

**MŰSZAKI TUDOMÁNY AZ
ÉSZAK-KELET MAGYARORSZÁGI
RÉGIÓBAN
2016**

**KONFERENCIA
ELŐADÁSAI**

Miskolc, 2016. május 25.

**Szerkesztette:
Edited by**

Dr. Bodzás Sándor

**Kiadja: Debreceni Akadémiai Bizottság
Műszaki Szakbizottsága**

ISBN 978-963-7064-33-3

Debrecen 2016

A konferencia szervezői:

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

a Magyar Tudományos Akadémia Miskolci Területi Bizottsága,

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

A konferencia fővédnöke:

Prof. Dr. Torma András
a Miskolci Egyetem rektora

A Konferencia Programbizottsága:

Ráthy Istvánné Dr., elnök
Dr. Bodzás Sándor, titkár

Prof. Dr. Szűcs Péter	Prof. Dr. Palotás Árpád Bence	Prof. Dr. Bertóti Edgár
Veresné Prof. Dr. Somosi Mariann	Dr. Békési Bertold	Prof. Dr. Dudás Illés
Dr. Csanádi Gábor	Vadászné Prof. Dr. Bognár Gabriella	Marosné Dr. Berkes Mária
Dr. Pálinkás Sándor	Dr. Mucsi Gábor	Dr. Turai Endre
Dr. Palcsu László	Dr. Antal Tamás	Dr. Jobbik Anita
Dr. Kovács Zoltán	Dr. Szigeti Ferenc	Szilvásiné Dr. Rozgonyi Erika
Dr. Szegedi Péter	Dr. Szilágyi Roland	Dr. Musinszki Zoltán
Dr. Nagy Szabolcs	Dr. Kuttor Dániel	

TARTALOMJEGYZÉK

ANTAL Tamás, SZÖLLŐSI István, SIKOLYA László, CSÁSZÁR Dávid A FAGYASZTVA SZÁRÍTÁS ENERGIAHATÉKONYSÁGÁNAK NÖVELÉSI LEHETŐSÉGEI ÉS A HŐ- ÉS ANYAGÁTADÁSI FOLYAMAT MODELLEZÉSE	1
BALAJTI Zsuzsanna KAPCSOLÓDÓ FELÜLETPÁROK GYÁRTÁSGEOMETRIÁJÁNAK VIZSGÁLATA AZ ÁBRÁZOLÓ GEOMETRIA MÓDSZEREIVEL	12
BALATON Károly A VÁLLALATOK STRATÉGIAI VEZETÉSÉNEK NÉHÁNY SAJÁTOSSÁGA	21
BALOGH Gergely Pál, SZABÓ Norbert Péter PENETRÁCIÓS SZONDAADATOK FELDOLGOZÁSA KÉTDIMENZIÓS SÚLYOZOTT FAKTORANALÍZIS ALKALMAZÁSÁVAL	27
BODZÁS Sándor KÚPOS CSIGATENGELY KÖSZÖRÜLÉSI TECHNOLÓGIÁJÁNAK MODELLEZÉSE ÉS ELEMZÉSE	35
BODZÁS Sándor, KRAKKÓ Béla AZ OEE MUTATÓ SZÁMÍTÁSA CNC VEZÉRLÉSŰ 5 TENGEYES MARÓGÉPRE	43
BOGDÁNDY Bence, TÓTH Zsolt WIFI RSSI SZŰRŐ METÓDUSOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA	50
BOKÁNYI Ljudmilla, VARGA Terézia Erzsébet, FEKETE-SOLTÉSZ Beáta TELEPÜLÉSI SZILÁRD HULLADÉK MARADÉK FRAKCIÓJÁNAK ÉS A SZENNYVÍZISZAP EGYÜTTES HASZNOSÍTÁSA BIOGÁZ ELŐÁLLÍTÁSÁVAL	55
BÖLKÉNY Ildikó MODELL ALAPÚ GÁZHIDRÁT MENTESÍTÉS	64
CSANÁDY Gábor A π (PI) ÉRTÉKE SALAMONNÁL, ÉS A ZSIDÓ KÖNYÖK NAGYSÁGA	71
CSERVENÁK Ákos IPARI ROBOT MOZGÁSÁNAK MODELLEZÉSE ÉS POZICIONÁLÁSI PONTOSSÁGÁNAK MEGHATÁROZÁSA	77

CSIZMADIA Ivett Anita, GYŐRI Barnabás ÖNKORMÁNYZATI TULAJDONBAN LÉVŐ ÉPÜLETEK VILLAMOSENERGIA- FELHASZNÁLÁSÁNAK KIVÁLTÁSA MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOKKAL	84
DUDÁS IIIés ÁLTALÁNOS MATEMATIKAI MODELL FELÜLETEK, HAJTÓPÁROK GYÁRTÁSGEOMETRIAI ELEMZÉSÉRE, TERVEZÉSÉRE ÉS GYÁRTÁSÁRA (ProMAT)	91
DUDÁS László KVÁZI-HELIKOID FELÜLETEK ALKALMAZÁSÁNAK ÉS ELŐÁLLÍTÁSÁNAK ELEMZÉSE	102
FEKETE Zsombor KONVERGENCIA PROBLÉMÁK FELTÁRÁSA NUMERIKUS FELSZÍNALATTI ÁRAMLÁSI MODELLBEN	111
FÜVESI Viktor, KONYHA József GÉPI TANULÁST SEGÍTŐ FÜGGVÉNYKÖNYVTÁRAK ÁTTEKINTÉSE	116
GINDERT-KELE Ágnes, HAGYMÁSSY Zoltán SZEMCSÉS ANYAGOK SÚRLÓDÁSA: MEZŐGAZDASÁGI ALKALMAZÁSOK	123
GOMBKÖTŐ Imre, HORVÁTH Ágnes MAGYARORSZÁG EURÓPAI UNIÓHOZ VISZONYÍTOTT ELEKTRONIKAI HULLADÉKOK HULLADÉKGAZDÁLKODÁSI HELYZETÉNEK FELMÉRÉSE, VALAMINT AZ EURÓPAI UNIÓS JOGI IRÁNYELVEK MAGYARORSZÁG JOGRENDSZERÉBE TÖRTÉNŐ ÁTÜLTETÉSÉNEK MEGVALÓSULÁSA	129
GYURJÁN László A STEALTH TECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSA LÉGI JÁRMŰVEKEN A MODERN HADVISELÉSBEN	137
HAGYMÁSSY Zoltán, GINDERT-KELE Ágnes MŰTRÁGYASZÓRÓ GÉPEK VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ TESZT VISZONYOK ESETÉN	146
HEGEDŰS Krisztián A HAGYOMÁNYOS ÉS AZ ALTERNATÍV TÜZELŐANYAGOKKAL MŰKÖDŐ HAJTÓMŰVEK FEJLESZTÉSI IRÁNYAI	151
HRICZÓ Krisztián, VADÁSZNÉ BOGNÁR Gabriella EGYDIMENZIÓS FELÜLETEK MINTÁZATAI	160

