

TUDOMÁNYOS TANÁCSKOZÁS

Dr. h.c. Dr. Sitkei György professzor, akadémikus 95. születésnapja alkalmából

TUDOMÁNYOS TANÁCSKOZÁS

Dr. h.c. Dr. Sitkei György professzor, akadémikus
95. születésnapja alkalmából

Sopron, 2026. február 20.

Szerkesztette: Prof. Dr. Horváth Béla, Dr. Kocsis Zoltán, Dr. Major Tamás



SOPRONI EGYETEM KIADÓ

SOPRON, 2026.

Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar
Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar
Magyar Tudományos Akadémia Agrár- és Bioműszaki Tudományos Bizottsága

Felelős kiadó: Prof. Dr. Fábián Attila
a Soproni Egyetem rektora

© Prof. Dr. Horváth Béla, Dr. Kocsis Zoltán, Dr. Major Tamás

ISBN 978-963-334-576-4 (pdf)

Soproni Egyetem Kiadó
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.
Telefon: +36 (99) 518-976
E-mail: kiado@uni-sopron.hu

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó (<i>Prof. Dr. Horváth Béla, Dr. Kocsis Zoltán</i>).....	7
Prof. Dr. Sitkei György 95. születésnapja alkalmából rendezett tudományos tanácskozás programja	9
Sitkei György akadémikus 95 éve – életút és tudományos pálya (<i>Prof. Dr. Csanády Etele</i>).....	11
Sitkei György akadémikus, a botanikus gépészmérnök, az agrár és bioműszaki világörökség része (<i>Prof. Dr. h.c. Dr. Neményi Miklós</i>).....	15
Sitkei György akadémikus 95 éves (<i>Prof. Dr. Szendrői Péter DSc</i>)	17
Sitkei György akadémikus, a természetkutató mérnök (<i>Prof. Dr. Véha Antal</i>)	18
Sitkei György akadémikus, a tanítómester és az atyai jóbarát (<i>Prof. Dr. Horváth Béla</i>)	19
Sitkei György akadémikus és a fák világa – 95. születésnapjára köszöntő (<i>Prof. Dr. Magoss Endre</i>).....	21
Az agrár és bioműszaki kutatások jelene és jövője (<i>Prof. Dr. h.c. Dr. Neményi Miklós</i>).....	23
Mezőgazdasági gépek és gépszerkezetek fenntartható fejlesztése (<i>Prof. Dr. Káta László</i>).....	35
Többfunkciós mérőeszköz fejlesztése kertészeti termények mechanikai tulajdonságainak vizsgálatára (<i>Prof. Dr. Felföldi József, Lukács Mátyás, Dr. Kertész István Dr. Zsomné Dr. Muha Viktória</i>)	40
A kenyérfogyasztás élelmiszerbiztonsági vonatkozásai (<i>Prof. Dr. Véha Antal, Trenyik Eszter, Dr. Szabó P. Balázs, Paukné Dr. Ács Katalin</i>)	47
Mechanika a politechnikában és az építészetben (<i>Dr. Andor Krisztián</i>).....	53
Robotok az erdőgazdálkodásban (<i>Dr. Major Tamás</i>)	57
Prof. Dr. h.c. Dr. Sitkei György akadémikus fontosabb publikációinak jegyzéke	63

ELŐSZÓ

A Soproni Egyetem és a Magyar Tudományos Akadémia közössége számára különleges megtiszteltetés, hogy köszönheti *Prof. Dr. Sitkei György* akademikust 95. születésnapja alkalmából. E kiadvány nemcsak ünnepi emlékezés, hanem tisztelgés is egy olyan életmű előtt, amely több mint hét évtizede szolgálja a tudományt, az oktatást és a műszaki gondolkodás fejlődését.

Sitkei Professzor Úr pályája ritka példája annak, hogyan képes egy tudós egyszerre formálni a kutatás, az ipari gyakorlat és az oktatás világát. Munkásságának súlyát nemcsak a több száz tudományos közlemény, könyv és könyvfejezet jelzi, hanem az a szellemi iskola is, amelyet maga köré épített. A dízelmotorok hő- és áramlástana, a talaj-jármű kölcsönhatások, a szemcsés anyagok mechanikája, a faforgácsolás elmélete, valamint a fa felületi tulajdonságainak vizsgálata mind olyan területek, ahol nemcsak jelen van, hanem úttörőként mutat utat. Tudományos szemléletmódja ma is segít lebontani a szakterületek közötti határokat, és új összefüggések felismerésére ösztönöz.

De még ennél is fontosabb, hogy mindezt tanárként, mentoráló jelenléttel, kérdezve és bátorítva teszi. Tudományos előadásaiban ugyanaz a következetesség és szenvedély van jelen, mint amikor hallgatói kérdéseire válaszol, vagy kollégáit kíséri a kutatói pályán. Sokak számára ma is mérce, útmutató vagy éppen inspiráció – nemcsak tudásával, hanem emberi tartásával is.

Ez a kötet egyszerre szól háláról és tiszteletről. A benne olvasható visszaemlékezések és tudományos írások mind-mind arról tanúskodnak, hogy *Prof. Dr. Sitkei György* munkássága nem csupán a múlt része, hanem ma is élő inspiráció – nemcsak mérnökök, hanem tanárok, oktatók, kutatók és hallgatók számára is.

A Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kara, a Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kara, valamint a Magyar Tudományos Akadémia Agrár- és Bioműszaki Tudományos Bizottsága közösen ajánlja e kiadványt szeretettel és nagyrabecsüléssel mindazoknak, akik tisztelettel fordulnak egy nagy formátumú tudós, tanár és ember felé.

„A természeti törvények öröktől fogva vannak és nem változnak, sosem avulnak el. A tudomány nem avul el, csak legfeljebb kiegészítésre szorul.”

– Sitkei György

Sopron, 2026. február 20.

A Szervezők

(Prof. Dr. Horváth Béla, Dr. Kocsis Zoltán)



Prof. Dr. h.c. Dr. Sitkei György akadémikus

okleveles mezőgazdasági gépészmérnök, professzor emeritus, az MTA tagja,
a Soproni Egyetem nyugalmazott egyetemi tanára,
az agrár-műszaki tudomány, az erdészeti- és a faipari gépesítés nemzetközileg is ismert,
kiemelkedő tudósa és oktatója.

PROF. DR. SITKEI GYÖRGY 95. SZÜLETÉSNAPIJA ALKALMÁBÓL RENDEZETT TUDOMÁNYOS TANÁCSKOZÁS PROGRAMJA

Időpont: 2026. február 20.

Helyszín: Soproni Egyetem, Lignum konferenciaterem, 9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u.4.

Levezető elnök: *Dr. Kocsis Zoltán*

9:00 – 10:00 – Érkezés

10:00 – 12:00 – Professzor Úr köszöntése tanítványai, pályatársai és barátai körében

- **10:10 – 10:25** – *Prof. Dr. Csanády Etele:* Sitkei György akadémikus 95 éve – életút és tudományos pálya
- **10:25 – 10:40** – *Prof. Dr. Neményi Miklós:* Sitkei György akadémikus a botanikus gépészmérnök, az agrár és bioműszaki világörökség része
- **10:40 – 10:55** – *Prof. Dr. Szendrői Péter:* Sitkei György akadémikus 95 éves
- **10:55 – 11:10** – *Prof. Dr. Véha Antal:* Sitkei György akadémikus, a természetkutató mérnök
- **11:10 – 11:25** – *Prof. Dr. Horváth Béla:* Sitkei György akadémikus, a tanítómester és az atyai jóbarát
- **11:25 – 11:40** – *Prof. Dr. Magoss Endre:* Sitkei György akadémikus és a fák világa – 95. születésnapjára köszöntő

12:00 – 13:00 – Ebéd

Helyszín: Lignum Látogatóközpont, emeleti rendezvényter

13:00 – 14:30 – Tudományos szekcióülés

- **13:00 – 13:15** – *Prof. Dr. Neményi Miklós:* Az agrár és bioműszaki kutatások jelene és jövője
- **13:15 – 13:30** – *Prof. Dr. Káta László:* Mezőgazdasági gépek és gépszerkezetek fenntartható fejlesztése
- **13:30 – 13:45** – *Prof. Dr. Felföldi József - Lukács Máttyás – Dr. Kertész István - Dr. Zsorné Dr. Muha Viktória:* Többfunkciós mérőeszköz fejlesztése kertészeti termények mechanikai tulajdonságainak vizsgálatára
- **13:45 – 14:00** – *Prof. Dr. Véha Antal - Trenyik Eszter - Dr. Szabó P. Balázs - Paukné Dr. Ács Katalin:* A kenyérfogyasztás élelmiszerbiztonsági vonatkozásai
- **14:00 – 14:15** – *Dr. Andor Krisztián:* Mechanika a politechnikában és az építészetben
- **14:15 – 14:30** – *Dr. Major Tamás:* Robotok az erdőgazdálkodásban

14:30 – 15:00 – Hozzászólások, köszöntések

Kötetlen köszöntési lehetőség, személyes megszólalások, emlékek megosztása.

15:00 – Konferencia zárása, utószó, kötetlen beszélgetés

SITKEI GYÖRGY AKADÉMIKUS 95 ÉVE – ÉLETÚT ÉS TUDOMÁNYOS PÁLYA

Prof. Dr. Csanády Etele

ny. egyetemi tanár

Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar

csanady.etele@uni-sopron.hu

Életpályája

Sitkei György 1931. február 13-án született Orosházán. A Fehér tó mellett lakott, ahol tanyán gazdálkodott édesapja. Ő gyerekként megtanulta már az akkori mezőgazdasági gépek világát. Édesapjának fagázshajtású cséplőgépe volt, amivel aratástól függően vasúton szállítva még Brassó mellé is járt ki csépelni. Gondoljunk bele az évszámra és a távolságokra. Elemi iskoláit részben tanyán és részben Orosházán végezte. A gimnáziumot Orosházán (1942-1950). Kitűnő eredménnyel végzett középiskolája után jelentkezett a Budapesti Műszaki Egyetem mezőgép szakára, ahova sikerrel felvételt nyert. Itt 1954-ben szerzett mezőgépész diplomát kiváló eredménnyel.

Aspiránsként 1954-1957 között tanult és dolgozott többek között az akkori Szovjetunióban is. Itt kiválóan megtanult oroszul és az orosz tudományos világ és irodalom nagy mértékben meghatározta mai napig munkásságát. Egyben aspiráns volt az egyetem mezőgazdasági géptan tanszéken, majd ezt követően a tanszék munkatársa lett tudományos kutatói beosztásban, emellett tanított is. Itt húsz évet töltött el, közben tudományos főmunkatársi beosztásba került. Rengeteg kutatást végzett a belső égésű motorok égési folyamatiról. A 60-as években már megmérte az üzemelő motor dugattyú hőmérsékletét, és a láng sugárzását. Meghatározta a robbanásakor keletkező lángfront terjedési sebességét. Számtalan műszert épített saját maga is, igaz komoly műhelyi háttere is rendelkezésre állt. Motoros könyveit a BMW főkonstruktőre *Anisits Ferenc* a motor tervezés bibliájaként használta. Egyik könyvét még japánra is lefordították.

1974-ben a Mezőgép Trösztnél kapott főosztályvezetői, később tudományos tanácsadói állást, itt 1980-ig dolgozott. Ekkor a Mezőgép Trösztnek 22 gyáregysége és 45.000 dolgozója volt. Ezután került az Erdészeti és Faipari Egyetemre, (Még *Gál János* rektorsága alatt), ahol a faipari gépészet tanszéken kapott tanszékvezető egyetemi tanári kinevezést. A tanszéket 1996-ig vezette, majd nyugdíjba vonult és 2001-ben professor emeritusi címet kapott. Fontos megjegyezni, hogy nagyon szorgosan gondoskodott az oktató és kutató utánpótlásról, 7 műszaki doktor, 1 mezőgazdasági tudományok kandidátusa, 3 műszaki tudományok kandidátusa és 2 PhD megvédését irányította, keze alól 4 egyetemi tanár került ki.

Munkássága

1960-ban védte meg a műszaki tudományok kandidátusi, 1964-ben akadémiai doktori értekezését, így az elmúlt 60 éves. Az MTA Agrárműszaki, az Áramlás- és Hőtechnikai Bizottságnak, ill. a Veszprémi Akadémiai Bizottságnak lett tagja. 1998-ban a Magyar Tudományos Akadémia levelező, 2004-ben pedig rendes tagjává választották meg. Emellett az Energetikai, valamint a Környezettudományi Bizottságba is bekerült. Akadémiai tisztségei mellett az International Society for Terrain-Vehicle Systems és a Magyar Akkreditációs Bizottság Gépészeti Szakbizottságának volt tagja.

Több mint száznegyven tudományos publikáció szerzője vagy társszerzője, ebből huszonhárom könyvalakban jelent meg. Közleményeit magyar, angol és német nyelven adja közre.

A tanszék felszerelésének, mérőeszközeinek, könyvtárának nagymértékű bővítését tette lehetővé, hogy nagyon sok megbízásos munkát hozott, és ebből történt mindezek finanszírozása: mérőműszerek, megmunkáló gépek, szerszámok. Időben felismerte a számítástechnika fontosságát, a számítógép parkot folyamatosan fejlesztette, bővítette, a CAD gépi rajzolás is időben indította. Két darab CNC megmunkáló központ beszerzésének pályázatát segítette (2 ½ D és 5 D). A tanszék komoly gépészeti műhellyel és jó felkészültségű technikussal rendelkezett. Ezek a gépek ma már az ipart szolgálják, szerepüket egy új gép vette át. A tanszéki méréstechnikában sok minden más mellett bevezette a mechanikában használatos nyúlásmérő bélyegek használatát forgácsoló erő méréséhez, a felületi érdesség mérését, a porforgács elszívás tervezését és mérését, ezek csupán kiragadott példák. Nagyon időben felismerte a véges elem módszer alkalmazásának fontosságát.

Még a Mezőgép Trösztben végzett munkássága alatt fő szerepet kapott a gabonátároló fém silótornyok tervezésében. Nélküle senki nem mert tornyot állítani, az ok egyszerű: az első silót Mosonmagyaróváron állították fel, amely terhelés alatt szétszakadt és feldőlt. A vezérigazgató 48 órát adott a probléma megoldására, hát neki 24 óra elegendő volt. A tanszék nagy megbízásos munkái között a silóvizsgálatok a tanszék kollégáiból néhány alpinistát is kineveltek. Néhány az általa irányított munkákból:

- a Roto Elzett 40 tonnás sajtológépeinek erőmérőcellás vizsgálata;
- keretfűrészgép törésvizsgálata;
- MTZ traktorra szerelt fagázgenerátor;
- forgácsolási paraméterek mérése lineáris padon;
- porrobbanások okai forgácslap gyártó üzemekben;
- zaj- és hangteljesítmény vizsgálatok a faiparban.

Nagyon komoly szakértői kapcsolatot épített ki a hazai faipari üzemekkel. A megnyílt határoknak köszönhetően, megszervezte külföldi oktató és kutató egyetemekkel a kapcsolatot. Ennek sikerét a sok kapcsolat, közös kutatások, és a nemzetközi konferenciákon való részvétel jelezte. Sikeres elindítania a hazai hallgatóink a külföldi üzemlátogatásait. Saját maga magánutazásain a világot számtalanszor körbe utazta, nagyon komoly tudást szerzett a különféle kontinensek növényvilágáról. Komoly szakkönyvet írt a világ érdekes fáiról, bokrairól.

Magánutazásaival komoly példát mutatott a tanszéki kollégáknak is. Elindult például az Alpok magánutas felfedezése a kollégák részéről.

Rendszeresen részt vettek a tanszéki kollégák az IWMS kétévente rendezett nemzetközi világkonferenciáin. Két kolléga Németországban évente tartott rendszeres idegennyelvű oktatást egyetemeken, angol nyelven, ill. sok alkalommal Európa különböző egyetemein. Sajnos a világra kiterjedő vírus ezeket a kapcsolatokat megszakította, és nehezen visszaépíthetővé tette.

A volt tanszéki és mostani intézeti kollégák szorgalmas tevékenységével és *Sitkei* professzor vezetésével a világhírű Springer kiadó hat szakirányú angol nyelvű könyvet jelentett meg:

- *E. Csanády, E. Magoss: Mechanics of wood Machining, 2013;*
- *E. Csanády, E. Magoss, L. Tolvaj: Quality of Machined Wood Surfaces, 2015;*
- *E. Csanády, Zs. Kovács, E. Magoss, J. Ratnasingham: Optimum Design and Manufacture of Woodproducts, 2019;*
- *Z. Kocsis, E. Csanády: Theory and Practice of Wood Pellet Production, 2019;*
- *E. Csanády, E. Magoss: Mechanics of wood Machining, 2020, (Third edition);*
- *E. Magoss, Gy. Sitkei, Z. Kocsis: Dust Extraction and Handling in the wood Industrie, 2022.*

Prof. Dr. Sitkei György tudományos munkásságának válogatott bibliográfiája:

- Keverékképzés és égés lefolyása Diesel-motorokban (1960);
- Traktormotorok üzemi viszonyai váltakozó jellegű terhelésnél (1960);
- Hőátadás és hőterhelés belsőégésű motorokban (1962);
- Kraftstoffaufbereitung und Verbrennung bei Dieselmotoren (1964);
- A mezőgazdasági gépek talajmechanikai problémái (1967, angolul is);
- Keverékképzés és égés karburátoros motorokban (1969);
- Heat Transfer and Thermal Loading in Internal Combustion Engines (1974);
- Soil Mechanics Problems of Agricultural Machines (1976);
- A mezőgazdasági anyagok mechanikája (1981);
- Mechanics of Agricultural Materials (1985);
- Mezőgazdasági és erdészeti járművek modellezése (1986);
- A faipari műveletek elmélete (1994);
- Gyakorlati áramlástan (1997);
- A talaj-kerék kapcsolat néhány elméleti kérdése (2000);
- Energy Consumption of Selected Tree Shakers Under Different Operational Conditions (társszerző, 2001);
- Mezőgazdasági műszaki ismeretek (szerk., 2004);
- A gyümölcs- és zöldségtermesztés műszaki vonatkozásai (társszerző, 2005);
- Technical Aspects of Horticultural Production (szerk., 2008).

Prof. Dr. Sitkei György tudományos munkássága 2025-ben:

- Eloszlások feldolgozás és értékelése;
- Adalékok a vasúti kocsik fékezéséhez;
- Az első variációs feladat: Johann Bernoulli, 1696 (*Papp Sándor*);
- Egy Orosházi Iskolát Csinált, a hasonlóság elmélet alkalmazásának úttörője (*Kulcsár László*);
- A gépkocsi indítási folyamata;
- Miért van gyorsjárású belsőégésű motorunk (*Sitkei György - Kulcsár László Tibor*);
- Kéttömegű csillapított lengőrendszer megoldása;
- Lagrange Igazsága, 1770/1974;
- Lagrange optimális rúd feladata, 1770.

Szakmai kiválóságának hivatalos elismerései

1965. – Akadémiai Díj (Magyar Tudományos Akadémia).

1993. – Szent-Györgyi Albert-díj (akkori oktatási tárca).

1994. – Pattantyús-Ábrahám Géza-díj (Gépipari Tudományos Egyesület).

2014. – A Magyar Érdemrend Tisztikeresztje, polgári tagozat (állami kitüntetés).

Prof. Dr. Sitkei György hitvallása

1. Rend a lelke mindennek – otthon és a hivatalban is.
2. Alaptudományok nélkül nincs alkalmazott tudomány.
3. A tudományokat általánosítani kell, ennek legfontosabb módszere a hasonlóság elmélet, már 110 éve.
4. A hivatali beosztás összhangban legyen az általános felkészültséggel.
5. A szakmát gyakorolni kell, mert gyakorlat teszi a Mestert.
6. Tanulni a Mestertől és nem a tanítványaitól kell.

7. A tudomány akkor ér valamit, ha alkalmazzák. Az elmélet és gyakorlat egysége.
8. A tudomány azon ismeretek összessége, amelyek természeti törvényeken nyugszanak.
A természeti törvények:
 - öröktől fogva vannak,
 - nem változnak.

Mi is *Sitkei György* professzor titka?

Erre többek között *Selye János* adta meg a választ 60 évvel ezelőtt, a TV-ben:

- az alaptudományokat már tudni kell,
- a szakmát is ismerni kell, de nem annyira, hogy ne engedjen más irányba gondolkodni.

Pl. jó matematika és fizika professzorok, a szakmai ismeretek hiánya miatt, nem sok szakmai ismeretet adtak az egyetemnek. Ezért volt régen gyakori a két diploma. *Lugosi Armandot* a régi Műegyetem jó alaptudományi oktatása segítette, hogy faipari mérnökké képezze magát. *Sitkei György* professzor is nagyon jól kezelte a szakmákat, mivel az alaptudománya nagyon megalapozott.

Életpályáját alaposan át kell gondolni, munkásságát elemezni és tanulni belőle. Megtanulni az alaptudományok és a szakmák szintézisét helyesen alkalmazni. Ő a világban is egyedülálló módon alkalmazta a hasonlóság elméletét feladatok általánosított megoldására, és az elmúlt 62 év során százas nagyságrendben vezetett le új hasonlósági számokat és összefüggéseket. A világ ennek a töredékét sem produkálta. A faipar területén is jelentős számú ilyen megoldás született (lásd: Egy orosházi iskolát csinált).

SITKEI GYÖRGY AKADEMIKUS, A BOTANIKUS GÉPÉSZMÉRNÖK, AZ AGRÁR ÉS BIOMŰSZAKI VILÁGÖRÖKSÉG RÉSZÉ

Prof. Dr. h.c. Dr. Neményi Miklós

akadémikus, Széchenyi-díjas, az ABMTB elnöke

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar

nemenyi.miklos@szie.hu

Bárhol megfordulunk a világban – Új-Zélandtól Alaszkáig – a vendéglátó a könyvespolcához siet, leveszi valamelyik könyvét *Sitkei Györgynek*, és boldogan mutatja: *Szitkej Hungary*. Ennél nagyobb tiszteletet senki nem vívott ki a világban közülünk. Pedig nem akármilyen tudományterületről van szó, az agrár és bio-műszakiról. Keressük a kapcsolatot az élő és élettelen világ között, igyekszünk olyan megoldásokat találni az élelmiszertermelésnél, amelyek fenntarthatóak az ökológiai környezetben és egészséges technológiák alapjai lehetnek.

A '60-as évek végén kérdeztem a Műszaki Egyetemen *Antos Gábor* barátomat, akit tanított a professzor úr, hogy milyen ember ez a *Sitkei*, akinek már akkor „híre ment.” „A *Janik József* professzor barátja” volt a válasz, „márpedig aki a *Janiknak* a barátja, az rossz ember nem lehet” folytatta.

Sitkei professzorral 1973 áprilisának végén ismerkedtem meg Kőrmenden, a hajdani Mezőgazdasági Gépészeti Főiskolán. Kicsit furcsán viselkedett, elnézést is kért, hogy siet. El nem tudtam volna képzelni, hogy hová siet, hiszen a nyugati alvégek alvégén voltunk. Aztán kiderült: a Jeli Arborétumba siet (27 km Kőrmendről), ahol a Rododendronok virágzását csodálja minden évben.

Később közelebb kerültünk egymáshoz. Bábolnáról jöttek a megbízások, én a szemestermény szárítók fejlesztésében vettem részt. A professzor úr alapos felkészültsége innovációs szemlélettel párosult. Rendszeresen Kőrmendre látogatott, élmény volt vele találkozni, a véleményét kikérni.

Az igazi hobbija a botanika. Számos anekdota kering a személye körül:

Egy magyar botanikus professzor könyvéhez csaknem 10 oldalas magánvéleményt írt, el is küldte neki. Amikor egyszer kikísért, csak annyit mondott egy Új-Zélandon honos növényre mutatva: „Tudod ez a professzor az új-zélandi növényekről ír, pedig még nem járt ott. Én többször voltam abban a különleges növényzetű országban, és remélem még leszek is.”.

Az egyik japán egyetem botanikus kertjének professzorától a páfrányfenyő (*Ginkgo biloba*) után érdeklődött. „Olyan nincs nálunk”, volt a válasz. Aztán sétálás közben csak találtak egyet: „de hiszen itt van” – így *Sitkei* professzor. Szegény japán professzor nagyon kellemetlenül érezte magát.

A Tyimirjázev Mezőgazdasági Egyetem (Moszkva) Gorjacskin Agrárműszaki Intézetében volt *Sitkei György* aspiráns (1954-1957). Még fél éve se volt ott, de már híre ment a mély és széleskörű tudományos felkészültségének. Erre mondta *Varga János* professzor, aki ugyancsak Moszkvában volt aspiráns: „Még azt sem tudta rendesen kimondani, hogy drasztutye, de már zseninek tartották. Ez óriási dolog.”.

Amikor a kaliforniai Davis Egyetemen adott elő, az intézetigazgató csak segítséggel tudta behozni *Sitkei* professzor számos könyvét, a magyar nyelvűek „házi” fordításban voltak meg náluk.

Sopronban nagy tisztelet vette körül, hiszen több ezer fa faj nevét latinul is tudja.

Az egyik MTA Közgyűlés ebédszünetében két botanikus földrajzossal ebédeltünk. Egy Csillében honos növényről beszélgettek, amellyel kapcsolatban professzor úr megjegyzéseket tett. Amikor desszertért ment, kérdezték, hogy ki ez az akadémikus. Azt válaszoltam, hogy egy gépészmérnök professzor. Erre otthagytak, azt hitték, hogy viccelek velük.

Epilógus

Drága Gyurka bátyám, Te is tudod, hogy a nagyok *Arisztoteléstől Newtonon át Einsteinig* mindannyian azt hitték, hogy velük a fejlődés lezárult. Nem zárult le. Értem én, hogy miért korholod a fiatalabbakat („Nem akarnak dolgozni” – hangoztatod). Hidd el: mi is igyekeztünk a kor kihívásainak megfelelni, hiszen a körülöttünk lévő és a globális világ is változik. Alkalmazkodnunk kell, ha tetszik, ha nem. Arra kérlek, hogy továbbra is támogasd a munkánkat, és nézd el tévelygéseinket.

Őszinte szívvel és mély hálával kívánok neked még sok aktív évet és jó egészséget.

SITKEI GYÖRGY AKADÉMIKUS 95 ÉVES

Prof. Dr. Szendrő Péter DSc

*professor emeritus, az ABMTB tiszteletbeli elnöke
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet
Szendro.Peter@uni-mate.hu*

Szinte hihetetlen! A *Sitkei*, a *Sityi*, a *Gyurka bátyám* ma is fiatalos lendülettel 95 éves. Ma is mindenütt jelen van, véleményt nyilvánít, bírál, támogat, utat mutat sok utána jövő nemzedék lelkes, elhivatott „mezőgépész” kutató, oktató, gyakorlati szakember számára.

Ott van mindig, ahol fontos dolgok történnek. Legyen az a BMGE, a MATE, a Soproni Egyetem, a Szegedi Egyetem vagy a Magyar Tudományos Akadémia, vagy akár egy további magyar vagy külföldi egyetem, főiskola tudományos műhelye, rendezvénye, fóruma, bármi, ahol az élettudomány, az agrár műszaki kérdések szóba jöhetnek. De akkor is ott van az olyan hazai és nemzetközi fórumokon, ahol neki kell szóbahoznia mindazt, ami őt élteti a tudományban nemzedékeken át.

Sitkei professzor a *Rázsó Imrével* fémjelzett nagy mezőgépész nemzedék utolsó élő képviselője, akit egyaránt foglalkoztatott, foglalkoztat vagy remélhetőleg foglalkoztatni fog a széles mezőgépész témakör a dízel motoroktól, a talajműveléstől az élelmiszer előállításig terjedő számos munkafolyamat, annak gépesítés-elméleti megalapozása, a mérnöki gyakorlat innovációig terjedő eredményessége.

Gyurka bátyám különleges személyiség, aki bár ismeri a XXI. század vívmányaként megjelenő digitális eszközrendszert, megértve a mesterséges intelligencia lehetőségeit, ma is a papír-ceruza és az egyszerű számológép eszközrendszerével dolgozik. Példájaként a természetes intelligencia primátusának, ami mindig felismeri az egyes folyamatok lényegét. Például nem nyugszik bele abba, ha a *Dekartes*-féle koordináta-rendszer origójába nem találkoznak a mérés-statisztikai görbék. Nem rest arra, hogy annak értelmét felfedje. Irányt mutasson tanítványai az ország, Európa és a világ több élettudományi tudós nemzedéke számára. Segíti támogatja őket a dolgok lényegének megértése és a bölcs szakmai következtetések kimunkálásának folyamatában.

