

**MŰSZAKI TUDOMÁNY AZ
ÉSZAK-KELET MAGYARORSZÁGI
RÉGIÓBAN
2019**

**KONFERENCIA
ELŐADÁSAI**

Miskolc, 2019. május 29.

**Szerkesztette:
Edited by**

*Dr. Bodzás Sándor
az MTA DAB Műszaki Szakbizottság Elnöke*

*Dr. habil Antal Tamás
az MTA DAB Műszaki Szakbizottság Titkára*

**Kiadja: Debreceni Akadémiai Bizottság
Műszaki Szakbizottsága**

ISBN 978-963-7064-38-8

Debrecen 2019

A konferencia szervezői:

A Magyar Tudományos Akadémia (MTA)
Debreceni Területi Bizottság (DAB)
Műszaki Szakbizottsága,

A Magyar Tudományos Akadémia (MTA)
Miskolci Területi Bizottsága

a Miskolci Egyetem
Műszaki Földtudományi Kara,
Műszaki Anyagtudományi Kara,
Gépészmérnöki és Informatikai Kara,
valamint Gazdaságtudományi Kara

a Debreceni Egyetem, Gépészmérnöki Tanszéke

A konferencia fővédnöke:

Prof. Dr. Torma András
a Miskolci Egyetem Rektora

A konferencia Programbizottsága:

Dr. Bodzás Sándor *elnök*; **Dr. habil Antal Tamás** *titkár*;

**Prof. Dr. Szűcs Péter, Prof. Dr. Palotás Árpád Bence,
Dr. Siménfalvi Zoltán, Veresné Prof. Dr. Somosi Mariann,
Dr. Békési Bertold, Dr. Kavás László, Prof. Dr. Dudás Illés,
Vadásznő Prof. Dr. Bognár Gabriella, Dr. Pálinkás Sándor,
Dr. Mucsi Gábor, Dr. Tamás Péter, Dr. Szabó Tamás,
Dr. Turai Endre, Dr. Zákányi Balázs, Dr. Palcsu László,
Dr. Jobbik Anita, Dr. Bodnár István, Dr. Szigeti Ferenc,
Dr. Dezső Gergely, Prof. Dr. Óvári Gyula, Dr. Szilágyi Roland,
Dr. Musinszki Zoltán, Dr. Molnár Viktor, Dr. Dudás László,
Dr. Mankovits Tamás, Dr. habil Balajti Zsuzsanna,
Dr. Koncsik Zsuzsanna, Dr. Havasi István, Dr. Hancz Gabriella,
Dr. Buday Tamás, Dr. Czédli Herta, Dr. Lámer Géza,
Dr. Hagymássy Zoltán, Dr. Hornyák Olivér, Dr. Tóth Lajos Tibor,
Dr. Karajz Sándor, Dr. Faitli József, Dr. Lukács Pál,
Prof. Dr. Illés Béla, Dr. Bencs Péter**

**A konferencia kiadvány összeállításában segítséget
nyújtottak a Debreceni Egyetem Gépészmérnöki Tanszékéről:**

Sitku Szandra ügyvivő szakértő,
Prezenszki Dorottya kutató hallgató,
Nemes Csaba kutató hallgató,
Kakuk Gergő demonstrátor

TARTALOMJEGYZÉK

ÁBEL József, BALAJTI Zsuzsa SZERSZÁMBEÁLLÍTÁSHOZ ÉS ÉLEOMETRIAI VIZSGÁLATHOZ SZÜKSÉGES FELTÉTELEK, A MONGE-TÉGLA BIJEKTÍV TARTOMÁNYÁNAK ELEMZÉSE	1
AGÁRDI Anita, KOVÁCS László, BÁNYAI Tamás A HANGYA KOLONIA OPTIMALIZÁCIÓ HATÉKONYSÁGÁNAK VIZSGÁLATA A JÁRATSZERVEZÉSI PROBLÉMA MEGOLDÁSÁBAN	5
BABCSÁN Norbert ALUMÍNIUM KÖRKÖRÖS GAZDASÁG ÉS A MAGYAR ALUMÍNIUMIPAR LEHETSÉGES KITÖRÉSI PONTJAI	9
BAKÓ Tamás Sándor, HORVÁTH Dóra Diána EGYÉNI FELELŐSSÉG ÉS TÁRSADALMI FELELŐSSÉGVÁLLALÁS	13
BALAJTI Zsuzsa HELIKOID HAJTÓPÁROK AXOIDJAINAK VIZSGÁLATA	17
BÉKÉSI Bertold A LEGJOBB NANOTECHNOLÓGIAI FEJLESZTÉSEK	21
BEKŐ Balázs, SZIGETI Ferenc A RAGASZTÓFELHORDÁS PROBLÉMÁI, LEHETSÉGES MEGOLDÁSOK BŐRFELÜLETEK RAGASZTÁSÁNÁL	25
BENCs Péter, BOLLÓ Betti, SZABÓ Szilárd HENGERES TEST MÖGÖTT KIALAKULÓ HŐMÉRSÉKLET ELOSZLÁS VIZSGÁLATA	29
BERECZKI Zoltán A MISKOLCI AVASI TEMPLOM KÉSŐGÓTIKUS ÁTÉPÍTÉSE	33
BIHARI Zoltán, BIHARINÉ Kalászdi Beáta EGY TÁRSADALMI KONFLIKTUS, AVAGY A FŰTÉSI KÖLTSÉGMEGOSZTÁS JELENE, ÉS EGY LEHETSÉGES JÖVŐJE	37
BIRGENSTOK Vanda DIGITALIZÁCIÓS FOLYAMATOK AZ E-SPORTBAN	41
BODNÁR István NAPELEMES ERŐMŰ SZIMULÁCIÓS VIZSGÁLATA	45
BUBONYI Andrea, BIHARI Zoltán TERMÉKBEMUTATÓ PLATFORM FEJLESZTÉSE	49
BUDAY Tamás, KOVÁCS Tamás TALAJKLÍMA MEGHATÁROZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI A MAGYARORSZÁGI HIDROMETEOROLÓGIAI ADATSOROK ALAPJÁN	53