ILYÉS Csaba, TURAI Endre, SZÚCS Péter HOSSZÚ IDEJŰ CSAPADÉK IDŐSOROK SPEKTRÁLIS ELEMZÉSÉN ALAPULÓ ELŐREJELZÉS KÉSZÍTÉSE DEBRECEN TERÜLETÉRE	168
JOBBIK Anita GÁZÁRAMLÁS RENDKÍVÜL KIS PERMEABILITÁSÚ FORMÁCIÓKBAN	175
KAVAS László, ÓVÁRI Gyula, ROZOVICSNÉ FEHÉR Krisztina ÜZEMANYAGCELLA ALKALMAZÁSA A REPÜLÉSBEN	182
KEREKES Attila SOK KICSI SOKRA MEGY	196
KISS Adrienn, SIKORA Emőke, HUTKAINÉ GÖNDÖR Zsuzsanna, KRISTÁLY Ferenc, VANYOREK László NITROGÉN DÓPOLT BAMBUSZ SZERKEZETŰ KARBON NANOCSSÖVEK SZINTÉZISE ÉS ALKALMAZÁSA KATALITIKUS FOLYAMATOKBAN	205
KISS Anett, SOMOGYINÉ MOLNÁR Judit ÚJ KÖZETFIZIKAI MODELLEK AZ AKUSZTIKUS TERJEDÉSI SEBESSÉGEK ÉS JÓSÁGI TÉNYEZŐK NYOMÁSFÜGGÉSÉNEK LEÍRÁSÁRA – ALKALMAZÁS SZÉN MINTÁKON	214
KISS Levente, LADÁNYI Richárd POTENCIÁLIS BIOMASSZA MENNYISÉGÉNEK BECSLÉSE GIS TÁMOGATÁSSAL	225
KOMPÁR László, OSVÁTH Kristóf, SZÚCS Péter, PALCSU László A HÁROMFÁZISÚ SZIVÁRGÁS MODELLEZÉSE STABIL VÍZIZOTÓPOKKAL	229
KONYHA József, FÜVESI Viktor FELSZÍNI VIZEK KÉMIAI PARAMÉTEREINEK AUTOMATIZÁL IN-SITU MÉRÉSE	236
KORPONAI János, BÁNYAINÉ TÓTH Ágota, ILLÉS Béla A KÉSZLETGAZDÁLKODÁS KÖLTSÉGEINEK ÖSSZEFÜGGÉSEI	245
KOSTYÁK Attila, SZODRAI Ferenc SZÉLENERGETIKAI VIZSGÁLATOK ADOTT TURBINATÍPUSOK MELLETT	253
KOVÁCS Attila, DARABOS Enikő, Pierre PERROCHET, MIKLÓS Rita, LÉNÁRT László FORRÁS ÉS KÚT HIDROGRAM ELEMZÉSEK EREDMÉNYEI A BÜKK HEGYSÉGBEN	261

KOZMA Ferenc, RÁTHY Istvánné, VARGA Ferenc VONÓSZEM FÁRADT TÖRÉSE	269
KULCSÁR Gyula, KULCSÁRNÉ FORRAI Mónika JÁRMŰIPARI ALKATRÉSZGYÁRTÁS TERMELÉSPROGRAMOZÁSI FELADATAINAK MODELLEZÉSE ÉS MEGOLDÁSA	278
KULCSÁRNÉ FORRAI Mónika, KULCSÁR Gyula TERMELÉSÜTEMEZÉSI ÉS MŰSZAKBEOSZTÁSI FELADATOK INTEGRÁLT MEGOLDÁSA	292
KUN Dániel Péter, TÓTH Zsolt ONTOLÓGIÁN ALAPULÓ BELTÉRI NAVIGÁCIÓS MÓDSZER	305
KUTTOR Dániel A MISKOLCI EGYETEM GAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR VONZÁSKÖRZETÉNEK VIZSGÁLATA	311
LÁMER Géza A KÖRÖNDI TŰZ EGY ÉPÍTŐMÉRNÖK SZEMÉVEL IV. RÉSZ. ÁLLAPOTÉRTÉKELÉS AZ ÉLETVESZÉLYES ÁLLAPOT FELSZÁMOLÁSA UTÁN	319
LÁMER Géza MAJDNEM MÉRETTARTÓ ALAKVÁLTOZÁSOK A RUGALMASSÁGTANBAN	333
LÉNÁRT József HIPERSPEKTRÁLIS KÉPALKOTÁS ALKALMAZÁSA BÁNYÁSZATI KUTATÁSBAN	343
LENGYEL Antal, KRAJNYIK Károly, LAJTOS István A PROPÁN-BUTÁN GÁZ ÉS GÁZOLAJ EGYÜTTES ALKALMAZÁSÁNAK HATÁSA A DÍZELMOTOR ÜZEMÉRE	347
LESKÓ Anett Katalin KOMPETENSEN A KLASZTEREK VILÁGÁBAN	363
MAKLÁRI Dávid, TÓTH Lajos MLCC KERÁMIKONDENZÁTOROK VESZTESÉGI PARAMÉTEREINEK MEGHATÁROZÁSA	372
MALÁTA Gergő AZ ÖTÖDIK GENERÁCIÓS REPÜLŐGÉPEK ÖSSZEHOSONLÍTÁSA TECHNIKA SZEMPONTJÁBÓL	383

MÁNDY Zoltán CSAVARFELÜLETEK ELŐÁLLÍTÁSA INTELLIGENS GYÁRTÓRENDSZERBEN	391
MCINTOSH Richard William, ENCS Balázs TERMÉSZETES KÖZETTESTEK MINŐSÍTÉSE KÖZETFIZIKAI PARAMÉTEREK ÉS TAGOLTSÁGI VISZONYOK ALAPJÁN	397
MEZEI Lajos, KINCSES Dávid, HAJDU Sándor HAJTOTT GÉPJÁRMŰKERÉK DINAMIKAI MODELLJE	406
MOLNÁR Dániel ÖNTÉSZETI FOLYAMATOK SZÁMÍTÓGÉPES SZIMULÁCIÓJA	415
MOLNÁR Viktor, KERCHNER András A LEAN MENEDZSMENT ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A KÖZSZFÉRÁBAN	425
MUSINSZKI Zoltán FOLYAMATOK ÉS INNOVÁCIÓK A KÖLTSÉGSZÁMÍTÁSBAN	433
NAGY Szabolcs A HATÉKONY MARKETING KRITÉRIUMAI	441
NAGY Zoltán, SEBESTYÉNNÉ SZÉP Tekla AZ OLAJEXPORTŐR ORSZÁGOK SEBEZHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATI LEHETŐSÉGEI	450
NÉMETH Géza HAJLÉKONY ELEMŰ DÖRZSBOLYGÓMŰ MÉRÉSE	464
NÉMETI Zoltán, L. SZABÓ Gábor AZ EBESI POLGÁRMESTERI HIVATAL HŰTÉSI RENDSZEREINEK TERVEZÉSE ÉS ÖSSZEHASONLÍTÁSÁNAK EREDMÉNYE	470
NYIRI Gábor, ZÁKÁNYI Balázs GÁTAK HIDRAULIKAI ÉS ÁLLÉKONYSÁGI MODELLEZÉSE A GMS SZOFTVER SEGÍTSÉGÉVEL	475
NYIRI Gábor, ZÁKÁNYI Balázs A RÉGI ÉS ÚJ ÓZDI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP ÖSSZEHASONLÍTÁSA	482
OLÁH Béla, VERMES Pál A KARBANTARTÁSI SZOLGÁLTATÁSOK HELYZETE A MEZŐGAZDASÁGBAN	491

