

# ÚJ IRÁNYOK A BÁNYAGÉPEK TERVEZÉSÉBEN

## NEW TRENDS IN MINING EQUIPMENT DESIGN

András József,<sup>1</sup> Kovács József,<sup>2</sup> András Endre<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Petrozsényi Egyetem, Gépész- és Villamosmérnöki Kar, Gépész-, Ipari- és Szállításmérnöki Tanszék, Petrozsény, Románia, iosif.andras@gmail.com*

<sup>2</sup> *Petrozsényi Egyetem, Gépész- és Villamosmérnöki Kar, Gépész-, Ipari- és Szállításmérnöki Tanszék, Petrozsény, Románia, kovacsji@mail.com*

<sup>3</sup> *Petrozsényi Egyetem, Gépész- és Villamosmérnöki Kar, Gépész-, Ipari- és Szállításmérnöki Tanszék, Petrozsény, Románia, andrei.andras@gmail.com*

---

### Abstract

Mining machinery and equipment have changed little in recent decades, from the point of view of the principle of operation, construction and structure. But in terms of dimensions, performance and stresses they have made a lot of progress, experiencing unprecedented sophistication and complexity. In order to fulfil the new requirements imposed by the increasing productivity and efficiency demands, as well as the economic, environmental and safety constraints, their design and development must comply with the general advance of overall technology. Therefore, recently, modern analytical methods have also been included in the design and development of mining machines. Among other issues, the present paper examines the theoretical and conceptual aspects related to the mining machinery' design requirements involving mechatronics.

**Keywords:** *mining machinery, engineering design, mechatronics.*

### Összefoglalás

A bányagépek és berendezések működési elve, felépítése és szerkezete az utóbbi évtizedekben keveset változott, viszont, a növekvő igénybevétel miatt méretük, teljesítményük, kifinomultságuk és összetettségük példa nélküli fejlődést mutatnak. A termelékenységgel és hatékonysággal, a gazdasági, környezeti, biztonsági korlátokkal kapcsolatos új követelmények teljesítése érdekében a bányagépek tervezése és fejlesztése az általános technológiai fejlődéssel összhangban kell, hogy álljon. Ezért az utóbbi időben a bányagépek tervezésében-fejlesztésében is megjelentek a korszerű elemzési módszerek, melyek nemcsak eszközöket, hanem inkább megközelítési szemléletet jelentenek. A jelen dolgozat többek között a bányagépek azon sajátos elméleti és koncepciós szempontjait vizsgálja, amelyek befolyásolják azok tervezési követelményeit; továbbá a mechatronikai szemléletű mérnöki tervezés elméleti és fogalmi alkalmazhatóságát vizsgálja, a bányagépek tervezésében és fejlesztésében.

**Kulcsszavak:** *bányagépek, mérnöki tervezés, mechatronika.*

---

## 1. Bevezetés

Az emberiség történetében a bányászat hosszú ideig jelentős hatást gyakorolt az általános társadalmi és gazdasági fejlődésre.

Több olyan korszakalkotó technológiai újítás, mint a gőzgép vagy a szivattyúk, a bányászat aranykorában jelentek meg.

A következő korszakban is a bányászat mint nyersanyag-szolgáltató iparág a kor technológiai fejlődésének eredményeit elsőknek alkalmazta: a sűrített levegő, a villanymotor, a hidraulikus hajtás csak pár alkalmazás, amelyek fejlődését a bányai ipar is serkentette.

Függetlenül a bányászatra ható súlyos gazdasági, pénzügyi és környezetvédelmi korlátozásoktól, melynek egyenes következménye a napjainkban észlelhető relatív stagnálás, a bányászat továbbra is az energiaforrások és az alapvető nyersanyagok előteremtésének alapvető eljárása.

Napjainkban a zöldenergia-hisztéria sarokba szorította a szénre alapozott energiatermelést, viszont a megújulóenergia-erőforrások igényei olyan méretű energia- és ásvány szükséglet igényt hordoznak, hogy válsággerjesztőkkel válhatnak, ennek orvoslására pedig még nem vagyunk felkészülve.