Irodalmi munkássága az egyetemi példatáraktól, jegyzetektől, tankönyvektől a rangos Springer Kiadó által megjelentetett elméleti alapművekig, magyar, angol és német nyelven is megjelent rangos publikációig terjed. A szakirányú doktorképzéstől, az akadémiai doktori cím várományosait érintő eljárásokban, minősítésekben, legyen az mezőgépész, faipari vagy távérzékelés témakörű, mindenütt van bölcs, segítő kritikája, szigorú, de igazságos észrevétele, amely mindig jószándékú. Úgy vagyunk vele, hogy neki mindig igaza van, de ez az igazság minden esetben megtérül a kritika érintettjei számára.

Gyuri több ízben bejárta már a világot, megismerve mindenütt a természet sokszínűségét. Különösen a fákat, amelyek ugyan nem nőnek az égig, de több évszázados a „sikertörténetük”. Ebben is világra szóló a fajtagyűjteménye, személyes tapasztalatainak tárháza. Ezen ambíciója az egyik éltető elfoglaltsága, mely a bölcsesség, a természeti szépség megvalósulásának példaképe.

A mostani 95. esztendő – mint a fák életében – az övében sem kor, csak állapot. Kívánjuk mindannyian, akik tisztelik és szeretik Őt, hogy ez is csak egy állomás legyen, ahonnan a veterán Mercedes új utakra indul.

Mi is vele tartunk! Isten éltesse erőben, egészségben, változatlan szellemi frissességben a Te saját és mindannyiunk gyönyörűségére 95-dik születésnapodon.

SITKEI GYÖRGY AKADÉMIKUS, A TERMÉSZETKUTATÓ MÉRNÖK

Prof. Dr. Véha Antal

egyetemi tanár

Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar

veha@mku-szeged.hu

Kedves Sitkei Professzor Úr! Kedves Gyurka Bátyám!

Tisztelettel köszöntelek a 95. születésnapodon!

Köszöntőmet – mert az a közös élményeinkről szóló képes összeállítás lesz – meglepetésnek szánom a konferencián (ezért itt nem írok többet róla).

Kívánok neked még sok aktív évet, Isten éltesse erőben, egészségben.

SITKEI GYÖRGY AKADÉMIKUS, A TANÍTÓMESTER ÉS AZ ATYAI JÓBARÁT

Prof. Dr. Horváth Béla

professor emeritus

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar

horvath.bela@uni-sopron.hu

Tisztelt Sitkei Professzor Úr! Kedves Gyurka Bátyám!

Nagy tisztelettel köszöntelek a 95. születésnapodon! Mondják, hogy nem az az érdem, hogy valaki hány évet (adott esetben 95 évet) élt meg, hanem az, hogy ezt milyen tartalommal töltötte meg. *Sitkei* professzor esetében kimondhatjuk, hogy ezek valóban tartalmas évtizedek voltak, tehát esetében az érdem is adott.

Kedves *Gyurka Bátyám*! Megtiszteltetés számomra, hogy ismerhetlek, hogy Veled együtt lehetek részese az agrár-gépészek, az agrár-gépész tudósok csapatának.

Megtiszteltetés számomra az is, hogy már egyetemistaként tanítottál. A jelenlevők között azok közé tartozom, akik a legrégebben ismernek. Én 1968-1973. között voltam műegyetemista. Utána néztem és elmondhatom, hogy 1970-ben, 56 évvel ezelőtt ismertelek meg. Egyetemistaként ekkor hallgattam először a Budapesti Műszaki Egyetem Mezőgazdasági Géptani Tanszékén, ahol Te akkor oktattál. A közelmúltban elővettem az egyetemi indexemet, amiből kiderült, hogy a „Traktorok elmélete” című tantárgyat tanultam Tőled, és büszke vagyok arra, hogy jelesre vizsgáztam nálad.

Végzésem után pár évvel később találkoztunk ismét, amikor én már a soproni Erdészeti és Faipari Egyetemen dolgoztam, Te pedig a MEZŐGÉPTRÖSZT főosztályvezetője voltál. Akkor az Erdészeti Géptani Tanszéken, *Prof. Dr. Káldy József* irányításával – a Tőled kapott megbízás alapján – erdészeti gépek (hasító-, kérgező- és aprító gépek) főtervein dolgoztunk, majd a kész munkánkat egy általad vezetett zsűri előtt kellett megvédenünk. Sosem felejttem el, hogy erre a zsűrire milyen alaposan készültünk, és még *Káldy* professzor is milyen izgalommal várta, hogy megfelelünk-e a „*Nagy Sitkei*” (ezt Ő mondta akkor) elvárásainak. Végül is talán nem voltunk előtted teljesen eredménytelenek, mert később a zsűri tárgyát képező három gép közül kettőt – a hasító- és a kérgezőgépet – a MEZŐGÉPTRÖSZT Cserkúti Gyára ezen főtervek alapján gyártott.

Aztán Sopronba jöttél. Éppen akkor, mikor én a kandidátusi dolgozatom házi védeése előtt álltam. Mire e védésemre sor került volna, sajnálatos módon váratlanul elhunyt *Káldy* professzor, és Te a helyébe léptél, és ha nem is hivatalosan, de a valóságban – *Prof. Dr. Szepesi László* mellett – az aspiránsvezetőm lettél, és ennek következtében több, mint egy félévet késett az akadémiai védésem, mivel már az első, dolgozatommal kapcsolatos konzultáción jóindulatilag közölted velem, hogy „Gyerek ez így nem jó!” Ezt követően az útmutatásaid szerint átdolgoztam majd az egész disszertációm. Ebben az időszakban ismét sokat tanultam Tőled, főleg a kutatások módszertanából, de egyéb másból is. Mindez megérte, mert az akadémiai védesen azon kevesek közé tartoztam, akinek a munkájához támogatólag szóltál hozzá.

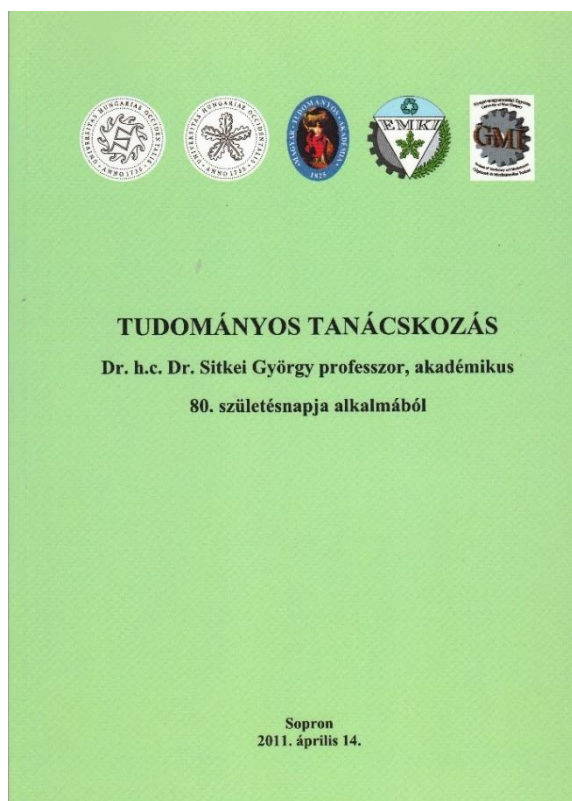
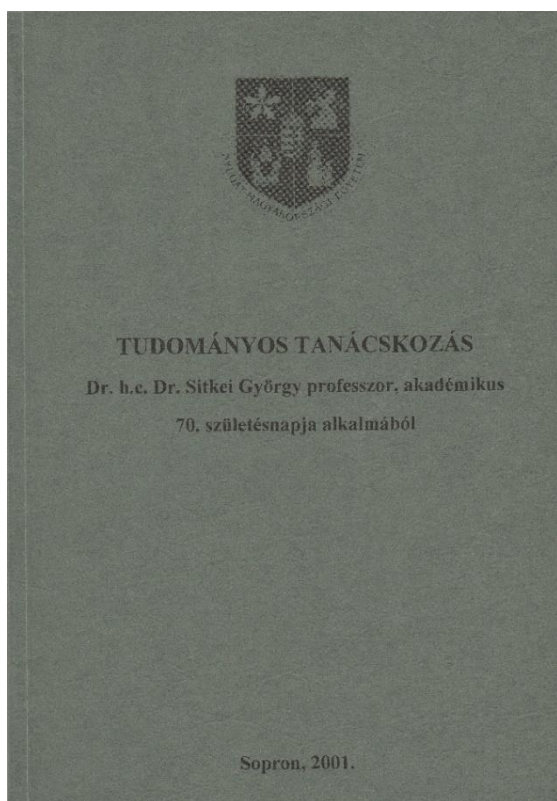
Te mindig nagy empátiával meséltél arról, hogy a *Szabó Gusztáv* és a *Rázso Imre* tanítványa voltál, utóbbinak munkatársa is lehettél. Én arra vagyok büszke, hogy a *Mészáros-Sitkei* féle mezőgépész iskola növendéke, és később *Sitkei György* munkatársa lehettem.

Örömömre szolgál, hogy együtt dolgozhattunk, amikor 1983-85. között a közvetlen főnököm voltál, mikor Te láttad el az akkori Erdészeti Géptani Tanszék vezetői tisztét.

Aztán nagy-nagy megtiszteltetés volt, hogy ezen a poszton – *Prof. Dr. Gál János* akkori rektor felé tett javaslatodra – én lehettem az utódod. Kapcsolatunk ezután sem szakadt meg, sőt fokozatosan elmélyült. Folyamatosan kaptam Tőled a hasznos szakmai tanácsokat, amik nagyban hozzájárultak ahhoz, hogy eredményes tudtam lenni a szakmámban.

Részesen lehettem több közös szakmai munkának, majd 2003-ban elfogadtad, hogy társszerző leszel az általam szerkesztett „Erdészeti gépek” című könyvben, melyben az „Erőgépjárorszerkezet és a talaj kapcsolata” című fejezetet írtad. Ugyanez megtörtént a könyv 2016-ban megjelent javított, átdolgozott, az addig elmúlt közel másfél évtized fejlődését is figyelembe vevő, egyes fejezeteknél új ismereteket is közlő, kibővült szerzőkollektívával összeállított változatánál is. Később felkértél, hogy legyek társszerző az általad szerkesztett, 2004-ben megjelent „Mezőgazdasági műszaki alapismeretek” című könyvben, amelyben az „Anyag- és gyártásismeret” című, minegy 50 oldalas fejezetet írhattam meg. Társszerzők voltunk továbbá a *Prof. Dr. Szendrő Péter* által szerkesztett „Mezőgazdasági gépszerkezettan” című könyvben is. Ezek is nagy megtiszteltetések volt számomra.

Megtiszteltetés volt számomra az is, hogy szervezhettem a 70. és a 80. születésnapod tudományos konferenciáit, és szerkeszthettem az azokhoz kötődő kiadványokat.



Nagy-nagy öröm számomra, hogy volt tanítványodként már jó ideje – az együttes munkák eredményeként is – atyai jó barátomként tisztelhetlek. Mindig örültem, örülök, amikor találkoztunk, találkozunk. Örültem, amikor a még aktív korodban a tanszékemen keddenként ebéd előtt rendszeresen meglátogattál, elbeszélgettünk ilyenkor a szakmáról, a világról, és közben egy kis unikummal koccintottunk, majd együtt mentünk ebédelni.

Kedves *Gyurka Bátyám*! Ismételten nagy tisztelettel köszöntelek a 95. születésnapodon! Kívánom mindezt most egy képletes unikumos koccintással, amit a fogadásán valósággá teszünk! Isten éltesen! Sok erőt, jó egészséget még sok-sok éven keresztül! Bízom benne, hogy még sok alkalommal találkozunk, együtt unikumozunk!

SITKEI GYÖRGY AKADÉMIKUS ÉS A FÁK VILÁGA – 95. SZÜLETÉSNAPI KÖSZÖNTŐ

Prof. Dr. Magoss Endre

egyetemi tanár, dékán

Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar
magos.endre@uni-sopron.hu

Nagy megtiszteltetés számomra, hogy *Sitkei* akadémikus tanítványa, sőt beosztottjaként munkatársa lehettem. Széles tudását mindenki ismeri, a *Sitkei* név a világ tudományos életében fogalom, könyveit sok helyen szakmai bibliaként tartják számon a mai napig. Már mondaná is professzor úr, igen a természet és a kutatás alaptörvényei sosem évülnek el, lásd *Pitagorasz-tétel*. Bizony ilyenek *Sitkei* akadémikus úr kutatásai is, legyen a téma a talaj-kerék kapcsolat, a belső égésű motorok gázcsereje vagy akár a fa forgácsoláselmélete. Az egyik legnagyobb magyar polihisztortól nagy megtiszteltetés tanulni, és rengeteg tanulsággal szolgáló emlék jut most eszembe.

Emlékszem kezdő éveimre, amikor reggelente 7.30-tól együtt kávézott a tanszék, abból a kávéból, amit ő maga, a tanszékvezető már 7 órakor megfőzött, és ez a rituálé délből megismétlődött. Bizony ezek a találkozók egyben rejtett eligazítások is voltak, így a tanszék kutatásai egy láthatatlan irányító elképzelésnek köszönhetően, szép lassan egy egészszé álltak össze, ami nagysikerű angol nyelvű szakkönyvekben került publikálásra. Nemrégiben Németország egyik faipari oktatással foglalkozó egyetemén tudtam meg, hogy ott is, a Sopronban professzor úr szakmai vezetésével írt fa forgácsoláselméleti könyvet használják tankönyvnek a mesterhallgatók, doktoranduszok oktatására.

Ha megengedik pár személyes emlékekkel szeretném bemutatni azt a lényeglátást, amivel professzor úr vezette tanszékünket. Mai napig emlékszem doktori dolgozatom témavezetésére, hogyan kaptam vissza például egyes fejezeteket, azzal a címszóval, hogy egy műszaki dolgozat nem haladhatja meg a 100 oldalt, azaz tömörnek kell lennie. Volt olyan oldal, ami át volt húzva, és fölé volt írva egyetlen rövid bekezdés. El kellett ismernem benne volt, amit szerettem volna megfogalmazni, de azt csak az igazán jártas szakemberek érthették meg. Jött is rá a megdönthetetlen tanítás: „Tudományos írásműveket nem laikusoknak ír az ember”. Ezzel nem is lehetett/lehet vitatkozni, de aki megpróbálta, professzor úrnak annak is volt válasza. Egy tanszéki doktori védésen az egyik opponens kifogásolta a dolgozat címét, egészen pontosan annak rövid tömörségét. Akadémikus úr, mint konzulens vitát lezáró hozzászólása a következő volt: „A Rómeó és Julia is egy nagyon nagy mű, mégsem szerepel minden szereplő neve a címben.”.

Életem egyik legmeghatározóbb emléke, amikor 2000-ben professzor úrral meglátogattuk a Yosemite Nemzeti Parkot. A 100 méteres magasságukkal, a több száz éves fa matuzsálemek éreztetik az emberrel halandóságát. Talán nem véletlen, hogy professzor úr nem csak itt, hanem a világ minden táján meglátogatta a legnagyobb, legidősebb fákat. Sőt hozzáillő precizitással nemcsak felkereste, hanem meg is írta történetüket. Így született meg az „Érdekes fák és bokrok más tájakról” című könyve, melyben szintén örök érvényű gondolatokat fogalmaz meg (15-16 o.): „Érdekes lény az ember. Egyrésztől intelligenciáját mutatják már korai barlangfestmények (Altamíra barlang) a 20-30 ezer évvel ezelőtti időkből, majd erőteljesebben a kb. 5000 évvel ezelőtti görög krétakori emlékek. Az ember alkotói és művészi képessége nagyszerű alkotásokat hozott létre a föld minden táján. Ugyanakkor az ember, minden bizonnyal a létfenntartás kényszerítő körülményei miatt, egy sor rossz tulajdonságot is kifejlesztett, amelyek ma is élnek. A sajátos önös érdekében még maga alatt is képes vágni a fát, saját

embertársaival szemben bármikor kész háborúzni. Mindezen cselekedeteknek legtöbbször a vétlen természet is szenvedő alanya volt. A történelem erre rengeteg példával szolgál.”.

A 2006-ban íródott sorokat az eltelt időszak sajnos nemcsak alátámasztja, de a háborúk száma fegyverek hatékonyságának fejlődése még szomorúbbá, elgondolkoztatóvá teszi.

A rövid köszöntőből is látható, hogy *Sitkei György* tanításai nemcsak szakmailag, de emberileg is milyen időtállóak, megszívlelendők. Még akkor is, ha a világ változik, de az „akadémiai értékrendnek” „a vezetés egy szolgálat” vezetői arc poétikának örökérvényűnek kell lennie.

A szó legnemesebb értelmében professzor úr mindent nagyon szépen KÖSZÖNÖK!

BOLDOG SZÜLETÉSNAPOT KÍVÁNOK!

Jó szerencsét! Üdv az Erdésznek! Pénzt a Fásnak!

AZ AGRÁR ÉS BIOMŰSZAKI KUTATÁSOK JELENE ÉS JÖVŐJE

Prof. Dr. h.c. Dr. Neményi Miklós

akadémikus, Széchenyi-díjas, professor emeritus, az ABMTB elnöke
Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar
nemenyi.miklos@szie.hu

Mottó: A biológia és az MI-re alapozott műszaki-informatikai fejlődés a két rendszer szimbiózisát fogja elhozni.

Bevezető gondolatok

A robotok egyre bővülő alkalmazása, fejlődése kapcsán azt olvashatjuk, hogy „emberek egyáltalán nincs szükség rájuk, a munkákra”. Farmer nélkül nincs élelmiszer, és jövő. A robot farmerek a jövőt élelmezni tudják. *Gábor Dénes* Nobel-díjas fizikus szerint „Eddig az ember magával a természettel küzdött, mostantól a saját természetével kell megküzdenie.”

Szent-Györgyi Albert Nobel-díjas biológus szerint: „Az ember nem a nagyvárosok következtén jött létre. Kialakulása valamilyen dzsungelben, számtalan éven át tartott és szigorúan ennek a dzsungelnek az életéhez alkalmazkodott. [...] Ha egészségesek akarunk lenni, testünket vissza kell helyeznünk abba a környezetbe, amely számára kialakult.”

Amikor a jövő kihívásairól beszélünk, nem hagyhatjuk szó nélkül a technológiai szingularitás kihívásait. A technológiai szingularitás elérése az a jövőbeli időpont, amikor a mesterséges intelligenciára (MI) alapozott technológiai fejlődés képessé válik arra, hogy önmagát az emberi képességeket messze meghaladó mértékben fejlessze, ami soha nem látott, kiszámíthatatlan és gyors technológiai változásokat, innovációkat indít el, amelyek gyökeresen átalakíthatják a társadalmi struktúrákat (*Kurzweil*, 2005).

A technológiai fejlődés része pl. a műszaki (élettelen) és a biológiai rendszerek (humán, agrár, természetes környezet stb.) szimbiózisa, amely azt is jelenti, hogy egymástól tanulnak, egymás tapasztalatait a közös fejlődésük céljából felhasználják.

A szingularitás felé vezető út kezdetét jelzi az a tény is, hogy világcégek elkezdik leépíteni a humán munkaerőt. Ezzel jelentős társadalmi konfliktusokat hoznak létre, egyben az új társadalmi berendezéseket is kikényszerítik.

Miért nem váltotta be a precíziós agrár technológia a hozzá fűzött reményeket?

Nyugat-Európában a mezőgazdaság jövedelmezősége főleg az olcsó ukrán műtrágyának köszönhető már évtizedek óta. Ezek az előnyök persze vitathatók, hiszen a N alapú műtrágyák csak 30-50%-a hasznosul a növényekben, a foszfor 45%-ban (*Tilman et al.*, 2002). Vagyis a jövedelmezőségi előnyök a jelentős környezetszennyezés miatt „társadalmi összességben” a negatív irányba billennek.

Az agráriumra mind a meteorológiai, mind a hosszabb távon érvényesülő klímaváltozások jelentős mértékben hatnak. A változások előre jelzése nagyon nehéz. Például egy korszerű öntözőrendszer beruházásánál a várható időjárásváltozások jellemzőit előre kellene tudni, hogy a hosszabb távú jövedelmezőséget becsülni lehessen.

Az alapvető problémát a közgazdasági Nobel-emlékdíjas *Nordhaus* (2013) fogalmazta meg közérthetően: Az üvegházhatást okozó gázokat kibocsátók gazdasági és egyéb előnyökre tesznek szert a fosszilisok elégetésével, míg azok, akik ennek a tevékenységnek a káros következményeivel találkoznak, például a klímaváltozástól szenvedő szegények milliárdjai, semmiféle ellenszolgáltatást nem kapnak. Ez a helyzet pedig a gazdag és szegény országok

között életszínvonalbeli gradienseket „termel”, ami további migráns bevándorlási cunami-val fenyeget (Neményi, 2020a).

A fentiek látszólag ellentmondásokat takarnak. A szingularitás meg fog jelenni a teljesen automatizált élelmiszertermelésnél is. Ugyanakkor nem szabad figyelmen kívül hagyni Szent-Györgyi professzor javaslatát sem, vagyis: Hogyan oldjuk fel egyidőben a teljesen autonóm gazdálkodás, ill. a vissza természetbe ellentmondást?

A szerző véleménye szerint minden felnőtt vegyen részt fizikálisan a saját élelmiszere előállításában. Ennek az előnyeit nem lehet hangsúlyozni. Az ilyen munkáknak közösség formáló ereje van, másrésről az emberek fizikai és pszichikai ellenálló képessége is megnő. Az emberek olyan alkalmazott biológiai ismeretekre tesznek szert, amelyek segítik őket átállni az ökológiai gondolkodásmódra. Ez a megfontolásra felvetett vélemény azt is feltételezi, hogy a biotermelésre alkalmas földterületeket környezetünkben a legnagyobb mértékben igyekezzünk megőrizni, hogy a mezőgazdasági termelő tevékenységünket az életvitelünkhöz legközelebb lévő területünkön végezhessük, akár a közvetlen életterületekhez kapcsolódóan. Ilyen lehet a vertikális növénytermesztés (Gurung et al., 2024).

Az ökológiai gondolkodás és intelligencia

A fenti elképzelés hozzájárul az ökogondolkodás, ill. az ökológiai központú intelligencia kialakulásához. Az ökoközpontú intelligencia főbb jellemzői:

- az egyének rendelkeznek megfelelő tudással ahhoz, hogy felmérjék, vajon cselekedeteik megfelelnek-e a fenntartható fejlődés kritériumainak;
- az egyének képesek megítélni, hogyan hatnak cselekedeteik a globális változásokra, a helyi hatásokon túl;
- az együttműködésre törekvő egyének képesek értékelni a társadalmi (politikai) fogalmakat és projekteket, véleményüket kifejezik a döntéshozóknak;
- az egyének célja, hogy tapasztalataikat bővítsék eseményeken, szervezetekben és programokban, véleményeiket és tapasztalataikat megvitatva a fenntartható ökológiai fejlődés kapcsán.

A fent felsoroltak összhangban vannak *Albert Schweitzer* zenetudós, orvos és orgonaművész, Nobel -békedíjas azon véleményével, hogy a technikai fejlődés árnyoldalait, embertelen hatásait csak a magas etikai kultúra egyenlítheti ki, csak az akadályozhatja meg, hogy a technikai hatalmunkat önmagunk és embertársaink ellen fordítsuk. Etikai reneszánszra van szükség (URL¹).

Mindez csak akkor érhető el, ha az ICT révén folyamatosan figyelemmel kísérjük a termelési-elosztási lánc átláthatóságát (a termőföldtől az asztalig: Farm (Field) to Fork: F2F), és a biodiverzitás változásait a megművelt a tábla körüli természetes és féltermészetes területeken. Egyben az oktatást is e célok érdekében kell fejleszteni, gyökeresen átalakítva azt. Ennek a gondolkodásmódnak az általános elfogadottságát befolyásolja az oktatás (óvodától az egyetemig), különféle rövid- és hosszú távú társadalmi erőfeszítések, jogszabályok stb. révén.

A természetes területek növekvő átláthatósága és megfigyelése hozzájárul a közvélemény, a szakemberek és a döntéshozók közötti bizalmatlanság feloldásához. Másrésről ez a folyamat feltételezi a demokratikus társadalmi berendezkedéseket, továbbá a globális érdekképviselőket.

Goleman (2010) szerint az emocionális, pszichikai intelligencia gyakran nagyobb jelentőségű, mint a tradicionális IQ. Az elmélet öt fő területet emel ki: önismeret, önszabályozás, motiváció, empátia és szociális készségek.

Brundtland-jelentés a fenntartható fejlődésről

Az ENSZ felkérésére 1984-ben megalakul a Környezet és Fejlődés Világbizottsága. Vezetője *Gro Harlem Brundtland* asszony, a Norvég Királyság akkori miniszterelnöke. A bizottság 1987-ben fogadta el a „**Közös jövőnk**” című jelentést, ami Brundtland-jelentés néven vált közismertté. Alapgondolata, hogy a Föld minden lakosának joga van emberhez méltó életkörülmények között élni. A jelentés továbbá megfogalmazza, hogy: "A fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen generáció szükségleteit anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő generációk esélyeit arra, hogy ők is kielégíthessék a szükségleteiket." (Láng,2002).

Ma már egyértelmű, hogy **fenntartható fejlődésről** csak akkor beszélhetünk, ha az megfelel az ökológiai elvárásoknak, tehát környezetbarát, hozzájárul az agrár biodiverzitás növeléséhez, klímaváltozás-semleges, vagy mérsékeli a klímaváltozás kedvezőtlen hatásait, és csökkent a fejlett és fejletlen országok közötti életszínvonalbeli különbséget, különösen vonatkozik ez az éhínség felszámolására és arra, hogy valamennyi földlakó egészséges ivóvízhez juthasson (Neményi, 2020a, 2020b).

Ökológiai fenntarthatóság

Az ökológiai fenntarthatóság az ökoszisztémák azon képessége, hogy fenntartsák alapvető folyamataikat és funkcióikat, valamint megőrizték biológiai sokféleségüket.

A fenntarthatóság egy olyan társadalmi cél, amely nagyjából arra irányul, hogy az emberek hosszú ideig biztonságosan együtt élhessenek a Földön. A fenntarthatóság konkrét definícióiban nehéz megállapodni, ezért azok a szakirodalomban és az időkben változóak. **A fenntarthatóságot általában három dimenzió (más néven pillér) mentén írják le: környezeti, gazdasági és társadalmi.** Ez a koncepció használható globális, nemzeti és egyéni szintű döntések irányítására (pl. fenntartható életvitel). A FAO 10 alapterülete az agrárökológiára: a növények és állatok ellenálló képessége; a biodiverzitás (növelése); a tudás közös létrehozása, és megosztása; felelős kormányzás; körkörös és szolidáris gazdaság; kultúra és étkezési hagyományok; újrahasznosítás; emberi és társadalmi értékek; együttes hatások és hatékonyság. A felsorolás az összeállítók azon elképzelését tükrözi, hogy a szociális feladatoknál történjenek jelentős változások.

A föld szegényebb fele

Legalább 1,5 milliárd ember éhezik a Földön (Merlet, 2013), 785 millió embernek nincs még alapvető ivóvízellátása sem, 2 milliárd ember fogyaszt bélsárral szennyezett ivóvizet. 144 millió földlakós élete kezeletlen felszíni vizektől függ. A helyzet azóta csak romlott. Ugyanakkor, az elmúlt évtizedben jutott a fejlődő világ egy része oda, hogy több lakosnak van mobiltelefonja, mint akik egészséges ivóvízhez, ill. elektromos áramhoz jutnak.

Az is tény, hogy a világon – különböző statisztikák szerint – a nem megművelt szántók aránya globális méretekben 55 és 62% között változik. Különösen nagy ez az arány Afrikában és Dél-Amerikában.

Fenntartható fejlődési célok

Az ENSZ 2015-ben megszavazott egy 17 célkitűzésből álló programcsomagot, amely átalakíthatja a világot. A dokumentum címe: Fenntartható Fejlődési Célok, angolul SDGs: Sustainable Development Goals (2015-2030). A Fenntartható Fejlődési Célok olyan elkötelezettséget képviselnek, amelyek a világ legégetőbb kihívásaira kívánnak válaszolni, és egymással összefüggenek. Ezek egyetemes felhívások a cselekvésre, hogy fenntartható módon reagáljunk a klímaváltozás fenyegetésére, pozitív hatást gyakorolva a törékeny természeti

erőforrásaink kezelésére, a béke és a befogadó társadalmak előmozdítására, az egyenlőtlenségek csökkentésére és a gazdaságok jólétéhez való hozzájárulásra (1. ábra).