PÁLINKÁS Sándor, FAZEKAS Lajos, GINDERT-KELE Ágnes, MOLNÁR András, KONYHÁS Dávid MEZŐGAZDASÁGI MUNKAGÉPEK TALAJMŰVELŐ ELEMINEK ÉLETTARTAM JAVÍTÁSA	502
PÁNYA Nándor A PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI JÁRMŰVEK AUTONÓMIÁJÁNAK FEJLŐDÉSE	510
POKORÁDI László KARBANTARTÁSI FOLYAMATOK SZIMULÁCIÓS ELEMZÉSI MÓDSZEREI	519
POÓS Tibor, SZABÓ Viktor, VARJU Evelin MATEMATIKAI MODELL FLUIDIZÁCIÓS SZÁRÍTÓ MÉRETEZÉSÉHEZ	537
SIKORA Emőke, KISS Adrienn, HUTKAINÉ GÖNDÖR Zsuzsanna, PEKKER Péter, KRISTÁLY Ferenc, VANYOREK László NEMESFÉMTARTALMÚ SZÉN NANOCSŐ ALAPÚ KATALIZÁTOROK FEJLESZTÉSE ÉS VIZSGÁLATA KATALITIKUS HIDROGÉNEZÉSI REAKCIÓKBAN	545
SOMOGYINÉ Molnár Judit, KISS Anett AZ AKUSZTIKUS HISZTERÉZIS VIZSGÁLATA LABORATÓRIUMBAN MÉRT P ÉS S HULLÁMSEBESSÉG ADATOK ALAPJÁN	555
SUHAJ Anett, VADÁSZNÉ BOGNÁR Gabriella EGYSZERESÉN ÁTLAPOLT, RAGASZTOTT, HÚZOTT KAPCSOLATOK NYÍRÓFESZÜLTSGÉNEK ELEMZÉSE	567
SZABÓ Martin, NEHÉZ Károly KLASSZIKUS PROGRAMOZÁSI TECHNOLÓGIÁK WEBES KÖRNYEZETBEN	574
SZABÓ Vivien REPÜLŐFEDÉLZETI TERRORTÁMADÁSOK ÉS AZ UTASBIZTONSÁG	579
SZÁNTÓ Attila, SZÍKI Gusztáv Áron, HAJDU Sándor SOROS GERJESZTÉSŰ EGYENÁRAMÚ MOTORRAL HAJTOTT VERSENYAUTÓ DINAMIKAI MODELLEZÉSE	587
SZEGEDI Péter, BÉKÉSI Bertold A NANOTECHNOLÓGIA LEHETSÉGES KATONAI ALKALMAZÁSAI	592

SZÉKELY István, KOLENCSIKNÉ TÓTH Andrea, TÓTH Viktória, SZÚCS Péter, MADARÁSZ Tamás VÍZREKESZTŐ RÉTEGEKBŐL TÖRTÉNŐ SZENNYEZŐANYAG VISSZAOLDÓDÁS JELENSÉGÉNEK VIZSGÁLATA DKS- PERMEABIMÉTERREL	602
SZIGETI Ferenc, DEZSŐ Gergely DUÁLIS KÉPZÉSI PROGRAMOK FEJLESZTÉSE A NYÍREGYHÁZI EGYETEMEN	613
SZILÁGYI Attila, SERES István ABSZORPCIÓS HŰTŐVEL MŰKÖDTETETT LÉGKONDITIONÁLÓ BERENDEZÉS VIZSGÁLATA NAPENERGIA FELHASZNÁLÁSÁVAL	622
SZILÁGYI Roland, VARGA Beatrix, GÉCZI-PAPP Renáta ÁRELŐREJELZÉS MÓDSZERTANI LEHETŐSÉGEI	631
SZILVÁSINÉ ROZGONYI Erika ÁLTALÁNOSÍTOTT HIPERGEOMETRIKUS FÜGGVÉNYEK TÖBBFÉLE ASPEKTUSBÓL VALÓ VIZSGÁLATA	640
SZLUK István, SZIGETI Ferenc MENETRÖGZÍTŐK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA	650
SZÚCS Péter A FELSZÍN ALATTI VÍZ, A LÁTHATATLAN TERMÉSZETI ERŐFORRÁS	656
TAMÁS Judit, TÓTH Zsolt OSZTÁLYOZÁSON ALAPULÓ POZICIONÁLÁSI MÓDSZEREK VIZSGÁLATA A MISKOLCI INFORMATIKAI ÉPÜLET HIBRID ADATHALMAZA ALAPJÁN	664
TOMPA Richárd SAJÁT POROK MINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA FÉLAUTOMATA BERENDEZÉSSEL	669
TÓTH Dániel, SZILÁGYI Attila, TAKÁCS György GÖRDÜLŐCSAPÁGYAK VIZSGÁLATA IDŐTARTOMÁNYBELI MÓDSZEREKKEL	676
TURAI Endre, NÁDASI Endre, SZILVÁSI Marcell A GEOELEKTROMOS GEOFIZIKAI MÓDSZEREK TEREPI ALKALMAZÁSÁNAK ÚJ EREDMÉNYEI A KÖRNYEZETVIZSGÁLATOK TERÜLETÉN	680

VALENTÉNYI Péter TÁRSASHÁZI ÉPÜLETEK HOMLOKZATI KIALAKÍTÁSÁNAK KÖLTSÉGVETÉSI ÖSSZEHASONLÍTÁSA	690
VÁNTUS András, CSATÁRI Nándor FEJLESZTÉSEK ÉS HATÁSAIK AZ ÁLLATTARTÁSBAN	694
VARGA Tamás Antal, MANKOVITS Tamás, MANÓ Sándor, KOCSIS Imre, BUDAI István FÉM HABOK MODELLEZÉSI LEHETŐSÉGEI	702
VERÉB Nándor SZENZOROK ÉS NANOSZENZOROK ALKALMAZÁSA AZ UAV-K FEDÉLZETÉN	706
ZÁKÁNYI Balázs, FEJES Zoltán, SZŰCS Péter, OSVÁTH Kristóf, ZSUGA János A TOKAJI-HEGYSÉG REGIONÁLIS ÁRAMLÁSI MODELLJÉNEK FELÉPÍTÉSE ÉS KALIBRÁLÁSA	714
DEÁK Krisztián, KOCSIS Imre DIAGNOSZTIKAI ÉS KARBANTARTÁSI VIZSGÁLAT CSAPÁGYHIBA ESETÉBEN WAVELET TRANSZFORMÁCIÓ ALKALMAZÁSÁVAL	720
LÁSZLÓ Noémi, MAROSNÉ Berkes Mária AUTÓIPARI LEMEZALAKÍTÓ SZERSZÁMOK TRIBOLÓGIAI TELJESÍTŐKÉPESSÉGÉNEK JAVÍTÁSA NAGY KEMÉNYSÉGŰ BEVONATOKKAL	728
PROKISCH József, KOZMA Ferenc FIAT STILO SZÍJFESZÍTŐ VIZSGÁLATA	738
BOHÁCS Katalin, SZUTORCSIK Lilla, MUCSI Gábor ZEOLIT ŐRLÉSÉNEK KINETIKAI VIZSGÁLATA KEVERŐMALOMBAN	744
BUDAY Tamás, KOVÁCS Réka Lilla HIDROGÉOLÓGIAI SZEMPONTOK A ZÁRT PRIMEROLDALI KIÉPÍTÉSŰ GEOTERMIKUS HŐSZIVATTYÚS RENDSZEREK TELEPÍTÉSÉBEN	750
BUDAYNÉ BÓDI Erika, BUDAY Tamás, KUBIK Lajos, KOVÁCS Réka Lilla KELET-MAGYARORSZÁGI PANNÓNIAI HÉVÍZREZERVOÁROK MEGJELENÉSE SZEIZMIKUS ÉS MÉLYFŰRÁSI GEOFIZIKAI ADATOK ALAPJÁN ÉS ENNEK HIDROGÉOLÓGIAI-VÍZTERMELÉSI VONATKOZÁSAI	758

