gazdálkodik. Kevesebb féle növényt termesztenek, gyakran állatot sem tartanak. Kevés géppel rendelkeznek. Leegyszerűsödött a termékszerkezet, és így a termelési terv is.

Az így létrejött kisméretű gazdaságokban leggyakoribb a hagyományos tervezés. Azonban a gazdasági versenyben azok a termelők tudnak inkább fennmaradni, akik az új kihívásokhoz, környezet- és természetvédelmi szempontokhoz alkalmazkodni tudnak. Ennek feltétele a lehetőségek számbavételével történő optimalizáló tervezés. Kutatási munkám során elkészített modell alkalmazása lehetőséget nyújthat erre.

A személyi számítógép felhasználói szintű ismerete manapság a mezőgazdasági vállalkozók körében is általános. Egy egyszerűen kezelhető számítógépes program megkönnyíti a tervezést. Egy-egy alapadat változása után nem kell hosszadalmas számításokat végezni, rövid idő alatt többféle változatot, többféle lehetséges alternatívát lehet kidolgozni, és így nagyobb a lehetősége, hogy a legcélszerűbb változat kerüljön megvalósításra.

Kutatási munkám során három célt tűztem ki. **Első célkitűzésem egy döntési változatokat adó modell megalkotása,** amely egyrészt a mezőgazdasági vállalkozók számára elősegítheti a termelési struktúra tekintetében való döntéshozatalt, konkrétan az energetikai és élelmezési céllal termesztett termékek közötti optimális arány meghatározását, másrészt olyan megoldás kidolgozása, amely – élve a korszerű számítástechnikai lehetőségekkel – a vállalati méretre tetszés szerint igazítható módszertani hátteret biztosít. Tehát a konkrét vállalati döntéshozatal és az alkalmazható korszerű eszközök összekapcsolását helyeztem kutatásaim középpontjába. Ennek megfelelően végeztem a vonatkozó hazai és nemzetközi irodalom feldolgozását is – tehát a biomassza termelésben rejlő új gazdasági előnyök kihasználási lehetőségét a nemzetközi és hazai irodalom tükrében a gyakorlat számára is hasznosítható módon dolgoztam fel – kvázi szekunder kutatásokat végeztem. Ugyanakkor a „klasszikus” optimalizációs feladatokat a számítástechnika adta lehetőségek segítségével általánosan alkalmazható és a számítástechnikában és a

módszertanban kevésbé járatos szakemberek számára is használható eszközzé fejlesztettem.

Bár a modell Tass-pusztára – egy konkrét mintagazdaságra, mintatechnológiára készült esettanulmány, de bármely gazdaságra alkalmazható. Az alapmodellből a helyi viszonyoknak, az alkalmazott technológiáknak megfelelően gyorsan és egyszerűen lehet technológiai változatokat készíteni.

Gazdaságonként változhatnak a számításba vehető növények, a rendelkezésre álló erőforrások korlátai, és a piaci lehetőségek. Ugyanez a helyzet a terméshozamot illetően. Az egységárak is mindig változnak, s ezt a változást a rendszer logikája szerint kezelni tudjuk.

A modell adatai tehát nem általános érvényűek, azokat minden esetben felül kell bírálni. Az előre kidolgozott táblázatot az alkalmazók könnyen és gyorsan át tudják alakítani a megváltozott feltételek figyelembevételével.

Második célkitűzésem a modell összeállítását automatizáló adatbázis és a modell számítógépes megvalósítása, valamint a modell „copyright" változatának kidolgozása CD formában. A CD-n megtalálható az alapmodell, amely gyakorlatilag egy adatbázis az egyes energiacélú biomassza termelés szempontjából számításba vehető növények általános (alaptechnológia) technológiai paraméterekkel, ajánlott feltételrendszerrel, ajánlott célfüggvényekkel – mely az adott gazdaság paramétereihez igazítható. Úgy gondolom, hogy a CD használata nagyban tudja segíteni a tervezés hatékonyságát. Az adott gazdaság adataival feltöltve gyorsan és egyszerűen készíthetők el a tervváltozatok. Ez számítógéppel, manuális számolgatás nélkül, minimális matematikai operációkutatási ismeretekkel megoldható.

A rendszer az Operációkutatás oktatásában használt szoftver általam egyszerűsített változatával működtethető. A kezeléshez elegendő a Windows alapú számítógépes programok legfontosabb alapjainak az ismerete. Ennek megtanulása egyszerű, a szükséges ismeretek a számítástechnikában járatlanok számára is könnyen elsajátíthatók.

A harmadik célom a megfelelő célfüggvények megalkotása és az azokkal végzett elemzés. Ennek megfelelően azt vizsgáltam, hogyan hat a termelési szerkezetre az input–output árak változása, az egyes bioenergetikai végtermékek versenypozíciója hogyan függ az erőforrások kapacitásának változásától, hogyan befolyásolja az optimális vetésszerkezetet és az elérhető maximális jövedelmet az, ha a terület, a munkaerő, a műtrágya és a gépkapacitás mennyisége 10-20-30 %-kal nő illetve csökken. A változás következtében hogyan alakulnak a hatékonysági és az igényességi mutatók biogáz, bioetanol, biodízel célú termelés esetében.

Dolgozatomnak a fentieknek megfelelően három nagyobb tartalmi egysége van.

Az **első** részben a szakirodalmi feldolgozás eredményeit mutatom be. Ez a fejezet a matematikai modellek ismertetésével kezdődik, majd kitérek a termelés hatékonyságának elemzésére alkalmas módszerekre.

A szakirodalmi feldolgozás következő részében a biomassza energetikai hasznosításával kapcsolatos fogalmakat írom le és röviden áttekintem a bioüzemanyagok előállítási - felhasználási gyakorlatát a főbb bioenergia felhasználó országokban, az EU országaiban és Magyarországon.

A dolgozat **második** részében azokat az adatbázisokat és módszereket mutatom be, amelyek kutatási célkitűzéseim elérését szolgálták. A **harmadik** rész a BIOENKRF kutatási projekt keretében kidolgozott modell leírásával kezdődik, megoldásával, érzékenységi vizsgálatokkal, hatékonysági és igényességi mutatók számításával, és a belőlük levonható következtetések ismertetésével zárul.

1.2. A téma aktualitása

Napjainkban a hagyományos energiaforrások – a kőolaj, a földgáz és a szén – kitermelése egyre költségesebb. Belátható időn belül kimerülnek a gazdaságosan kiaknázható készletek. A felhasználásukkal járó halmozódó káros hatások, mint az üvegházhatás, levegőszennyezés, vízszennyezés is egyre nagyobb veszélyt jelentenek.

2025-ben várhatóan 8 milliárd lesz a Föld népessége. Az emberiség létszámbeli gyarapodásával – évente 70-80 millió – együtt jár a mind nagyobb mértékű energiafogyasztás, amit a fosszilis energiahordozók már csak néhány évtizedig tudnak fedezni. A következő két évtizedben a gazdasági-társadalmi fejlődéshez szükséges energia ezért fokozatosan és jelentősen felértékelődik.

A környezetszennyezés hatására kialakuló extrém időjárási és klímaváltozási tendencia ébreszti fel az emberekben az igényt olyan üzemanyagok felhasználására, melyek környezetkímélő technológiát alkalmaznak, és neutrálisan viselkednek az üvegházhatású CO_2-dal szemben.

A megújuló energiaforrások, a tartósan és folyamatosan újratermelődő energiahordozók hosszú távú megoldást jelenthetnek az emberiség energiaszükségletének a kielégítésére, használatuk összhangban van a fenntartható fejlődés alapelveivel. Az alternatív energiaforrások közé tartozik a napenergia**,** a szélenergia**,** a vízenergia**,** a geotermikus energia és a különböző formában megjelenő biomassza.

A megújuló energiaforrások alkalmazásával foglalkozó kutatások a második energiaár-robbanást követően az 1970-es évek végén kezdődtek el. Az egyes országok agrártermelési, helyi ipari, illetve kommunális szféráiban széles körben elterjedtek a korszerű nagyüzemi biomassza tüzelési rendszerek. A bonyolultabb és költségesebb technológiák kifejlesztése azonban megtorpant, mivel az energiaárak alacsony szinten stabilizálódtak a nemzetközi piacon. A világszerte egyre súlyosabb környezetvédelmi problémák miatt azonban újra előtérbe kerültek a megújuló energiaforrásokat hasznosító technológiák.

A megújuló energiaforrások közül kiemelendő a biomassza energetikai felhasználása, amely sokoldalúan, gazdaságosan teszi lehetővé a Nap energiájának hasznosítását. A világ energiafogyasztásának 11%-át biomassza fedezi.

A biomassza energetikai célokra történő hasznosításának ismert környezeti előnyei – széndioxid, kén-dioxid, korom és más káros vegyületek kibocsátásának csökkentése – mellett, jelentősek a társadalmi hatások. Megoldást kínál a mezőgazdasági termékek túltermelése okozta krízisek mérséklésére. Előidézheti az egyébként elnéptelenedésre ítélt települések lakosságmegtartó képességének növelését, a falusi lakosság helyben tartását (**Káposzta-Nagy,** 2005). A foglalkoztatáspolitikában a munkahelyteremtéssel jelentkeznek az előnyök, hiszen az energianövények termesztésének láncolatában a mezőgazdasági termelőkön kívül kutatók, növénynemesítők, szaktanácsadók, illetve a műszaki, gépészeti, gépjavítás területén sok ember foglalkoztatását oldhatja meg. Az előnyök között fontos az energiaellátás biztonságosabbá tétele és értelemszerűen a nagy energiahordozó exportőr országoktól való politikai függőség csökkentése, valamint az ország fizetési mérlegére gyakorolt hatás sem elhanyagolható.

A biomasszából előállított bioüzemanyagok nagy előnye, hogy közvetlenül képesek helyettesíteni a közlekedésben felhasznált fosszilis tüzelőanyagokat, továbbá egyszerűen integrálhatók a meglévő energiaellátó és -elosztó rendszerekbe. Annak ellenére, hogy a bioüzemanyagok előállítása ma a legtöbb országban még drágább a fosszilis tüzelőanyagoknál, használatuk a politikai intézkedések ösztönző hatásának köszönhetően világszerte bővül.

Világviszonylatban megfigyelhető tendencia a növekvő népesség élelmiszer-szükségletének kielégítése és a mezőgazdasági termőföld energetikai célú hasznosításának ellentmondása (**Kingsbury**, 2007). Egyes szakértői körök veszélyeztetve látják a világ élelmiszer ellátását. Az élelmiszeripari, takarmányozási céllal termesztett növények közül a búza, kukorica, napraforgó, repce, burgonya, cukorrépa is hasznosítható energianövényként. Tekintettel arra, hogy a bioenergia termelő beruházások működési költségének kétharmada alapanyagköltség, fontos kérdés, hogy az energetikai és élelmiszertermelési célok egymáshoz viszonyított versenye hogyan alakul.

A magyar mezőgazdaság számára, mint termelésbővítési lehetőséget kell figyelembe venni a biohajtóanyag gyártást (**Kádár,** 2008**).** A biohajtóanyagok előállítása – és felhasználása is – a jelenlegi gazdasági viszonyok között technológiától és alapanyagtól függő módon és mértékben, de támogatást igényelnek, mely azonban más csatornákon visszakerülhet az állami költségvetésbe. Megfelelő érdekeltség kialakítása mellett elsősorban az üzemek energia kiváltását kellene megcélozni olyan komplex beruházásokkal, amely az alaptevékenységek versenyképességét is erősítik.

Földhasználati szempontból fontos annak vizsgálata, hogy a bioenergetikai céllal termelt növények milyen versenypozícióban vannak

- egyrészt a más céllal termelt mezőgazdasági termékekkel (jövedelem-paritások),
- másrészt a bioenergetikai növények ára hogyan viszonyul a fosszilis üzemanyagokéhoz.

2. SZAKIRODALMI FELDOLGOZÁS

Mivel kutatásom célja a vállalati biomassza termelés optimalizálására alkalmas modell felállítása, a biomassza termelés irodalmának értékelésekor csupán azokra a fontosabb jellemzőkre térek ki, amelyek kutatási célom eléréséhez alapvető információkat jelentenek.

A szakirodalom feldolgozását valóban szekunder kutatásnak tekintem. Tehát nem kronológiai sorrendben sorolom fel a vonatkozó hazai és nemzetközi szakirodalmat, hanem megkísérlem témakörönként feldolgozni azokat. A dolgozat célkitűzéseihez igazodva alapvetően két fő téma köré csoportosítom a szakirodalom kritikai értékelését:

- egyrészt a vállalati termelési szerkezet optimalizálásával foglalkozó hazai és nemzetközi irodalom,
- másrészt a biomassza energetikai célú felhasználásával foglalkozó – viszonylag nagyszámú – szakirodalom feldolgozása köré.

2.1. A vállalati termelési szerkezet optimalizálásával foglalkozó hazai és nemzetközi irodalom értékelése

2.1.1. A modellek szerepe

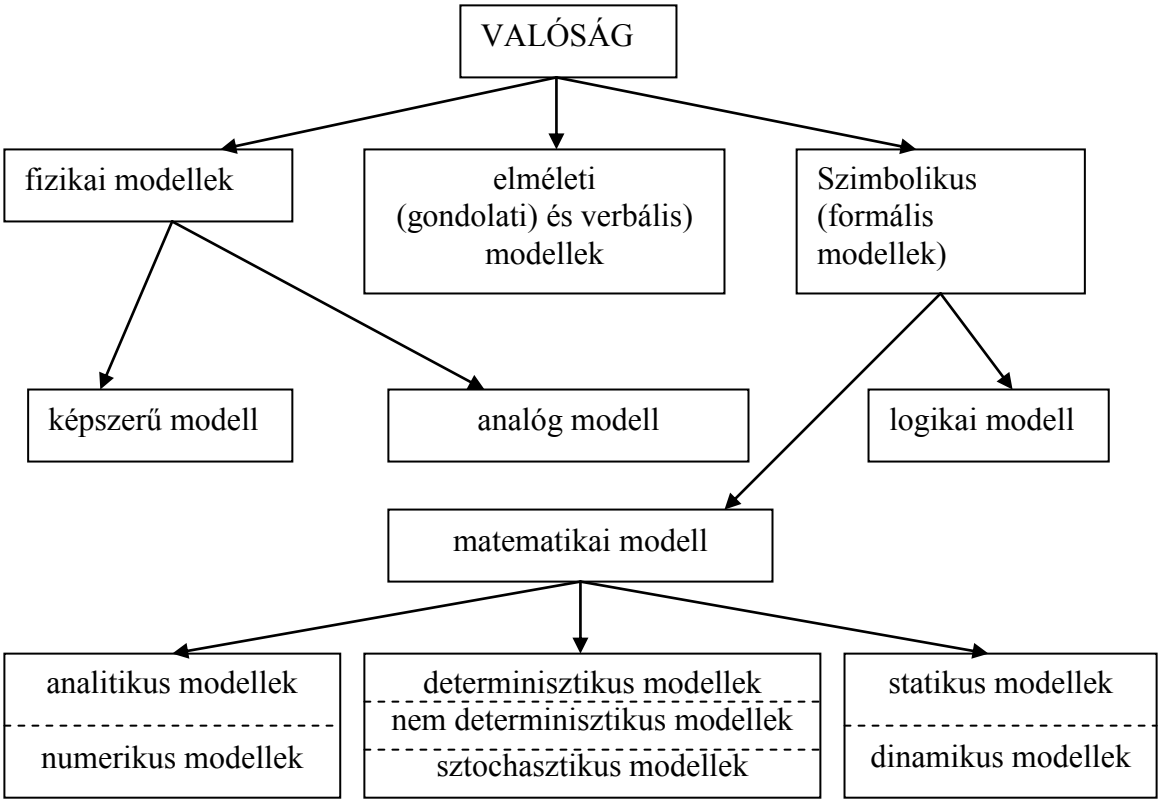
A modell az objektív valóságnak az ember által alkotott leegyszerűsített képe. A leegyszerűsítés a lényeg megragadását és kiemelését szolgálja, így a vizsgált objektum legfontosabb részeit, tulajdonságait, kapcsolatait tartalmazza (**Matematikai kislexikon,** 1979).

Minél bonyolultabb a rendszer, annál nagyobb szükség van modellezésre. A modellnek kezelhetően bonyolultnak kell lennie. Ha túl bonyolult, akkor nem lehet megoldani, vagy csak nagyon sok idő- és energia befektetéssel. Ha viszont túl egyszerű, akkor nem írja le megfelelően a valóságot.

A modell bonyolult rendszerek egyszerűsített, idealizált mása, amely matematikailag szabatosan leírható, és többé-kevésbé hűen tükrözi a vizsgált rendszer bizonyos tulajdonságait. A modell tehát nem azonosítható a vizsgált rendszerrel, de annak teljesebb megismerését segíti elő.

A modellnek a lehető legjobb megoldást kell adnia. Akkor hatékony, ha a modell által adott megoldást tovább már nem tudjuk javítani. A modellek közül a gyakorlatban leggyakrabban alkalmazott a matematikai modell. Ennek fő oka a számítástechnika robbanásszerű elterjedése.

Az operációkutatási modell az egyes folyamatoknak a matematika nyelvén történő egyszerűbb és áttekinthetőbb megjelenítése, leképzése, hogy a döntések előkészítése érdekében a szükséges vizsgálatok, elemzések az eredeti folyamatba való beavatkozás nélkül a modellben elvégezhetők legyenek (**Csáki-Mészáros**, 1981). Az 1. ábra a modellek fajtáit és a matematikai modellek fontosabb tulajdonságait foglalja össze.



1. ábra: A modellek fajtái és a matematikai modellek fontosabb tulajdonságai
Forrás: Csáki-Mészáros (1981)

A matematikai modell a rendszer matematikai leírása, olyan matematikai összefüggések felírása, amely hasonló eredményt ad a számítás során, mint a rendszer a benne folyó átalakítással, például: egy növekedési folyamat és egy exponenciális egyenlet, hasonló számszerű eredményt ad.

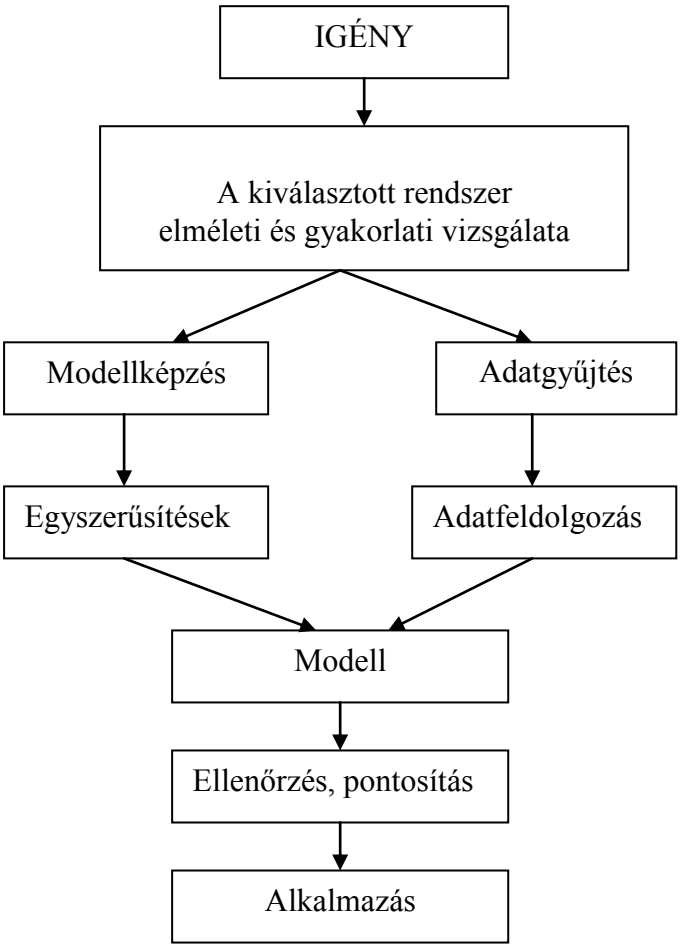
A matematikai modell valamilyen vizsgált rendszerben lejátszódó jelenség, folyamat vagy tevékenység a vizsgálat szempontjából lényeges tulajdonságai közötti összefüggések matematikai megfogalmazása (**Matematikai kislexikon,** 1979).

A matematikai modell egyrészt nem definiált (absztrakt, szimbolikus) matematikai objektumokból (például számokból, vektorokból) áll, másrészt az objektumok közötti relációkból (**Korn G.A. - Korn, T.M.,** 1975).

A matematikai modell a matematika szimbólumrendszerén keresztül teremt kapcsolatot a vizsgált rendszer be- és kimenő jellemzői között (**Pokorádi,** 2007).

Egy matematikai modell akkor jó, ha „kellően egyszerű ahhoz, hogy megoldjuk, és kellően részletes, hogy legyen értelme megoldani. Az a jó modell, amely a lehető legegyszerűbb, de a célnak megfelelő pontossággal közelíti a valóságot” (**M.Csizmadia – Nándori,** 2003).

„Az és csakis az a modell tekinthető jónak, amely a vizsgálat szempontjából fontos paramétereket, összefüggéseket és a peremfeltételeket megfelelő pontossággal figyelembe veszi, de mindazon másodlagos jellemzőket elhanyagolja, amelyeket a kitűzött vizsgálat szempontjából nem tekintünk meghatározónak” (**Pokorádi,** 2007). A 2. ábra a modellképzés általános logikáját mutatja.



2. ábra: A modellképzés általános logikája

Forrás: Pokorádi (2007)

2.1.2. Rendszerszemléletű megközelítés mint vizsgálati módszer

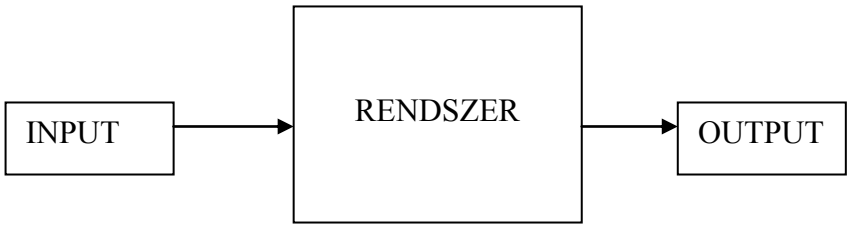
A biomassza termeléssel kapcsolatos tevékenységek igen bonyolult kölcsönhatásban állnak egymással. A területen folyó termelés tervezése, a gazdálkodó lehetőségei és egyéb adottságai befolyásolják, esetleg korlátozhatják a

terület megfelelő szintű hatékony kihasználását és ezen keresztül visszahatnak a termelés színvonalára, mértékére.

Mindebből következik, hogy a kitűzött kutatási célok szempontjából eredményesnek mondható megoldás csak olyan kutatási módszertől remélhető, amely képes a vizsgálandó jelenségek bonyolult kölcsönhatásainak megfelelő szintű leírására, visszatükrözésére.

A kutatás módszerének rendszerszemléleti oldalról történő megközelítése **Starr** (1976) szerint az analízis és a szintézis egysége: az analízis során a rendszert részekre bontjuk, vizsgáljuk a részeket és megkíséreljük ezek működését hatékonnyá tenni, majd a részek közötti kölcsönös kapcsolatok és összefüggések figyelembevételével ismét összeállítjuk a rendszert optimális működésének meghatározása érdekében.

A rendszer **Bertalanffy** (1956) által közölt alapvető definíciója: „A rendszer kölcsönhatásban levő elemek összessége”. Ennek megfelelően a biomassza termelés rendszere alatt a tervezéssel, termeléssel és hasznosítással összefüggő, egymással meghatározott kölcsönhatásban lévő tevékenységek összességét érthetjük.



3. ábra: Általános rendszermodell

Forrás: Bertalanffy (1956)

A rendszerek működésének 3. ábrán látható általános logikai modellje alapján megszerkeszthető a biomassza termelés rendszermodellje is.

A biomassza termelés, mint rendszer inputját a termőföld, a munkaerő, a gépi kapacitás, a rendelkezésre álló műtrágya és növényvédőszer mennyisége képezik. A rendszer outputként különböző mennyiségű, energia célú hasznosításra alkalmas mezőgazdasági terméket állít elő.
A rendszer meghatározása során alapvető követelmény a rendszer működési céljának egyértelmű rögzítése. A biomassza termelés optimalizálása többféle cél mentén lehetséges. Ilyenek lehetnek a bevétel vagy a profit maximalizálása, a bioenergia-termék mennyiségének maximalizálása, az energiaegyenleg maximalizálása stb.

A rendszerelmélet alapja, hogy döntés esetén a problémával összefüggő összes tényezőt figyelembe kell venni. **Nemény** (1973) szerint „a rendszertervezés lényegében információfolyamatok tervezése”. A mezőgazdaság rendszere alapvetően

két szintre tagolódik: felettes irányító szervek szintjére, illetve a mezőgazdasági vállalatok termelési és gazdálkodási szintjére.

A termelési terveket a későbbi hasznosítással összhangban kell meghatározni. A lehetőségek a gazdálkodás során korlátozó feltételekként jelennek meg. A gazdálkodóknak, a mezőgazdasági vállalkozóknak ezekhez a feltételekhez alkalmazkodva, a lehetőségek maximális kihasználására törekedve kell termelési szerkezetüket, tevékenységüket meghatározni.

A mezőgazdasági tervezésben 30 évvel ezelőtt az operációkutatási és ezen belül a lineáris programozási módszerek fontos szerepet játszottak. Az ebben a témában és általában az élelmiszergazdaság területén folyó matematikai-közgazdasági kutatások volumenét jól érzékelteti **Csáki-Sebestyén** (1975) összeállítása, mely szerint a felmérés időpontjáig mintegy 340 könyv, folyóiratcikk és egyéb publikáció jelent meg a matematikai módszerek alkalmazásával kapcsolatban.

2.1.3. Operációkutatási módszerek a mezőgazdaságban

A mezőgazdasági termelés gazdaságosságát erősen befolyásolják a tervezéssel, a megvalósítással, valamint a gazdálkodás szervezésével összefüggő tényezők. Ezen tényezők ugyanakkor igen szoros kölcsönhatásban állnak egymással, s ez indokolja, hogy a biomassza termeléssel kapcsolatban a döntési, szervezési és irányítási problémák megoldásában megkíséreljük felhasználni az operációkutatás módszereit.

Az operáció fogalma alatt általában célirányos cselekvést, műveletet, tevékenységet értünk. Az operációkutatás fogalmával kapcsolatban számos meghatározás született.

St. Beer (1966) definíciója: „Az operációkutatás a tudomány módszereinek alkalmazása a nagy emberi, gépi anyagi és pénzügyi rendszerek irányításának, vezetésének komplex problémáinál az iparban, a kereskedelemben, a közigazgatásban és a honvédelemben. Jellegzetes közelítésmódja a rendszer tudományos modelljének megalkotása olyan tényezők mérése útján, mint a véletlen és a kockázat, amelyekkel az alternatív döntések, stratégiák és irányítások eredményei előre számba vehetők és összehasonlíthatók. Célja, hogy segítsen a vezetés politikáját és cselekvéseit tudományosan meghatározni”. Beer meghatározásában az alkalmazási területek felsorolását kiegészíthetjük a mezőgazdasággal is, hiszen napjainkig már e téren is jelentős eredmények születtek.

Ackoff és Sasieni (1968) szerint: „az operációkutatás a szervezett (ember-gép) rendszerek irányításának illetve a teljes szervezet céljait legjobban szolgáló megoldások kialakításának érdekében tudományos módszerek alkalmazása interdiszciplináris team-ekben”.

Bod-Gáspár-Varga (1970) meghatározásában a gyakorlati irányultság említése érdemel figyelmet: „Az operációkutatás tudományos módszereket alkalmazó gyakorlati célú tevékenység. Bonyolult társadalmi-gazdasági rendszerek ésszerű és lehetőleg hatékony vezetésének, irányításának problémáit vizsgálja. Az

operációkutatás fő módszere az, hogy megkísérli a vizsgált rendszer működését először logikai, majd matematikai modellekkel leírni”.

Hosszú (1974) tömören így fogalmaz: „Operációkutatás néven foglaljuk össze a műszaki, gazdasági stb. műveletek (operációk) során fellépő jelenségek számszerű leírását és ezek matematikai vizsgálatát”.

A meghatározásokból az operációkutatás alábbi fő vonásait emelhetjük ki:

- nagy komplex rendszerek irányításának és vezetésének kérdéseivel foglalkozik**,**
- **a vizsgált rendszerek** mind műszaki, mind gazdasági, mind pedig társadalmi jellegűek lehetnek,
- a rendszerek vizsgálata során tudományos módszereket alkalmaz, különös tekintettel a matematikai módszerekre,
- lehetőleg ésszerű, hatékony, valamilyen szempontból optimális megoldás előállítására törekszik,
- elsősorban gyakorlati problémák megoldására orientált,
- az adott probléma megoldására gyakran több tudományterület szakembereiből álló úgynevezett „interdiszciplináris team”-eket hoznak létre.

Az operációkutatási módszereket az irodalom általában az alkalmazott matematikai apparátus, programozási eljárás alapján osztályozza. Az operációkutatás főbb módszerei – a teljesség igénye nélkül – a következők:

- lineáris programozás,
- nemlineáris programozás,
- egészértékű (integer) programozás,
- játékelmélet,
- dinamikus programozás,
- gráfelmélet és hálózati áramlások,
- hálótervezés,
- sztochasztikus programozás,
- készletgazdálkodási modellek,
- sorbanállási és kiszolgálási rendszerek,
- számítógépes szimuláció,
- heurisztikus eljárások.

Kutatási munkám szempontjából kitüntetett szerepe van a lineáris programozási modelleknek, ezért ezekkel részletesebben foglalkozom.

A vállalati tervezésre kidolgozott lineáris modellszerkesztési eljárások gazdasági szemléletmódjuk, az optimalizálásba bevont tényezők köre alapján csoportosíthatók. Az első csoportba azok a modelltípusok sorolhatók, amelyek elsősorban a mezőgazdasági vállalatok termelési szerkezetének optimalizálására alkalmasak. A modellszerkesztés eme – **Tóth** (1973) által „klasszikus”-nak, míg **Csáki** (1976) által „tradicionális”-nak nevezett – eljárásának lényege, hogy a termelési erőforrások volumenét adottnak tételezi fel és rögzített technológiákkal dolgozik.

A termelési szerkezet meghatározására alkalmas modellt készített **Sebestyén** (1962). **Tóth** (1969 a, 1969 b) termelőszövetkezetek, **Csáki** (1969 a, 1969 b, 1969 c) állami gazdaságok fejlesztési terveinek kimunkálását végezte a módszerrel. **Csete-Megyeri-Mészáros** (1974) középtávú, míg **Pillis** (1972) távlati üzemi tervet dolgozott ki.

A modellszerkesztési módszerek továbbfejlesztése során alakult ki a **Tóth** (1972, 1973) által „célrealisztikus”-nak nevezett eljárás, melyben a technológiák továbbra is előre rögzítettek, azonban a termelési szerkezettel egyidejűleg, azzal összefüggésben a termelési források optimalizálása is lehetővé válik. A fenti modellszerkesztési eljárás módszereivel és gyakorlati alkalmazásának tapasztalataival foglalkoztak többek között **Csáki-Varga-Vendégh** (1971), **Acsay-Balla-Tóth** (1973 a) és **Mészáros-Módosné** (1975). A vállalati gépszükséglet és gépfelhasználás rögzített termelési struktúra esetén történő tervezési módszerét írta le **Acsay-Csáki-Varga** (1973) valamint **Acsay-Csáki-Módos** (1974).

A modellszerkesztési eljárások harmadik csoportjába a termelési struktúra, az erőforrás-szükséglet és felhasználás együttes optimalizálására alkalmas módszerek tartoznak. A **Csáki** (1971 a), **Acsay-Balla-Tóth** (1973 b) és **Balla-Tóth** (1974) által kifejlesztett modell lényege az, hogy a növénytermesztési technológiákon belül csak az elvégzendő gépi munkák mennyisége adott, a modell megoldása során derül ki, hogy mely gépek szükségesek a végrehajtáshoz. Ily módon tehát a termelési technológiák optimalizálására is lehetőség nyílik.

A termelési szerkezet, a termelési technológiák és a termelési erőforrások egyidejű optimalizálása **Karlik-Tóth** (1975, 1976) szerint tovább bővíthető az átlaghozam szerinti optimalizálással, ha lineáris kapcsolatot tételezünk fel az átlaghozam és az azt létrehozó ráfordítások költségkihatása között, illetve ha a nemlineáris kapcsolatokat szakaszonként lineáris függvénnyel közelítjük.

Az eddig ismertetett modellek alapjában statikus szemléletűek, azaz azt mutatják, hogy mit kell elérni a vállalatnak, azonban a hogyanra, az optimumhoz vezető útra vonatkozóan nem adnak felvilágosítást. Ezt a problémát **Csáki** (1971 b, 1974 a) és **Csáki-Varga** (1976) lineáris dinamikus, **Pintér** (1974) pedig többperiódusú lineáris programozás alkalmazásával oldotta meg. Ezen eljárások közös vonása, hogy a modell időszakonként önálló, belső struktúrájukban statikus blokkokból épülnek fel. A blokkokat speciális változók és korlátozó feltételek kötik össze, megteremtve ez által a modell egészének dinamikus jellegét.

Ha az operációkutatási módszerek mezőgazdasági vállalati alkalmazását kívánnánk értékelni, akkor minden bizonnyal a lineáris programozás kerülne első helyre, mint a legrégebben és legelterjedtebben használt eljárás. Elvégezték azonban a sztochasztikus, a nemlineáris és az integer programozás alkalmazási lehetőségeinek vizsgálatát is. Sztochasztikus modellek elméleti és gyakorlati vonatkozású kérdéseit **Csáki** (1973, 1974 b), míg az integer programozás jelentőségét **Tóth - Varga** (1974) és **Varga** (1977) vizsgálta.

A mezőgazdasági vállalati tervezés metodikájával kapcsolatos következő fontos eredménynek a rendszerszemléletű megközelítés térhódítása tekinthető. **Burján et al.** (1978) és társai hangsúlyozták, hogy a korszerű számítástechnikai lehetőségek megteremtése mellett a számítógépes információszervezés elengedhetetlen feltétele, hogy az információs rendszer összhangban legyen a vállalat, mint gazdasági rendszer valóságos viszonyaival. A számítógépes rendszer kialakításának a vállalat rendszerszemléletű modelljére kell épülnie. A korszerű vállalati információrendszer követelményeinek **Mészáros** (1976) a következőket tartotta: vezetésre orientált legyen, vagyis elégítse ki minden irányítási funkció és vezető igényét, hasznosítsa az integrált adatfeldolgozás előnyeit és automatizált legyen. **Szelényi** (1977 b, 1978) rendszerszemléletű megközelítéssel vizsgálta az operációkutatási módszerek alkalmazásának lehetőségeit a meliorációs tevékenységek tervezésében és irányításában. **Tóth** (1978 a, 1978 b, 1981) felvázolta a mezőgazdasági vállalatok automatizált irányítási rendszerének egy koncepcióját. Megállapította, hogy ez a számvitel és a nyilvántartás, az információ és a gazdasági elemzés, a tervezés és a döntésmegalapozás egymásra épülő, kölcsönös összefüggéseit figyelembe vevő megoldását teszi szükségessé, mely megfelelő adattárakra és programkönyvtárra, valamint döntésmegalapozó eljárásokra támaszkodva megalapozottabbá teheti a vállalati vezetés munkáját. **Csáki** (1978) a mezőgazdasági vállalat, mint gazdasági rendszer fogalmi kérdéseivel és elemeivel, rendszerszemléletű modellezésének jellemzésével és egy rendszerszemléletű komplex vállalati modell koncepciójával foglalkozott. Messzemenően egyetérthetünk **Szakál-Burján-Kovács** (1978) azon megállapításával, hogy a rendszerelemzés és a matematikai programozás összekapcsolásával a gyakorlat számára közvetlenebbül alkalmazható eredményekhez juthatunk.

A fenti megállapítások és kutatási eredmények megerősítik, alátámasztják azon törekvésemet, hogy a biomassza termelés tervezésével és irányításával kapcsolatos kérdéseket a rendszerszemléletű módszer felhasználásával közelítsem meg.

Az operációkutatási módszerek vállalati alkalmazásainak általános kérdései után azokat a publikációkat kívánom röviden ismertetni, amelyek választott kutatási témámmal, a szántóföldi biomassza termeléssel összefüggésben tartalmaznak hasznos megjegyzéseket, utalásokat.

A biomassza termelés fogalmának tágabb értelmezése szerint az energetikai célra történő berendezkedés területén is eredményesen alkalmazhatók a lineáris programozás módszerei.

A mezőgazdasági termelés felépítése szempontjából lényeges **Tóth** (1969 b) és **Kádár** (1970) azon megállapítása, hogy a vállalati modellekben a különböző termelési cél a technológiákon keresztül vehető figyelembe oly módon, hogy növényenként többféle technológiát kell szerepeltetni.

A ”klasszikus” lineáris programozási modelleken túl a dekompozíció és a paraméteres programozás is szerepelhet egy növénytermesztési modell tervezésének fegyvertárában **Braszlavec** (1972) sokparaméteres programozást alkalmazott és hangsúlyozta a lineáris paraméteres programozás mélyreható gazdasági tartalmát: ”Megoldása egyet jelent azzal, hogy meghatározzuk a termelési erőforrások változásának és az árak ingadozásának ama megengedhető szintjeit, amelyeken nem változik meg a kibocsátott termékek optimális választéka”. A paraméteres programozás jelentőségét véleményem szerint itt még nem ismerték fel szélesebb körben, annak ellenére, hogy például **Tóth** (1969 b) igen szép eredményeket ért el vele a takarmányadagok tervezése során. **Pillis** (1972) a paraméteres programozás egyik jelentősebb vonásának azt tartja, hogy segítségével lehetővé válik az erőforrások változása által a célfüggvényre kifejtett hatás vizsgálata.

Szelényi (1975, 1977 a) a meliorációs beruházás, valamint a termelési struktúra és erőforrás-szükséglet, továbbá a jövedelmi mutatók összefüggésének meghatározására alkalmazta a paraméteres programozás módszerét.

Ertsey (1974, 1978) a lineáris programozás módszerét alkalmazta a termelőszövetkezetek távlati fejlesztési tervének készítésében.

Király – Szenteleki - Tóth (1978) a technológiai adattárak szervezésével és a technológiatervezés automatizálásával jutottak el legtovább a vállalati tervkészítés automatizálása útján.

A lineáris programozás alkalmazásának a kezdeti időszakban leginkább a számítógépek kapacitása illetve a módszer hiánya szabott korlátokat. Az 1970-es – 80-as években a debreceni operációkutatási iskola komoly eredményeket ért el a lineáris programozásra alapozott számítástechnikával támogatott tervezési eljárások kidolgozásában és gyakorlati alkalmazásában **(Ertsey - Tóth,** 1982).

Dinya - Szelényi (1984) a meliorációs tevékenységek alrendszereinek kapcsolatait rendszerszemléletű megközelítésben vizsgálta, bizonyítva a számítástechnika fejlődésével megnyíló lehetőségek bővülését a döntéstámogatásban.

Tóth (2004) a rendszerváltás előtt több, a mezőgazdasági vállalatoknál alkalmazható modellrendszert dolgozott ki, s modellezési vizsgálatokat végezve számos gazdasági törvényszerűséget állapított meg. A gyakorlatban leginkább a komplex vállalati tervezési és a technológiai tervezési eljárások kerültek alkalmazásra, melyek közül a legfontosabbak a következők voltak:

- A termelési szerkezet és a termelési források egyidejű optimalizálásának a modellje.
- A termelési szerkezet, a termelési technológiák és a termelési források egyidejű optimalizálásának a modellje.

– A termelési szerkezet, az átlaghozamok, a termelési technológiák és a termelési források egyidejű optimalizálásának a modellje.

Tóth (2004) nevéhez fűződik a CADMAS (Computer-based Agricultural Decision Making and Analising System) automatizált döntésmegalapozási és tervezési rendszer, amellyel komplex éves, vagy többéves fejlesztési és vállalati terveket készített. Ebben a rendszerben általában a termelési szerkezet és a termelési erőforrások kölcsönhatásban történő optimalizálása volt a fő célkitűzés, de a technológiai változatok képzésével jelentős lépéseket sikerült tenni a termelési technológiák és az átlaghozamok optimalizálása irányába is. A CADMAS rendszer sikeresen került alkalmazásra külföldön is, valamint feldolgozó üzemekben is.

Gyenge - Kovács (2002) a mezőgazdasággal kapcsolatos nitrogénterhelés csökkentésének lehetőségeit vizsgálták. Az általuk készített modell kapcsolatot teremt az alapvető növénytermesztési ágazatok és a tejelő szarvasmarha ágazat inputjai és outputjai között, figyelembe veszi az egyes ágazati szakaszok nitrogén egyenlegét, valamint az állattenyésztési ágazat által kibocsátott nitrogénbevitel költségcsökkentő hatását.

Drimba - Ertsey - Nagy (2002) lineáris programozási modellt alkalmazott egy növénytermelő vállalkozás döntéstámogatásánál.

Kiss (2005) lineáris programozási modell segítségével vizsgálta a csökkentett növényvédőszer felhasználásának versenyképességét a konvencionális termeléssel szemben.

Székely (2003) a mezőgazdasági vállalkozások irányításának fejlesztésével, az irányítás hatékonyságának további növelésével kapcsolatban megállapította, hogy az operációkutatás módszerei segítségével meg lehet gyorsítani és pontosabbá, megbízhatóbbá lehet tenni a megfelelő irányítási intézkedések meghozatalát, a döntést. A vállalatirányításban alkalmazható módszerek kiválasztása mindig az adott irányítási feladat jellegétől, sajátosságaitól, továbbá a módszerek képességeitől, adottságaitól függ.

Az operációkutatási módszerek egy része kifejezetten a vállalati illetőleg a mezőgazdasági vállalati tervezés, döntés céljaira került kialakításra, míg mások általánosabb elemző, adatfeldolgozó vagy modellező eljárások. Közös vonásuk lehet, hogy valamely konkrét irányítási feladat vagy irányítási rendszer keretében, külön-külön, vagy egymással összekapcsolva alkalmazzák azokat. **Tóth T.** (2005) a területi tervezés és programozás főbb módszereinek és a fejlesztés lehetőségeinek tanulmányozására, **Hajós - Lakner** (2006) az élelmiszertermelés és feldolgozás, a vállalati stratégiák, az élelmiszerlánc-vertikum kapcsolatrendszerének vizsgálatára, **Bárczi et al.** (2008) az ellenőrzési tevékenység kialakítási folyamatának modellezésére használta fel a döntéselemzés kiterjedt eszköztárát. **Komáromi** (2006) a logisztika és a marketing kapcsolatát, a vállalati funkciók integrált működését, az élelmiszerkereskedelemben és a fogyasztói magatartásban végbemenő átalakulásokat vizsgálta matematikai, operációkutatási módszerekkel, míg **Balogh et al.(**2008) a termelési és gazdálkodási kockázatot elemezte sztochasztikus modellek segítségével.

A matematikai módszerek mezőgazdasági döntéstámogatási céllal történő alkalmazása főleg a 60-as–80-as években volt erőteljes. Hazai viszonylatban a szerkezetoptimalizálási modellek alkalmazása iránt az érdeklődés az utóbbi két évtizedben visszaszorult. Ez részben azzal van összefüggésben, hogy a számítási eredményeket a gyakorlatba nehezen lehetett átültetni, illetve elmaradtak a várt eredmények. Másrészt a 90-es években az üzemi struktúra és a tulajdonviszonyok átalakulásának nagy problémája kötötte le az agrárgazdasági szakemberek figyelmét, kevesebb energia maradt a hatékonyabb termelést segítő ökonómiai számítások igénybevételére. A nyugat-európai országokban azonban – mint a szaktanácsadási rendszer részét – jelenleg is komolyan veszik a vállalati termelési szerkezet kialakítását segítő optimalizálási módszereket.