CAMACHO Christian, NYIRI Gábor, ZÁKÁNYI Balázs, SZŰCS Péter FELSZÍN ALATTI HULLADÉKHŐ-TÁROLÁS LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA HŐTRANSPORT MODELLEZÉssel	57
CSANÁDY Gábor Mátyás ÚJ FORMÁLÁSI ELVEK LENGYEL KORTÁRS TEMPLOMOK ESETÉN STANISLAW NIEMCZYK ÉS JERZY UŚCINOWICZ TEMPLOMAIN BEMUTATVA	61
CSATÁRI Nándor, RAGÁN Péter, RÁTONYI Tamás, HAGYMÁSSY Zoltán, VÁNTUS András A PRECÍZIÓS TALAJSZKENNELÉS ALKALMAZÁSI TAPASZTALATAI RÉTI TALAJON	65
DEMIÁN Szabolcs, SZÉKELY István DIMETIL-SZULFOOXIDDAL SZENNYEZETT VÍZREKESZTŐ RÉTEGBŐL TÖRTÉNŐ SZENNYEZŐANYAG VISSZAOLDÓDÁS JELENSÉGÉNEK VIZSGÁLATA DKS- PERMEABIMÉTERREL	69
DEUTSCH Nikolett ÁLLAMI SZEREPEVÁLLALÁS ÉS AZ ÖKOINNOVÁCIÓK	73
DOLGOS Fanni, PARNÉ HALYAG Nóra, SZABÓ Roland, MUCSI Gábor IPARI HULLADÉKBÓL KÉSZÜLT KÖNNYŰ-GEOPOLIMER KOMPOZIT SZERKEZETI VIZSGÁLATA	77
DOMÁN László HELIKOPTEREK SPECIÁLIS VÉSZELHAGYÁSI LEHETŐSÉGEI	81
DUDÁS Illés, JAKAB Norbert HELIKOID HAJTÁSOK PARAMETRIKUS MODELLEZÉSE	85
DUDÁS László, BIRÓ Máté, NOVÁK László Lajos, KAPITÁNY Pálma FORGÓDUGATTYÚS BELSŐÉGÉSŰ MOTOR ERŐ- ÉS NYOMATÉKELEMZÉSE	89
ECSEDI István, LENGYEL Ákos József, BAKSA Attila VÉKONYFALÚ ORTOTRÓP FÉLELLIPSZIS KERESZTMETSZET CSAVARÁSA	93
ÉLES Ádám, ANTAL Tamás, TŐSÉR Róbert VESZTESÉGET TERMELO TEVEKENYSÉG ANALIZÁLÁSA ÉS A GYÁRTÁSI FOLYAMAT OPTIMALIZÁLÁSA	97
ERDŐSY Dániel, TÓTH Lajos GÉPJÁRMŰ IZZÓK VIZSGALATI LEHETŐSÉGEI	101
FÓRIS Ildikó, SZABÓ Roland, MUCSI Gábor ÜVEGHAB ELŐÁLLÍTÁSI KÍSÉRLETEK HULLADÉK ÜVEGBŐL	105
FÜLÖP Viktor Géza ÁLLAMI ERDŐGAZDASÁGOK BÁNYÁSZATI TEVEKENYSÉGE	109
Gál Viktor, Lukács Zsolt LÉPCSŐS HÁTRAFOLYATÓ MATRICA HATÁSA A FOLYATOTT TERMÉK FALVASTAGSÁGÁRA	113

HAGYMÁSSY Zoltán, VÁNTUS András, CSATÁRI Nándor PRECÍZIÓS MŰTRÁGYASZÓRÓGÉP VIZSGÁLATA SZÁNTÓFÖLDI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT	117
HANCZ Gabriella, KOSINA Gergő JAVASLAT A ZÖLDFELÜLET JELENTŐSÉGÉNEK NÖVELÉSÉRE A SMART CITY INDIKÁTOROK KÖZÖTT	121
HARDAI Ibolya, ILLÉS Béla, BÁNYAINÉ TÓTH Ágota LOGISZTIKAI FOLYAMATOK HATÉKONYSÁGNÖVELÉSE AZ IPAR 4.0 RÉVÉN	125
HAVASI István KORSZERŰ BÁNYAMÉRÉSI ELJÁRÁSOK MEDDŐHÁNYÓK MOZGÁSVIZSGÁLATÁRA	129
HAVASI István, KLEIBER Márk MEDDŐHÁNYÓ MOZGÁSVIZSGÁLATA AZ MÁTRAI ERŐMŰ ZRT. BÜKKÁBRÁNYI BÁNYAÜZEMÉBEN	133
HORNYÁK Olivér VIRTUÁLIS POLIURETÁN TÁRHÁZ INFORMATIKAI RENDSZER FEJLESZTÉSE	137
HORVÁTH Ágnes AZ ELEKTRONIKAI HULLADÉK NYERSANYAGVAGYON BECSLÉS MÓDSZEREI	141
HORVÁTHNÉ CSOLÁK Erika EGÉSZSÉGÜGYI FEKVŐBETEG INTÉZMÉNYEK KAPACITÁSAI MAGYARORSZÁGON – SOK VAGY KEVÉS	145
ILOSVAI Mária Ágnes, KRISTÁLY Ferenc, VANYOREK László SZUPERPARAMÁGNESES NANORÉSZECSEK SZINTÉZISE SZONOKÉMIAI MÓDSZERREL	149
IZBÉKINÉ SZABOLCSIK Andrea, LAKATOS Anita, KECZÁNNÉ ÜVEGES Andrea, BODNÁR Ildikó KÜLÖNBÖZŐ SZEKTOROKBAN KELETKEZŐ MOSÓVIZEK MINŐSÉGI ÖSSZETÉTELÉNEK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA	153
JUHÁSZ János, BÁNYAI Tamás IPAR 4.0 SZEREPE A VÁROSI LOGISZTIKÁBAN	157
KÁNTOR Tamás, KOVÁCS Balázs A POISSON-TÉNYEZŐ MEGHATÁROZÁSA KONSZOLIDÁLATLAN TALAJOK ESETÉN	161
KARAJZ Sándor A TÁRSADALMI INNOVÁCIÓ INDIKÁTORAI ÉS A VERSENYKÉPESSÉGI MUTATÓK MÉRÉSI LEHETŐSÉGEI	165
KARAJZ Sándor A TÁRSADALMI INNOVÁCIÓK VERSENYKÉPESSÉGRE GYAKOROLT HATÁSÁNAK ELEMZÉSE A PERIFÉRIKUS TÉRSÉGEKBEN	169