POÓS Tibor, VARJU Evelin, SZABÓ Viktor
DIMENZIÓTLAN PÁROLGÁSI SEBESSÉG SZABAD
FOLYADÉKFELSZÍN PÁROLGÁSÁNÁL

766

TOMORI Zoltán, VADÁSZNÉ Bognár Gabriella
EGYSZERŰ BOLYGÓMŰ FOGAZATI INTERFERENCIÁI

774

PENETRÁCIÓS SZONDAADATOK FELDOLGOZÁSA KÉTDIMENZIÓS SÚLYOZOTT FAKTORANALÍZIS ALKALMAZÁSÁVAL

2D WEIGHTED FACTOR ANALYSIS FOR THE PROCESSING OF PENETRATION SOUNDING DATA

BALOGH Gergely Pál¹, SZABÓ Norbert Péter²

¹ Ph.D. hallgató, gfbg@uni-miskolc.hu

¹Miskolci Egyetem, Geofizikai Tanszék, 3515 Miskolc-Egyetemváros

² egyetemi docens, gfnmail@uni-miskolc.com

²MTA–ME, Műszaki Földtudományi Kutatócsoport, 3515, Miskolc-Egyetemváros

Kivonat: Jelen tanulmányban a mérnökgeofizikai szondázási mérések feldolgozására egy új statisztikus eljárást mutatunk be. A penetrációs szelvények faktoranalízisével megbecsülhető a felszínközeli konsolidálatlan üledékek víz- és gáztelítettsége. A klasszikus faktoranalízis algoritmusát a Steiner-féle leggyakoribb értékek módszerének alkalmazásával javítjuk. Ezáltal a szondaadatokat terhelő nem Gauss-eloszlású zaj, valamint kiugró adatok mellett is pontosabb becslés valószínűsíthető. A faktoranalízist továbbfejlesztettük több fúrás szelvényadatának egyidejű feldolgozására, mellyel a faktorok és a víztelítettség térbeli eloszlását határozzuk meg. A területi információ mellett a nagyméretű statisztikai minta növeli a kiértékelés pontosságát és megbízhatóságát. A módszert a Bábaapáti területen teszteljük, melynek keretében összehasonlítást végzünk az inverz modellezésen és a saját fejlesztésű faktoranalízisen alapuló kiértékelési eljárások között. A Steiner-súlyozást felhasználó faktoranalízis új alternatívát kínál mérnöki és környezetvédelmi feladatok hatékony megoldására.

Kulcsszavak: mérnökgeofizikai szondázás, faktoranalízis, Steiner-súly, víztelítettség

Abstract: In this study, a new statistical procedure for the processing of engineering geophysical sounding measurements is presented. By the factor analysis of penetration logs an estimate can be given to the water content and gas saturation of shallow unconsolidated sediments. The classical algorithm of factor analysis is further developed by using the Steiner's most frequent value method. Therewith, a more accurate solution can be given in case of non-Gaussian noises and outlying data. Factor analysis has been further developed for the simultaneous processing of multi-borehole data, which allows the determination of the spatial distribution of factor variables and water saturation. The method not only gives information about the region between the boreholes, but also improves the accuracy and reliability of evaluation by using a large statistical sample. We test the method in Bábaapáti and make a comparison between the results of factor analysis and inverse modeling. The Steiner-weighted factor analysis offers a new alternative for the efficient solution of engineering and environmental problems.

Keywords: engineering geophysical sounding, factor analysis, Steiner-weight, water saturation

1. BEVEZETÉS

A mérnökgeofizikai szondázásokat (MGSZ) felszínközeli üledékes képződmények talajmechanikai és köztetfizikai tulajdonságainak meghatározására alkalmazzuk [1]. Az ipartelepek, mélyépítések (alagút és metró), katonai létesítmények, kommunális és nukleáris hulladéklerakók felmérésének korszerű in-situ eszközt képezik. A mérési módszer alkalmazása során a talajba sajtolt kúp formájú szonda csúcscellenállásából és palástsúrlódásából geotechnikai paraméterekre, míg a készülékbe épített speciális érzékelők mechanikai, elektromos és nukleáris adataiból az altalaj összetételére, hézagterfogatára, agyagtartalmára és víztelítettségére következtethetünk. Az MGSZ adatok kiértékelése általában determinisztikus vagy geofizikai inverziós módszerekkel történik [2]. A szonda-

adatok többváltozós statisztikus feldolgozása alkalmas közvetlenül nem mérhető mennyiségek feltárására.

A faktoranalízist hagyományosan a mért változók számának csökkentésére alkalmazzák [3], melynek eredményeképpen a problémát kevesebb számú statisztikai változóval (faktorral) írjuk le. További előnyt jelent az, hogy a faktoranalízis képes az adatrendszerben lévő közvetlenül nem mérhető (látens) információ feltárására is. E módszer alkalmazásával a geofizika képes a földtani szerkezetek közetfizikai vagy litológiai jellemzőinek meghatározására vagy az adat-modell kapcsolatok és többértelmű inverz problémák elemzésére [4], [5]. A faktoranalízis segítségével megbecsülhető a mélyfúrás geofizikában a tárolóközetek agyagtartalma és szivárgási tényezője [6], a kis mélységtartományban dolgozó mérnökgeofizikai szondák adataiból pedig a kismélységű szerkezetek víztartalma megbecsülhető [7]. Ez utóbbi feladat megoldására súlyozott faktoranalízist is alkalmazhatunk, mely hatékonyan megkülönbözteti az eltérő minőségű adatokat a feldolgozás során. Jelen tanulmányban a tradicionálisan alkalmazott faktoranalízist (TFA) továbbfejlesztjük a Steiner-féle leggyakoribb értékek (MFV-FA) módszerének felhasználásával [8], és bemutatjuk annak kétdimenziós alkalmazását (2D MFV-FA) a bátaapáti nukleáris hulladéklerakó felett elhelyezkedő löszös-homokos földtani képződményen.