2.1.4. A mezőgazdasági termelés modellezésének sajátosságai napjainkban, komplex földhasználati modellek

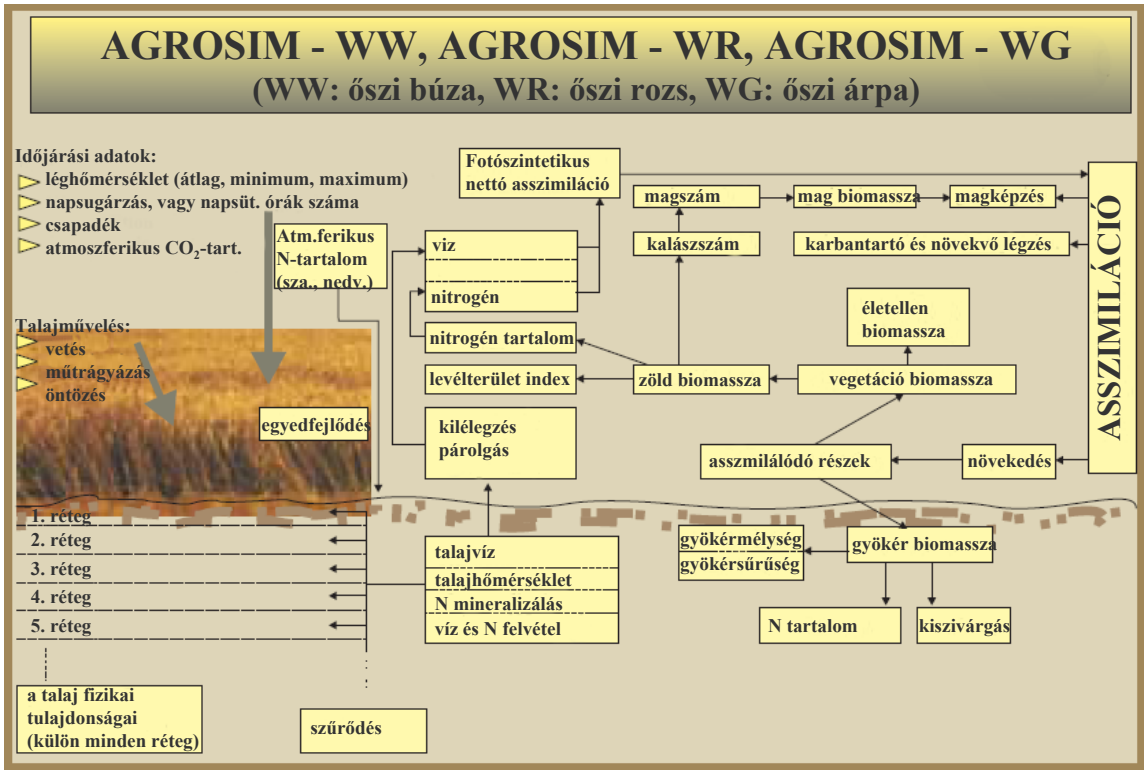
A biomassza termelés, mint bármely más növénytermesztési, vagy állattenyésztési tevékenység nagyon bonyolult, sok kockázattal járó folyamatok összessége. Először is élő anyaggal van dolgunk, mely magában egy kiszámíthatatlan, a környezeti hatásokra érzékeny anyag. Másodszor a környezeti tényezők alakulását sem lehet pontosan előrejelezni. A termesztési idő alatt a lehullott csapadék mennyisége, időbeni eloszlása ki nem számítható, be nem tervezhető tényező. Ugyanígy a napsütéses órák száma, a napsütés intenzitása, a viharkárok, a megbetegedések, kórokozók megjelenése szintén legfeljebb valószínűségi változókkal becsülhető.

A harmadik bizonytalanság a gazdasági, politikai környezet. Nem lehet előre tudni a betakarításkori átvételi árat, nem lehet tudni, hogy mennyi lesz a konkurens termelők és a konkurens növények piaci ára és mennyisége. Abban sem lehetünk biztosak, hogy a tudomány nem állít elő olyan alternatív megoldást, mely sokkal versenyképesebb, mint a biomasszán alapuló energiatermelés.

Tovább bonyolítja a helyzetet a mezőgazdasági termelés és az állattenyésztés hosszú ciklusideje. Az energianövények esetében az első betakarítás ideje legalább 1-3 év, egy eltervezett vetésforgó ciklusideje pedig ennek többszöröse. A hosszabb ciklusidő alatt a környezetben (piac, gazdaság, éghajlat, politika) nagyobb valószínűséggel áll elő változás. Beláthatjuk tehát, hogy a mezőgazdasági termelés összetett folyamat, melynek kellő pontosságú modellezése nagyon sokféle, többé-kevésbé számszerűsíthető tényezők figyelembevételét követeli meg. Még a legegyszerűbb modellezés is sokkal bonyolultabb, mint az ipar más területeinek modellezési problémái.

Az egy évre tervezett gabona (téli búza, téli zab, téli árpa) termelési modelljének sémáját és a figyelembe veendő tényezőket mutatja a 4. számú ábra. Az egyes növények termelési folyamatábrájának elkészítéséhez be kell szerezni a szükséges adatokat. Ez magában már hatalmas feladat, mert a termőterületen érvényes várható időjárási adatoktól kezdve a gépi és emberi munkaigényen át a talaj

rétegenkénti vizsgálatáig nagyon sokféle adat szükséges a legkisebb modell felépítéséhez is. Természetesen az adatok egy részén az összes, más adatokon néhány növény modellje osztozik. Egy ilyen modell birtokában, a források mértékét figyelembe véve (rendelkezésre álló termőföld nagysága, adottságai, gépesítés mértéke stb.) már végezhetők tipikus farm szintű optimalizálási feladatok (**Shulcz et al.,** 1998). Farm, szektor, vagy annál nagyobb szintű mezőgazdasági modellek létrehozását alulról építkezve kell létrehozni.



4. ábra: Egy növény termelési modelljének blokksémája

Forrás: A. Schultz, W. Mirschel and K.-Otto Wenkel (1998)

Komplex földhasználati modellek

A szakirodalom számos modellt ismer, amely a bioenergia-növények és a mezőgazdaságilag hasznosítható földterület-változás gazdasági hatásának jellemzésére szolgál. A tanulmányozott földhasználati modellek esetén próbáltam hazai adaptációra törekedni, de ez a törekvés nem vezetett megfelelő eredményre. Az okok között a következők szerepeltek: input adatként túl sok információt igényeltek, olyanokat, amelyek a hazai viszonyok között a mezőgazdasági vállalkozók nyilvántartási adataiban nem szerepelnek, ezen túlmenően nincs olyan makro, regionális szolgáltatás, amelynek keretében a gazdák a szükséges adatokhoz hozzáférnének, illetve az igényelt adatok megszerzése jelentős költséget és időt igényelne. Az áttanulmányozott modellek többsége túl bonyolult ahhoz, hogy a magyar mezőgazdasági vállalkozók számára ajánlható legyen, ami egyszerűen, külön számítástechnikai felkészültség és jelentős költségek nélkül alkalmazható lenne. Ezen

okok miatt vált szükségessé egy új modell kidolgozása, amelynek a **Biomassza termelési modell** elnevezést adtam.

A saját modell felállításakor a következőkre támaszkodtam:

A „POLYSYS Model”: A Stratégia Elemző Rendszer (POLYSYS) az amerikai mezőgazdasági ágazat országos szimulációs modellje, amely magába foglalja a mezőgazdasági keresleti-kínálati és a kapcsolódó tényezőket, hogy képes legyen megbecsülni a mezőgazdasági termelésre adott válaszokat, az erőforrás-felhasználást, az árat, a jövedelmet, és a mezőgazdaság szempontjából fontos becsült környezeti változásokat. A rendszer rekurzív módon tartalmazza a lineáris programozási, az ökonometriai, és folyamat-modelleket, hogy megbecsülhesse a változások hatását. A POLYSYS regionális szintre bontva készít becsléseket a gabonatermesztésről és kínálatról, ami által 48 egymás melletti államot bont szét 305 földrajzi régióra, amelyek viszonylag homogén termelési adottságokkal rendelkeznek. A POLYSYS a stratégiai alternatívák széles skáláját képes megbecsülni, és a gazdasági és környezeti feltételeket és szimulációkat a terület jellegzetességeihez tudja alakítani (**Walsh et al.,** 2007).

A “The Biomass Socio-Economic Multiplier (BIOSEM) Model”: Ez a modell a mezőgazdasági termények, a biomassza, az energiatermelés valamint a gazdaság egyéb ágazatai közötti kapcsolatok szimulálására alkalmas. A projekt célja az, hogy egy kvantitatív modellt alkalmazzon a bioenergia bevetésének társadalmi és gazdasági hatásainak elemzésére, illetve az előnyök megoszlásának és az egyes irányvonal-csomagok (mint például a KAP) költségeinek mérésére. A BIOSEM lehetővé teszi a már létező projektek és a regionális gazdasági adatok elemzését, vagyis mérhetővé válnak a teljes bioenergia felhasználás munkaügyi és bevételi előnyei (**Madlener-Myles**, 2000). Így lehetővé válik a diverzifikációs lehetőségek mérése és elemzése, valamint „láthatóvá válnak” azok a területek, melyeken a biomassza termelés sokszorosan megtérülhet. A modell számos biomassza terméket vizsgál. A projekt sikeresen kialakított egy egyszerű technikát, a BIOSEM technikát a regionális bioenergia fejlesztések társadalmi-gazdasági (foglalkoztatási és gazdasági) hatásainak elemzésére. A bioenergia projekthez a felhasználók táplálják be az információkat és a régió gazdasági adatait, ahol azt telepíteni szeretnék (**Herold et al.,** 2002).

A “CAPSIM model”: A CAPSIM egy parciális egyensúlyi modell, amely az EU tagállamok mezőgazdasági fejlettségének mérésére szolgál. A modell tekintetbe veszi a politikai változásokat is, mint például a Közös Agrárpolitika változásait (**Witzke-Zintl,** 2006). A Közös Agrárpolitikai Szimulációs Modell (CAPSIM) az Európai Bizottság egyik házon belüli modellje, mely alkalmas a Közös Agrárpolitika hatásainak elemzésére. A modell hitelesített, statikusan összehasonlító, és részben egyensúlyi, melyet az 1980-as évek elején fejlesztett ki az EuroCARE és a DG ESTAT megbízásából a Bonni Egyetem az agrárpolitika elemzésére. 2006-ban a CAPSIM a DG ESTAT-tól átkerült a JRC-IPTS-hez. A CAPSIM modell elemei

meglehetősen sokfélék, mivel az Európai Unió tagállamainak és a tagjelölt országoknak az adatait is figyelembe veszi. A jelenlegi IPTS Szakmai Jelentés a CAPSIM modell 2005 óta számos alkalmazással bővült modellszerkezetét írja le (**Witzke et al.,** 2009).

A "Life Cycle Analysis (LCA) Model": Ebben a modellben a bioenergia a vizsgálat tárgya, azaz a biogázok és a fosszilis gázok teljes életciklus elemzése (**Wang**, 2007). A modell segíti a szabályozó hatóságokat a környezetvédelmi jogszabályok kialakításában, a gyártókat folyamataik elemzésében és termékeik fejlesztésében, és talán abban is segít, hogy a fogyasztók megalapozottabban választhassanak. Az LCA modellt egyre inkább használják egy adott város vagy régió jövőbeli hulladékgazdálkodási lehetőségeinek értékelésére. Az LCA magába foglalja az alternatív ártalmatlanítási folyamatok környezeti és erőforrásokra gyakorolt hatásait, csakúgy, mint azokat az egyéb folyamatokat, amelyekre az ártalmatlanítási stratégiák hatást gyakorolnak, mint például az újrahasznosítható hulladék gyűjtésének különféle módjai vagy a megváltozott szállítási módok (**Maclean et al.,** 2008).

*A **MAP és a SASM*** elsősorban politikai szintű döntésekhez készült, de jól felhasználható egyéb szinteken is (**Schiefer,** 1979 és **Schiefer-Norton,** 1980). A döntéshozatal történhet politikai szinten, farm szinten vagy bármely egyéb szinten. Alacsonyabb szinteken a megoldások a piaci feltételekről szóló összesített információként, de nem közvetlenül irányítási eszközként használhatók. A modell az összefüggések olyan rendszerét tartalmazza, amely leírja, hogy a termelők hogyan reagálnak az esetleges változásokra (**Szűcs – Farkasné Fekete.**, 2006).

SFARMOD (SILSOE FARM MODEL) A mezőgazdasági földhasználat modellezésének lényege, hogy egy-egy gazdaságra vonatkozóan komplex módon számbaveszi az ökológiai teljesítőképességet (klímaviszonyok, talajadottságok, vízgazdálkodás, domborzat és kitettség), szimulálja a változásokat és annak a termőképességre gyakorolt hatását, majd ezeket a társadalmi- gazdasági adottságokkal és változásokkal összeköti (**Williams et al.,** 2003).

A Silsoe Farm Modell egy gazdaság számítógépes lineáris programozási modellje, melyet azért alakítottak ki, hogy meghatározzák a növénytermesztés, a munkaerő és a gépesítettség azon viszonyait, mely hosszú távon optimalizálja a profitot, illetve a profitot, a kockázatokat és a környezeti feltételeket együttesen veszi figyelembe. A modell ideális a gazdaságban történő változások hatásainak vizsgálatára, mint például a növények árrésének alakulása, új növények telepítése, gépek, módszerek használata (**Audsley et al.,** 2006). A modell átfogó adatbázissal rendelkezik, tartalmazza mindazokat a növényeket, amelyeket az Egyesült Királyságban termesztenek. A növények egyszerű kiválasztásával és optimalizálással a felhasználó megkapja az optimális munkatervet. Azonban a felhasználók általában inkább az adatokat elemzik, és úgy szeretnék alakítani a modellt, hogy saját körülményeiknek jobban megfeleljen. Így az adatok könnyedén változtathatók, bár erre sokszor nincs szükség.

Ebből a modellből a kutató munkám során sok gondolatot és megoldási technikát vettem át.

Dobó et al. (2007) munkájuk során az úgynevezett Whole Farm Model-t alkalmazták, amelynek adaptációját egy növénytermesztésre szakosodott családi gazdaságra végezték el.

Az eredeti modell adatbázisa Kelet-Angliára vonatkozik, ezért az adatokat az általuk kiválasztott területnek megfelelően módosították.

Dolgozatukban leírták, hogy a programban a fő inputablak 5 részből tevődik össze, amely részek a szükséges adatszinteket reprezentálják. A legfelső szint a termesztett növények listáját tartalmazza, amelyhez a részletek közvetlenül kapcsolódnak. A következő szint tartalmazza azokat az elengedhetetlen munkafolyamatokat, amelyek egy növény termesztéséhez szükségesek. Az ezt követő szinten a munkaműveletek végrehajtásához szükséges rendszerek, munkaerő és gépek szerepelnek. A számos változat eredményeképp, mint például a munkagépek különböző típusai a munkagépek különböző méretei, vagy akár a permetkoncentráció különbözősége végett, valamennyi művelet több módon is kivitelezhető.

A szerzők az említett dolgozatukban az éves profit maximalizálására fókuszáltak. A profitmaximalizálást célzó optimalizáció során azt az eredményt kapták, hogy legkedvezőbben úgy hasznosítható a rendelkezésre álló mintegy 400 ha terület, ha azon őszi búzát és őszi árpát termesztenek.

Véleményük szerint a modell kiválóan alkalmas a farmgazdaságot érintő változások hatásának – áringadozás, különböző technológiai megoldások alkalmazása – vizsgálatára, lehetőséget nyújt a felmerülő kockázatok mértékének, illetve az egyes tevékenységek környezetre gyakorolt hatásának pontos kimutatására, és azok mértékének optimalizálására. A modell egyik kiemelkedő sajátossága a vetésforgó és a munka ütemtervének nem megfelelő betartásából származó hátrányok megvilágítása, amelyek elsősorban a hozamokban, a költségekben és a környezeti hatásokban mutatkozhatnak.

A szerzők javasolták az említett modell szélesebb körű adaptációját regionális, illetve országos szintre is. Véleményük szerint megfelelő adatbázis alapján a profitmaximalizálást célzó egyenletek a bioenergetikai célú növénytermesztés optimalizálását célzó függvénnyé is átalakíthatóak.

A modell előnye, hogy előtérbe helyezi a műtrágyahasználatból eredő környezeti hatásokat, a vetésforgót, és az egyes növények egymásutániságából származó hozamveszteségekkel is számol.

Fentiek alapján megállapítható, hogy a modell rugalmasan működik, több lehetőséget is kínál a vetésforgók, a vetés és az aratás időintervallumának meghatározásához, a csapadék mennyiségének és a talajtípusnak a kiválasztásához. A modell az így meghatározásra kerülő inputadatok segítségével képes az optimalizálási célnak megfelelő legkedvezőbb növényösszetételt és a profitmaximumot meghatározni.

2.2. A biomassza energetikai célú felhasználásával foglalkozó szakirodalom feldolgozása

2.2.1. A biomassza termelés, mint gazdasági szükségszerűség

Az emberi erőforrás, a tőke és a termőföld mellett egyre fontosabb termelési tényező az energia. 1980 és 2005 között a világ népessége 4,4 milliárdról 6,5 milliárd főre, azaz majdnem másfélszeresére nőtt. A népességnövekedés a fejlettebb, kevesebb energiát használó technológiák ellenére is az energiafogyasztás növekedésével járt együtt. Míg 1991-ben a világ energiafogyasztása 8,7 milliárd tonna olajjal volt egyenértékű, 2001-ben már átlépte a 10 milliárd tonnát.

Európa népességének növekedési üteme szerényebb: az Európai Unió mai tagállamainak összlakossága az 1970-es 435 millió főről 2005-re 491 millió főre nőtt. A mai tagállamok összes energiafogyasztása 1990 és 2005 között 1,65 milliárd tonnáról 1,82 milliárd tonnára növekedett.

Miközben a világ energiafogyasztása tíz év alatt 15 százalékkal nőtt, a 10 milliárd tonnányi olajnak megfelelő energiafogyasztásnak 2001-ben összesen csupán 13,3 százaléka származott megújuló energiaforrásból, a maradék 86,7 százalékot a nem megújuló fosszilis energiahordozók és nukleáris energia adták. A helyzet Európában ennél is kedvezőtlenebb, hiszen míg az Európai Unió 27 mai tagországának összes energiafelhasználása 1990 és 2005 között közel 10 százalékkal nőtt, a megújuló energiaforrásokból származó energiafogyasztás még 2005-ben is csupán az összes energiafelhasználás 6,8 százalékát tette ki (**Gergely**, 2007).

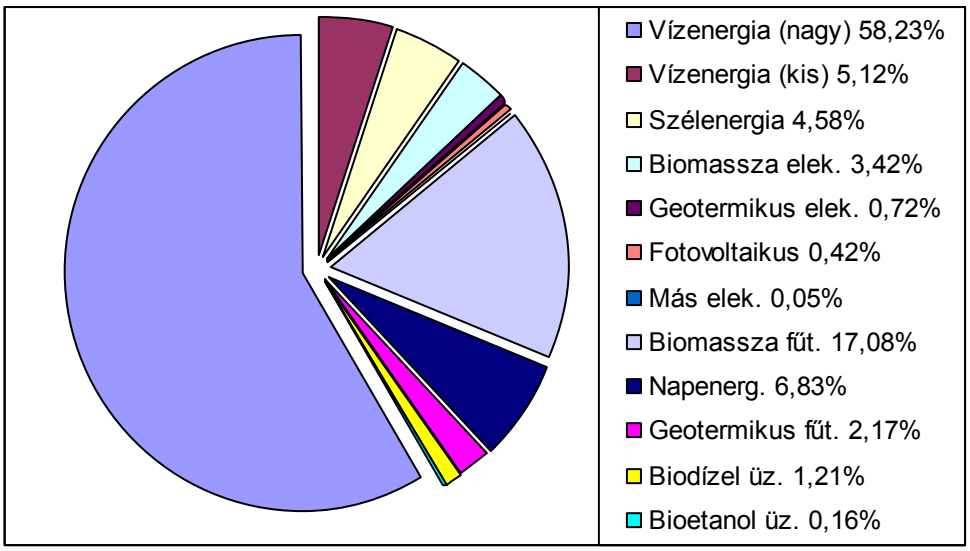
Az 1970-es évektől kezdve az energiaárak - különösen a hajtóanyagoké - a sokszorosukra növekedtek. Az összes felhasznált energia átlagos ára csaknem 60-szorosára nőtt a 1974 és 2005 közötti időszakban. Ebből csak a hajtóanyagok ára 94,3-szorosára emelkedett (**Kerek et al**., 2006).

Ha az energiafelhasználás az eddigiek szerint folytatódik, Földünk földgáz készlete kb. 60, kőolaj készlete pedig már kb. 30 év múlva elfogy (**Lontay**, 1993).
Ám ha a fosszilis energiaforrások felhasználása tovább növekszik, a Föld már azelőtt lakhatatlanná válik, hogy tartalékaink kimerülnének. A Föld átlaghőmérséklete 1906 óta 0,74 °C-kal nőtt és az évszázad végére további 1,4-5,6 °C-ot fog emelkedni. Ha az emberiség azonnal meg tudná szüntetni az üvegházhatású gázok kibocsátását, akkor is valószínűsíthető 2°C hőmérséklet-emelkedés. Az irreverzibilis klímaváltozás elleni küzdelem a hagyományos energiaforrások hatékonyabb felhasználásával való takarékosság mellett a megújuló energiaforrások fokozottabb használatbavételével lesz megoldható (**Flavin,** 1989).

2.2.2. Az energiaforrások típusai

Aszerint, hogy az energia milyen megújuló energiaforrásból származik, megkülönböztetünk megújuló illetve nem megújuló energiát. A nem megújuló energiaforrások – tipikusan ilyen energiaforrás az atomenergia energiahordozója, az

urán, illetve a fosszilis tüzelőanyagok, vagyis a kőolaj, a kőszén a földgáz – a földkéreg egy adott helyén fordulnak elő adott mennyiségben (**Thyll**, 1996). Képződésük ma is tart, ám ez a folyamat kb. egymilliószor lassabb, mint amilyen ütemben elhasználjuk őket, így mondhatjuk, hogy képződésüknek nincs gyakorlati jelentősége (**Lontay**, 1993).



5. ábra: Megújuló energiaforrások aránya a világon (2005.)

Forrás: The Olduvai Theory (Duncan, 2006.)

Ezzel szemben a megújuló energiaforrások természeti folyamatok következményeként folyamatosan rendelkezésünkre állnak, vagy regenerálódni képesek, nem okoznak olyan halmozódó káros hatásokat, mint az üvegházhatás, a levegőszennyezés, vagy a vízszennyezés. Ide sorolható a napenergia, a szélenergia, a vízenergia, a bioenergia, a geotermikus energia, a hullámenergia és az ár-apály energia is. Az 5. ábra mutatja a megújuló energiaforrások arányát a világon 2005-re vonatkozóan (**Duncan**, 2006). Ma a megújuló energiaforrások közül a biomasszából nyer bioenergia az egyik legígéretesebb, jelenleg ez teszi ki az EU megújuló energiaforrásainak kétharmadát (**Jakabffy**, 2007).

A világ biomasszából származó energiatermelése 2008-ban is növekvő tendenciát mutatott, ez megfigyelhető volt számos Európai Uniós országban is, mint Finnország, Franciaország, Németország, Olaszország, Lengyelország, Svédország és az Egyesült Királyság. A biodízel és a bioetanol termelés 34%-kal növekedett (**REN21**, 2009)

A bioenergia fogalma és hasznosítása

A bioenergia, más néven biomassza kifejezés alatt tágabb értelemben a Földön lévő összes élő tömeget értjük. A mai elterjedt jelentése: energetikailag hasznosítható növények, termés, melléktermékek, növényi és állati hulladékok. A biomassza kifejezés gyűjtőfogalom, a mezőgazdaságból, erdőgazdálkodásból és ezekhez a

tevékenységekhez közvetlenül kapcsolódó iparágakból származó termékek, hulladékok és maradékanyagok (növényi és állati eredetű), valamint az ipari és települési hulladékok biológiailag lebontható részét jelenti. A biomassza jelenleg a legjelentősebb megújuló energiaforrás, a kőszén, a kőolaj, a földgáz után ez a világon a negyedik legnagyobb energiaforrás (**Kacz és Neményi**, 1998). Jelentősége abban rejlik, hogy lehetőséget nyújt az energetikai hasznosításra, ezáltal a hagyományos energiahordozók kiváltására a légkör széndioxid-koncentrációjának növelése nélkül. Ezen kívül mellette szól az is, hogy az élelmiszer-túltermelés miatt a művelésből kivont területek jól hasznosíthatók erre a célra, továbbá munkalehetőséget teremt a térségben, mely enyhíti a mostanában egyre gyakoribb problémát, a falvak elnéptelenedését. A biomassza, mint energiaforrás alkalmas hő- és villamosenergia termelésre, valamint motorok hajtóanyagának (**Kerek et al.**, 2006).

A biomassza energetikai hasznosítása történhet:

- Közvetlen tüzeléssel, előkészítéssel, vagy anélkül;
- Éghető gázként vagy folyékony üzemanyagként kémiai átalakítás (elgázosítás vagy cseppfolyósítás) után;
- biogázként (anaerob fermentáció útján);
- Üzemanyagként, (alkohollá erjesztéssel);
- Biodízelként (növényi olajok észterezésével (**Kacz és Neményi**, 1998).

Az egyes felhasználási módokhoz más-más tulajdonságokkal rendelkező biomassza a legalkalmasabb. Az eltüzelendő biomasszáknál fontos, hogy ne okozzanak levegőszennyezést, ehhez általában alacsony nedvességtartalmú növényeket alkalmaznak, míg elgázosításra magasabb nedvességtartalmú növényi és állati eredetű hulladékot használnak. Bioetanol előállítására a magas cukortartalmú növények, biodízel előállítására pedig a magas olajtartalmú növények a legmegfelelőbbek (**Bai et al.,** 2002),

2.2.3. A bioenergia formái

A **pellet** és a **biobrikett** tüzelhető biomassza, rostos, szálas anyag, melyet nagy nyomáson préseléssel állítanak elő. A pelletfűtés környezetvédelmi szempontból előnyösebb a fatüzelésnél, mivel újrahasznosított anyagot használ fel (**Tuzáné Kovács**, 2006).

A biogáz a biomassza anaerob bomlása, azaz biológiai folyamatok eredményeképpen keletkezik. Biogáz előállítására valamennyi szerves anyag (kivéve a szerves vegyipari termékek) alkalmas. Biogáz előállításban a leggyakrabban használt alapanyagok mezőgazdasági eredetű szalmás és hígtrágyák, kommunális és élelmiszeripari eredetű híg és szilárd melléktermékek, hulladékok, szennyvizek, növényi eredetű energiahordozók.

A biogáz képződése során a szerves vegyületek egyszerűbb vegyületekre bomlanak (savas bontás), majd szétesnek alkotóelemeikre (metanogén bomlás). A biogáz megközelítőleg 60-70 % metánt, 30-40% CO_2-ot tartalmaz. 1 m³ biogáz fűtőértéke

22-23 MJ, ami megfelel 0,66 m^3 földgáz, 0,61 l fűtőolaj fűtőértékének, vagy 6,1 kWh villamos energiának (**Szunyog,** 2008).

A szerves anyagból kinyerhető metán mennyisége erősen függ a kiindulási szerves anyag összetételétől, tartalmától, a biogáz-erjesztő műszaki-technológiai színvonalától, és az alkalmazott technológiától (hőmérséklet, aprítás stb.).
A biogáz kiemelkedő jelentőséggel bír a megújuló energiaforrások közt, hiszen ez a biomassza felhasználásának az a módja, mely a legsokoldalúbb a felhasználók igényeinek kielégítését tekintve (**Bai**, 2007). Gazdaságossági okokból célszerű arra törekedni, hogy a biogáz legalább 95%-a a keletkezés helyén kerüljön felhasználásra (**Kacz és Neményi**, 1998). A keletkezett biogáz alkalmas hő- és elektromos energia előállítására, használhatjuk motor hajtóanyagként vagy betáplálhatjuk a gázhálózatba (**Varga**, 2007). Európa vezető biogáz fogyasztó és előállító országa Németország. Itt főként a kisebb biogáz üzemek terjedtek el ellentétben Dániával, ahol nagyméretű, központosított biogáz telepeken folyik a termelés. Úgy tűnik, az Egyesült Államokban a kedvező feltételek megléte ellenére a biogáz a többi bioüzemanyaggal szemben háttérbe szorult az utóbbi időben. Ugyanakkor a fejlődő országokban már az 1970-es évek óta elterjedt és bevett szokás a kis (1-4 m^3) méretű biogáz-berendezések alkalmazása (**Schulz és Eder**, 2005).

A biogáz hasznosítása megegyezik a vezetékes földgáz, vagy a PB gáz felhasználásának lehetőségeivel, így az elsődleges területek: a háztartási fűtés, főzés, használati melegvíz előállítása, valamint mezőgazdasági tevékenységek esetében hűtőgépek, stabil munkagépek hajtása, villamosenergia termelése (**Bai–Fenyvesi–Mátyás,** 2007).

A biomassza erjesztési eljárása során a biogáz mellett olyan szerves anyag marad vissza, amely jó minőségű, érett trágyaként, ún. szerves biotrágyaként hasznosítható. A biotrágya, mint hasznos melléktermék a biogáz termelés gazdaságosságának megítélésében fontos tényezőnek tekintendő.

A bioetanol benzint helyettesítő, vagy annak adalékaként szolgáló motor-üzemanyag, melyet biológiailag megújuló energiaforrások (növények) felhasználásával nyernek. A bioetanolt gabonanövényekből, magas cukortartalmú növényekből – cukorrépából, cukornádból – állítják elő erjesztéssel, illetve keményítő, vagy cellulóz anyagokat tartalmazó növényekből, amilyen a burgonya, kukorica, búza, szalma, gabonaszárak, fa, fűfélék (**Bai,** 2005). Vannak ún. „második generációs” megoldások is, melyeknek lényege, hogy a mezőgazdasági hulladékot használják fel alapanyagként.

A bioetanol-előállítás gazdaságosságát az energia-kihozatali mutatók erőteljesen befolyásolják (**Erdélyi,** 2009). A kutatások egyértelmű választ adnak arra, hogy a kukoricából előállított bioetanol energiamérlege (output-input aránya) 1,4 körül alakul, a búza esetében 1,2 ez az érték. A cukornádból előállított bioetanolnak a legmagasabb a nettó energiaértéke – a kihozatal a 3-11-szerese a bevitt energiáénak (**Bai**, 2005).

Az USA-ban, Kanadában az etanolgyártás csak jelentős támogatás és adókedvezmény mellett mondható gazdaságosnak. Az Európai Unióban előállított

bioüzemanyagok magas költségük miatt még a legkorszerűbb technológiák alkalmazásával sem versenyezhetnek a fosszilis tüzelőanyagokkal (**Popp**, 2007).

A biodízel telítetlen zsírsavakból előállított metil észter. Dízelmotorokhoz használható bioüzemanyag, mely a fosszilis hajtóanyag helyettesítőjeként önmagában vagy azzal elkeverve adalékanyagként alkalmazható. Növényi olajból vagy (állati) zsiradékból állítják elő észterezéssel. A növényi olajok alapanyagai lehetnek: repce, napraforgó, szója és egyes pálmafajták.

A világ éves biodízel termelésének csaknem egészét az EU-ban állítják elő, ami érthető, ha figyelembe vesszük, hogy az EU-ban a dízel üzemanyag aránya az összes üzemanyag fogyasztáson belül 60% (**Kerek et al**., 2006). Az elmúlt időszakban egyre több EU-n kívüli ország kapcsolódott be a biodízel előállításba, mégis mind az előállítás mind a felhasználás főleg Európára koncentrálódik.

Az EU-ban a biodízelgyártás költsége 15-20%-kal magasabb, mint a bioetanol előállítási költsége. Természetesen a biodízel ára is 15-20%-kal magasabb a bioetanol árához képest. Az EU-ban a biodízel alapanyaga a repce, az USA-ban elsősorban szójabab, a trópusi területeken pedig pálmaolaj. A pálmaolajból készített biodízel a legolcsóbb, de magas dermedéspontja miatt csak bizonyos %-ban (általában 15%-ban, legfeljebb 25%-ban) keverhető a főleg repcemagból előállított biodízelhez. Az EU-ban ez az előállítás is ismert (**Bai**, 2005).

A bioetanol és biodízel energiatartalma alacsonyabb a benzinnél és dízelolajnál (az etanol a benzin energiatartalmának 65%-át, a biodízel a dízelolaj energiatartalmának 91%-át éri el), így a vegyes üzemelésű gépkocsik több üzemanyagot fogyasztanak etanolból és biodízelből, mint benzinből és dízelolajból (**Kerek et al.**, 2006).

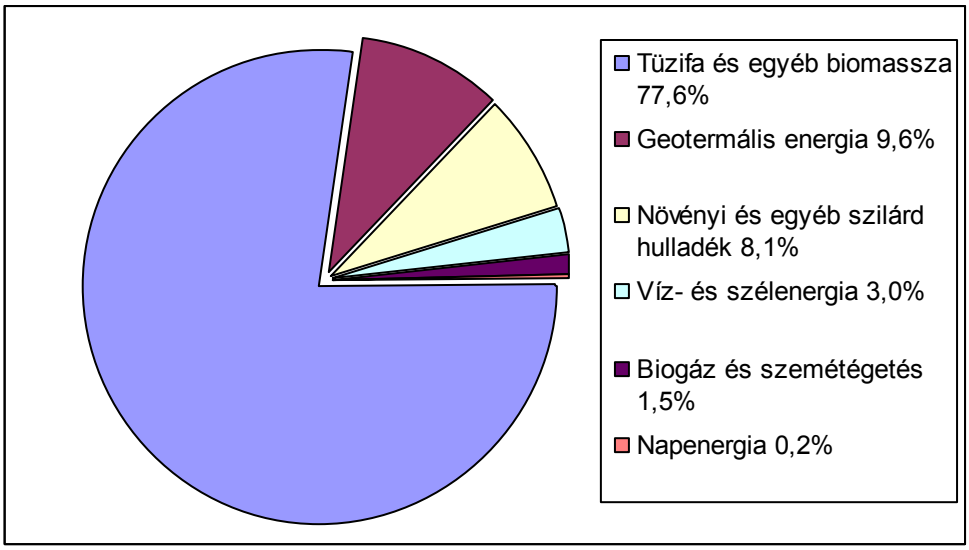
A ma rendelkezésre álló technológiákkal az EU-s biodízel 60 euró/hordó olajár körül válik rentábilissá, míg a bioetanol hordónkénti 70-90 eurós, Brazíliában hordónkénti 35-40 dolláros, az USA-ban hordónkénti 44 dolláros árnál válik versenyképessé a kőolajárakkal szemben (**Popp**, 2007).

2.2.4. A biomassza energiacélú felhasználásának helyzete hazánkban

Magyarországon jelenleg a megújuló energiafelhasználás legnagyobb részét, közel 78%-át a biomassza adja. Második leggyakoribb megújuló energiaforrás a geotermális energia - 9,6%, ezt követik a növényi és egyéb szilárd hulladékok, majd a víz- és szélenergia. A biogáz és a szemétégetés mindössze 1,5%-ot tesz ki, a napenergia pedig 0,2%-ot (6. ábra).

A Magyarországon termelődő biomassza domináns része a megújuló energiaforrásoknak. A biomassza hazai ipari hasznosítása gyakorlattá vált, olyannyira, hogy a nemzeti jövedelem csaknem egyharmad része ezen anyagok termeléséből és hasznosításából származik.

A biomassza származhat például energetikai célú növénytermesztésből és erdőgazdálkodásból, mező- és erdőgazdasági melléktermékekből, állattenyésztésből vagy ipari és kommunális hulladékból.



6. ábra: Megújuló energiaforrások aránya Magyarországon
Forrás: Energiaközpont Kht. (2009)

Hazánkban jók a környezeti és földtani adottságok az energetikai célú növénytermesztéshez és erdőgazdálkodáshoz. Az energianövények termesztésével a földek nagyobb része válik gondozottá, ez pedig pozitívan hat mind a vidékfejlesztésre, mind a szükséges gépeket, eszközöket gyártó iparra. Magyarországot a már évek óta zajló faültetési program felkészültté tette az energiaerdők létesítésére is (**Dinya és Sinóros-Szabó,** 2006).

Az energiaerdők nagy jelentőségűek a tüzelőanyag-ellátás szempontjából. Előnyük, hogy olyan területeken is létrehozhatók, ahol a szántóföldi növénytermelés biztonsága túl kicsi, általuk jól hasznosíthatók az egyébként rossz termőhelyi adottságú, erózió, belvíz által veszélyeztetett területek. Léteznek lágyszárú energetikai ültetvények is hazánkban. Elterjedt az ún. energianád alkalmazása. Remekül tárolja a napenergiát és a tápanyagokat. Erőteljes növekedésű, nagy hozamú, sokáig egyhelyben termeszthető évelő növény. Helyettesítheti a fa tüzelőanyagot és más, akár építőipari stb. felhasználás alapanyagává is tehető (**Energiacentrum**, 2009).

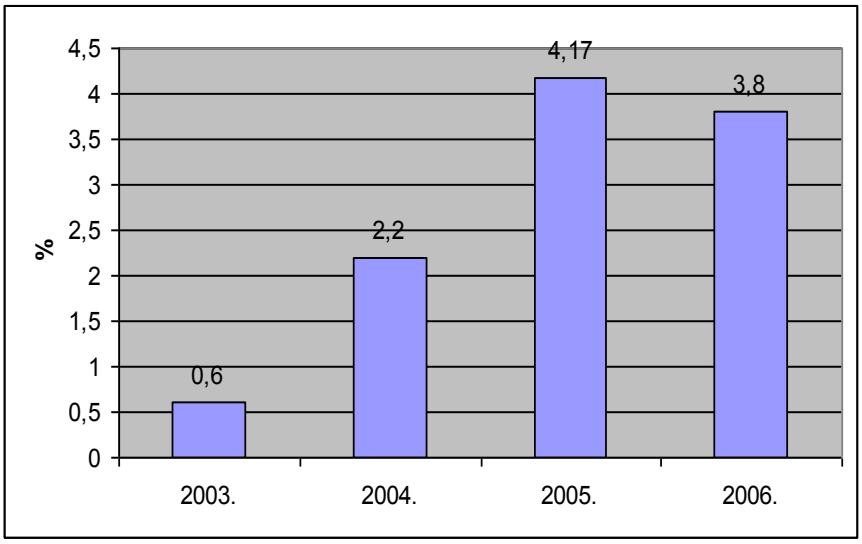
Az olajmagtermelésre alkalmas növényeknek a biodízelgyártásban van nagy jelentősége. Magyarországon az éghajlati viszonyokból adódóan főleg a napraforgónak és a repcének van elsődlegessége. Komáromban, Gyöngyösön, Kunhegyesen, Mátészalkán és Sarkadon is van már működő biodízel üzem és jelenleg is több üzem engedélyeztetése és létesítése van folyamatban.

Bioetanol gyártását végző üzem található Győrben illetve Szabadegyházán (**ITD Hungary**, 2009). Erre a célra hazánkban leggyakrabban a cukorrépa, a

kukorica, a kalászos gabonafélék, a burgonya, a csicsóka és a cukorcirok használatosak.

A biomassza termelési potenciáljára és tényleges hasznosítására nincsenek pontos adataink, mégis bizonyos, hogy Magyarországon a tényleges felhasználás mértéke messze alulmarad a lehetségeshez viszonyítva. A mezőgazdaságban megtermelt biomassza több mint fele melléktermék, melynek mintegy 63%-a hasznosítatlanul marad (**Fogarassy**, 2001). Ezért a mező- és erdőgazdasági hulladékok szélesebb körű felhasználása hozhat jelentősebb előrelépést az energetikai felhasználás területén (**Barótfi**, 1998). Ahhoz, hogy a biogáz üzemek száma a jövőben ugrásszerűen megnövekedjen, meg kell teremteni a megfelelő törvényi szabályozásokat, pénzügyi feltételeket, amelyek segítenék az e téren tevékenykedő gazdálkodókat.

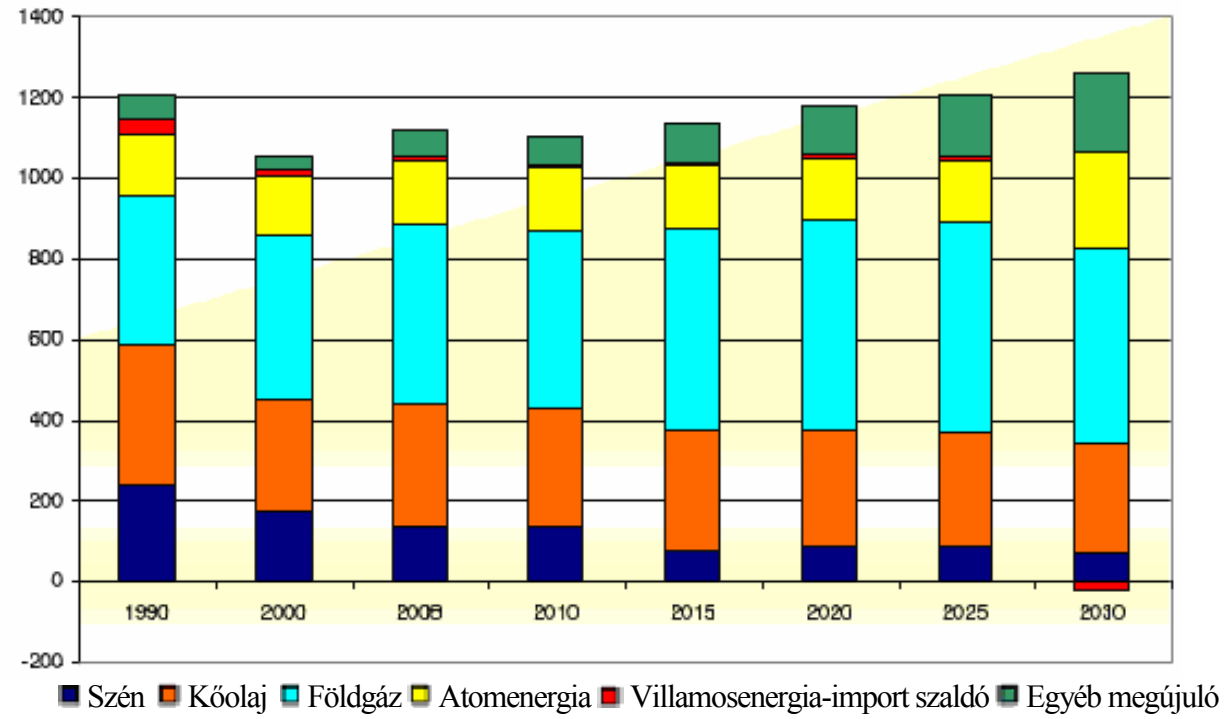
A magyar gazdaság energiaellátásának is egyik kulcskérdése, hogy hogyan csökkenthető a fosszilis energiahordozók részesedése az összes energiafelhasználáson belül. Magyarország az EU-csatlakozáskor megújuló energiaforrásból előállított villamosenergia tekintetében 3,6%-ot vállalt, amelyet már 2005-ben túlteljesítettünk. 2005-ben a zöldáram termelés elérte a 4,17%-ot (7. ábra). A 2010 utáni elvárások jelentősen növekedni fognak hazánkkal szemben, elérve a 12-15%-ot is.



7. ábra: A megújuló energia aránya a teljes villamosenergia felhasználáson belül

Forrás: MAVIR Zrt., MEH (2009)

Bár az összes elsődleges energiatermelésnek 2005-ben 11,4 százalékát a megújuló energiaforrások adták, ezen belül döntő részt, 90,9 százalékot tett ki a biomasszából nyert energia felhasználása, amelynek azonban 93,2 százaléka tűzifából és fahulladékból származott. A megújuló energiaforrásokon alapuló elsődleges energiatermelésből a vízenergia csupán 1,4 százalékkal, a szélenergia 0,1 százalékkal, a napenergia 0,2 százalékkal, a geotermikus energia pedig 7,4 százalékkal részesedett (**Varga,** 2007).