Sajnos a szegénység fenntartása a gazdagok alapvető érdeke, hiszen nekik nincs olyan intézmény rendszere, amely a védelmüket biztosítja a kizsákmányolásuk ellen. Nem járatosak a nemzetközi jog rájuk vonatkozó tételeire. Másrészt nem rendelkeznek azzal a műszaki-informatikai infrastruktúrával, amely megléte a jövedelmező termelés alapvető feltételrendszere.



1. ábra. A Fenntartható Fejlődési Célok. 17 cél, hogy átalakítsa a világunkat: URL²

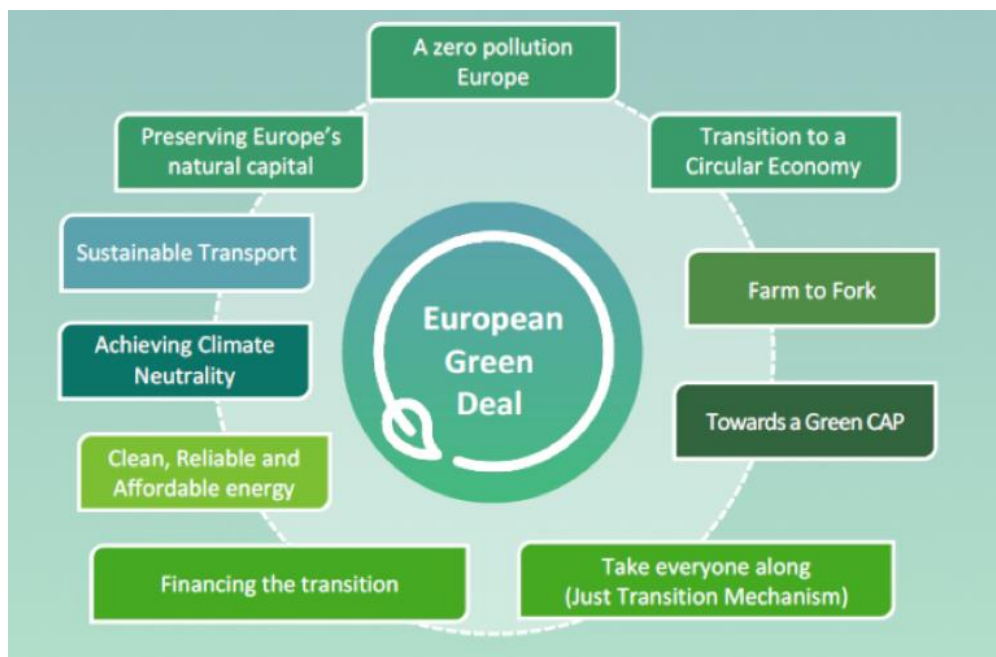
Az Európai Zöld Megállapodás (European Green Deal)

Az EU Zöld Megállapodásának fő célja, hogy 2050-re Európa legyen az első klímasemleges kontinens, elérve a nettó nulla üvegházhatású gáz-kibocsátást egy modern, erőforrás-hatékony és versenyképes gazdaság felé történő hatalmas gazdasági és társadalmi átalakulás révén, biztosítva az igazságos alkalmazkodási lehetőséget minden polgár számára. A fő célok közé tartozik a káros kibocsátások legalább 55%-os csökkentése 2030-ig (az 1990-es szinthez viszonyítva), a tiszta energia, a körforgásos gazdaság, a nulla szennyezés, a fenntartható gazdálkodás, valamint a biológiai sokféleség védelme, a fenntarthatóság és a gazdasági növekedés együttműködését biztosítva (2. ábra). EZM főbb elvárás csoportjai:

- 2030-ra a szántó 25%-án regeneratív gazdálkodás legyen;
- a szintetikus növényvédő szerek 50%-át el kell hagyni, a szintetikus műtrágyák 20%-át ki kell váltani;
- az energiafelhasználás 40%-ának megújulónak kell lennie;
- növelni kell a termőterületek és környezetük biodiverzitását;
- meg kell valósítani a teljes termelési lánc átláthatóságát, a „**From Farm to Fork**”-ot, valamennyi műveletnél az ellenőrizhetőséget mind a fogyasztó, mind a kutató számára.

Paradox helyzet: A fenti, kiragadott elvárások megvalósítása a jelenlegi tudásunk szerint csak hozamcsökkenéssel, némely esetben jelentős hozamcsökkenéssel valósíthatók meg!

A tudományos folyóiratokban megjelenő tanulmányok az SDGs-ben és az EGD-ben megfogalmazott célkitűzésekkel foglalkoznak, ill. jelzik, hogy a célkitűzésekben megfogalmazott elvárások megvalósításához hogyan járulnak hozzá.



2. ábra. Az EU Green Deal legfontosabb céljai (Balról jobbra: szennyezés mentes Európa; átmenet a körkörös gazdaságba; a termelőtől a villáig (étkezőasztalig); irány a közös agrár-politika: CAP; mindenkire vonatkozóan a jogi átalakulás; az átmenet költségeinek biztosítása; tiszta, megbízható és hozzáférhető energia; elérni a klíma semlegességet; fenntartható szállítás; az EU természeti kincseinek megőrzése (URL³)

A jelentősebb hozamcsökkenésnél az egységnyi tömegre jutó szintetikus inputok és jellemzők (peszticidok, műtrágyák, CO₂ emisszió, ökológiai lábnyom) kisebb értékkel jelentkeznek, mint a csökkent hozamoknál (Foteinis et al., 2021).

A regeneratív mezőgazdaság néhány más megközelítéssel ellentétben, nem zárja ki a modern növény- és állattenyésztési technológia alkalmazását, a szintetikus műtrágyák vagy növényvédő szerek használatát, ehelyett korlátozott és célzottabb felhasználásra törekszik (Müller et al., 2017; Neményi, 2022).

Egyre többen foglalkoznak a környezeti szennyeződések kivonása technológiájának kutatási lehetőségeivel, legyen az talaj, a felszíni- vagy talajvizek, ill. az atmoszféra (Fotein et al., 2022; Jordan, 2016).

Az EZM elvárása szerint az ökológiai kihívásokra a válaszokat jövedelmező befektetéssé kell átalakítani. Ez egy olyan gazdaságfilozófiai megközelítés, amely figyelembe veszi, hogy sikeres innováció csak jelentős anyagi összegek befektetésével (kockázatával!) valósulhat meg. Ezt az összeget nagyrészt a társadalomnak kell fedeznie.

Új kihívások az agrár- és a bioműszaki fejlesztéseknél

Biodiverzitás és a tábla, ill. gép méretek

Ma már több kutató is bebizonyította, hogy a növekvő táblaméret és az azt kiszolgáló technika növekedése csökkenti a táblán belüli biodiverzitást. Ez a körülmény a mezőgazdasági gépek fejlesztőinél és gyártóinál alapvető szemléletváltást igényel. Nem egyes gépek méreteire, hanem azok rendszerbe foglalására kell törekedni (Blackmore et al., 2005; Rodriguez and Wiegand, 2009); Fahring et al., 2015; Clough et al., 2020).

Nem véletlen, hogy az elmúlt csaknem egy évtizedben a rajban üzemeltetett szemenkéntvető gépek fejlesztése indult meg (3. ábra). A permetező gépek területén is megindulnak várhatóan a fejlesztések, pl. a megüresedett tartály drónról történő feltöltése. A

szemestermény betakarító gépek már bonyolultabb innovációs fejlesztéseket, paradigma váltást igényelnek.



3. ábra. Fendt Xaver szemenkéntvető gép rajban üzemeltetve (Garvey, 2021)

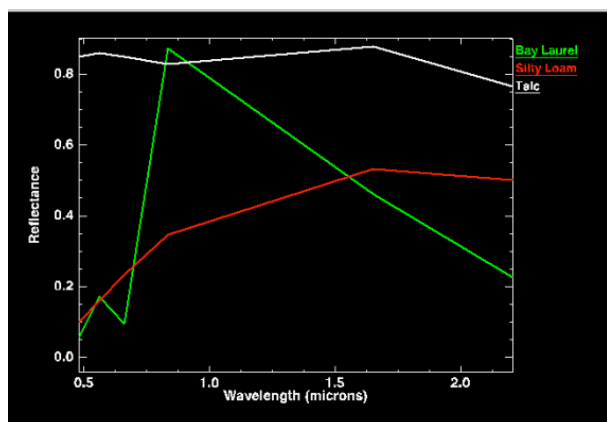
Ha a precíziós gazdálkodás hatékonyságát növelni akarjuk, akkor a szenzorálási technológiák pontosságát és adatgyűjtő kapacitását (mobil monitoring rendszerek!), valamint az érzékelési módszereket bővíteni kell (Ambrus et al., 2024).

A multispektrálistól az ultraspektrális fény visszaverődés érzékelésének alkalmazása a mezőgazdasági gyakorlatban

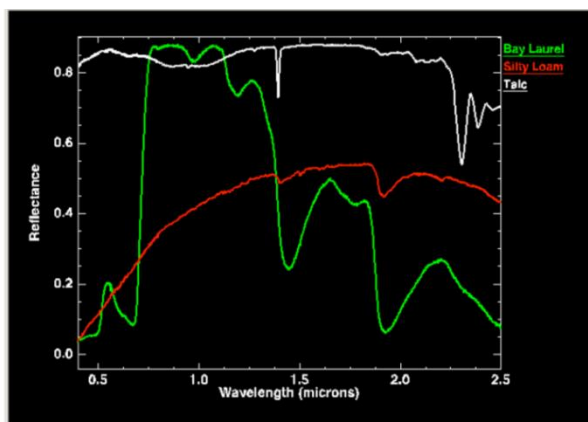
Hipótezis: mind a szintetikus, mind a biológiai növényvédő szereknél a korai felismerés alapvető elvárása a környezetkímélő technológiáknak. Lehetőséget biztosít a robot (UGV)-drón (UAV)-műhold flotta a növények növekedésének és fejlődésének a nyomon követésére is, ezzel a szükséges döntéseket segíti. Megvalósulhat a Farm to Fork átláthatóság, de a biodiverzitás is menedzselhető.

A multispektrális reflektancia elemzésénél a vizsgált spektrum tartományt általában 40-50 nanométeres sávokra osztjuk, míg a hiperspektrális eszközök 4-10 nanométeres sávokat tudnak megkülönböztetni. Ez a rögzített információ minőségében és mennyiségében is megjelenik (4/1. és 4/2. ábrák; Shippert, 2003).

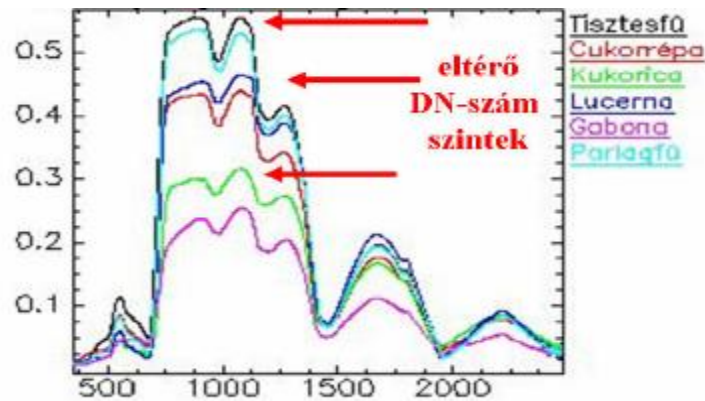
Nagy előnye a hiperspektrális képalkotásnak, hogy pontosan meghatározhatók a talajtípusok, a gyomfajok és növényi kórokozók és betegségek is (5. ábra).



4/1. ábra. Multispektrális reflexiós spektrumok: zöld babérlevél, talkum ásvány és iszapos vályog talaj (Landsat 7 ETM szenzor; Shippert, 2003)



4/2. ábra. Laboratóriumi spektrométerekkel mért hiperspektrális reflexiós spektrumok három anyag esetében: zöld babérlevél, talkum ásvány és iszapos vályog talaj (Shippert, 2003)

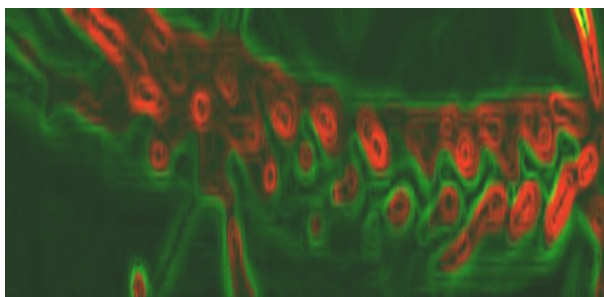


5. ábra. Különböző növényfajok megkülönböztetése hiperspektrális felvételekkel (Kardeván, 2011)

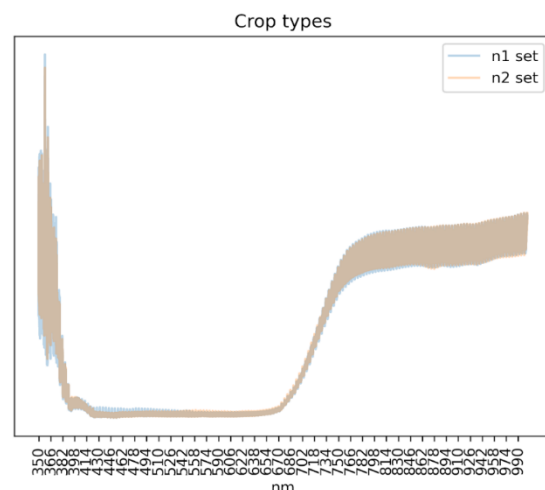
Saját hiperspektrális kísérletek

Két fertőzött búzafajtát (6/1. ábra) kaptunk a MATE SZGK-tól (az egyik rezisztens a fusáriumra, a másik érzékeny). A fertőzés után négy nappal naponta kétszer készítettünk képeket (350-1002 nm tartományban) 4 nm spektrális felbontással. A kísérletekhez használt hiperspektrális kamerát (Cubert ULTRISX20Plus) kifejezetten drónokra fejlesztették korai fertőzések detektálására a szemmel még nem látható stádiumban. A 10 napos program során 2300 képet rögzítettünk, ami a pixeleket figyelembe véve több milliót jelent (Big Data). Öt különböző mesterséges intelligencia gépi tanulási programot alkalmaztunk. Meghatároztuk azt a sáv szélességet, amelyen a fertőzés korai stádiumban laboratóriumi körülmények között észlelhető.

A 6/2. ábra jól mutatja, hogy a vizsgált tartományban a rezisztens és az érzékeny fajta hogyan, ill. hol válik el egymástól. A fertőzés azonosításához gépi tanulási algoritmusokat használtunk. A Gradient Boosting Decision Tree jelezte legkorábban a fertőzést. A predikciós teljesítményt a CNN modell (Convolutional Neural Network) növelte azzal, hogy a fertőzés súlyosságát jelezte. Ezzel a módszerrel jelentős vegyszer-megtakarítás érhető el (Nyéki et al., 2025).



6/1. ábra. Fertőzött gabonakalász



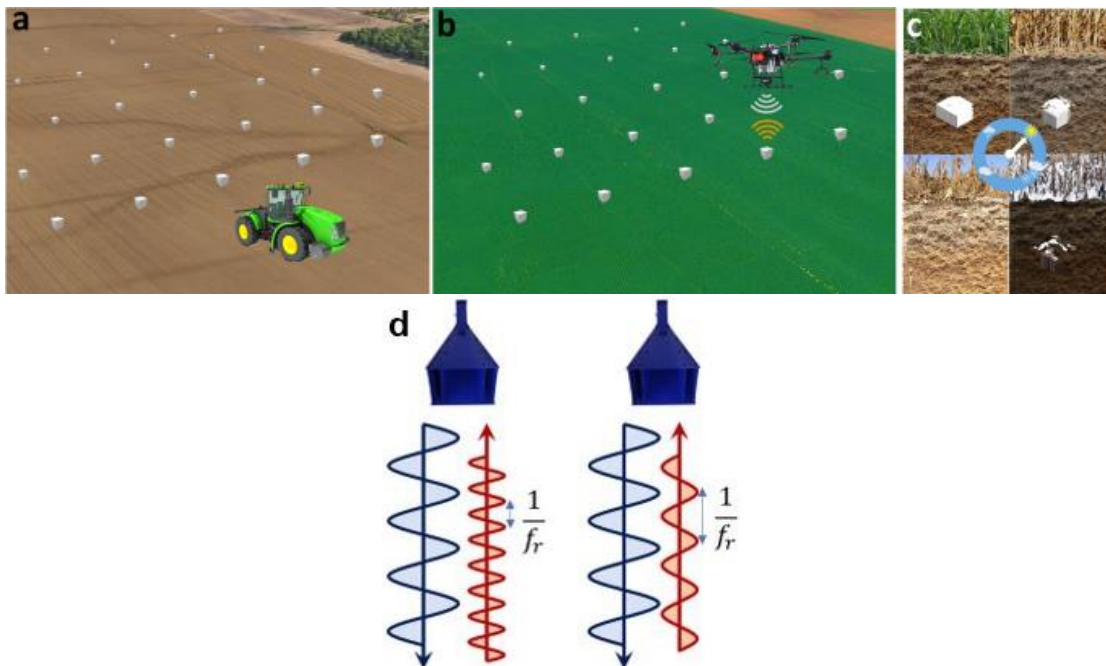
6/2. ábra. A két búza fajta fény visszaverődési diagramja

Ultraspektrális képalkotás

Az AisaIBIS ultraspektrometriás érzékelőt az Európai Űrügynökség (ESA) földmegfigyelési projektjéhez készítették, amely a vegetáció monitorozására és a fluoreszcencia visszanyerésére szolgál. Kiváló spektrális tulajdonságokkal rendelkezik 1004 sávban a 670-780 nm-es specifikus spektrális tartományban, kiváló spektrális mintavételezéssel (0,11 nm). Az érzékelő használható a növényi fotoszintézis és fluoreszcencia mérésére, az erdőgazdasági erőforrások felmérésére, a növények növekedésének értékelésére stb. Kiváló teljesítménye finom spektrális változásokat biztosít, ami különösen fontos a vegetációs mennyiségi paraméterek pontos meghatározása szempontjából (Shi et al., 2023). A műszer paraméterei alapján még pontosabban használható lesz a fertőzések korai felismerésére, mint a hiperspektrális képalkotásnál.

A talajban vagy az élelmiszerben biológiailag lebomló csip-nélküli hőmérők és nedvességmérők

Ahhoz, hogy a talajban, vagy az élelmiszer alapanyagokban elegendő információt kapjunk az állapotváltozásokról, nagy számú adatra van szükség. Mind az elektromos energia tárolók, mind a nem lebomló szenzorok drágák, gátjai a fejlődésnek. Ezért fejlesztették ki a Lebomló Intelligens Rádió Jel Átvivő Szenzort (DIRTS: Degradable Intelligent Radio Transmitting Sensor; 7. ábra; Gopalakrishnan et al., 2022).



7. ábra. A talajban biológiailag lebomló nedvességmérők

- a. A szenzortagokat a táblán egy vetőgéppel vagy automatizált adagolóval osztják ki a termesztési szezon kezdetén
- b. Drón, amely RF olvasót szállít, leolvassa az adatokat a vegetációs időszakban
- c. A termesztési szezont követően a szenzortagok fokozatos biológiailag lebomlanak
- d. Rendszerkonfiguráció a leolvasó antennával a talajnedvesség mérésére (bal: száraz talaj, jobb nedves talaj)

A nanotechnológia alkalmazása a mezőgazdaságban

A nanotechnológia segíti a döntéshozatalt a talajállapot meghatározásnál, a kártevők és kórokozók detektálásánál, ill. a pontos betakarítási időpont becslésénél. Pontos információkat ad a talaj egészségi állapotáról, nedvességéről és tápanyagellátottságáról (1. táblázat). A nanotechnológia intenzív fejlődése jelentősen hozzájárulhat a klímaváltozás

negatív hatásainak mérsékléséhez, az élelmiszer biztonságához és a fenntartható fejlődéshez, pl. úgy, hogy a vegyszerekkel szennyezett talajt mentesíteni lehet (Bakonyi, 2014; Gulia et al., 2025).

Hol alkalmazzák az eljárást?	Az eljárás technikája	Néhány fontosabb cél
növényvédelem	nanogömbök, emulziók, polimerek	hatóanyag védelme, lassabb és fokozatos felszabadulás
talajjavítás és víztisztítás	zeolitok, nano-vesz szűrők (pl. nano-titándioxidral kezelve)	detoxifikáció, lemosódás megakadályozása, toxikus anyagok kivonása a talajból
diagnosztika (biológiai érzékelők, bioszenzorok)	nanocsövek, nanoszálak, nanogömbök	pesticid maradványok kimutatása, növények növekedésének, egészségi állapotának nyomon követése
genetikai módosítás elősegítése	DNS, RNS szállító nanoanyagok	genetikai módosítás elősegítése, pontosítása
nanoanyagok előállítása növényekből	növényi részek darabolása nano méretűre	műanyagok helyettesítése megújuló nyersanyagforrással
nanotechnológia és élelmiszeripar	vegyes	élelmiszer minőség, eltarthatóság javítása, csomagolás

1. táblázat: A nanotechnológia fontosabb alkalmazási lehetőségei

(Bakonyi,2014)

Új utak a szántóföldi szenzorálási módszerek bővítésénél

A szenzorálási módszerek, ill. a szenzorok fejlesztése nagyon szép eredményeket ért el az utóbbi időben. Ugyanakkor a mezőgazdasági tevékenység lokális értelemben (bizonyos szempontok szerint globálisban is) nyílt rendszer. Az állapotváltozásainak nyomon követését nem csak a biológiai sokféleség, hanem a klimatikus körülmények változása is befolyásolja. Másrésről csak részben ismerjük azt a rendkívül bonyolult információ csere rendszert, amely egy táblán folyamatosan zajlik. Enélkül a táblán zajló események és a tábla környezetében zajló állapot változások dinamikus egyensúlyát a rendelkezésünkre álló technológiai eszközökkel nem tudjuk befolyásolni. Példaképp említhetjük, hogy a növények sérülés, vagy vízhiány esetén ultrahangokat bocsátanak ki (Khait et al., 2023). Másrésről az ilyen jellegű hatásoknál illatanyag emisszió kerül a levegőbe a növény közvetlen közelében (Popkrut and Kerdchaoren, 2014; Chansongkram and Nimsuk, 2016; Horibe et al., 2021; Wysocka and Debowski, 2025). Ha ezeket a reakciókat folyamatosan érzékelni tudjuk, akkor a növényvédelem hatékonysága jelentősen növekedhet. Egyre nagyobb adatbázisokra van szükség, hogy például a növények vagy a rovarok hangját be lehessen azonosítani. Az USA mezőgazdasági minisztériuma adatbázisa 16 rovar hangjának elemzését teszi lehetővé, és tervezhetünk ezek felismerésére műszereket (Dhanaraj and Ali, 2023).

Irány a teljesen autonóm mezőgazdasági rendszerek, a Dolgok Internete (IoT)

A fenti elvárások teljesülésekor jelentősen növekednek az adatbázisok (BigData), amelyek rendszerszemléletű folyamatos elemzésére a Dolgok Internete (IoT:Internet of Things) műszaki informatikai rendszert alakították ki, amely területen a SZE Biomérnöki és Precíziós Technológia Tanszéke lassan 10 éve innovációs kutatásokat folytat, keresve többek között az IoT és a WSN (Wireless Sensor Networks) vezeték nélküli szenzor hálózat kapcsolatát, és a small smart szántóföldi adatgyűjtő robotok fejlesztési lehetőségeit vizsgálva (Ambrus et al., 2022, 2024; Neményi, et al., 2022). Az autonóm (Hands Free Hectare) termelési technológiák egyre nagyobb mértékben támaszkodnak a műholdas rendszerek adatbázisára (Nyéki et al., 2025), amelyek ma még csak részben alkalmasak a

prompt döntések megalapozására. Az autonóm termelési rendszerek a korábban már üzemeltetett gépekre is adaptálhatók (URL⁴).

Következtetések

A telepített szenzorokat mobil adatgyűjtő robotokra kell felváltani. A mezőgazdasági termelő egységet (tábla, istálló, legelő) és annak környezetét befolyásoló tényezők érzékelésére, folyamatos monitorozására small smart, rajban üzemelő adatgyűjtő robotokat kell kifejleszteni, amelyek mintatvételre is alkalmasak.

A szántóföldön, ill. annak környezetében megjelenő kommunikációs emissziók detektálására alkalmas eszközök fejlesztésére az eddigieknél lényegesen nagyobb hangsúlyt kell fektetni, hogy az MI alapú adatfeldolgozásokhoz szükséges adatbázisok növekedjenek.

A fejlődés az IoE (Internet of Everything) irányban halad. Ez azt fogja jelenteni, hogy valamennyi élő és élettelen területről folyamatosan jönnek majd az információk, akár sejt szinten, és azok feldolgozása a napi M2M döntéseket alapozza meg. Az M2M (a számítógéptől a számítógépig) olyan döntési mechanizmus, amely emberi beavatkozás nélkül, akár az ember tudta nélkül cselekszik.

Mindent meg kell tenni, hogy az ökológiai intelligencia szemlélet minél szélesebben terjedjen, és a kialakulásának a feltételei javuljanak.