2. A 2D SÚLYOZOTT FAKTORANALÍZIS ELMÉLETE

Kutatásainkban a faktoranalízis bemenő mennyiségeit a standardizált mérnökgeofizikai szelvényadatok adják, melyek \mathbf{D} adatmátrixának sorai a mélységpontoknak (N), oszlopai pedig egy-egy szelvénytípusnak (K) felelnek meg. A faktoranalízis modellje az adatmátrix alábbi felbontásán alapul

$$\mathbf{D} = \mathbf{F}\mathbf{L}^T + \mathbf{E} \quad (1)$$

ahol az \mathbf{F} a faktorok $N \times Q$ méretű mátrixa, Q a faktorok száma ($Q < K$), \mathbf{L} a faktorsúlyok $K \times Q$ méretű mátrixa, \mathbf{E} a hibakomponens mátrix (\mathbf{T} a mátrix transzponáltját jelöli). Felételezzük, hogy az $\mathbf{F}\mathbf{L}^T$ és \mathbf{E} mátrixok korrelálatlanok és a faktorok lineárisan függetlenek ($\mathbf{F}^T\mathbf{F}/N = \mathbf{I}$ egységmátrix), ekkor a mért szelvények $K \times K$ méretű korrelációs mátrixa kifejezhető a faktoregyütthatókkal

$$\mathbf{R} = \frac{1}{N} \mathbf{D}^T \mathbf{D} = \mathbf{L}\mathbf{L}^T + \mathbf{\Psi} \quad (2)$$

ahol a $K \times K$ méretű $\mathbf{\Psi}$ diagonális mátrix a kiinduló változók szórásnégyzeteinek a közös faktorokkal nem értelmezhető részét képviseli. A *Maximum Likelihood* módszerrel közös eljárásban becsüljük meg a faktorsúlyokat és a hibavariációkat [9]. A lenti célfüggvény optimalizálásával az \mathbf{L} és $\mathbf{\Psi}$ mátrix iteratív eljárásban számítható

$$A(\mathbf{L}, \mathbf{\Psi}) = \text{tr}(\mathbf{R} - \mathbf{L}\mathbf{L}^T - \mathbf{\Psi})^2 = \min, \quad (3)$$

ahol „tr” a mátrix nyoma, azaz a főátlóbeli elemek összege. A A függvényt minimalizálni kell az összes faktorsúly és hibavariáció szerint. A faktorsúlyok ismeretében az alábbi egyenlet felhasználásával kiszámíthatóak a faktorok [10]

$$\mathbf{F}^T = (\mathbf{L}^T \mathbf{\Psi}^{-1} \mathbf{L})^{-1} \mathbf{L}^T \mathbf{\Psi}^{-1} \mathbf{D}^T, \quad (4)$$

ahol \mathbf{F} mátrix oszlopai a faktorok különböző mélységpontnál becsült értékei (a faktorszelvények). Jöreskog [11] gyors közelítő megoldást adott a hagyományos faktoranalízis elvégzésére, mely az adatok Gauss-eloszlását feltételezi. E feltétel a mérnökgeofizikai adatrendszerre ritkán teljesül, így a megoldás jó eséllyel torzul az adateloszlás aszimmetriája és a kiugró adatok miatt. Akárcsak az automatikus súlyozáson alapuló inverziós módszerek [12], a leggyakoribb értékek eljárásán alapuló súlyozott faktoranalízis (MFV-FA) is iteratívan javítja a faktorok számítását, miközben egyre kisebb mértékben különböznek a mért és a számított adatok. Az algoritmus kiindulópontja a Jöreskog megoldás, mellyel megbecsüljük a faktorsúlyokat és faktorszelvényeket, majd iteratívan tovább finomítjuk azokat. Az (1) egyenlet szerinti hagyományos faktoranalízis mátrixos elrendezése helyett az alábbi oszlopvektoros formalizmusra térünk át

$$\mathbf{d} = \tilde{\mathbf{L}}\mathbf{f} + \mathbf{e}, \quad (5)$$

ahol \mathbf{d} a KN elemű mért adatvektor, $\tilde{\mathbf{L}}$ a $KN \times QN$ méretű faktorsúly-mátrix, \mathbf{f} az QN elemű faktorok értékeket tartalmazó vektor és \mathbf{e} a hibatagot képviselő KN elemű vektor. Az \mathbf{e} eltérésvektor súlyozott normájának minimalizálásával előállíthatóak a faktorok. A q -edik iterációban a faktorsúlyokat a $(q-1)$ -edik lépésben előállított faktorokból a csillapított legkisebb négyzetek módszerével, majd azok ismeretében a faktorokat az iteratívan újrásúlyozott legkisebb négyzetek módszerével számítjuk [13]

$$\mathbf{L}^{T(q)} = (\mathbf{F}^{T(q-1)}\mathbf{F}^{(q-1)} + \alpha^2\mathbf{I})^{-1}\mathbf{F}^{T(q-1)}\mathbf{D}, \quad (6)$$

$$\mathbf{f}^{(q)} = (\tilde{\mathbf{L}}^{T(q-1)}\mathbf{W}\tilde{\mathbf{L}}^{(q-1)})^{-1}\tilde{\mathbf{L}}^{T(q-1)}\mathbf{W}\mathbf{d}, \quad (7)$$

ahol α a csillapítási tényező és \mathbf{W} a diagonális súlymátrix, mely a Steiner-súlyokat tartalmazza ($j=1, \dots, KN$)

$$W_{jj} = \frac{\varepsilon^2}{\varepsilon^2 + (e_j)^2}. \quad (8)$$

A fenti iterációs eljárás minden lépésében a faktorokkal elvi szelvényadatokat ($\mathbf{d}^e = \tilde{\mathbf{L}}\mathbf{f}$) számítunk. Ha az (5) egyenletből kifejezhető \mathbf{e} eltérésvektor értéke nagy, ami annyit jelent, hogy a számított adatok távol esnek a mérési adatoktól, akkor a (8) egyenletben definiált súlyok kicsi, míg jó adattérbeli illeszkedés esetén nagyobb értékűek lesznek. Így a jobb minőségű adatok nagyobb mértékben befolyásolják a megoldást, míg a kiugró értékek hatását csaknem teljesen elnyomjuk. A (8) formulában szereplő dihézió (ε) egy skálaparaméter jellegű mennyiség, mely a súlyfüggvény alakját határozza meg. Az ε értékét az eljárás automatikusan változtatja, ezzel optimális súlyokat rendelhetünk az aktuális adattérbeli illeszkedésnek megfelelően. Az iteratív újrásúlyozás azt jelenti, hogy a súlyokat minden lépésben újrászámítjuk, ezzel a mért és a faktorok alapján számított szelvényadatokat eltérését minimalizáljuk. A fenti statisztikai módszert MFV-FA eljárásnak nevezzük.