8. ábra: Primer energiafelhasználásunk összetétele 1990-2030 (PJ)

Forrás: Energiaközpont Kht., előrejelzés: GKI Energiakutató Kft. (2009)

Magyarország energiafelhasználásának összetételére vonatkozó előrejelzés látható a 8. ábrán. A megújuló energiaforrások kérdésköre kulcsfontosságú a mezőgazdaság részére, mivel a megváltozó intervenciós rendszer és a WTO tárgyalások eredményeképpen közeljövőben életbe lépő változások miatt jelentősen csökkenteni kell az élelmiszer célú termelést. Egyes becslések szerint ez akár 800-1000 ezer hektár termőterületet is érinthet. Ez - a vetésforgók figyelembevételével - 80-120 ezer termelő jövedelemszerzési lehetőségét jelenti, ami a családtagokkal együtt 400-500 ezer főt érinthet a társadalomból. A jelentős társadalmi hatás miatt a kérdéskör már nem csak a mezőgazdaságra, hanem az egész gazdaságra és társadalomra jelentősen kihat. (**Varga**, 2007)

A szántóföldi energiacélú növénytermelés versenyképességét az adja, hogy a meglévő üzemi szerkezetben nagy hatékonysággal termelhetők, nem igényelnek pótlólagos beruházásokat, előállításukhoz az emberi és technikai feltételek rendelkezésre állnak.

A szántóföldek hasznosítása során az élelmiszerpiacra történő közvetlen vagy közvetett termelésnek elsőbbséget kell élveznie. A termőterületek mennyisége és minősége azonban bőven megengedi a hazai és a reálisan elérhető exportpiacokra való élelmiszercélú termelésen túl az energiacélú növénytermesztést. Magyarországon megközelítően 1 millió hektár olyan termőterület van, amelynek terméke nem hiányozna az élelmiszerpiacról azonban alkalmas energiacélú növények termelésére (**Bai**, 2007). A biomassza energetikai felhasználása elsősorban tüzelési célra, bioüzemanyagok előállítására és biogáz előállítására történhet.

A bioüzemanyagok versenyképességét a 2233/2004. (IX. 22.) Korm. határozatnak megfelelően a jövedéki adókedvezmény rendszere tartalmazza a jövedéki adó visszaigénylési lehetőségével. A Jövedéki adótörvény módosítása 2007. június 30-tól eltérő jövedéki adót vezet be 4,4 V% bio-komponenst tartalmazó és az az alatti mennyiséget tartalmazó benzinnél, 2008. január 1-től pedig a gázolajnál. Az adókedvezményt indokolt fenntartani, de mértéke mérséklődhet a fosszilis eredetű üzemanyagok árának emelkedésével.

A bioetanol üzemanyagként történő felhasználásának legcélszerűbb módja annak ETBE formájában történő bekeverése a benzinbe. Az ETBE (etil-tercier-butil-éter) egy oktánszám-javító adalékanyag, amely 47 %-ban tartalmaz bioetanolt, felhasználása nem igényli az elosztóhálózat átalakítását. A MOL Rt. 50 ezer tonna ETBE kapacitással rendelkezik, a bioetanolos üzemanyag előállítását 2005-ben megkezdte.

A bioetanol előállításának technológiája kialakult, a két nagy hazai szeszgyár (Győr, Szabadegyháza) mintegy 60 millió liter kapacitással rendelkezik.

A biodízel előállításának technológiája kialakult, alkalmazásának legcélszerűbb módja annak gázolajba történő bekeverése. Jelenleg 2 üzem működik (Kunhegyesen és Mátészalkán), amelyek összkapacitása évi 8,5-9 millió liter.

Magyarország számára kiemelt cél a gabonafelesleg értékesítése, hasznosítása. Fel kell készülnünk az intervenciós rendszer megváltozatására. Az intervenciós rendszer és a gabonatermesztési támogatások várható változása miatt egy olyan bioüzemanyag stratégia készült el, amely alkalmas arra, hogy a várható gabonapiaci feszültségeket kezelje. Mivel a magyar mezőgazdaság termelési szerkezete az adottságok miatt nehezen változtatható, ezért a termesztési lehetőségek figyelembe vételével a felhasználás szerkezetét kell megváltoztatni.

Figyelembe véve az alapanyag termelés bővülését is, megfelelő gyártókapacitások kiépülése esetén, Magyarországon búzából min. 215 Et - max. 640 Et, kukoricából min. 420 Et - max. 900 Et bioetanol állítható elő. Ugyanilyen megfontolásból, napraforgóból min. 23 Et - max. 77 Et, repcéből min. 90 Et - max. 160 Et biogázolajat/biodízelt lehetne gyártani. A minimális mennyiségeket a jelenlegi termelési szintek figyelembevételével, a maximálisat a termelés energetikai célú bővítése esetére kalkulálta az FVM (**Popp**, 2007).

A biogáz legjellemzőbb alapanyaga a lakossági, mezőgazdasági illetve élelmiszeripari szerves hulladék és a települési szennyvíziszap, ami gyakorlatilag veszélyes hulladéknak tekintendő. Ez utóbbi vonatkozásban a biogáz előállítás elsősorban környezetvédelmi és csak másodsorban energetikai kérdés.

A biogáz-előállítás technológiája kialakult, technikai akadály nincs.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Kutatási céljaimnak megfelelően az általános statisztika, a matematikai statisztika illetve a matematikai programozás eszközeit használtam fel. A matematikai statisztikai illetve általános statisztikai módszereket elsősorban a modell paramétereinek becslése során alkalmaztam (az egyes termelési erőforrások alakulásának és változásának statisztikai becslése, a termésátlagok különböző szintjeinek bekövetkezési valószínűsége, stb.).

A kutatásom fő módszertani gerincét a termelési szerkezet vizsgálatára kitűnően alkalmas lineáris programozási feladat megfelelő, a körülményekhez igazodó adaptációja jelentette. A használt modell általános leírása többek között **Krekó** (1966), **Felleg - Ugrósdy** (1998), **Tóth Z.**(2009) műveiben található.

3.1. A vizsgálatokhoz felhasznált adatbázisok

Az adatgyűjtés során kétféle elvet követtem. Egyrészt egy kiválasztott mintagazdaság adatainak gyűjtésével és rendszerezésével olyan adatbázist építettem ki, amely alkalmas a gazdaság szerkezetének meghatározott célfüggvények szerinti vizsgálatára illetve optimalizálására, illetve egy olyan elméleti adatbázis kialakítására, amelynek segítségével bármilyen mezőgazdasági vállalkozás termelési szerkezetének elemzésére lehetőséget ad.

Az input táblázat elkészítéséhez szükség van az erőforrások, kapacitások számbavételére, a termeszthető növények technikai-technológiai adataira, majd ezek alapján a feltételrendszer és a célfüggvények matematikai megfogalmazására.

Az összegyűjtött konkrét adatok a következők:

- rendelkezésre álló terület,
- munkaerő havi eloszlása,
- erőgép havi eloszlása géptípusonként,
- rendelkezésre álló tápanyag-utánpótlás,
- növényvédelmi költség,
- fajlagos hozamok,
- termelési költségek és jövedelmek,
- erőforrások kihasználását leginkább kifejező jövedelmezőségi mutatók,
- biogáztermelés lehetséges nyersanyagai és gázhozama,
- bioetanol előállítás lehetséges nyersanyagai és a kinyerhető etanol mennyisége,
- biodízel előállítására alkalmas növények átlagos hozama.

Ezeket a mutatókat – mint említettem különféle statisztikai becslési eljárásokkal generáltam, figyelembe véve, hogy a gazdaság szerkezeti átalakítására általában hosszabb átfutási időre van szükség.

A feltételrendszer és a célfüggvények felírásához az adatokat a Tass-pusztai Tangazdaságban gyűjtöttem, továbbá szakirodalomból, internetes oldalakról származó adatokat, illetve vállalati szakemberektől kapott információkat is felhasználtam.

A Tass-pusztai Tangazdaság rendelkezésemre bocsátotta öt évre visszamenőleg a 480 hektár területen termelt növények esetében felhasznált fizikai munka, és gépi munka mennyiségét az egyes géptípusokra vonatkozóan havi bontásban, munkaműveletenként, illetve a felhasznált műtrágya mennyiséget és növényvédelmi költséget növényféleségenként. A modellben szereplő, potenciálisan termelhető növények esetében az Agrárgazdasági Kutató Intézet és a Mezőgazdasági Gépkísérleti Intézet adataival dolgoztam, illetve szakirodalomból − **Antal** (2005), **Bai** (2007), **Gyulai** (2006), **Radics** (2008) − származó adatokat használtam fel. A szakirodalomban közvetlenül rendelkezésre nem álló paraméterek becslése a termelésben − Középtiszai Rt. Kunhegyes, Bátortrade Kft. Nyírbátor − dolgozó vállalati szakemberekkel való konzultációk alapján történt. Az átlagolt adatokat egy hektárra vetítve két tizedes pontossággal építettem a modellbe.

3.2. Az alkalmazott adatelemzési módszerek

A modell elkészítéséhez a lineáris programozás módszerét használtam.

3.2.1. A lineáris modell általános matematikai megfogalmazása

Tételezzük fel, hogy egy adott mezőgazdasági vállalat n-féle tevékenységet (termelési, vásárlási, értékesítési, beruházási, stb.) folytat. Jelöljük a tevékenységek ***ismeretlen szintjét***, terjedelmét rendre $x_1, x_2, \ldots, x_n$-nel. Ezek a ***modell változói***, x_j jelenti a j-edik tevékenység $(j = 1, 2, \ldots, n)$ szintjét. A vállalat úgy kívánja meghatározni az egyes tevékenységek terjedelmét, hogy valamilyen gazdasági célkitűzést a lehető legjobban kíván elérni (minél nagyobb nettó vagy bruttó jövedelem, minél nagyobb árbevétel, minél kisebb termelési költség stb.) A kiválasztott cél elérése természetesen attól függ, hogy a vállalat a különböző tevékenységeket milyen volumenben és milyen arányban folytatja, vagyis ha a kiválasztott célt z-vel szimbolizáljuk, akkor ez a z az x_j változók függvénye, tehát:

$$z = f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$$

Ezt a z függvényt a modell ***célfüggvényének*** nevezzük, s tartalmától függően ***extremális*** (minimum vagy maximum) ***értékét*** keressük.

A különböző tevékenységek végzéséhez szükséges pl. földterület, munkaerő, munkagép-erőgép anyag stb., melyeket közös néven termelési erőforrásoknak, vagy röviden csak ***erőforrásoknak*** nevezünk. Ezek az erőforrások általában csak korlátozott mértékben állnak rendelkezésünkre: legyen az i-edik erőforrásból rendelkezésre álló mennyiség b_i $(i = 1, 2, \ldots m)$. Az egyes erőforrásokból a

felhasználás a tevékenységek szintjétől függ. Legyen F_i az i-edik erőforrásból felmerülő szükséglet, ami szintén x_j-k függvénye.

$$F_i\ (x_1,x_2,\ \ldots,x_n) \quad i = 1,2,\ldots\ n$$

Az erőforrások felhasználására különböző ***mérlegeket*** írunk fel:

- Ha a szükséglet egyenlő a rendelkezésre álló mennyiséggel:

$$F_i\ (x_1,x_2,\ \ldots,x_n) = b_i$$

- Ha a szükséglet és a rendelkezésre álló mennyiség nem egyezik meg.

$$F_i(x_1,x_2,\ \ldots,x_n) \leq\ b_i$$

vagy

$$F_i(x_1,x_2,\ \ldots,x_n) \geq\ b_i$$

Ezeket az erőforrásokra vonatkozó mérlegfeltételeket mérlegegyenleteknek vagy egyenlőtlenségeknek nevezzük. Természetesen további mérlegfeltételeket vagy korlátozó feltételeket is megfogalmazhatunk. Ezek összességét a ***modell feltételrendszerének*** nevezzük.

Könnyen belátható, hogy a változók csak nemnegatív értékeket vehetnek fel, vagyis ki kell elégíteniük az ún. ***nemnegativitási határfeltételek***et.

A matematikai programozási modell megoldása azt jelenti, hogy keressük a célfüggvény extremális értékét, miközben a változók eleget tesznek a feltételeknek.

3.2.2. A lineáris programozási modell

Azt a matematikai programozási modellt, melyben mind a feltételrendszer, mind a célfüggvény csak elsőfokú összefüggéseket tartalmaz ***lineáris programozási modell***nek nevezzük **(Krekó**, 1966).

Használjuk a következő jelöléseket!

Legyen:

- $\mathbf{x}$: az ismeretlenek (vagy tevékenységek) vektora, j-edik eleme x_j a j-edik tevékenység terjedelmét jelenti,
- **A**: a technikai-technológiai együtthatók mátrixa, i-edik sorának j-edik elme a_{ij}, az i-edik erőforrás j-edik termékhez szükséges fajlagos igényét jelenti,
- **b**: az erőforrás vektor (vagy kapacitásvektor), i-edik eleme b_i az i-edik erőforrásból rendelkezésre álló mennyiség,
- **c***: a célfüggvény együtthatók vektora, j-edik eleme p_j a j-edik termék fajlagos jövedelme.

A bevezetett jelölésekkel a következő lineáris programozási modellekhez juthatunk:

$$\begin{array}{cc} \mathbf{x} \geq \mathbf{0} & \textit{nemnegativitási feltétel} \\ \mathbf{Ax} \leq \mathbf{b} & \textit{lineáris feltételrendszer} \\ \hline \mathbf{c} * \mathbf{x} \to \max. & \textit{célfüggvény} \end{array}$$

A megfogalmazott feladat a ***lineáris programozás maximum feladata***.

A modell vele ekvivalens alakban is megfogalmazható:

$$\mathrm{P}{:}\max\left\{\mathbf{c} * \mathbf{x} \;\middle|\; \mathbf{Ax} \leq \mathbf{b};\quad \mathbf{x} \geq \mathbf{0}\right\}$$

Ha a modellben még a $\mathbf{b} \geq \mathbf{0}$ feltétel is teljesül, akkor a feladat ***normálfeladat***:

$$\begin{array}{ll} \mathbf{x} \geq \mathbf{0} & \\ \underline{\mathbf{Ax} \leq \mathbf{b}} & \mathbf{b} \geq \mathbf{0} \\ \mathbf{c} * \mathbf{x}. = \max. & \end{array}$$

Módosított normálfeladat az a modell, amely az előző feltételek mellett még egyenleteket is tartalmaz.

$$\begin{array}{ll} \mathbf{x} \geq \mathbf{0} & \\ \mathbf{A}_1\mathbf{x} \leq \mathbf{b}_1 & \mathbf{b}_1 \geq \mathbf{0} \\ \underline{\mathbf{A}_2\mathbf{x} = \mathbf{b}_2} & \mathbf{b}_2 \geq \mathbf{0} \\ \mathbf{c} * \mathbf{x} = \max. & \end{array}$$

Általános feladat az, amely $\geq$ relációjú feltételeket is tartalmaz:

$$\begin{array}{ll} \mathbf{x} \geq \mathbf{0} & \\ \mathbf{A}_1\mathbf{x} \leq \mathbf{b}_1 & \mathbf{b}_1 \geq \mathbf{0} \\ \mathbf{A}_2\mathbf{x} = \mathbf{b}_2 & \mathbf{b}_2 \geq \mathbf{0} \\ \underline{\mathbf{A}_3\mathbf{x} \geq \mathbf{b}_3} & \mathbf{b}_3 \geq \mathbf{0} \\ \mathbf{c} * \mathbf{x} = \max. & \end{array}$$

vagy ami ugyanaz, mint a

$$\mathrm{P}: \max\left\{\mathbf{c} * \mathbf{x} \;\middle|\; \mathbf{Ax} \begin{matrix} < \\ = \\ > \end{matrix} \mathbf{x};\quad \mathbf{x} \geq \mathbf{0}\right\}$$

Minimumfeladatról beszélünk, ha a célfüggvény minimumát keressük.

Minden lineáris programozási modell felírható vagy normál, vagy módosított normál, vagy általános feladatként.

A biomassza modell optimalizálását a Windows operációs rendszerre készített – internetről szabadon letölthető – WIN-QSB számítógépes programcsomag segítségével végzem el. A lineáris programozási feladat kialakítása után a modell lefuttatható, a lineáris programozási feladat **primál megoldás**aként megállapítható az optimális termelési szerkezet.

A számítógépes program egy másik táblázatot is ad, ahonnan leolvasható, hogy az egyes erőforrásokból mennyit használtunk fel, és közli a **duál megoldás**t.

Neumann már 1932-ben felismerte a modell matematikai dualitását, de tartalmi értelmezést ennek akkor nem adott. Történelmileg először 1962-ben **Kantorovics** és **Nyemcsinov** kísérelte meg, hogy közgazdasági tartalmat adjon egy olyan duális megoldásnak, ahol a primál feladat termelésoptimalizálás volt. Tőlük ered a duális megoldás tartalmának ”objektív értékelés” megjelölése (**Temesi-Varró**, 2007). Az úgynevezett „árnyékárak” igen hasznos információkat adnak, de nem tartalmaznak valóságos árösszefüggéseket.

Az **árnyékár** azt jelenti, hogy a szűk keresztmetszetet adó korlát (erőforrás) egységnyi növelésének hatására (a többi korlát változatlanul hagyása mellett) mennyivel javul a célfüggvény értéke. A javulás maximum feladatnál növekedést, minimum feladatnál csökkenést jelent. Az árnyékárakra természetesen a célfüggvény együtthatói is hatással vannak. A kimerült erőforrás csak bizonyos határok között növelhető vagy csökkenthető anélkül, hogy az optimális megoldás szerkezete megváltozna (**Tóth Z.,** 2009)

A **redukált költség** azt jelenti egy termelésbe nem vont változó esetén, hogy mennyivel kellene javítani ezen változó célfüggvénybeli együtthatójának értékét ahhoz, hogy ez a változó is bekerülhessen a termelési programba. A javítás maximum feladat esetén növelést, minimum feladat esetén csökkentést jelent. A redukált költség előjele a számítógépes megoldó programokban maximum feladatnál negatív, minimum feladatnál pozitív.

A lineáris programozási feladatok érzékenység vizsgálatával választ kaphatunk arra, hogy a pozitív árnyékárakkal rendelkező erőforrás mennyisége milyen határok között növelhető az adott optimális megoldás keretei között (**Tóth Z.,** 2009).

3.2.3. Lineáris programozási modell a termelési szerkezet optimalizálására

Tekintsük át általában a mezőgazdasági vállalatok termelését modellező programok speciális feltételeit.*

A mezőgazdasági vállalkozások termelése, illetve az egyes tevékenységek végzése során biztosítani kell a termelési források felhasználásának mérlegszerűségét. Figyelembe kell venni az egyes tevékenységek közötti szükségszerű összefüggéseket

* Ld. Ertsey Imre: Doktori Értekezés, Debrecen, 1974. 31-44. pp.

és arányokat, valamint a vállalat külső kapcsolatait. Ezek biztosítása különböző mérlegfeltételek modellbe építése útján történik.

A mezőgazdaságban jelentkező idényszerűség következtében az egyes termelési források iránti igény nagy ingadozást mutat, ezért a mérlegek, így a modellbe építendő mérlegfeltételek száma is megsokszorozódik, ami jelentősen megnövelheti a modell terjedelmét, egyúttal fokozhatja a hibalehetőségeket.

Célszerű a mérlegfeltételek vonatkozásában is aggregálni mindaddig, amíg az a megoldást nem befolyásolja, illetve csak a valóban lényeges összefüggéseket vegyük figyelembe, s a mérlegfeltételeket a szükségszerű időszaki bontásban építsük be a modellbe.

A továbbiakban vizsgáljuk meg részletesebben a mezőgazdasági vállalatok matematikai tervezése során alkalmazott legfontosabb mérlegfeltételeket.

A mezőgazdasági vállalatok alapvető termelőeszköze, legjelentősebb termelési tényezője a földterület, amely meghatározott mennyiségben áll a vállalat rendelkezésére. Általában az adott földterület teljes felhasználására törekszünk, ezért biztosítanunk kell a területszükséglet és a fedezet egyenlőségét.

Jelöljük x_j-vel a j-edik tevékenységet szimbolizáló változót és f_j-vel a j-edik változó fajlagos területigényét. Ha F-fel jelöljük a rendelkezésre álló földterületet, akkor a terület-felhasználás mérlegfeltételét a

$$\sum_{j=1}^{n} f_j \, x_j \leq F$$

formula biztosítja. Növénytermelési változók esetén $f_j = 1$.

A földterület többnyire minőségileg megosztott, egy vállalat területe is általában több talajtípusból tevődik össze, s így szükségessé válhat az egyes talajtípusok szerint megbontott mérlegfeltételek modellbe építése.

Az i-edik talajtípusra vonatkozó mérlegfeltételt a

$$\sum_{j=1}^{n} f_j^i \, x_j^i \leq F^i$$

formulával fogalmazhatjuk meg.

Ha olyan átmeneti talajtípus birtokában van a gazdaság, amely mind az egyik, mind a másik talajtípushoz is sorolható, akkor az egyes talajtípusok területét korlátok közé szorítjuk. Az adott talajtípusból rendelkezésre álló területet – amely az alsó korlát – F_o^i-val, míg az átmeneti talajtípussal növelt területet – amely a felső korlát – F^{io}-val jelöljük.

A következő mérlegfeltételt kell a modellbe építenem:

$$F_o^i \leq \sum_{j=1}^{n} f_j^i x_j^i \leq F^{io}$$

Ez esetben viszont az általános terület-felhasználási mérleg modellbe építése is szükségessé válik. Az utóbbi formula akkor alkalmazható, ha csak egy átmeneti talajtípussal rendelkezik a gazdaság. Több átmeneti talajtípus esetén többféle területmérleg modellbe építése szükséges, amelynek részletes tárgyalásától eltekintek.

A tervezés során gyakori eset, hogy valamely tevékenység vagy tevékenységcsoport által felhasználandó területet kell előírni, amelyet a következő formában lehet megfogalmazni:

$$f_j\, x_j = \chi F$$

illetve

$$f_j\, x_j + f_{j+1}\, x_{j+1} + \ldots + f_n\, x_n = \chi F$$

ahol χ egy olyan szorzószám, amellyel ha megszorozzuk az F értékét, megkapjuk a tevékenység vagy tevékenységcsoport által felhasználandó területnagyságot.

Más esetben a tevékenység vagy tevékenységcsoport által leköthető területre csak alsó és felső korlátot adunk meg:

$$\chi_o\, F \le f_j\, x_j \le \chi^o F$$

illetve

$$\chi_o\, F \le f_j\, x_j + f_{j+1}\, x_{j+1} + \ldots + f_n x_n \le \chi^\circ F$$

χ_o , illetve χ^o a tevékenység vagy tevékenységcsoport által leköthető terület alsó, illetve felső százalékarányát jelenti.

Előfordulhat, hogy két tevékenység vagy tevékenységcsoport területi arányát kell előírnunk, (pl. vetésszerkezeti arányok, agrotechnikai követelmények figyelembe vétele, stb.), amelyet a

$$\chi f_j\, \mathrm{x_j} = f_k x_k$$

formula segítségével építünk a modellbe, s amely előírja, hogy a k-adik tevékenység által felhasznált terület a j-edik tevékenység által lekötött területnek a χ-szorosa legyen.

A földterület mellett a másik jelentős termelési tényező a munkaerő. Pontos számbavétele rendkívül fontos. A vállalkozásokban a rendelkezésre álló munkaerőt adottnak tekintjük, s rögzített kapacitásként számolunk vele a klasszikus lineáris programozási modellben. A mezőgazdasági termelésben jelentkező idényszerűség következtében a munkaerő szükséglet az egyes időszakokban nagy ingadozást mutat, ezért a munkaerő mérleget időszaki – rendszerint havonkénti – bontásban építjük a modellbe a

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \le b_i$$

formula segítségével, ahol a_{ij} jelenti a j-edik tevékenység fajlagos munkaidő igényét az i-edik időszakban, b_i pedig az i-edik időszakban ledolgozható munkanapok számát jelöli.

A munkaerő mellett egyre jelentősebb termelési tényező – a mezőgazdaság jelenlegi, s egyre növekvő műszaki-technikai színvonalát figyelembe véve – a gép. A gépi munka szükséglet és fedezet összhangját a gépfelhasználási mérlegfeltételek modellbe építésével biztosítjuk. A mezőgazdaságban jelentkező idényszerűség következménye, hogy adott termelési évben a gépszükséglet – a gazdaság termelési szerkezetétől függően – kisebb-nagyobb ingadozást mutat, ezért a gépfelhasználási mérlegfeltételeket a munkaerőmérleghez hasonlóan általában havi bontásban építjük a modellbe.

Ha g_{ij}^h jelöli a *j*-edik tevékenység fajlagos gépi munkaigényét műszaknapokban a *h*-adik géptípus iránt az *i*-edik időszakban, és d_i^h jelenti a *h*-adik géptípus által az i-edik időszakban teljesíthető műszaknapok számát, akkor gépfelhasználási mérlegfeltételünk a következő formában fogalmazható meg:

$$\sum_{j=1}^{n} g_{ij}^h x_j \le d_i^h$$

A mérlegfeltételt géptípusonként vagy gépkategóriánként, időszaki bontásban szükséges a modellbe építeni. A tervezés során a modell összeállításakor általában csak a nagy gépeket és a csúcsidőszakokat vesszük figyelembe, s így jelentős mértékben csökkenthetjük a mérlegfeltételek számát, illetve a modell terjedelmét anélkül, hogy az befolyásolná a megoldást.

A termelési folyamatban, az egyes tevékenységek folytatása során felhasználandó anyagok mennyiségét egységnyi termék előállításához a technológiai tervekben tervezzük meg, ezért egy-egy anyagra csak akkor célszerű a modellbe mérlegfeltételt beépíteni, ha annak beszerzési lehetősége korlátozott.

Ha s_j^h jelöli a *j*-edik egységnyi tevékenység által igényelt *h*-adik anyag mennyiségét, E^h pedig a *h*-adik anyagból rendelkezésre álló, illetve felhasználható mennyiséget, akkor anyagfelhasználási mérlegfeltételünk az alábbi formában fogalmazható meg:

$$\sum_{j=1}^{n} s_j^h x_j \le E^h \ .$$

Azokra az anyagokra, amelyeknek beszerzése nem korlátozott, vagy beszerzésük mértékét csak a vállalat rendelkezésére álló pénzkerete határozza meg, célszerű egy aggregált pénzfelhasználási mérlegfeltételt a modellbe építeni, amely a következő formában történik:

$$\sum_{j=1}^{n} t_j x_j \le c \ .$$

Ahol t_j az aggregált mérlegben figyelembe vett anyagokból adódó, a *j*-edik tevékenység egysége által igényelt anyagköltség, a *c* pedig ezen anyagok beszerzésére felhasználható pénzkeret.

Egy komplex fejlesztési terv kidolgozásakor nem mondhatunk le a takarmánytermelés illetve felhasználás matematikai tervezéséről sem, melynek célja a takarmánytermelés és vásárlás, valamint az állattenyésztés takarmányigénye és a takarmányeladás közötti egyensúly biztosítása. Ezt a modellbe épített takarmánymérlegek segítségével érhetjük el.

Az állattenyésztés szükségletét mind a tápanyagokra, mind az egyes takarmányokra illetve takarmánycsoportokra célszerű intervallumban megadni. A modellben tehát elő kell írjuk, hogy a takarmánytermelés és vásárlás legalább az eladást és az állattenyésztés szükségletének alsó határát fedezze, illetve a termelés és vásárlás legfeljebb az eladást és az állattenyésztés szükségletének felső határát biztosítsa az egyes tápanyagokból, takarmányokból, illetve takarmánycsoportokból. Ezt a következő formulákon keresztül fogalmazhatjuk meg:

$$\sum_{i=1}^{n} q_{ij}^{ta} \cdot x_j^{ta} \geq \sum q_{ij0}^{ti} \cdot x_j^{ti} \quad ,$$

illetve

$$\sum_{i=1}^{n} q_{ij}^{ta} \cdot x_j^{ta} \leq \sum_{i=1}^{n} q_{ij}^{ti0} \cdot x_j^{ti}$$

ahol:

x_j^{ta} jelenti a j-edik takarmányt adó változó értékét,

x_j^{ti} jelenti a j-edik takarmányt igénylő változó értékét,

q_{ij}^{ta} jelenti az egységnyi x_j^{ta}-ből nyerhető i-edik tápanyag értékét,

q_{ij}^{ti} jelenti az egységnyi x_j^{ti}-által igényelt i-edik tápanyag értékét,

q_{ij0}^{ti} jelenti az igényelt i-edik tápanyag alsó, míg q_{ij}^{ti0} a felső határát.

Középtávú tervezés során nem célszerű a takarmánytermesztés illetve felhasználás részletesebb tervezése, mert igen nagymértékben növelné a modell terjedelmét.

Az eddigiek során ismertetett fontosabb mérlegfeltételeken kívül még számos mérlegegyenlet, illetve egyenlőtlenség modellbe építése válhat szükségessé. (Ilyenek a férő- és tároló hely szükséglet és kapacitás összehangolását biztosító mérlegfeltételek, a mezőgazdasági vállalatok egyes tevékenységeinek megfelelő arányát biztosító, az öntözéssel kapcsolatos korlátokat tartalmazó, meghatározott szintű foglalkoztatottságot előíró, stb. mérlegfeltételek).

A klasszikus lineáris programozási modell célfüggvénye, illetve közgazdasági tartalma a következő formában fogalmazható meg:

$$\sum_{j=1}^{n} (T_j - C_{aj} - C_{üj} - C_{ej} - C_{mj} - \sum_{h=1}^{m} C_{gj}^{h}) x_j \rightarrow \max.$$

ahol:

T_j a j-edik tevékenység egy egysége által előállított termelési érték,

C_{aj} a j-edik tevékenység fajlagos anyagköltsége,

$C_{üj}$ a j-edik tevékenységet terhelő fajlagos üzemanyag-költség,

C_{ej} a j-edik tevékenységet terhelő fajlagos egyéb költség,

C_{mj} a j-edik tevékenységet terhelő fajlagos munkabérköltség,

C_{gj}^{h} a h-adik állóeszköz fix költségéből a j-edik tevékenység egységét terhelő költség (az állóeszközök amortizációs és javítási költsége a fix költség).

* A profitmaximálásra irányuló optimalizációs feladat célfüggvényének közgazdasági tartalmát részletesen elemezte: Ertsey Imre: Doktori Értekezés, Debrecen 1974.

4. EREDMÉNYEK

A kutatási céloknak megfelelően a vállalati szintű biomassza termelés optimalizálására olyan lineáris programozási modellt készítettem, amely a mezőgazdasági termeléssel foglalkozó vállalkozót segíti gazdasági szerkezetének tervezésében, erőforrásainak hasznosításában.

A szakirodalom tanulmányozása alapján – mint láttuk – megállapítottam, hogy számos modell ismert, amely a bioenergia-növények és a mezőgazdaságilag hasznosítható földterület-változás gazdasági hatásának jellemzésére szolgálhat. A megismert földhasználati modellek esetén próbáltam hazai adaptációra törekedni, ezek azonban nem vezettek megfelelő eredményre. Az okok között a következők szerepeltek: input adatként túl sok információt igényeltek, olyanokat, amelyek a hazai viszonyok között a gazdák nyilvántartási adataiban nem szerepelnek, vagy nincs olyan makro, regionális szolgáltatás, amely keretében a gazdák a szükséges adatokhoz hozzáférnének, az igényelt adatok megszerzése jelentős költség és időigénnyel járna. Kutatásom egyik származékos hozadékaként vehetjük számba a következő megállapítást: tekintettel arra, hogy a hazai agrár-adat- és dokumentumvagyonról nem létezik publikus, átfogó katalógus, fontos fejlesztési cél egy ilyen jellegű meta-adatbázis létrehozása.

Az áttanulmányozott modellek többsége túl bonyolult ahhoz, hogy a magyar gazdák számítástechnikai felkészültsége alapján ajánlható legyen, mint felhasználóbarát alkalmazás, ami egyszerűen, külön felkészültség és költségek nélkül alkalmazható. Ezen okok miatt vált szükségessé egy új modell kidolgozása, amelynek a **Biomassza termelési modell** elnevezést adtam.

4.1. A biomassza termelési modell általános matematikai megfogalmazása

A modell változóinak kialakítása során a korábban megfogalmazott alapelvekből indulok ki, tehát a növényeket versenyeztetem a végtermék hasznosulását (étkezési, energetikai stb. célú hasznosulást) illetően, illetve a biomassza-tömeg előállítás vonatkozásában.

A vállalati gazdálkodás tevékenységének tervezése során alkalmazkodni kell az ökológiai adottságokban meglévő differenciákhoz. A különböző talajokon a különböző növények eltérő hatékonysággal termelhetők. A vállalat vezetése arra törekszik, hogy ezeket a potenciális lehetőségeket maximálisan kihasználja.

A vállalati terveket megalapozó modellszámításoknak három fő folyamata van.

- **Az input rendszer definiálása**, a modell feltöltését magalapozó input táblarendszer összeállítása. E munkafolyamat vállalati szakemberek bevonásával a számításban szereplő tevékenységek fontosabb paramétereinek földminőség szerinti becslésére és olyan szakmai összefüggések átgondolására irányul, amelyek a következő évek tervszámaira várhatóan kihatással lesznek. Az input rendszer összeállítása során figyelemmel voltam arra, hogy a vállalati

szakemberek által szolgáltatandó, a tervezési számításokat megalapozó adatok teljesen, vagy zömében épüljenek rá az analitikus bizonylatok adataira, tehát ne jelentsen többletmunkát az agronómiai és közgazdasági szakembereknek. Az input táblarendszert - amelynek helyes kitöltése esetén a módszer automatikusan működik - az 5. táblázatban mutatom be.

- **A tulajdonképpeni modellszámítási munkák elvégzése**. A kialakított lineáris programozási feladat input táblarendszerének feltöltése és a célegyütthatók meghatározása után a számítógép segítségével kiszámítható a feladat megoldása, megállapítható az optimális termelési szerkezet.
- **A számítási eredmények értékelése**, a különböző alternatívák mérlegelése, a fejlesztés irányára vonatkozó információk szakmai kontrolálása, megítélése, a tervezést végző szakemberek és a vállalati szakemberek közös, konzultációs jellegű megbeszéléseinek sora. Az értékelés során felmerülő új gondolatok, új alternatívák kidolgozási igénye esetén módosításra kerülhetnek az input-lapok, s a számítási munkákat meg lehet ismételni. Ennek során tudjuk értelmezni az energetikai célú termelés „versenyképességét”, amelynek mostanában nagy perspektívát tulajdonítanak a szakemberek.

Itt jegyzem meg, hogy a kifejlesztett tervezési modell az éves vállalati és üzleti terv megalapozása mellett biztosítja az operatív jellegű tervkorrekciók elvégzésének lehetőségét is. Ez azt jelenti, hogy a terv elkészülése után életbelépő esetleges közgazdasági szabályozó módosítása, illetve ennek hatására bekövetkező ágazati jövedelem-arány változások, koncepcionális módosítások, stb. milyen mértékű termelési szerkezet változtatást, vagy várható nyereségtömeg módosulást eredményeznek. Ez utóbbi lehetőség olyan eszköz a vállalatvezetés kezében, amelyre a piacorientált termelés előtérbe kerülésével, illetve a közgazdasági környezetváltozásra való gyors alkalmazkodás igényének fokozásával egyre inkább szükség van.

A tervezési alrendszer központjában tehát egy lineáris programozási feladat áll, amely különböző korlátok, gazdasági, termelés-technológiai és pénzügyi feltételek mellett javaslatot tesz a vállalat következő (terv-) évi termelési szerkezetére, illetve a jelenlegihez viszonyított elmozdulás irányára és mértékére, továbbá valamilyen előre kívánt jövedelem vagy hatékonysági mutató legkedvezőbb értékét biztosítja, illetve a vállalati célokhoz igazodó elképzelések megvalósítását segíti.

A modell elkészítéséhez a lineáris programozás módszerét használtam.

4.1.1. A modell változói

A modell változóit az 1. táblázatban foglaltam összes. A modell változói (tevékenységi körök) igazodnak az egyes gazdaságok sajátosságaihoz. Az input-lapok tervezése miatt azonban behatárolni szükséges azokat a kereteket, amelyben a vállalatvezetés – a tervezési modell felépítését illetően, az ökológiai változatokat is figyelembe véve – mozoghat.

1. táblázat:
A modell változói

Megnevezés	változó	mértékegység
- Növények:		
→ Búza (étkezési és takarmánybúza)	x_1	ha
→ Búza (energetikai célú)	x_2	ha
→ Rozs	x_3	ha
→ Árpa	x_4	ha
→ Zab (állati eledel)	x_5	ha
→ Zab (energetikai célú)	x_6	ha
→ Kukorica (takarmány)	x_7	ha
→ Kukorica (energetikai célú)	x_8	ha
→ Cukorrépa (takarmány)	x_9	ha
→ Cukorrépa (energetikai célú)	x_{10}	ha
→ Napraforgó (takarmány)	x_{11}	ha
→ Napraforgó (energetikai célú)	x_{12}	ha
→ Lucerna	x_{13}	ha
→ Burgonya (hagyományos)	x_{14}	ha
→ Burgonya (energetikai célú)	x_{15}	ha
→ Bab (száraz)	x_{16}	ha
→ Borsó (száraz)	x_{17}	ha
→ Fejes káposzta	x_{18}	ha
→ Sárgarépa	x_{19}	ha
→ Petrezselyemgyökér	x_{20}	ha
→ Vöröshagyma	x_{21}	ha
→ Fokhagyma	x_{22}	ha
→ Uborka	x_{23}	ha
→ Görögdinnye	x_{24}	ha
→ Zöldbab	x_{25}	ha
→ Borsó	x_{26}	ha
→ Paradicsom	x_{27}	ha
→ Paprika	x_{28}	ha
→ Alma	x_{29}	ha
→ Körte	x_{30}	ha
→ Cseresznye	x_{31}	ha
→ Meggy	x_{32}	ha
→ Szilva	x_{33}	ha
→ Sárgabarack	x_{34}	ha
→ Őszibarack	x_{35}	ha
→ Málna	x_{36}	ha
→ Szőlő	x_{37}	ha

– **Állati termékek**:		
→ Tehén	x_{38}	db
→ Növendék üsző	x_{39}	db
→ Növendék bika és tinó	x_{40}	db
→ Borjú	x_{41}	db
→ Hízósertés	x_{42}	db
→ Süldő	x_{43}	db
→ Malac	x_{44}	db
→ Anyajuh	x_{45}	db
→ Növendék juh	x_{46}	db
→ Tyúk	x_{47}	db
→ Csirke	x_{48}	db
→ Liba	x_{49}	db
→ Kacsa	x_{50}	db
→ Pulyka	x_{51}	db
→ Tej	x_{52}	liter
→ Tojás	x_{53}	db
→ Méz	x_{54}	kg
-Tartalékváltozók		
→ Növény 1	x_{55}	ha
→ Növény 2	x_{56}	ha
→ Növény 3	x_{57}	ha
→ Növény 4	x_{58}	ha
→ Növény 5	x_{59}	ha
- Egyéb változók		
→ Egyéb 1	x_{60}	
→ Egyéb 2	x_{61}	
→ Egyéb 3	x_{62}	
→ Egyéb 4	x_{63}	
→ Egyéb 5	x_{64}	

Forrás: saját szerkesztés

4.1.2. A modell feltételrendszere

A feltételrendszer megfogalmazása előtt megemlítem, hogy a különböző célú termék-előállítás során a termesztés-technológiák azonosak, hiszen pl. a takarmányozási célú szemeskukorica-termelés és a biohajtóanyag alapját képező kukoricatermelés technológiája között lényeges különbség nincs, tehát a versenyképesség a végtermék értékesítési csatornáiban kialakuló különbség szerint dől el. A modell feltételrendszerét képező modell-egyenleteket a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat:
A modell-egyenletek

1. Egyenlet $\sum_{j=1}^{28} x_j \le T$	(Feltételezzük, hogy a vizsgálatba vont és potenciálisan vonható növények lekötik a gazdaság összes szántóterületét)
2. Egyenlet $\sum_{j=1}^{8} x_j \le T \cdot 0{,}65$	(A gabonanövények együttes területe az összes szántóterület 65%-át nem haladhatja meg.)
3. Egyenlet $x_{29} \le t_{29}$ $x_{30} \le t_{30}$ $x_{31} \le t_{31}$ $x_{32} \le t_{32}$ $x_{33} \le t_{33}$ $x_{34} \le t_{34}$ $x_{35} \le t_{35}$ $x_{36} \le t_{36}$ $x_{37} \le t_{37}$	(Egyedi korlátok a gyümölcsösök területére vonatkozólag. Tehát a jelenlegi területhez képest a gyümölcsösök területét nem tervezzük növelni. A későbbiek során a rugalmasság-vizsgálatkor, a különböző variációk kidolgozásakor ezeket a korlátokat változtatni fogjuk.)
4. Egyenlet $\sum_{j=1}^{71} x_j m_j \le M_{VII}$ $\sum_{j=1}^{71} x_j m_j \le M_{IX}$ $\sum_{j=1}^{71} x_j m_j \le M_{X}$	A kézimunkaerő-szükséglet kielégítésére csak a csúcsidőre állítunk be korlátot, vagyis július, szeptember és október hónapokban a termelés kézimunka igénye nem haladhatja meg a rendelkezésre álló (állandó és időszaki) munkaerő mennyiséget. Ahol m_j az j-edik termék termelésének fajlagos kézimunkaóra igénye, óra/ha, ill. óra/db stb. M a rendelkezésre álló összes kézimunka-mennyiség: értelemszerűen július, szeptember és október hónapokban.
5. Egyenlet $\sum_{j=1}^{13} x_j t_j^{et} - \sum_{j=38}^{51} x_j t_j^{ei} 0{,}7 \ge 0$	Ahol t_j^{et} a j-edik növény energia tartalma J/ha és t_j^{ei} a j-edik állat energia igénye J/db. Feltételezzük, hogy az állati takarmányigény legalább 70%-át saját erőből fedezzük.

6. Egyenlet $\sum_{j=1}^{13} x_j t_j^{ft} - \sum_{j=38}^{51} x_j t_j^{fi} 0{,}7 \geq 0$	ugyanaz emészthető fehérjére számolva.
7. Egyenlet $\sum_{j=1}^{13} x_j t_j^{szt} - \sum_{j=38}^{51} x_j t_j^{szi} 0{,}7 \geq 0$	ugyanaz szárazanyag tartalomra számolva.
8. Egyenlet $\sum_{j=1}^{37} x_j g_{j1_I} \leq G_{1_I}$	Ahol g_{j1_I} a j-edik termék gépi munkaszükséglete az 1-es erőgépre az I időszakban óra/ha, G_{1_I} pedig az 1-es erőgép műszakteljesítménye órában; az I-es szezonban.
9. Egyenlet $\sum_{j=1}^{37} x_j g_{j1_{II}} \leq G_{1_{II}}$	ugyanaz a II. szezonban
10. Egyenlet $\sum_{j=1}^{37} x_j g_{j1_{III}} \leq G_{1_{III}}$	ugyanaz a III. szezonban
11. Egyenlet $\sum_{j=1}^{37} x_j g_{j2_I} \leq G_{2_I}$	A 2. géptípusra vonatkozó hasonló feltételek.
12. Egyenlet $\sum_{j=1}^{37} x_j g_{j2_{II}} \leq G_{2_{II}}$	A 2. géptípusra vonatkozó hasonló feltételek.
13. Egyenlet $\sum_{j=1}^{37} x_j g_{j2_{III}} \leq G_{2_{III}}$	A 2. géptípusra vonatkozó hasonló feltételek.
14. Egyenlet $\sum_{j=1}^{37} x_j g_{j3_I} \leq G_{3_I}$	A 3. géptípusra vonatkozó hasonló feltételek.
15. Egyenlet $\sum_{j=1}^{37} x_j g_{j3_{II}} \leq G_{3_{II}}$	A 3. géptípusra vonatkozó hasonló feltételek.