KARVALY Elemér NAGYMÉRETŰ MUNKAGÖDÖR HATÁROLÁS TERVEZÉSÉNEK MÉRNÖKI FELADTATAI	173
KECZÁNNÉ ÜVEGES Andrea, BEREZCZ Nikolett, SZALÓKI Melinda POLIURETÁN POR FIZIKAI MÓDSZERREL TÖRTÉNŐ ÚJRAHASZNOSÍTÁSÁNAK VIZSGÁLATA	177
KIS-ORLOCZKI Mónika TÁRSADALMI INNOVÁCIÓS JÓ GYAKORLATOK A KÖRFORGÁSOS GAZDASÁG SZOLGÁLATÁBAN	181
KISS Gergely A JÁTÉKOSÍTÁS ÉS A MINŐSÉG KAPCSOLATA	185
KULCSÁR Gyula, KULCSÁRNÉ FORRAI Mónika, MIHÁLY Krisztián RUGALMAS GYÁRTÓRENDSZER ÚJRAÜTEMEZÉSI FELADATAINAK MODELLEZÉSE ÉS MEGOLDÁSA	189
KUN-BODNÁR Krisztina AZ ANYAGLEVÁLASZTÁS MÉRTÉKÉNEK MEGHATÁROZÁSA VÍZSUGARAS ESZTERGÁLÁSKOR	193
KURUSTA Tamás, MUCSI Gábor IPARI HULLADÉKOK SZEREPE A CO ₂ MEGKÖTÉSBN	197
LÁMER Géza A GERENDAELMÉLETEK KINEMATIKAI VIZSGÁLATA A KERESZTIRÁNYÚ ALAKVÁLTOZÁSOK FÜGGVÉNYÉBEN	201
LÁMER Géza A LEMEZELMÉLETEK KINEMATIKAI VIZSGÁLATA A KERESZTIRÁNYÚ ALAKVÁLTOZÁSOK FÜGGVÉNYÉBEN	205
LÁSZLÓ Noémi, RÓNAI László SÚRLÓDÁSI EGYÜTTHATÓ MEGHATÁROZÁSA AEROSZOLOS PALACKOKON	209
LENGYEL Levente, SZILÁGYI Roland STRUKTURÁLIS EGYENLET MODELLEZÉS BEMUTATÁSA ÉS ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI	213
LIPTÁK Katalin, NAGY Zoltán, DABASI-HALÁSZ Zsuzsanna, SIPOSNÉ NÁNDORI Eszter A SZOLIDÁRIS GAZDASÁG HELYZETE KELET-KÖZÉP-EURÓPÁBAN	217
LIVO László A MEGÚJULÓKBÓL TERMELT ÁRAM HATÁSA ELLÁTÁS BIZTONSÁGUNKRA	221
LUCZ Zsolt, TOMPA Richárd, VIRÁG Zoltán AZ ŰRBÁNYÁSZAT LEHETŐSÉGEI A HOLDON	225
LUDÁNYI Lajos, BÉKÉSI Bertold SZENNYEZETT AKTIV SZÉN REGENERÁLÁSA MIKROHULLÁMMAL	229