Emiatt a bányászat még nem a rekviemére, hanem új fellendülésre számíthat.

A harmadik évezred küszöbén alkalmazott bányászati technológiák, berendezések és műszaki megoldások egy bizonyos fokú érettséget értek el. Ez egy forradalmnak számító ugrás indító elemét jelenti, melynek jelzései nem kerülhetik el figyelmünket.

Az általános gyártási technológiáknak és egyben a jelenlegi technológiai fejlődés hajtóelemeinek – elektronika, finommechanika, automatizálás és a számítástechnika – példátlan haladásával párhuzamosan, a bányagépek fejlődésében lemaradás lett tapasztalható, talán azért, mert az előbbieket eredményeiket egyszerűbben és gazdaságilag indokoltabban lehetett beilleszteni a felhasználó iparágakba.

Mivel, hogy a bányászatban alkalmazott technológiák és berendezések fejlődése, más iparágakhoz viszonyítva, lassabb ütemben haladt, a tervezési-fejlesztési módszerek tudományos alapjait is később fektették le. [1].

Ahhoz, hogy e jelenségek túlszárnyalásának érdekében életképes megoldások születhessenek, szükséges az eddigi technológiai fejlődés ismerete, mert a bányászatban alkalmazott technológia fejlesztése mindig a kreativitás és a hagyományos megoldások szimbiózisából született. A bányászati tevékenységre jellemző innováció külön sajátosságokkal rendelkezik [2].

Tudva azt, hogy a bányászati technológia három alapvető műveleten alapszik – jövesztés, rakodás-szállítás és üregbiztosítás, ezen alpműveletek gépesítése néha egymástól függetlenül, de egymást befolyásolva fejlődött.

Érdeemes megfigyelni a bányászati technológiák fejlődésének azt a sajátosságát, hogy egy komponens ugrásszerű újítása a másik két komponens újítására kényszerít, ami ciklikusan végső soron egy teljesen új technológiához vezet.

Vannak példák arra a jelenségre is, amikor a gépesítés fejlődése igényelt új technológiai eljárást: ilyen az alagúthajtó gépek (TBM) alkalmazása.

A bányagépek egy másik sajátossága abban nyilvánul meg, hogy a gépesítés követi a technológiai eljárást, ahhoz illeszkedik. A teljesítmény növelése méret- és súlynövelést igényel, a mozgó munkahely a gép mobilitását teszi fontossá, a három művelet pedig külön végrehajtó eszközt igényel.

Egy adott gép funkcionalitása az egyes funkcionális elemek összeszerelésének integrálásából és a funkcionalitás korrelációjából ered [3, 4].

A funkcionális elemzés elengedhetetlen a berendezések tervezéséhez. Ezek alapján fontos következtetéseket vonhatunk le a bányagépek és berendezések sajátosságaival és a funkcionalitás-tervezés kölcsönhatással kapcsolatban.

Így, a gép tervezésekor figyelembe kell venni azokat az összekapcsolás-típusokat, amelyeken keresztül a funkcionális elemek a géprendszerhez kapcsolódnak, valamint a gép vagy a funkcionális elem rendszerbe való integrálásának mértékét.

Minél magasabb a berendezést (műszaki rendszert) alkotó elemek integrációja, annál nagyobb a berendezés sajátossága, és a használati lehetőségek ezáltal beszűkülnek; ezáltal csökken a sokoldalúság. Innen is látszik, hogy a szakosítás és univerzalitás között optimális kompromisszumra van szükség.

A rendszerek felépítésében az integráció mértéke újabb szerkezeti korlátokat hozhat létre amelyeket a funkcionális elemek kölcsönös összeegyeztethetősége diktál; az új, másodlagos funkciók elvégzése alkati változásokat vonhatnak maguk után.