Az MFV-FA módszer egydimenziós algoritmusát könnyen továbbfejleszthető többdimenziós (2D vagy 3D) eljárássá, mely lehetővé teszi több környező fúrás valamennyi adatának egyidejű feldolgozását és a faktorok eloszlásának meghatározását a fúrások mentén, valamint az azok közötti térrészben. Legyen az összes fúrásból származó adat egy vektorban tárolva (\mathbf{d}^*), ekkor a mért és a számított adatok eltérése: $\mathbf{e}^* = \mathbf{d}^* - \tilde{\mathbf{L}}\mathbf{f}^*$. Ez utóbbi

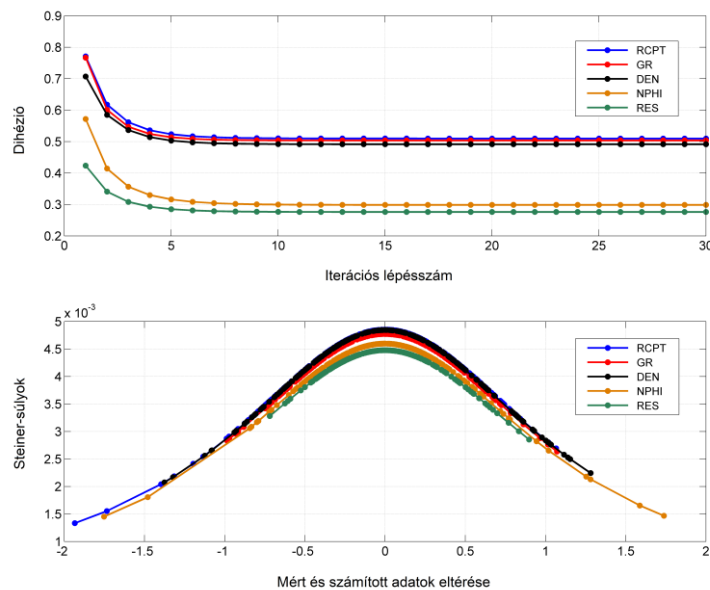
eltérésvektor súlyozott normájának minimalizálásával a faktorkok a (6)–(7) egyenlet felhasználásával iteratív eljárásban számíthatók. Az adatvektor és a faktorkok kapcsolatát leíró mátrixegyenlet tehát több fűrás egyidejű feldolgozására vonatkozik

$$\begin{pmatrix} \mathbf{d}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{d}_h \\ \vdots \\ \mathbf{d}_H \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{\mathbf{L}}_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \tilde{\mathbf{L}}_h & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \tilde{\mathbf{L}}_H \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{f}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{f}_h \\ \vdots \\ \mathbf{f}_H \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mathbf{e}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{e}_h \\ \vdots \\ \mathbf{e}_H \end{pmatrix}, \quad (9)$$

ahol $\tilde{\mathbf{L}}_h$ a faktorsúlyok mátrixa és \mathbf{f}_h a faktorkok oszlopvektora a h -edik fűrőlyukban. Az N_h a mélységpontok számát jelöli a h -edik fűrásban ($h=1,2,\dots,H$), a feldolgozott mélységpontok teljes száma $N^*=N_1+N_2+\dots+N_H$. Ha minden fűrásban ugyanazokat a szelvényeket regisztráljuk, akkor a \mathbf{W} diagonális súlymátrix mérete $KN^* \times KN^*$. A 2D MFV-FA eljárás során az \mathbf{L}^* faktorsúlyok mátrixa és az \mathbf{f}^* faktor értékek vektora a Jöreskog módszerrel meghatározható és a súlyozott faktoranalízissel tovább javítható.

3. TEREPI ALKALMAZÁSOK

A 2D MFV-FA eljárás tesztelését megelőzte az 1D szelvények vizsgálata. Mérnökszondázási adatainkat a bátaapáti laza szerkezetű víz- és levegőtartalmú löszös üledékben történő mérések *RCPT* (MPa) csúcscellenállás, *GR* (cpm) természetes gamma-intenzitás, *DEN* (g/cm^3) sűrűség, *NPHI* (V/V) neutron-porozitás és *RES* (ohmm) fajlagos ellenállás szelvényadatai szolgáltatották. A Jöreskog algoritmusból kiinduló MFV-FA statisztikai eljárás a faktorsúlyokat és faktorkokat 15 iterációs lépésben állítja elő. Minden iteratív lépésben 30-szor újraszámoljuk a (8) egyenletben szereplő Steiner-súlyokat és a dihézió értékét, melyek csökkentésével a kiugró adatok kevésbé járulnak hozzá a megoldáshoz.

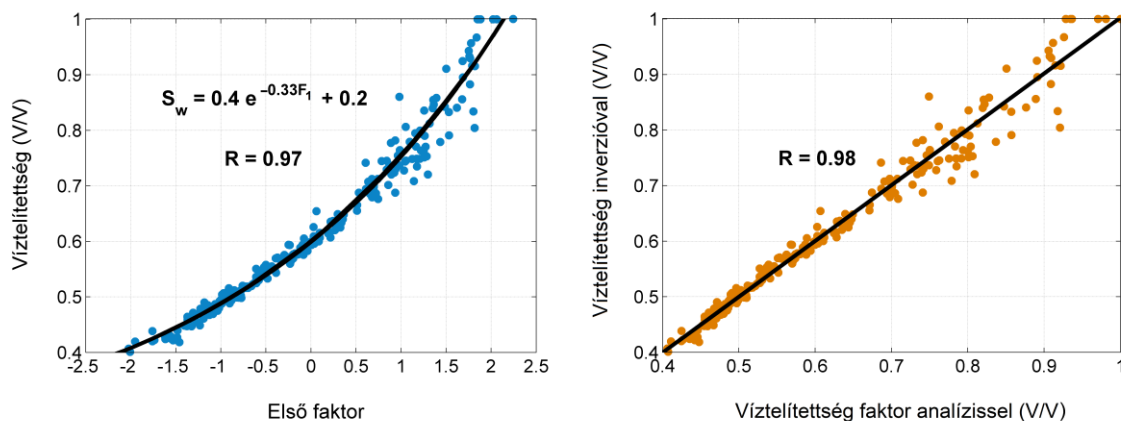


1. ábra: Az 1D MFV-FA eljárás során a dihézió változása és a mérnökszondázási adatok Steiner-súlyainak optimális értékei az adattávolság függvényében

Az 1D MFV-FA eljárással két független faktort számítunk. Az MGSZ szelvényekre vonatkozó faktorsúlyok az alábbiaknak adódtak: -0.41 ($RCPT$), 0.31 (GR), 0.88 (DEN), 0.93 ($NPHI$), -0.98 (RES). Ebből látható, hogy a neutron-porozitás és fajlagos ellenállás adatok nagy súlyt gyakorolnak az első faktorra. Mivel az $NPHI$ és a RES szelvényeket elsősorban a víztartalom befolyásolja, feltételezhető volt, hogy az első faktor a víztelítettségéről hordoz információt (2. ábra). A regressziós kapcsolat az első faktor (F_1) és a víztelítettség (SW) között