MÁDAINÉ ÜVEGES Valéria, MUCSI Gábor, BOKÁNYI Ljudmilla HOGYAN ALAKÍTHATÓ ÁT IPARI HULLADÉK A HIGH-TECH IPAR ALAPANYAGÁVÁ	233
MAKKAI Tamás ANYAGLEVÁLASZTÁS VIZSGÁLATA ALUMÍNIUMÖTVÖZET HOMLOKMARÁSÁNÁL	237
MIHÁLY Krisztián, KULCSÁRNÉ FORRAI Mónika, KULCSÁR Gyula ÚJ MÓDSZEREK TÖBB PROJEKTES, TÖBB CÉLFÜGGVÉNYES, ERŐFORRÁS- KORLÁTOS ÜTEMEZÉSI FELADATOK MEGOLDÁSÁRA INTEGRÁLT VÁLLALATIRÁNYÍTÁSI KÖRNYEZETBEN	241
MILTÉNYI Máté TERMELÉSI FOLYAMATOK SZIMULÁCIÓJA PLANT SIMULATION SZOFTVERREL	245
MOLNÁR András, BALOGH András, BARKÓCZI Péter, FAZEKAS Lajos, GINDERT-KELE Ágnes A KEVERT LÉZERSUGARAS HŐFORRÁSOK ALKALMAZÁSA A TERMIKUS SZÓRÁSSAL FELVITT NICRBSI RÉTEGEK ÚJRAOLVASZTÁSÁRA	249
MOLNÁR Bernadett A REPÜLÉSIRÁNYÍTÓK STRESSZ ÁLLAPOT MÉRÉSÉNEK LEHETSÉGES MÓDSZEREI	253
MOLNÁR András, DRASKÓCZI László, CSABAI Zsolt, BUZA Gábor, PÁLINKÁS Sándor A FELÜLETKEZELÉSBEN ALKALMAZOTT KORSZERŰ LÉZERSUGARAS ELJÁRÁSOK	257
MÓRICZ Ferenc, MÁDAI Ferenc, WALDER Ingar ERŐS KÖZETSAVASODÁS JELENSÉGE SEMLEGES PH ÉRTÉKEN?!	261
MUSINSZKI Zoltán A PÉNZÜGYI KIMUTATÁSOK HELYE ÉS SZEREPE A STRATÉGIAI DÖNTÉSTÁMOGATÁSBAN	265
NAGY Ágnes Judit JÁRMŰIPARI ALKATRÉSZ OPTIMALIZÁCIÓJA SOLID EDGE KÖRNYEZETBEN	269
NAGY Szabolcs A DIGITÁLIS TÁRSADALMI INNOVÁCIÓ ELMÉLETI ÉS GYAKORLATI VONATKOZÁSAI	273
NAGY-BORSY Viktor, DEUTSCH Nikolett TECHNOSTRATÉGIA ÉS A STRATÉGIAI MENEDZSMENT PARADIGMÁI	277
NEMES Csaba, BODZÁS Sándor, PÁLINKÁS Sándor FORGÁCSOLÓERŐ MÉRÉSE ÉS VÉGESELEMES SZIMULÁCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA	281
NÉMETH Alexandra Kitti, MAROSNÉ BERKES Mária HIP ÉS SPS GYÁRTÁSÚ Si ₃ N ₄ /MLG NANOKOMPIZOTOK KOPÁSI VISELKEDÉSÉNEK JELLEMZÉSE KOPÁSÁTMENET TÉRKÉPEKKEL	285

NYIRI Gábor, ZÁKÁNYI Balázs, SZÚCS Péter PARTI SZŰRÉSŰ RENDSZEREKBE ALKALMAZOTT KUTAK HIDRODINAMIKAI MODELLEZÉSE	289
PAPNÉ HALYAG Nóra GEOPOLIMEREK: ALAPANYAGOK ÉS SZERKEZET	293
PECSMÁNY Péter MARADVÁNYFELSZÍNEK KIMUTATÁSA DIGITÁLIS DOMBORZATMODELLEN VÉGZETT MORFOMETRIAI VIZSGÁLATOK SEGÍTSÉGÉVEL A BÜKKALJÁN	297
PREZENSZKI Dorottya, BODZÁS Sándor HŐKAMERÁS MÉRÉS ALKALMAZÁSA FORGÁCSOLÁSI FOLYAMAT SORÁN	301
PREKOB Ádám, KRISTÁLY Ferenc, VANYOREK László PALLADIUMTARTALMÚ NANOSZERKEZETŰ KATALIZÁTOROK FEJLESZTÉSE	305
PÜSPÖKI Zoltán, UJLAKI Péter, FOGARASSY-PUMMER Tímea, GÁL Nóra, SZÓCS Teodóra, MARKOS Gábor DEBRECEN ÉS KÖRNYÉKÉNEK VÍZFÖLDTANIADOTTSÁGAI NAGY FELBONTÁSÚ RÉTEGTANI KORRELÁCIÓK TÜKRÉBEN	309
RAVAI NAGY Sándor, SZIGETI Ferenc, VARGA Gyula KRIO KÖRNYEZETBEN TÖRTÉNŐ FURATMEGMUNKÁLÁS KÍSÉRLETI TAPASZTALATAI	313
SIKORA Emőke, MAROSSY Kálmán, VANYOREK László SZÉN NANOCSSÖVEK ALKALMAZÁSA POLIMER ERŐSÍTŐ ADALÉKANYAGKÉNT PVC MÁTRIXBAN	317
SIMON Krisztián ÉLETÜNK ZAJA, ZAJLIK AZ ÉLET!	321
SIPOSNÉ NÁNDORI Eszter TÁRSADALMI VÁLLALKOZÁSOK SZEREPE A FOGLALKOZTATÁS JAVÍTÁSÁBAN	325
SISKÁNÉ SZILASI Beáta, HEGEDŰS András, FAITLI József A TÁRSADALMI-GAZDASÁGI MUTATÓK ÖSSZEFÜGGÉSE A TELEPÜLÉSI SZILÁRDHULLADÉK JELLEMZŐIVEL MAGYARORSZÁGON	329
SKAPINYECH Róbert, KOTA László, DOBOS Péter, ILLÉS Béla OKTATÓ ROBOT CELLA ÉS AUTOMATIZÁLT ANYAGMOZGATÓ RENDSZER INTEGRÁCIÓJA AZ IPAR 4.0 KONCEPCIÓ FIGYELEMBE VÉTELÉVEL	333
SOMOGYINÉ MOLNÁR Judit, KISS Anett, DOBRÓKA Tünde Edit, JOBBIK Anita AKUSZTIKUS SEBESSÉG ÉS JÓSÁGI TÉNYEZŐ ADATOK GLOBÁLIS EGYÜTTES INVERZIÓS FELDOLGOZÁSA KÖZETFIZIKAI MODELLEK ALAPJÁN	337
SÜVEGES Gábor Béla TÁRSADALMI INNOVÁCIÓK A HŐSZOLGÁLTATÁSBAN A FÓTÁV ZRT., MIHŐ KFT. ÉS A NYÍRTÁVHŐ KFT. PÉLDÁJÁN KERESZTÜL	341
SZABÓ Dániel, MANKOVITS Tamás A FÉMNYOMTATÁS ORVOSBIOLÓGIAI ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI	345