Ezért bármely funkcionális elem tervezését, legyen az egyedi gép vagy integrált működő alegység, rendszerszintű kontextusban kell megvalósítani, figyelembe véve az adott elemnek a többivel való kapcsolódásának hatását a funkcionalitására (követelményeknek megfelelő működés).

Ugyanakkor a munkafolyamatok – jövesztés, rakodás, szállítás, biztosítás – véletlenszerű jellegéből fakadóan, a várható igénybevételeknek csak átlagos vagy maximumértékeit ismerjük; ez túlméretezéshez vezet(het).

## 2. A mechatronika mint tervezési szemlélet

A bányagépek hagyományos tervezése külön-külön kezeli a tervezés alanyának szerkezeti-funkcionális részeit (mechanikus, villamossági, hidraulikus és vezérlőegységeit).

A mechatronika mint tervezési szemlélet innovatív megközelítést ajánlhat a bányászatban alkalmazott gépek és berendezések rendszeres tervezésében.

Ezen gépek többtartományos jellege a hagyományos tervezésben arra vezethet, hogy a külön tartományokhoz tartozó szerkezeti-funkcionális részeinek optimális összehangolása nem lehetséges.

A bányagépek esetében a munkakörnyezettel való kölcsönhatás folyamatában általában a végrehajtó rész előírt mozgásából eredő igénybevételek keletkeznek.

Ezek a szerkezet teherbírását és energiaigényét határozzák meg.

A klasszikus gépészet egyik alapkérdése, hogy egy összetett rendszerre ható erők és nyomatékok hatására milyen lesz a mozgás pályája, az egyes tömegek/tehetetlenségek sebessége és gyorsulása. (1. ábra)

A mechatronikában alapvetően ugyancsak összetett gépészeti rendszerekről van szó, de az előzővel szemben a kérdés arra irányul, hogy egy előírt pályagörbe, sebesség, gyorsulás stb. megtartásához mekkora erőkre, nyomatékokra stb. van szükség, és ezeket folyamatos mérés mellett a szabályozás biztosítja. (2. ábra)

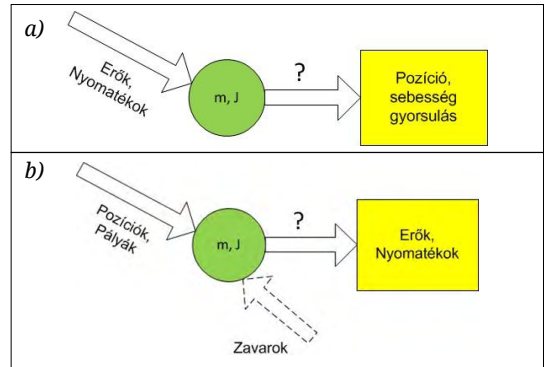
A 3. ábra a mechatronikai szemléletű tervezésben alkalmazott áramlatok (energia, anyag és információ) eloszlására és kezelésére vonatkozik. [5, 6].

Az információfeldolgozás során a bányagépek üzemeltetési paramétereit általában csak átlagértékben ismert kőzetforgácsolási tényezőkhöz kell illeszteni, a mértani – kívánt alakzat elérése –, a termelékenységi és az energiaigényi korlátozások betartásával.

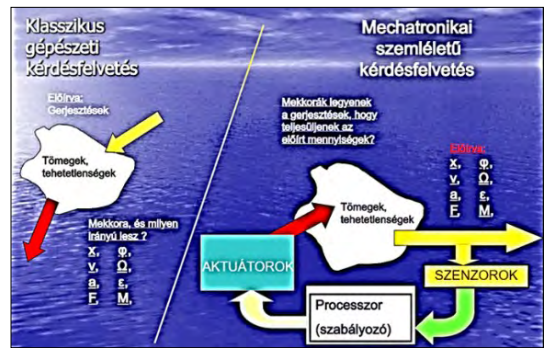
Ez a szemlélet például a vágathajtó gépeknél időszzerű. Ugyanakkor tény, hogy a különböző paraméterek közvetlen érzékelése lehetetlen vagy elvileg bonyolult, emiatt ezeket közvetve, az üzemeltetési paraméterekből csak számítás útján lehet megkapni.