Hivatkozott irodalmak

- Ambrus, B., Teschner, G., Kovács, A. J., Neményi, M. (2022): Development of small smart data logger robots embedded in IoT system for crop production. Union of European Academies of Science Applied to Agriculture, Food, and Nature. International Scientific Conference: Agricultural mechanization and technology in Europe and perspectives, May 27-28, Tbilisi, Georgia.
- Ambrus, B., Teschner, G., Kovács, A. J., Neményi, M., Helyes, L., Pék, Z., Takács, S., Alahmad, T., Nyéki, A. (2024): Field-grown tomato yield estimation using point cloud segmentation with 3D shaping and RGB pictures from a field robot and digital single lens reflex cameras. Article in Heliyon September. 024 DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e3799.
- Bakonyi, G. (2014): Nanotechnológia a mezőgazdaságban. Biokontroll Hungária Nonprofit Kft. Garvey, S. (2021). A Fendt Xaver robotprojektje tovább fejlődik.
- Blackmore, S., Stout, B., Wang, M., Runov, B. (2005): Robotic agriculture –the future of agricultural mechanisation? 5th European Conference on Precision Agriculture Uppsala, Sweden 9-12th June.
- Chansongkram, W., Nimsuk, N. (2016): Development of a Wireless Electronic Nose Capable of Measuring Odors Both in Open and Closed Systems. Procedia Computer Science, Volume 86, Pages 192-195, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.05.060>
- Clough, Y., Kirchweger, S., Kantelhardt, J. (2020): Field sizes and the future of farmland biodiversity in European landscapes. Willey Conservation letters, doi: 10.1111/conl.12752.
- Dhanaraj, R.K., Ali, A. (2023): Deep learning- enable pest detection system using sound analytics in the Internet of Agricultural Things Eng. Proc. 2023,58 (1), 123; <https://doi.org/10.3390/ecsa-10-16205>
- Fahring, L., Gerard, J., Duro, D., Pasher, J., Smith, A., Javorek, S., King, D., Lindsay, K. F., Mitchell, S., Tischendorf, L. (2015): Farmlands with smaller crop fields have higher within-field biodiversity. Agriculture, Ecosystems & Environment Volume 200, 1 February, Pages 219-234, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.11.018>

- Fotein, S., Francesco, J., Campo, F., Caserini, S., Renforth, P.* (2022): Life cycle assessment of ocean liming for carbon dioxide removal from the atmosphere. *Journal of Cleaner Production* Volume 370, 10 October, 133309, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133309>
- Foteinis, S., Hatzisymeon, M., Borthwick A.G.L., Chatzisyneon, E.* (2021): Environmental Impact of conventional versus organic eggplant cultivation systems: Influence of electricity mix, yield over fertilization and Transportation. *Environments*, Vol. 8. no. 3.23. DOI: 10.3390/KÖRNYEZETEK8030023
- Goleman, D.* (2010): *Ecological Intelligence*. Book Publisher, Crown. ISBN 0385527837.
- Gopalakrishnan, S., Waimin, J., Zareei, A., Sedaghat, S., Raghunathan, N., Shakouri, A., Rahimi, R.* (2022): A biodegradable chipless sensor for wireless subsoil health monitoring. *Nature, Scientific Reports* volume 12, Article number: 8011, <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12162-z>.
- Gulia, V., Dhull, S.S., Kamboj, H. et al.* (2025): Pushing limits: integrating smart nanosensors and the Internet of Things in agriculture. *Rend. Fis. Acc. Lincei* 36, 479-497. <https://doi.org/10.1007/s12210-025-01337-1>
- Gurung, L., Rawal, J. S., Puspa, R. C., Joshi, G. J., Mandal, A.* (2024): Vertical Farming in Urban Agriculture: Opportunities, Challenges, and Future Directions. *Big Data in Agriculture*, 6(2): 106-112. DOI 10.26480/bda.02.2024.106.112.
- Horibe, J., Ando, N., Kanzaki, R.* (2021): Odor-searching Robot with Insect-behavior-based Olfactory Sensor. *Sensors and Materials*, Vol. 33, No. 12 4185–4202.
- Jordan, C. F.* (2016): The Farm as a Thermodynamic System: Implications of the Maximum Power Principle. *Biophys Econ Resour Qual* 1, 9 <https://doi.org/10.1007/s41247-016-0010-z>
- Kardeván P.* (2011): Távérzékelési technológiák és térinformatika online, a szolgáltatók és felhasználók online folyóirata, ISSN 2062-8617, RS&GIS - 2011/1.
- Khait, I., Lewin-Epstein, O., Sharon, R., Sade, N., Yovel, Y., Hadany, L.* (2023): Sounds emitted by plants under stress are airborne and informative. *Cell* 186, 1328-1336 March 30, <https://doi.org/10.1016/j.cell.2023.03.009>
- Kurzweil, R.* (2005). *The singularity is near. When Humans transcend biology*. Viking Penguin, ISBN 978-0-7156-3561-2, Book.
- Láng I.* (2002): Környezetvédelem, fenntartható fejlődés. *Mindentudás Egyeteme-9-előadás-2002*. november 11.
- Merlet, M.* (2013): Non-cultivated Arable Land in the World. A Memo Prepared for the Food and Agriculture Commission of Coordination Sud (C2A), January. https://www.agter.org/bdf/en/corpus_chemin/fiche-chemin-231.html
- Müller, A. et al.* (2017): Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature Communication*. DOI: 10.1038/s41467-017-01410-w.
- Neményi M.* (2020a): Az agrárium és az ökológiai fenntarthatóság I. Rész: Globális megközelítés, a Gazdagok felelőssége • Agricultural and ecological sustainability. Part 1: Global approach, responsibility of the rich. *Magyar Tudomány*. <https://doi.org/10.1556/2065.181.2020.12.10>.
- Neményi M.* (2020b): Az agrárium és az ökológiai fenntarthatóság II. Rész: A Harmadik Zöld Forradalom és a Dolgok Internete • Agricultural and ecological sustainability. Part 2: The third green revolution and the internet of things. *Magyar Tudomány*. <https://doi.org/10.1556/2065.181.2020.12.11>

- Neményi M. (2022): Gondolatok „a regeneratív mezőgazdaság Európában” stratégiáról és a célkitűzések megvalósíthatóságának feltételrendszeréről. Digitalizációs paradigmaváltás az agráriumban. Magyar Tudomány 183(2022)10, 1288–1296 DOI: 10.1556/2065.183.2022.10.6.
- Neményi, M., Kovács, A., Oláh, J., Popp, J., Erdei, E., Harsányi, E., Ambrus, B., Teschner, G., Nyéki, A. (2022): Challenges of sustainable agricultural development with special regard to Internet of Things: Survey. Akadémiai Kiadó, Budapest. Progress in Agricultural Engineering Sciences DOI: 10.1556/446.2022.00053.
- Nyéki, A., Daróczy, B., Neményi, M., Ambrus, B., Teschner G., Alahmad, T. (2025): Predicting maize growth and biomass: Integrating gradient boosted trees with sentinel images and IoT. Akadémiai Kiadó, Budapest. Progress in Agricultural Engineering Sciences. DOI: 10.1556/446.2025.00202.
- Nyéki A., Neményi M., Ambrus B., Teschner G., Kovács A. J. (2025): Drónok és a Mesterséges Intelligenciára alapozott technológiák a fenntartható növényvédelemben. Növényvédelem, 86 (N.S.61):7, ISSN 0133-0829.
- Nordhaus, W. (2013): The Climate Casino: Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World. Yale University Press, Book, ISBN 978-0-300-18977-3.
- Popkrut, T., Kerdchaoren, T. (2014): Soil sensing survey robots based on electronic nose. 14th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS) Oct. 22-25, KINTEX, Gyeonggi-do, Korea.
- Rodriguez, C., Wiegand, K. (2009): Evaluating the trade-off between machinery efficiency and loss of biodiversity-friendly habitats in arable landscapes: The role of field size. Agriculture, Ecosystems and Environment 129 (2009) 361-366.
- Shippert, P. (2003): "Introduction to Hyperspectral Image Analysis," Online Journal of Space Communication: Vol. 2: Iss. 3, Article 8.
- Shi, S., Shi, Z., Sun, Z., Gong, W., Xu, L., Chen, B., Tang, X. (2023): Potentiality of ultraspectral sensor in biophysical and biochemical vegetation parameter inversion. International Journal of Remote Sensing, 44(22), 7187–7210. <https://doi.org/10.1080/01431161.2023.2283903>
- Tilman, D., Cassman, K., Matson, P. et al. (2002): Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature 418, 671-677. <https://doi.org/10.1038/nature01014>
- Wysocka, I., Dębowski, M. (2025): Advantages and Limitations of Measurement Methods for Assessing Odour Nuisance in Air-A Comparative Review. Appl. Sci. 15(10), 5622; <https://doi.org/10.3390/app15105622>
- URL¹ <https://m.mult-kor.hu/mindenet-feladta-albert-schweitzer-hogy-afrikaban-gyogyithasson-20230904>
- URL² <https://sdgs.un.org/goals>
- URL³ <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/european-green-deal/>
- URL⁴ <https://www.harper-adams.ac.uk/news/203518/the-hands-free-hectare-project>

MEZŐGAZDASÁGI GÉPEK ÉS GÉPSZERKEZETEK FENNTARTHATÓ FEJLESZTÉSE

Prof. Dr. Kátai László

egyetemi tanár

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet

Katai.Laszlo@uni-mate.hu

Kulcsszavak: agricultural machinery design, V-belt transmission, energy efficiency, infrared thermography, predictive maintenance.

Absztrakt

A tanulmány a mezőgazdasági gépek fenntartható tervezésének kérdéskörét vizsgálja, különös tekintettel az ékszíjhajtások energiahatékonyságára és üzemeltetési veszteségeire. A kutatás középpontjában az energiamérleg-alapú tervezési szemlélet áll, amely a hajtások teljes életciklusára kiterjedően értelmezi a veszteségi folyamatokat. Az ékszíjhajtások teljesítményvesztesége nyomaték- és mozgásveszteségre bontva kerül elemzésre, figyelembe véve a hajlításból, súrlódásból és szíjcsúszásból (szlip) származó hatásokat. A hőmérséklet-emelkedés, mint kulcsfontosságú veszteségi indikátor részletes vizsgálata infrakamerás mérések segítségével történt. A kísérletek során különböző kialakítású ékszíjak összehasonlító elemzésére került sor, azonos üzemeltetési feltételek mellett. Az eredmények igazolják, hogy a nyitott oldalfalú, formafogazott ékszíjak kedvezőbb hőmérséklet-eloszlást és alacsonyabb melegedést mutatnak. Esettanulmány keretében bemutatásra kerül a tárcsaátmérő megválasztásának hatása az ékszíjhajtások élettartamára. A vizsgálatok rávilágítanak arra, hogy az indokolatlanul kis tárcsaátmérők jelentős élettartam-csökkenést okoznak. A kutatás kiegészül egy rezgésdiagnosztikán alapuló prediktív karbantartási megközelítéssel, amely kultivátor kapák állapotfelügyeletét célozza. A numerikus DEM-szimulációk és frekvenciatartománybeli rezgésanalízis kombinációja új módszertani irányt képvisel. A bemutatott eredmények alátámasztják a multidiszciplináris megközelítés létjogosultságát. A tanulmány hozzájárul a fenntartható mezőgazdasági géptervezési gyakorlat fejlesztéséhez.

1. Bevezetés

A fenntartható mezőgazdaság műszaki háttere napjainkra túlmutat a hagyományos gépészeti optimalizáláson. A nemzetközi szakirodalomban egyre hangsúlyosabbá válik az életciklus-alapú szemlélet (Life Cycle Assessment, LCA), amely a gépek teljes élettartamát – a tervezéstől az újra hasznosításig – egységes rendszerként kezeli (Banerjee, 2020).

A hajtásláncok és a talajjal érintkező munkaszerszámok állapota meghatározó szerepet játszik az energiafelhasználásban, a károsanyag-kibocsátásban és a munkaminőségben (Neményi, 2022). A digitális érzékeléstechnika és az adatvezérelt diagnosztika megjelenése lehetővé teszi, hogy ezek a hatások már nemcsak utólagosan, hanem előre jelző módon is kezelhetők legyenek.

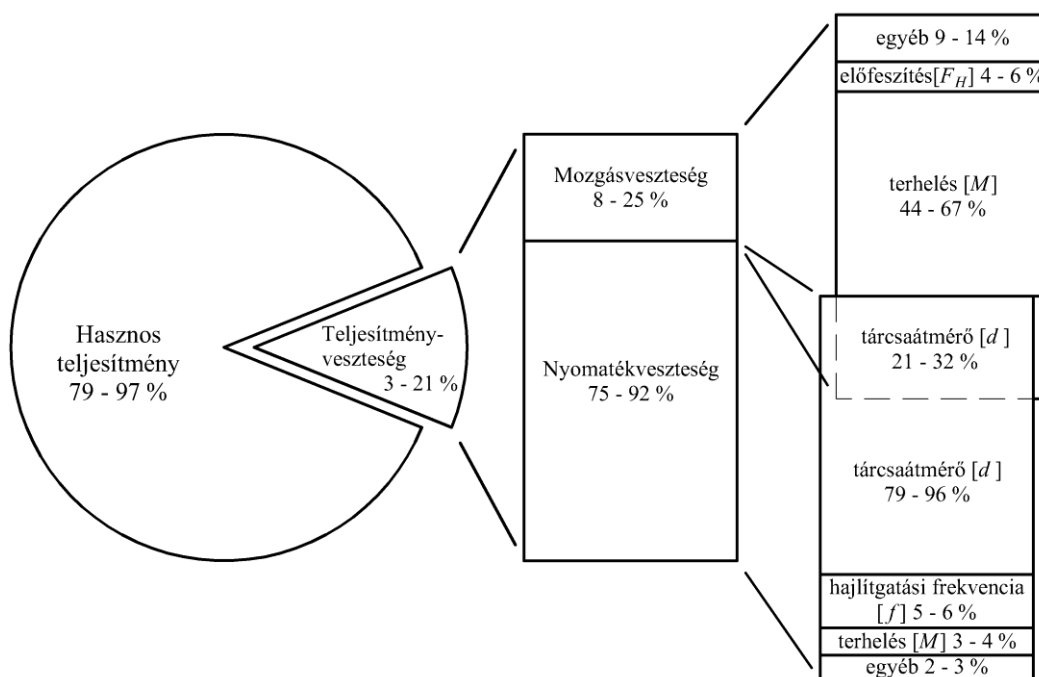
2. Ékszíjhajtások energetikai és tribológiai elemzése

Az ékszíjhajtások továbbra is széles körben alkalmazott elemei a mezőgazdasági gépek hajtásrendszereinek, kedvező áruk, rezgéscsillapító képességük és karbantartási egyszerűségük miatt. Emellett jól alkalmazkodnak a változó terhelési viszonyokhoz, és viszonylag egyszerű szerkezeti kialakításuk miatt könnyen integrálhatók különböző

géptípusokba. Hatásfokuk azonban jelentős mértékben függ az üzemi paramétereiktől és a geometriai kialakítástól, különösen a szíj feszítés, a tárcsaátmérők és a fordulatszám függvényében.

2.1. Teljesítményveszteségek forrásai

A veszteségek elsődleges forrásai a rugalmas szíjanyag ismételt hajlításából adódó belső súrlódás (hiszterézis), a tárcsa-szíj érintkezési súrlódás, valamint a mikroszkopikus szlip (Kátai et al., 2016; Gárdonyi et al., 2018). A hiszterézisveszteség különösen nagy szerepet játszik nagy fordulatszámok és kis tárcsaátmérők esetén, amikor a szíj ismételt alakváltozása intenzívebb. Ezek a veszteségek döntően hővé alakulnak, ami csökkenti a hatásfokot és gyorsítja az anyagfáradást, ezáltal rövidítve az ékszíj élettartamát és növelve az üzembiztonsági kockázatokat (1. ábra).

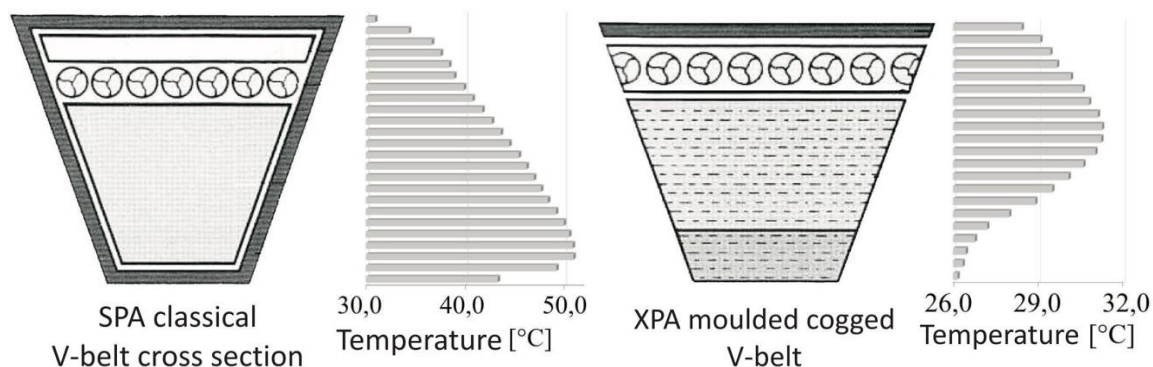


1. ábra. Az ékszíjhajtás energiámérlege

2.2. Termográfiai mérések és értelmezés

Az infrakamerás termográfia alkalmas eszköz a veszteségek kvalitatív és kvantitatív vizsgálatára, mivel lehetővé teszi az üzemi hőmérséklet-eloszlás érintésmentes feltérképezését. A SPA és XPA szíjak összehasonlító vizsgálata kimutatta, hogy a formafogazott XPA szíjak esetében alacsonyabb és homogénebb üzemi hőmérséklet alakul ki, ami kedvezőbb energiaátadási viszonyokra utal. A hőterképek elemzése alapján a kritikus hőcsúcsok elsősorban a belépési és kilépési zónákban jelentkeznek, ahol a szlip és a hajlítási igénybevétel együttesen hat (2. ábra).

Ez közvetlen bizonyítéka a kisebb belső súrlódásnak és a hatékonyabb hőleadásnak (Mascenik, 2024), ami hosszabb élettartamot és stabilabb üzemi viselkedést eredményez. A termográfiai módszer így nemcsak diagnosztikai, hanem konstrukció-optimalizálási célokra is hatékonyan alkalmazható. Ennek különösen nagy jelentősége van a mezőgazdasági gépek esetében, ahol a változó környezeti és terhelési viszonyok fokozott igénybevételt jelentenek a hajtáselemek számára.



2. ábra. SPA és XPA szíjak hőterképe

3. Geometriai kialakítás és élettartam előrejelzés

A szíjtárcsa átmérője az egyik legkritikusabb tervezési paraméter, mivel közvetlenül meghatározza a szíj hajlítási sugarát és a belső feszültségeloszlást. A kisebb átmérők növelik a hajlítási igénybevételt, ami exponenciális élettartam-csökkenést eredményez (Gárdonyi *et al.*, 2018). A hajlítási feszültségek ismétlődése felgyorsítja a szíjbetét anyagának fáradását, különösen magas fordulatszám és dinamikus terhelésváltozások esetén. Az élettartam vizsgálat során ezért elengedhetetlen a gyártói minimális tárcsaátmérők figyelembevétele és a valós üzemi ciklusokkal súlyozott terhelési spektrum alkalmazása.

3.1. Feszítőgörgők dinamikai hatása

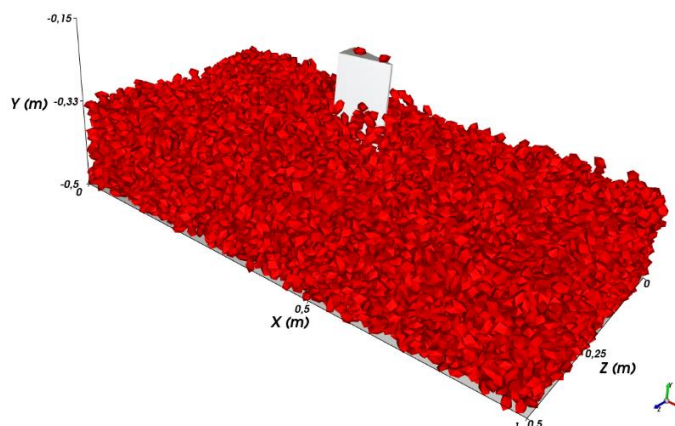
A feszítőgörgők elhelyezése jelentős hatással van a hajtás dinamikájára, valamint a szíj igénybevételének időbeli lefutására. A laza szíjágban elhelyezett feszítő görgők biztosítanak kedvezőbb terhelési viszonyokat, mivel a kevésbé terhelt szíjágban okoznak plusz igénybevételt és hajlítási amplitúdót. Ezzel szemben a feszes ágban alkalmazott külső görgők kontrahajlítást okoznak, amely drasztikusan csökkenti az élettartamot (Schaeffler, 2023). A dinamikai szimulációk azt mutatják, hogy a nem megfelelő görgő-elrendezés rezonanciához, fokozott szliphez és instabil üzemhez is vezethet.

4. Talajművelő szerszámok prediktív diagnosztikája

A talajművelő eszközök kopása fokozatos geometriai változást okoz, amely növeli a vonóerő-igényt és az energiafelhasználást. A kopás hatására megváltozik a szerszám-talaj érintkezési felület alakja és mérete, ami kedvezőtlen irányú erőkomponensek kialakulásához vezet. Ezek a változások nemcsak az üzemanyag-fogyasztást növelik, hanem fokozott igénybevételt jelentenek a traktor hajtásláncára is. A prediktív diagnosztika célja ezen folyamatok korai felismerése, még azelőtt, hogy a hatékonyságromlás gazdaságilag jelentős mértéket öltene.

4.1. Diszkrét elemes módszer alkalmazása

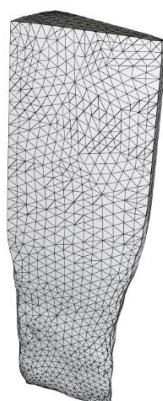
A Diszkrét Elemes Módszer (DEM) lehetővé teszi a talaj-szerszám kölcsönhatás mikromechanikai szintű vizsgálatát, különös tekintettel az erőátadási mechanizmusokra. A Rocky DEM környezetben végzett szimulációk szabálytalan poliéder szemcsékkel modellezték a valós talajszerkezetet, növelve ezzel az eredmények realitását. A módszer alkalmas a kopási állapotok virtuális reprodukálására és azok vonóerő-igényre gyakorolt hatásának elemzésére. A szimulációs eredmények alapot szolgáltatnak adatvezérelt karbantartási stratégiák és állapotalapú szerszámcsere-döntések kialakításához (3. ábra).



3. ábra. DEM szimuláció

4.2. Rezgésspektrum és kopásdiagnosztika

A szimulációk során számított gyorsulási spektrumok egyértelműen mutatták, hogy a kopott szerszámok esetében az alacsony frekvenciás tartományban jelentős amplitúdónövekedés figyelhető meg. Ez a jelenség a szerszám-talaj kölcsönhatás instabilitásának növekedésére és a periodikus terhelési ingadozások erősödésére vezethető vissza. A frekvenciaspektrum változása szoros összefüggést mutatott a geometriai kopás mértékével, különösen az éllekerekedés és a hatásos munkaszög módosulása esetén (4. ábra). A rezgéselemzés így hatékony, közvetett diagnosztikai eszközként alkalmazható a szerszámállapot valós idejű nyomon követésére.



4. ábra. Kopott szerszám geometriai változása

5. Mesterséges intelligencia alkalmazása

A konvolúciós neurális hálózatok (CNN) képesek a rezgési adatokból automatikusan kinyerni a kopásra jellemző mintázatokat anélkül, hogy explicit jellemzőképzésre lenne szükség. *Jeba Emilyn Jeyaswamidoss et al. (2024)* eredményei szerint a CNN-alapú osztályozás pontossága elérheti a 96%-ot, ami jelentős előrelépést jelent a hagyományos küszöbérték-alapú módszerekhez képest. A mélytanuló (deep learning) modellek különösen hatékonyak a nemlineáris és zajos mezőgazdasági környezetből származó adatok feldolgozásában. Az ipari alkalmazásokban ez lehetővé teszi a valós idejű állapotfelügyeletet és a karbantartási döntések automatizálását, csökkentve az emberi beavatkozás szükségességét.

6. Fenntarthatósági és gazdaságossági hatások

Az energiahatékony hajtásrendszerek és a prediktív szerszámfelügyelet kombinációja csökkenti az üzemanyag-felhasználást, a nem tervezett leállásokat és az indokolatlan anyagfelhasználást. A kopás korai felismerése révén a szerszámcsere optimális időpontban történhet meg, elkerülve a túlhasználatból adódó hatékonyságromlást. Ez nemcsak közvetlen költségmegtakarítást eredményez, hanem mérsékli a mezőgazdasági műveletek környezeti terhelését is. A bemutatott megközelítés összhangban áll az Európai Unió fenntartható mezőgazdasági stratégiáival, különös tekintettel az energiahatékonyság és az erőforrás-optimalizálás célkitűzéseire.

Következtetések

A kutatás eredményei egyértelműen alátámasztják az energiamérleg-alapú szemlélet alkalmazhatóságát az ékszíjhajtások fenntartható tervezésében. Az ékszíjhajtások veszteségi mechanizmusainak részletes feltárása lehetőséget teremt a hatásfok és az élettartam egyidejű növelésére. A hajlításból származó nyomatékvesztés meghatározó szerepe különösen indokoltá teszi a geometriai paraméterek körültekintő megválasztását. Az infrakameras mérések igazolták, hogy a hőmérséklet-eloszlás megbízható indikátora a hajtás üzemeltetési állapotának. A nyitott oldalfalú, formafozott ékszíjak alkalmazása kedvezőbb termikus viselkedést és kiegyenlítettebb igénybevételt eredményez. A tárcsaátmérő helyes megválasztása kritikus tényező az ékszíjak várható élettartamának szempontjából. Az esettanulmányok rávilágítottak arra, hogy a nem megfelelő geometria akár nagyságrendi élettartam-csökkenést is okozhat. A feszítőgörgők alkalmazása szükséges lehet bizonyos konstrukcióknál, azonban azok kedvezőtlen hatásai nem hagyhatók figyelmen kívül. A vizsgálatok igazolták, hogy a feszítőgörgő laza szíjágban történő elhelyezése lényegesen kedvezőbb üzemeltetési feltételeket biztosít. A rezgésdiagnosztikai módszerek integrálása új távlatokat nyit a mezőgazdasági gépek prediktív karbantartásában. A DEM-alapú numerikus szimulációk és a frekvenciatartománybeli elemzések kombinációja hatékony eszköznek bizonyult a kopási folyamatok értelmezésében. A módszertan alkalmas a szerszámállapot korai detektálására. Ez csökkenti a nem tervezett leállások kockázatát. A bemutatott megközelítések hozzájárulnak az anyag- és energiafelhasználás optimalizálásához. Összességében a tanulmány eredményei megerősítik a fenntartható mezőgazdasági géptervezés komplex, integrált szemléletének szükségességét.

Irodalomjegyzék

- Banerjee, S. (2020). Sustainability-Orienting Design Support for Farm Machinery Design. Doctoral Thesis Synopsis DOI:10.13140/RG.2.2.15636.63367
- Gárdonyi, P. et al. (2018). Study of drive characteristics affecting V-belt losses. Acta Polytechnica Hungarica, 15(8). DOI: 10.12700/APH.15.8.2018.8.8
- Káta, L. et al. (2016). Power transmission efficiency of V-belts. Progress in Agricultural Engineering Sciences 12 (1). DOI: 10.1556/446.12.2016.2
- Mascenik, J., Coranic, T. (2024). The Influence of Changing Belt Loading Conditions on the Operational Condition of the Belt Transmission. Actuators, 13(12), 506. <https://doi.org/10.3390/act13120506>
- Neményi, M. et al. (2022). Challenges of sustainable agricultural development with special regard to Internet of Things: Survey. Progress in Agricultural Engineering Sciences 18(1). DOI: 10.1556/446.2022.00053
- Jeba Emilyn Jeyaswamidoss et al. (2024). Deep Learning-based Predictive Maintenance for Industrial IoT Applications, 2024 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT) DOI: 10.1109/ICICT60155.2024.10544377

TÖBBFUNKCIÓS MÉRŐESZKÖZ FEJLESZTÉSE KERTÉSZETI TERMÉNYEK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATÁRA

***Prof. Dr. Felföldi József¹, Lukács Mátyás², Dr. Kertész István³,
Dr. Zsorné Dr. Muha Viktória⁴***

¹professor emeritus, ²PhD hallgató, ^{3,4}egyetemi adjunktus

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Felfoldi.Jozsef @uni-mate.hu

Összefoglaló

Az élelmiszerek, köztük a kertészeti termények állománymérésére számos módszer és eszköz született, de máig hiányzik egy olyan komplex, több mérési elv és módszer megvalósítására képes mérőeszköz, amely alkalmas a termények széles körének vizsgálatára, roncsolásmentes és hordozható. A bemutatott, munkacsoportunkban kifejlesztett kísérleti eszköz módszertani vizsgálataink alapján alkalmas a minták mechanikai jellemzőinek reprodukálható mérésére, köztük a mechanikai impedancia spektrális jellemzésére. A működési tapasztalatok alapján a fejlesztés következő fázisában kialakítható az eszköz autonóm, hordozható, terepi mérésre és a logisztikai láncban nyomonkövetésre használható IoT prototípusa.

Bevezetés

Az élelmiszerek, köztük a kertészeti termények keménysége, állomány-jellemzői a legfontosabb minőségjellemzők közé tartoznak. A biológiai fejlődés, érés követése, az optimális szüret meghatározása, a tárolhatóság, forgalmazhatóság, feldolgozhatóság megállapítása, a kezelések hatásának számszerű jellemzése, mind – legalább részben – a mechanikai jellemzők mérésén alapul. Ez is magyarázza, hogy számos kutatócsoport keresi a régóta használt hagyományos módszereken túl a speciális méréstechnikai kihívásokra, igényekre (roncsolásmentesség, reprodukálhatóság, automatizálhatóság, hordozhatóság stb.) is válasz adó új módszereket, fejleszt eszközöket.

A módszer- és eszközfejlesztés számos (elvében és alkalmazhatóságában nagyon eltérő) irányba halad. A főbb irányok és jellemzőik:

- a) Statikus, vagy kvázistatikus, a minta megnyomásán és erőmérésen alapuló hagyományos módszerek:
 - roncsoló penetrométer (pl. Magness-Taylor):
 - egyszerű, robusztus, hordozható, széleskörűen elterjedt;
 - asztali precíziós penetrométer (pl. SMS):
 - nagy pontosságú, kvázi roncsolásmentes,
 - nagy eszközigényű, laborhoz kötött, lassú;
 - minimális fix deformációval mérő műszerek (pl. MGA):
 - hordozható, egyszerű, gyors,
 - közepesen reprodukálható, kvázi roncsolásmentes.
- b) Dinamikus, pillanatszerű, vagy időben változó mechanikai gerjesztésen alapuló módszerek:
 - ütési (impakt), vagy ejtési (drop) módszer:
 - gyakorlatilag minden terményre használható,
 - közepes reprodukálhatóságú;

- akusztikus hangválasz módszer:
 - egyszerű, terepen is alkalmazható, igen nagy reprodukálhatóságú,
 - csak a termények egy szűk körére alkalmazható;
- hang- (ultrahang-) terjedési sebesség mérésén alapuló módszer:
 - UH tartományban csak nagyon kevés termékre alkalmazható,
 - hangfrekvenciás tartományban a pontosság kérdéses;
- a mechanikai impedancia mérésén alapuló módszer:
 - kevésbé elterjedt, viszonylag új módszer az élelmiszer területen,
 - létező megvalósításai nagy eszközigényűek, laborhoz kötöttek és lassúak.