SZANYI Sándor, L. SZABÓ Gábor ELTÉRŐ CSÓANYAGÚ HŰTÉSI ELOSZTÓHÁLÓZAT ENERGETIKAI ÉS EXERGETIKAI VIZSGÁLATA	349
SZASZÁK Norbert, SZABÓ Szilárd GÁZKEVEREDÉS INTENZIFIKÁLÁSA AKTÍV TURBULENCIAGENERÁTOR SEGÍTSÉGÉVEL	353
SZEGEDI Attila, KOVÁCS Zoltán POWERSHIFT TENGELYKAPCSOLÓK SÚRLÓDÁSI VISZONYAINAK VIZSGÁLATA CLAAS ARION ERŐGÉP HAJTÁSLÁNCÁBAN	357
SZENDREI János, SZŰCS Edit, BODNÁR Ildikó A KÖRKÖRÖS GAZDASÁG SZEREPE AZ AUTÓIPARI KÖRNYEZETMENEDZSMENTBEN	361
SZILVÁSI Marcell, SZILVÁSINÉ BÉLA Izabella GYERE ELŐ MUNKAERŐ, MERRE TALÁLLAK?!	365
SZILVÁSI Marcell GEOTERMIA, AVAGY HOGYAN KAPHATUNK MEGÚJULÓ ENERGIÁT A FÖLD MÉLYÉBŐL	369
SZOLNOKI Bernadett MIT TEHET A FOGLALKOZTATÓ A MOZGÁSSZEGÉNY ÉLETMÓD ELLEN?	373
SZTANKOVICS István A FORGÁCSOLÓ ERŐ ÉS A FELÜLETI ÉRDESSÉG VIZSGÁLATA A FORGÁCSARÁNY CSÖKKENTÉSEKOR HOMLOKMARÁSNÁL	377
SZŰCS Eszter, KARDOS Zsolt, PALIK Mátyás, ÓVÁRI Gyula ALTERNATÍV TŰZELŐANYAGOK MEGJELENÉSE A REPÜLÉSBEN	381
SZŰCSNÉ MARKOVICS Klára A LÉTESÍTMÉNYGAZDÁLKODÁSI TEVÉKENYSÉGEK KISZERVEZÉSÉNEK GYAKORLATA A HAZAI FELDOLGOZÓIPARBAN	384
TAMÁSI Kinga, ZSOLDOS Gabriella, MAROSSY Kálmán GONDOLATOK A „ZÖLD GUMIRÓL” - ÉS ARRÓL, AMI BENNE VAN	388
TÓTH Lajos, TAMÁS Péter TERMÉKKEVEREDÉSI PROBLÉMÁK AZONOSÍTÁSA IPAR 4.0 TECHNOLOGIA FELHASZNÁLÁSÁVAL	392
TÓTH Norbert TERMELÉSI FOLYAMATOK INTENZIFIKÁLÁSÁT CÉLZÓ ÚJ MÓDSZER BEMUTATÁSA AZ IPAR 4.0 LEHETŐSÉGEI ALAPJÁN	396
TÓTH Sándor Gergő, TAKÁCS György HIDROSZTATIKUS CSAPÁGYAK SZABÁLYOZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI	400

TRUZI Alexandra, BODNÁR Ildikó, VARGA József, BELLÉR Gábor, FÁBIÁN István NEONIKOTINOID NÖVÉNYVÉDŐ SZEREK OXIDÁCIÓJA MODELLOLDATOKBÓL PEROXOMONOSZULFÁT-IONNAL	404
TURAI Endre, BUCSI SZABÓ László A FELSŐTELEKESI MEDDŐHÁNYÓ ÁLLAPOTVIZSGÁLATA AZ IP MÓDSZER ALKALMAZÁSÁVAL	408
TURAI Endre, MÁDAI Viktor, MÓRICZ Ferenc, SZŰCS Péter, ZÁKÁNYI Balázs A TERÜLETI GEOTERMIKUS POTENCIÁL MEGHATÁROZÁSÁNAK MÓDSZEREI	412
Byambasuren TURTOGTOH, TURAI Endre A GEOFIZIKAI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSÁNAK AZ EREDMÉNYEI EGY MONGÓLIAI ARANYKUTATÁSBAN	416
VÁGÓ János, DOBOS Endre, BLISTAN Peter, ZELENKOVA Martina, LADÁNYI Richárd, KISS Levente ÁRVÍZI-LOGISZTIKAI MODELLEZÉS A HERNÁD VÍZGYŰJTŐBEN	420
VÁNTUS András, CSATÁRI Nándor, HAGYMÁSSY Zoltán, RAGÁN Péter, RÁTONYI Tamás A PRECÍZIÓS NÖVÉNYTERMESZTÉS FONTOSABB GAZDASÁGMÉRETI, HUMÁN ÉS MŰSZAKI JELLEMZŐI	424
VÁRADI Renáta Rita, SZÉKELY István VÖRÖSISZAPOK FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI ÉS SAVBÁZIS REAKCIÓI	428
VARGA Krisztina TÁRSADALMI INNOVÁCIÓS TÖREKVÉSEK A NYÍRBÁTORI JÁRÁSBAN	432
VARGA Virág Vivien, KONCSIK Zsuzsanna, CSERJÉSNÉ SUTYÁK Ágnes HIDEGALAKÍTÓ SZERSZÁM KÁROSODÁSÁNAK ELEMZÉSE	436
VERES Péter HEURISZTIKUS ALGORITMUSOK ALKALMAZÁSA A LOGISZTIKÁBAN	440
VIRÁG Zoltán, SZIRBIK Sándor OPTIMALIZÁLT BORDÁZOTT LEMEZ VÉGESELEMES REZONANCIA VIZSGÁLATA	444
ZÁKÁNYI Balázs, SZŰCS Péter, TURAI Endre, VASS Péter, MÓRICZ Ferenc, ILYÉS Csaba MEDDŐ ÉS HASZNÁLATON KÍVÜLI SZÉNHIDROGÉNKUTAK GEOTERMIKUS FELMÉRÉSE	448
ZÁKÁNYINÉ MÉSZÁROS Renáta, ZÁKÁNYI Balázs FELHAGYOTT KUTAK ÚJRANYITHATÓSÁGÁNAK GEOTERMIKUS ÉS HUMÁNBIZTONSÁGI SZEMPONTÚ ÉRTÉKELÉSE	452
KÖZÖS CSOPORTKÉP A KONFERENCIA RÉSZTVEVŐKRŐL	456