Ezért szükséges az összetett szerkezetű meghajtó-érzékelő, beágyazott elemek beépítése. A számításokhoz esetleg a korszerű mesterséges-intelligencia-módszerekhez (laza logika vagy neurális hálózatok) is lehet folyamodni.

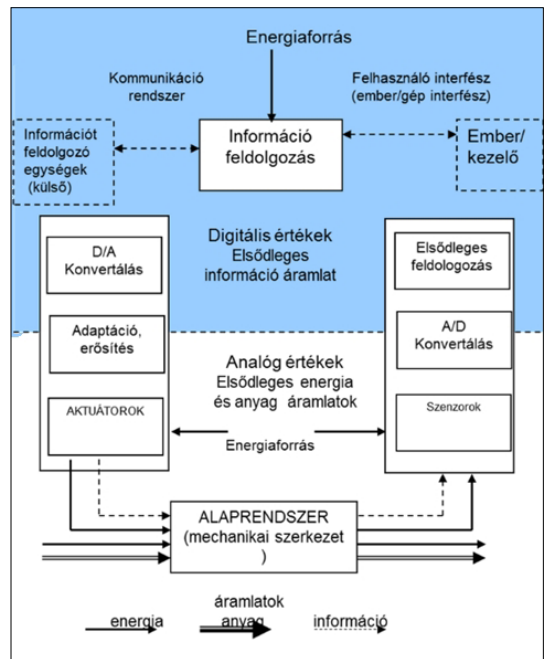
A lengyel kutatók [7] által kidolgozott kísérleti rendszert a 4. ábra mutatja. A gém és a rakodólap helyzetérzékelői által begyűjtött adatsort a vezérlőegység dolgozza fel, és szabályozza a marófej és rakodórendszer paramétereit.



1. ábra. Hagományos (a) és mechatronikaalapú (b) tervezési szemlélet



2. ábra. Hagományos/mechatronikai szemléletű tervezés összehasonlítása



3. ábra. A mechatronikai szemléletű tervezésben alkalmazott áramlatok

A vezérlőrendszer a marófej meghajtó nyomaték és a gép lengésszélesség-érzékelői által begyűjtött adatokat használja fel. A szabályozás célfüggvénye optimális energiahasználatra és termelékenységre összpontosít, a vágatkeresztmetszet alakjának és méretének betartása mellett.

Egy másik példa szintén a vágathajtásnál alkalmazott fúrókocsikra (5. ábra) vonatkozik, amelyek a fúrás – robbantásos technológiák alapvető eszközei.

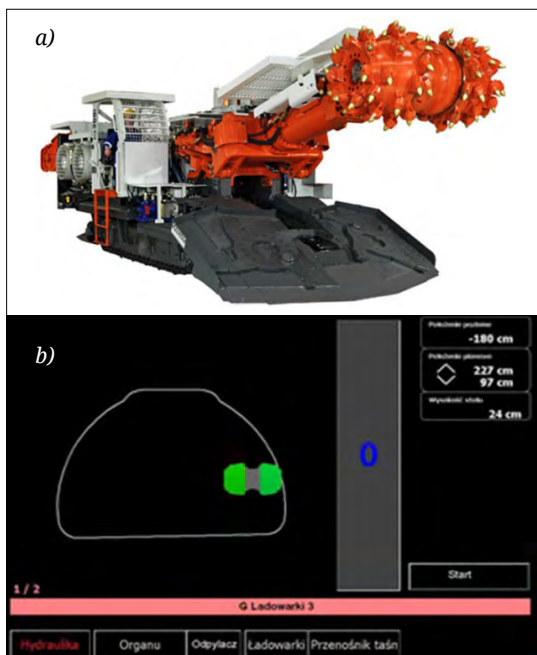
Ebben az esetben, az előírt fúrési séma (6.a ábra) betartása a lényeges. A fúrórúd elhelyezését és a vezetősín irányát (6.b ábra) Mindegyik furat követése a beépített szenzorok és a hidraulikus aktuá-

torok szenzorjelek alapján kiszámított elmozdulása segítségével valósul meg.