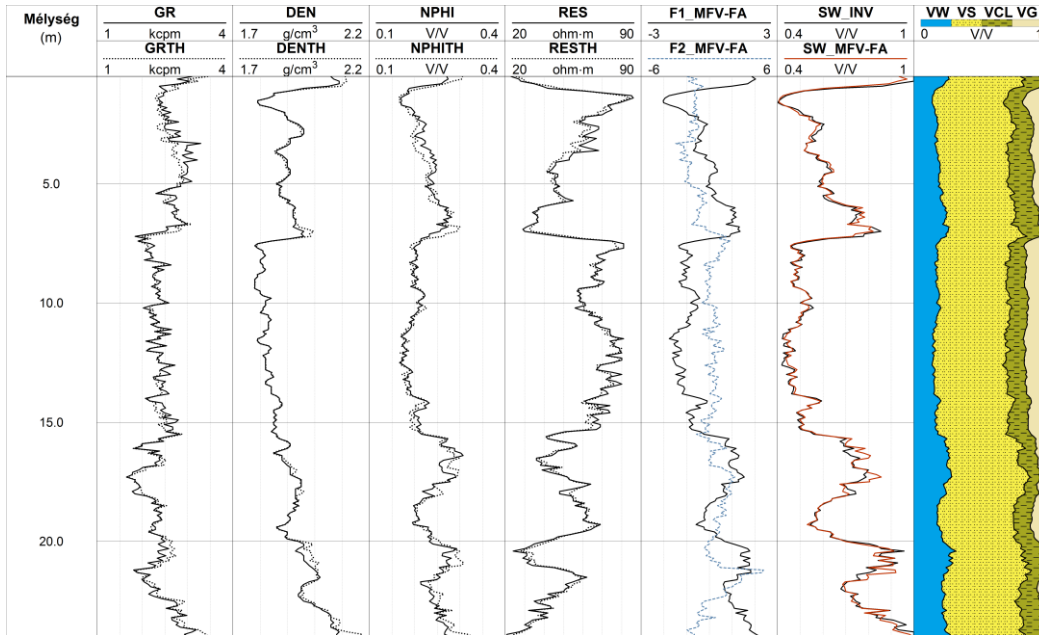
$$S_w = ae^{-bF_1} + c, \quad (10)$$

melynek együtthatói 95 %-os konfidencia intervallumon belül: $a=0.40\pm 0.04$, $b=-0.33\pm 0.03$, $c=0.20\pm 0.04$. Az $R=0.97$ értékű Pearson-féle korrelációs együttható a két változó szoros kapcsolatát mutatja. Az MGSZ szelvényeket mélységpontenkénti inverzióval is feldolgoztuk, melynek megoldását a súlyozott legkisebb négyzetek módszerével határoztuk meg. Ennek keretében a rétegek porozitását, agyagtartalmát és víztartalmát pontonként együttesen állítottuk elő [7]. A 2. ábra azt is mutatja, hogy a faktoranalízissel és a független inverzióval számított víztelítettség értékek jól egyeznek. A $R=0.98$ értékű korrelációs tényező és a függvénykapcsolatot leíró 45° -os egyenes konzisztens becslési eredményt mutat.



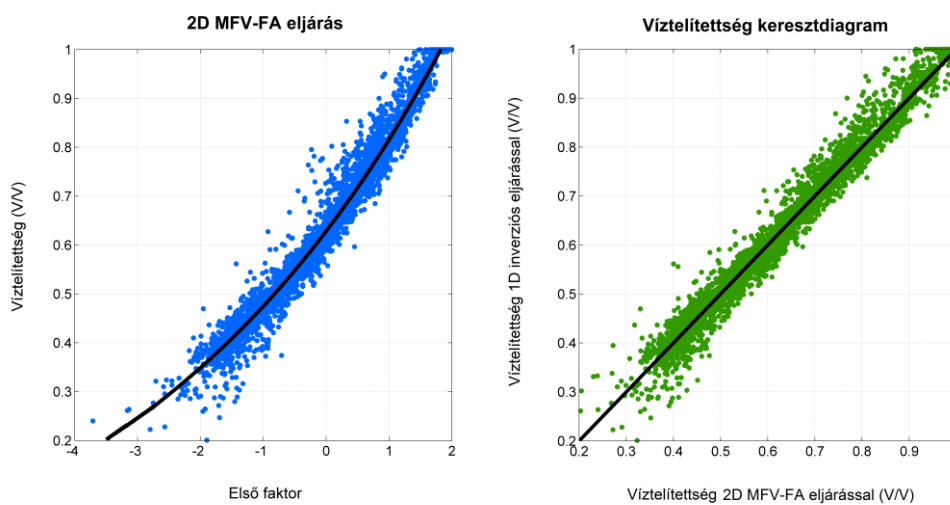
2. ábra: Az első faktor és a víztelítettség regressziós kapcsolata és az 1D MFV-FA eljárással és a pontonkénti inverzióval becsült víztelítettség kapcsolata

A statisztikus és inverziós kiértékelés eredményét a 3. ábra mutatja. A mért és számított (TH) szelvényeket, az inverzióval becsült kőzetalkotók térfogatarányait (VW – víztartalom, VS – homok térfogatarány, VCL – agyagtartalom és VG levegő részaránya), a két faktort ($F1_{MFV-FA}$, $F2_{MFV-FA}$) és a faktoranalízissel (SW_{MFV-FA}) és a lokális inverzióval (SW_{INV}) becsült víztelítettség szelvényeket mutatja. Az első faktorszelvényből a (10) formula alapján közvetlenül becsülhetjük a víztelítettséget. Mivel a pórusteret az édesvíz mellett levegő is telíti, ezért a levegőteltettség $SG=1-SW$ képlettel számítható. A mért és számított adatok közötti átlagos négyzetes eltérés $RMS=3.9\%$, mely az inverziós feldolgozás hatékonyságát mutatja. Ezzel jól egyező eredményeket szolgáltat a súlyozott faktoranalízis. Az ábrán látható a két víztelítettség görbe megfelelő illeszkedése, melyek közötti hiba $RMS=2.4\%$.



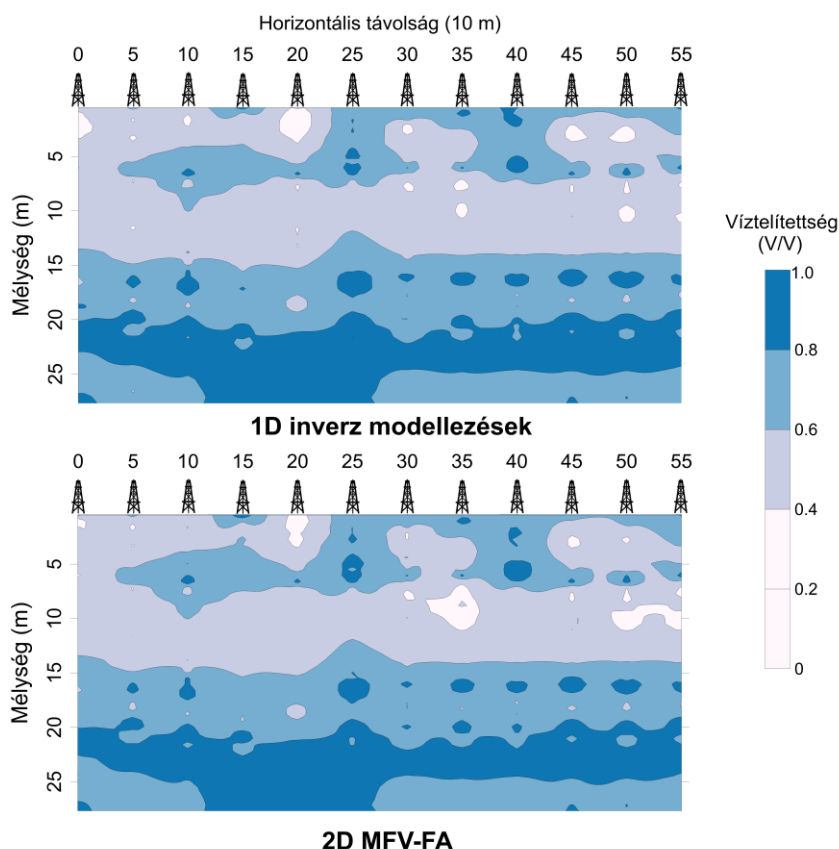
3. ábra: A mért és pontonkénti inverzióval számított mérnökszondázási adatok, a faktorok, a faktoranalízissel (SW_MFV-FA) és inverzióval (SW_INV) becsült víztelítettség-, a víz-, a gáz-, a homok- és az agyagtartalom szelvény