16. Egyenlet $\sum_{j=1}^{37} x_j \, g_{j3_{III}} \leq G_{3_{III}}$	A 3. géptípusra vonatkozó hasonló feltételek.
17. Egyenlet $\sum_{i=1}^{37} x_j \cdot mg_{j1} \leq M_1$	Ahol mg_{j1} az egyes növények munkagépszükséglete az 1-es munkagépre (műszakóra/ha) és M_1 az 1-es munkagép éves teljesítménye (óra).
18. Egyenlet $\sum_{i=1}^{37} x_j \cdot mg_{j2} \leq M_2$	ugyanaz a 2-es munkagépre
19. Egyenlet $\sum_{i=1}^{37} x_j \cdot mg_{j3} \leq M_3$	ugyanaz a 3-as munkagépre
20. Egyenlet $\sum_{i=1}^{37} x_j \cdot mg_{j4} \leq M_4$	ugyanaz a 4-es munkagépre
21. Egyenlet $\sum_{i=1}^{37} x_j \cdot mg_{j5} \leq M_5$	ugyanaz a 5-ös munkagépre Ebben az esetben külön szezonokra nem célszerű külön feltételeket kiírni, mert ezek általában idényekhez kötöttek.
22. Egyenlet $\sum_{j=1}^{37} x_j \, n_j \leq N$	Ahol n_j az egyes növények nitrogénszükséglete (kg) nitrogén hatóanyag/ha N = a felhasználható nitrogén mennyisége, kg.
23. Egyenlet $\sum_{j=1}^{37} x_j \, k_j \leq K$	ugyanaz a kálium-műtrágyára
24. Egyenlet $\sum_{j=1}^{37} x_j \, p_j \leq P$	ugyanaz a foszforműtrágyára

Forrás: saját szerkesztés

4.1.3. A modell célfüggvényei

Az optimalizációk elvégzéséhez célfüggvényekre van szükségünk, melyek a bemenetek, a kezdeti feltételek és a kényszerek ismeretében valamilyen kimenettel (válasszal), vagy kimenetekkel szolgálnak.

Az irodalom leggyakrabban a maximális bevételt, a minimális költséget vagy az e-kettőből kiszámítható maximális hozamot jelöli meg a célfüggvény tartalmaként. A maximális bevétel az ár és az eladott mennyiség szorzatának helyesen megválasztott paraméterek esetén elért maximuma.

Szintén gyakori cél az elmulasztott nyereség minimalizálása, mely az egyedi döntések hozama optimálistól való eltérésének a minimumát jelenti.

Léteznek hibrid modellek is, melyek a maximális hozammal egyidejűleg figyelembe veszik az elmulasztott nyereséget is.

A biomassza energetikai célú termesztése – ha csak a hozamot vesszük figyelembe – jelenleg nem versenyképes a fosszilis energiahordozókkal. A döntéshozatalnál azonban helytelen lenne csak a hozamot figyelembe venni.

A bevétel, és a költségek ismeretében az eddigiekből a következő célfüggvényeket állíthatjuk fel:

- bevétel maximalizálása (Ft/ha),
- profit maximalizálása (Ft/ha).

A lineáris programozással meghozott döntéseknél a lineáris célfüggvény a maximális hozamon és a minimális elmulasztott nyereségen (regret) kívül számos más függvény is lehet.

Ilyenek lehetnek például:

- az egységnyi területen előállított energiaegység maximuma (pl. kJ/ha),
- az egységnyi energia- vagy munkaráfordítás árán előállított energiaegység maximuma (pl. kJ/kNm),
- az egységnyi költségen előállított energia maximuma (kJ/Ft, kJ/EUR)(A költségek is többféleképpen értelmezhetők),
- az előbbi reciproka: az egységnyi energia költségének minimuma: (Ft/kJ),
- az egységnyi energia előállítása során termelt CO_2 kibocsátás minimuma (t_{CO2}/kJ),
- az egységnyi energia előállítása során a fosszilis alapú energiatermeléshez képest a megtakarított CO_2 kibocsátás maximuma (t_{CO2}/kJ).

A fentieket dimenzió szerinti csoportosításnak lehetne elnevezni, mert e csoportosítás szerint a célfüggvényt legegyszerűbben a dimenziójával lehet jellemezni.

A modellhez tehát olyan célfüggvény-rendszer felírása szükséges, amely:

- a korábbi profitmaximálást változatlanul fontosnak tartja a versenyképesség szempontjából,
- lehetséges alternatívaként kezeli az energetikai célú növények termelését – mint az élelmiszer-termelési céllal versenyző (helyi potenciális lehetőségek kihasználását preferáló) változatot,

– figyelembe veszi az összes mezőgazdasági hulladék-termelést, mint vállalati szempontból megoldandó feladat.

Ezek alapján a klasszikus lineáris programozási modell célfüggvénye – a profitmaximálást leíró általános célfüggvény közgazdasági tartalma* a következő formában fogalmazható meg:

$$\sum_{j=1}^{n}(T_j - C_{aj} - C_{üj} - C_{ej} - C_{mj} - \sum_{h=1}^{m} C_{gj}^{h})x_j \rightarrow \max.$$

ahol:

T_j a j-edik tevékenység egy egysége által előállított termelési érték,

C_{aj} a j-edik tevékenység fajlagos anyagköltsége,

$C_{üj}$ a j-edik tevékenységet terhelő fajlagos üzemanyag-költség,

C_{ej} a j-edik tevékenységet terhelő fajlagos egyéb költség,

C_{mj} a j-edik tevékenységet terhelő fajlagos munkabérköltség,

C_{gj}^{h} a h-adik állóeszköz fix költségéből a j-edik tevékenység egységét terhelő költség (az állóeszközök amortizációs és javítási költsége a fix költség).

Az egységnyi tevékenységre jutó állóeszköz fix költség az állóeszköz kihasználás (pl. gépkihasználás) függvénye, amelynek mértékét csak a termelési szerkezet ismeretében tudják meghatározni. A C^{h}_{gj}-val szimbolizált költségcsoportot ezért – átlagos gépkihasználást feltételezve – csak megbecsülhetjük, szemben a többi költségcsoporttal, amelyek számbavétele nem jelent problémát. E költségcsoport valóságnak megfelelő, reális számbavételét teszi lehetővé a célrealisztikus lineáris programozási modell (Tóth,1972) célfüggvénye, amely a következő formában fogalmazható meg.

$$\sum_{j=1}^{n}(T_j - C_{aj} - C_{üj} - C_{ej} - C_{mj} - \sum_{j=1}^{n}\frac{c_g^h \delta_h}{\boldsymbol{1}^* \boldsymbol{Z}^h \boldsymbol{x}} \cdot \boldsymbol{1}^* \boldsymbol{z}_j^h)x_j \rightarrow max.$$

ahol:

c_g^h a h-adik állóeszköz; évi fix költsége,

δ_h a h-adik állóeszköz darabszáma,

$\boldsymbol{Z}^h$ a h-adik állóeszköz technológiai mátrixa,

z_j^h a Z^h technológiai mátrix j-edik oszlopvektora,

$\boldsymbol{1}^*$ összegző sorvektor.

* A profitmaximálásra irányuló optimalizációs feladat célfüggvényének közgazdasági tartalmát részletesen elemezte: Ertsey Imre: Doktori Értekezés, Debrecen 1974.

A fix költségeket a modell megoldása során a tényleges kihasználásnak megfelelően, tehát a termelési szerkezettel összhangban osztjuk szét a különböző tevékenységek egységére.

A $\boldsymbol{Z}^h\boldsymbol{x}$ szorzat eredménye egy oszlopvektor, amely a h-adik állóeszköz kapacitás iránti szükségletet adja az adott termelési év különböző időszakaiban, amelyet összegezve megkapjuk a h-adik állóeszközre (pl. gép) vonatkoztatott kapacitás igényt. Az összegzést az $\boldsymbol{1}^*$ összegző sorvektorral balról történő szorzással szimbolizáljuk.

$c_g^h\,\delta_h$ a h-adik géptípus (δ_h darab) évi fix költsége, amelyet osztva a h-adik géptípusra vonatkoztatott kapacitásigénnyel, megkapjuk az egységnyi teljesítményre jutó fix költséget:

$$\frac{c_g^h\,\delta_h}{\boldsymbol{1}^*\,\boldsymbol{Z}^h\boldsymbol{x}}$$

z_j^h a j-edik tevékenység egy egysége által támasztott havi gépi munka igény a h-adik géptípus iránt, amelyet összegezve az évi gépi munkateljesítmény iránti igényt kapjuk:

$$\boldsymbol{1}^*\,z_j^h$$

amelyet az egységnyi teljesítményre jutó fix költséggel szorozva, megkapjuk a j-edik egységnyi tevékenység végzése során reálisan jelentkező fix költséget a h-adik géptípusra vonatkozóan.

Ezt valamennyi géptípusra meghatározva és összegezve, megkapjuk a j-edik egységnyi tevékenység végzése során az összes gépi munkával kapcsolatban felmerülő fix költséget. Ha ezt a változó költségekhez hasonlóan levonjuk a T_j-ből, megkapjuk a j-edik egységnyi tevékenység folytatásából származó jövedelmet.

Az előzőek ismeretében a célfüggvényt egyszerűbb formában is megfogalmazhatjuk, az alábbiak szerint:

$$\sum_{j=1}^{n}(T_j - C_j^{vált.})\,x_j - \sum_{h=1}^{m} C_g^h\,\delta_h$$

ahol

$$C_j^{vált.} = C_{aj} + C_{üj} + C_{ej} + C_{mj}$$

A célfüggvényben a termelési érték (T_j) helyett célszerű az árutermelés értékét szerepeltetni, amely lehetővé teszi, hogy a belső termékfelhasználásból adódó halmozódásokat elkerüljük.

Ezt figyelembe véve az alábbiak szerint fogalmazhatjuk meg a célfüggvényt:

$$\sum_{j=1}^{n}(\acute{A}_j - C_j^{vált.})\,x_j - \sum_{h=1} C_g^h\,\delta_h\ .$$

Az ilyen szemlélettel kialakított célfüggvény a tényleges optimumhoz közelebb álló, helyesebb eredményhez vezet.

A modellben, a változók jelölésének megfelelően a profit, illetve a jövedelem maximalizálását az alábbi célfüggvény-rendszerrel írhatjuk le:

a.
$$\sum_{j=1}^{n} x_j J_j^t \rightarrow maximum$$

ahol: x_j = terület, ha, illetve db, liter
J_j^t = a megfelelő tiszta jövedelem, Ft/ha, Ft/db, Ft/l.

b.
$$\sum_{j=1}^{n} x_j J_j^b \rightarrow maximum$$

ahol: x_j = terület, ha, illetve db, liter
J_j^b = a megfelelő bruttó jövedelem, Ft/ha, Ft/db, Ft/l.

c.
$$\sum_{j=1}^{n} x_j J_j^k \rightarrow maximum$$

ahol: J_j^k = a költségarányos jövedelem, Ft jövedelem/100 Ft költség

d.
$$\sum_{j=1}^{n} x_j J_j^{mn} \rightarrow maximum$$

ahol: J_j^{mn} = 1 munkaórára jutó nettó jövedelem, Ft/óra).

e.
$$\sum_{j=1}^{n} x_j J_j^{mb} \rightarrow maximum$$

ahol: J_j^{mb} = 1 munkaórára jutó bruttó jövedelem, Ft/óra).

f.
$$\sum_{j=1}^{n} x_j K_j \rightarrow minimum$$

ahol: K_j = fajlagos költségek, Ft/ha, Ft/db, Ft/l.

g.
$$\sum_{j=1}^{n} x_j O_j \rightarrow maximum$$

ahol: O_j = az adott termék-előállítás egységére jutó munkaóra-felhasználás óra/ha, óra/db, óra/liter.

Bioenergia maximálására irányuló számítások:

a. $$\sum_{i=1} X_i \, E_i \rightarrow maximum$$

ahol: E_j = az adott termék termelési egységére jutó energiatermelés *Joule*/ha, db, liter
(A profit-maximalizálásra irányuló szerkezet-optimumok olyan mértékben térnek el, amilyen mértékben az energia-termelési arányok eltérnek a primertermelő képességektől).

b. $$\sum_{j=1}^{n} x_j \, H_j \rightarrow maximum$$

ahol: H_j = az adott termék termelési egységére jutó energiatermelés (bioüzemek alapanyag-inputjaként).
Ebben az esetben a számítások arra irányulnak, hogy a bioreaktor-üzemeknek mekkora ellátási körzet szükséges ahhoz, hogy azok input-szükséglete folyamatosan biztosítható legyen.

4.2. A biomassza Tass-pusztai modellje (A modell paramétereinek becslése)

A Biomassza termelés optimalizációs modellje lineáris programozáson alapul és lehetővé teszi, hogy egy általam kiválasztott mezőgazdasági területre vonatkozóan meghatározzam az optimális vetésszerkezetet, különböző célfüggvények esetén. A döntés fő kérdése, hogy a rendelkezésre álló földterület és erőforrás kapacitás mellett élelmiszercélú vagy inkább energetikai célú hasznosítás irányában célszerű elmozdulni. Az általánosíthatóság kedvéért olyan modellt szándékoztam felállítani, amely a biogáz, a bioetanol és a biodízel végtermékre történő optimalizálást is szemléltetni tudja. A modellt olyan vállalkozások számára készítettem, amelyek komolyan szándékoznak bioenergia termeléssel, esetleg közvetlen hasznosítással foglalkozni.

Manapság már reális lehetősége van a vállalati szintű energiatermelő vállalkozások alapításának. Tekintettel arra, hogy ezen vállalkozások működési költségének 2/3-a alapanyagköltség, fontos kérdés, hogy az energetikai és élelmiszertermelési célok egymáshoz viszonyított versenye hogyan alakul. A paraméterek becsléséhez figyelembe vettem egy modellszintű energiavállalkozás fontosabb beruházás-gazdaságossági költség-hozam viszonylatait. Ebben **Szűcs I. et al.** (2009) számításaira támaszkodtam.

Energianövényként elsősorban a különböző gyorsan növő, gyakrabban kitermelhető, nagy tömeget adó fafajok jöhetnek szóba, de a szántóföldi, elsősorban élelmiszeripari céllal termesztett növények közül a búza, kukorica, napraforgó, repce, burgonya, cukorrépa, csicsóka is hasznosítható energianövényként (3. táblázat). A

modellben két sorban szereplő − takarmányozási és energetikai célú − növény fajtája, termesztés-technológiája azonos, csak a végtermék hasznosítása tekintetében van különbség.

A termelés szempontjából számításba vehető növények kiválasztása a Tass-pusztai Tangazdaság jelenlegi, viszonylag egyszerű termelési szerkezetéből kiindulva, az általánosíthatóság lehetőségének nyitvahagyásával történt.

3. táblázat:

A Tass-pusztai modell változói

Megnevezés	**változó**	**mértékegység**
Búza (étkezési és takarmánybúza)	x_1	ha
Búza (energetikai célú)	x_2	ha
Zab (takarmány célú)	x_3	ha
Zab (energetikai célú)	x_4	ha
Rozs(takarmány célú)	x_5	ha
Rozs (energetikai célú)	x_6	ha
Kukorica (takarmány célú)	x_7	ha
Kukorica (energetikai célú)	x_8	ha
Burgonya (hagyományos)	x_9	ha
Burgonya (energetikai célú)	x_{10}	ha
Cukorrépa (takarmány)	x_{11}	ha
Cukorrépa (energetikai célú)	x_{12}	ha
Napraforgó (takarmány)	x_{13}	ha
Napraforgó (energetikai célú)	x_{14}	ha
Repce	x_{15}	ha
Szója	x_{16}	ha
Cukorcirok	x_{17}	ha
Csicsóka	x_{18}	ha

Forrás: saját szerkesztés

4.2.1. A modell főbb jellemzői

- LP modellezési technikán alapul,
- a modellváltozók az alapváltozaton túlmenően szinte korlát nélkül, tetszés szerint változtathatók, tehát akár különböző növényfajták, vagy talajféleségek, stb. szerint bővíthetők.

A modellel szemben állított követelmények indokolták, hogy csak a valóban lényeges összefüggéseket vegyük figyelembe. A mérlegfeltételeket a szakmai és gyakorlati igényeknek megfelelően időszaki bontásban építettem be a modellbe.

A modellben

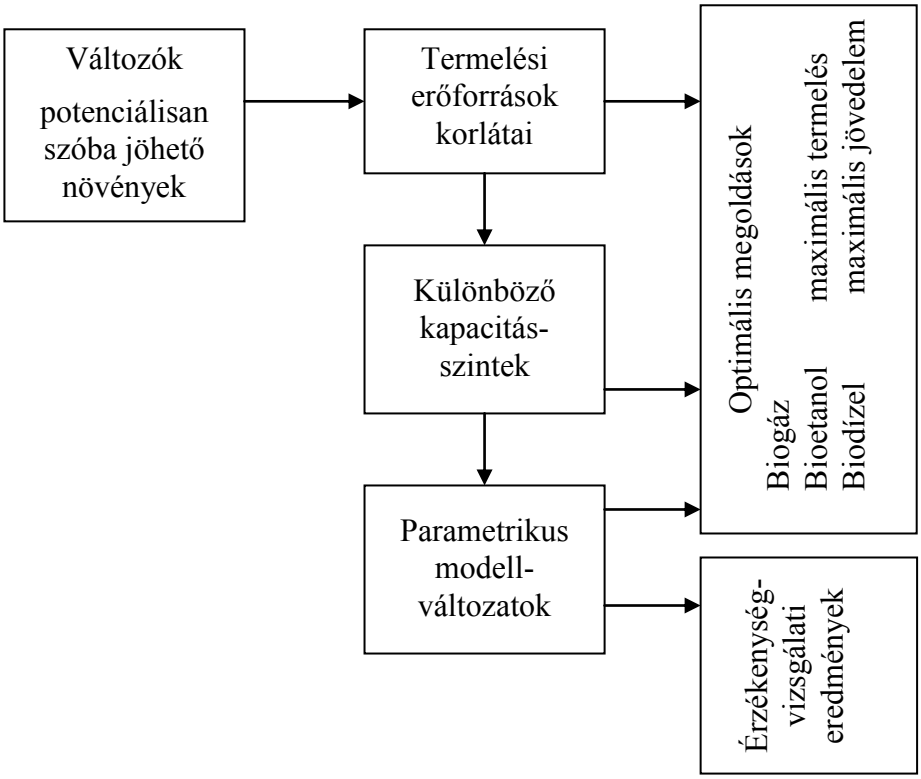
- a korlátozó feltételek a vállalati sajátosságokhoz igazíthatók,
- kezelhetők a makrogazdasági szabályozók vállalati gazdálkodásra történő hatásai,
- változtatható a technológiai együtthatók mátrixa,
- különböző célfüggvények mellett végezhetők az optimalizációs számítások.

A mérlegfeltételek:

- nem-negativitási feltétel,
- a terület-felhasználás mérlegfeltétele,
- a vetésváltási szempontok érvényesítése, egyes növények maximális vetésterületének egyedi korlátaival,
- a munkaerő és a gépkapacitás (amelyeket csak a csúcsidőszakra írtam fel, mert a többi időszak nem meghatározó a termelési szerkezet szempontjából),
- műtrágya mennyiség.

A célfüggvények:

- Elérhető maximális jövedelem,
- Megtermelhető biomassza maximális mennyisége,
- A megtermelhető biomasszából előállítható biogáz maximális mennyisége,
- Biogáz előállítás esetén elérhető maximális jövedelem,
- A megtermelhető biomasszából előállítható bioetanol maximális mennyisége,
- Bioetanol előállítás esetén elérhető maximális jövedelem,
- A megtermelhető biomasszából előállítható biodízel maximális mennyisége,
- Biodízel előállítás esetén elérhető maximális jövedelem.



9.ábra: A modell szerkezeti logikája

Forrás: Szűcs I. et al. (2009) alapján saját szerkesztés

A modellparaméterek becslését az erre vonatkozó szakirodalom áttanulmányozása, a használható módszerek kiválasztása és tudományos szakértői becslés előzte meg. Olyan általánosítható modellt állítottam fel, amely a biogáz, bioetanol és a biodízel végtermékre történő optimalizálásra is alkalmazható. A próbafuttatásokat Tass-puszta adataival végeztem. A gazdaság 480 hektár területtel rendelkezik. A viszonylag egyszerű termelési szerkezetet viszont úgynevezett „feltételesen termelhető" növényi körrel egészítettem ki, s ezekre feltételezett termelési paramétereket dolgoztam ki és építettem be a modellbe. A modell szerkezeti logikáját a 9. ábrán mutatom be.

4.2.2. A termelési szerkezet optimalizálásának menete

Input táblázat összeállítása

A termelési szerkezet optimalizálásának első lépése az input rendszer definiálása, a modell feltöltését magalapozó input táblarendszer összeállítása. Az áradatok a 2007-es és a 2008-as év átlagadatai. Az input táblázat elkészítéséhez szükség van az erőforrások, kapacitások számbavételére, a termeszthető növények technikai-technológiai adataira, majd ezek alapján a feltételrendszer matematikai megfogalmazására. Az input táblarendszer helyes kitöltése esetén a módszer automatikusan működik.

Erőforrások, kapacitások számbavétele

- rendelkezésre álló terület nagysága: 480 ha,
- munkaerő havi 520 óra, szeptemberben 800 óra,
- erőgép havonta 820 óra,
- 2. típusú munkagép: havonta 900 óra,
- 3. típusú munkagép havonta 400 óra,
- felhasználható műtrágya mennyiség összesen 1500 tonna.

Feltételrendszer megfogalmazása

A feltételrendszer matematikai megfogalmazását a 4. táblázatban foglaltam össze. A táblázat a zárójelben lévő számozás szerint tartalmazza a sorokat. A feltételrendszer alapján készítettem el a modell input táblázatát (5. táblázat).

- Nem-negativitási feltételek felírása *(1)*. Jelentése: negatív terméket nem lehet előállítani.
- A terület-felhasználás mérlegfeltételeinek megfogalmazása *(2)*. A változók az egyes növények vetésterületét jelentik. Egy vállalat földterülete általában több talajtípusból tevődik össze, így szükségessé válhat az egyes talajtípusok szerint megbontott mérlegfeltételek modellbe építése. Az egyszerűsített modell erre nem tér ki.
- A vetésváltási szempontoknak megfelelően egyes növények maximális vetésterületének meghatározása egyedi korlátok bevezetésével.
  - a kalászosok területe nem haladhatja meg az összes terület 2/3-át *(3.a.),*
  - a cukorrépa *(3.b.)*,
  - a repce *(3.c.)* ,
  - a napraforgó *(3.d.)*

  vetésterülete egyenként nem haladhatja meg az összes terület 25-25%-át.

A munkaerő- és a munkagép szükségletet illetve kapacitást csak a csúcsidőszakra írom fel, mert a többi időszakban nem lehet meghatározó a termelési szerkezet szempontjából. Így jelentős mértékben csökkenthetem a mérlegfeltételek számát, illetve a modell terjedelmét anélkül, hogy az befolyásolná a megoldás pontosságát. A valóságtól eltérő egyszerűsítés a jobb áttekinthetőség céljából történt.

A technológiának megfelelően a további sorok illeszthetők a modellbe:

- munkaerő szükséglet (óra/ha)
  - a VII. *(4.a.)*,
  - a IX. *(4.b.)*,
  - és a X. hónapban *(4.c.)*.
- erőgép szükséglet (óra/ha)
  - az 1. *(5.a.)*,
  - a 2. *(5.b.)*,
  - és a 3. szezonban *(5.c.)*.

- 2. típusú munkagép szükséglet (óra/ha)
    - az 1. *(6.a.)*,
    - a 2. *(6.b.)*,
    - és a 3. szezonban *(6.c.)*.
- 3. típusú munkagép szükséglet (óra/ha)
    - az 1. *(7.a.)*,
    - a 2. *(7.b.)*,
    - és a 3. szezonban *(7.c.)*.
- Szükséges műtrágya mennyiség (kg/ha)
    - nitrogén *(8.a.)*,
    - foszfor *(8.b.)*,
    - kálium hatóanyag *(8.c.)*, ill. felhasználható műtrágya mennyiség (kg).

A célfüggvények megfogalmazásához felhasznált adatok a termelésben dolgozó szakemberektől kapott konkrét, a szakirodalom és internetes oldalak tanulmányozása során gyűjtött, illetve ezek felhasználásával általam kalkulált mutatók.

A megtermelhető biomasszából előállítható biogáz maximális mennyiségénél a nettó energiatartalomból általam számított mutatókat használtam fel.

Biogáz előállítás esetén elérhető maximális jövedelem számításánál átlagosan 10 Ft/m^3 haszonnal kalkuláltam.

Biodízel esetében maximális jövedelemre nem lehet optimalizálni, mivel a biodízel előállítási költsége és átvételi ára megegyezik, 262,5 Ft/l. Az olajsajtolás költségei miatt szóba jöhető növények köre is leszűkül.

Bioetanol előállítás esetén elérhető maximális jövedelem számításánál a literenkénti 160 Ft-os átvételi árat vettem figyelembe. Az „elméleti” értékek számítási módját a 6. táblázatban mutatom be. A célfüggvények meghatározásához felhasznált adatokat a 7. táblázatban, az input táblázathoz a célnak megfelelően hozzáfűzendő célfüggvényeket pedig a 8. táblázatban foglalom össze.

4. táblázat:
A feltételrendszer matematikai megfogalmazása

1.	$\boldsymbol{x \geq 0}$
2.	$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} \leq 480$
3.a. 3.b. 3.c. 3.d.	$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 \leq 320$ $x_{11} + x_{12} \leq 120$ $x_{13} + x_{14} \leq 120$ $x_{15} \leq 120$
4.a. 4.b. 4.c.	$7x_1 + 7x_2 + 8x_3 + 8x_4 + 8x_5 + 8x_6 + 2x_7 + 2x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{16} + x_{17} + x_{18} \leq 520$ $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + 0.5x_5 + 0.5x_6 + 2x_7 + 2x_8 + 4x_9 + 4x_{10} + 2x_{11} + 2x_{12} + 2x_{14} + 2x_{16} + x_{17} + x_{18} \leq 800$ $2x_1 + 2x_2 + 2x_3 + 3x_4 + x_5 + x_6 + 7x_7 + 7x_8 + 4x_9 + 4x_{10} + x_{14} + x_{15} \leq 520$
5.a. 5.b. 5.c.	$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + 2x_5 + 2x_6 + x_9 + x_{10} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{18} \leq 820$ $x_1 + x_2 + 0.9x_3 + 0.9x_4 + x_5 + x_6 + 0.1x_7 + 0.1x_8 + x_9 + x_{10} + 2x_{11} + +2x_{14} + 2x_{15} + x_{17} \leq 820$ $4x_1 + 4x_2 + .8x_3 + 0.8x_4 + x_5 + x_6 + 2x_7 + 2x_8 + x_9 + x_{10} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} \leq 820$
6.a. 6.b. 6.c.	$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + 2x_5 + 2x_6 + x_9 + x_{10} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{18} \leq 900$ $x_1 + x_2 + 0.9x_3 + 0.9x_4 + x_5 + x_6 + 0.1x_7 + 0.1x_8 + x_9 + x_{10} + 2x_{11} + 2x_{12} + 2x_{14} + 2x_{15} + x_{17} \leq 900$ $4x_1 + 4x_2 + 0.8x_3 + 0.8x_4 + x_5 + x_6 + 2x_7 + 2x_8 + x_9 + x_{10} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{18} \leq 900$
7.a. 7.b. 7.c.	$1.5x_1 + 1.5x_2 + 1.5x_3 + 1.5x_4 + 3x_5 + 3x_6 + x_{13} + x_{14} \leq 400$ $x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + \leq 400$ $2x_7 + 2x_8 + 4x_9 + 4x_{10} + x_{14} + x_{15} + x_{18} \leq 400$
8.a. 8.b. 8.c.	$121x_1 + 121x_2 + 70x_3 + 70x_4 + 53x_5 + 53x_6 + 168x_7 + 168x_8 + 125x_9 + 125x_{10} + 230x_{11} + 230x_{12} + 126x_{13} + 100x_{14} + 100x_{15} + 124x_{16} + 140x_{17} + 200x_{18} \leq 700000$ $50x_1 + 50x_2 + 30x_3 + 30x_4 + 25x_5 + 25x_6 + 66x_7 + 66x_8 + 50x_9 + 50x_{10} + 115x_{11} + 115x_{12} + 80x_{13} + 75x_{14} + 75x_{15} + + 74x_{16} + 70x_{17} + 75x_{18} \leq 500000$ $81x_1 + 81x_2 + 73x_3 + 73x_4 + 55x_5 + 55x_6 + 180x_7 + 180x_8 + 225x_9 + 225x_{10} + 360x_{11} + 360x_{12} + 100x_{13} + 175x_{14} + 175x_{15} + 102x_{16} + 70x_{17} + 250x_{18} \leq 300000$

Forrás: A mintagazdaság adatai valamint szakirodalmi források alapján saját szerkesztés

5. táblázat:
Input táblázat

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}		$\underline{b}$
	búzaét	búzaen	zabtak	zaben	rozstak	rozsen	kuktak	kuken	burgét	burgen	crépaét	crépaen	repce	naprét	napren	szója	ccirok	csicsóka	reláció	kapacitás
Terület (ha)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	≤	480
Kalászmax66%	1	1	1	1	1	1													≤	320
Crépamax25%											1	1							≤	120
Repcemax25%													1						≤	120
Naprmax25%														1	1				≤	120
m-erő07 (ó/ha)	7	7	8	8	8	8	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	≤	520
m-erő09 (ó/ha)	1	1	1	1	0,5	0,5	2	2	4	4	2	2	0	2	2	0	0	0	≤	800
m-erő10 (ó/ha)	2	2	2	2	1	1	7	7	4	4	0	0	0	1	1	0	0	0	≤	520
e-gép-1 (ó/ha)	1	1	1	1	2	2	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	≤	820
e-gép-2 (ó/ha)	1	1	0,9	0,9	1	1	0,1	0,1	1	1	2	2	0	2	2	0	1	0	≤	820
e-gép-3 (ó/ha)	4	4	0,8	0,8	1	1	2	2	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	≤	820
2-gép-1 (ó/ha)	1	1	1	1	2	2	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	≤	900
2-gép-2 (ó/ha)	1	1	0,9	0,9	1	1	0,1	0,1	1	1	2	2	0	2	2	0	1	0	≤	900
2-gép-3 (ó/ha)	4	4	0,8	0,8	1	1	2	2	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	≤	900
3-gép-1 (ó/ha)	1,5	1,5	1,5	1,5	3	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	≤	400
3-gép-2 (ó/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	≤	400
3-gép-3 (ó/ha)	0	0	0	0	0	0	2	2	4	4	0	0	0	1	1	0	0	1	≤	400
N hatóa.kg/ha	121	121	70	70	53	53	168	168	125	125	230	230	126	100	100	124	140	200	≤	70000
P hatóa.kg/ha	50	50	30	30	25	25	66	66	50	50	115	115	80	75	75	74	70	75	≤	500000
K hatóa.kg/ha	81	81	73	73	55	55	180	180	225	225	360	360	100	175	175	102	70	250	≤	300000

Forrás: A mintagazdaság adatai, valamint szakirodalmi források alapján saját szerkesztés

6. táblázat:

Bioetanol előállítás esetén elérhető jövedelem számítása

Bioetanol célú felhasználás		termésátlag kg/ha	kinyerhető alkohol l/kg	hozam l/ha	ár Ft/l	termelési érték Ft/ha	önköltség Ft/l	termelési költség Ft/ha	elérhető jövedelem Ft/ha
x_1	Búza (étkezési és tak.célú)	5000	0,30	1500	160	240000	110	165000	75000
x_2	Búza (energetikai célú)	7500	0,23	1725	160	276000	120	207000	69000
x_3	Zab (takarmány célú)	3000	0,30	900	160	144000	110	99000	45000
x_4	Zab (energetikai célú)	4500	0,23	1035	160	165600	120	124200	41400
x_5	Rozs(takarmány célú)	2500	0,30	750	160	120000	110	82500	37500
x_6	Rozs (energetikai célú)	4000	0,22	885	160	141600	120	106200	35400
x_7	Kukorica (takarmány célú)	6000	0,38	2300	160	368000	90	207000	161000
x_8	Kukorica (energetikai célú)	11000	0,24	2675	160	428000	100	267500	160500
x_9	Burgonya (hagyományos)	25000	0,08	2000	160	320000	300	600000	-280000
x_{10}	Burgonya(energetikai célú)	40000	0,07	2750	160	440000	350	962500	-522500
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)	40000	0,10	4000	160	640000	110	440000	200000
x_{12}	Cukorrépa (energ. célú)	50000	0,09	4500	160	720000	120	540000	180000
x_{17}	Cukorcirok	35000	0,13	4700	160	752000	60	282000	470000
x_{18}	Csicsóka	50000	0,1	5000	160	800000	70	350000	450000

Forrás: A mintagazdaság adatai valamint szakirodalmi források alapján saját kalkuláció

7. táblázat: ***A célfüggvények meghatározásához felhasznált adatok***

Változó	Megnevezés	**Élelmiszer célú termelés**		**Biogáz célú hasznosítás**		**Bioetanol célú hasznosítás**		**Biodízel célú hasznosítás**	
		Várható termés t/ha	Elérhető jövedelem Ft/ha	Kinyerhető biogáz m^3/ha	Elérhető jövedelem Ft/ha	Bioetanol hozam l/ha	Elérhető jövedelem Ft/ha	Biodízel hozam l/ha	Elérhető jövedelem Ft/ha
x_1	Búza (étkezési és tak.célú)	5	100000	2565	25650	1500	75000		
x_2	Búza (energetikai célú)	7,5	110000	3040	30400	1725	69000		
x_3	Zab (takarmány célú)	3	80000	1710	17100	900	45000	217	56962,5
x_4	Zab (energetikai célú)	4,5	86000	2052	20520	1035	41400		
x_5	Rozs(takarmány célú)	2,5	80000	567	5670	750	37500		
x_6	Rozs (energetikai célú)	4	86000	852	8520	885	35400		
x_7	Kukorica (takarmány célú)	6	105000	3828	38280	2300	161000	172	45150
x_8	Kukorica (energetikai célú)	11	125000	5423	54230	2675	160500		
x_9	Burgonya (hagyományos)	25	300000	2198	21980	2000	-280000		
x_{10}	Burgonya(energetikai célú)	40	360000	3077	30770	2750	-522500		
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)	40	160000	4104	41040	4000	200000		
x_{12}	Cukorrépa(energetikai célú)	50	200000	4788	47880	4500	180000		
x_{13}	Repce	2,5	130000	1626	16260			600	157500
x_{14}	Napraforgó (étkezési célú)	3	125000	2280	22800			980	257250
x_{15}	Napraforgó (energetikai célú)	6	137000	2850	28500				
x_{16}	Szója	2	120000	1680	16800			400	105000
x_{17}	Cukorcirok	35	90000	2256	22560	4700	470000		
x_{18}	Csicsóka	50	180000	1400	14000	5000	450000		

Forrás: A mintagazdaság adatai, valamint szakirodalmi források alapján, saját kalkuláció

A célfüggvények matematikai megfogalmazása

1. Elérhető maximális jövedelem

$$100000x_1 + 110000x_2 + 80000x_3 + 86000x_4 + 80000x_5 + 86000x_6 + 105000x_7 + 125000x_8 + 300000x_9 + 360000x_{10} + 160000x_{11} +$$
$$+ 200000x_{12} + 130000x_{13} + 125000x_{14} + 137000x_{15} + 120000x_{16} + 90000x_{17} + 180000x_{18} = \max$$

2. Megtermelhető biomassza maximális mennyisége

$$5x_1 + 7{,}5x_2 + 3x_3 + 4{,}5x_4 + 2{,}5x_5 + 4x_6 + 6x_7 + 11x_8 + 25x_9 + 40x_{10} + 40x_{11} + 50x_{12} + 2{,}5x_{13} + 3x_{14} + 6x_{15} + 2x_{16} + 35x_{17} + 50x_{18} = \max$$

3. A megtermelhető biomasszából előállítható biogáz maximális mennyisége

$$2565x_1 + 3040x_2 + 1710x_3 + 2052x_4 + 567x_5 + 852x_6 + 3828x_7 + 5423x_8 + 2198x_9 + 3077x_{10} + 4104x_{11} + 4788x_{12} + 1626x_{13} + 2280x_{14} +$$
$$+ 2850x_{15} + 1680x_{16} + 2256x_{17} + 1400x_{18} = \max$$

4. Biogáz előállítás esetén elérhető maximális jövedelem

$$25650x_1 + 30400x_2 + 17100x_3 + 20520x_4 + 5670x_5 + 8520x_6 + 38280x_7 + 54230x_8 + 21980x_9 + 30770x_{10} + 41040x_{11} + 47880x_{12} + 16260x_{13} + 22800x_{14} +$$
$$+ 28500x_{15} + 16800x_{16} + 22560x_{17} + 14000x_{18} = \max$$

5. A megtermelhető biomasszából előállítható bioetanol maximális mennyisége

$$1500x_1 + 1725x_2 + 900x_3 + 1035x_4 + 750x_5 + 885x_6 + 2300x_7 + 2675x_8 + 2000x_9 + 2750x_{10} + 4000x_{11} + 4500x_{12} + 4700x_{17} + 5000x_{18} = \max$$

6. Bioetanol előállítás esetén elérhető maximális jövedelem

$$75000x_1 + 69000x_2 + 45000x_3 + 41400x_4 + 37500x_5 + 35400x_6 + 161000x_7 + 160500x_8 - 280000x_9 - 522500x_{10} +$$
$$+ 200000x_{11} + 180000x_{12} + 470000x_{17} + 450000x_{18} = \max$$

7. A megtermelhető biomasszából előállítható biodízel maximális mennyisége

$$217x_4 + 172x_7 + 600x_{13} + 980x_{14} + 400x_{16} = \max$$

8. Biodízel előállítás esetén elérhető maximális termelési érték

$$56963x_4 + 45150x_7 + 157500x_{13} + 257250x_{14} + 105000x_{16} = \max$$

8. táblázat:

Az input táblázathoz az célnak megfelelően hozzáfűzendő célfüggvények összefoglaló táblázata

Megnevezés	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}		
	búzaét	búzaen	zabtak	zaben	rozstak	rozsen	kuktak	kuken	burgét	burgen	crépaét	crépen	repce	naprét	napren	szója	ccirok	csicsóka		cél
Elérh.max jöv	100	110	80	86	80	86	105	125	300	360	160	200	130	125	137	120	90	180	=	max
biomassz.max.	5	7,5	3	4,5	2,5	4	6	11	25	40	40	50	2,5	3	6	2	35	50	=	max
max. biogáz	2565	3040	1710	2052	567	852	3828	5423	2198	3077	4104	4788	1626	2280	2850	1680	2256	1400	=	max
biogáz.max.jöv	25,65	30,40	17,10	20,52	5,67	8,52	38,28	54,23	21,98	30,77	41,04	47,88	16,26	22,80	28,50	16,80	22,56	14,00	=	max
bioetanol	1500	1725	900	1035	750	885	2300	2675	2000	2750	4000	4500					4700	5000	=	max
etanol max.jöv	75	69	45	41,40	37,50	35,40	161	160,50	-280	-522,5	200	180					470	450	=	max
max biodízel				217			172						600	980		400			=	max
dízel max jöv				56,96			45,15						157,5	257,25		105			=	max

Forrás: A mintagazdaság adatai, valamint szakirodalmi források alapján, saját szerkesztés

4.3. Modellszámítások eredményeinek értékelése

A korábban körülírt alapadatok (input) számítógépbe történő bevitele, a kialakított lineáris programozási feladat input táblarendszerének feltöltése és a célegyütthatók meghatározása után a számítógép segítségével kiszámítható a feladat megoldása, megállapítható az optimális termelési szerkezet.

Az alapmodell számítási eredményei

Ha a cél az elérhető maximális jövedelem

az optimális termelési szerkezet:

burgonya (energetikai célú)	100 ha
cukorrépa (energetikai célú)	120 ha
repce	120 ha
szója	140 ha
elérhető maximális jövedelem:	92 400 000 Ft

Ha a cél a megtermelhető biomassza maximális mennyisége

az optimális termelési szerkezet:

cukorrépa (energetikai célú)	120 ha
csicsóka	360 ha
elérhető maximális biomassza tömeg:	24 000 tonna

A csicsóka termőterületére agrotechnikai okok miatt érdemes lehet korlátot beiktatni – pl. ne haladja meg a teljes terület 10%-át. Ebben az esetben az optimális vetésszerkezet a következő:

kukorica (energetikai célú)	32 ha
burgonya (energetikai célú	72 ha
cukorrépa (energetikai célú	120 ha
cukorcirok	208 ha
csicsóka	48 ha
elérhető maximális biomassza tömeg:	18 912 tonna

Biogáz mennyiség maximalizálása

Búzát 3.75; kukoricát 22.5; burgonyát 88.75; cukorrépát 120; repcét 120; cukorcirkot 120 hektáron kellene termeszteni, hogy a megtermelhető biogáz mennyisége maximális legyen. Maximálisan 1 446 901 m^3 biogáz mennyiséget lehet ebben az esetben elérni. 10 Ft/m^3 jövedelemmel kalkulálva az így elérhető maximális jövedelem: 14 469 010 Ft lehet.

A megtermelhető biomasszából előállítható bioetanol maximális mennyisége

Amennyiben nem korlátozzuk a csicsóka és a cukorcirok termőterületét az optimális termelési szerkezetben csak ez a két növény szerepel. Az így elérhető bioetanol mennyiség elméletileg elérheti a 2 292 000 litert.

Amennyiben korlátozzuk 10-10 %-ra a csicsóka és a cukorcirok termőterületét, az optimális termelési szerkezetben más növények is helyet kapnak, de így a kinyerhető bioetanol mennyisége maximálisan 1 322 459 liter lehet.

Bioetanol előállítás esetén elérhető maximális jövedelem

Ha nem korlátozzuk a csicsóka és a cukorcirok által elfoglalt terület nagyságát. elméletileg 224 millió Ft jövedelmet lehet elérni.*

A csicsókatermelés költségeire vonatkozóan gyűjtött adataim esetében nagy a szórás. Ennek a növénynek számos előnyös tulajdonsága ellenére kicsi a területi aránya, melynek valószínű oka, hogy nem eléggé ismertek a hasznosítás lehetőségei. Ezért fontosnak tartom, hogy a csicsóka szerepeljen az energetikai célú termelési modellben, de területi korlátot írok elő. A cukorcirok esetében hasonló indokok alapján szintén korlátozom a felhasználható terület nagyságát.Ha korlátozzuk 10-10%-ra a csicsóka és a cukorcirok termőterületét, akkor az optimális termelési szerkezet szerint búzát 26, kukoricát 26, burgonyát 76, cukorrépát 120, cukorcirkot 48, csicsókát 48 hektáron termelve bioetanolra történő hasznosítás esetén az elérhető jövedelem 107 654 000 Ft lehet.

A maximálisan kinyerhető biodízel mennyisége 285 600 liter abban az esetben, ha a területet repce, napraforgó és szója termesztésére tudjuk használni, akkor a maximálisan elérhető termelési érték: 74 970 000 Ft lehet. Biodízel esetében maximális jövedelemre nem tudunk optimalizálni, mivel a biodízel előállítási költsége és átvételi ára megegyezik 262,5 Ft/liter. Az olajsajtolás költségei miatt szóba jöhető növények köre is leszűkül.

Az eredményeket összefoglalva azonos területre vetítve tehát az optimalizációs feladat megoldása után a következő jövedelemtömeg prognosztizálható:

- élelmiszercélú termelésre történő optimalizálás esetén: 92 400 000 Ft
- biogázra történő maximálás esetén: 14 469 010 Ft
- biodízelre történő optimalizálás esetén: 74 970 000 Ft
- bioetanolra történő optimalizálás esetén elméletileg: 224 000 000 Ft

---

* A csicsóka nagy termést adó takarmány- és élelmiszernövény, nagyon igénytelen, betegsége szinte nincs. A gyógyszer- és az élelmiszeripar mellett az energiaipar is tudja hasznosítani. A csicsóka egyéves növény, de évelőként viselkedik, hiszen a földben maradt gumókról újrasarjad és 5-10 éven át nagymennyiségű termést ad. Ennek megfelelően, ha évente újra ültetik, viszonylag magas a művelési költsége, de igen magas termésátlagot produkál. Ha viszont hagyják, hogy a következő évben a földben maradt gumókról újrasarjadjon, akkor gyakorlatilag csak a betakarítás költsége terheli a termést. Tavasszal már júniusban lehet kaszálni, s minőségében, tápértékében vetekszik a lucernával. A levágott szár november végére ismét 3-4 méter magasra nő, s a későbbiekben ezt a szárat lehet felhasználni biogáz-alapanyagként. A csicsóka szárának hőértéke magasabb, mint a szalmáé vagy a szudánifűként is ismert energiafűé, pellet vagy brikett formában tüzelőként is hasznosítható. A gumóját burgonyakombájnnal takarítják be.