A folyamat haladását egy beépített szoftver segítségével képernyőn lehet megjeleníteni (6.c ábra).

### 3. Következtetések

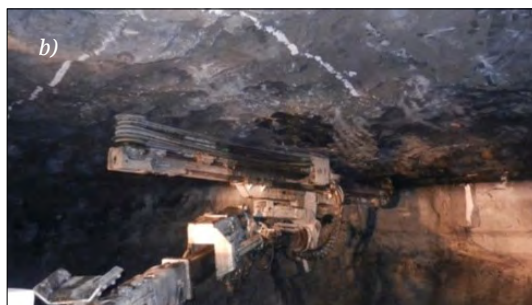
Az utóbbi időben a bányagépek tervezésében-fejlesztésében is alkalmazzák a korszerű elemzési módszereket. Ezek nemcsak eszközöket,



4. ábra. Mechatronikai szemlélet alapján tervezett vágathajtó gép (a), megjelenítő képernyő a vágat keresztmetszete alakjának betartásával (b)



5. ábra. Fúrókocsi



6. ábra. Az előírt fúrési séma (a), a kar a vezető sínrel (b), megjelenítő képernyő (c)

hanem inkább megközelítési szemléletet jelentenek.

A bányagépek sajátosságai ezt bizonyos feltételek keretén belül teszik lehetővé.

Ezen gépek többtartományos jellege a hagyományos tervezésben arra vezethet, hogy a külön tartományokhoz tartozó szerkezeti-funkcionális részek optimális összehangolása nem lehetséges.

A mechatronika mint tervezési szemlélet innovatív megközelítést ajánlhat a bányászatban alkalmazott gépek és berendezések rendszeres tervezésében, amit példákkal támasztottunk alá.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Spies K.: *Limits of Further Development of Technologies of Underground Coal Extraction and the Methodological Procedure in Systematic Search for New Technologies*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Górnictwo. <https://delibra.bg.polsl.pl/dlibra/publication/46951/edition/42857/content>
- [2] Andraş A., Andraş I.: *Applications of Artificial Intelligence and Mechatronics in Mining Equipment Development*. Annals of the University of Petroşani, Mechanical Engineering, 17. (2015), 5–20.
- [3] Andraş A., Andraş I., Kovacs J., Tomuş O. B.: *Monografia Problemy transportu i przeróbki w górnictwie. Modelowanie procesów. Artificial Intelligence, Mechatronics and Robotics in Mining Equipment Development* (2015). Akademia Górniczo Hutnicza, Krakow, 134–149,
- [4] Andraş A.: *Ingineria proiectării echipamentelor pentru industria extractivă*. Editura Universitat, Petroşani, 2014.
- [5] András J., Kovács J.: *A műszaki innováció sajátosságai a bányászatban (Specificity of Innovation in Mining)*. Műszaki Tudományos Közlemények, 4. (2016) 23–26. <https://doi.org/10.33895/mtk-2016.04.02>
- [6] András J., Kovács J.: *A mechatronika alkalmazása a bányagépek tervezésében (Implementing Mechatronics in Mining Equipment Design)*. Műszaki Tudományos Közlemények 1. (2014) 39–42. <https://doi.org/10.33895/mtk-2014.01.02>
- [7] Cheluszka P. : *Numerical Studies of the Dynamics of the Roadheader Equipped with an Automatic Control System during Cutting of Rocks with Different Mechanical Properties*. Energies, 14(21) (2021) 7353; <https://doi.org/10.3390/en14217353>