A vizsgálatainkban új elemként megjelenő *mechanikai impedancia* a minta szinuszos gerjesztésével vizsgálható. A minta ellenállása a váltakozó sebességgel szemben:

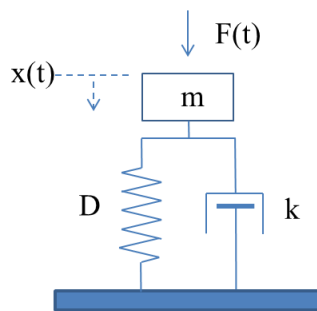
$$v(t) = v \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad \text{a nyomófej sebessége,}$$

$$F(t) = F \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi) \quad \text{a deformáció hatására ébredő erő,}$$

$$Z(t) = F(t)/v(t) \quad \text{a mechanikai impedancia,}$$

ahol ω a gerjesztés körfrekvenciája ($2 \cdot \pi \cdot f$), φ pedig a fázistolás. 'Z' tehát komplex mennyiség, másképpen vektoriális: nagysága ÉS iránya jellemzi). Ezek a paraméterek frekvenciafüggők, tehát a nyomófej és a minta mechanikai rendszere spektrális viselkedésű.

Ezt a viselkedést a legegyszerűbb viszkoelasztikus rendszerben egy egyszerű másodrendű differenciál-egyenlet írja le (1. ábra).



A nyomófej mozgásegyenlete:

$$F(t) = m \cdot \ddot{x}(t) + k \cdot \dot{x}(t) + D \cdot x(t)$$

ahol

- m: a nyomófej tömege, kg
- k: a minta viszkozitásának jellemzője, Ns/m
- D: a minta keménységjellemzője (rugóállandó), N/m

1. ábra. Viszkoelasztikus anyagmodell

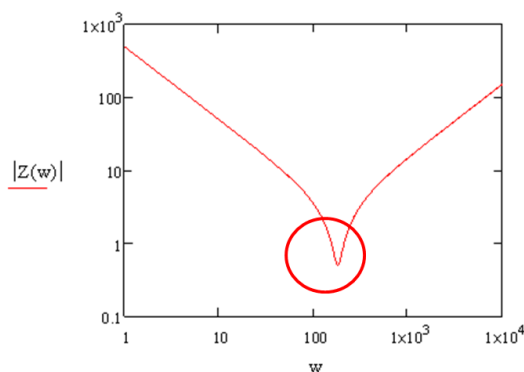
Mivel az impedancia az erő és a sebesség kapcsolatától függ, praktikus a differenciál-egyenletet a sebességgel felírni. *Fourier* transzformációt alkalmazva az egyenlet algebrailag megoldható:

$$F(t) = m \cdot \dot{v}(t) + k \cdot v(t) + D \cdot \int v(t)$$

$$F(j\omega) = m \cdot (j\omega) \cdot V(j\omega) + k \cdot V(j\omega) + \frac{D}{j\omega} \cdot V(j\omega) = \left(m \cdot (j\omega) + k + \frac{D}{j\omega} \right) \cdot V(j\omega)$$

$$Z(j\omega) = \frac{F(j\omega)}{v(j\omega)} = m \cdot (j\omega) + k + \frac{D}{j\omega}$$

Az impedancia viselkedésének modellezése alapján a spektrum nevezetes szakaszai és pontjai (elsősorban a rezonancia-pont) megfeleltethetőek a minta mechanikai jellemzőinek (2. ábra).



A rezonancia-pontban:

$$\omega_r = \sqrt{\frac{D}{m}}$$

$$|Z(\omega_r)| = k$$

2. ábra. Viszkoelasztikus minta mechanikai impedancia spektruma

Ez alapján vizsgálta Mert és Campanella (2008) egyes élelmiszerek viszkoelasztikus tulajdonságait, és a mi munkacsoportunk is bemutatta egy konferencián (ICoSTEE_2022, Szeged) egy asztali elrendezéssel (Modal Shop K2004E01 shaker, RULA RL-21C vezérlő és PCB Piezotronics Model 288D01 „Mechanical Impedance Sensor”) elért eredményeit modell-anyagokon. A módszer elterjedésének azonban gátat szab az eszközígénye és igen nehézkes alkalmazása. Szükség lenne egy kompakt, felhasználóbarát mérőeszközre, amely ezt a módszert (is) elérhetővé tenné.

A bemutatott K+F+I munkában célunk egy olyan többcélú kísérleti eszköz kifejlesztése és alkalmazhatóságának vizsgálata volt, amely alkalmas a dinamikus vizsgálati kör szinte valamennyi módszerének megvalósítására és ezzel a termények igen széles körének sokoldalú vizsgálatára. Olyan eszköz kialakítására törekedtünk, amely konstrukciójában és elemeiben alkalmas lehet egy hordozható, autonóm műszer kialakítására.

Anyagok és módszerek

A kísérleti eszköz alapja mérés-technikailag a munkacsoport által korábban kifejlesztett asztali ütésvizsgálati mérőeszköz (Felföldi et al., 2007) a szinuszos gerjesztéshez szükséges kiegészítésekkel. A kísérleti rendszer elemei:

- a mérőfejbe épített PCB Piezotronics 352B10 ICP® gyorsulásérzékelő jelátalakítóval;
- dupla szolenoid a mérőfej mozgatásához (A: gerjesztés, B: lebegtetés) és a meghajó elektronika;
- PicoScope 4262 oszcilloszkóp + vezérlőszoftver (vezérlés és mérés).

A mért jelek kiértékelése Matlab R2024b-ben fejlesztett programokkal történt. Az adatok értékelésére a Microsoft Excel és IBM SPSS Statistics 29 programokat használtuk.

Az eszközön átkapcsolással váltható a vizsgálati mód (a., b.).

a. Ütésvizsgálati mód:

- bemenőjel: 0-1 V négyszögjel (oszcilloszkóp, a jelhez szinkronizálva);
- kimenőjel: a gyorsulásérzékelő jele (m/s²).

A mérőfej gyorsulását időben integrálva kapjuk a sebesség, majd az elmozdulás-jelet. Ezek alapján a jel egyes szakaszai fizikailag azonosíthatók (3. ábra). Ez lehetőséget ad a minta megnyomási szakaszának kiemelésére és a kimenő jellemzők meghatározására (4. ábra). Az ütésgörbe felfutási szakaszának időtartama alapján a keménységjellemzésre használatos:

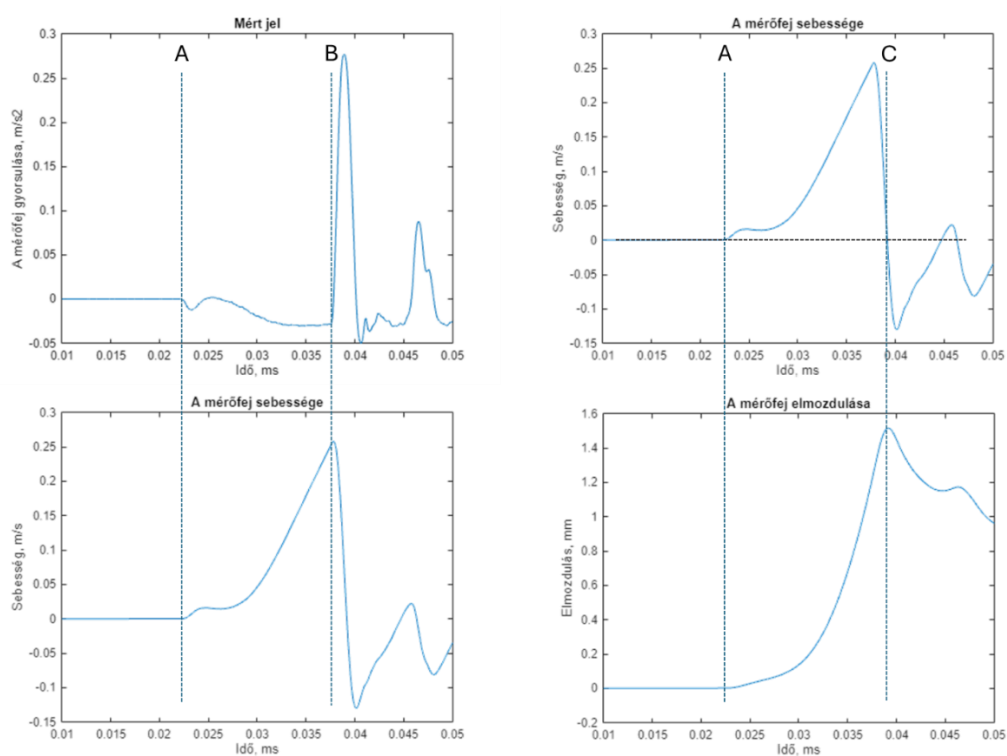
$$D = 1/dT^2$$

ütési keménységtényező számítható, míg az erő-deformáció görbe, és annak meredeksége lényegében egy SMS-mérésnek feleltethető meg, de itt a mérés időtartama másodperc alatti és a maximális deformáció néhány tized-milliméter. A fejlesztés jelen stáuszában az erő digitális egységben adott. A N-ban mért fizikai érték a mérőfej-rendszer effektív tömegének meghatározásával lesz számítható.

b. Mechanikai impedancia mód:

- bemenőjel: +/- 0,5 V, növekvő frekvenciájú szinuszel (50 ... 850 Hz 1 s alatt);
- kimenőjel: a gyorsulásérzékelő jele (m/s^2).

A gyorsulásérzékelő jele az idő függvényében mérhető (5a. ábra), de az idő megfeleltethető a frekvenciának. A jel burkológörbéje (5b. ábra) alapján számítható a sebesség-amplitúdó spektruma (5c. ábra, $v=a/\omega$). Feltételezve, hogy a mintának mágnesezen nekifeszített mérőfejen az erő lényegében állandó, az $1/v$ spektrum jelalak szempontjából a mechanikai impedanciának feleltethető meg (attól konstans szorzóban különbözik) (5d. ábra).

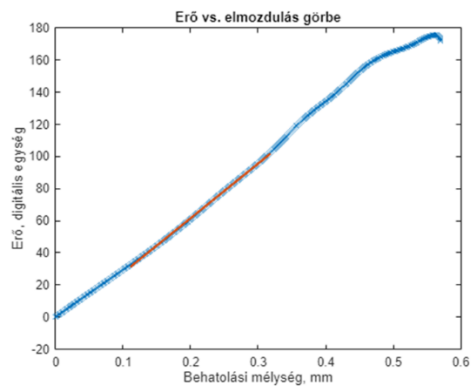
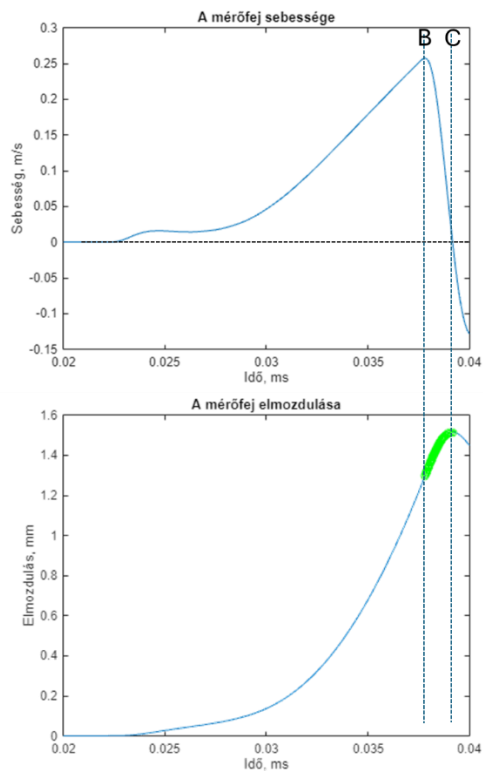


3. ábra. Az ütésvizsgálati jel meghatározó pontjai

A: a gerjesztő-szolenoid feszültséget kap (1 V), a nyomófej elindul

B: a nyomófej eléri a minta felületét

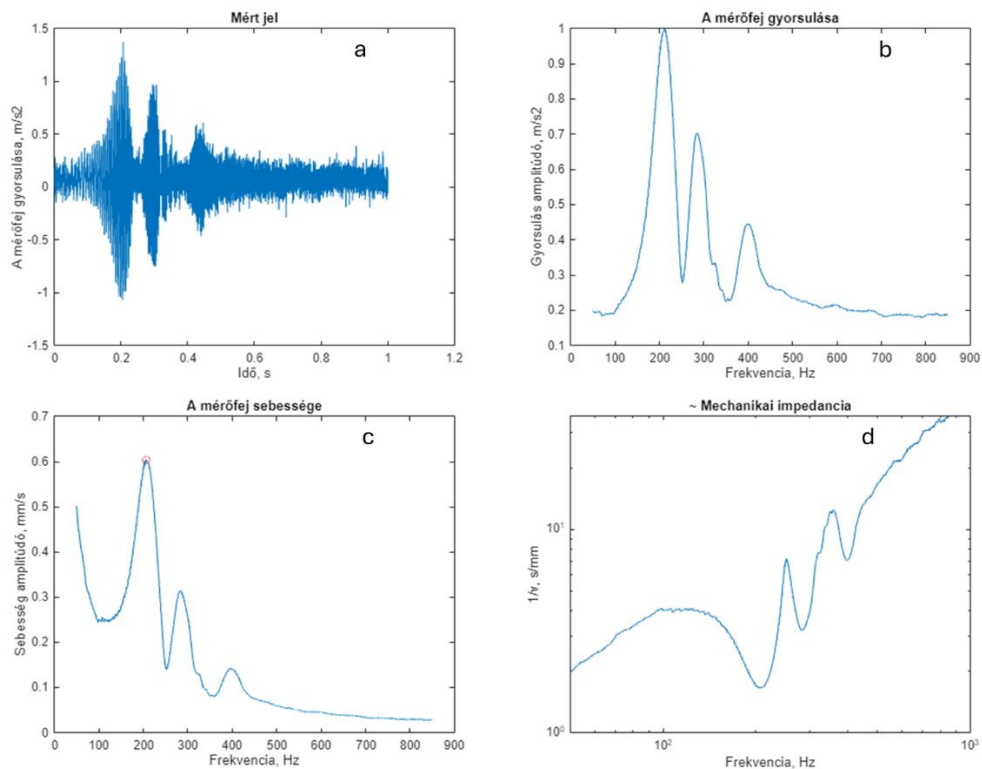
C: a maximális behatolás pontja (a fej sebessége 0-ra csökken és visszaindul)



Kimeneti jellemzők:

- Ütégörbe felfutási idő és csúcs (dT és a_{max})
- Az ütőfej sebessége a mintához érés pillanatában (v_0)
- Behatolási jellemzők (x_{max} , F_{max})
- Az erő-elmozdulás görbe meredeksége

4. ábra. A deformációs szakasz meghatározása



5. ábra. Spektrális válaszjel feldolgozási fázisai

A mechanikai impedancia mérés kimenő eredményei:

- az első rezonancia-frekvencia (ω_0) és a hozzá tartozó viszkozitási mutató (k);
- a $Z(\omega)$ spektrum.

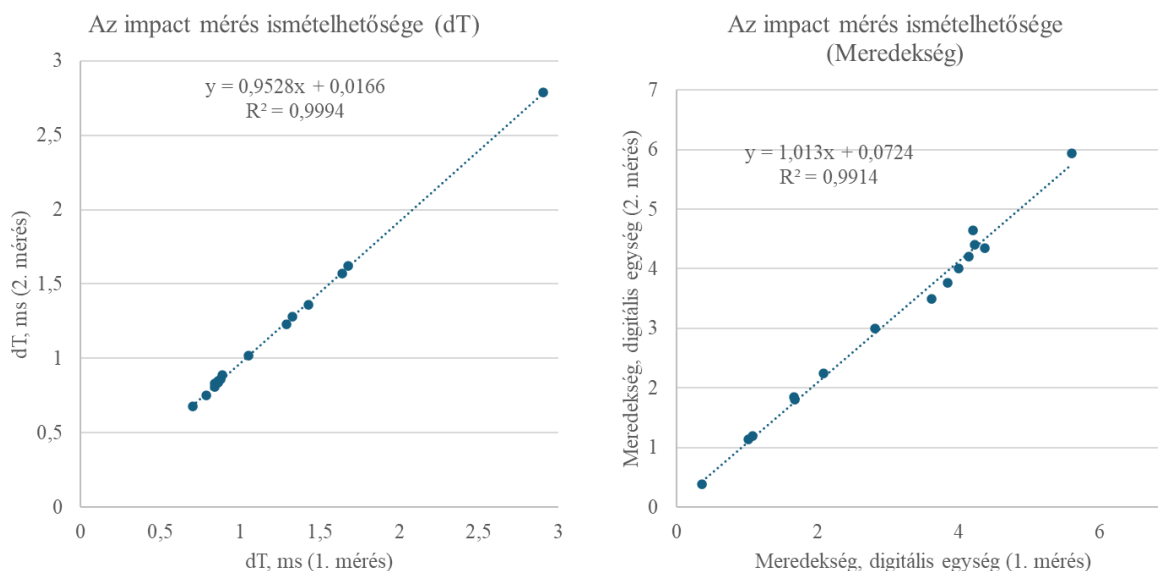
Eredmények

Jelen szakaszban a kialakított rendszer és módszerek alkalmazhatóságát, elsősorban a módszertani jellemzőket vizsgáltuk. Mintaként kereskedelmi forgalomban beszerezett kertészeti terményeket választottunk (alma, paradicsom, retek, birs) a jellemzők széles tartományának biztosítása érdekében.

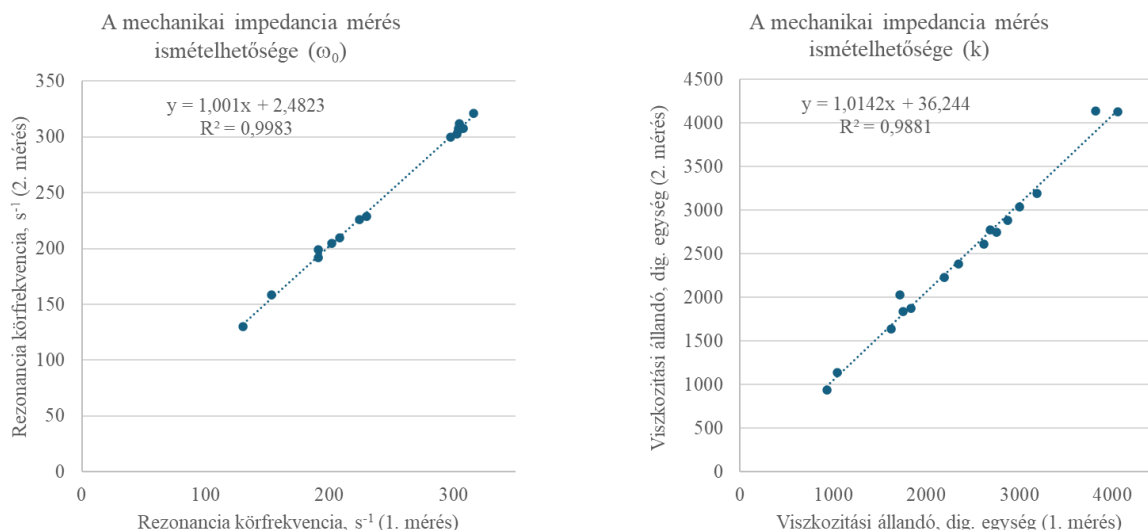
Az *ismételhetőséget* többféle termény mintáinak azonos ponton való megismételt tesztjével vizsgáltuk (6a. és 6b. ábrák). Az eredmények szerint mindkét módszer ismételhetősége kiváló. Ugyanakkor az ütésvizsgálati módszer eredményei arra is utalnak, hogy – bár a mérés sérülést nem okoz – a második mérés eredménye igen kis mértékben, de szignifikánsan keményebbnek mutatja a mintát. Ez a kvázi-roncsolásmentes jelleg viszont terményfüggőnek bizonyult: paradicsom esetében adott ponton történő több száz megütés sem okoz szignifikáns jellemző-változást, míg pl. almaminták esetében 1-2% szignifikáns változás tapasztalható. Ugyanakkor viszont a mechanikai impedancia mérése tökéletesen roncsolásmentesnek bizonyult. Ez nem meglepő, hiszen a tesztek alapján a mérőfej rezgésének maximális amplitúdója ezredmilliméter nagyságrendű.

A kimeneti jellemzők összehasonlítása alapján megállapítottuk, hogy az ütségi jellemzők (dT és 'meredekség') közötti korreláció rendkívül szoros, így egymást kiválthatják. Bár az erő-deformáció görbe mérésének lehetősége (az SMS összehasonlítás érdekében) vonzó alternatíva, a méréséhez szükséges költséges ICP gyorsulásérzékelő és speciális jelfeldolgozó interfész egyértelművé teszi, hogy a további fejlesztés az egyszerűsítés érdekében a dT méréséhez elégséges konstrukció irányába mozdul el.

A két módszer eredményei közötti kapcsolat még további vizsgálatot igényel. Az elméleti felvezetést megerősíti, hogy az ütségi keménységtényező és a mechanikai impedancia rezonancia-frekvenciája közötti korreláció szignifikáns, de nyilvánvaló, hogy a teljes $Z(\omega)$ spektrum lényegesen több információt tartalmaz a minta viszkoelasztikus tulajdonságairól, amit kemometriai elemzésekkel lehet kibontani.



6a. ábra. Ismételhetőségi vizsgálatok



6b. ábra. Ismételhetőségi vizsgálatok

Következtetések, javaslatok

Ütésvizsgálati módban:

- a mérés gyors (1 s), a maximális deformáció néhány tizedmilliméter
- a mérés terménytől függően roncsolásmentes, vagy kvázi-roncsolásmentes;
- a mérőszenzor érzékenységtől függően az ütőerő akár jelentősen csökkenthető a teljes roncsolásmentesség érdekében.

Mechanikai impedancia vizsgálati módban:

- a mérés gyors (1 s), a maximális deformáció ezredmilliméter nagyságrendű;
- a mérés minden terményen roncsolásmentes.

Mindkét módszerre jellemző, hogy a mérés ismételhetősége kiváló (99%), reprodukálhatósága a minták biológiai variabilitásának megfelelő 85% körüli.

A mérés technikájával és a konstrukcióval kapcsolatban elmondható, hogy a mérési elv bevált, a kísérleti fejlesztés speciális rendszerelemei (ICP gyorsulásérzékelő, oszcilloszkóp) az autonóm, hordozható prototípus kifejlesztése érdekében kiválthatók a működési jellemzők romlása nélkül. Megfelelő mikrokontrollerrel a vezérlési és értékelési feladatok elláthatók. Saját kijelzővel és/vagy IoT eszközként a műszer alkalmas lehet terepi mérésekre, vagy az élelmiszer nyomon követési rendszerekben való alkalmazásra.

Irodalom

- Felföldi, J., Kertész, I., Nagy, D., Zsom-Muha, V. (2017): Non-Destructive impact method for quality assessment of horticultural products, Progress in Agricultural Engineering Sciences, Volume 13: Issue 1. DOI: <https://doi.org/10.1556/446.13.2017.5>
- Mert, B., Campanella, O. H. (2008): The study of the mechanical impedance of foods and biomaterials to characterize their linear viscoelastic behavior at high frequencies. Rheol Acta 47, 727–737. <https://doi.org/10.1007/s00397-008-0277-0>

A KENYÉRFOGYASZTÁS ÉLELMISZERBIZTONSÁGI VONATKOZÁSAI

***Prof. Dr. Véha Antal¹, Trenyik Eszter², Dr. Szabó P. Balázs³,
Paukné Dr. Ács Katalin⁴***

¹egyetemi tanár, ²egyetemi tanársegéd, ³egyetemi docens,

⁴egyetemi adjunktus

Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar

veha@mku-szeged.hu

Jól ismert tény, hogy a gabonából készült kenyér fogyasztása egyidős az emberiséggel. Régészeti leletek bizonyítják, hogy időszámításunk előtt 4000 évvel ezelőtt „házasított gabonafélékből”, vad egyszemű (einkorn) búzából készítettek már lapos, kenyérszerű termékeket (Arranz-Otaegui et al., 2018). Számos olyan archeológiai tárgyi lelet, kőből készült eszköz is előkerült, ami azt mutatja, hogy már ezekben az „ősi” időkben a gabonát aprították/őrölték valamilyen módon felhasználás előtt (Fuller - Carretero, 2018; Eitam et al., 2015). A kovász kenyérkészítésben történő alkalmazása is igen régre nyúlik vissza, ennek használatát az ókori Egyiptomhoz kötik (i.e. 3000), ahonnan fokozatosan terjedt el Európába az ókori Görögországon és a Római Birodalmon keresztül (Catzeddu, 2019). A kenyér készítése és fogyasztása így tehát mindig is lételemünk volt, ezért vált a kenyér az élet szimbólumává. Hagyományainkban számos olyan motívum fellelhető, ami ezt erősíti. Erre példa, hogy a kenyér aljára keresztet rajzoltak megszegés előtt, vagy hogy nem volt szabad eldobni a kenyeret. A kenyér jelentőségét, fontosságát hangsúlyozza sok közmondásunk, szólásunk vagy éppen szófordulataink is: „úgy kell, mint falat kenyér”; „megette a kenyere javát”; „kenyérkereset”, „kenyerespajtás” stb.

A globális búzatermesztés jelenleg évi 800 millió tonna körül mozog, amiből az EU országai a kb. 15%-át termelik, Magyarország pedig átlagosan 5 millió tonnával járul ehhez hozzá (USDA, 2026; KSH, 2026). Egy felmérés alapján a hazai búza 30%-át élelmiszer, 30%-át takarmány, 30%-át export és a maradék 10%-ot egyéb (vetőmag, egyéb ipari) célra hasznosítják (Celebio, 2021). A hazai évi 1 főre jutó átlagos liszt felhasználás 80 kg körül mozog és ezzel az EU országai között az élmezőnyhöz tartozunk (ReportLinker, 2026). A kenyér és pékáruk összefogyasztása EU szinten stabilnak mondható, ám ezen belül a kenyérfogyasztási trendek mindenhol csökkenő tendenciát mutatnak (Indexbox, 2024; Nicolau et al., 2021). Magyarországon a legutolsó KSH adatok szerint 35 kg/év az átlag kenyérfogyasztás, mely napi 10 dkg-nak felel meg (KSH, 2025). Ez azt is jelenti, hogy az elmúlt néhány évtizedben a kenyérfogyasztás mintegy a felére csökkent, a gabonafélék bevitele egyre inkább más pékáruk formájában történik.

A pékáruk legfőbb alapanyaga a búza. A búzaszem szerkezetileg három fő részre tagolódik: a maghéj (12-18%), az endospermium (80-85%) és a csíra (2-3%) (Brouns és mtsai, 2012). A **maghéj** vagy korpa frakció a legösszetettebb alkotórésze a magnak, és egyben a malomipar legfőbb mellékterméke. Táplálkozástan szempontból sokkal értékesebb és gazdagabb összetevőkből áll, mint az endospermium, 90 %-ban azonban takarmányként hasznosítják és csak 10%-a kerül humán célú feldolgozásra (Hossain et al., 2013). Tápanyag-összetételét tekintve legfőbb komponensét a diétás rostok alkotják (xilán, cellulóz, lignin, glükán, fruktán, pektinek). Emellett gazdag enzimekben, B és E vitaminokban, ásványi anyagokban (Fe, Zn, Mn, Mg, P) és egyéb bioaktív komponensekben (alkilrezorcinol, ferulasav, flavonoidok, karotinoidok, lignán, szterolok) (Onipe et al., 2015). Búzaalkotók közül a legmagasabb hamutartalommal rendelkezik (9,5-10%). A **csíra** ugyancsak gazdag bioaktív összetevőkben. Magas az antioxidáns, E- és B vitamin, ásványi

anyag és enzim tartalma. Igen magas a lipid tartalma (9%) is. Bár mind a korpa, mind a csíra esetén ismert ezeknek a frakcióknak előnyös élettani hatása (pl. jótékony hatással vannak a szív- és érrendszeri megbetegedésekre, 2-es típusú cukorbetegségekre, bélműködésre, egyes rákos elváltozásokra), mindennapos fogyasztásukról mégsem beszélhetünk a nyugati társadalmakban (Stevenson et al., 2012; Kumar et al., 2011). A búzaszem **endospermium** részének jellemző alkotója a liszttest. A növény számára energiaraktárként funkcionál, két fő komponensét a keményítő (70-75%) és fehérje (10-14%) adja. Lipid tartalma 1-2%-os, míg egyéb összetevőkből (ásványi anyagok, rostok) csak elhanyagolható mennyiségeket tartalmaz (Khan, 2016). A búza széleskörű elterjedésének és felhasználásának oka nagyrészen lisztjének egyedülálló beltartalmi/reológiai tulajdonságának köszönhető, melyet a liszttest sikérképző fehérjei határoznak meg. A sikérfehérjék a búza tartalékfehérjéinek 80-85%-át alkotják, és funkcionális szempontból két csoportba oszthatók: a monomer gliadinokra (75%) és polimer gluteninekre (25%). Végso soron e két alkotó mennyisége, aránya és minősége határozza meg a liszt technofunkcionális tulajdonságát.