A vizsgált gazdaság már rendelkezik **biogáz** üzemmel. A 480 ha területen elérhető jövedelem nagyságát vizsgálva megállapítható, hogy a főtermékből történő biogáz előállítás az élelmiszer illetve takarmányozási célú értékesítés töredékét (15,66 %-át) éri csak el. Ezért biogáz termelésre csak melléktermékет használnak fel, a főterméket pedig értékesítik.

A Tass-pusztai Tangazdaság esetében az ökológiai adottságok szerint **biodízel** üzem is létrehozható, azaz úgynevezett energiafarm alakítható ki. Ha a teljes területen biodízel előállítására alkalmas növényeket – napraforgót, repcét illetve szóját termelnének, és ezt teljes mennyiségben biodízellé alakítanák át, akkor a 480 ha területről elérhető jövedelem 81,14 %-át tenné csak ki az élelmiszer és takarmányozási célú bevételnek úgy, hogy a biodízel üzem beruházás megtérülését még nem is veszem figyelembe.

A mintagazdaságban felvetődött **bioetanol** üzem létesítésének lehetősége is. Számításaim alapján a bioetanol előállításra történő növényi alapanyag termelés és energetikai célú saját feldolgozás gazdaságosabbnak tekinthető az élelmiszer, illetve takarmányozási célra történő értékesítéssel szemben. A területen termesztett bioetanol célra alkalmas növényekből elméletileg 2 292 000 liter bioetanol nyerhető ki. Azonban agrotechnikai megfontolások miatt a cukorcirokra és a csicsókára területi korlát beiktatásával jóval szerényebb – 1 322 459 liter mennyiségű bioetanol kalkulálható, ami 16,5 %-kal több az élelmiszer és takarmányozási célú felhasználás esetén várt jövedelemnél.

Azok a mezőgazdasági vállalkozások, amelyek energetikai célra termelnek biomasszát, magasabb összegű területalapú támogatást kaphatnak. Ez az egy hektárra jutó jövedelmet 10-15%-kal megnövelheti az élelmiszer célú értékesítéssel szemben. Ezt a támogatást csak akkor kaphatják, ha hosszabb távú szerződést kötnek adott bioenergiát előállító üzemmel.

A tapasztalat szerint a mezőgazdasági vállalkozók nem szívesen vállalják a hosszú távú szerződést, mivel a szeszélyes időjárási viszonyok miatt – pl. több aszályos év egymás után, korai fagyok, árvizek által kipusztuló vetések – nagy a termésingadozás.

A kapott megoldást tehát részletes vizsgálatnak kell alávetni. Az árnyékárak – a duális változók – azaz a kimerült erőforrások értékelő árának ismeretében lehet a programon módosítani. A felvetődött problémákat a modell méretének növelésével, részletezésével, összefüggések leírásával, kapacitáskibővítéssel, új tevékenység beiktatásával, új korlátok bevezetésével lehet megoldani, a programot korrigálni.

Az értékelés során felmerülő új gondolatok, új alternatívák kidolgozási igénye esetén módosításra kerülhetnek az input-lapok, s a számítási munkákat meg lehet ismételni. Ennek során tudjuk értelmezni az energetikai célú termelés „versenyképességét”.

4.4. Érzékenységi és hatékonysági vizsgálatok

A vállalati biomassza termelés optimalizációs modelljének vizsgálatával az alábbi feladatok elvégzését kellett megoldanom:

- az érzékenységvizsgálatok elvégzése, illetve ehhez kapcsolódóan hatékonysági vizsgálatok elvégzése,
- a modell általánosíthatósága, matematikai és programozási feladatainak megoldása,
- a „copyright" fizikai előállítása CD lemez formájában.

Érzékenységi vizsgálatokat végeztem az egyes növények esetében a tényezőfelhasználás-változás hatására vonatkozóan. Ennek megfelelően azt vizsgáltam, hogyan módosítja a termelés szerkezetét az input – output árak változása, hogyan függ az erőforrások kapacitásának változásától az egyes bioenergiai végtermékek versenypozíciója, hogyan befolyásolja az optimális vetésszerkezetet és az elérhető maximális jövedelmet az egyes erőforrások kapacitásának 10-20-30 %-os növelése illetve csökkentése valamint azt, hogy a változás következtében hogyan alakulnak az alábbi hatékonysági és igényességi mutatók biogáz, bioetanol, biodízel célú termelés esetében.

hatékonysági mutatók:

- egy hektárra jutó termék,
- egy munkanapra jutó jövedelem,
- egy gépnapra jutó jövedelem,

illetve **igényességi mutatók:**

- egy tonna termék előállításához szükséges terület,
- ezer Ft előállításához szükséges élőmunka,
- ezer Ft jövedelem előállítására felhasznált gépi munka.

A korábban megfogalmazott célfüggvények alapján a számítógépes program segítségével lefuttattam a modellt. A számítógépes program primál megoldáson túl melléktáblázatot is ad, ahonnan leolvasható, hogy az egyes erőforrásokból mennyit használtunk fel, illetve leolvashatók az árnyékárak, azaz a „duál" megoldás is.

Első lépésként tehát azt az erőforrást bővítettem, amelynek legnagyobb volt az árnyékára. Az árnyékár ismeretében lefuttattam a programot úgy, hogy az adott erőforrás kapacitását 10 - 20 - 30 %-kal növeltem, illetve csökkentettem és vizsgáltam, hogyan módosul a vetésszerkezet illetve az elérhető jövedelem.

Minden célfüggvénynél egységesen, hasonlóan jártam el, tehát a kimerült erőforrás mennyiségét 10 - 20 - 30 %-kal növeltem, illetve csökkentettem és vizsgáltam, hogyan módosul a vetésszerkezet illetve a célfüggvény értéke.

Az adott erőforrás hatékonyságát a fent megfogalmazott statisztikai mutatók segítségével elemeztem.

A célfüggvény együtthatóinak érzékenységi vizsgálatát a redukált költségek alapján végeztem az adott célegyüttható értékének 10 - 20 - 30 %-kal való növelésével illetve csökkentésével.

Kiszámoltam a műtrágya hatóanyag kapacitás növelésének illetve csökkentésének az optimális vetésszerkezetre való hatását is. A modellben ezt az erőforrást magasra vettem, hogy minél több növényt tudjak versenyeztetni (M5. 1-5. táblázatok).

4.4.1. Az érzékenységvizsgálat eredményei a jövedelem maximalizálása mellett

Az érzékenységvizsgálat során vizsgálhatjuk, hogy legfeljebb mekkora árváltozás esetén marad optimális a jelenlegi termelési program – azaz legfeljebb mennyivel változtathatjuk meg a célfüggvény együtthatóit, hogy az optimális megoldás változatlan maradjon, illetve az árak változása esetén hogyan módosul a jövedelem.

Másik szempontból a kapacitásvektorok változását is elemezhetjük, ugyanis egy bizonyos határon túl – ha egy adott erőforrásból többet használunk – a többi erőforrás szűkössége lesz hatással az árbevétel növekedésére.

Az elemzések elvégzéséhez az árnyékárak nyújtanak segítséget.

Az **erőforrások árnyékára** azt mutatja meg, mennyivel növekedne a célfüggvény értéke az adott erőforrás egységnyi növelése esetén. Ez az érték egy optimális táblázatban a szabad többletváltozó és a célfüggvény metszeténél lévő érték abszolút értéke. Megadja, hogy maximum mekkora áron vásárolhatunk kiegészítő mennyiséget az adott erőforrásból.

A **termékek árnyékárának** nevezzük szabad változók esetén az eredeti ár + redukált költség abszolút értékét. Ez az érték megadja, hogy mennyinek kellene lenni az adott termék árának ahhoz, hogy bekerüljön az optimális termelési szerkezetbe.

A **redukált költség** egy termelésbe nem vont változó esetén, hogy mennyivel kellene javítani ezen változó célfüggvénybeli együtthatójának értékét ahhoz, hogy bekerülhessen a termelési programba. A javítás maximum feladat esetén növelést, minimum feladat esetén csökkentést jelent. A redukált költség előjele a számítógépes megoldó programokban maximum feladatnál negatív, minimum feladatnál pozitív. (**Tóth Z.,** 2009)

Az elkészített modell különböző célfüggvényekre történő optimalizálását a WinQSB program segítségével végeztem el. A számítógépes program által megadott táblázatokból hosszadalmas számítások nélkül meghatározható a primál- és duálváltozók értéke, megállapítható az optimális termelési szerkezet. A redukált költség és az árnyékárak pedig érzékenységi vizsgálatokra adnak lehetőséget.

Az első célfüggvénynél a maximális jövedelem elérése volt a cél. A 9. táblázatból olvasható le a primál változók és a célfüggvény értéke.

9. táblázat:

Optimális megoldás az elérhető jövedelem maximálása esetén

02-23-2011 08:27:44	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit C(j)	Total Contribution
1	búzaét	0	100,0000	0
2	búzaen	0	110,0000	0
3	zabtak	0	80,0000	0
4	zaben	0	86,0000	0
5	rozstak	0	80,0000	0
6	rozsen	0	86,0000	0
7	kuktak	0	105,0000	0
8	kuken	0	125,0000	0
9	burgét	0	300,0000	0
10	burgen	100,0000	360,0000	36 000,0000
11	crépaét	0	160,0000	0
12	crépaen	120,0000	200,0000	24 000,0000
13	repce	120,0000	130,0000	15 600,0000
14	naprét	0	125,0000	0
15	napren	0	137,0000	0
16	szója	140,0000	120,0000	16 800,0000
17	ccirok	0	90,0000	0
18	csicsóka	0	180,0000	0
	Objective	Function	(Max.) =	92 400,0000

Forrás: saját számítás

Optimális termelési szerkezet:

Burgonya (energetikai célú)	100 ha
Cukorrépa (energetikai célú	120 ha
Repce	120 ha
Szója	140 ha
Elérhető maximális jövedelem:	92 400 000 Ft

10. táblázat:

Redukált költségek táblázata az első célfüggvénynél

02-23-2011 21:43:54	Decision Variable	Solution Value	Reduced Cost	Unit Cost or Profit C(j)	Allowable Min. C(j)	Allowable Max. C(j)
1	búzaét	0	-20,0000	100,0000	-M	120,0000
2	búzaen	0	-10,0000	110,0000	-M	120,0000
3	zabtak	0	-40,0000	80,0000	-M	120,0000
4	zaben	0	-34,0000	86,0000	-M	120,0000
5	rozstak	0	-40,0000	80,0000	-M	120,0000
6	rozsen	0	-34,0000	86,0000	-M	120,0000
7	kuktak	0	-135,0000	105,0000	-M	240,0000
8	kuken	0	-115,0000	125,0000	-M	240,0000
9	burgét	0	-60,0000	300,0000	-M	360,0000
10	burgen	100,0000	0	360,0000	360,0000	M
11	crépaét	0	-40,0000	160,0000	-M	200,0000
12	crépaen	120,0000	0	200,0000	160,0000	M
13	repce	120,0000	0	130,0000	120,0000	M
14	naprét	0	-55,0000	125,0000	-M	180,0000
15	napren	0	-43,0000	137,0000	-M	180,0000
16	szója	140,0000	0	120,0000	120,0000	130,0000
17	ccirok	0	-30,0000	90,0000	-M	120,0000
18	csicsóka	0	0	180,0000	-M	180,0000

Forrás: saját számítás

A 10. táblázatból az egyes növények redukált költségeit tudjuk leolvasni. A búza, zab, rozs, kukorica, étkezési burgonya, étkezési cukorrépa, napraforgó, cukorcirok nem szerepel a bázismegoldásban. Ezeknek az úgynevezett szabad változóknak van redukált költsége. Maximum feladatnál a redukált költség előjele negatív, ugyanis ennyivel maradt el a célfüggvény együtthatója attól, hogy bekerüljön az optimális termelési szerkezetbe a kérdéses növény is.

Így meg lehet állapítani, hogy a célegyütthatók egyenként milyen határok között változhatnak anélkül, hogy az optimális termelési szerkezet illetve a célfüggvényérték módosulna. A megengedhető minimum illetve maximum a megfelelő célfüggvény együttható változatásainak azon határait adja meg, melyen belül a feladat optimális megoldása nem változik (természetesen a célfüggvény értéke igen).

11. táblázat:
A duálváltozók táblázata

02-23-2011 21:40:52	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price
1	terület	480,0000	<=	480,0000	0	120,0000
2	kalászmax66%	0	<=	320,0000	320,0000	0
3	crépamax25%	120,0000	<=	120,0000	0	80,0000
4	repcemax25%	120,0000	<=	120,0000	0	10,0000
5	naprmax25%	0	<=	120,0000	120,0000	0
6	m-erő07	480,0000	<=	520,0000	40,0000	0
7	m-erő09	640,0000	<=	800,0000	160,0000	0
8	m-erő10	400,0000	<=	520,0000	120,0000	0
9	e-gép-l	220,0000	<=	820,0000	600,0000	0
10	e-gép-2	340,0000	<=	820,0000	480,0000	0
11	e-gép-3	360,0000	<=	820,0000	460,0000	0
12	2-gép-1	220,0000	<=	900,0000	680,0000	0
13	2-gép-2	340,0000	<=	900,0000	560,0000	0
14	2-gép-3	360,0000	<=	900,0000	540,0000	0
15	3-gép-1	120,0000	<=	400,0000	280,0000	0
16	3-gép-2	360,0000	<=	400,0000	40,0000	0
17	3-gép-3	400,0000	<=	400,0000	0	60,0000
18	N	72 580,0000	<=	700 000,0000	627 420,0000	0
19	P	38 760,0000	<=	500 000,0000	461 240,0000	0
20	K	91 980,0000	<=	300 000,0000	208 020,0000	0
	Objective	Function	(Max.) =	92 400,0000		

Forrás: saját számítás

A duál megoldás táblázatából (11. táblázat) le tudjuk olvasni, hogy az egyes erőforrásokból mennyi hasznosult, van e még szabad kapacitás. Azoknak erőforrásoknak van „árnyékára”, amelyeket teljes mértékben felhasználtunk az optimális termelési szerkezethez. Ezeket akkor érdemes bővíteni, ha az árnyékárnál alacsonyabb áron vásárolhatjuk az adott erőforrás egységnyi mennyiségét. Ezáltal növelhetjük a célfüggvény értékét mindaddig, amíg egy másik erőforrás nem lesz a szűk keresztmetszet.

A 12. táblázatból lehet leolvasni, hogy az árnyékárral rendelkező erőforrások mennyisége milyen határok között változhat egyenként anélkül, hogy az optimális termelési szerkezet jelentősen módosulna.

Az „árnyékár” tehát a duál feladat megoldását mutatja. A „Megengedhető minimum és maximum a megfelelő feltétel jobboldala változatásainak azon határait adja meg, melyen belül a feladat optimális megoldáshoz tartozó bázisa nem változik (természetesen a bázisváltozók értékei igen).

12. táblázat:

Az optimális termelési szerkezet érzékenysége a kapacitásvektor komponenseire

02-23-2011 08:34:47	Constraint	Direction	Shadow Price	Right Hand Side	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	terület	<=	120,0000	480,0000	340,0000	520,0000
2	kalászmax66%	<=	0	320,0000	0	M
3	crépamax25%	<=	80,0000	120,0000	0	200,0000
4	repcemax25%	<=	10,0000	120,0000	80,0000	260,0000
5	naprmax25%	<=	0	120,0000	0	M
6	m-erő07	<=	0	520,0000	480,0000	M
7	m-erő09	<=	0	800,0000	640,0000	M
8	m-erő10	<=	0	520,0000	400,0000	M
9	e-gép-l	<=	0	820,0000	220,0000	M
10	e-gép-2	<=	0	820,0000	340,0000	M
11	e-gép-3	<=	0	820,0000	360,0000	M
12	2-gép-1	<=	0	900,0000	220,0000	M
13	2-gép-2	<=	0	900,0000	340,0000	M
14	2-gép-3	<=	0	900,0000	360,0000	M
15	3-gép-1	<=	0	400,0000	120,0000	M
16	3-gép-2	<=	0	400,0000	360,0000	M
17	3-gép-3	<=	60,0000	400,0000	0	520,0000
18	N	<=	0	700 000,0000	72 580,0000	M
19	P	<=	0	500 000,0000	38 760,0000	M
20	K	<=	0	300 000,0000	91 980,0000	M

Forrás: Saját számítás

A 11.és a 12. táblázatban árnyékárat a területnél, a vetésforgónál és a 3. munkagép 3. időszakában találhatunk.

Ha a felhasználható terület nagyságát 1 hektárral növelnénk, a jövedelem 120 ezer Ft-tal nőne.

A vetésforgónál agrotechnikai, növényvédelmi okok miatt nem változtathatunk.

Ha a 3. munkagép (betakarítógép) kapacitását egy egységgel (egy munkaórával) növeljük, a jövedelem 60 ezer Ft-tal lenne több. Az optimális termelési szerkezet 520 munkanap kapacitásig lényegesen nem változik.

Az optimális termelési szerkezet érzékenysége a célfüggvény együtthatókra

Visszatérve a 10. táblázatban szereplő adatokhoz - például az étkezési búza esetében a redukált költség azt jelenti, hogy búza akkor kerülhet be az optimális megoldásba, ha 20 ezer Ft-tal nagyobb jövedelmet, azaz 120 ezer Ft hektáronkénti jövedelmet tudunk elérni. A 13. táblázatban számításokat végeztem a búza célfüggvény együtthatójának 10-20-30 %-os változatásával. Ha ennél alacsonyabb a hektáronként elérhető jövedelem, a program nem választja be a bázisba. A búzánál .0-tól 119 ezer Ft közötti célegyütthatóval számolva ugyanaz az optimális termelési

szerkezet és természetesen a célfüggvény értéke is. 120 ezer Ft fölött viszont változik redukált költség, Ennek megfelelően 840 ezer Ft jövedelemig kapnánk ugyanazt az optimális megoldást, csak a célfüggvény értéke változna.

13. táblázat:

A búza helye a termelési szerkezetben különböző 1 ha-ra jutó jövedelem-szintek esetében

Búza jövedelem Ft/hektár		**- 30%**	**-20%**	**-10%**	**100%**	**+10%**	**+20%**	**+30%**
		84	96	108	120	132	144	156
x_1	Búza(étkezési és tak.célú)				6,7	6,7	6,7	6,7
x_2	Búza (energetikai célú)							
x_3	Zab (takarmány célú)							
x_4	Zab (energetikai célú)							
x_5	Rozs(takarmány célú)							
x_6	Rozs (energetikai célú)							
x_7	Kukorica (takarmány célú)							
x_8	Kukorica (energetikai célú)							
x_9	Burgonya (hagyományos)							
x_{10}	Burgonya (energetikai célú)	100	100	100	100	100	100	100
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)							
x_{12}	Cukorrépa (energetikai célú)	120	120	120	120	120	120	120
x_{13}	Repce	120	120	120	120	120	120	120
x_{14}	Napraforgó (étkezési célú)							
x_{15}	Napraforgó (energetikai célú)							
x_{16}	Szója	140	140	140	133,3	133,3	133,3	133,3
x_{17}	Cukorcirok							
x_{18}	Csicsóka							
Maximális jövedelem (ezer Ft)		92400	92400	92400	92400	92480	92560	92640

Forrás: saját számítás

Az optimális megoldásban a búzán kívül a zab, a rozs, a kukorica, a napraforgó és a cukorcirok sem szerepel. Ezeknek a növényeknek a redukált költsége a 10. táblázatból leolvasható. A növények árnyékáraival egyenként elvégzett optimalizálás eredményét a 14. táblázatban foglaltam össze.

Az optimális termelési szerkezet érzékenysége a kapacitásvektor komponenseire

A 12. táblázatból leolvashatjuk, hogy 340 és 520 hektár területnagyság között a termelési szerkezet lényegesen nem változna, ugyanazokat a növényeket választja be a program jövedelmezőségük sorrendjében. Viszont 340 alatt illetve 520 hektár fölött más növények lépnek be. A terület változtatásánál vetésforgó miatti egyedi korlátok is változhatnak, a felhasznált erőforrások mértéke is változik, így árnyékáruk is.

14. táblázat: ***Az optimális termelési szerkezet érzékenysége a célfüggvény együtthatókra***

Megnevezés		Búza (étkezési és tak.célú)	Búza (energetikai célú)	Zab (takarmány célú)	Zab (energetikai célú)	Rozs (takarmány célú)	Rozs (energetikai célú)	Kukorica (takarmány célú)	Kukorica (energetikai célú)	Burgonya (energetikai célú)	Cukorrépa (takarmány)	Napraforgó (étkezési célú)	Napraforgó (energ. célú)	Cukorcirok
eredeti célegyüttható (Ft/ha)		100	110	80	86	80	86	105	125	300	160	125	137	90
redukált költség (Ft/ha)		-20	-10	-40	-34	-40	-34	-135	-115	-60	-40	-55	-43	-30
termék árnyékára (Ft/ha)		120	120	120	120	120	120	240	240	360	200	180	180	120
x_1	Búza(étkezési és tak.célú)	6,67												
x_2	Búza (energetikai célú)		6,67											
x_3	Zab (takarmány célú)			5,71										
x_4	Zab (energetikai célú)				5,71									
x_5	Rozs(takarmány célú)					5,71								
x_6	Rozs (energetikai célú)						5,71							
x_7	Kukorica (takarmány célú)							40						
x_8	Kukorica (energetikai célú)								40					
x_9	Burgonya (hagyományos)									100				
x_{10}	Burgonya (energetikai célú)	100	100	100	100	100	100	60	60		100	70	70	100
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)										120			
x_{12}	Cukorrépa (energetikai célú)	120	120	120	120	120	120	120	120	120		120	120	120
x_{13}	Repce	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
x_{14}	Napraforgó (étkezési célú)											120		
x_{15}	Napraforgó (energ. célú)												120	
x_{16}	Szója	133,33	133,33	134,29	134,29	134,29	134,29	133,33	133,33	133,33	133,33	50	50	
x_{17}	Cukorcirok													140
x_{18}	Csicsóka													
Maximális jövedelem (ezer Ft)		92400	92400	92400	92400	92400	92400	92400	92400	92400	92400	92400	92400	92400

Forrás: saját számítás

Ennek ismeretében lefuttattam a programot úgy, hogy a terület nagyságát illetve a 3. munkagép 3. időszaki kapacitását 10–20–30 %-kal növeltem illetve csökkentettem és vizsgáltam, hogyan módosul a vetésszerkezet illetve az elérhető jövedelem.

A terület nagyságának változtatása

A terület árnyékára 120 ezer Ft volt, tehát ha tudunk területet bérbe venni, hektáronként 120 ezer Ft-tal nőne az elérhető jövedelem. Azonban a vetésforgó korlátozza az egyes növények maximális területét. A 15. táblázat tartalmazza a terület 10-20-30% változtatásának hatását az optimális vetésszerkezetre és várható jövedelemre a vetésforgó figyelembe vételével.

15. táblázat:

A terület változtatásának hatása az optimális vetésszerkezetre és várható jövedelemre a vetésforgó figyelembe vételével

Terület (ha)		- 30%	-20%	-10%	100%	+10%	+20%	+30%
		366	414	432	480	528	576	624
x_1	Búza(étkezési és tak.célú)							
x_2	Búza (energetikai célú)							
x_3	Zab (takarmány célú)							
x_4	Zab (energetikai célú)							
x_5	Rozs(takarmány célú)							
x_6	Rozs (energetikai célú)							
x_7	Kukorica (takarmány célú)							
x_8	Kukorica (energetikai célú)							
x_9	Burgonya (hagyományos)							
x_{10}	Burgonya (energetikai célú)	100	100	100	100	100	100	100
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)							
x_{12}	Cukorrépa (energetikai célú)	84	96	108	120	132	149	156
x_{13}	Repce	84	96	108	120	132	149	156
x_{14}	Napraforgó (étkezési célú)							
x_{15}	Napraforgó (energetikai célú)							
x_{16}	Szója	82	107	116	140	156	132	108
x_{17}	Cukorcirok							
x_{18}	Csicsóka							
Elérhető maximális jövedelem (ezer Ft)		76155	82945	86560	92400	98280	99360	100440

Forrás: saját számítás

16. táblázat:

A hatékonysági illetve igényességi mutatók alakulása a felhasznált terület nagyságának változtatása szerint

	-30%	**-20%**	**-10%**	**100%**	**10%**	**20%**	**30%**
Felhasznált terület(ha)	366	414	432	480	528	576	624
Elérhető maximális jövedelem (ezer Ft)	76155	82945	86560	92400	98280	99360	100440
Egy hektár területre jutó jövedelem (e Ft/ha)	208,07	200,35	200,37	192,50	186,14	172,50	160,96
Ezer Ft jövedelem előállítására felhasznált terület (ha/ezer Ft)	0,00481	0,00499	0,00499	0,00519	0,00537	0,00580	0,00621

Forrás: saját számítás

Az erőforrás kapacitásának növelésével a terület hatékonysága romlik, az igényességi mutató, azaz az ezer Ft előállítására felhasznált terület nagysága nő (16. táblázat).

A gépi munka kapacitás változtatása

A „3-gép-3” árnyékára 60 ezer Ft volt, tehát ha tudunk bérelni ilyen (betakarító)gépet, gépi munkaóránként 60 ezer Ft-tal nőne a jövedelem.

17. táblázat:

A 3. munkagép kapacitás változtatásának hatása a 3. időszakban

3. munkagép kapacitása a 3. időszakban (gépi munkaóra)		**- 30%**	**-20%**	**-10%**	**100%**	**+10%**	**+20%**	**+30%**
		280	320	360	400	440	480	520
x_1	Búza(étkezési és tak.célú)							
x_2	Búza (energetikai célú)							
x_3	Zab (takarmány célú)							
x_4	Zab (energetikai célú)							
x_5	Rozs(takarmány célú)							
x_6	Rozs (energetikai célú)							
x_7	Kukorica (takarmány célú)							
x_8	Kukorica (energetikai célú)							
x_9	Burgonya (hagyományos)							
x_{10}	Burgonya (energetikai célú)	70	80	90	100	110	120	130
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)							
x_{12}	Cukorrépa (energetikai célú)	120	120	120	120	120	120	120
x_{13}	Repce	120	120	120	120	120	120	120
x_{14}	Napraforgó (étkezési célú)							
x_{15}	Napraforgó (energetikai célú)							
x_{16}	Szója	170	160	150	140	130	120	110
x_{17}	Cukorcirok							
x_{18}	Csicsóka							
Maximális jövedelem (ezer Ft)		85200	87600	90000	92400	94800	97200	99600

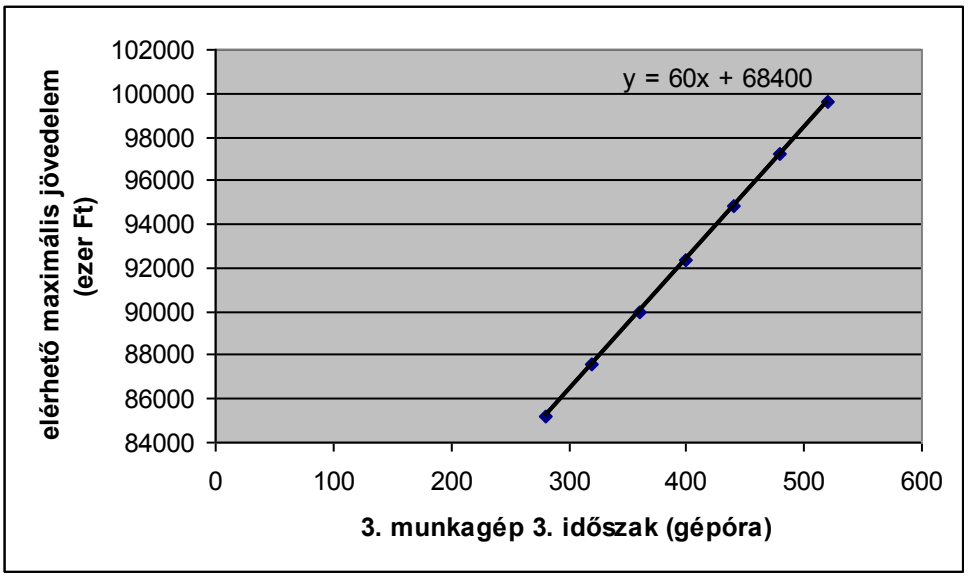
Forrás: saját számítás

Vizsgáltam a 3. munkagép kapacitás változtatásának hatását a 3. időszakban az optimális vetésszerkezetre és várható jövedelemre. Megállapítható, hogy ha a 3.

munkagép kapacitását a 3. időszakban 0-tól 520 gépi munkaóra között változtatjuk, az a burgonya és a szója vetésterületét kismértékben módosítja, de a cukorrépa és a repce vetésterülete nem változik (17. táblázat).

Ha van lehetőség plusz munkagépet bérelni és a 3. időszakban (betakarítás) és a gépi munkanapok mennyiségét 10, 20 illetve 30 %-kal növelni, akkor az optimális vetésszerkezet csak kis mértékben változik, de az elérhető maximális jövedelem a gépi munka árnyékára és a gépi munkanapok számának szorzatával nő. Azaz ha az árnyékár 60 ezer Ft és a 10 %-os változtatás 40 gépi munkanapot jelent, akkor az elérhető jövedelem kidolgozott változatonként 2 400 000 Ft-tal lesz több mindaddig, amíg egy másik erőforrás ki nem merül és korlátként nem lép fel.

Pontdiagramon ábrázolható a gépi munkaórák száma és az elérhető maximális jövedelem közötti összefüggés (10. ábra).



10. ábra: A 3. munkagép 3. időszakra vonatkozó kapacitása és az elérhető maximális jövedelem közti összefüggés. Forrás: saját szerkesztés

Az árnyékárak értelmezése alapján nyilvánvaló, hogy a kapcsolat egy lineáris függvénnyel írható le, tehát ha a gépi munkanap felhasználás 1 egységgel nőne a 3. gép 3. időszakában, úgy 60 ezer Ft-tal nőne az elérhető jövedelem adott intervallumban. A 18. táblázatban látható a 3. munkagép hatékonyságára vonatkozó számítás.

18. táblázat:

A 3 munkagép hatékonysági illetve igényességi mutatói a 3 időszakban

3. munkagép kapacitása a 3. időszakban (gépóra)	**-30%**	**-20%**	**-10%**	**100%**	**10%**	**20%**	**30%**
	280	320	360	400	440	480	520
max. jövedelem (e Ft)	85200	87600	90000	92400	94800	97200	99600
ezer Ft/gépóra	304,29	273,75	250,00	231,00	215,45	202,50	191,54
gépóra/ezer Ft	0,0033	0,0037	0,0040	0,0043	0,0046	0,0049	0,0052

Forrás: saját számítás

A 18. táblázatban látható számítások alapján a 3. munkagép hatékonysága csökken. Ez azzal magyarázható, hogy a program először azokat a növényeket

választja be, amelyek az adott erőforrásból a legkevesebbet használják fel, ahol a legnagyobb az erőforrás hatékonysága. (itt a szója, repce burgonya és a cukorrépa) Minél több van egy adott erőforrásból, sorban be tudja vonni a program azokat a növényeket is az optimális vetésszerkezetbe, amelyeknek nagy a gépi munka szükséglete.

4.4.2. Az érzékenységvizsgálat eredményei a megtermelhető biomassza-mennyiség maximalizálása mellett

Az adott területről betakarítható biomasszatömeg maximális mennyisége 24000 tonna. Ez a cukorrépa 120 hektáron illetve a csicsóka 360 hektáron történő termesztésével lehetne elérni. A cukorrépán és a csicsókán kívül minden növénynek van redukált költsége. Ezek a növények akkor kerülnének be az optimális megoldásba, ha legalább 50 tonna hektáronkénti tömeget tudnának produkálni (6.számú mellékletben található M6.1/a. táblázat).

A terület árnyékára: 50 tonna (M6.1/b. táblázat) Jelentése: 1 hektár bevonása 50 tonnával nagyobb biomassza mennyiség előállítását eredményezheti, azaz mindaddig érdemes a területet bővíteni, míg legalább 50 tonna biomassza termelhető e pótlólagos erőforrás egységén. Ennek megfelelően a modellben a terület nagyságát változtattam (19. táblázat). A terület nagyságának növelése 120 és 520 hektár között az optimális termelési szerkezetet nem módosítja jelentősen.

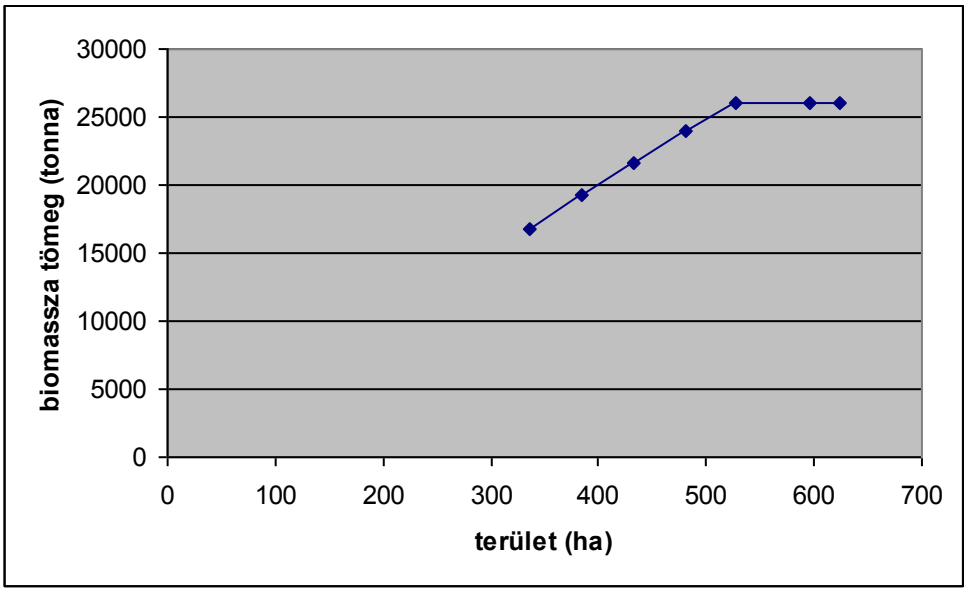
19. táblázat:

A területnagyság változtatás hatása az optimális vetésszerkezetre és a biomassza tömegre

Terület (hektár)		- 30%	-20%	-10%	100%	+10%	+20%	+30%
		336	384	432	480	528	596	624
x_1	Búza (étkezési és tak. célú)							
x_2	Búza (energetikai célú)							
x_3	Zab (takarmány célú)							
x_4	Zab (energetikai célú)							
x_5	Rozs(takarmány célú)							
x_6	Rozs (energetikai célú)							
x_7	Kukorica (takarmány célú)							
x_8	Kukorica (energetikai célú)							
x_9	Burgonya (hagyományos)							
x_{10}	Burgonya (energ. célú)							
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)							
x_{12}	Cukorrépa (energ. célú)	84	96	108	120	132	149	156
x_{13}	Repce							
x_{14}	Napraforgó (étkezési célú)							
x_{15}	Napraforgó (energ. célú)							
x_{16}	Szója							
x_{17}	Cukorcirok							
x_{18}	Csicsóka	252	288	324	360	388	371	364
	biomassza tömeg (tonna)	16800	19200	21600	24000	26000	26000	26000

Forrás: saját számítás

Pontdiagramon ábrázoltam a terület és a biomassza tömeg közti összefüggést. Az ábrából leolvashatjuk, hogy a terület növelésével a megtermelhető biomassza mennyisége egy bizonyos határig növekedni fog, utána stagnál egy másik erőforrás relatív hiánya miatt ugyanis 521 hektárnál a munkaerő lép be, mint kimerülő erőforrás (11.ábra).



11. ábra: A terület nagysága és a termelhető biomassza mennyiség közötti kapcsolat
Forrás: saját szerkesztés

A terület nagysága és a termelhető biomassza mennyiség közötti kapcsolat az adott tartományban egy szakaszonként lineáris függvénnyel írható le.

20. táblázat:
A terület – mint erőforrás hatékonysága

	-30%	**-20%**	**-10%**	**100%**	**+10%**	**+20%**	**+30%**
terület (hektár)	336	384	432	480	528	596	624
biomassza tömeg (tonna)	16800	19200	21600	24000	26000	26000	26000
t/ha	50,00	50,00	50,00	50,00	49,24	43,62	41,67
ha/t	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,023	0,024

Forrás: saját számítás

A 20. táblázatban látható adatok szerint 480 hektár nagyságig az egy hektárra jutó biomassza tömeg illetve az egy tonna biomassza előállításához szükséges terület nagysága nem változik. 480 hektár fölött a termőterület növelése egyre kisebb arányban növeli a biomassza tömeget. Ennek az az oka, hogy a legnagyobb biomassza tömeget adó cukorrépát maximum négyévente lehet ugyanarra a helyre vetni, tehát a vetésforgóban maximum 25 %-ot érhet el.

A biomasszatömeg maximalizálásánál azt az eredményt kaptam, hogy a terület nagy részén (360 hektáron) csicsókát kellene termeszteni Bizonyos indokok alapján érdemes lehet korlátot beiktatni – pl. ne haladja meg a teljes terület 10%-át. Ebben az esetben az optimális vetésszerkezet a következő:

Optimális termelési szerkezet a csicsóka területének korlátozásával:

Kukorica (energetikai célú)	32 ha
Burgonya (energetikai célú	72 ha
Cukorrépa (energetikai célú	120 ha
Cukorcirok	208 ha
Csicsóka	48 ha

Elérhető maximális biomassza tömeg: 18.912 tonna

Az M6.2/a. táblázatban olvashatjuk le az egyes növényekhez tartozó redukált költségek abszolút értékét, melyek az eredeti célegyütthatókkal összeadva megadják, hogy az egyes növények mekkora hektáronkénti biomassza tömeg elérése esetén kerülnének be az optimális termelési szerkezetbe. Például a szója esetében hektáronként 33 tonnával nagyobb tömeget – összesen 35 t/ha tömeget kellene elérni

A duálmegoldás alapján (M6. 2/b. táblázat) árnyékára a területnek (8,5 tonna) valamint a 3. munkagépnek a 2. időszakban (26.5 tonna) van.

21. táblázat: ***A terület növelésének hatása a biomassza-tömeg alakulására***

		- 30%	**-20%**	**-10%**	**100%**	**+10%**	**+20%**	**+30%**
	Terület (hektár)	336	384	432	480	528	596	624
x_1	Búza (étkezési és tak.célú)							
x_2	Búza (energetikai célú)							
x_3	Zab (takarmány célú)							
x_4	Zab (energetikai célú)							
x_5	Rozs(takarmány célú)							
x_6	Rozs (energetikai célú)							
x_7	Kukorica (takarmány célú)							
x_8	Kukorica (energetikai célú)				32	33,6	30,2	28,8
x_9	Burgonya (hagyományos)							
x_{10}	Burgonya (energetikai célú)	91,6	90,4	89,2	72	70	70	70
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)							
x_{12}	Cukorrépa (energetikai célú)	84	96	108	120	132	149	156
x_{13}	Repce							
x_{14}	Napraforgó (étkezési célú)							
x_{15}	Napraforgó (energia célú)							
x_{16}	Szója							
x_{17}	Cukorcirok	80	128	176	208	208,8	208,8	208,8
x_{18}	Csicsóka	48	48	48	48	48	48	48
biomassza tömeg (tonna)		13982	15908	17834	18912	19340	19987	20127

Forrás: saját számítás

A 21. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a maximálisan előállítható biomassza tömeg 500 hektár fölött alig növekszik, mivel a nagy tömeget adó cukorrépára 25% (vetésforgó), a csicsókára 10%-os területi korlátot írtunk elő. 480 hektár fölött a kukorica is bekerül az optimális megoldásba, de a kukorica egy hektárra jutó biomassza tömege kisebb, mint a burgonyáé vagy a cukorrépáé.

22. táblázat:

A terület növelésének hatékonysága

	-30%	**-20%**	**-10%**	**100%**	**+10%**	**+20%**	**+30%**
Terület (hektár)	336	384	432	480	528	596	624
biomassza tömeg (t)	14720	16400	18080	18912	18937	18937	18937
tonna/hektár	43,810	42,708	41,852	39,400	35,866	31,773	30,348
hektár/tonna	0,0228	0,0234	0,0239	0,0254	0,0279	0,0315	0,0330

Forrás: saját számítás

A 22. táblázat adataiból látható, hogy a vetésforgó illetve a csicsóka területének korlátozása miatt a terület növelésének hatékonysága csökken.

23. táblázat:

A 3. munkagép kapacitás növelésének hatása a biomassza tömeg alakulására

3. gép 2 időszak (gépi munkaóra)		**- 30%**	**-20%**	**-10%**	**100%**	**+10**	**+20%**	**+30%**
		280	320	360	400	440	480	520
x_1	Búza (étk. és tak.célú)							
x_2	Búza (energ.célú)							
x_3	Zab (takarmány célú)							
x_4	Zab (energetikai célú)							
x_5	Rozs(takarmány célú)							
x_6	Rozs (energ. célú)							
x_7	Kukorica (tak. célú)							
x_8	Kukorica (energ.célú)	57,6	49,6	41,6	32			
x_9	Burgonya (étk.célú)							
x_{10}	Burgonya (energ.célú)	29,2	43,2	57,2	72	98	108	118
x_{11}	Cukorrépa (étk.célú)							
x_{12}	Cukorrépa (energ.célú)	120	120	120	120	120	120	120
x_{13}	Repce	76,8	52,8	28,8				
x_{14}	Napraforgó (étk.célú)							
x_{15}	Napraforgó (energ.célú)							
x_{16}	Szója							
x_{17}	Cukorcirok	130,8	156,8	182,8	208	214	204	194
x_{18}	Csicsóka	48	48	48	48	48	48	48
biomassza tömeg (tonna)		14972	16293	17616	18912	19810	19860	19910

Forrás: saját számítás

A területnöveléshez hasonlóan a vetésforgó miatt a 3. munkagép kapacitásának növelése is csak egy bizonyos határig növeli intenzíven az előállítható biomassza tömeget (23. táblázat).

Hatékonysági és igényességi mutatók a 3. gép 2. időszak esetében

24. táblázat:
3. munkagép hatékonyságának vizsgálata a 2. időszakban

3. gép 2 időszak (gépi óra)	**-30%**	**-20%**	**-10%**	**100%**	**+10%**	**+20%**	**+30%**
	280	320	360	400	440	480	520
Biomassza (tonna)	14972	16293	17616	18912	19810	19860	19910
tonna/gépi óra	53,47	50,92	48,93	47,28	45,02	41,38	38,29
gépóra/tonna	0,019	0,020	0,020	0,021	0,022	0,024	0,026

Forrás: saját számítás

A 24. táblázat adatait tanulmányozva megállapítható, hogy az egy gépi órára jutó biomasszatömeg és az egy tonna biomassza tömeg előállításához szükséges gépi munka tekintetében 360 hektár fölött a hatékonyság jelentősen csökken.

4.4.3. Érzékenységvizsgálat eredményei a biogáz-mennyiség maximalizálása mellett

Ha a megtermelhető biomassza mennyiségből kinyerhető biogáz maximalizálása a cél: a búzát 3.75; kukoricát 22.5; burgonyát 88,75; cukorrépát 120; repcét 120; cukorcirkot 120 hektáron kellene termeszteni, hogy a megtermelhető biogáz mennyisége maximális legyen.(M6. 3/a. táblázat)

Maximálisan 1446901 m3 biogáz mennyiséget tudunk ebben az esetben elérni. Ezt a mennyiséget 10 Ft-tal szorozzuk, tehát az így elérhető maximális jövedelem: 14.469.010 Ft lehet.

Redukált költsége az étkezési búzának, a zabnak, a rozsnak, a napraforgónak és a csicsókának van. Az optimális megoldás érzékenységére vonatkozó számításokat az M5. 6. táblázatban foglaltam össze.