AKUSZTIKUS SEBESSÉG ÉS JÓSÁGI TÉNYEZŐ ADATOK GLOBÁLIS EGYÜTTES INVERZIÓS FELDOLGOZÁSA KÖZETFIZIKAI MODELLEK ALAPJÁN

GLOBAL JOINT INVERSION BASED ACOUSTIC VELOCITY AND QUALITY FACTOR DATA PROCESSING USING PETROPHYSICAL MODELS

SOMOGYINÉ MOLNÁR Judit¹, KISS Anett², DOBRÓKA Tünde Edit³,
JOBBIK Anita⁴

¹tudományos munkatárs, egyetemi docens

¹gfmj@uni-miskolc.hu

¹MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport, Elektrotechnikai és Elektronikai Intézet, Miskolci Egyetem

²egyetemi tanársegéd, tudományos munkatárs

²Geofizikai Intézeti Tanszék, MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport Miskolci Egyetem

³műszaki ügyintéző

³Alkalmazott Földtudományi Kutatóintézet

⁴tudományos főmunkatárs, intézetigazgató

⁴Alkalmazott Földtudományi Kutatóintézet

Kivonat: A cikkben új közetfizikai modelleket állítottunk fel a szeizmikus/akusztikus hullámsebesség és jósági tényező nyomásfüggésének leírására. A modellek alapja egy közismert jelenség, miszerint a nyomásváltozás hatására a kőzetben mikroropedések nyílnak és záródnak. A modellegyenleteket válaszegyenletekként felhasználva a modellparamétereket globális optimalizációs módszer (Simulated Annealing) segítségével határoztuk meg, ezáltal megoldva az együttes inverziós problémát.

Kulcsszavak: akusztikus hullámsebesség, jósági tényező, kőzetminta, nyomás, Simulated Annealing

Abstract: In this paper new rock physical models to describe the pressure dependence of seismic/acoustic wave velocity and quality factor were developed. The models are based on the well-known phenomenon that microcracks in rocks are opened and closed with change of pressure. Using the developed model equations as forward modelling formulae, a global optimization algorithm (Simulated Annealing) was applied to solve the joint inversion problem and to determine the model parameters.

Keywords: acoustic wave velocity, quality factor, rock sample, pressure, Simulated Annealing

1. BEVEZETÉS

A rugalmas hullámok terjedésén alapuló módszereket a nyersanyag kutatás, a fúrólukban végzett akusztikus mélyfúrési geofizikai szelvényezés, vagy akár a régészet terén is gyakran alkalmazzák. Laboratóriumi körülmények között is lehetőség van az akusztikus hullámok vizsgálatára, melynek előnye, hogy a méréseket ismert és kontrollált nyomásállapotok, alakváltozások, hőmérséklet mellett végezhetjük el. Ez azért fontos, mert a nyomás, illetve nyomásváltozás hatással van az akusztikus terjedési sebességekre és a rugalmas hullámok csillapodására, melyekből további fontos paraméterek, a dinamikus rugalmassági modulusok is megadhatók. Ismert tény, hogy a nyomás növelésével a longitudinális (P) és transzverzális (S) hullámterjedési sebességek exponenciálisan növekednek. Ennek oka Birch [1] szerint a pórustér záródása, míg Walsh és Brace [2] a mikroropedések összezáródásával magyarázza a folyamatot. A kutatások során számos empirikus formula született, vagyis mérési sorozatok alapján

meghatározták a regressziós függvények paramétereit, ezek azonban nem tekinthetőek fizikai magyarázatot adó modelleknek. Az akusztikus hullámok terjedési sebessége mellett gyakran vizsgált és fontos jelenség a hullámok csillapodása (abszorpció együttható), illetve az ezzel kapcsolatban álló jósági tényező (Q). A sebességek nyomásfüggését leíró elméletek alkalmasak a jósági tényező és nyomás kapcsolatának magyarázatára is. A növekvő nyomás hatására a mikrorepedések záródnak, a szemcsék közelebb kerülnek egymáshoz, így a mérhető abszorpciós együttható értéke csökken, vagyis a jósági tényező értéke - a sebességhez hasonlóan - növekszik. A következőkben új kvantitatív közetfizikai modelleket mutatunk be a P hullámsebesség és jósági tényező nyomásfüggésének leírására.

2. A NYOMÁSFÜGGŐ SEBESSÉG ÉS JÓSÁGI TÉNYEZŐ MODELL

Walsh and Brace elgondolását követve tételezzük fel, hogy a terjedési jellemzők változására csak a mikrorepedéseknek a terhelés irányára merőleges vetülete van hatással. Ezért vezessük be az A_{\perp} effektív területet, amely az egytengelyű terhelés irányára merőleges síkra vetített egyes nyitott mikrorepedések területeinek összege. A kőzetben $d\sigma$ nyomásváltozás hatására a nyitott mikrorepedések elkezdenek bezáródni, így az effektív terület csökken, azaz dA_{\perp} arányos a nyomásváltozással. Nyilvánvaló, hogy dA_{\perp} egyenesen arányos az A_{\perp} teljes effektív területtel is. Mindezt egy differenciálegyenlettel és annak megoldásával írhatjuk le. A kőzetben bezáródó mikrorepedések miatt növekvő v longitudinális hullámsebességet mérhetünk, azaz dv is arányos dA_{\perp} -val (a α arányossági tényező új anyagjellemző paraméter)

$$dA_{\perp} = -\lambda A_{\perp} d\sigma \rightarrow A_{\perp} = A_{\perp}^{(0)} \exp(-\lambda\sigma) \text{ és } dv = -\alpha dA_{\perp}. \quad (1)$$