Táplálkozástani kutatók a tápanyag összetétel szempontjából a teljes kiőrlésű gabonák fogyasztását és a fehér lisztből készült termékek kerülését hangsúlyozzák (Harvard, 2008). Pusztán tápanyag összetétel vonatkozásában ez megállja a helyét, ám élelmiszerbiztonsági oldalról nézve nem olyan egyértelmű a helyzet. Minthogy a gabonák továbbra is a táplálkozásunk egyik fő pillérét adják, fontos, hogy valóban egészséges és káros összetevőktől mentes legyen a gabonánk.

A búzaminőség egészségügyi aspektusai részben évezredek óta ismertek. A konkoly gyomot már a Biblia is úgy említi, mint mérgező, a búzatermést károsító növény, melyet irtani szükséges. Az anyarozzsal fertőzött szemek súlyos tüneteket eredményező hatása is már háromezer éve tudott (Bockhus et al., 2016). A XX. századig azonban az élelmiszerbiztonság a gyomnövények és a szabad szemmel jól látható fertőzött szemek eltávolítását jelentette, amit a korra jellemző kezdetleges technológiák által, a szelelés és rostálás műveletekkel végeztek. Az utóbbi száz évben a vegyszeres védekezés előretörésével, valamint a mikrobiológiai ismeretek és az analitikai metodikák fejlődésével az élelmiszerbiztonsági követelmények más hangsúlyt kaptak. Az **egészséges, minőségi** búzaterménynél alapvető kritérium, hogy nem tartalmazhat hozzáadott komponenst és semmilyen, az egészségre káros szennyeződést (MSZ 6383, 2017). Ilyen komponens vagy szennyeződés alatt elsősorban a mikotoxinok jelenlétét, a mikrobiológiai-, és nehézfém-szennyezést, valamint a növényvédőszer-maradványokat értik, melyek maximális koncentrációit EU-s és egyéb nemzetközi jogszabályok rögzítik.

A növény szempontjából a búzaszem többrétegű héjszerkezete mechanikai, kémiai és mikrobiológiai védelmet tölt be. Ennek a fontos funkciónak köszönhetően azonban a korpa humán felhasználhatósági kockázata jelentősen megnő. Ez elsősorban a mikrobiológiai terhelésnek, és az ehhez köthető **mikotoxinoknak** köszönhető.

A kalászos gabonákat többféle mikroorganizmus fertőzheti a szántóföldön. Ezek közül leggyakoribb a Fusarium gombák által okozott kalász fuzáriózis. Általánosságban igaz, hogy gombabetegségek kialakulásához három feltétel együttes teljesülésére van szükség: a kórokozó jelenlétére, fogékony gazdanövényre és megfelelő környezeti feltételekre. Rendszeres országos felmérések azt mutatják, hogy Fusarium kórokozó jelenléte folyamatos a szántóföldeken (4-5%-os szemfertőzöttséget okoz), mely országos vagy regionális járványokat (min. 15%-os szemfertőzöttség) időszakosan okoz. Ez utóbbiak kialakulásában egyrészt a nem megfelelő agrotechnika (pl. kukorica elővetemény) játszhat közre, igazán döntő szerepe ugyanakkor a környezeti faktornak, azon belül is a csapadék mennyiségének van. Mivel a növény virágzáskor a legfogékonyabb a fertőzésre, ezért több napig tartó májusi

csapadék esetén számolhatunk Fusarium járvánnyal. A fogékony gazdanövényt a Fusarium-ra érzékeny búzafajták jelentik. Rezisztens búzafajták nemesítésével és a fogékony fajták köztermesztésből való kivonásával lehet ezt a faktort csökkenteni (Mesterházy, 1997). Erről azonban érdemes megjegyezni, hogy 100%-osan rezisztens búzafajta nem létezik, ami a rezisztencia poligénes jellegéből, valamint a nemesítés soktényezős természetéből adódóan jelent komoly kihívást a nemesítőknek – ugyanakkor számos olyan magyar búzafajta elérhető már, ami megfelelő rezisztenciával és jó technológiai minőséggel is rendelkezik.

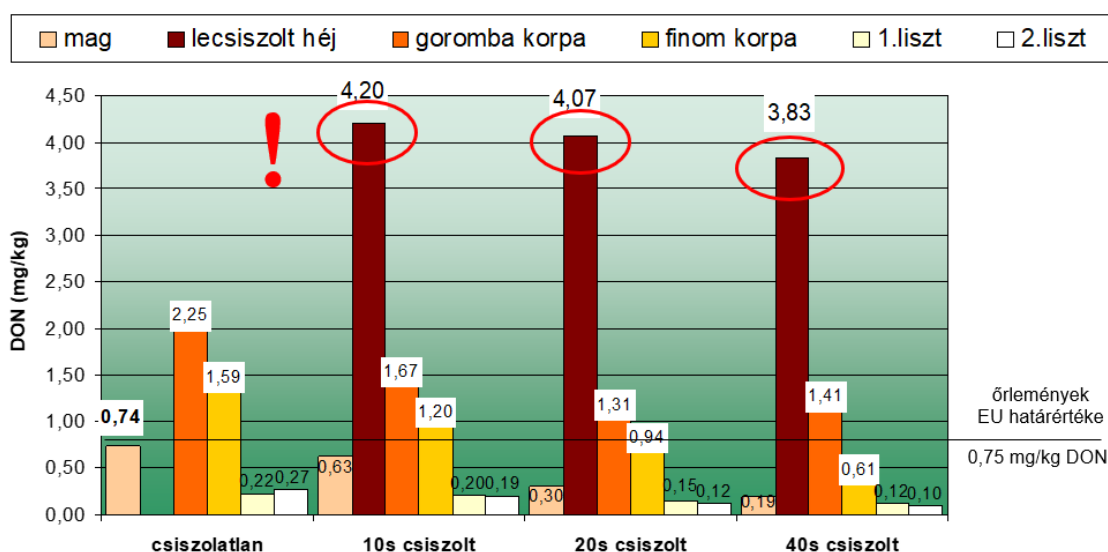
A Fusarium fertőzés termésvesztés és minőségromlás mellett a mikotoxin termelésük miatt jelent komoly kockázatot. A mikotoxinok másodlagos anyagcseretermékek, melyek biokémiai, fiziológiai és/vagy patológiai elváltozásokat okoznak növényi és állati szervezetekben egyaránt. Kis molekulatömegű vegyületek ($M_w < 700$ Da), és igen kis koncentrációban toxikusak. A gombák termelhetik már a szántóföldön, de később a gabona raktározása során is. A probléma velük az, hogy hő- és pH-stabil vegyületek, így a gabona feldolgozása során az élelmiszertechnológiai folyamatok nincsenek rájuk szignifikáns hatással. A Fusarium fajták által termelt leggyakoribb toxin a DON (deoxinivalenol) toxin, de termelheti az ún. T2, HT-2, Zearalenon és Fumonizin nevű toxinokat is. Jó azt is tudni, hogy a fertőzés nem feltétlen jár együtt mikotoxin termeléssel. Fusarium esetén a szemfertőzöttség (FDK) és a toxintermelés között szoros a korreláció. Mesterházy és mtsai (2015) egy átfogó kutatásában $r=0,81$ -es korrelációt mértek a FDK és a deoxinivalenol (DON) toxin mennyisége között. Ugyanakkor találtak példát olyan esetekre is, amikor magas FDK mellett átlag alatti alacsony DON toxint, ill. alacsony FDK mellett átlag feletti DON toxint mértek. Így tehát a gabonátételek toxin mennyiségének meghatározását mindenképpen szükséges elvégezni.

Az EU országain belül élelmiszer és takarmány céljából felhasznált gabonákra és lisztekre 2006 óta rendelet szabályozza a maximálisan megengedett toxintartalmakat (1881/2006/EK és 2024/1022 EU rendeletek). A DON toxinra vonatkozóan a feldolgozatlan gabonában ez az érték 1,25 mg/kg, lisztben 0,75 mg/kg, kenyérben pedig 0,5 mg/kg. Az EU területén összességében Fusarium mikotoxinokra vonatkozó RASFF riasztás átlagosan 10-20 alkalommal történik évente (Stanciu et al., 2015). Mikotoxinok jelenléte azonban jóval gyakoribb. Becslések szerint világszerte az EU, ill. a Codex Alimentarius által meghatározott határértéket meghaladó mikotoxin jelenlét eléri a 25%-ot az élelmezési célra előállított mezőgazdasági terményekben. Az analitikailag kimutatható legkisebb értéket elérő mikotoxin mennyiség pedig a termények 60-80%-ában van jelen (Eskola et al., 2020).

Mivel a gomba hifaszálai elsősorban a szemek külső felületét hálózák be, így a toxin tartalom is a szem külső rétegeiben koncentrálódik. A gabona malomipari feldolgozása során tud némileg változtatni a liszt toxin tartalmán (azzal a fontos kitéttel, hogy határérték feletti búzátételek semmilyen módon nem használhatók fel a gyártásban). A búza őrlésre történő előkészítés műveletében több olyan technológiai lépés is történik, mely a toxin szennyezettséget csökkenti. Halmaztisztítás során a fertőzött szemek eltérő színük, méretük és vagy sűrűségük miatt kerülnek kiválasztásra. A „hagyományos” halmaztisztítási műveletek (rostálás, szelelés) mellett sok malom alkalmaz korszerű optikai osztályozó berendezéseket, ahol a búzahalmazt nagy felbontó képességű kamerák segítségével szemenként vizsgálják és válogatják. Az intenzív hámozás művelete is azt a célt szolgálja, hogy mechanikai úton, a búzaszem többrétegű héja egy részének ledörzsölésével távolítják el a fizikai, kémiai, mikrobiális és mikotoxin szennyezettséget a búza felületéről. A különböző műveletek határfoka eltérő, legjobb hatást ezek kombinálásával érhető el. Hazai vizsgálatban Magyar et al. (2019) kimutatták, hogy „csak” szelelőrostával a DON tartalom 35%-kal csökkenhet, míg optikai szeparátor és hámozás együttes alkalmazásával akár 88%-os csökkenés is elérhető. A határfok növekedés azonban együtt jár komoly

hozamvesztéssel (akár 40%-os is lehet), így ezen technológiák beállítását és használatát annak gazdaságossága nagymértékben meghatározza.

Emellett saját mérésekkel igazoltuk, hogy határérték alatti DON tartalmú búzatételekből (0,2-0,74 mg/kg) „könnyen” előállítható őrléssel a határérték többszörösét meghaladó liszt frakció (1. ábra). A búza eltérő mértékű csiszolását követően, azaz intenzív hámozás során keletkező héjfrakciók a megengedett 0,75 mg/kg DON-határérték több mint ötszörösét tartalmazták. A hámozást követő őrlés során kapott goromba és finom korpa frakciók is jelentős, határérték feletti DON toxint tartalmaztak (0,94-2,25 mg/kg). A fehér lisztek azonban a mag DON tartalmához képest szignifikánsan csökkent értékekkel rendelkeztek (0,1-0,3 mg/kg). Azaz hiába volt megfelelő a búza DON toxin tartalma, annak malomipari feldolgozása során a DON toxin a korpás frakciókban koncentrálódik, míg a fehér lisztben csökken a mennyisége. Ezek az eredmények jól szemléltetik a teljes kiőrlésű és fehér liszt közötti különbséget élelmiszerbiztonsági szempontból.



1. ábra. Különböző mértékben csiszolt búzatételek lisztfrakcióinak DON toxin mennyiségi változásai

A mikotoxin szennyezés mellett a korpa frakciót terhelhetik még a nehézfém, a növényvédőszer maradványok, valamint a raktározás során előforduló mikrobiológiai szennyeződések. Ezek közül a nehézfém- és növényvédőszer-maradványok jelenléte a gyakorlatban ritkán fordul elő, a raktári penészgombák megjelenése pedig megfelelő odafigyeléssel, az előírt raktározási körülmények betartásával megelőzhető.

Élelmiszerbiztonság szempontjából kenyér, ill. pékáruk készítéséhez így tehát a világos liszt alkalmazása javasolható. Az egészséges kenyér készítéséhez a liszt, víz, só mellett még a kovász jelentőségét kell kiemelni. A kovászban jelen lévő tejsavbaktériumok és élesztőgombák a fermentáció során enzimatikus úton fehérjék és szénhidrátok részleges hidrolízisét idézik elő (Arora et al., 2021). Ennek következtében csökkenhet számos olyan lisztalkotónak a mennyisége, mely sokaknál allergiás reakciót vagy egyéb gasztrointesztinális problémát okoz. Hosszú fermentációs idővel készült kovászban a gliadin, a FODMAP, a fitátok vagy lektinek mennyisége változhat szignifikánsan (Hernandez et al., 2025; Boakye et al., 2022; Fernandez-Peláez et al., 2020).

Összességében az egészséges és biztonságos kenyér gondosan választott alapanyagból és a megfelelő pékipari technológiával elkészíthető. A szemes gabonák, ha nem is kizárólagosan kenyér formájában, de továbbra is az emberi táplálkozás alapjául fognak szolgálni. A tudományos ismeretek folyamatos bővülésével pedig nemcsak a kockázati

tényezők váltak egyre átláthatóbbá, hanem új innovatív technológiák is megjelentek és folyamatosan fejlődnek, melyek mind azt szolgálják, hogy az asztalunkra egészséges, biztonságos és tápláló élelmiszer kerüljön.

Irodalom

- Arora, K., Ameer, H., Polo, A., Di Cagno, R., Rizzello, C. G., Gobbetti, M. (2021): Thirty years of knowledge on sourdough fermentation: A systematic review. *Trends in Food Science & Technology*, 108, 71-83.
- Arranz-Otaegui A, Gonzalez Carretero L, Ramsey MN, Fuller DQ, Richter T. (2018): Archaeobotanical evidence reveals the origins of bread 14,400 years ago in northeastern Jordan. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2018 Jul. 31;115(31):7925-7930. doi: 10.1073/pnas.1801071115.
- Boakye, P. G., Kouglblenou, I., Murai, T., Okyere, A. Y., Anderson, J., Bajgain, P., Annor, G. A. (2022): Impact of sourdough fermentation on FODMAPs and amylase-trypsin inhibitor levels in wheat dough. *Journal of Cereal Science*, 108, 103574.
- Bockus, W. W., Bowden, R. L., Hunger, R. M., Murray, T. D., Smiley, R. W. (2010): Compendium of wheat diseases and pests (No. Ed. 3, pp. viii+-171).
- Brouns, F., Hemery, Y., Price, R., Anson, N. M. (2012): Wheat aleurone: separation, composition, health aspects, and potential food use. *Critical reviews in food science and nutrition*, 52(6), 553-568.
- Catzeddu, P. (2019): Sourdough breads. In *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention* (pp. 177-188). Academic press.
- CELEBio Consortium (2021): Biobased economy business opportunities in Hungary (Deliverable D2.1). Horizon 2020 Project CELEBio. https://celebio.eu/wp-content/uploads/2021/04/CELEBio_D.2.1_Biobased-Economy-Business-Opportunities-in-HU.pdf.
- Eitam, D., Kislev, M., Karty, A., Bar-Yosef, O. (2015): Experimental barley flour production in 12,500-year-old rock-cut mortars in Southwestern Asia. *PLoS One*, 10(7), e0133306.
- Eskola, M., Kos, G., Elliott, C. T., Hajšlová, J., Mayar, S., Krska, R. (2020): Worldwide contamination of food-crops with mycotoxins: Validity of the widely cited 'FAO estimate' of 25%. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(16), 2773-2789.
- European Union's Bread and Bakery Market Overview [Market statistics]. IndexBox. Retrieved January 2026, from <https://www.indexbox.io/blog/bread-and-bakery-european-union-market-overview-2024-6/>
- Fernández-Peláez, J., Paesani, C., Gómez, M. (2020). Sourdough Technology as a Tool for the Development of Healthier Grain-Based Products: An Update. *Agronomy*, 10(12), 1962. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121962>
- Fuller, D. Q., Gonzalez Carretero, L. (2018): The archaeology of Neolithic cooking traditions: archaeobotanical approaches to baking, boiling and fermenting. *Archaeology International*, 21(1), 109-121.
- Harvard T.H. Chan School of Public Health (2008): Healthy Eating Pyramid. In *The Nutrition Source*. Retrieved from <https://nutritionsource.hsph.harvard.edu/healthy-eating-pyramid>
- Hernández-Figueroa, R. H., López-Malo, A., Mani-López, E. (2025): Sourdough Fermentation and Gluten Reduction: A Biotechnological Approach for Gluten-Related Disorders. *Microbiology Research*, 16(7), 161. <https://doi.org/10.3390/microbiolres16070161>
- Hossain, K., Ulven, C., Glover, K., Ghavami, F., Simsek, S., Alamri, M. S., Mergoum, M. (2013). Interdependence of cultivar and environment on fiber composition in wheat bran. *Australian journal of crop science*, 7(4), 525.

<https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0410000>

https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn012c.html?down=1172.800048828125

Khan, K. (2016). Wheat: chemistry and technology. Elsevier.

Központi Statisztikai Hivatal (2025): JÖV0031 – A háztartások egy főre jutó éves étel- és ital-fogyasztás mennyisége [Statisztikai adatbázis táblázat]. KSH STADAT.

Kumar, P., Yadava, R. K., Gollen, B., Kumar, S., Verma, R. K., Yadav, S. (2011): Nutritional contents and medicinal properties of wheat: a review. Life Sciences and Medicine Research, 22(1), 1-10.

Magyar Z., Véha A., Pepó P., Bartók T., Gyimes E., Szarka P. (2019). A malmi műveletek DON toxin csökkentő hatásának és szeparáló tulajdonságának összehasonlítása [Konferenciaközlemény]. Tavasz Szél – Spring Wind 2019 Tanulmánykötet. Dosz – Debreceni Egyetem/Szegedi Tudományegyetem.

Mesterházy, A., Lehoczki-Krsjak, S., Varga, M., Szabó-Hevér, Á., Tóth, B., Lemmens, M. (2015): Breeding for FHB Resistance via Fusarium Damaged Kernels and Deoxynivalenol Accumulation as Well as Inoculation Methods in Winter Wheat. Agricultural Sciences, 6, 970-1002.

Mesterházy Á. (1997): A szántóföldi növények mikrobiális patogén szennyeződésének csökkentése, humán egészségügyi minőségének javítása. Agro, 21, 90-130.

MSZ 6383:2017 Búza és durum búza ételmezési célra.

Nicolau, M., Esquivel, L., Schmidt, I., Fedato, C., Leimann, L., Samoggia, A., Schamari, D. (2021): Food consumption behaviours in Europe: Mapping drivers, trends and pathways towards sustainability (Report D6.1). VALUMICS project. European Union. https://valumics.eu/wp-content/uploads/2021/06/Valumics-Report-1-_Mapping-Behaviours.pdf

Onipe, O. O., Jideani, A. I., Beswa, D. (2015): Composition and functionality of wheat bran and its application in some cereal food products. International Journal of Food Science and Technology, 50(12), 2509-2518.

ReportLinker (n.d.). European Wheat or Meslin Flour Market Size Volume Per Capita by Country [Dataset]. ReportLinker. Retrieved January 23, 2026, from <https://www.reportlinker.com/dataset/f3fa48f8c75299e02bf72e0e28c1db8cbd061955>

Stanciu, O., Banc, R., Cozma, A., Filip, L., Miere, D., Mañes, J., Loghin, F. (2015): Occurrence of Fusarium mycotoxins in wheat from Europe—a review. Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology, 19(1), 35-60.

Stevenson, L. E. O., Phillips, F., O'sullivan, K., Walton, J. (2012). Wheat bran: its composition and benefits to health, a European perspective. International journal of food sciences and nutrition, 63(8), 1001-1013.

MECHANIKA A POLITECHNIKÁBAN ÉS AZ ÉPÍTÉSZETBEN

Dr. Andor Krisztián

egyetemi docens

Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar

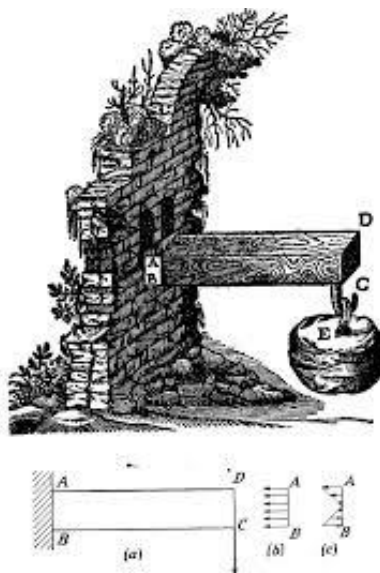
andor.krisztian @uni-sopron.hu

Összefoglaló

Az ókori világtól az újkorig sok fejfájást okozott a nagy terek lefedése minél kevesebb oszlop felhasználásával. A kupolaszerkezetek megjelenése azzal a kompromisszummal járt, hogy a szerkezetben fellépő normáligénybevételek csak negatív értékűek lehettek, azaz csak nyomás felvételére voltak alkalmasak, így felfelé nagy „ívet” kellett kanyarítaniuk az építőmestereknek, megakadályozva a további hasznos szintek alkalmazását. *Bernoulli-Navier* párosról elnevezett hipotézis segítségével (a hajlított gerenda keresztmetszetei síkok maradnak) lehetővé vált a pozitív normálerők kellő pontosságú szintű meghatározása. A rugalmas szál differenciálegyenletének meghatározásával megnyílt az út az építészetben a többszintes épületek tervezhetősége előtt.

Bevezetés

A nagy csarnokokat az ókorban oszlopcsarnokokkal (ld. egyiptomi, görög kultúra) tudták csak megoldani (az őskorban barlang volt a fedett lakóhely). Az újkor hajnalán született meg az igény ennek kiváltására. Ekkor kezdtek el foglalkozni rácsos szerkezetekkel és gerendákkal. Nagyon sok kutató, matematikus próbálta ezt az építészeti igényt mind jobban modellezni több-kevesebb sikerrel, néha párhuzamosan haladva egymástól külön. *Galilei* mellett mások is megfigyelték a konzoltartó felső és alsó öveinek eltérő viselkedését (1. ábra). Azonban az eltérő anyagstruktúrákban elvesztek az általános következtetések levonásához.



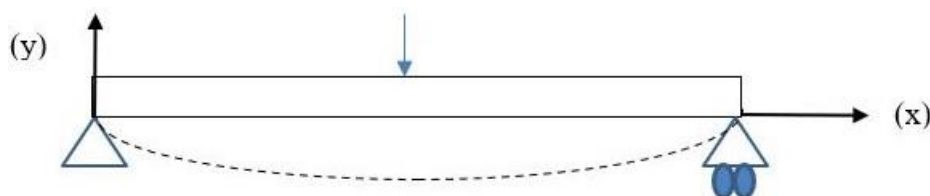
1. ábra. Galilei rajza a konzoltartóról

A hajlított gerenda differenciálegyenlete vezetett el végül egy általános és egyszerű képlethez, melyet aztán már nem csak az elméleti fejtegetésben, hanem más politechnikai tudományokban is tudtak alkalmazni. Így a rugalmas szál közelítő differenciálegyenlete

elindulhatott hódító útjára, mely során választ adhattak a kutatók és tervezők számos olyan kérdésre, melyek addig blokkolták a mérnöki modellezést.

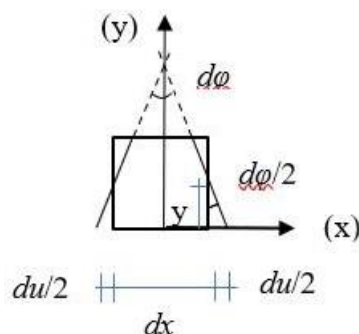
Matematikai egyenletek, tételek

A mechanikában tanított és tanult gerendaelmélet a hajlított tartó vizsgálatával kezdődik. Első körben a hajlított gerenda geometriai megfigyelése történik (2. ábra).



2. ábra. Hajlítással terhelt gerenda

Kiragadva egy közbenső (dx) vastagságú keresztmetszetet, kicsit felnagyítva (3. ábra):



3. ábra. Hajlított gerenda közbenső keresztmetszete a megváltozott szélső síkokkal

Azzal a feltételezéssel élve, hogy a meghajlított gerenda megváltozott keresztmetszeti szélső oldalai az egyszerűsítés kedvéért nem görbülnek meg, hanem síkok maradnak (Bernoulli-Navier hipotézis), felírható egy egyszerű trigonometriai megfigyelés:

$$\operatorname{tg}\left(\frac{d\varphi}{2}\right) = \frac{\frac{du}{2}}{y} \quad (1)$$

Mivel tartószerkezetekről van szó, melyektől elvárás a kicsiny alakváltozás, 2-vel egyszerűsítve a képlet az alábbi formában is felírható:

$$d\varphi = \frac{du}{y} \quad (2)$$

Minthogy a relatív alakváltozás felírható az alábbi formában:

$$\varepsilon_x = \frac{du}{dx} \quad (3)$$

Az egyenlet rendezhető du -ra és a 2. egyenlet a következő formát ölti:

$$d\varphi = \frac{\varepsilon_x dx}{y} \quad (4)$$

Az egyenletet rendezni lehet ε_x -re:

$$y \frac{d\varphi}{dx} = \varepsilon_x \quad (5)$$

A $\frac{d\varphi}{dx}$ kifejezés felismerhető, hogy nem más, mint a tartó görbülete (κ_x) az adott keresztmetszetben, és felírható a geometriai egyenlet végkövetkeztetése:

$$y\kappa_x = \varepsilon_x \quad (6)$$

A geometriai egyenlet után az anyagegyenlet felhasználásával, lineáris anyagmodell feltételezve a következő egyenlet írható fel (Hooke törvénye):

$$\sigma_x = E\varepsilon_x \quad (7)$$

ahol:

σ_x : az x irányú (tartó tengelyével egyező irányú) normálfeszültség (fajlagos erő),

E : a tartó anyagának rugalmassági modulusza,

ε_x : a korábban is ismertetett relatív alakváltozás normál irányban (x).

Mivel a geometriai végegyenletben ε_x szerepel, érdemes az egyenletet erre rendezni:

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} \quad (8)$$

A mechanikában végül az egyensúlyi egyenletek felírásával folytatható a modellezés menete, mely az egyensúlyt feltételezi, vagyis, hogy a szerkezet statikus állapotban van; az aktív és passzív erők egyensúlyban vannak, ill., ha láthatóvá tesszük a belső erőket (képzeletben elvágjuk a tartót), akkor a külső és belső erők is kiegyenlítik egymást.