Árnyékárak:

munkaerő július hónapban 232,2 m^3; munkaerő október hónapban 707,23 m^3 (M6. 3/b. táblázat)

Ennek megfelelően azt vizsgáltam, hogyan alakul az optimális vetésszerkezet, ha a munkaerő kapacitást egyidejűleg július és október hónapban is egyformán változtatom.

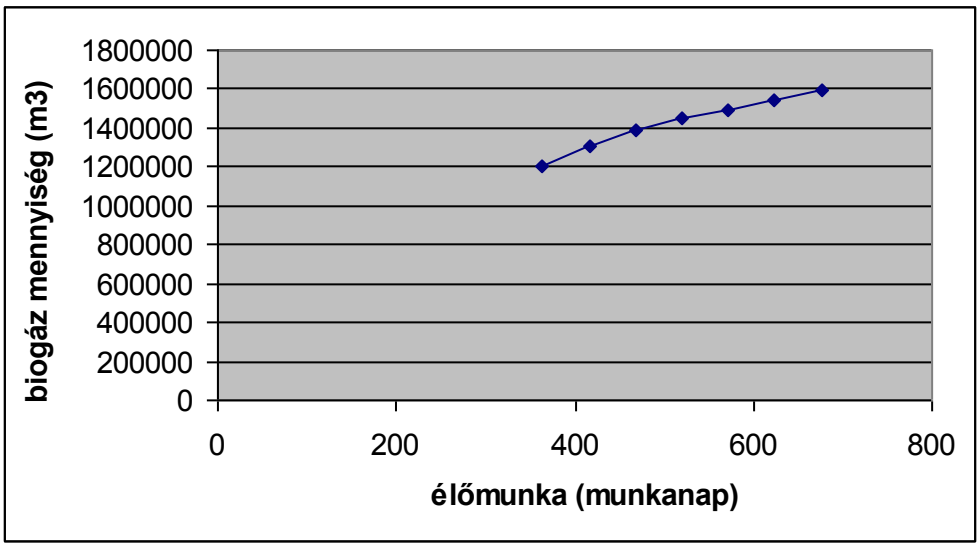
25. táblázat:

A munkaerő kapacitás növelésének hatása az optimális vetésszerkezetre

		- 30%	**-20%**	**-10%**	**100%**	**+10**	**+20%**	**+30%**
	munkaerő (munkanap)	364	416	468	520	572	624	676
x_1	Búza (étk. és tak.célú)							
x_2	Búza (energetikai célú)				3,75	9,2	14	19,6
x_3	Zab (takarmány célú)							
x_4	Zab (energetikai célú)							
x_5	Rozs(takarmány célú)							
x_6	Rozs (energetikai célú)							
x_7	Kukorica (tak. célú)							
x_8	Kukorica (energ.célú)		3,2	13,6	22,5	36,8	57,6	78,4
x_9	Burgonya (étk. célú)							
x_{10}	Burgonya (energ.célú)	61	68,4	80,8	88,7	74	48	22
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)							
x_{12}	Cukorrépa (energ. célú)	120	120	120	120	120	120	120
x_{13}	Repce	63	101,2	120	120	120	120	120
x_{14}	Napraforgó (étk. célú)							
x_{15}	Napraforgó (energ. célú)	120	120	49,6				
x_{16}	Szója							
x_{17}	Cukorcirok			70,4	120	120	120	120
x_{18}	Csicsóka							
	biogáz mennyiség (m^3)	1206695	1308932	1392237	1446901	1492632	1544237	1592841

Forrás: saját számítás

A 25. táblázatban közölt adataim szerint a munkaerő kapacitás növelése jelentősen befolyásolja az optimális vetésszerkezetet.



12. ábra: Az élőmunka kapacitása és az előállítható biogáz mennyisége közötti kapcsolat
Forrás: saját szerkesztés

Az élőmunka kapacitás és az előállítható biogáz mennyisége közötti kapcsolat itt is egy szakaszonként lineáris függvénnyel írható le. A töréspontig az egyik, onnan a másik havi munkaerő-kapacitás adja a szűk keresztmetszetet (12. ábra).

26. táblázat:
A munkaerő hatékonysági és igényességi mutatóinak alakulása biogáz célú termelés esetén

Munkanap	**-30%**	**-20%**	**-10%**	**100%**	**+10%**	**+20%**	**+30%**
	364	416	468	520	572	624	676
biogáz (m^3)	1206695	1308932	1392237	1446901	1492632	1544237	1592841
m^3/munkanap	3315,10	3146,47	2974,87	2782,50	2609,50	2474,74	2356,27
munkanap/ m^3	0,000302	0,000318	0,000336	0,000359	0,000383	0,000404	0,000424

Forrás: saját számítás

Az élőmunka hatékonysága a kitermelt biogáz mennyiségének növekedésével csökken (26. táblázat).

4.4.4. Érzékenységvizsgálat eredményei a megtermelhető biomasszából előállítható bioetanol mennyiségének maximalizálása mellett

A 480 hektár területen megtermelhető biomasszából előállítható bioetanol maximális mennyiségére vonatkozó optimalizálás eredményét az M6. a. táblázat tartalmazza.

Az optimális vetésszerkezet: cukorcirok 360 ha; csicsóka 120 ha. Kinyerhető bioetanol maximális mennyisége: 2 292 000 liter. A modellben szereplő többi növény redukált költségei az M6. 4/a. táblázatban szerepelnek.

Árnyékára a területnek van: 4700 liter (M6. 4/b. táblázat). Ennek megfelelően a terület nagyságát csökkentem illetve növelem 10-20-30%-kal.

A terület nagyságának módosítása – amennyiben nem korlátozom a csicsóka és a cukorcirok mennyiségét – a vetésszerkezeten alig módosít. A csicsóka optimális területe fixen 120 hektár, a fennmaradó területe foglalja el a cukorcirok (27. táblázat).

Az adott erőforrások mellett 528 hektár fölött a mennyiség – és így az árbevétel sem növekszik. Mivel más erőforrás kimerülése lép fel korlátként.

27. táblázat:

Optimális vetésszerkezet bioetanol célú hasznosítás esetén különböző nagyságú területen

		- 30%	-20%	-10%	100%	+10	+20%	+30%	
	Terület (hektár)	336	384	432	480	528	596	624	125
x_1	Búza (étk. és tak.célú)								
x_2	Búza (energetikai célú)								
x_3	Zab (takarmány célú)								
x_4	Zab (energetikai célú)								
x_5	Rozs(takarmány célú)								
x_6	Rozs (energetikai célú)								
x_7	Kukorica (tak. célú)								
x_8	Kukorica (energ.célú)								
x_9	Burgonya (étk.célú)								
x_{10}	Burgonya (energ.célú)								
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)								
x_{12}	Cukorrépa (energ. célú)								
x_{13}	Repce								
x_{14}	Napraforgó (étk.célú)								
x_{15}	Napraforgó (energ. célú)								
x_{16}	Szója								
x_{17}	Cukorcirok	216	264	312	360	400	400	400	5
x_{18}	Csicsóka	120	120	120	120	120	120	120	120
Bioetanol (ezer liter)		1615	1841	2066	2292	2480	2480	2480	623,5

Forrás: saját számítás

28. táblázat:

A terület hatékonysági és igényességi mutatói bioetanol célú hasznosítás esetén

	- 30%	**-20%**	**-10%**	**100%**	**+10**	**+20%**	**+30%**
Terület (hektár)	336	384	432	480	528	596	624
Bioetanol (ezer liter)	1615	1841	2066	2292	2480	2480	2480
ezer liter/hektár	4 807,14	4 793,75	4 783,33	4 775,00	4696,97	4 161,07	3 974,36
hektár/ezer liter	0,208	0,209	0,209	209	0,213	0,240	0,252

Forrás: saját számítás

Az egy hektárra jutó bioetanol illetve az egy liter bioetanol előállításhoz szükséges terület alapján számított mutatók szerint a terület növekedésével a terület hatékonysága csökken (28. táblázat).

Ha korlátozom 10-10 %-ra a csicsóka és a cukorcirok termőterületét, akkor az optimális termelési szerkezetben a kukorica, burgonya, cukorrépa is helyet kap, de így a kinyerhető bioetanol mennyisége maximálisan 1.322.459 liter lehet. (M6. 5/a. táblázat) A modellben szereplő többi növény redukált költségei a célegyütthatók érzékenységére vonatkozó számítások az M5.8. táblázatban szerepelnek. A jövedelem nagyságára vonatkozó számítások az M6. 6/a. és az M6. 6/b. táblázatban szerepelnek.

Árnyékárak (M6. 5/b. táblázat):
Munkaerő 07: 188,3 liter; Munkaerő 10: 203,5 liter, 3. gép 3. időszak: 436,91 liter

A 29. táblázat tartalmazza azokat a számításokat ahol a munkaerő kapacitását egyidejűleg júliusban és októberben is változtattam. Ennek eredményeként jelentősen módosult az optimális vetésszerkezet és így az előállítható bioetanol mennyisége is.

Bioetanol célú termelés esetén a munkaerő kapacitás növekedésével a hatékonyság csökken, mivel bekerülnek olyan növények is az optimális vetésszerkezetbe, amelyek kevésbé hatékonyan használják fel ezt az erőforrást (30. táblázat).

29. táblázat: ***A munkaerő kapacitás változtatásának hatása bioetanol célú termelés esetén***

		- 30%	**-20%**	**-10%**	**100%**	**+10**	**+20%**	**+30%**
	munkaerő (munkanap)	364	416	468	520	572	624	676
x_1	Búza (étk. és tak.célú)					2,2	8,8	15,4
x_2	Búza (energetikai célú)	8,8	14,5	20,2	25,875	29,4	28,5	27,5
x_3	Zab (takarmány célú)							
x_4	Zab (energetikai célú)							
x_5	Rozs(takarmány célú)							
x_6	Rozs (energetikai célú)							
x_7	Kukorica (tak.célú)							
x_8	Kukorica (energ.célú)		7	15,1	23,25	31,4	39,5	47,6
x_9	Burgonya (étkezési célú)							
x_{10}	Burgonya (energ.célú)	86,6	84,5	80,4	76,375	72,3	68,3	64,2
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)							
x_{12}	Cukorrépa (energ.célú)	120	120	120	120	120	120	120
x_{13}	Repce							
x_{14}	Napraforgó (étk.célú)							
x_{15}	Napraforgó (energ.célú)							
x_{16}	Szója							
x_{17}	Cukorcirok	48	48	48	48	48	48	48
x_{18}	Csicsóka	48	48	48	48	48	48	48
Bioetanol mennyiség (liter)		1259	1282	1302	1322	1342	1361	1380

Forrás: saját számítás

30. táblázat:

A munkaerő hatékonysági és igényességi mutatói

	- 30%	**-20%**	**-10%**	**100%**	**+10**	**+20%**	**+30%**
munkaerő (munkanap)	364	416	468	520	572	624	676
etanol (liter)	1259	1282	1302	1322	1342	1361	1380
ezer liter/munkanap	3,4588	3,0817	2,7821	2,5423	2,3462	2,1811	2,0414
munkanap/ezer liter	0,2891	0,3245	0,3594	0,3933	0,4262	0,4585	0,4899

Forrás: saját számítás

4.4.5. Érzékenységvizsgálat eredményei a kinyerhető biodízel-mennyiség maximalizálása mellett

A maximálisan kinyerhető biodízel mennyisége 285.600 liter abban az esetben, ha a területet repce, napraforgó és szója termesztésére tudjuk használni, így a maximálisan elérhető termelési érték: 74.970.000 Ft lehet (M6. 7/a. táblázat).

Biodízel előállítására a napraforgó, repce, szója alkalmas, de zabból és kukoricából is lehetséges. Az optimális megoldás szerint a biodízel maximális mennyiségét adott erőforrások mellett akkor érnénk el, ha a napraforgót és a repcét 120 hektáron, a szóját pedig 240 hektáron termelnénk. A zab redukált költsége 183, a kukorica redukált költsége 228, Az optimális termelési szerkezetbe akkor kerülhetnének be, ha a célegyütthatójuk ennyivel növekedne. Árnyékára csak a vetésforgónak van – agrotechnikai, növényvédelmi okokból ezen nem lehet változtatni, így a hatását sem vizsgáltam (M6. 7/b.táblázat).

Az elérhető maximális jövedelmet csak az elérhető mennyiséggel tudjuk befolyásolni – az átvételi ár adott – tehát az optimális vetésszerkezetet nem változtatja.

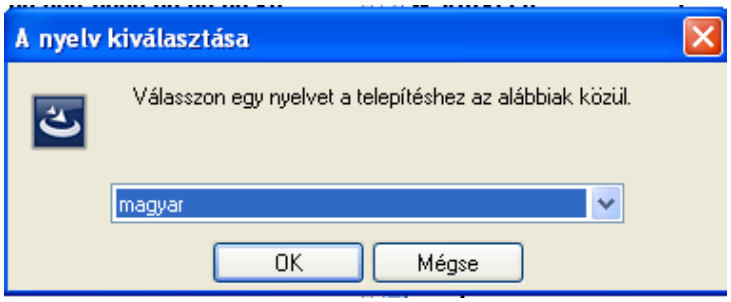
4.5. A modell „Copyright” általánosított változata

Kutatási munkám során elkészítettem a modell copyright változatát CD formátumban. A CD-n megtalálható az alapmodell, gyakorlatilag egy adatbázis az egyes energia célú biomassza termelés szempontjából szóba jöhető növények általános (alaptechnológia) technológiai paraméterekkel, ajánlott feltételrendszerrel, ajánlott célfüggvényekkel – mely az adott gazdaság paramétereihez igazítható.

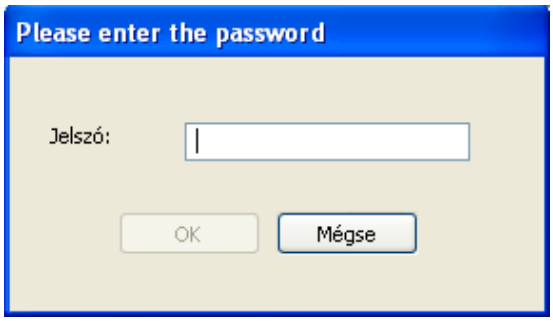
A rendszer az Operációkutatás oktatásában használt szoftver általam egyszerűsített változatával működtethető. A kezeléshez elegendő a Windows alapú számítógépes programok legfontosabb alapjainak az ismerete. Ennek megtanulása egyszerű, a szükséges ismeretek a számítástechnikában járatlanok számára is könnyen elsajátíthatóak. Az alábbiakban a felhasználók számára készült kezelési útmutatót ismertetem:

A számítógépes program telepítésének menete

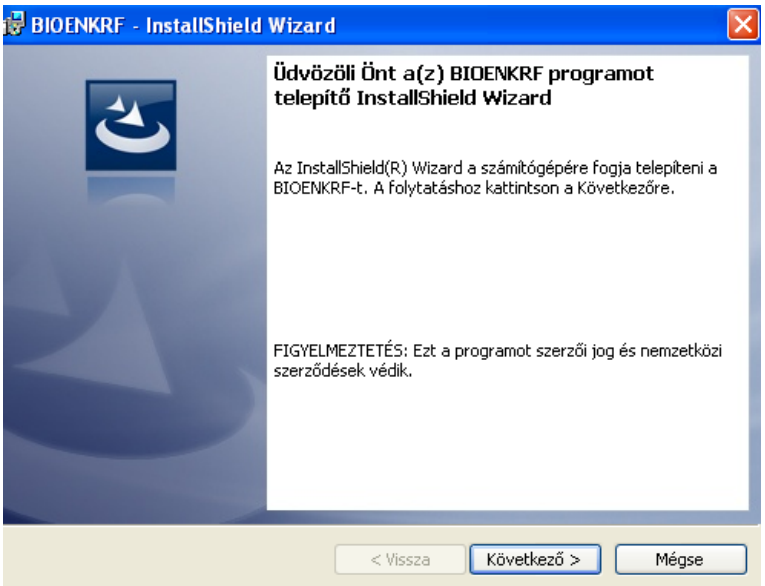
A CD ROM meghajtóba történő behelyezése után az első ablakban a telepítés nyelvét választhatjuk meg.



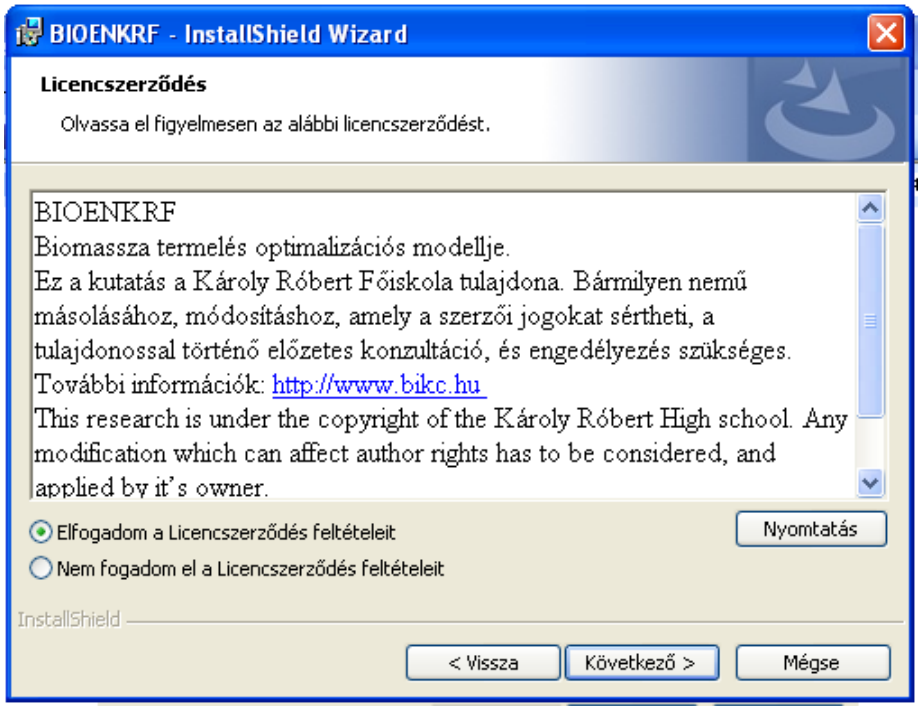
Az OK gombra kattintás után a jelszót kéri a program. A CD kulcs a lemezborító belső oldalán található. A jelszó megadása után az OK gombra kattintva indul a telepítés előkészítése



A következő ablakok fognak megjelenni:

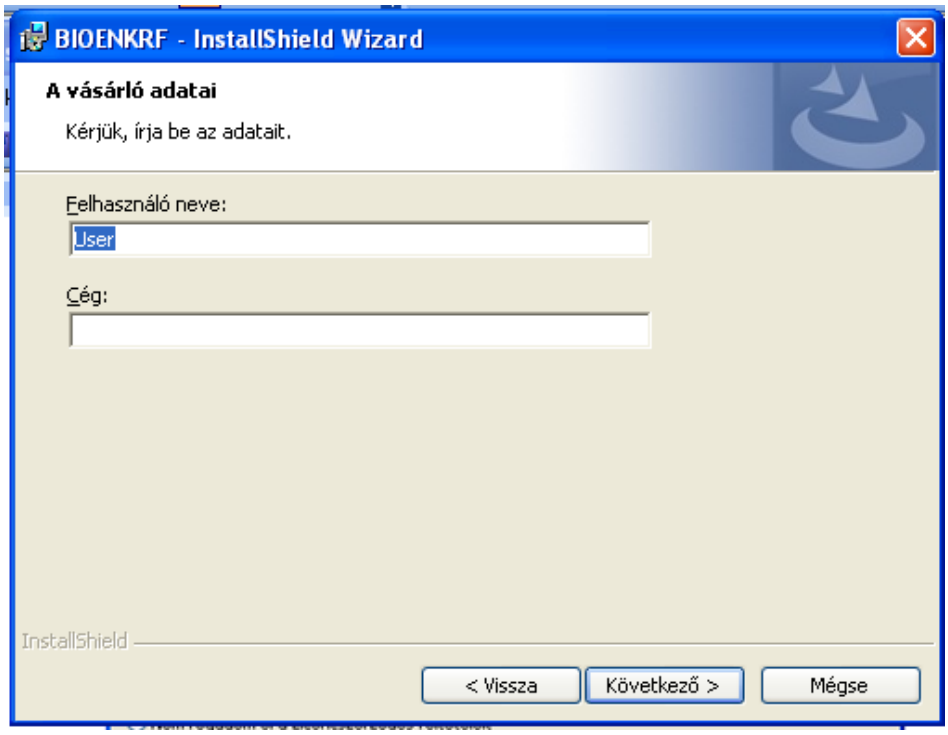


A telepítés folytatásához a „Következő” gombra kell kattintanunk.

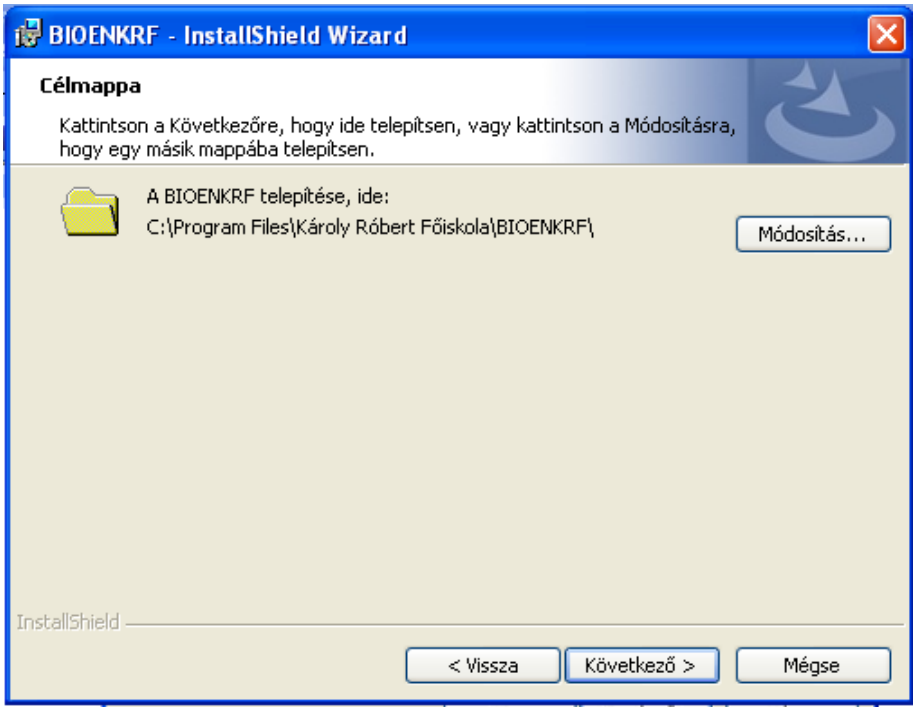


Jelöljük be, hogy elfogadjuk a licencszerződést.

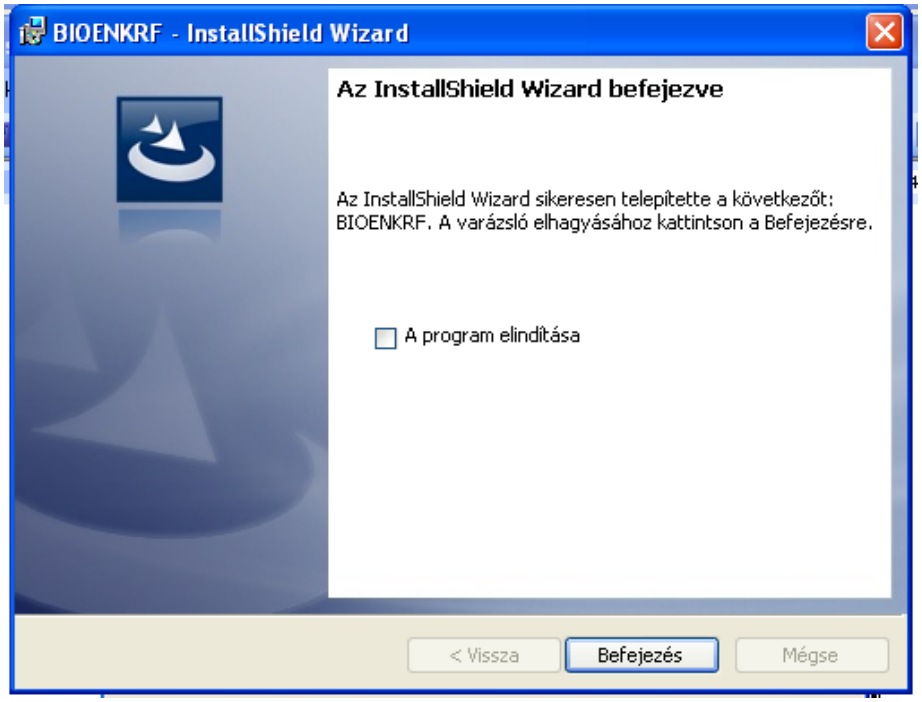
A következő ablakban kell megadnunk a felhasználó személy és a munkahely nevét.



Majd a célmappa megjelölése következik. A program automatikusan a számítógép asztalára teszi ki a mappát, de a módosítás gombra kattintva a megfelelő könyvtárba telepíthetjük a programot.



A soron következő ablakokban Telepítő program javasolt lépéseinek megfelelően – más Windows alapú programok telepítéséhez hasonlóan – végezhetjük el a telepítést.



A befejezés gombra kattintva a telepítés befejeződik.

A számítógép asztalán megjelenő

ikonra kattintva indíthatjuk a programot.

A program használata

A programcsomag betöltése után a **Linear and Integer Programming** modul az alábbi menüvel illetve eszközsorral jelentkezik:

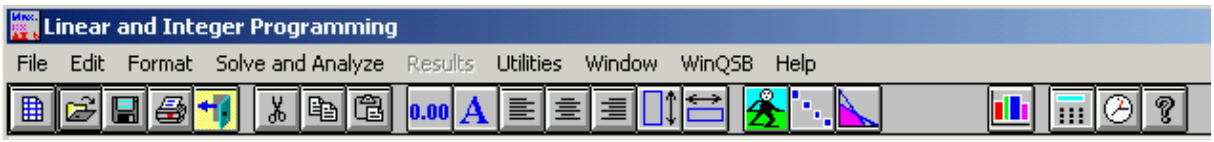
A biomassza modellt a következő módon tudjuk betölteni:

Először a **File** parancsra kattintunk, majd a **Load Problem** feliratra (vagy a ikonra). Ezután a ***BIOENKRF*** alkönyvtárból kiválasztjuk vagy a CD-n lévő ***BIOENKRF*** könyvtárból azt a modellt, amelyikkel dolgozni szeretnénk.

A könyvtárban az alábbi file-ok találhatóak: (a lineáris programozási feladatokat .LPP kiterjesztéssel tárolja a program)

MAXTEEN.LPP	Ha a cél az elérhető maximális jövedelem
MASS.LPP	Ha a cél a megtermelhető biomassza maximális mennyisége
MASSCS.LPP	Ha a cél a megtermelhető biomassza maximális mennyisége, de a csicsókára területi korlátot írunk fel
GAS.LPP	Ha a cél a biogáz mennyiség maximalizálása
FTGAZ.LPP	Ha a cél a biogáz előállítás esetén elérhető jövedelem maximalizálása
ETANOL.LPP	Ha a cél a megtermelhető biomasszából előállítható bioetanol maximális mennyisége
ETANOLCS.LPP	Ha a cél a megtermelhető biomasszából előállítható bioetanol maximális mennyisége, de a csicsókára területi korlátot írunk fel
FTETANOL.LPP	Bioetanol előállítás esetén elérhető maximális jövedelem, ha nem korlátozzuk a csicsóka és a cukorcirok által elfoglalt terület nagyságát
DIZELJO.LPP	Ha a cél a megtermelhető biomasszából előállítható biodízel maximális mennyisége
FTDIZEL.LPP	Ha a cél a biodízel előállítás esetén elérhető maximális jövedelem

A modell betöltésével együtt a következő eszközsor lesz látható:



Balról első ikonnal lehet **új feladat felírását** kezdeményezni. Ezután három jól ismert ikon következik: létező modell **betöltése**, **elmentése**, illetve **nyomtatás**. A következő ikonnal a megoldás során menetközben mindig visszamehetünk az adott feladat **elejére**, ahol fel vannak írva az adatok, de még nem kezdődött el a megoldás. Ezután 3+2+3 közismert ikon látható a következő bontásban: **kivágás, másolás, beillesztés**; *szám- és betűformázás*; **balra-, középre-** illetve **jobbra igazítás**. A következő két ikonnal táblázatok (pl. szimplex tábla) **sormagasságát** és **oszlopszélességét** lehet állítani. A *síbajnok* ikon azt jelenti, hogy a program *megállás nélkül* végzi el a számításokat, és így jut el a feladat **megoldásához**. Ezzel szemben a szomszédos **lépésenként** ikonra történő kattintás esetén az algoritmus egyes iterációs lépései után a program megáll, megtekinthetők a részeredmények, és a *Next Iteration* paranccsal megy csak tovább. A következő ikon használata esetén a program **grafikusan** oldja meg a feladatot. Ezután 4 jól ismert ikon következik: **grafikon** tervezése valamelyik táblázat kijelölt adataiból (vagy a felhasználó által begépelt adatokból), **zsebszámológép** használata, idő illetve **súgó**.

Az input táblázat megjelenése után a modellben elvégezhetjük a szükséges változtatásokat. (a program tizedespontot használ).

Megváltoztathatjuk

a technikai-technológiai mátrix együtthatóit
az erőforrások kapacitását
aktualizálhatjuk a célfüggvény együtthatóit.
a korlátozó feltételeknél a reláció irányát (dupla kattintással módosíthatjuk)

Új változót lehet beilleszteni **az Edit, Insert aVariable** paranccsal

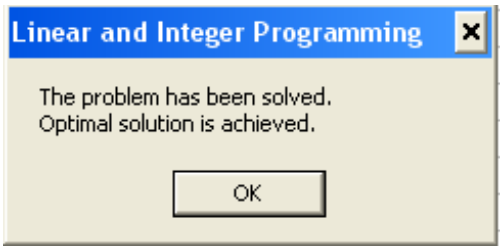
Új feltételt lehet beilleszteni az **Edit, Insert a Constraint** paranccsal.

Az **Edit, Variables Names** paranccsal megadhatjuk a változók nevét

az **Edit, Constraint Names** paranccsal a korlátozó feltételek neveit

A **síbajnok ikon**ra majd az OK gombra kattintva megkapjuk a megoldást.

Feltétlenül olvassuk el a megjelenő ablakon lévő feliratot.



Optimal solution is achieve	– optimális megoldás
However the problem is infeasible	– nincs lehetséges megoldás
However the problem is unbounded	– a célfüggvény nem korlátos
Alternate solution	– végtelen sok optimális megoldás van

Érzékenységi vizsgálatokhoz a „Solve and Analyse” parancsot használhatjuk.

A ikonra kattintva visszatérhetünk a modellhez.

A feltételrendszer, a relációk a célfüggvény együtthatók illetve a cél módosításával, a modell helyes megszerkesztésével elérhetjük, hogy optimális megoldáshoz jussunk.

A ikonra kattintva vagy a **File, Save problem as** paranccsal a módosított táblázatot elmenthetjük (LPP kiterjesztéssel).

A programból a ikonra kattintva tudunk kilépni.

Úgy gondolom, hogy a CD használata nagyban tudja segíteni a tervezés hatékonyságát. Az adott gazdaság adataival feltöltve gyorsan és egyszerűen készíthetők el a tervváltozatok.

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A bioüzemanyagok piacát alapvetően három tényező befolyásolja. Az egyik a nyersolaj világpiaci ára a másik a környezeti szennyezések a harmadik a lakosság környezettudatosságának kialakulása különösképp a természeti katasztrófák hatására. A nyersolaj árának folyamatosan emelkedő tendenciája elérte azt az értéket, ahol a bioüzemanyagok, köztük a bioetanol előállítása és értékesítése rentábilissá válhat.
Az alternatív – elsősorban a megújuló - energiaforrások keresése a világon mindenütt a kutatás élvonalába tartozó szakmai, közgazdasági és társadalmi érdek. Bár napjainkban az energia-célú növények termesztése az átlagos szintet jóval meghaladó természeti-gazdasági-társadalmi kockázattal járó folyamat, az energiaellátás biztonságának növelése (importszűkítés), a helyi lakosság megélhetésének hosszú távú biztosítása mind a kutatások folytatását teszi indokolttá.

Makro-szintű célkitűzések, melyek a vállalati bioenergia-termelés ösztönzését támasztják alá:

- a mezőgazdaságban keletkezett árutöbblet levezetése,
- a kötelezővé váló területpihentetés termelési kiesése helyett, ipari célú alapanyag előállítás,
- a mezőgazdaságban, az élelmiszeriparban, a kommunális telepeken képződött szerves hulladékok energianyerés céljából történő felhasználása,
- energiatermelés során keletkezett melléktermékek komplex hasznosítása takarmányozásra, tápanyag-visszapótlásra,
- megteremteni a több lábon állás lehetőségét a mezőgazdasági üzemek tevékenységének diverzifikálásával,
- kisebb CO_2 kibocsátás a teljes életciklus alatt,
- a vidéki foglalkoztatás bővítése, új munkahelyek létrehozása, további termelési lehetőségek megnyitása,
- regionális-kistérségi energetikai rendszerek kiépítésének lehetősége a helyben előállított biogáz, villamos energia és hőenergia felhasználásával,
- az állattenyésztés környezeti problémáinak megoldása, összhangban az EU és a magyarországi előírásokkal (49/2001. Korm. rend.), kiemelten az élővizek védelme és a nitrát direktíva betartása érdekében,
- a hazai ipari vállalkozások bevonása a tervezett beruházások kivitelezésébe, a gyártás, a szerelés és az üzemeltetés folyamataiba,
- a mezőgazdasági terméktöbbletekből, illetve melléktermékből előállított alternatív-bioenergia, mint megújuló forrásnak nemzetgazdasági hatása jelentős, mivel csökkenti az energiaimportot, így tartósan és jelenősen részt vehet az ország devizamérlegének javításában.

Az utóbbi időben a hazai földhasználatban jelentős változások mentek végbe. Megnőtt az erdő és a mezőgazdasági művelésből kivett területek, az évről évre

vetetlen szántóföldek, a parlagterületek aránya. A parlagon hevertetés az erőforrásokkal való gazdálkodásban nem bizonyul célravezető módszernek, ezért szükséges az ilyen területek hasznosítása, kultúrállapotban tartása.

A rövid tenyészidejű, szántóföldi, élelmiszeripari, takarmányozási céllal termesztett növények közül a búza, kukorica, napraforgó, repce, burgonya, cukorrépa is hasznosítható energianövényként.
Magyarországon is sok mezőgazdasággal foglalkozó családi gazdaság mérlegeli annak lehetőségét, hogy bioenergetikai céllal termeljen növényeket a magasabb jövedelem elérésének reményében. Manapság már reális lehetősége van a mezőgazdasági vállalati szintű mezőgazdasági energiatermelő vállalkozások alapításának. Ezek a célok megvalósíthatók, viszont elérésükhöz a jelenlegi állami támogatások fenntartására, a beruházásokhoz nyújtott hitelek illetve vissza nem térítendő támogatások növelésére lenne szükség.

A bioenergetikai célú beruházásokkal tehát mindenképpen foglalkozni kell. Azt azonban szem előtt kell tartani, hogy elsősorban az üzemek energia-kiváltását kellene megcélozni, olyan komplex beruházásokkal, amelyek az alaptevékenységek versenyképességét is erősítik.

A termelési döntéshozatal előtt nem csupán a termelési szerkezet összeállítására, hanem az egyes termékek termelésének technológiájára és termelésük színvonalára is hangsúlyt kell helyezni.

A világon tendencia, hogy mindenütt igyekeznek a mezőgazdasági termelés szerkezetét javítani, versenyképessé tenni, és keresik ennek lehetséges útjait. Ezek közé tartozik a bioenergetikai célú termelés beépítése a termelési szerkezetbe. Nemzetközi tapasztalatok azt mutatják, hogy a matematikai programozási modellek jól alkalmazhatók a probléma kezelésére, reális irányok megfogalmazására. Azon típusú modellek a leginkább alkalmazhatóak, amelyek figyelembe veszik a mezőgazdasági termelés sajátosságait.

A biomassza termelés optimalizálására készített modell alkalmas termelési szerkezet optimalizálására többféle cél kitűzése mellett, bioenergia termelés beiktatása esetére is. Mivel az árak is bemenő adatok, a modell segítségével többféle jövőbeni árszerkezet melletti optimalizálás lehetséges, ami megalapozza a döntéshozatalt. A kontrollszámítások egyértelműen bizonyítják, hogy az általam kidolgozott **Biomassza termelési modell** nagyon hasznos döntéselőkészítő számítások végzésére ad lehetőséget.

Azzal, hogy a modellt általánosítottam, s a felhasználók saját adottságaiknak megfelelően tudják a változókat és a feltételrendszert módosítani, a modellnek nagyon széles felhasználói köre lehet.

A modell alkalmazása azért is fontos lehet egy-egy mezőgazdasági vállalkozó számára, mert számvetésre kényszeríti, vizsgálnia kell az alkalmazott technológiát (ökológiai adottságokkal is összefüggésben), a fajlagos ráfordításokat, az igényességi mutatókat, az elérhető értékesítési árakat, továbbá nem utolsósorban tehát innovatív gondolkodásra készteti, illetve ösztönzi a vállalkozókat.

6. ÚJ, VAGY ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A matematikai programozás eszközeinek felhasználásával olyan **modellt állítottam fel**, amely a mezőgazdasági vállalkozások számára lehetőséget ad viszonylag egyszerű, de szimulációs jelleggel működtethető modellszámításokra. A modellt olyan vállalkozások számára készítettem, akik komolyan szándékoznak bioenergia termeléssel – esetleg közvetlen hasznosítással – foglalkozni. Az általánosíthatóság kedvéért olyan modellt szándékoztam felállítani, **amely a biogáz, a bioetanol és a biodízel végtermékre történő optimalizálást is szemléltetni tudja.** A döntés fő kérdése, hogy a rendelkezésre álló földterület és erőforrás kapacitás mellett élelmiszercélú, vagy inkább energetikai célú hasznosítás irányában célszerű elmozdulni. **A biomassza termelés optimalizációs modellje lineáris programozáson alapul** és lehetővé teszi, hogy egy kiválasztott mezőgazdasági területre vonatkozóan meghatározzuk az optimális vetésszerkezetet, különböző célfüggvények esetén. A különböző célfüggvények esetére vonatkozó optimalizálást a gazdasági környezet, különösen a szabályozó rendszer változása miatt tartottam szükségesnek, amely adott körülmények között a legkedvezőbb gazdasági haszonnal járó termelési szerkezet kialakítására ad javaslatot.

2. A mintagazdaságban konkrét számításokat végeztem, amelyek során versenyeztettem az élelmiszer célú, valamint az energetikai célú növénytermesztési ágazatokat, és bizonyítottam, hogy **adott feltételrendszer mellett az energetikai növények közül a bioetanol előállítására alkalmas növények termelése versenyképes az élelmiszercélú termeléshez viszonyítva.** A célfüggvény értékben igen magas többleteredmény mutatkozott az etanolgyártás célfüggvényének maximálása esetén, ha a cukorcirokra és a csicsókára nem írtam elő technológiai-vetésforgóbeli követelményeket. E két növény területének agrotechnikai okokból történő korlátozása esetén a célfüggvényérték 16,5%-kal magasabb az alapváltozathoz képest.

3. A modellgazdaságra vonatkoztatva biogáz végtermék előállítás esetében **prognosztizáltam az elérhető jövedelemtömeget**. Megállapítottam, hogy ha az élelmiszercélú termelésre történő optimalizálás esetén a célfüggvény értékét 100 %-nak vesszük, akkor a főtermékből történő biogáz előállítás az élelmiszer, illetve takarmányozási célú értékesítés töredékét − 15%-át − éri csak el. Ez azt jelenti, hogy **biogáz termelésre melléktermékет érdemes felhasználni, a főterméket pedig élelmiszer, vagy takarmányozási célra kell értékesíteni.**

4. **Az elkészített modell segítségével érzékenységi vizsgálatokat végeztem**. Ennek megfelelően vizsgáltam azt, hogyan hat a termelési szerkezetre az input–output

árak változása, az egyes bioenergetikai végtermékek versenypozíciója hogyan függ az erőforrások kapacitásának változásától, továbbá hogyan befolyásolja az optimális vetésszerkezetet és az elérhető maximális jövedelmet az, ha a terület, a munkaerő, a műtrágya és a gépkapacitás mennyisége növekszik vagy csökken, illetve a változás következtében **hogyan alakulnak a hatékonysági és igényességi mutatók biogáz, bioetanol, biodízel célú termelés esetében.**

5. **A biomassza termelésre felállított vállalati optimális modellt általánosítottam** oly módon, hogy bármely mezőgazdasági vállalkozás számára megfelelő döntéselőkészítő információkat ad a biomassza termelési szerkezetbe történő beépítése vonatkozásában. Az általánosított modell „Copyright" formában a felhasználók rendelkezésére áll – azaz **piacképes kutatási eredmény született** kutatási munkám során.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A vállalati szintű biomassza termelés optimalizálására olyan lineáris programozási modellt készítettem, amely a mezőgazdasági vállalkozások számára lehetőséget ad viszonylag egyszerű, szimulációs jelleggel működtethető modellszámításokra.

A szakirodalom tanulmányozása során megállapítottam, hogy számos olyan modell ismert, amely a bioenergia-növények és a mezőgazdaságilag hasznosítható földterület-változások gazdasági hatásának jellemzésére szolgálnak. A megismert földhasználati modellek esetén próbáltam hazai adaptációra támaszkodni, ezek azonban nem vezettek megfelelő eredményre. Input adatként túl sok információt igényeltek, olyanokat, amelyek a hazai viszonyok között a gazdák nyilvántartási adataiban nem szerepelnek, illetve nincs olyan regionális szolgáltatás, amely keretében a gazdák a szükséges adatokhoz hozzáférnének. Az áttanulmányozott modellek többsége túl bonyolult ahhoz, hogy egyszerűen, külön felkészültség nélkül alkalmazható legyen. Ezen okok miatt vált szükségessé egy új modell kidolgozása, amelynek a „**Biomassza termelési modell”** elnevezést adtam.

A Biomassza termelési modell lineáris programozáson alapul és lehetővé teszi, hogy egy általunk kiválasztott mezőgazdasági területre vonatkozóan meghatározzuk az optimális vetésszerkezetet, különböző célfüggvények esetén. A különböző célfüggvények esetére vonatkozó optimalizálást a gazdasági környezet, különösen a szabályozó rendszer változása miatt tartottam szükségesnek, amely adott körülmények között a legkedvezőbb gazdasági haszonnal jár. **A döntés fő kérdése, hogy a rendelkezésre álló földterület és erőforrás kapacitás mellett élelmiszercélú, vagy inkább energetikai célú hasznosítás irányába célszerű elmozdulni.** Az általánosíthatóság kedvéért olyan modellt kívántam megoldani, amely a biogáz, bioetanol és a biodízel végtermékre történő optimalizálást is reprezentálni tudja.

A termelési szerkezet optimalizálásának menete

A termelési szerkezet optimalizálásának első lépése az input rendszer definiálása, a modell feltöltését magalapozó input táblarendszer összeállítása. Az input táblázat elkészítéséhez szükség van az erőforrások, kapacitások számbavételére, a termeszthető növények technikai-technológiai adataira, majd ezek alapján a feltételrendszer matematikai megfogalmazására.

A különböző célú termék-előállítás során az egyes növények termesztés-technológiái közel azonosak, hiszen pl. a takarmányozási célú és a bio-hajtóanyag alapját képező kukoricatermelés technológiája között lényeges különbség nincs, tehát a versenyképesség a végtermék értékesítési csatornáiban kialakuló különbség szerint dől el. A mezőgazdaságban jelentkező idényszerűség következtében az egyes termelési források iránti igény nagy ingadozást mutat, ezért a mérlegek, s így a modellbe építendő mérlegfeltételek száma is megsokszorozódik, ami jelentősen

megnövelheti a modell terjedelmét, egyúttal fokozhatja a hibalehetőségeket. Célszerű a mérlegfeltételek vonatkozásában aggregálni mindaddig, amíg az a megoldást nem befolyásolja. A célfüggvények megfogalmazásához termelésből, szakirodalomból gyűjtött, illetve ezek felhasználásával általam kalkulált mutatókat használtam.