Az egyenletben λ új közetfizikai paraméter és $A_{\perp}^{(0)}$ a nyitott mikrorepedések teljes effektív területe nyomásmentes állapotban ($\sigma=0$). A fenti egyenleteket kombinálva az alábbi differenciálegyenletre és megoldására juthatunk

$$dv = \alpha\lambda A_{\perp}^{(0)} \exp(-\lambda\sigma) d\sigma \rightarrow v = K - \alpha A_{\perp}^{(0)} \exp(-\lambda\sigma) \rightarrow v = v_0 + \Delta v_0(1 - \exp(-\lambda\sigma)). \quad (2)$$

Terheletlen állapotban ($\sigma = 0$) a v_0 sebesség mérhető laboratóriumban, így felírható a $v_0 = K - \alpha A_{\perp}^{(0)}$ összefüggés, melyből a K integrációs konstans $K = v_0 + \alpha A_{\perp}^{(0)}$. Ezt felhasználva és bevezetve a $\Delta v_0 = \alpha A_{\perp}^{(0)}$ kapjuk a longitudinális sebesség és a kőzetnyomás közötti kapcsolatot leíró végső modellegyenletet. A fenti egyenlet alapján a sebesség a nyitott mikrorepedések mellett mért v_0 kezdeti értékről ($\sigma=0$) a terhelés hatására a v_{max} maximális nyomáson (teljesen zárt mikrorepedések esetén) mérhető sebesség értékre növekszik. A kettő közötti különbséget jelentő $\Delta v = v_{max} - v_0$ sebességeseést így a zérus nyomáson jelenlévő mikrorepedések okozzák. A λ paraméter pedig a sebességeseés logaritmikus feszültség érzékenysége.

Ahogy említettük, növekvő nyomás hatására a szemcsék kompaktálódnak, a nyitott mikrorepedések záródnak, mely a csillapodás mértékének a csökkenését okozza, így növekvő jósági tényező értékek mérhetőek. A jósági tényező modell első modelltvényének a sebességmodellből ismert (1) egyenletet írhatjuk fel. Valamint lineáris kapcsolatot feltételezve a dA_{\perp} nyitott mikrorepedések effektív területének megváltozása és a dQ jósági tényező változás között felírható egy másik differenciálegyenlet (ahol az arányossági tényező a β), melyet az (1) egyenlet első két részével kombinálva és a $\Delta Q_0 = \beta A_{\perp}^{(0)}$ bevezetésével a (2) modellhez hasonló differenciálegyenletre és annak megoldására juthatunk

$$dQ = -\beta dA_{\perp} \text{ és } dQ = \beta\lambda A_{\perp}^{(0)} \exp(-\lambda\sigma) d\sigma \rightarrow Q = Q_0 + \Delta Q_0(1 - \exp(-\lambda\sigma)). \quad (3)$$

A fenti egyenletben a jósági tényező értéke Q_0 -ról ($\sigma=0$) Q_{max} -ig exponenciálisan növekszik, tehát ΔQ_0 a fentiekhez hasonlóan a „jósági tényező-esés”. Természetesen a csillapodásnak számok oka lehet, a fenti egyenlettel csupán a nyitott mikrorepedések effektív területének megváltozása által okozott csillapodást írjuk le. A (2) és (3) modellegyenletekben a λ egy közös közetfizikai paraméter, ezért ha longitudinális hullám sebességére és jósági tényezőjére is rendelkezésre állnak nyomásfüggő adatok, lehetőség van azok együttes kiértékelésére. Tehát a modellegyenletekben szereplő 5 modellparamétert (v_0 , Δv_0 , Q_0 , ΔQ_0 , λ) együttes inverziós eljárással határozhatjuk meg.