Az egyensúlyi egyenletek közül elsőként a vízszintes (x irányú) erők összegzését végezzük el egy képzeletben elvágott tartón, láthatóvá téve az elvágott keresztmetszetben a belső fajlagos erőket (x irányú feszültségeket).

$$\sum F_x = 0 = \int_A \sigma_x dA \quad (9)$$

Látható, hogy az egyenlet nem tartalmaz erőket, mivel a tartón csak y irányú terhelésből (aktív erő) csak függőleges (y irányú) reakcióerők (passzív erők) ébredhetnek. Így az összegzés a láthatóvá tett fajlagos erőkre szorítkozik; a keresztmetszetben fellépő húzó- és nyomóerőknek, melyek a fajlagos erők (σ_x) integrálásával egyezik, egyensúlyban kell lenniük. Az egyenlet folytatható a 7. egyenlet behelyettesítésével:

$$\sum F_x = 0 = \int_A \sigma_x dA = \int_A E y \varepsilon_x dA \quad (10)$$

Felhasználva a 6. egyenletben kapott képletet:

$$\sum F_x = 0 = \int_A \sigma_x dA = \int_A E \varepsilon_x dA = \int_A E y \kappa_x dA \quad (11)$$

A konstansok kiemelhetők az integráljel elé:

$$0 = E \kappa_x \int_A y dA \quad (12)$$

Triviális megoldáson túli megoldás az integrál 0-val való esetét kell vizsgálni, hiszen egy hajlított tartó görbülete nem nulla, ahogy az anyagának merevsége sem (E). Felismerhető, hogy az integrál nem más, mint a keresztmetszet elsőrendű nyomatéka, mely akkor nulla, ha a súlyponti tengelyre van felvéve. Ebből levonható az a következtetés, miszerint a keresztmetszetben fellépő húzó és nyomófeszültségek a keresztmetszet súlypontjában nullák. Így a következő egyensúlyi egyenletet (nyomatéki egyenlet) a keresztmetszet súlypontjára kell majd felírni. Nyomatékot (M_z) okoznak a tartó tengelyére (x) merőleges erők egy adott keresztmetszet (z) tengelyére (hajlítás tengelye), valamint a nem elhanyagolható magasságú tartó keresztmetszetében ébredő belső erők a keresztmetszet ugyancsak (z) irányú súlyponti tengelyére.

$$\sum M_z = 0 = M_z + \int_A \sigma_x y dA \quad (13)$$

Ismét felhasználva a 6. egyenletben kapott képletet:

$$\sum M_z = 0 = M_z + \int_A \sigma_x y dA = \int_A E \varepsilon_x y dA = \int_A E y \kappa_x y dA \quad (14)$$

Kiemelve az integráljel elé megint a konstansokat, átrendezve a $-M_z$ -t a túloldalra:

$$M_z = E \kappa_x \int_A y^2 dA \quad (15)$$

Itt is felismerhető, hogy az integrál jelen esetben a keresztmetszet másodrendű nyomatéka, amit idegen szóval inerciának nevezünk és ez esetben I_z -vel jelölhetünk. Az egyenlet új formája:

$$-M_z = E \kappa_x I_z \quad (16)$$

A 16. egyenlet κ_x -re rendezve:

$$\kappa_x = -\frac{M_z}{EI_z} \quad (17)$$

A görbület matematikai összefüggése:

$$\kappa_x = \frac{y''}{(1+y'^2)^{3/2}} \quad (18)$$

Mérnöki megfontolásból kijelenthető ugyancsak a tartószerkezetektől elvárható kis alakváltozásra hajlamosság mentén, hogy terhelés hatására a lehajlás (y) kis értékű legyen ($l/250$). Nem nehéz belátni, amennyiben egy tartó nem hajlik le nagyon, akkor a lehajlás x -mentén történő megváltozása (y') is csekély lesz. A képletben a lehajlásváltozás négyzetre van emelve, így annak értéke még csekélyebb lesz; szinte nulla. Így kijelenthető:

$$\kappa_x \approx y'' \quad (19)$$

A 17. egyenletbe helyettesítve kapjuk a rugalmas szál közelítő differenciálegyenletét:

$$y'' \approx -\frac{M_z}{EI_z} \quad (20)$$

A továbbiakban lehet bizonyítani a hajlított tartóban ébredő feszültségek számítására alkalmazott képletet, mely azonban túlmutat jelen előadás keretén.

Összefoglaló

A rugalmas szál közelítő differenciálegyenlete mérnöki szempontból kellő pontossággal modellezi a hajlított tartót. Minden más műszaki tudományban a hajlított gerenda modellezéséhez ezt a képletet alkalmazzák, így a *Zimmermann-Eisemann* féle levezetésben a vasúti pályák terhelésének modellezésénél is.

Jelen előadás is bizonyítja, hogy a műszaki felsőoktatásban a matematika emelt szintű ismerete nélkülözhetetlen. Bizonyítja azt is, hogy a matematika a gyakorlatban nagyon segíti a mechanika fejlődését, mely a mérnöki gondolkodás alappilére.

Köszönetnyilvánítás

Itt szeretném megköszönni kollégáim segítségét, kitartását a nehéz időkben, a mechanika alaptudományának átmentését. *Sitkei György* professzor úrnak külön köszönöm, hogy felhívta a figyelmemet, hogy milyen rondán ábrázoljuk a mechanikában a konzoltartót, és nem csak kritikával élt, hanem jobbitó szándékkal megküldte *Galilei* által megrajzolt sematikus, de sokkal magyarázóbb ábráját.

Irodalomjegyzék

- [1] *Kalishky, S., Kurutzné, K. M.* (2000): *Mechanika II., Szilárdságtan.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 49-502.

ROBOTOK AZ ERDŐGAZDÁLKODÁSBAN

Dr. Major Tamás

egyetemi adjunktus

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar

major.tamas@uni-sopron.hu

Bevezetés

Az utóbbi időben egyre gyakrabban találkozunk a közbeszédben, a médiában, sőt a szakmai kiadványokban is az automatizációhoz és a robotizációhoz kapcsolódó fogalmakkal. Ilyenek: a precíziós erdészet, precíziós erdőgazdálkodás, fenntartható erdőgazdálkodás, erdőgazdálkodás digitalizációja, okos erdő, erdészet 4.0, mesterséges intelligencia az erdőben stb.

Az elmúlt néhány évtizedben a mezőgazdasági gépesítés rohamosan fejlődött, a hazai növénytermesztésben többségében korszerű géppark áll a termelők rendelkezésére (Popp et al., 2018). Ugyanakkor az erdészeti vállalkozások gépparkjának jelentős részét idős gépek alkotják. Az erdőgazdálkodásban használt gépek meg sem közelítik a mezőgazdaság többi szereplőjének a gépparkját, annak fejlettségét. Az erdészeti szolgáltatói szektor megerősödéséhez viszont elengedhetetlenek a korszerű gépek, technológiák. A munkaerőhelyzetre is tekintettel létfontosságú a gépesítettség kérdése, mivel a betervezett erdészeti (erdőművelési, fahasználati) munkák elvégzéséhez stabil erdészeti vállalkozói háttér szükséges (Major, Kovácsécs, 2023). Ezen tényezők – különösen az ágazatban is tapasztalható munkaerő-hiány – mind abba az irányba mutatnak, hogy az egyes erdőművelési, erdőhasználati munkák gépesítettségi szintjét, s ezzel a munkavégzés hatékonyságát emelni kell. Mindezek miatt elkerülhetetlen a digitális technológia, az automatizált gépek, robotok használatának bevezetése az erdészeti munkákban.

A hazai erdészeti gyakorlatban – az erdőgazdálkodás sajátos helyzete miatt – egyszerre találkozhatunk a gépesítés különböző szintjeivel (1. ábra).

Intelligens termelés					
Okos termelés					
Automatizált termelés					
Gépesített termelés					
Hagyományos termelés					
	Forest 1.0	Forest 2.0	Forest 3.0	Forest 4.0	Forest 5.0

1. ábra. A gépesítés szintjei

A hagyományos termelés szintjén álló lovas közelítés mellett megtalálhatóak a gépesített és az automatizált termelésre jellemző technikák is. Az erdészeti ágazaton belül megkülönböztetünk műveletgépesítést (pl. motorfűrészekkel, mezőgazdasági traktorokkal megvalósulót) és folyamatgépesítést. A folyamatgépesítés a többműveletes gépekre jellemző, melyek egyszerre két, vagy több művelet elvégzésére is alkalmasak. Ilyenek a harveszterek és a processzorok, de ide sorolhatjuk a forwardereket is, melyek a közelítés és kiszállítás műveleteit végzik kapcsoltan. A legújabb harveszterek és processzorok már az automatizált termelés (precíziós gazdálkodás) gépei, melyek a számítástechnika, az informatika fejlődésének köszönhetően, választékoló szoftverük segítségével képesek a törzs méreti és minőségi jellemzői alapján a megfelelő választék termelésére (Major–Horváth, 2023).

A hazai erdőgazdálkodási gyakorlatban még nem terjedtek el, de a világ számos helyén folynak már kísérletek és gépfejlesztések – az erdőgazdálkodás különböző területein is alkalmazható – a gépesítés magasabb szintjeire jellemző újabb és újabb gépekkel (Czupy, 2023; Horváth, 2016; Horváth, Czupy, 2022). Az információs technológia (IT) napjainkra az erdőt is elérte, a robotizáció napjainkban már az erdészeti gépfejlesztésnek is része. Ebben a tanulmányban ezen fejlesztések közül szeretnék néhányat bemutatni.

Drónok az erdőben

A precíziós gazdálkodásnak ma már szerves része a dróntechnológia. A drónok alkalmazásával az élömunka lényegesen csökkenthető, ez a termelési költségére is kihat. Előnye még a művelt terület kímélése, semmit nem tapos le, hiszen a drónok nem lépnek közvetlen kapcsolatba a talaj felszínével. Ráadásul a drónokkal olyan esetekben is lehet dolgozni, amikor a földi gépekkel nem tudnánk rámenni egy adott területre, például a belvíz miatt, vagy azért, mert túl nagy kárt okoznánk az állományban.

A drónok alkalmazási köre évről évre bővül. A mező- és erdőgazdálkodásban a következő területeken használják már:

- monitoring, térképezés;
- vetés;
- permetezés;
- tápanyagutánpótlás;
- állatok körüli feladatok (Dobai et al., 2023).

A drónok speciális vetőszerkezettel felszerelve erdőtelepítési és erdősítési feladatokra is felhasználhatóak. Az ausztrál AirSeed technológia esetében a bevonatos (inkrusztált) magokat pneumatikus vetőszerkezettel lövik a talajba (2. ábra). A drónok önállóan, automata vezérléssel repülnek végig a beprogramozott útvonalon, és vetés közben rögzítik a magok cél-GPS-koordinátáit. Ez lehetővé teszi azt, hogy később, a kelés után ellenőrizni lehessen a vetés eredményességét.

A drónokat egyre többen alkalmazzák a növényvédelemben és a tápanyagutánpótlásban is. Ezekre a berendezésekre szerelhető permetező adapterek már akár 50 dm³ térfogatú permetlé tartállyal is rendelkezhetnek. Teljesítményük akár 10-12 ha/h is lehet. Felületpermetezésre az erdősítési és csemetetermesztési technológiákban egyaránt használhatóak (3. ábra). A helikopteres permetezéshez képest kisebb költségeket eredményez és a permetezés hatékonysága is sokkal jobb, mintha helikopterről, vagy repülőgépről végeznék. A rovarok és kártevők támadásának súlyosságától függően a permetezendő vegyszerek mennyisége változtatható (Horváth, Czupy, 2022).

A Lockheed Martin által felkarolt „bombázó ültetés és vetés” szintén alkalmas lehet a drónokkal való erdősítésre, illetve erdőtelepítésre (4., 5. ábrák). Jelenleg C-130-as

teherszállító repülőgépekből juttatják ki a bombákhoz hasonló kis konténereket, melyek facsemetéket tartalmaznak. Ezeket a biológiai úton lebomló tárolókat úgy tervezték, hogy földet érésükkor ugyanolyan mélyre kerüljenek, mint a kézzel ültetett növények. Tartalmaznak trágyát, valamint egy nedvesség felszívó anyagot, ami biztosítja a növény gyökere számára a tápanyagokban gazdag vizet. A konténereknek van olyan változata is, ahol a facsemeték helyett magokat helyeznek el (*erdo-mezo.hu*).



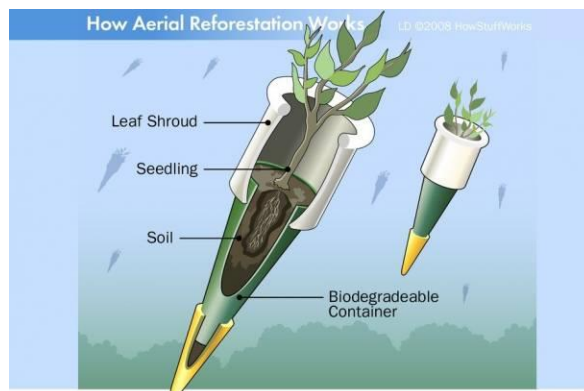
2. ábra. AirSeed vetőszerkezetű drón munkában
(forrás: AirSeed Technologies)



3. ábra. Permetező drón csemetekerti munkában
(forrás: Condor Mendoza)



4. ábra. Lockheed Martin „bombázó vetés”
(forrás: erdo-mezo.hu)



5. ábra. Lockheed Martin „bombázó ültetés”
(forrás: erdo-mezo.hu)

Robotizáció a csemetetermesztésben

A csemetekertekben használható vető-, ültető-, ápoló- és öntöző robotok GPS-vevővel és szenzorokkal vannak felszerelve (6., 7. ábrák). A rájuk szerelt GPS-vevő az irányítást, a szenzorok a terepakadályok észlelését biztosítják, és mindezeket összehangolja a mesterséges intelligencián alapuló navigációs rendszer. Utóbbi ezeken túl a környezetét folyamatosan monitorozva képes önállóan döntéseket is hozni. Ezek az autonóm üzemmódú gépek előzetes programozás után önállóan, teljesen maguktól, önvezetőként működnek (Major, 2024). A vető robotok esetén például a kijuttatott magmennyiség a talajállapottól függően a távérzékelésre épülő alkalmazási térkép, vagy a menet közbeni érzékelés alapján, vagy a kettő együttese alapján változik.

Robotizáció az erdőművelésben

Az erdősisítésben használatos ültető robotok ültetőegysége burkolt gyökérzetű csemeték kihelyezésére alkalmas. Egyes változataikon talaj-előkészítő rész is található (8. ábra). Svédországban lépegető csemeteültető robot fejlesztésével is kísérleteznek. Ez a gép négy lába segítségével mozog az erdősisítési területen, a burkolt gyökérzetű csemetéket pedig egy manipulátor kar végén lévő ültetőfej helyezi a talajba. A gép az ültetés folyamata alatt áll,

miközben a manipulátor kar hatáskörébe tartozó területre – az előre programozott pontokra – az ültetőfej elülteti a csemetéket. Ezt követően a robot új pozíciót foglal, és megismétli az ültetési folyamatot mindaddig, míg a csemetetároló terében csemeték vannak. A csemetetároló tér kiürülése után a robot a töltőhelyre megy, majd a csemetetároló tér újra töltése után a folyamat ismétlődik (Horváth, Czupy, 2022).



6. ábra. Kalwang-i csemetekert automata öntöző rendszere (fotó: Major T.)



7. ábra. haRiBOT V2 sorközpermetező (fotó: Major T.)

A magyar gyártású, kertészeti körülmények között már jól bevált haRiBOT V3 robotot az őszi erdősítési időszakban – gödőrfúró adapterrel felszerelve – volt alkalmunk tesztelni is (9. ábra). A csemeteültetésekhez szükséges ültetőgödröket készítettük el vele. A munka megkezdése előtt megadtuk a művelt terület határvonalának EOY koordinátáit, a sortávolságot, a tőtávolságot és a haladási irányt. A robot, a kezdőpontból útnak indítva, teljesen automatikusan végzi a munkáját, a szükséges helyeken megáll, elvégzi a gödőrfúrást, majd a fúrófej kiemelése után a következő fúrási pozícióra áll. A sor végéhez érve ráfordul a következő sorra és folytatja a munkát. A távvezérlővel az irányítást bármikor vissza lehet venni a géptől. A gépek pozicionálása alapvetően GPS-szel történik, amelyhez a korrekciót valamelyik szolgáltató (Lechner, Corrigio) biztosítja, de helyi (saját) bázis is használható, melynek köszönhetően +/-2 cm-es pontosság érhető el a munkavégzés során. A robotok biztonsági funkciókkal is felszereltek, meghibásodás esetén leállnak, elkerülve így a balesetet. Emellett dőlésérzékelővel és ütközés elleni védelemmel is el vannak látva (Hári, 2021; Horváth, Major, 2024; Major et al., 2024).



8. ábra. Ültetőrobot talaj-előkészítő résszel (forrás: Milrem AS)



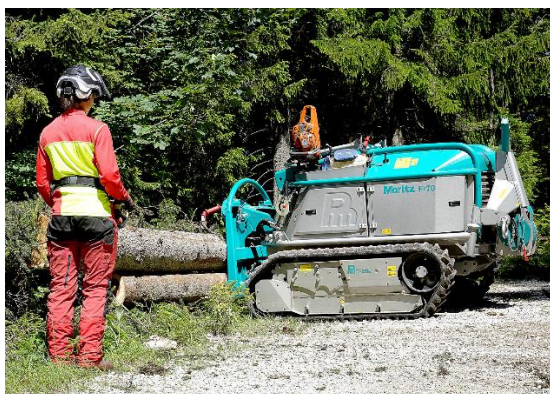
9. ábra. haRiBOT V3 magajáró robot gödőrfúró adapterrel (fotó: Major T.)

Az autonóm üzemre képes robotok vízszintes tengelyű szárzúzóval szerelve erdősítések ápolási munkáinak ellátására is alkalmasak.

Robotizáció a fahasználatban

2015-ben mutatták be az első rádió-távírányítású hernyótalpas kistraktorokat, melyek távírányítóval vezérelhetők, de kis átalakítással, GPS-szel, szenzorokkal ellátva, autonóm munkavégzésre is programozhatók (10. ábra). Eredetileg ezeket csörlő adapterrel ellátva közelítési feladatok ellátására készítették, de ma már több mint 30 féle munkagép áll rendelkezésre ezekhez a gépekhez, melyeknek köszönhetően az erdőgazdálkodás különböző területein alkalmazhatóak (Major, Horváth, 2026).

A kistraktorokhoz hasonlóan a közelítési, kiszállítási munkák célgépei, a forvarderek is „felokosíthatóak”. Az FPInnovations fejlesztői olyan megoldáson dolgoznak, hogy a forvarder „okos” hidraulikus daruja a vágásterület digitális képe alapján felismerje a földön fekvő rönköket, miközben elkerüli az olyan akadályokat, mint a sziklák, az álló fák vagy akár a közelben lévő emberek (11. ábra).



10. ábra. Moritz FR75 kistraktor csörlő adapterrel
(fotó: Major T.)



11. ábra. „Okos” hidraulikus darus forvarder elvi kialakítása (forrás: Ringdall, 2011)

A fakitermelések során alkalmazott harvesztereknek is megjelentek a távírányítású, de teljesen önálló munkavégzésre is programozhatók változatai (12. ábra).

A svéd Einride cég vizionálta a jövő erdészeti terepjáró tehergépkocsiját, a „T-Log”-ot. A „T-Log” háromtengelyes, összkerek-hajtású, teljesen elektromos működtetésű, vezetőfülke nélküli gép, melyet max. 16 t rakomány szállítására terveztek (13. ábra). A gép saját önvezető szoftverével – LIDAR és radar érzékelői, valamint kamerái segítségével – egy meghatározott területen belül teljesen önállóan, vezető nélkül közlekedik. A tehergépkocsit egy távoli kezelő is vezérelheti, megfelelő szoftver segítségével, a saját számítógépéről (Horváth, Czupy, 2022).



12. ábra. Harveszter robot (fotó: Horváth B.)



13. ábra. „T-Log” erdészeti terepjáró tehergépkocsi
(forrás: Hawkins, 2018)

Következtetések

A technológiai újítások átalakítják a gazdálkodás módját. Az agrárium és ezen belül az erdőgazdálkodás modernizációja és a digitális technológia használata, új koncepciók megjelenését eredményezik. Ezen technológiák alkalmazásának eredménye a kisebb ökológiai terhelés, az alacsonyabb költség, a nagyobb és megbízhatóbb hozam, továbbá a nagyobb profit.

Az új technológia azonban kihívásokat és veszélyeket is hordoz magában, melyek a következők: a széles sávú vezeték nélküli kapcsolat kiépítése, a különböző gyártók adatai közötti átjárhatóság kérdése, az adatok vegyes minősége, a betanulás időigénye, jogi és szabályozási kérdések (pl. vezető nélküli közlekedés kérdései) és adatbiztonsági kérdések.

Irodalom

- Czupy I.* (2023): Precíziós erdészet – a jövő útja. In. *Czímber K.* szerk. (2023): Az Erdő-mérnöki Kar Tudományos Kiadványa. Sopron, Magyarország: Soproni Egyetem Kiadó pp. 62-66.
- Dobai R, Ferenczi M, Gyimesi S., Kárász N., Rábai D., Major T.* (2023): Dróntechnológia a mező- és erdőgazdálkodásban. In. *Csiha I.* szerk. (2023): Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap: Tudományos Eredmények a Gyakorlatban. Kecskemét. 118-123.
- Hári Zs.* (2021): A jövő már jelen van. Precíziós Gazdálkodás – Interaktív Magazin. 1:93-95.
<https://preciziosgazdalkodas.com/>
- Horváth B. szerk.* (2016): Erdészeti gépek. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest. 476 p.
- Horváth B., Czupy I.* (2022): Robotizáció az erdészeti gépesítésben. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest. 35 p. Digitális kiadvány / Gyakorlati Tudástár sorozat.
- Horváth B., Major T.* (2024): Gödörfúró robot alkalmazásának teljesítmény- és költség-elemzése. In. *Czímber K. et al.* szerk. (2024): II. Erdészeti Tudományos Konferencia Kiadványa. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron. 101-106.
- Major T.* (2024): Önjáró kertészetirobotok erdészeti alkalmazhatósága. In. *Csiha I.* szerk. (2024): Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap: Tudományos Eredmények a Gyakorlatban. Sopron. 106-111.
- Major T, Hári Zs., Horváth B.* (2024): Erdősítésben alkalmazott gödörfúró robot. In. *Czímber K. et al.* szerk. (2024): II. Erdészeti Tudományos Konferencia Kiadványa. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron. 247-251.
- Major T, Horváth B.* (2023): Az automatizáció, robotizáció technológiai feltételei. In. *Csiha I.* szerk. (2023): Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap: Tudományos Eredmények A Gyakorlatban. Kecskemét. 107-111.
- Major T., Horváth B.* (2026): Távirányítású hernyótalpas erdészeti kistraktorok az erdészeti munkákban. In. *Czímber K. et al.* szerk. (2026): Erdészeti Tudományos Konferencia Kiadványa II. kötet. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron. 388-394.
- Major T, Kovácsévics P.* (2023): Kerekasztal-beszélgetés az erdészeti gép-fejlesztésről. Erdészeti Lapok, 158. 4:173-174.
- Popp J, Erdei E, Oláh J.* (2019): A precíziós gazdálkodás kilátásai Magyarországon – Outlook of precision farming in Hungary. International Journal of Engineering and Management Sciences (IJEMS) Vol. 3. No. 1.
<https://erdo-mezo.hu/index.php/hirek/olvas/csirabomba-avagy-facsemetek-ultetese-legibombazassal-video>

PROF. DR. H.C. DR. SITKEI GYÖRGY AKADÉMIKUS
FONTOSABB PUBLIKÁCIÓINAK JEGYZÉKE

Szakkönyvek

1. *Sitkei Gy.* (1960): Keverékképzés és égés Diesel motorokban. Akadémiai Kiadó, Budapest. 208 p.
2. *Sitkei Gy.* (1962): Hőátadás és hőterhelés belsőégésű motorokban. Akadémiai Kiadó, Budapest 180 p.
3. *Sitkei, Gy.* (1964): Kraftstoffaufbereitung und Verbrennung bei Dieselmotoren. Springer Verlag, Berlin. 224. p.
4. *Sitkei Gy.* (1964): Traktormotorok sajátosságai. In. „Traktorok elmélete” c. egyetemi tankönyv. Tankönyvkiadó, Budapest. 1964. 40 p.
5. *Sitkei, Gy.* (1965): Kraftstoffaufbereitung und Verbrennung bei Dieselmotoren. ASAKURA Publ. House, Tokyo (japánul). 224 p.
6. *Sitkei Gy. - Mészáros I.* (1965): Mezőgazdasági gépek vizsgálata. Akadémiai Kiadó, Budapest. 676 p.
7. *Sitkei Gy.* (1967): A mezőgazdasági gépek talajmechanikai problémái. Akadémiai Kiadó, Budapest. 192 p.
8. *Sitkei Gy.* (1969): Keverékképzés és égés karburátoros motorokban. Akadémiai Kiadó, Budapest. 180 p.
9. *Sitkei Gy.* (1972): A mezőgazdasági járászerkezetek méretezési módszerei. Akadémiai Kiadó, Budapest. 83 p.
10. *Sitkei, Gy.* (1974): Heat transfer and thermal loading in internal combustion engines. Akadémiai Kiadó, Budapest. 264 p.
11. *Sitkei, Gy.* (1975). Mezőgazdasági termények tárolása. Akadémiai Kiadó, Budapest.
12. *Sitkei, Gy.* (1976): Soil mechanics problems of agricultural machines. USDA TT 75-58047, Franklin Books, Washington, p. 446.
13. *Sitkei Gy.* (1981): A mezőgazdasági anyagok mechanikája. Akadémiai Kiadó, Budapest. 462 p.
14. *Sitkei, Gy.* (1985): Mechanics of agricultural materials. Elsevier Publ. House, Amsterdam-New-York. 475 p.
15. *Sitkei Gy.* (1986): Mezőgazdasági és erdészeti járművek modellezése. Akadémiai Kiadó, Budapest. 86 p.
16. *Sitkei, Gy. szerk.* (1994): A faipari műveletek elmélete. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest. 540 p.
17. *Sitkei Gy. szerk.* (1997): Gyakorlati áramlástan. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest. 504 p.
18. *Sitkei Gy.* (2001): Mechanika a mezőgazdasági tudományokban. In: *Glatz F.* (szerk.) Közgyűlési Előadások I. MTA Kiadó, Budapest. 501-518.
19. *Sitkei Gy. - Laib L. szerk.* (2002): Terepen mozgó járművek. Szaktudás Kiadó, Budapest. 338 p.
20. *Sitkei Gy.* (2003): Erőgép-járszerkezet és talaj kapcsolata. 73-83. In. *Horváth B. szerk.* (2003): Erdészeti gépek. Szaktudás kiadó Ház, Budapest. 418 p.
21. *Sitkei Gy. szerk.* (2004): Mezőgazdasági műszaki ismeretek. Szaktudás Kiadó Budapest. 360 p.
22. *Sitkei Gy. szerk.* (2005): A gyümölcs- és zöldségtermesztés műszaki vonatkozásai. MGI Könyvek, Gödöllő, 184 p.
23. *Sitkei Gy.* (2007): Érdekes fák és bokrok más tájakról. Punger Nyomda, Szombathely. 442 p. (826 színes kép).

24. *Sitkei, Gy. szerk.* (2008): Technical aspects of horticultural production. MGI books, No. 4. MGI, Gödöllő. 210 p.
25. *Sitkei Gy.* (2016): Erőgép-járószervezet és talaj kapcsolata. 88-97. In. *Horváth B. szerk.* (2016): Erdészeti gépek (2. bővített kiadás). Szaktudás kiadó Ház, Budapest. 476 p.

Disszertációk

1. *Sitkei Gy.* (1960): Kétütemű forgattyúház öblítésű traktor Dieselmotor töltéscsere folyamatának vizsgálata. Kandidátusi értekezés, Budapest.
2. *Sitkei Gy.* (1964): A gyúlási késedelem fizikai-kémiai folyamatai Dieselmotorokban. MTA Doktori értekezés, Budapest.
3. *Sitkei Gy.* (2000): A talaj-kerék kapcsolat néhány elméleti kérdése. Székhoglalók a Magyar Tudományos Akadémián. Budapest. 16 p.