A kialakított lineáris programozási feladat input táblarendszerének feltöltése és a célegyütthatók meghatározása után a számítógép segítségével kiszámítható a feladat megoldása, megállapítható az optimális termelési szerkezet.

A számítási eredmények értékelése

A Tass-pusztai modellgazdaságra vonatkoztatva az optimalizációs feladat megoldása után a következő jövedelemtömeg prognosztizálható: ha az élelmiszercélú termelésre történő optimalizálás esetén a célfüggvény értékét 100%-nak vesszük, akkor megállapítható, hogy a főtermékből történő biogáz előállítás az élelmiszer illetve takarmányozási célú értékesítés töredékét: 15,66%-át éri csak el. Ez azt jelenti, hogy **biogáz termelésre lehetőség szerint csak melléktermékет érdemes felhasználni, a főterméket pedig élelmiszer vagy takarmányozási célra kell értékesíteni.**

A vizsgált gazdaság már rendelkezik biogáz üzemmel, esetében az ökológiai adottságok szerint biodízel vagy bioetanol üzem is létrehozható lenne, azaz úgynevezett energiafarmot lehetne kialakítani. Ha a teljes területen biodízel előállítására alkalmas növényeket termelnének és ezt teljes mennyiségben biodízellé alakítanák át, az elérhető jövedelemtömeg csak 81,14 %-át tenné ki az élelmiszer és takarmányozási célú hasznosításnak úgy, hogy a biodízel üzem beruházás megtérülését még nem is vesszük figyelembe. Bioetanol előállításra alkalmas növényekből viszont az élelmiszercélú hasznosításnál 16,5%-kal magasabb jövedelemmel számolhatunk. Ez azt jelenti, hogy **a bioetanol előállításra történő növényi alapanyag termelés gazdaságosabbnak tekinthető az élelmiszer illetve takarmányozási célra történő értékesítéssel szemben,** amennyiben a bioetanol üzem beruházási költségei, finanszírozása, illetve a várható árbevétel alapján számított megtérülési ráta illetve jövedelmezőségi index is alátámasztja ezt a feltételezést.

A modell kiválóan alkalmas arra, hogy érzékenységi vizsgálatokat végezzünk. Ennek megfelelően vizsgáltam azt, hogyan hat a termelési szerkezetre az input –output árak változása, az egyes bioenergetikai végtermékek versenypozíciója hogyan függ az erőforrások kapacitásának változásától, hogyan befolyásolja az optimális vetésszerkezetet és az elérhető maximális jövedelmet az, ha a terület, a munkaerő, a műtrágya és a gépkapacitás mennyisége nő illetve csökken. A változások következtében **hogyan alakulnak a hatékonysági és igényességi mutatók biogáz, bioetanol, biodízel célú termelés esetében.**

Elkészítettem a modell „Copyright" változatát CD lemez formában. Azzal, hogy a modellt általánosítottam, s a felhasználók saját adottságaiknak megfelelően tudják a változókat és a feltételrendszert módosítani, a modellnek nagyon széles felhasználói köre lehet.

8. SUMMARY

I made an LP model for optimizing biomass production on company level, which gives an opportunity for agricultural companies to make simple but simulation operated model calculations.

During studying the bibliography we found out that many models are known which describe the economic effect of bio-energy plants and the area change that can be agriculturally utilized.

Models can be divided into two groups: econometric models and mathematical programming models. We tried to adapt he known land utilization models in our country but we have not found any results. They demanded too much information as input data which were not registered among the registration data of farmers and there is no regional service which can help the farmers to access the necessary data or the accessment of the needed data would cost a lot of time any money. Most of the studied models are too complicated that they could be applied without separate preparation and costs. Because of these causes a new model became necessary which I named **Biomass Producing Model**.

The **Biomass Producing Model** is based on linear programming and it allows us to determine the optimal sowing-structure for a chosen agricultural area in case of different target-functions. Optimization for different target-functions was needed because of the economic environment, mainly the change of regulatory system, which makes the biggest profit among given conditions. **The main question of the decision with the available area and resource capacity is whether to produce for feeding or rather for energetic purposes.** For the sake of generalization we wanted to solve a model which can represent optimization for biogas, bio-ethanol and bio-diesel end-products.

The process of optimization of production structure

The first step of optimizing the production structure is the definition of the input-system, composition of the input table-system underlying the fill-up of the model. First of all, we have to prepare the flowchart of the production of the considerable plants and obtain the necessary data (soil-, precipitation-, heat-, fertilizer-, machine and human labour needs, etc. based on a given production technology).

In the course of different purpose production the production-technologies are the same, because for example there is no significant difference between the production technology of corn produced for animal feeding and that of bio-fuel, so competitiveness is up to the difference of marketing channels of the end-product. Seasons are of great importance in agriculture and the needs for production resources shows big fluctuation. That is why the number of balances and so the conditions built into the model is multiplying which can significantly enlarge the model and so there can be more faults. It is practical to aggregate concerning balance-conditions until the

solution is not influenced or we should only take really important coherences into account and build the balance-conditions into the model in periodic divisions.

Data used for determination of the target-functions were collected from production and studying or indices were calculated by us.

After filling the input table of the linear programming exercise and determining the target-function coefficients the solution of the exercise can be calculated by the computer and the optimal production structure can be determined.

Execution of model-calculations

With reference to the modelfarm of Tass-puszta, after solving the optimization exercise the following profitmass can be prognosticated: in case optimizing for food production and the target function is considered 100%, then it can be determined that biogas production from the main product reaches only a fragment, 15,66% of food and animal feed marketing. This means that **only the by-product is worth to use for biogas production, the main product must be sold as food or animal feed**.

The examined farm already has a biogas plant, in case according to ecological features a bio-diesel or bio-ethanol plant can also be established, in other words a so-called „energyfarm" could be developed. If plants suitable for bio-diesel production would be produced on the whole area and would be completely converted to bio-diesel, the accessible profit would be the 81,14% of the income coming from food and animal feed (the return of investment of the bio-diesel plant is not considered). However from plants suitable for bio-ethanol production we can calculate 16,5% higher profit from food and animal feed. This means that plant production for **bio-ethanol production can be regarded profitable than food or animal feed production**, in case the investment costs and finance of the bio-ethanol plant, or the rate of return and profit index calculated on the basis of expected income support this assumption.

The model is perfectly suitable for making sensibility tests. Accordingly I studied how the change of input-output prices affect the production structure, how the competition-position of each bio-energy end-product is depending on the capacity change of resources, how the optimal sowing-structure and the available maximum profit are affected if the quantity of land, labour, fertilizer and machine capacity is increasing or decreasing. Due to these changes **how the below efficiency and demand indices are shaped in case of biogas, bio-ethanol and bio-diesel production**.

I prepared the 'copyright' version of the model on a CD format. With generalizing the model, the users can modify the variables and the condition-system according to their own features so the model can be widely used.

MELLÉKLETEK

M1. Irodalomjegyzék

1. Ackoff.R.L.-Sasieni,M.W. (1968): Fundamentals of Operations Research. New York. IX, 455 p.

2. Acsay F.-Balla S.-Tóth J. (1973 a) A termelési szerkezet összefüggő optimalizálása. Vezetés a mezőgazdaságban, az élelmiszeriparban, az erdészet-faiparban, 2. sz. pp. 60-68.

3. Acsay F.-Balla S.-Tóth J. (1973 b): A termelési tényezők és a termelési források egyidejű, összefüggő optimalizálása. Vezetés a mezőgazdaságban, az élelmiszeriparban, az erdészet-faiparban, 10. sz. pp. 500-507.

4. Acsay F.-Csáki Cs.-Varga Gy. (1973): A vállalati géppark és géphasználat matematikai tervezése. Akadémiai Kiadó, Budapest. 183 p.

5. Acsay F.-Csáki Cs.-Módos Gy. (1974): A vállalati gépfelhasználás és gépszükséglet tervezése új módszerrel. Gazdálkodás, 3. sz. pp. 1-14.

6. Antal J. (2005): Növénytermesztéstan 1-2. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 341+595 pp.

7. Audsley,E. et al. (2006): Silsoe farm model. Environmental Science & Policy, Volume 9, Issue 2, pp. 148-162.

8. Bai A. - Lakner Z. - Marosvölgyi B. - Nábrádi A. (2002): A biomassza felhasználása. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 227 p.

9. Bai A. (2003): A biomassza eredetű hajtóanyag-előállítás helyzete az Észak-alföldi régióban. http://meteor.geo.klte.hu/hu/doc/011baia.pdf

10. Bai A. (2005): A biogáz előállítása – jelen és jövő. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 242 p.

11. Bai A. (2007): A biogáz jellemzői. In: BAI A. (szerk.). A biogáz. Budapest. Szász magyar falu könyvesháza Kht. pp. 13-25.

12. Bai A. - Fenyvesi L. - Mátyás L. (2007): Hazai és külföldi elterjedés, valamint ennek indokai. Bai A. (szerk.) A biogáz. Budapest. Szász magyar falu könyvesháza Kht. pp. 49-54.

13. Balla S.-Tóth J. (1974): A célrealisztikus lineáris programozás gyakorlati alkalmazásának módszere. Mezőgazdasági Gépkísérleti Intézet 1974. évi I. különkiadványa, Gödöllő. 54 p.

14. Balogh P.-Kovács S.-Nagy L. (2008): A termelési és gazdálkodási kockázat vizsgálata sztochasztikus modellekkel. In: Szűcs István, Farkasné Fekete Mária (szerk.) Hatékonyság a mezőgazdaságban: elmélet és gyakorlat. Budapest: Agroinform Kiadó, *pp. 296-318.*

15. Barótfi I. (1998): A biomassza energetikai hasznosítása. In: Energiagazdálkodási sorozat (9). Energiaközpont Kht.. Budapest. p. 24.

16. Bárczi J.- Zéman Z.- Tóth M. (2008): Modelling of Developing process of Controlling Activity especial regard to Accounting R&D and Innovation Concerning Management Activities., Bulletin of the Szent István University. Special issue, Part II., pp. 485-494

17. Beer, St. (1966): Decision and Control. The meaning of operational research mand management cybernetics. London. Wiley 556 p.

18. Bertalanffy, L. (1956): General Systems. Vol.1.1956. Yearbook of the Society for General Systems Research. Ann Arbor, Micigan.

19. Bod P. - Gáspár L. - Varga J. (1970): Bevezetés az operációkutatásba. Tankönyvkiadó, Budapest. 178 p.

20. Braszlavec, M. (1972): A sokparaméteres programozás alkalmazása a mezőgazdasági termelés elemzésében és tervezésében. Nemzetközi Mezőgazdasági Szemle, 5. sz. pp. 32-39.

21. Burján A. et al. (1978): Számítógépes információs rendszerek kialakításának szervezési és rendszerszemléleti összefüggései. Operációkutatás és Számítástechnika a Mezőgazdaságban II. Országos Tudományos Konferencia előadásai, Debrecen. p. 8.

22. Csáki Cs. (1969 a): Mezőgazdasági vállalati távlati tervezés matematikai programozással. Akadémiai Kiadó Budapest. 144 p.

23. Csáki Cs. (1969 b.): Egy állami gazdaság fejlesztési terve. Szigma, 4. sz. pp. 287-298.

24. Csáki Cs. (1969 c.): A lineáris programozás felhasználása az orosházi Állami Gazdaság fejlesztési terveinek kidolgozásában. Gazdálkodás, 11. sz. pp. 17-32.

25. Csáki Cs. - Varga Gy. - Vendégh F. (1971): Árhatásvizsgálat matematikai programozással egy mezőgazdasági vállalatnál, Közgazdasági Szemle. 7-8. sz. pp. 955-964.

26. Csáki Cs. (1971 a.): Az erőforrások kezelésének problémái a mezőgazdasági vállalati tervek programozási modelljeiben, Szigma, 1-2. sz. pp. 69-79.

27. Csáki Cs. (1971 b): A vállalatok tervkészítésének dinamikus modelljéről. Állami Gazdaság, 4. sz. pp. 7-8.

28. Csáki Cs. (1973): A bizonytalanság figyelembevétele a mezőgazdasági vállalatok lineáris programozási modelljeiben, Gazdálkodás, 12. sz. pp. 21-33.

29. Csáki Cs. (1974 a): A mezőgazdasági vállalatok fejlesztésének lineáris dinamikus modellje, Szigma, 4. sz. pp. 221-239.

30. Csáki Cs. (1974 b): Véletlen hatások és a vállalati termelési szerkezet matematikai modellje. Gazdálkodás, 11. sz. pp. 15-30.

31. Csáki Cs. - Sebestyén J. (1975): Matematikai-közgazdasági kutatások az élelmiszergazdaság területén. Kézirat, Budapest.

32. Csáki Cs. - Varga Gy. (1976): Vállalatfejlesztési tervek lineáris dinamikus modellje, Akadémiai Kiadó Budapest. 99 p.

33. Csáki Cs. (1976): Szimuláció alkalmazása a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 170 p.

34. Csáki Cs. (1978): A komplex mezőgazdasági vállalati modellek továbbfejlesztésének néhány kérdése. Operációkutatás és Számítástechnika a Mezőgazdaságban II. Országos Tudományos Konferencia előadásai, Debrecen. p. 16.

35. Csáki Cs. - Mészáros S. et al. (1981): Operációkutatási módszerek alkalmazása a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest. 509 p.

36. Csete L. - Megyeri F. - Mészáros S. (1974): A termelőszövetkezetek és állami gazdaságok középtávú tervezési eljárása és módszerei. Gazdálkodás, 1974. 6. sz. pp. 11-22.

37. Dinya L.-Szelényi L. (1984): Dicision-making in Meliorational System. Transactions of the Twelfth International Congress on Irrigation and Drainage, Fort Collins, USA. pp. 565-576.

38. Dinya L.-Sinóros-Szabó B. (2006): A bioenergia előállítás vidékfejlesztési többlethatásai.
In: Baranyi B., Nagy J. (szerk.) Területfejlesztés, agrárium és regionalitás Magyarországon, DE AMTC, Debrecen, pp. 229-238.

39. Dobo E. - Singh M.K. - Szűcs I. (2007): Global Environmental Change Solutions From Biomass, Bioenergy And Biomaterials: A Global Overview For Sustainable Development.
Cereal Research Communications. 35:(2) pp. 349-352.

40. Drimba P. - Ertsey I. - Nagy L. (2002): Növénytermelő vállalkozás döntéstámogatása LP modell segítségével. Agrárinformatikai Konferencia 2002. augusztus 27- 28, Debrecen. 87-92 pp.

41. Duncan, R,c (2006): The Olduvai Theory 2006. Social Contract, 2006, Winter Issue. http://www.energybulletin.net/node/45518

42. Energiacentrum. (2009): Energianövény-ültetvény telepítési és szaporítóanyag termesztési program. http://www.energiacentrum.com/news/energianoveny_termesztes_ultetvenytelepites_szaporitoanyag_eloallitas_a_foldterulettel_rendelkezok_reszere.html

43. Energiaközpont Kht (2009): Megújuló energiaforrások aránya Magyarországon http://www.energiakozpont.hu/energiastatisztikai-adatok-tablazatok

44. Erdélyi É. (2009): Bioüzemanyag, mint alternatív energiaforrás és a biomassza-hasznosításban rejlő lehetőségek. Gyakorlati agrofórum. 20. évf. 12. sz. pp. 8-11.

45. Ertsey I. (1974): A lineáris programozás alkalmazása a termelőszövetkezetek távlati fejlesztési tervének készítésében. Doktori értekezés. Debreceni Agrártudományi Egyetem, Debrecen.

46. Ertsey I. (1978): Operációkutatás és számítástechnika a mezőgazdaságban. Gazdálkodás XXII. évf. 12. sz. 65-68. pp.

47. Ertsey I. - Tóth J. (1982): Az alrendszerek kapcsolatainak vizsgálata a mezőgazdaságban. Statisztikai Szemle, VI. évf. 8-9. sz. 858-868. pp.

48. Felleg L. - Ugrósdy Gy. (1989): Matematikai programozás I. kötet, egyetemi jegyzet, Gödöllő. 115 p.

49. Flavin, C. (1989): Slowing Global Warming: A Worldwide Strategy. Worldwatch Papers #91. Washington. USA Worldwatch Institute, 95 p.

50. Fogarassy Cs. (2001): Energianövények a szántóföldön. Gödöllő. SZIE GTK Európai Tanulmányok Központja. 144 p.

51. Gergely S. (2007): Magyarország zöldenergia stratégiájának alapjai. Statisztikai Szemle, 85. évfolyam 6. szám. p. 507-523. http://alia.karolyrobert.hu/upload/upload/MI_kut2.pdf

52. Gyenge B. - Kovács A. (2002): Nitrogén veszteségi szintek és az ágazati szerkezetek összefüggései SZIE, Vállalatgazdasági Intézet, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Gödöllő, http://miau.gau.hu/miau/31/balazshu.doc

53. Gyulai I. (2006): A biomassza dilemma. Magyar Természetvédők Szövetsége, Budapest. 68 p. http: //www.mtvsz.hu/dynamic/biomassza-dilemma2.pdf

54. Hajós L.-Lakner Z. (2006): Strategies in Hungarian Food Chain. In: Vladimir Gozora (szerk.) Structural and process changes in the agricultures of Central and Eastern European countries, Nitra: Slovak University of Agriculture, pp. 53-66.

55. Herold, I.-Madlener, R.-Scheuer,H.(2002): Applying BIOSEM (Biomass Socio-Economic Multiplier):Conclusions from the Styrian (Austrian) Case Study. IEA Bioenergy Task 29 Workshop in Cavtat, Croatia. http://www.task29.net/assets/files/cavtat_papers/Herold_Madlener_2002.pdf

56. Hosszú M.(1974): Műszaki-gazdasági szélsőérték-feladatok. Tankönyvkiadó, Budapest. 303 p.

57. ITD Hungary Kft. (2009): Renewable energies: The Green Side Of Hungary.www.itdh.com/resource.aspx?ResourceID=ITD_megujulo_energia

58. Jakabffy É. (2007): Mennyi bioenergiát termelhet az Európai Unió a környezet további terhelése és károsítása nélkül? Origo. http://origo.hu/tudomany/fold/20070113bioenergia.html

59. Kacz K. - Neményi M. (1998): Megújuló energiaforrások. Budapest. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. 160 p.

60. Karlik E. - Tóth J. (1975): Optimális termékszerkezet, technológia és átlaghozam. Szigma. VIII.évf. 4. sz. pp. 291-300.

61. Karlik E. - Tóth J. (1976): Termelési szerkezet, források és termésátlag tervezése nemlineáris modellel. Operációkutatás és Számítástechnika a Mezőgazdaságban Tudományos Konferencia előadásai, Gödöllő. pp.20.

62. Kádár B. (1970): Öntöző gazdaságok vetésszerkezetének kialakítása. Akadémiai Kiadó Budapest. 133 p.

63. Kádár I. (2008): A termőtalaj előbb elfogyhat, mint az olaj. Index. http://index.hu/velemeny/olvir/Kadar1758/

64. Káposzta J. - Nagy H. (2005): A mezőgazdaság fejlesztési lehetőségei megyei vizsgálatok alapján. Gazdálkodás 4. 49. évfolyam. Károly Róbert Kht. Nyomdaüzem, Gyöngyös. ISSN 0046-5518, pp. 26-39

65. Kerek S. - Pummer L. - Marselek S. (2006): A megújuló energiaforrások előállításának és felhasználásának jelenlegi helyzete és fontosabb feltételei. ÖKO/ Ökológia - Környezetgazdálkodás - Társadalom. 14. évf. 3-4.sz. pp. 1-14.

66. Kingsbury, K. (2007): After the Oil Crisis, a Food Crisis? Time Magazine. http://www.time.com/time/business/article/0,8599,1684910,00.html?iid=sphere-inline-sidebar

67. Király E. - Szenteleki K. - Tóth J. (1978): A növénytermelési technológiák automatizált tervezése , Gazdálkodás, 10. sz. pp. 25-31.

68. Kiss S. (2005): A csökkentett növényvédő szer felhasználás versenyképessége a konvencionális termeléssel szemben. http://www.avacongress.net/ava2005/presentations/vallalatgazdasagtan_2/2.pdf

69. Komáromi Nándor: Marketing-logisztika, Akadémiai Kiadó, Budapest, 223 p.

70. Korn, G.A. - Korn, T.M. (1975): Matematikai kézikönyv műszakiaknak, Műszaki Könyvkiadó Budapest. 995 p.

71. Krekó B. (1966): Lineáris programozás, Közgazdasági és jogi könyvkiadó, Budapest, 558 p.

72. Láng I. (2002): Környezetvédelem – Fenntartható fejlődés. Mindentudás egyeteme. http://www.mindentudas.hu/lang/20040806lang.html

73. Lontay Z. (1993) Miért kell az energiáról beszélni? Ökotáj. 6. sz. 1993. tél. pp. 13–18.

74. Madlener, R. - Myles,H. (2000): IEA Bioenergy Modelling Socio-Economic Aspects of Bioenergy Systems. IEA Bioenergy Task 29 Workshop in Brighton/UK. http://www.task29.net/assets/files/reports/Madlener_Myles.pdf

75. Matematikai kislexikon (1979) Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 443 p.

76. M.Csizmadia B. - Nádori E.(2003): Modellalkotás, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 576 p.

77. Maclean, H at al. (2008): Sensitivity Analysisi of Bioethanol LCA Models to determine Assumptions with the Greatest Influence on Outputs http://www.ghgenius.ca/reports/BioethanolLCAFinalReport.pdf

78. MAVIR Zrt, MEH (2009): A megújuló energia aránya a teljes villamosenergia felhasználáson belül. http://www.forme.hu/alternativ-energiaforrasok/ 1-napenergia/1- megujulo-energiafelhasznalas-magyarorszagon.html

79. Mészáros S. - Módos Gy.-né (1975): A hegyvidéki termelőszövetkezetek középtávú tervezésének modellje és a számítások eredményei. Gazdálkodás, 1975. 1. sz. pp. 23-36.

80. Mészáros S. (1976): Számítógépes vállalati információrendszer koncepciója. Operációkutatás és Számítástechnika a Mezőgazdaságban Tudományos Konferencia előadásai, Gödöllő. p. 56.

81. Nemény V. (1973): Gazdasági rendszerek irányítása. Közgazdasági és jogi könyvkiadó, Budapest. 365 p.

82. Pillis P. (1972): Távlati üzemi terv optimalizálása. Kertészeti Egyetem Közleményei, Budapest.

83. Pintér J. (1974): Többperiódusú determinisztikus modell alkalmazása üzemi tervváltozatok kidolgozására. Agrárgazdasági Kutató Intézet. Budapest 10 p.

84. Pokorádi L. (2007): A matematikai modell, Szolnoki Tudományos Közlemények XI. Szolnok. IV. Szekció 14 p.

85. Popp J. (2007): A bioüzemanyag-gyártás nemzetközi összefüggései. Gazdálkodás, 52. évf. 1.sz. 13-25p. http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/57723/2/Popp.pdf

86. Radics L. (2008): Növénytermesztő mester könyve. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 254 p.

87. REN21. (2009): Renewables Global Status Report: 2009 Update (Paris: REN21 Secretariat). http://www.ren21.net/pdf/RE_GSR_2009_Update.pdf

88. Schiefer, G. (1979): Mathematical programming models as tools for centralized planning in decentralized decision situations: A critical examination of the reliability of agricultural sector models as a basis for policy decisions. Oxford Journals, Life Sciences & Social Sciences, European Review of Agricultural Economics, Volume 6, Issue 3, pp. 319-336.

89. Schiefer, G. - Norton, R.D. 1980): Agricultural sector programming models: A review of alternative approaches. http://www.iiasa.ac.at/Admin/PUB/Documents/CP-80-030.pdf

90. Schulz, H. - Eder, B. (2005): Biogázgyártás. Budapest. CSER Kiadó. 171 p.

91. Schultz, A. - Mirschel, W. - Otto Wenkel, K. (1998): Problems with models for assessing biomass and grain yield production on agricultural areas ZALF e.V., Institute for Landscape Modelling, Eberswalder Str. 84, D-15374 Müncheberg, Germany http://www.zalf.de/home_zalf/download/lsa/poster/mirschel/isem_a4.pdf

92. Sebestyén J. (1962): Matematikai módszerek alkalmazása a mezőgazdasági termelés vizsgálatában, Akadémiai Kiadó Budapest. 134 p.

93. Starr, M.K. (1976): Rendszerszemléletű termelésvezetés, termelésszervezés. Közgazdasági és jogi Könyvkiadó, Budapest. 618 p.

94. Szakál F. - Burján A. - Kovács G. (1978): A matematikai tervezési modellek szerkesztésének rendszerszemléleti összefüggései. Operációkutatás és Számítástechnika a Mezőgazdaságban II. Országos Tudományos Konferencia előadásai, Debrecen. p. 36.

95. Szelényi L (1975): Programozási módszerek alkalmazása meliorációs tevékenységek tervezésében. Keszthely, 148-149.pp.

96. Szelényi L. (1977 a): Meliorációs tervezés operációkutatási módszerekkel.(A melioráció kézikönyve, szerk.: Szabó János). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 286-305.pp.

97. Szelényi L. (1977 b): Operációkutatási módszerek alkalmazása meliorációs tevékenységek tervezésében és irányításában. Kandidátusi értekezés. Szarvas. 150 p.

98. Szelényi L. (1978): A melioráció tervezése és irányítása programozási módszerekkel. „Tessedik Sámuel" Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos napok előadásai, Debrecen. pp. 105-107.

99. Székely Cs. (2003): A mezőgazdasági vállalkozások irányításának fejlesztése, MTA doktori értekezés tézisei. Budapest, 2003. http://miau.gau.hu/miau/82/szcsmta.doc

100. Szunyog I. (2008): Magyarország elméleti biogáz potenciálja. ENERGO INFO. 1. évf. 2. szám. pp. 4-5.

101. Szűcs I. - Farkasné Fekete M. (2006): A vállalati biomasszatömeg optimalizálásának lehetősége. BIOENKRF 5.2. kutatási téma részjelentése. Gödöllő. 35 p.

102. Szűcs I. et al. (2009): A bioreaktor üzemeltetésének komplex ökonómiai vizsgálata, a rendszerfeltételek (határpontok) meghatározása, a be- és kimeneti jellemzőkkel való összefüggései és reverzibilitása. A BIOENKRF-5.2 sz. kutatási jelentése. Gödöllő. 40 p.

103. Temesi J. - Varró Z. (2007): Operációkutatás. Aula Kiadó Kft, Budapest. 440 p.

104. Thyll Sz. (1996): A természeti erőforrások és típusaik. Környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban. Budapest. Mezőgazda Kiadó. pp. 39-57.

105. Tóth J. (1969 a): A matematikai programozás alkalmazása a termelőszövetkezet távlati tervezésében. Debreceni Agrártudományi Főiskola Tudományos Közleményei, Debrecen. pp. 239-246.

106. Tóth J. (1969 b): A takarmánygazdálkodás matematikai tervezése, Akadémiai Kiadó Budapest. 165 p.

107. Tóth J. (1972): A mezőgazdasági vállalatok tervezése célrealisztikus lineáris programozási modell alapján. Vezetés 3. évf. 2. sz. pp. 84-90.

108. Tóth J.(1973): A termelési tényezők felhasználásának optimalizálása a mezőgazdaságban. Közgazdasági és jogi Könyvkiadó, Budapest. 231 p.

109. Tóth J. - Varga K. (1974): Az egészértékű programozás egy alkalmazási lehetősége a mezőgazdasági vállalatok tervezésében. Szigma, 1-2. sz. pp. 67-73.

110. Tóth J. (1978 a): A mezőgazdasági vállalatok automatizált irányítási rendszerének koncepciói. Operációkutatás és Számítástechnika a Mezőgazdaságban II. Országos Tudományos Konferencia előadásai, Debrecen. p. 6.

111. Tóth J. (1978 b): Mezőgazdasági vállalatok automatizált tervezése. Operációkutatás és Számítástechnika a Mezőgazdaságban II. Országos Tudományos Konferencia előadásai, Debrecen. p. 11.

112. Tóth J. (1981): Mezőgazdasági Vállalatok automatizált tervezése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 240 p. http://mek.oszk.hu/05200/05296

113. Tóth J. (2004): A növénytermesztési technológiák és a mezőgazdasági vállalatok komplex tervezése számítógéppel. Debrecen, 2004., www.mek.oszk.hu/02400/02471/02471.doc

114. Tóth T. (2005): Területi tervezés és programozás főbb módszerei és a fejlesztés lehetőségei. PhD értekezés, Szent István Egyetem Gödöllő, http://phd.okm.gov.hu/disszertaciok/ertekezesek/2005/de_1559.pdf

115. Tóth Z. (2009): Lineáris algebra és lineáris programozás. Főiskolai jegyzet. Kommunikációs és Üzleti Főiskola, Budapest, 135 p.

116. Tuzáné Kovács A. (2006): A pellet. Kisalföld újság Építész Magazin 3. évf. 12. sz. p. 16.

117. Varga K. (1977): A technikai fejlesztés néhány mezőgazdasági vállalati jellemzőjének vizsgálata matematikai módszerekkel, Kandidátusi értekezés, Debrecen. 130 p.

118. Varga T. (2007): A bioenergia szegmens szabályozása és támogatása Magyarországon. Budapest. Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium Agrár-vidékfejlesztési Főosztály. http://www.ahkungarn.hu/fileadmin/user_upload/Dokumente/Bereich_HF/Dienstleistungen/Kooperationsboersen/FVM.pdf

119. Walsh, M.E. - De La Torre Ugarte - D.G.-English, B.C. - Jensen, K. - Hellwinkeckel, C. - Menard, R.J. - Nelson, R.G. (2007): Agricultural Impacts of Biofuels Productions. Journal of Agricultural and Applied Economics 39, 365-372. p. ageconsearch.umn.edu/bitstream/6514/2/39020365.pdf

120. Wang, M. (2007): Life-Cycle Analysis of Biofuels With The GREETModel www.globalbioenergy.org/.../user.../-_GBEP_Meeting-Oct_9_2007.pdf

121. Williams, A.G. - Sandars, D.L. - Annetts J.E. - Eric Audsley,E.-Goulding,K.W.T. - Leech, P. - Day, B. (2003): A framework to analyse the interactions of whole farm profits and environmental burdens. EFITA 2003 Conference, Debrecen, pp. 492-498.

122. Witzke, H.P. - Zintl,A. (2006): CAPSIM - Documentation of Model_Structure and Inplementation. The *CAPSIM* model and this documentation were developed under. Eurostat contract no. 200163500001 with EuroCARE GmbH,Bonn. ec.europa.eu/eurostat/ramon/statmanuals/files/CAPSIM_EN.pdf

123. Witzke H.P.- Zintl, A. - Tonini, A.(2009): The Common Agricultural Policy SIMulation (*CAPSIM*) *Model*: Dairy Reform and Western Balkan Countries Accession Scenarios. ftp.jrc.es/EURdoc/JRC50411.pdf

124. ftp://ftp.wiley.com/public/college/techsupport/winqsb.exe

M2. A témához kapcsolódó saját publikációk jegyzéke

Tudományos könyv, könyvrészlet

1. Szűcs I. (szerk.) - **Bedéné Szőke É. -** Farkasné Fekete M. - Molnár J. - Széles Zs. - Takácsné György K. - Takács I. - Vas J.: Birtokviszonyok és mérethatékonyság. ISBN 963-502-782-6. Agroinform Kiadó. 2003. Budapest. 224 p.

2. **Bedéné Szőke É.** - Mohamed Zs. - Ugrósdy Gy. - Zakor I.K.: A hatékonyság vizsgálata a Náxosz-nál - In Szűcs I. - Farkasné Fekete M.: Hatékonyság a mezőgazdaságban. ISBN: 978-963-502-889-4 Agroinform Kiadó. 2008. Budapest. 343 p.

Tudományos folyóirat

Magyar nyelven megjelent tudományos cikk

1. Tóthné Lőkös K - **Bedéné Szőke É -** Gábrielné Tőzsér Gy: EU országok összehasonlítása néhány makroökonómiai mutató alapján. ISSN 1586-4502, Bulletin of the Szent István University, 2008. Gödöllő, 101-111. p.

2. **Bedéné Szőke É. -** Mohamed Zs.**:** Energianövények szántóföldi termelésének optimalizálása. Gazdálkodás, 2010. 54. évfolyam, 04. szám, 389-396. p.

Angol nyelven megjelent tudományos cikk

1. Mohamed Zs. - Takács Sz. - Szűcs I. - **Bedéné Szőke É.:** Effect of agricultural research and development on the GDP of EU member states. Gazdálkodás, 2010. 54. évfolyam, 24. különszám, 2-15. p.

2. **Bedéné Szőke É.** - Mohamed Zs. - Takács Sz.: The mathematical modelling of energy-plant production. Economics of sustainable agriculture, 2010. Szent István University, Gödöllő, ISBN 978-973-269-145-9, 193-204.p.

Tudományos konferencia előadások

Magyar nyelvű

1. Szelényi L. - **Bedéné Szőke É.:** A gazdasági változások regionális vizsgálata ökonometriai módszerekkel. Vidékfejlesztési szekció ISBN 963 9256 75 7 ISBN 963 9256 88 9. (VIII. Nemzetközi Agrárökonómiai Tudományos Napok, 2002. március 26-27. SZIE Gazdálkodási és Mezőgazdasági Főiskolai Kar Gyöngyös. 311-315. p.

2. Szelényi L. - **Bedéné Szőke É.:** Többváltozós térségi vizsgálatok. Agrárökonómiai szekció ISSN 0237-9902. XXIX. Óvári Tudományos Napok, 2002. október 3-4. Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdasági és Élelmiszertudományi Kar Mosonmagyaróvár. 204 p.
3. Szelényi L. - **Bedéné Szőke É.:** Térségi klaszterek. Ökonómia, szervezés szekció ISBN 963-9483-02-8 III. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok, 2002. október 17-18. Tessedik Sámuel Főiskola Mezőtúr. 127-132. p.
4. Szelényi L. - **Bedéné Szőke É. -** Ruff F.: A vidékfejlesztés helyzetének többváltozós elemzése. Gazdaságelemzési szekció ISBN: 963-472-721-2. Agrárgazdaság, Vidékfejlesztés és Agrárinformatika az évezred küszöbén /AVA nemzetközi konferencia 2003. április 01-02. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen. 268 p.
5. Szelényi L. - Ruff F. **- Bedéné Szőke É.:** Környezetvédelmi mutatók többváltozós elemzése. Környezetgazdálkodási szekció, ISBN 963-214-313-2. IX. Nemzetközi Agrárökonómiai Tudományos Napok, 2004. március 25-26. Károly Róbert Főiskola Gyöngyös. 79 p.
6. Szelényi L. - **Bedéné Szőke É.** - Ruff F. - Vinogradov Sz.: Agrárökonómiai elemzések többváltozós módszerekkel. XXX. Óvári Tudományos Napok. In: Gazdasági informatika szekció. Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdasági és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár, 2004. október 7. Konferencia CD: aokonomia\Szelenyi.pdf.
7. Szakács T. - **Bedéné Szőke. É.** - Farkasné Fekete M. - Szűcs L. - Szűcs I.: Lehetséges célfüggvények a magyar bioenergetikai modellhez. XI. Nemzetközi Tudományos Napok 2008. március 27-28. Károly Róbert Főiskola, Gyöngyös ISBN 978-963-87831-1-0, 261-268 p.
8. **Bedéné Szőke É. -** Mohamed Zs. - Szűcs I.**:** A termőföld hasznosításának alternatív lehetőségei. ISBN szám ISBN 978-963-9883-30-7. Ingatlanvagyon-Gazdálkodási és Ingatlan-Forgalmazási Konferencia, 2009. június 8-9. Nyugat-Magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár. 211-213. p.
9. **Bedéné Szőke É. -** Mohamed Zs. - Pallás E. - Szűcs I.: A kutatási tevékenység hatékonyságának mérési lehetősége. ISBN 978-963-7294-74-7, Erdei Ferenc V. Tudományos Konferencia, 2009. szeptember 3-4. Kecskeméti Főiskola, Kecskemét, 23-27. p.

Angol nyelvű

1. Tóth-Lőkös K. **- Bede-Szőke É. -** Szűcs I. **-** Gábriel-Tőzsér Gy.: An alternative method for grouping regions from agricultural aspect. Measuring Sustainable Agriculture Indicators - Third International Conference on Agricultural Statistics - November 2-4, 2004, Cancun, Mexico, www.nass.asda.gov/mexsai

2. Lőkös Tóth K. - **Szőke Bede É. -** Vas J.: Regional Differentiation Analyses On NUT-1 Level. ISSN 1539-8757, Economics Session - Applied Business Research Conference, January 2-6, 2006, Orlando, Florida, USA, 7 p.

3. Szűcs I. - Járási É. Zs. - **Szőke Bede É.** -Tőzsér Gábriel Gy.: Destiny and Earnings of Research's Results. VII. Alps-Adria Scientific Workshop April 28-2 May, 2008, Stara Lesna, Slovakia – Volume 36 (2008) Cereal Research Communications, 1983. p.

4. **Bedéné Szőke É. -** Mohamed Zs. - Pallás E. - Takács Sz.**:** Programming model suitable for economic underlying of specialization of agricultural entrepreneurs to biomass production. 8th International Conference on Applied Informatics. Eszterházy Károly College, Eger, Hungary, January 27–30, 2010. 791-793. p

5. **Bedéné Szőke É. -** Mohamed Zs. - Pallás E. - Takács Sz.**:** Optimization of biomass production on company level. 8th International Conference on Applied Informatics. Eszterházy Károly College, Eger, Hungary, January 27–30, 2010, 583-593. p.

Jegyzet, jegyzetrészlet

Tóthné Lőkös K. - Szűcs I. - Gábrielné Tőzsér Gy. - **Bedéné Szőke É.** - Felleg L. - Ugrósdy Gy.: Összefüggés vizsgálatok. Egyetemi jegyzet. SZIE GTK 2011. 99 p.

Kutatási tevékenység

2006-2009. BIOENKRF Projekt 5.2 Kutatási téma: A bioreaktor üzemeltetésének komplex ökonómiai vizsgálata, a rendszerfeltételek (határpontok) meghatározása, be- és kimeneti jellemzőkkel való összefüggései és reverzibilitása. Témavezető: Dr. Szűcs István.

2003-2005. Területi differenciálódás elemzése a kistérségi mutatók tükrében. OTKA. Témavezető: Tóthné Dr. Lőkös Klára.

2003-2004. Az agrárgazdaság prognosztizálását segítő programozási modellek és termelési függvények kidolgozása. OKTK. Témavezető: Dr. Szelényi László.

2003-2004. Környezetvédelmi tervezés és programozás szakmai és intézményi hátterének megerősítése. KAC, témavezető: Dr. Szelényi László.

2000-2002. A termőföld tulajdonának és használatának a mezőgazdasági üzem kritériumrendszeréhez igazodó, EU-konform szabályozása. FVM, témavezető: Dr. Szűcs István.

1998-2000. Kedvezőtlen adottságú térségek lehatárolásának előkészítése. FVM, témavezető: Dr. Szűcs István.