Az 1D MFV-FA eljárást több fúrásban történő sikeres alkalmazás után kétdimenziós esetre, azaz profil mentén elhelyezkedő fúrások egyidejű vizsgálatára, is kiterjesztettük. Ebből a célból a bátaapáti terület 12 (egymástól egyenként kb. 50 m-re elhelyezkedő) fúrásának RCPT, GR, DEN, NPHI és RES szelvényadatait használtuk fel. Mind a 12 fúrás összes adatát a (9) egyenlet alapján egy oszlopvektorba rendeztük, így megbízhatóbb megoldást eredményez az egyedi fúrásokhoz képest a két nagyságrenddel nagyobb statisztikai minta (15,500 adat). Akárcsak az 1D MFV-FA eljárásnál az első faktor és a víztelítettség között erős exponenciális kapcsolat jelentkezik, és emellett az 1D inverzióval illetve a 2D MFV-FA faktoranalízissel becsült víztelítettségek is jó egyezést mutatnak (4. ábra).



4. ábra: Az első faktor és a víztelítettség regressziós kapcsolata, a 2D MFV-FA eljárással és az 1D mélységpontonkénti inverzióval becsült víztelítettség egyezése

A 2D_MFV-FA eljárás keretében meghatároztuk a két statisztikai faktor szelvény menti és mélységi változását. A (10) egyenlet feltételezésével meghatároztuk a regressziós egyenlet együtthatóit és annak hibáit, melyek az 1D kiértékeléshez hasonló értékűnek adódtak. Ezzel valamennyi fúrás mentén kiszámítottuk a víztelítettséget. A pontonkénti inverziót fúrásonként elvégezve előállíthatjuk a víztelítettség változását, mind a horizontális, mind pedig a vertikális irány mentén. Az 5. ábra a két független szelvényértelmezési eljárással kapott eredmény jó egyezését mutatja. (Kismértékű eltérés a felszínközeli rétegek levegőteltettségében látható.) Megjegyezzük, hogy a víztelítettség ismeretében további paraméterek is leszámaztathatók, pl. a szivárgási tényező és a száraz sűrűség.



5. ábra: 1D pontonkénti inverziós eljárások sorozatából előálló és a 2D MFV-FA eljárással becsült víztelítettség-szelvények

ÖSSZEFOGLALÁS

Mérnökgeofizikai szondázási adatrendszerek kiértékelésére új kétdimenziós robusztus statisztikai eljárást javasoltunk, mely figyelembe veszi az egyes adatok megbízhatóságát és azokhoz optimális súlyt rendel. Az összes fúrásban a szelvényadatok együttes feldolgozásával számított faktorok erős korrelációt mutattak a felszínközeli laza rétegek víztartalmával. A faktorok számítása az iteratív eljárás miatt kb. egy nagyságrenddel lassabb, azonban a nagy statisztikai minta megbízható megoldást szolgáltat. A faktoranalízissel becsült víztelítettségek jó egyezést mutatnak a független mélységpontonkénti inverzióval számított víztelítettségekkel. Emellett a víztelítettség térképekből fontos petrofizikai és geotechnikai

mennyiségeket is származtathatunk. A javasolt statisztikai módszer elősegíti a heterogén konszolidálatlan képződmények kőzetfizikai modellezését, az MGSZ adatokban rejlő kőzetfizikai és litológiai információ hatékony kinyerését, mely eredményesen alkalmazható a vízkutatásban, mérnöki és környezetvédelmi problémák megoldásában.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők, mint a PD109408 sz. Ifjúsági OTKA vezető (SZNP) és résztvevő (BGP) kutatói köszönetet mondanak az Országos Tudományos Kutatási Alap támogatásáért, emellett Dr. Dobróka Mihály professzor úrnak, Stickel János igazgató úrnak és Dr. Drahos Dezső tanár úrnak a tanácsaikért és a szakmai együttműködésükért.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **FEJES, I., JÓSA, E.:** *The engineering geophysical sounding method*. Principles, instrumentation, and computerised interpretation, In: S. H. Ward (ed.), *Geotechnical and environmental geophysics*, 2, Environmental and groundwater, 1990., 321–331
- [2] **DRAHOS, D.:** *Inversion of engineering geophysical penetration sounding logs measured along a profile*, *Acta Geodetica et Geophysica Hungarica*, 40, 2005. 193–202.
- [3] **LAWLEY, D. N., MAXWELL, A. E.:** *Factor analysis as a statistical method*, *The Statistician*, 12, 1969., 209–229
- [4] **FRAIHA, S. G. C., SILVA, J. B. C.:** *Factor analysis of ambiguity in geophysics*. *Geophysics*, 59, 1994., P. 1083–1091
- [5] **XU, C., DAI, F., YAO, X., ZHAO, Z., XIAO, J.:** *GIS platform and certainty factor analysis method based Wenchuan earthquake-induced landslide susceptibility evaluation*, *Journal of Engineering Geology*, 2010., 15–26
- [6] **SZABÓ, N. P.:** *Hydraulic conductivity explored by factor analysis of borehole geophysical data*. *Hydrogeology Journal*, 23, 2015., 869–882
- [7] **BALOGH, G. P.:** *New statistical approach for water content determination in shallow geological environment*, *MultiScience - XXX. microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference*, 2016.
- [8] **STEINER, F.:** *The most frequent value*, *Introduction to a modern conception of statistics*. Academic Press, Budapest, 1991.
- [9] **MÓRI, T.:** *Főkomponens- és faktoranalízis*, *Elte Valószínűségelméleti és Statisztika Tanszék, egyetemi jegyzet*, 1999., 1–13
- [10] **BARLETT, M. S.:** *Factor analysis in psychology as a statistician sees it*, *Nordisk Psykologi's Monograph Series 3*, Almqvist and Wiksell, Uppsala, 1953., 23–34
- [11] **JÖRESKOG, K. G.:** *Factor analysis and its extensions*, In: R. Cudeck and R. C. MacCallum (eds.), *Factor analysis at 100, historical developments and future directions*, Lawrence Erlbaum Associates, 2007., 47–77
- [12] **GYULAI, Á., BARACZA, M. K., SZABÓ, N. P.:** *On the application of combined geoelectric weighted inversion in environmental exploration*, *Environmental Earth Sciences*, 71, 2014., 383–392
- [13] **DOBRÓKA, M.:** *Bevezetés a geofizikai inverzióba*, *Egyetemi jegyzet*, Miskolci Egyetem, 2001.