Tudományos közlemények

1. *Sitkei Gy.* (1957): Traktormotorok üzemi viszonyai váltakozó jellegű terhelésnél I. Járművek Mezőgazdasági Gépek, 5:180-187. p.
2. *Sitkei Gy.* (1957): Traktormotorok üzemi viszonyai váltakozó jellegű terhelésnél II. Járművek Mezőgazdasági Gépek, 6:221-227. p.
3. *Sitkei Gy.* (1959): Kétütemű motorok vizsgálatának néhány kérdéséhez. Járművek Mezőgazdasági Gépek, 4:142-146. p.
4. *Sitkei, Gy.* (1959): Beitrag zur Theorie der Strahlzerstäubung. Acta Technica Tomus. 25. 87-117. p.
5. *Sitkei Gy.* (1960): A forgattyúház relatív térfogatának hatása a szívási folyamatra. MTA VI. O. Közl., 25. 241-248. p.
6. *Sitkei Gy.* (1960): Az égés lefolyása Diesel-motorokban. MTA VI. O. Közleményei, 25. 281-311. p.
7. *Sitkei Gy.* (1960): Égés karburátoros motorokban. MTA VI. O. Közleményei, 25. 248-280. p.
8. *Sitkei Gy.* (1960): Porlasztótű elmozdulásának regisztrálására szolgáló jelfogó, gyűrűs dinamóméter. Mezőgépészeti Figyelő, 7:334-337. p.
9. *Sitkei Gy.* (1960): Traktormotorok üzemi viszonyai váltakozó jellegű terhelésnél. Mérnöki Továbbképző Intézet. 60 p.
10. *Sitkei, Gy.* (1960): Betriebsverhältnisse von Schleppermotoren bei veränderlicher Belastung. Periodica Politechn. 4:349-365. p.
11. *Sitkei, Gy.* (1961): Kinetic interpretation of the new MAN-M-Procedure. Periodica Politechn. L:49-63. p.
12. *Sitkei, Gy.* (1962): Beitrag zur Theorie des Wärmeüberganges im Motor. Konstruktion, 14. 2:67-71. p.
13. *Sitkei, Gy.* (1963): Contribution to the theory of heat transfer in the internal comb. Engine. BICERA Trans. No. 63/T2. July.
14. *Sitkei, Gy.* (1963): Contribution to the theory of jet atomization. NASA TT F-129. 32 p.
15. *Sitkei, Gy.* (1963): Novie uravnenija podobija dlja raszcseta koeficienta teploperedacsi orebrennich poverhnosztiej. Traktori i Szelh. 4:14-16. p.
16. *Sitkei, Gy.* (1963): Über den Dieselmotorischen Zündverzug. Motortechnische Zeitschrift, 6:190-194. p.
17. *Sitkei Gy.* (1964): Traktormotorokon alkalmazott centrifugál légszűrők elmélete. MTA VI. O. Közleményei, 34. 255-272. p.
18. *Sitkei, Gy.* (1964): Ähnlichkeitsgleichungen für die Berechnung des mittleren Tropfendurchmessers und der Eindringtiefe von Kraftstoffstrahlen. Acta Technica Tomus. 45:289-296. p.

19. Sitkei, Gy. (1965): Die physikalischen und chemischen Prozesse des Zündverzuges in Dieselmotoren. Suomen Diesel-lehti, Helsinki.
20. Sitkei Gy. (1966): A hőátadás és hőterhelés számításának problémái Diesel-motorokban. Járművek, 7:267-271. p.
21. Sitkei Gy. (1966): Homoktalajaink hordképessége. Járművek, 2:56-64. p.
22. Sitkei, Gy. (1966): Sinkage and rolling resistance of wheels in loose sand. Proc. of 2nd Int. Conf. of the ISTVS Quebec. 377-390. p.
23. Sitkei, Gy. (1966): The bulldozing resistance of towed rigid wheels in loose sand. Journal of Terramechanics, 2:25-37. p.
24. Sitkei, Gy. (1967): Einige Berechnungsprobleme des Wärmeüberganges und der Wärmebelastung in Vorkammer-Dieselmotoren. Acta Technica Tomus 58. 301-312. p.
25. Sitkei Gy. (1969): Traktor gumikerekek jellemzői és az abroncsozás. Járművek, 2:41-47. p.
26. Sitkei Gy. (1969): Traktorok abroncsozásának kérdései, különös tekintettel a laza talajokra. MGI Jubileumi Ülésszak, 131-141. Gödöllő.
27. Sitkei, Gy. (1969): Beziehungen zwischen den Kenngrößen von AS-Reifen auf fester Fahrbahn. Grundlagen der Landtechnik, Heft 2. 29-32. p.
28. Sitkei, Gy. (1969): Das Verhalten von AS-Reifen auf nachgiebigem Boden. Grundlagen der Landtechnik, Heft 2. 1969. 33-36. p.
29. Sitkei, Gy. (1969): Die Kennzahlen von AS-Reifen und die Probleme der Bereifung. Proc. of 3rd Int. Conf. of the ISTVS, Essen. Vol. III. 23-43. p.
30. Sitkei Gy. (1970): Az erő- és talajművelő gépek hatása a talaj mechanikai tulajdonságaira. Mezőgép Napok, Debrecen.
31. Sitkei Gy. (1970): Mezőgazdasági anyagok összenyomhatósága. Járművek, Mezőgazdasági Gépek, 11:414-417. p.
32. Sitkei, Gy. (1970): Die Anwendung der Methode der Dimensionsanalyse in landtechnischen Untersuchungen. CIGR Int. Conf. Wageningen. 26-37. p.
33. Sitkei, Gy. (1970): Einige Probleme der Bereifung von Ackerschleppern, insbesondere auf leichten Böden. Acta Technica Tomus, 69:351-365. p.
34. Sitkei, Gy. (1970): Wärmebelastung von Dieselmotoren bei veränderlicher Belastung. Int. Combustion Eng. Conf. Bucharest. 1-7. p.
35. Sitkei Gy. (1971): A láng sugárzási képessége Dieselmotorban. II. Jármű- és Motorteknikai Konferencia, Sopron. 337-343. p.
36. Sitkei Gy. (1971): A talajok viszkóelasztikus tulajdonságai. Járművek, Mezőgazdasági Gépek, 12:455-459. p.
37. Sitkei Gy. (1971): Takarmánytároló tornyok tervezésének és méretezésének módszerei. Mezőgép Napok, Keszthely.
38. Sitkei, Gy. (1971): Bodenverdichtung bei den Schlepper- und Bodenbearbeitungsarbeiten. Periodica Politechnica, 4:484-497. p.
39. Sitkei, Gy. (1971): Die Anwendung der Methode der Dimensionsanalyse in landtechnischen Untersuchungen. Periodica Politechnica, 4:469-484. p.
40. Sitkei, Gy. (1971): Insight into the mechanism of luminous flame radiation in an operating CI engine. Archive of Combustion Processes, 4:279-294. p.
41. Sitkei Gy. (1972): Gabonafélék optimális tárolási technológiája silótornyokban. III. Raktárfejlesztési Tanácskozás, 179-185. p.
42. Sitkei Gy. (1972): Traktormotorok tartós- és hőterhelése. MTA Agrártudományi Közlemények, 31:223-237. p.
43. Sitkei, Gy. (1972): A rational approach for calculation of heat transfer in Diesel engines. SAE Paper, No. 720027. 81:165. Detroit.
44. Sitkei, Gy. (1972): Das Strahlungsvermögen der dieselmotorischen Flamme. Periodica Politechnica, 2:111-122. p.

45. Sitkei, Gy. (1972): Die viscoelastischen Eigenschaften von Ackerböden und deren Einfluss auf die Boden-Rad Wechselwirkung. Proc. of 4th Int. Conf. of the ISTVS, Stockholm. 284-300. p.
46. Sitkei Gy. (1973): A belsőégésű motorok okozta levegőszennyezés csökkentésének lehetőségei. MTA Műszaki Tudomány, 46:343-347. p.
47. Sitkei Gy. (1973): Hozzájárulás a lángsugárzás figyelembevételéhez a Diesel-motor égésterében. Műszaki Hónap, Győr.
48. Sitkei Gy. (1973): Mezőgazdasági járószerkezetek problémái. Mezőgép Napok, Gödöllő.
49. Sitkei, Gy. (1973): Flame radiation in high speed Diesel engines. Int. Seminar on Heat Transfer from Flames, 7 p. Trogir.
50. Sitkei, Gy. (1973): Flammenstrahlung in Dieselmotoren. III. Int. Conf. on Combustion Processes, 109-110. p. Kazimierz.
51. Sitkei, Gy. (1973): Izlucsenie plemenji v Dizelnih dvigateljah. Konferencia MADI, 166-167. p. Moszkva.
52. Sitkei, Gy. (1973): Technologia magazynowania zboz w komorach silosowych. Magazynowanie i Transport Towarow, No. 3.
53. Sitkei, Gy. (1973): The effect of flame radiation on the thermal loading of Diesel engines. Acta Technica, Tomus 75:345-355. p.
54. Sitkei, Gy. (1974): Bodenverdichtung unter Schlepper- und Ackerwagenreifen. CIGR Tagung in Flevohof (Holland).
55. Sitkei Gy. (1975): Mezőgazdasági anyagok Mechanikája I. Főiskolai jegyzet, Mezőgazdasági Gépészeti Főiskola, Körmend.
56. Sitkei Gy. (1975): Mezőgazdasági anyagok Mechanikája II. Főiskolai jegyzet, Mezőgazdasági Gépészeti Főiskola, Körmend.
57. Sitkei Gy. (1975): Mezőgazdasági termények tárolása. Körmendi Mezőgazdasági Főiskola Évkönyve, 136-152. p.
58. Sitkei, Gy. (1975): Design of the road vehicles for minimum soil compaction. Proc. of the 5th Int. Conf. of the ISTVS, Detroit.
59. Sitkei Gy. (1976): Gyümölcsök sérülésének csökkentése csillapítóanyagokkal. Kertészeti Kongresszus, Budapest.
60. Sitkei, Gy. (1976): Kombinierte Häcksel-Quetsch-Methode in der Grünfütterernte. VDI-Tagung, 16-17. p. München.
61. Sitkei, Gy. (1977): Nutzung der Motorleistung von grossen Allrad-Schleppern im landwirtschaftlichen Betrieb. VDI-Tagung, Braunschweig. 63-65. p.
62. Sitkei Gy. (1978): Alma sérülése ismétlődő dinamikus erők hatására. Járművek, Mezőgazdasági Gépek, 4:131-134. p.
63. Sitkei, Gy. (1978): Allgemeine Zusammenhänge zwischen der Leistung, dem Gewicht und den optimalen Betriebsparametern von Schleppern. Grundlagen der Landtechnik, Heft 5:189-191. p.
64. Sitkei, Gy. (1978): Effect of drying temperature and cooling rate on the physical properties of shelled corn. Proc. of First Int. Conf. on Drying, Montreal. 236-238. p.
65. Sitkei, Gy. (1978): Einsatzmöglichkeiten des kombinierten Tiefgrubbers als Pflugersatzgerät. VDI-Tagung, Nürnberg. 17-19. p.
66. Sitkei Gy. (1979): A rögaprítás törvényszerűségei a magágy-előkészítéskor. Járművek, Mezőgazdasági Gépek, 11:407-410. p.
67. Sitkei, Gy. (1979): Gesetzmässigkeiten der Schollenzerkleinerung bei der Saatbettvorbereitung. VDI-Tagung, Braunschweig. 5-7. p.
68. Sitkei, Gy. (1979): Reducing apple fruit damage by using cushioning materials. Acta Technica, Tomus, 89:353-362. p.

69. *Sitkei Gy.* (1980): Mezőgazdasági termények szárításának elmélete. Szakmérnöki jegyzet, ATE Gödöllő.
70. *Sitkei, Gy.* (1980): Energiesparende Methoden bei der Bodenbearbeitung. Kolloquium Agrartechnik, Universität Hohenheim.
71. *Sitkei, Gy.* (1980): General relationship of the breakup of selected agricultural materials for cyclic dynamic loading. Proc. of 2nd Int. Conf. on Phys. Prop. of Agr. Materials, Gödöllő. Vol 1.
72. *Sitkei, Gy.* (1980): Gesetzmässigkeiten der Schollenzerkleinerung bei der Saattbettvorbereitung. Acta Techn., Tomus 91. 111-119. p.
73. *Sitkei, Gy.* (1980): Similarity relationship of apple fruit damage for cyclic dynamic loading. Proc. of 2nd Int. Conf. on Phys. Prop. of Agr. Materials, Gödöllő. Vol. 3.
74. *Sitkei, Gy.* (1980): Soil clod breakup at the seedbed preparation. Proc. of 2nd Int. Conf. on Phys. Prop. of Agr. Materials, Gödöllő. Vol. 1.
75. *Sitkei, Gy. – Fehér, J.* (1980): Regulatires of te clod comminution at the prepapration of seed beds. Acta Technica Academiae Scientiarum Hungaricae, 91:111-119.
76. *Sitkei, Gy.* (1982): Energiesparung durch Optimierung des Systems „Schlepper-Gerät-Boden“. VDI-Tagung, Ulm.
77. *Sitkei, Gy.* (1982): Fortschritte auf dem Gebiete der Zerspannungstheorie von Holz. Kolloquium Holztechnologie, TU Dresden.
78. *Sitkei, Gy.* (1983): Behavior of farm tractor tyres on soft ground. NIAE Translation, Silsoe. No. 519.
79. *Sitkei, Gy.* (1983): Einsparen von Energie durch Optimieren des Systems „Boden-Schlepper-Gerät“. Grundlagen der Landtechnik. 3:65-68. p.
80. *Sitkei, Gy.* (1983): Fortschritte in der Theorie des Spanens von Holz. Holztechnologie, 2:67-70. p.
81. *Sitkei, Gy.* (1983): Relationships between the Characteristics of Agr. Tractor Tyres on a Firm Driving Surface. NIAE Translations, Silsoe. No. 518.
82. *Sitkei, Gy.* (1985): Basic regularities of soil clod breakup at the seedbed preparation. Proc. of Int. Conf. on Soil Dynamics. Vol. 2. Auburn, University Alabama. 364-376. p.
83. *Sitkei, Gy.* (1985): Zusammenhang zwischen Werkstückschwingung und Oberflechengüte bei der Holzbearbeitung. Acta Facultatis Ligniensi, Sopron. 5-15. p.
84. *Sitkei, Gy.* (1986): Correlation between cone index and load carrying capacity of forestry soils under varying environmental conditions. Proc. of 3rd European Conf. of the ISTVS, Warsaw. 1:74-81. p.
85. *Sitkei, Gy.* (1986): Soil-tyre interaction on reedy terrain covered with water. Proc. of 3rd European Conf. of the ISTVS, Warsaw. 2:91-99. p.
86. *Sitkei, Gy.* (1988): Das Schwingungsverhalten des Holzwerkstückes während der Bearbeitung. Acta Facultatis Ligniensi, Sopron. 5-13. p.
87. *Sitkei, Gy.* (1988): Kräfteverhältnisse des Furniermessers mit Druckleiste. Acta Facultatis Ligniensi, Sopron. 15-22. p.
88. *Sitkei, Gy.* (1988): Schnittleistung und Energiebedarf von Gattersägen. Acta Facultatis Ligniensi, Sopron. 23-31. p.
89. *Sitkei, Gy.* (1989): Cone index and load carrying capacity factor for forestry soils. Proc. of 4th European Conf. of the ISTVS, Wageningen. 187-193. p.
90. *Sitkei, Gy.* (1989): Dynamic mechanical properties of agricultural materials. Theory and Measurements. 4th Int. Conf. on Physical Prop. of Agr. Materials, Rostock. 752-759. p.
91. *Sitkei, Gy.* (1990): Theorie des Spanens von Holz. Fortschrittsberichte Acta Facultatis Ligniensi, Sopron. No. 1. 72 p.
92. *Sitkei, Gy. - Csermely, J.* (1990): Energiebedarf des Mahlens bei der Nasskonservierung von Körnermais. Proc. of AgEng'90, Berlin.

93. *Sitkei, Gy.* (1991): Compaction of agricultural soils with viscoelastic behavior under confined and unconfined conditions. Proc. of 5th European Conf. of the ISTVS, Budapest. 257-264. p.
94. *Sitkei, Gy.* (1992): General regularities of compaction for viscoelastic agricultural materials. Proc. of AgEng'92, Upsala. Paper No. 9203-13.
95. *Sitkei, Gy.* (1993): Unconfined compression of agricultural soils with viscoelastic behavior. Proc. of the 11th ISTVS Conf., at Lake Tahoe, USA. 322-331. p.
96. *Sitkei, Gy.* (1993): Non-linear rheological method for describing compaction processes. Proc. of the 5th ICPPAM Conference, Bonn. Paper 93-1170. 1-9. p.
97. *Sitkei, Gy.* (1994): Non-linear rheological method for describing compaction processes. International Agrophysics, 137-142. p.
98. *Sitkei, Gy.* (1994): Some remarks on the physical process of drying. European Conference of EFChE, Budapest, in print.
99. *Sitkei, Gy.* (1994): Thermal loading in wood cutting tools. Proc. of 1st Int. Conf. on the Development of Wood Sc./T., Missenden Abbey. 359-368. p.
100. *Sitkei, Gy.* (1995): Log dynamics during sawing in frame saws. Proc. of the 12th IWMS Conf. Kyoto. 327-334. p.
101. *Sitkei, Gy.* (1996): Zur Theorie des ziehenden Schnittes beim Holz. Proc. of Holzt. Symposium, Dresden.
102. *Sitkei, Gy.* (1997): A non-linear viscoelastic-plastic model describing Compaction Processes. Proc. of 2nd IMACS/IFAC Int. Symposium on Mathematical Modeling in Agr. and Bio-Industries, Budapest. 105-112. p.
103. *Sitkei, Gy.* (1997): On the mechanics of oblique cutting of wood. Proc. of the 13th IWMS Conf., Vancouver. 469-476. p.
104. *Sitkei Gy.* (1999): Mechanika a mezőgazdasági tudományokban. MTA Közgyűlési előadások kiadványa.
105. *Sitkei, Gy.* (1999): Some theoretical aspects of the soil-wheel interaction. Proc. of 13th ISTVS Conf., München. 381-388. p.
106. *Sitkei, Gy. - Magoss, E.* (1999): Influence of Wood structure on the surface roughness at milling operation. Proc. of 4th Int. Conf. on Wood Science/T., Missenden Abbey, Anglia. 290-296. p.
107. *Sitkei Gy.* (2000): Szemcsés anyagok tömörítése, különös tekintettel a mikromechanikai tulajdonságokra. MTA-BME Szemcsés anyagok mechanikája konferencia, Mátraháza.
108. *Sitkei, Gy.* (2000): The role of fundamental disciplines in the development of agr. engineering science - illustrations of selected problems. University of California, Davis. BioAgE Bulletin, Spring.
109. *Sitkei, Gy. - Horváth, E.* (2000): Energy consumption of selected tree shakers under different operational conditions. AgEng' Warwick. Paper No. 00-PM-048. 1-10. p.
110. *Sitkei, Gy. - Magoss, E.* (2000): Strukturbedingte Rauheit von mechanisch bearbeiteten Holzoberflächen. Möbeltage, Dresden. Proc. 231-239. p.
111. *Sitkei, Gy.* (2001): On the unsaturated infiltration in soils. Journal of Computational and Applied Mechanics. No. 1. 2:123-129. p.
112. *Sitkei, Gy. - Feher, J* (2001): Regularities of the clod comminution at the preparation of seed beds. Acta Technica Academiae Scientiarum Hungaricae (1950-1987). 91:(1-2) 111-119. p.
113. *Sitkei, Gy. - Horváth, E.* (2001): Damping properties of fruit trees shaking at their trunks. Proc. of 6th Int. Symp. on Fruit and Veg. Eng., Potsdam. 83-88. p.
114. *Sitkei, Gy. - Horváth, E.* (2001): Energy consumption of selected tree shakers under different operational conditions. Journal of Agricultural Engineering Research, 80:(2) 191-199. p.

115. *Sitkei, Gy. - Magoss, E. (2001): Fundamental relationships of the wood surface roughness at milling operations. Proc. of 15th IWMS Conf., Los Angeles. 437-446. p.*
116. *Sitkei, Gy. - Horváth, E. (2002): General relationship of fruit removal by shaking trees. Proc. Of AgEng'2002, Budapest, Paper No. 02-PH-065. 61-63. p.*
117. *Sitkei, Gy. - Magoss, E. (2003): Optimum surface roughness of solid wood affected by internal structure and woodworking operations. Proc. Of 16th IWMS Conf. Matsue, Japan. 366-371. p.*
118. *Sitkei, Gy. (2004): Allgemeine Zusammenhänge für die Rauheit von mechanisch Bearbeiteten Holzoberflächen für Möbel. Möbeltage Dresden, Tagungsband. 273-279. p.*
119. *Sitkei, Gy. - Horváth, E. (2005): Damping properties of plum trees shaken at their trunks. Transactions Of The Asae. Vol. 48(1). 19-25. p.*
120. *Sitkei, Gy. - Horváth, E. (2005): Mechanics of catching surfaces using for fruit harvesting. Proc. of 7th Int. Symp. on Fruit Production (Fruitic 05), Montpellier. Franciaország.*
121. *Sitkei, Gy. - Magoss, E. - Láng, M. (2005): New approaches in the wood surface roughness evaluation. Proc. Of the 17th IWMS Conference Rosenheim, Germany. 251-257. p.*
122. *Sitkei, Gy. (2007): Die Natur als Ingenieur. Oder welche Größen können die Bäume haben? Acta Silv. & Lign. Hungary. Vol. 3. 99-104. p.*
123. *Sitkei, Gy. - Horváth, E. (2010): Energy Consumption of Tree Shakers as a Function of Frequency. Progress in Agricultural Engineering Sciences, DOI:10.1556/Progress.6.2010.4. 6:73-83. p.*
124. *Sitkei, Gy. - Neményi, M. - Milics, G. - Kovács, A. J. (2010): Agrárműszaki feladatok az extrém csapadékos időszakok kapcsán. KLÍMA 21 Füzetek. Vol. 4(61). 121-134. p.*
125. *Sitkei, Gy. (2011): A belvíz keletkezésének talajfizikai problémái. Belvíz Konferencia kiadványa, Budapest. 7-18. p.*
126. *Sitkei, Gy. (2012): Particle motion with air resistance. Progress in Agricultural Engineering Sciences. Vol. 8. DOI: 10.1556/Progress.8.2012.1. 1-15. p.*
127. *Sitkei Gy. (2013): Hasonlósági törvények alkalmazása a műszaki tudományokban. Előadások az Akadémián. MTA Akadémiai Műhely. 1-31. p.*
128. *Sitkei, Gy. (2013): Similarity study on the energy requirement of saws. Proc. of 21st International Wood Machining Seminar Conf. Tsukuba City. 199-205. p.*
129. *Sitkei, Gy. (2013): Zur Bestimmung der Farbtöne von Holzarten. Fortschrittsbericht, No. 2. DWE Sopron. 3-32. p.*
130. *Sitkei, Gy. (2014): Gloss of wood surfaces. Progress Report, No. 2. DWE Sopron. 1-32. p.*
131. *Sitkei, Gy. - Csanády, E. (2014): A new method for wood color determination. Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries. 423-432. p.*
132. *Sitkei, Gy. (2015): Sinkage and rolling resistance of wheels. Progress in Agr. Engineering, 85-94. p.*
133. *Sitkei, Gy. (2015): Sinkage and rolling resistance of wheels: Some new results on an old problem. Research note. Department of Wood Engineering, University of West Hungary, Sopron. 10 p.*
134. *Sitkei, Gy. - Csanády, E. (2016): Mechanics of upholstering materials. Progress Report, No. 5. Department of Wood Engineering, University of West Hungary, Sopron.*
135. *Sitkei, Gy. - Magoss, E. (2016): Functional relationships of the wood surface roughness. Sopron: University of West Hungary.*
136. *Sitkei, Gy. (2017): New challenges and opportunities for terramechanics. 19th ISTVS Conference, Budapest-Gödöllő: Szent István University, Faculty of Mechanical Engineering. 30 p.*

137. *Sitkei, Gy. - Pillinger, G. - Máthé, L. - Gurmai, L. - Kiss, P. (2019): Methods for generalization of experimental results in terramechanics. Reprint from Journal of Terramechanics. Vol. 81. 23-34. p.*
138. *Sitkei, Gy. (2020): Further studies on the characterization of wood colours. Sopron: Department of Wood Engineering, University of Sopron. Progress Report, No. 7. 28 p.*
139. *Sitkei Gy. (2021): Sitkei György irodalmi munkássága, 1957-2021. University of Sopron, Department of Wood Engineering. 18 p.*
140. *Sitkei, Gy. (2021): Further studies on wood sanding. Progress Report No. 8. University of Sopron, Department of Wood Engineering. 18 p.*
141. *Sitkei, Gy. - Magoss, E. - Kocsis, Z. (2021): Collecting and handling of dust and chips in the wood industry. Progress Report No. 9. University of Sopron, Department of Wood Engineering. 75 p.*
142. *Sitkei Gy. (2022): Ha nem a szakmaiság dönt a fejlesztési irányokban. Mezőgazdasági Technika, 2:12-13.*
143. *Sitkei Gy. (2022): On the similarity numbers and relationships of the traction mechanics for wheels. Progress Report, No. 10. Sopron: University of Sopron, Department of Wood Engineering. 58 p.*
144. *Sitkei, Gy. - Magoss, E. - Kocsis, Z. (2022): Dust extraction and handling in the wood industry. Springer Verlag. 123 p.*
145. *Sitkei, Gy. - Salman, Nihal D. - Pillinger, Gy. - Kiss, P. (2023): Load bearing capacity of finite half space agricultural homogeneous soil. Reprint from Journal of Terramechanics. Vol. 107. 35-46. p.*
146. *Sitkei Gy. (2024): Gondolatok a turbulenciáról. Orosházi Táncsics Mihály Gimnázium és Kollégium, Tudományos Közművelődésért kiadványsorozat, 7. füzet. Digitális Kalamáris Kiadó és Nyomda, Szarvas.*
147. *Sitkei Gy. (2024): Kármán ballisztikus egyenlete, 1936. Orosházi Táncsics Mihály Gimnázium és Kollégium, Tudományos Közművelődésért kiadványsorozat, 6. füzet. Digitális Kalamáris Kiadó és Nyomda, Szarvas.*
148. *Sitkei Gy. (2024): Lagrange optimális rúd feladata. Orosházi Táncsics Mihály Gimnázium és Kollégium, Tudományos Közművelődésért kiadványsorozat, 5. füzet. Digitális Kalamáris Kiadó és Nyomda, Szarvas. 16 p.*
149. *Sitkei Gy. (2025): Adalékok a vasúti kocsik fékezéséhez. Orosházi Táncsics Mihály Gimnázium és Kollégium, Tudományos Közművelődésért kiadványsorozat, 11. füzet. Digitális Kalamáris Kiadó és Nyomda, Szarvas. 19 p.*
150. *Sitkei, Gy. (2025): A gépkocsi indítási folyamata. Orosházi Táncsics Mihály Gimnázium és Kollégium, Tudományos Közművelődésért kiadványsorozat, 8. füzet. Digitális Kalamáris Kiadó és Nyomda, Szarvas. 15 p.*
151. *Sitkei, Gy. (2025): A turbulencia törvényszerűségei szabadsugárban. Orosházi Táncsics Mihály Gimnázium és Kollégium, Tudományos Közművelődésért kiadványsorozat. Digitális Kalamáris Kiadó és Nyomda, Szarvas. 24 p.*
152. *Sitkei Gy. (2025): Eloszlások feldolgozás és értékelése. Orosházi Táncsics Mihály Gimnázium és Kollégium, Tudományos Közművelődésért kiadványsorozat, 14. füzet. Digitális Kalamáris Kiadó és Nyomda, Szarvas. 24 p.*
153. *Sitkei Gy. (2025): Kéttömegű csillapított lengőrendszer megoldása. Orosházi Táncsics Mihály Gimnázium és Kollégium, Tudományos Közművelődésért kiadványsorozat, 13. füzet. Digitális Kalamáris Kiadó és Nyomda, Szarvas. 16 p.*
154. *Sitkei Gy. (2025): Lagrange igazsága, 1770/1974. Orosházi Táncsics Mihály Gimnázium és Kollégium, Tudományos Közművelődésért kiadványsorozat, 12. füzet. Digitális Kalamáris Kiadó és Nyomda, Szarvas. 20 p.*

155. *Sitkei Gy. - Kulcsár L. T.* (2025): Miért van gyorsjárású belsőégésű motorunk. Orosházi Táncsics Mihály Gimnázium és Kollégium, Tudományos Közművelődésért kiadványsorozat, 10. füzet. Digitális Kalamáris Kiadó és Nyomda, Szarvas. 44 p.
156. *Sitkei, Gy.* (2025): The truth of Lagrange, 1770/1974. Orosházi Táncsics Mihály Gimnázium és Kollégium, Tudományos Közművelődésért kiadványsorozat, 15. füzet. Digitális Kalamáris Kiadó és Nyomda, Szarvas. 20 p.