M3. Ábrák jegyzéke

1. ábra:
A modellek fajtái és a matematikai modellek fontosabb tulajdonságai 10

2. ábra:
A modellképzés általános logikája 11

3. ábra:
Általános rendszermodell 12

4. ábra:
Egy növény modelljének blokksémája 20

5. ábra:
Megújuló energiaforrások aránya a világon 25

6.ábra:
Megújuló energiaforrások aránya Magyarországon 29

7. ábra:
A megújuló energia aránya a teljes villamosenergia-felhasználáson belül 30

8. ábra:
Primer energiafelhasználásunk összetétele 1990-2030 (PJ) 31

9.ábra:
A modell szerkezeti logikája 57

10. ábra:
A 3. munkagép 3. időszakra vonatkozó kapacitása és az elérhető maximális jövedelem közti összefüggés 78

11. ábra:
A terület nagysága és a termelhető biomassza mennyiség közötti kapcsolat 80

12. ábra: Az élőmunka kapacitás és az előállítható biogáz mennyisége közötti kapcsolat 85

M4. Táblázatok jegyzéke

1. táblázat
A modell változói 45

2. táblázat
A modell-egyenletek 47

3. táblázat
A Tass-pusztai modell változói 55

4. táblázat
A feltételrendszer matematikai megfogalmazása 60

5. táblázat
Input táblázat 61

6. táblázat
Bioetanol előállítás esetén elérhető jövedelem számítása 62

7. táblázat
A célfüggvények meghatározásához felhasznált adatok 63

8. táblázat
Az input táblázathoz hozzáfűzendő célfüggvények összefoglaló táblázata 65

9. táblázat
Optimális megoldás az elérhető jövedelem maximálása esetén 71

10. táblázat
Redukált költségek táblázata az első célfüggvénynél 71

11. táblázat
A duálváltozók táblázata 72

12. táblázat
Az optimális termelési szerkezet érzékenysége a kapacitásvektor komponenseire 73

13. táblázat
A búza helye a termelési szerkezetben különböző 1 ha-ra jutó jövedelem-szintek esetében 74

14. táblázat
Az optimális termelési szerkezet érzékenysége a célfüggvény együtthatókra 75

15. táblázat
A terület változtatásának hatása az optimális vetésszerkezetre és várható jövedelemre a vetésforgó figyelembe vételével 76

16. táblázat
A hatékonysági illetve igényességi mutatók alakulása a felhasznált terület nagyságának változtatása szerint 77

17. táblázat
A 3. munkagép kapacitás változtatásának hatása a 3. időszakban az optimális vetésszerkezetre és várható jövedelemre 77

18. táblázat
A 3 munkagép kapacitásának változtatása a 3 időszakban és a hatékonysági illetve igényességi mutatók alakulása 78

19. táblázat
A terület nagyság változtatás hatása az optimális vetésszerkezetre és a biomassza tömegre 79

20. táblázat
A terület – mint erőforrás hatékonysága 80

21. táblázat
A terület növelésének hatása a biomassza-tömeg alakulására a csicsóka területi korlátozásával 81

22. táblázat
A terület növelésének hatékonysága 82

23. táblázat
A 3. munkagép kapacitás növelésének hatása a biomassza tömeg alakulására 82

24. táblázat
3. munkagép hatékonyságának vizsgálata a 2. időszakban 83

25. táblázat
A munkaerő kapacitás növelésének hatása az optimális vetésszerkezetre 84

26. táblázat
A munkaerő hatékonysági és igényességi mutatóinak alakulása biogázcélú termelés esetén 85

27. táblázat
Optimális vetésszerkezet bioetanol célú hasznosítás esetén különböző nagyságú területen 86

28. táblázat
A terület hatékonysági és igényességi mutatói bioetanol célú hasznosítás esetén 86

29. táblázat
A munkaerő kapacitás változtatásának hatása bioetanol célú termelés esetén 87

30. táblázat
A munkaerő hatékonysági és igényességi mutatói 88

M5. mellékletben található táblázatok jegyzéke

M5. 1. táblázat
A műtrágya kapacitás növelésének illetve csökkentésének az optimális vetésszerkezetre való hatása 121

M5. 2. táblázat
A műtrágya kapacitás növelésének illetve csökkentésének a biomassza tömegre való hatása 122

M5. 3. táblázat
Műtrágya hatóanyag változtatásának hatása a vetésszerkezetre biogáz célú termelés esetén 123

M5. 4. táblázat
Műtrágya hatóanyag kapacitás változtatásának hatása az optimális vetésszerkezetre bioetanol célú hasznosítás esetén 125

M5. 5. táblázat
A műtrágya kapacitás növelésének illetve csökkentésének hatása a vetésszerkezetre biodízel célú hasznosítás esetén 125

M5. 6. táblázat
A célfüggvény együtthatóinak érzékenysége a biomassza tömeg maximálása mellett a csicsókára bevezetett korláttal 126

M5. 7. táblázat
A célfüggvény együtthatóinak érzékenysége a biogáz mennyiségének maximálása mellett 127

M5. 8. táblázat
A célfüggvény együtthatóinak érzékenysége a bioetanol mennyiségének maximálása mellett a cukorcirokra és a csicsókára bevezetett korláttal 128

M6. mellékletben található táblázatok jegyzéke

M6. 1/a. táblázat
Optimális megoldás a megtermelhető biomassza mennyiség maximálása esetén – primál megoldás és a redukált költségek 129

M6. 1/b. táblázat
Optimális megoldás a megtermelhető biomassza mennyiség maximálása esetén – duál megoldás és árnyékárak 130

M6. 2/a. táblázat
Optimális megoldás a biomassza mennyiségének maximálása mellett a csicsóka területének korlátozásával – primál megoldás és a redukált költségek..... 131

M6. 2/b. táblázat
Optimális megoldás a biomassza mennyiségének maximálása mellett a csicsóka területének korlátozásával – duál megoldás és..... 132

M6. 3/a. táblázat
Optimális megoldás a biogáz mennyiségének maximálása mellett – primál megoldás és a redukált költségek..... 133

M6. 3/b. táblázat
Optimális megoldás a biogáz mennyiségének maximálása mellett – duál megoldás és árnyékára 134

M6. 4/a. táblázat
Optimális megoldás a bioetanol mennyiségének maximálása mellett – primál megoldás és a redukált költségek..... 135

M6. 4/b. táblázat
Optimális megoldás a bioetanol mennyiségének maximálása mellett – duál megoldás és árnyékárak..... 136

M6. 5/a. táblázat
Optimális megoldás a bioetanol mennyiségének maximálása mellett a csicsóka és a cukorcirok területi korlátozásával – primál megoldás és a redukált költségek..... 137

M6. 5/b. táblázat
Optimális megoldás a bioetanol mennyiségének maximálása mellett a csicsóka és a cukorcirok területi korlátozásával – duál megoldás és az árnyékárak 138

M6. 6/a. táblázat
Optimális megoldás a jövedelem maximálása mellett bioetanol célú termelés esetén.....139

M6. 6/b. táblázat
Optimális megoldás a jövedelem maximálása mellett bioetanol célú termelés esetén a csicsóka és a cukorcirok területi korlátozásával 140

M6. 7/a. táblázat
Optimális megoldás a biodízel mennyiségének maximálása mellett – primál megoldás és a redukált költségek..... 141

M6. 7/b. táblázat
Optimális megoldás a biodízel mennyiségének maximálása mellett – duál megoldás és árnyékárak 142

M5. A kapacitásvektor és a célegyütthatók érzékenységvizsgálatához tartozó táblázatok

M5. 1. táblázat: *A műtrágya hatóanyag kapacitás növelésének illetve csökkentésének az optimális vetésszerkezetre való hatása*

		-30%	**-20%**	**-10%**	**100%**	**+10**	**+20%**	**+30%**	**-90%**	**-80%**	**-70%**		
	N (hatóanyag kg/ha)	490000	560000	630000	700000	770000	840000	910000	70000	140000	210000	70000	70000
	P (hatóanyag kg/ha)	350000	400000	450000	500000	550000	600000	650000	50000	100000	150000	50000	50000
	K (hatóanyag kg/ha)	210000	240000	270000	300000	330000	360000	390000	30000	60000	90000	40000	80000
x_1	Búza (étkezési és tak.célú)												
x_2	Búza (energetikai célú)												
x_3	Zab (takarmány célú)												
x_4	Zab (energetikai célú)												
x_5	Rozs(takarmány célú)												
x_6	Rozs (energetikai célú)												
x_7	Kukorica (takarmány célú)												
x_8	Kukorica (energetikai célú)												
x_9	Burgonya (hagyományos)												
x_{10}	Burgonya (energetikai célú)												
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)												
x_{12}	Cukorrépa (energetikai célú)	120	120	120	120	120	120	120					
x_{13}	Repce												
x_{14}	Napraforgó (étkezési célú)												
x_{15}	Napraforgó (energetikai célú)												
x_{16}	Szója												
x_{17}	Cukorcirok								400	333,33	166,67	400	319
x_{18}	Csicsóka	360	360	360	360	360	360	360	8	146,67	313,33	48	76,1
	biomassza tömeg tonna	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	14400	19000	21500	16400	18208

Forrás: saját számítás

M5. 2. táblázat: *A műtrágya kapacitás növelésének illetve csökkentésének a biomassza tömegre való hatása*

		-30%	**-20%**	**-10%**	**100%**	**+10%**	**+20%**	**+30%**	**-90%**	**-80%**	**-70%**		
	N (kg/ha)	490000	560000	630000	700000	770000	840000	910000	70000	140000	210000	70000	70000
	P (kg/ha)	350000	400000	450000	500000	550000	600000	650000	50000	100000	150000	50000	50000
	K (kg/ha)	210000	240000	270000	300000	330000	360000	390000	30000	60000	90000	40000	80000
x_1	Búza (étkezési és tak.célú)												
x_2	Búza (energetikai célú)												
x_3	Zab (takarmány célú)												
x_4	Zab (energetikai célú)												
x_5	Rozs(takarmány célú)												
x_6	Rozs (energetikai célú)												
x_7	Kukorica (takarmány célú)												
x_8	Kukorica (energetikai célú)	32	32	32	32	32	32	32		30,4	32		
x_9	Burgonya (hagyományos)												
x_{10}	Burgonya (energetikai célú)	72	72	72	72	72	72	72			60,9		88
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)												
x_{12}	Cukorrépa (energetikai célú)	120	120	120	120	120	120	120		49,6	120		63,6
x_{13}	Repce												
x_{14}	Napraforgó (étkezési célú)												
x_{15}	Napraforgó (energetikai célú)												
x_{16}	Szója												
x_{17}	Cukorcirok	208	208	208	208	208	208	208	400	350,4	219,1	400	248.4
x_{18}	Csicsóka	48	48	48	48	48	48	48	8	48	48	48	48
	biomassza tömeg tonna	18912	18912	18912	18912	18912	18912	18912	14400	17491	18857	16400	17793

Forrás: saját számítás

M5. 3. táblázat: *Műtrágya hatóanyag változtatásának hatása a vetésszerkezetre biogáz célú termelés esetén*

		-30%	**-20%**	**-10%**	**100%**	**+10%**	**+20%**	**+30%**	**-90%**	**-80%**	**-70%**		
	N (kg/ha)	490000	560000	630000	700000	770000	840000	910000	70000	140000	210000	70000	70000
	P (kg/ha)	350000	400000	450000	500000	550000	600000	650000	50000	100000	150000	50000	50000
	K (kg/ha)	210000	240000	270000	300000	330000	360000	390000	30000	60000	90000	40000	80000
x_1	Búza (étkezési és tak.célú)												
x_2	Búza (energetikai célú)	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	37,5	27,6	9,2	3,75	18	3,3
x_3	Zab (takarmány célú)												
x_4	Zab (energetikai célú)												
x_5	Rozs(takarmány célú)												
x_6	Rozs (energetikai célú)												
x_7	Kukorica (takarmány célú)												
x_8	Kukorica (energetikai célú)	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	66,4	71,6	22,5	69,1	60,3
x_9	Burgonya (hagyományos)												
x_{10}	Burgonya (energetikai célú)	88,75	88,75	88,75	88,75	88,75	88,75	88,75			88,75		
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)												
x_{12}	Cukorrépa (energetikai célú)	120	120	120	120	120	120	120		72,1	120	15,8	120
x_{13}	Repce	120	120	120	120	120	120	120	74,1	120	120	120	120
x_{14}	Napraforgó (étkezési célú)												
x_{15}	Napraforgó (energ.célú)												35,1
x_{16}	Szója												
x_{17}	Cukorcirok	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	84,9
x_{18}	Csicsóka												
biogáz mennyiség (m^3)		1446901	1446901	1446901	1446901	1446901	1446901	1446901	835216	1227658	1446901	971263	1441889

Forrás: saját számítás

M5. 4. táblázat: *Műtrágya hatóanyag kapacitás változtatásának hatása az optimális vetésszerkezetre bioetanol célú hasznosítás esetén*

		-30%	-20%	-10%	100%	+10%	+20%	+30%	-90%	-80%	-70%		
	N (kg/ha)	490000	560000	630000	700000	770000	840000	910000	70000	140000	210000	70000	70000
	P (kg/ha)	350000	400000	450000	500000	550000	600000	650000	50000	100000	150000	50000	50000
	K (kg/ha)	210000	240000	270000	300000	330000	360000	390000	30000	60000	90000	40000	80000
x_1	Búza (étkezési és tak.célú)												
x_2	Búza (energetikai célú)											10,8	
x_3	Zab (takarmány célú)												
x_4	Zab (energetikai célú)												
x_5	Rozs(takarmány célú)												
x_6	Rozs (energetikai célú)												
x_7	Kukorica (takarmány célú)												
x_8	Kukorica (energetikai célú)												
x_9	Burgonya (hagyományos)												
x_{10}	Burgonya (energetikai célú)												
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)												
x_{12}	Cukorrépa (energetikai célú)												
x_{13}	Repce												
x_{14}	Napraforgó (étkezési célú)												
x_{15}	Napraforgó (energ.ikai célú)												
x_{16}	Szója												
x_{17}	Cukorcirok	360	360	360	360	360	360	360	400	360	360	400	400
x_{18}	Csicsóka	120	120	120	120	120	120	120	2,6	120	120	44,5	70
bioetanol mennyiség (liter)		2292000	2292000	2292000	2292000	2292000	2292000	2292000	1921762	2292000	2292000	2121133	2230000

Forrás: saját számítás

M5. 5. táblázat:

Műtrágya hatóanyag növelésének hatása biodízel célú hasznosítás esetén

		-30%	**-20%**	**-10%**	**100%**	**+10%**	**+20%**	**+30%**	**-90%**	**-80%**	**-70%**		
	N(kg/ha)	490000	560000	630000	700000	770000	840000	910000	70000	140000	210000	70000	70000
	P(kg/ha)	350000	400000	450000	500000	550000	600000	650000	50000	100000	150000	50000	50000
	K(kg/ha)	210000	240000	270000	300000	330000	360000	390000	30000	60000	90000	40000	80000
x_1	Búza (étkezési és tak.célú)												
x_2	Búza (energetikai célú)												
x_3	Zab (takarmány célú)												
x_4	Zab (energetikai célú)												
x_5	Rozs(takarmány célú)												
x_6	Rozs (energetikai célú)												
x_7	Kukorica (takarmány célú)												
x_8	Kukorica (energetikai célú)												
x_9	Burgonya (hagyományos)												
x_{10}	Burgonya (energ.tikai célú)												
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)												
x_{12}	Cukorrépa (energ.célú)												
x_{13}	Repce	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
x_{14}	Napraforgó (étkezési célú)	120	120	120	120	120	120	120	102,9	120	120	120	120
x_{15}	Napraforgó (energ.célú)												
x_{16}	Szója	240	240	240	240	240	240	240		240	240	68,6	240
x_{17}	Cukorcirok												
x_{18}	Csicsóka												
biodízel mennyiség (liter)		285600	285600	285600	285600	285600	285600	285600	172800	285600	285600	217051	285600

Forrás: saját számítás

A M5. 6. táblázat

A célfüggvény együtthatóinak érzékenysége a biomassza tömeg maximálása mellett a csicsókára bevezetett korláttal

Optimális termelési szerkezet (ha)		Búza (étkezési és tak.célú)	Búza (energetikai célú)	Zab (takarmány célú)	Zab (energetikai célú)	Rozs (takarmány célú)	Rozs (energetikai célú)	Kukorica (takarmány célú)	Burgonya (étkezési célú)	Cukorrépa (étkezési célú)	repce	Napraforgó (étkezési célú)	Napraforgó (energ. célú)	szója
eredeti célegyüttható (t/ha)		5	7,5	3	4,5	2,5	4	6	25	40	2,5	3	6	2
redukált költség (t/ha)		-3,5	-1	-5,5	-4	-6	-4,5	-5	-15	-10	-6	-33,25	-30,25	33
termék árnyékára (t/ha)		8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	11	40	50	8,5	36,25	36,25	35
x_1	Búza(étkezési és tak.célú)	1,6												
x_2	Búza (energetikai célú)		1,6											
x_3	Zab (takarmány célú)			9										
x_4	Zab (energetikai célú)				1,33									
x_5	Rozs(takarmány célú)					1,33								
x_6	Rozs (energetikai célú)						1,33							
x_7	Kukorica (takarmány célú)							32						
x_8	Kukorica (energetikai célú)	30,4	30,4		30,67	30,67	30,67		32	32				
x_9	Burgonya (hagyományos)								72	72	88	58	58	58
x_{10}	Burgonya (energetikai célú)	72,8	72,8	88	72,67	72,67	72,67	72						
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)									120	120	120	120	12
x_{12}	Cukorrépa (energetikai célú)	120	120	120	120	120	120	120	120					
x_{13}	Repce										120	32	32	32
x_{14}	Napraforgó (étkezési célú)											120		
x_{15}	Napraforgó (energ. célú)												120	
x_{16}	Szója													192
x_{17}	Cukorcirok	207,2	207,2	192	207,33	207,33	207,33	208	208	208	104	102	102	
x_{18}	Csicsóka	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
Biomassza tömeg maximuma (tonna)		18912	18912	18912	18912	18912	18912	18912	18912	18912	18912	18912	18912	18912

Forrás: saját számítás

M5. 7. táblázat

A célfüggvény együtthatóinak érzékenysége a biogáz mennyiségének maximálása mellett

Optimális termelési szerkezet (ha)		Búza (étkezési és tak.célú)	Zab (takarmány célú)	Zab (energetikai célú)	Rozs (takarmány célú)	Rozs (energetikai célú)	Kukorica (takarmány célú)	Burgonya (étkezési célú)	Cukorrépa (étkezési célú)	Napraforgó (étkezési célú)	Napraforgó (energ. célú)	szója
eredeti célegyüttható (m^3/ha)		2565	1710	2052	567	852	3828	2198	4104	2280	2850	1680
redukált költség (m^3/ha)		-475	-1562	-1220	-1998	-1713	-1595	-879	-684	-687	-117	-576
termék árnyékára (m^3/ha)		3040	3272	3272	2564	2564	5423	3077	4788	2967	2967	2256
x_1	Búza(étkezési és tak.célú)	3,75										
x_2	Búza (energetikai célú)						3,75	3,75	3,75	7,85	7,85	3,75
x_3	Zab (takarmány célú)		3,24									
x_4	Zab (energetikai célú)			3,24								
x_5	Rozs(takarmány célú)				3,12							
x_6	Rozs (energetikai célú)					3,12						
x_7	Kukorica (takarmány célú)											
x_8	Kukorica (energetikai célú)	22,5	22,7	22,7	23,38	23,38	22,5	22,5	22,5	20,86	20,86	22,5
x_9	Burgonya (hagyományos)							88,75				
x_{10}	Burgonya (energetikai célú)	88,75	88,65	88,65	88,31	88,31	88,75		88,75	63,31	63,31	88,75
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)								120			
x_{12}	Cukorrépa (energetikai célú)	120	120	120	120	120	120	120		120	120	120
x_{13}	Repce	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
x_{14}	Napraforgó (étkezési célú)									105,3		
x_{15}	Napraforgó (energ. célú)										105,3	
x_{16}	Szója											120
x_{17}	Cukorcirok	120	120									
x_{18}	Csicsóka		120	120	120	120	120	120	120	14,97	14,97	
biogáz maximuma (ezer m^3)		1446,9	1446,9	1446,9	1446,9	1446,9	1446,9	1446,9	1446,9	1446,9	1446,9	1446,9

Forrás: saját számítás

M5. 8. táblázat

A célfüggvény együtthatóinak érzékenysége a bioetanol mennyiségének maximálása mellett a cukorcirokra és a csicsókára bevezetett korláttal

Optimális termelési szerkezet (ha)		Búza (étkezési és tak.célú)	Zab (takarmány célú)	Zab (energetikai célú)	Rozs (takarmány célú)	Rozs (energetikai célú)	Kukorica (takarmány célú)	Burgonya (étkezési célú)	Cukorrépa (étkezési célú)
eredeti célegyüttható (ezer liter/ha)		1,5	0,9	1,035	0,75	0,885	2,3	2	4
redukált költség (ezer liter/ha)		-0,225	-1,013	-0,878	-0,960	-0,825	-0,375	-0,750	-0,500
termék árnyékára (ezer liter/ha)		1,725	1,913	1,913	1,710	1,710	2,675	2,750	4,5
x_1	Búza(étkezési és tak.célú)	25,88					25,88	25,88	25,88
x_2	Búza (energetikai célú)								
x_3	Zab (takarmány célú)		22,38						
x_4	Zab (energetikai célú)			22,38					
x_5	Rozs(takarmány célú)				21,51				
x_6	Rozs (energetikai célú)					21,51			
x_7	Kukorica (takarmány célú)								
x_8	Kukorica (energetikai célú)	23,25	24,65	24,65	29,30	29,30	23,25	23,25	23,25
x_9	Burgonya (hagyományos)							76,38	
x_{10}	Burgonya (energetikai célú)	76,36	75,67	75,67	73,35	73,35	76,38		76,38
x_{11}	Cukorrépa (takarmány)								120
x_{12}	Cukorrépa (energetikai célú)	120	120	120	120	120	120	120	
x_{13}	Repce								
x_{14}	Napraforgó (étkezési célú)								
x_{15}	Napraforgó (energ. célú)								
x_{16}	Szója								
x_{17}	Cukorcirok	48	48	48	48	48	48	48	48
x_{18}	Csicsóka	48	48	48	48	48	48	48	48
bioetanol maximuma (ezer liter)		1322,46	1322,46	1322,46	1322,46	1322,46	1322,46	1322,46	1322,46

Forrás: saját számítás

M6 WinQSB segítségével végzett számítások

M6. 1/a táblázat

Optimális megoldás a megtermelhető biomassza mennyiség maximálása esetén – primál megoldás és a redukált költségek

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	búzaét	0	5,0000	0	-45,0000	at bound	-M	50,0000
2	búzaen	0	7,5000	0	-42,5000	at bound	-M	50,0000
3	zabtak	0	3,0000	0	-47,0000	at bound	-M	50,0000
4	zaben	0	4,5000	0	-45,5000	at bound	-M	50,0000
5	rozstak	0	2,5000	0	-47,5000	at bound	-M	50,0000
6	rozsen	0	4,0000	0	-46,0000	at bound	-M	50,0000
7	kuktak	0	6,0000	0	-44,0000	at bound	-M	50,0000
8	kuken	0	11,0000	0	-39,0000	at bound	-M	50,0000
9	burgét	0	25,0000	0	-25,0000	at bound	-M	50,0000
10	burgen	0	40,0000	0	-10,0000	at bound	-M	50,0000
11	crépaét	0	40,0000	0	-10,0000	at bound	-M	50,0000
12	crépaen	120,0000	50,0000	6 000,0000	0	basic	50,0000	M
13	repce	0	2,5000	0	-47,5000	at bound	-M	50,0000
14	naprét	0	3,0000	0	-47,0000	at bound	-M	50,0000
15	napren	0	6,0000	0	-44,0000	at bound	-M	50,0000
16	szója	0	2,0000	0	-48,0000	at bound	-M	50,0000
17	ccirok	0	35,0000	0	-15,0000	at bound	-M	50,0000
18	csicsóka	360,0000	50,0000	18 000,0000	0	basic	40,0000	50,0000
	Objective	Function	(Max.) =	24 000,0000	(Note:	Alternate	Solution	Exists!!)

Forrás: saját számítás

M6. 1/b táblázat:

Optimális megoldás a megtermelhető biomassza mennyiség maximálása esetén – duál megoldás és az árnyékárak

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	terület	480,0000	<=	480,0000	0	50,0000	120,0000	520,0000
2	kalászmax66%	0	<=	320,0000	320,0000	0	0	M
3	crépamax25%	120,0000	<=	120,0000	0	0	80,0000	400,0000
4	repcemax25%	0	<=	120,0000	120,0000	0	0	M
5	naprmax25%	0	<=	120,0000	120,0000	0	0	M
6	m-erő07	480,0000	<=	520,0000	40,0000	0	480,0000	M
7	m-erő09	240,0000	<=	800,0000	560,0000	0	240,0000	M
8	m-erő10	0	<=	520,0000	520,0000	0	0	M
9	e-gép-l	360,0000	<=	820,0000	460,0000	0	360,0000	M
10	e-gép-2	240,0000	<=	820,0000	580,0000	0	240,0000	M
11	e-gép-3	0	<=	820,0000	820,0000	0	0	M
12	2-gép-1	360,0000	<=	900,0000	540,0000	0	360,0000	M
13	2-gép-2	240,0000	<=	900,0000	660,0000	0	240,0000	M
14	2-gép-3	360,0000	<=	900,0000	540,0000	0	360,0000	M
15	3-gép-1	0	<=	400,0000	400,0000	0	0	M
16	3-gép-2	120,0000	<=	400,0000	280,0000	0	120,0000	M
17	3-gép-3	360,0000	<=	400,0000	40,0000	0	360,0000	M
18	N	99 600,0000	<=	700 000,0000	600 400,0000	0	99 600,0000	M
19	P	40 800,0000	<=	500 000,0000	459 200,0000	0	40 800,0000	M
20	K	133 200,0000	<=	300 000,0000	166 800,0000	0	133 200,0000	M

Forrás: saját számítás

M6. 2/a táblázat

Optimális megoldás a biomassza mennyiségének maximálása mellett a csicsóka területének korlátozásával – primál megoldás és a redukált költségek

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	búzaét	0	5,0000	0	-3,5000	at bound	-M	8,5000
2	búzaen	0	7,5000	0	-1,0000	at bound	-M	8,5000
3	zabtak	0	3,0000	0	-5,5000	at bound	-M	8,5000
4	zaben	0	4,5000	0	-4,0000	at bound	-M	8,5000
5	rozstak	0	2,5000	0	-6,0000	at bound	-M	8,5000
6	rozsen	0	4,0000	0	-4,5000	at bound	-M	8,5000
7	kuktak	0	6,0000	0	-5,0000	at bound	-M	11,0000
8	kuken	32,0000	11,0000	352,0000	0	basic	10,0000	37,5000
9	burgét	0	25,0000	0	-15,0000	at bound	-M	40,0000
10	burgen	72,0000	40,0000	2 880,0000	0	basic	35,0000	42,0000
11	crépaét	0	40,0000	0	-10,0000	at bound	-M	50,0000
12	crépaen	120,0000	50,0000	6 000,0000	0	basic	40,0000	M
13	repce	0	2,5000	0	-6,0000	at bound	-M	8,5000
14	naprét	0	3,0000	0	-33,2500	at bound	-M	36,2500
15	napren	0	6,0000	0	-30,2500	at bound	-M	36,2500
16	szója	0	2,0000	0	-33,0000	at bound	-M	35,0000
17	ccirok	208,0000	35,0000	7 280,0000	0	basic	33,0000	40,0000
18	csicsóka	48,0000	50,0000	2 400,0000	0	basic	9,7500	M
	Objective	Function	(Max.) =	18 912,0000				

Forrás: saját számítás

M6. 2/b táblázat:

Optimális megoldás a biomassza mennyiségének maximálása mellett a csicsóka területének korlátozásával –duál megoldás és az árnyékárak

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	terület	480,0000	<=	480,0000	0	8,5000	448,0000	481,6000
2	kalászmax66%	0	<=	320,0000	320,0000	0	0	M
3	crépamax25%	120,0000	<=	120,0000	0	15,0000	0	224,0000
4	repcemax25%	0	<=	120,0000	120,0000	0	0	M
5	naprmax25%	0	<=	120,0000	120,0000	0	0	M
6	m-erő07	512,0000	<=	520,0000	8,0000	0	512,0000	M
7	m-erő09	592,0000	<=	800,0000	208,0000	0	592,0000	M
8	m-erő10	512,0000	<=	520,0000	8,0000	0	512,0000	M
9	e-gép-l	120,0000	<=	820,0000	700,0000	0	120,0000	M
10	e-gép-2	523,2000	<=	820,0000	296,8000	0	523,2000	M
11	e-gép-3	344,0000	<=	820,0000	476,0000	0	344,0000	M
12	2-gép-1	120,0000	<=	900,0000	780,0000	0	120,0000	M
13	2-gép-2	523,2000	<=	900,0000	376,8000	0	523,2000	M
14	2-gép-3	184,0000	<=	900,0000	716,0000	0	184,0000	M
15	3-gép-1	0	<=	400,0000	400,0000	0	0	M
16	3-gép-2	400,0000	<=	400,0000	0	26,5000	398,4000	432,0000
17	3-gép-3	400,0000	<=	400,0000	0	1,2500	112,0000	408,0000
18	N	80 696,0000	<=	700 000,0000	619 304,0000	0	80 696,0000	M
19	P	37 672,0000	<=	500 000,0000	462 328,0000	0	37 672,0000	M
20	K	91 720,0000	<=	300 000,0000	208 280,0000	0	91 720,0000	M
21	C21	48,0000	<=	48,0000	0	40,2500	46,6667	80,0000

Forrás: saját számítás

M6. 3/a táblázat:

Optimális megoldás a biogáz mennyiségének maximálása mellett – primál megoldás és a redukált költségek

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	búzaét	0	2 565,0000	0	-475,0000	at bound	-M	3 040,0000
2	búzaen	3,7500	3 040,0000	11 400,0000	0	basic	2 565,0000	6 040,2000
3	zabtak	0	1 710,0000	0	-1 562,2190	at bound	-M	3 272,2190
4	zaben	0	2 052,0000	0	-1 220,2190	at bound	-M	3 272,2190
5	rozstak	0	567,0000	0	-1 997,9840	at bound	-M	2 564,9840
6	rozsen	0	852,0000	0	-1 712,9840	at bound	-M	2 564,9840
7	kuktak	0	3 828,0000	0	-1 595,0000	at bound	-M	5 423,0000
8	kuken	22,5000	5 423,0000	122 017,5000	0	basic	3 828,0000	5 442,5000
9	burgét	0	2 198,0000	0	-879,0000	at bound	-M	3 077,0000
10	burgen	88,7500	3 077,0000	273 083,8000	0	basic	3 065,7330	9 543,1430
11	crépaét	0	4 104,0000	0	-684,0000	at bound	-M	4 788,0000
12	crépaen	120,0000	4 788,0000	574 560,0000	0	basic	4 104,0000	M
13	repce	120,0000	1 626,0000	195 120,0000	0	basic	232,2188	M
14	naprét	0	2 280,0000	0	-687,1953	at bound	-M	2 967,1950
15	napren	0	2 850,0000	0	-117,1953	at bound	-M	2 967,1950
16	szója	0	1 680,0000	0	-576,0000	at bound	-M	2 256,0000
17	ccirok	120,0000	2 256,0000	270 720,0000	0	basic	2 138,8050	M
18	csicsóka	0	1 400,0000	0	-859,9609	at bound	-M	2 259,9610
	Objective	Function	(Max.) =	1 446 901,0000				

Forrás: saját szerkesztés

M6. 3/b táblázat

Optimális megoldás a biogáz mennyiségének maximálása mellett – duál megoldás és az árnyékárak

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	terület	475,0000	<=	480,0000	5,0000	0	475,0000	M
2	kalászmax66%	3,7500	<=	320,0000	316,2500	0	3,7500	M
3	crépamax25%	120,0000	<=	120,0000	0	4 555,7810	0	125,7143
4	repcemax25%	120,0000	<=	120,0000	0	1 393,7810	0	125,7143
5	naprmax25%	120,0000	<=	120,0000	0	2 023,7810	0	125,7143
6	m-erő07	520,0000	<=	520,0000	0	232,2188	496,0000	560,0000
7	m-erő09	666,2500	<=	800,0000	133,7500	0	666,2500	M
8	m-erő10	520,0000	<=	520,0000	0	707,2344	417,1429	600,0000
9	e-gép-l	212,5000	<=	820,0000	607,5000	0	212,5000	M
10	e-gép-2	454,7500	<=	820,0000	365,2500	0	454,7500	M
11	e-gép-3	388,7500	<=	820,0000	431,2500	0	388,7500	M
12	2-gép-1	212,5000	<=	900,0000	687,5000	0	212,5000	M
13	2-gép-2	454,7500	<=	900,0000	445,2500	0	454,7500	M
14	2-gép-3	268,7500	<=	900,0000	631,2500	0	268,7500	M
15	3-gép-1	125,6250	<=	400,0000	274,3750	0	125,6250	M
16	3-gép-2	328,7500	<=	400,0000	71,2500	0	328,7500	M
17	3-gép-3	400,0000	<=	400,0000	0	3,9609	147,5556	432,0000
18	N	74 847,5000	<=	700 000,0000	625 152,5000	0	74 847,5000	M
19	P	37 910,0000	<=	500 000,0000	462 090,0000	0	37 910,0000	M
20	K	87 922,5000	<=	300 000,0000	212 077,5000	0	87 922,5000	M

Forrás: saját számítás

M6. 4/a táblázat

Optimális megoldás a bioetanol mennyiségének maximálása mellett – primál megoldás és a redukált költségek

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	búzaét	0	1 500,0000	0	-3 200,0000	at bound	-M	4 700,0000
2	búzaen	0	1 725,0000	0	-2 975,0000	at bound	-M	4 700,0000
3	zabtak	0	900,0000	0	-3 800,0000	at bound	-M	4 700,0000
4	zaben	0	1 035,0000	0	-3 665,0000	at bound	-M	4 700,0000
5	rozstak	0	750,0000	0	-3 950,0000	at bound	-M	4 700,0000
6	rozsen	0	885,0000	0	-3 815,0000	at bound	-M	4 700,0000
7	kuktak	0	2 300,0000	0	-2 400,0000	at bound	-M	4 700,0000
8	kuken	0	2 675,0000	0	-2 025,0000	at bound	-M	4 700,0000
9	burgét	0	2 000,0000	0	-2 700,0000	at bound	-M	4 700,0000
10	burgen	0	2 750,0000	0	-1 950,0000	at bound	-M	4 700,0000
11	crépaét	0	4 000,0000	0	-700,0000	at bound	-M	4 700,0000
12	crépaen	0	4 500,0000	0	-200,0000	at bound	-M	4 700,0000
13	repce	0	0	0	-4 700,0000	at bound	-M	4 700,0000
14	naprét	0	0	0	-5 000,0000	at bound	-M	5 000,0000
15	napren	0	0	0	-5 000,0000	at bound	-M	5 000,0000
16	szója	0	0	0	-4 700,0000	at bound	-M	4 700,0000
17	ccirok	360,0000	4 700,0000	1 692 000,0000	0	basic	4 500,0000	5 000,0000
18	csicsóka	120,0000	5 000,0000	600 000,0000	0	basic	4 700,0000	M
	Objective	Function	(Max.) =	2 292 000,0000				

Forrás: saját számítás

M6. 4/b táblázat

Optimális megoldás a bioetanol mennyiségének maximálása mellett – duál megoldás és az árnyékárak

Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
terület	480,0000	<=	480,0000	0	4 700,0000	120,0000	520,0000
kalászmax66%	0	<=	320,0000	320,0000	0	0	M
crépamax25%	0	<=	120,0000	120,0000	0	0	M
repcemax25%	0	<=	120,0000	120,0000	0	0	M
naprmax25%	120,0000	<=	120,0000	0	300,0000	80,0000	400,0000
m-erő07	480,0000	<=	520,0000	40,0000	0	480,0000	M
m-erő09	0	<=	800,0000	800,0000	0	0	M
m-erő10	0	<=	520,0000	520,0000	0	0	M
e-gép-l	120,0000	<=	820,0000	700,0000	0	120,0000	M
e-gép-2	360,0000	<=	820,0000	460,0000	0	360,0000	M
e-gép-3	360,0000	<=	820,0000	460,0000	0	360,0000	M
2-gép-1	120,0000	<=	900,0000	780,0000	0	120,0000	M
2-gép-2	360,0000	<=	900,0000	540,0000	0	360,0000	M
2-gép-3	120,0000	<=	900,0000	780,0000	0	120,0000	M
3-gép-1	0	<=	400,0000	400,0000	0	0	M
3-gép-2	360,0000	<=	400,0000	40,0000	0	360,0000	M
3-gép-3	120,0000	<=	400,0000	280,0000	0	120,0000	M
N	74 400,0000	<=	700 000,0000	625 600,0000	0	74 400,0000	M
P	34 200,0000	<=	500 000,0000	465 800,0000	0	34 200,0000	M
K	55 200,0000	<=	300 000,0000	244 800,0000	0	55 200,0000	M

Forrás: saját számítás

M6. 5/a táblázat

Optimális megoldás a bioetanol mennyiségének maximálása mellett a csicsóka és a cukorcirok területi korlátozásával – primál megoldás és a redukált költségek

Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
búzaét	0	1 500,0000	0	-225,0000	at bound	-M	1 725,0000
búzaen	25,8750	1 725,0000	44 634,3800	0	basic	1 500,0000	6 066,6670
zabtak	0	900,0000	0	-1 013,2810	at bound	-M	1 913,2810
zaben	0	1 035,0000	0	-878,2813	at bound	-M	1 913,2810
rozstak	0	750,0000	0	-959,7656	at bound	-M	1 709,7660
rozsen	0	885,0000	0	-824,7656	at bound	-M	1 709,7660
kuktak	0	2 300,0000	0	-375,0000	at bound	-M	2 675,0000
kuken	23,2500	2 675,0000	62 193,7500	0	basic	2 300,0000	4 825,9610
burgét	0	2 000,0000	0	-750,0000	at bound	-M	2 750,0000
burgen	76,3750	2 750,0000	210 031,3000	0	basic	2 000,0000	4 610,7140
crépaét	0	4 000,0000	0	-500,0000	at bound	-M	4 500,0000
crépaen	120,0000	4 500,0000	540 000,0000	0	basic	4 000,0000	M
repce	0	0	0	-188,2813	at bound	-M	188,2813
naprét	0	0	0	-828,7109	at bound	-M	828,7109
napren	0	0	0	-828,7109	at bound	-M	828,7109
szója	0	0	0	-188,2813	at bound	-M	188,2813
ccirok	48,0000	4 700,0000	225 600,0000	0	basic	188,2813	M
csicsóka	48,0000	5 000,0000	240 000,0000	0	basic	625,1953	M
Objective	Function	(Max.) =	1 322 459,0000				

Forrás: saját számítás

M6. 5/b táblázat

Optimális megoldás a bioetanol mennyiségének maximálása mellett a csicsóka és a cukorcirok területi korlátozásával – duál megoldás és az árnyékárak

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	terület	341,5000	<=	480,0000	138,5000	0	341,5000	M
2	kalászmax66%	25,8750	<=	320,0000	294,1250	0	25,8750	M
3	crépamax25%	120,0000	<=	120,0000	0	4 311,7190	0	149,6552
4	repcemax25%	0	<=	120,0000	120,0000	0	0	M
5	naprmax25%	48,0000	<=	120,0000	72,0000	0	48,0000	M
6	m-erő07	520,0000	<=	520,0000	0	188,2813	354,4000	544,5714
7	m-erő09	773,1250	<=	800,0000	26,8750	0	773,1250	M
8	m-erő10	520,0000	<=	520,0000	0	203,5156	438,0952	1 072,0000
9	e-gép-l	150,2500	<=	820,0000	669,7500	0	150,2500	M
10	e-gép-2	392,5750	<=	820,0000	427,4250	0	392,5750	M
11	e-gép-3	274,3750	<=	820,0000	545,6250	0	274,3750	M
12	2-gép-1	150,2500	<=	900,0000	749,7500	0	150,2500	M
13	2-gép-2	392,5750	<=	900,0000	507,4250	0	392,5750	M
14	2-gép-3	274,3750	<=	900,0000	625,6250	0	274,3750	M
15	3-gép-1	38,8125	<=	400,0000	361,1875	0	38,8125	M
16	3-gép-2	244,3750	<=	400,0000	155,6250	0	244,3750	M
17	3-gép-3	400,0000	<=	400,0000	0	436,9141	182,7556	425,4815
18	N	60 503,7500	<=	700 000,0000	639 496,3000	0	60 503,7500	M
19	P	27 407,0000	<=	500 000,0000	472 593,0000	0	27 407,0000	M
20	K	82 025,2500	<=	300 000,0000	217 974,8000	0	82 025,2500	M
21	C21	48,0000	<=	48,0000	0	4 511,7190	23,4286	206,2857
22	C22	48,0000	<=	48,0000	0	4 374,8050	35,4909	120,0000

Forrás: saját számítás

M6. 6/a. táblázat

Optimális megoldás a jövedelem maximálása mellett bioetanol célú felhasználás esetén

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowal Max. c
1	búzaét	0	75 000,0000	0	-375 000,0000	at bound	-M	450 000,
2	búzaen	0	69 000,0000	0	-381 000,0000	at bound	-M	450 000,
3	zabtak	0	45 000,0000	0	-405 000,0000	at bound	-M	450 000,
4	zaben	0	41 400,0000	0	-408 600,0000	at bound	-M	450 000,
5	rozstak	0	37 500,0000	0	-412 500,0000	at bound	-M	450 000,
6	rozsen	0	35 400,0000	0	-414 600,0000	at bound	-M	450 000,
7	kuktak	0	161 000,0000	0	-289 000,0000	at bound	-M	450 000,
8	kuken	0	160 500,0000	0	-289 500,0000	at bound	-M	450 000,
9	burgét	0	280 000,0000	0	-190 000,0000	at bound	-M	470 000,
10	burgen	0	422 500,0000	0	-47 500,0000	at bound	-M	470 000,
11	crépaét	0	200 000,0000	0	-270 000,0000	at bound	-M	470 000,
12	crépaen	0	180 000,0000	0	-290 000,0000	at bound	-M	470 000,
13	repce	0	0	0	-450 000,0000	at bound	-M	450 000,
14	naprét	0	0	0	-470 000,0000	at bound	-M	470 000,
15	napren	0	0	0	-470 000,0000	at bound	-M	470 000,
16	szója	0	0	0	-470 000,0000	at bound	-M	470 000,
17	ccirok	400,0000	470 000,0000	188 000 000,0000	0	basic	450 000,0000	M
18	csicsóka	80,0000	450 000,0000	36 000 000,0000	0	basic	161 000,0000	470 000,
	Objective	Function	(Max.) =	224 000 000,0000				

Forrás: saját számítás

M6. 6/b. táblázat

Optimális megoldás a jövedelem maximálása mellett bioetanol célú felhasználás esetén a csicsóka és a cukorcirok területi korlátozásával

Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
búzaét	30,8571	75 000,0000	2 314 286,0000	0	basic	69 000,0000	1 400 000,0
búzaen	0	69 000,0000	0	-6 000,0000	at bound	-M	75 000,000
zabtak	0	45 000,0000	0	-40 714,2900	at bound	-M	85 714,290
zaben	0	41 400,0000	0	-44 314,2900	at bound	-M	85 714,290
rozstak	0	37 500,0000	0	-48 214,2900	at bound	-M	85 714,290
rozsen	0	35 400,0000	0	-50 314,2900	at bound	-M	85 714,290
kuktak	0	161 000,0000	0	-66 321,4300	at bound	-M	227 321,40
kuken	0	160 500,0000	0	-66 821,4300	at bound	-M	227 321,40
burgét	0	280 000,0000	0	-142 500,0000	at bound	-M	422 500,00
burgen	88,0000	422 500,0000	37 180 000,0000	0	basic	289 857,1000	1 767 857,0
crépaét	120,0000	200 000,0000	24 000 000,0000	0	basic	180 000,0000	M
crépaen	0	180 000,0000	0	-20 000,0000	at bound	-M	200 000,00
repce	0	0	0	-10 714,2900	at bound	-M	10 714,290
naprét	0	0	0	-113 660,7000	at bound	-M	113 660,70
napren	0	0	0	-113 660,7000	at bound	-M	113 660,70
szója	0	0	0	-10 714,2900	at bound	-M	10 714,290
ccirok	48,0000	470 000,0000	22 560 000,0000	0	basic	10 714,2800	M
csicsóka	48,0000	450 000,0000	21 600 000,0000	0	basic	113 660,7000	M
Objective	Function	(Max.) =	107 654 300,0000				

Forrás: saját számítás

M6. 7/a táblázat

Optimális megoldás a biodízel mennyiségének maximálása mellett – primál megoldás és a redukált költségek

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	búzaét	0	0	0	-400,0000	at bound	-M	400,0000
2	búzaen	0	0	0	-400,0000	at bound	-M	400,0000
3	zabtak	0	0	0	-400,0000	at bound	-M	400,0000
4	zaben	0	217,0000	0	-183,0000	at bound	-M	400,0000
5	rozstak	0	0	0	-400,0000	at bound	-M	400,0000
6	rozsen	0	0	0	-400,0000	at bound	-M	400,0000
7	kuktak	0	0	0	-400,0000	at bound	-M	400,0000
8	kuken	0	172,0000	0	-228,0000	at bound	-M	400,0000
9	burgét	0	0	0	-400,0000	at bound	-M	400,0000
10	burgen	0	0	0	-400,0000	at bound	-M	400,0000
11	crépaét	0	0	0	-400,0000	at bound	-M	400,0000
12	crépaen	0	0	0	-400,0000	at bound	-M	400,0000
13	repce	120,0000	600,0000	72 000,0000	0	basic	400,0000	M
14	naprét	0	0	0	-980,0000	at bound	-M	980,0000
15	napren	120,0000	980,0000	117 600,0000	0	basic	400,0000	M
16	szója	240,0000	400,0000	96 000,0000	0	basic	217,0000	600,0000
17	ccirok	0	0	0	-400,0000	at bound	-M	400,0000
18	csicsóka	0	0	0	-400,0000	at bound	-M	400,0000
	Objective	Function	(Max.) =	285 600,0000				

Forrás: saját számítás

M6. 7/b táblázat

Optimális megoldás a biodízel mennyiségének maximálása mellett – duál megoldás és az árnyékárak

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	terület	480,0000	<=	480,0000	0	400,0000	240,0000	520,0000
2	kalászmax66%	0	<=	320,0000	320,0000	0	0	M
3	crépamax25%	0	<=	120,0000	120,0000	0	0	M
4	repcemax25%	120,0000	<=	120,0000	0	200,0000	80,0000	360,0000
5	naprmax25%	120,0000	<=	120,0000	0	580,0000	0	360,0000
6	m-erő07	480,0000	<=	520,0000	40,0000	0	480,0000	M
7	m-erő09	240,0000	<=	800,0000	560,0000	0	240,0000	M
8	m-erő10	120,0000	<=	520,0000	400,0000	0	120,0000	M
9	e-gép-I	240,0000	<=	820,0000	580,0000	0	240,0000	M
10	e-gép-2	240,0000	<=	820,0000	580,0000	0	240,0000	M
11	e-gép-3	480,0000	<=	820,0000	340,0000	0	480,0000	M
12	2-gép-1	240,0000	<=	900,0000	660,0000	0	240,0000	M
13	2-gép-2	240,0000	<=	900,0000	660,0000	0	240,0000	M
14	2-gép-3	480,0000	<=	900,0000	420,0000	0	480,0000	M
15	3-gép-1	120,0000	<=	400,0000	280,0000	0	120,0000	M
16	3-gép-2	360,0000	<=	400,0000	40,0000	0	360,0000	M
17	3-gép-3	120,0000	<=	400,0000	280,0000	0	120,0000	M
18	N	56 880,0000	<=	700 000,0000	643 120,0000	0	56 880,0000	M
19	P	36 360,0000	<=	500 000,0000	463 640,0000	0	36 360,0000	M
20	K	57 480,0000	<=	300 000,0000	242 520,0000	0	57 480,0000	M

Forrás: saját számítás

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni mindazoknak, akik információval, véleményükkel, javaslataikkal és segítő szándékú bírálataikkal támogatták a disszertáció létrejöttét.

Köszönöm témavezetőmnek, **Dr. Szelényi Lászlónak** értékes tanácsait, hasznos ötleteit, kitartó támogatását.

Külön köszönöm **Dr. Szűcs István professzor Úr** segítségét, szakmai és emberi támogatását.

Köszönettel tartozom **Dr. Farkasné Dr. Fekete Máriának, Dr. Kiss Károlynak, Dr. Vinogradov Szergejnek, Troják Miklósnénak** hasznosítható tanácsaikért, amelyekkel hozzájárultak a dolgozat végső formába öntéséhez.

Munkatársaimnak köszönöm, hogy oktatói és kutatói munkámban számíthattam segítségükre.