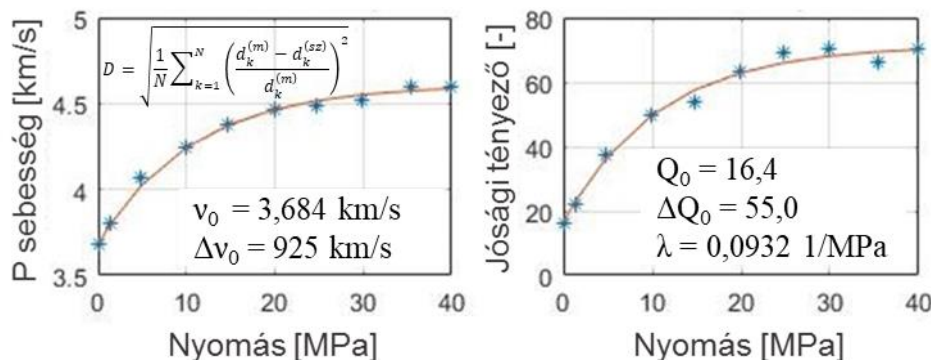
3. AZ MSA GLOBÁLIS INVERZIÓS ELJÁRÁS

A geofizikai gyakorlatban a linearizált optimalizációs módszerek a lokális minimumban elakadhatnak, azaz a paraméterekre nem a legjobb becslést adják. A globális minimumot adó eljárások közül a Metropolis-algoritmust alkalmazó Simulated Annealing eljárást (MSA) a fémek hűtésének analógiája alapján Metropolis és társai dolgozták ki. A legtöbb esetben a minimalizálandó célfüggvényt - az MSA terminológiájában energiafüggvényt - a mért és számított adatok eltérésének L2 normája alapján definiáljuk [3]. Az optimalizálás során az algoritmus véletlen keresést hajt végre a paraméterterben, miközben az \vec{m} modellparaméter vektor elemeit iterációról iterációra változtatja $m_j^{új} = m_j^{rég} + b_j^{max} \varepsilon$ szerint. Tehát a j-edik modellparamétert az előző iterációs lépésbeli érték és a $b_j^{max} \varepsilon$ paraméterkorrekció összegeként számítjuk. b_j^{max} értékét minden iterációs lépésben 0 és b_{max} között véletlenszerűen generáljuk és maximális értékét az iterációs lépés után csökkentjük, mivel ε egyenletes eloszlással véletlenszerűen generált szám 0 és 1 között. Az eljárás így adott hőmérsékleten különböző véletlen energiaállapotokat (modelleket) próbál ki, a véletlen keresés során az aktuális számított energiafüggvényt az előző iterációs lépésben elfogadott energiafüggvénnyel összehasonlítja és minden iterációs lépésben előállítja a ΔE energia eltérést. Az új modellparaméter elfogadása feltételhez kötött, ezt Metropolis kritériumnak nevezzük. Az új modellt mindig elfogadjuk, ha az energiafüggvény az új iterációs lépésben kisebb az előzőhöz képest ($\Delta E \leq 0$). Ha növekszik a mért és számított adatok eltérése ($\Delta E > 0$), az eljárás akkor is definiál elfogadási valószínűséget, mellyel a lokális minimumból való kiszabadulást biztosítja. Ha teljesül $P(\Delta E, T) = \exp(-\Delta E/T) \geq \alpha$ feltétel, akkor az új paramétert fogadjuk el (α egyenletes valószínűséggel generált [0,1] intervallumba eső szám). Ellenkező esetben természetesen elvetjük azt. A fenti formulában a T hőmérsékletet (kontrollparamétert) megfelelő ütemben iterációról iterációra csökkenteni kell. Az eljárást addig ismételjük, amíg a megfelelő stop kritérium teljesül.

4. INVERZIÓS EREDMÉNYEK

Az új közetfizikai modellek alkalmazhatóságát növekvő nyomás mellett közetmintákon mért P hullámsebesség és jósági tényező adatokon teszteltük. Mivel a Miskolci Egyetem Geofizikai Intézeti Tanszékének közetfizikai laboratóriumában jósági tényezőt nem tudunk mérni, ezért szakirodalmi adatokat dolgoztunk fel (Prasad és Manghnani által Berea homokkővön mért adatok) [4]. A T_0 kontrol paraméter kezdeti értékének a véletlenszerűen kiválasztott startmodellen számított relatív adattérbeli távolságot alkalmaztuk. A T kontrollparamétert minden iterációban 0,1%-kal csökkentettük. Az együttes MSA inverzióval meghatározott modellparamétereket a modellegyenletekbe visszahelyettesítve számított sebességeket kapunk, melyet piros folytonos vonallal, míg a mért adatokat kék szimbólumokkal jelölünk az 1. ábrán. Látható, hogy mind a sebesség, mind a jósági tényező értékek exponenciális növekedést mutatnak növekvő terhelés hatására. Az inverz probléma megoldásának pontosságát a D relatív adattérbeli távolság kiszámításával támasztottuk alá, amely a k -adik nyomás alatt mért ($d_k^{(m)}$)

és számított ($d_k^{(sz)}$) sebesség és jósági tényező adat közötti eltérés normált négyzetösszege (1. ábra: N a mért adatok száma). Az ábrán láthatjuk, hogy a mért és számított adatok illeszkedése milyen jó, melyet a kicsiny adattérbeli távolság ($D=0,025$) is alátámaszt. Összességében elmondható, hogy a javasolt kőzetfizikai modellek jól működnek a gyakorlatban.



1. ábra. MSA eljárással becsült modellparaméterek és P hullámsebesség/jósági tényező-nyomás függvény

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben új kőzetfizikai modelleket mutattunk be, melyek exponenciális modellegyenleteikkel leírják a longitudinális terjedési sebesség és jósági tényező nyomásfüggését. A Berea homokkő mintán mért adatrendszeren végzett globális együttes inverziós (MSA algoritmus) adatfeldolgozás eredménye, valamint a mért és számított adatok megfelelő illeszkedése alátámasztja a modellek helyességét.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Somogyiné Molnár Judit és Kiss Anett a cikkben ismertetett kutató munkája az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Dobróka Tünde és Jobbik Anita kutatómunkája a Miskolci Egyetemen működő Alkalmazott Földtudományi Kutatóintézet GINOP-2.3.2-15-2016-00010 jelű „Földi energiaforrások hasznosításához kapcsolódó hatékonyság növelő mérnöki eljárások fejlesztése” projektjének részeként – a Széchenyi 2020 Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Strukturális és Beruházási Alap társfinanszírozásával valósul meg.

7. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **BIRCH, F.:** *The velocity of compression waves in rocks to 10 kbars.* Journal of Geophysical Research, 65, 1083-1102, 1960.
- [2] **WALSH, J.B., BRACE, W.F.:** *A fracture criterion for brittle anisotropic rock.* Journal of Geophysical Research, 69, 3449-3456, 1964.
- [3] **SCALES, J.A., GERZTENKORN, A., TREITEL, S., LINES, L.R.:** *Robust optimization methods in geophysical inverse theory.* Proceedings of the 58th SEG International Annual Meeting, Anaheim, USA, Oct 11-15, 827-830, 1988.
- [4] **PRASAD, M., MANGHNANI, M.H.:** *Effects of pore and differential pressure on compressional wave velocity and quality factor in Berea and Michigan sandstones.* Geophysics, 62(4), 1163-1176, 1997.