

Buday Tamás, Kyrillos Samir Ghattas

## A mélyfúrás geofizikai adatainak digitalizálása hidrodinamikai modellezéshez

*A részletes geológiai és hidrodinamikai modellek kialakításakor a rétegsoron túl szükség lehet a mélyfúrás geofizikai szelvények pontos ismeretére, amelyekkel releváns petrofizikai, rezervoár-mechanikai jellemzőket határozhatunk meg, és szerkezetföldtani elemeket azonosíthatunk. A mért adatok rögzítésére és tárolására évtizedeken keresztül hagyományosan papíralapú naplókat használtak, a modern számítógépes szoftverek azonban digitális adatsorokat igényelnek. Ezért szükséges a papíralapú kútdatok és mélyfúrás geofizikai szelvények digitalizálása, amely speciális geológiai vagy geofizikai szoftverekkel vagy képelemző szoftverekkel végezhető el. A kapott eredmények azonban függhetnek a választott módszertől, ezért elemzésükre szükség van.*

*Jelen kutatásban a Tiszacsege B-119-es fúrás papíralapú fúrás geofizikai görbéi alapján vizsgálunk lehetséges eljárásokat, a teljesen manuális rendszerektől a mesterséges intelligencia által támogatott rendszerekig. A kapott eredmények alapján az elvárt pontosság mellett nem rövidíthető le a geológus vagy a geofizikus szakértő digitalizáló vagy ellenőrző munkája, elsősorban a pontatlan rajzú görbék, a szkennelés során fellépő torzítások kiküszöbölése, az egymást fedő görbék és a skálaváltás során fellépő változások követése. Az információgazdag napló digitális formátumba történő konvertálásával kapott eredmények lehetővé teszik a hatalmas mennyiségű papíralapú kútfúrás napló adatainak hatékonyabb tárolását és újrafelhasználását a geológiai, hidrogeológiai, geotermikai, szénhidrogénipari modellezéshez.*

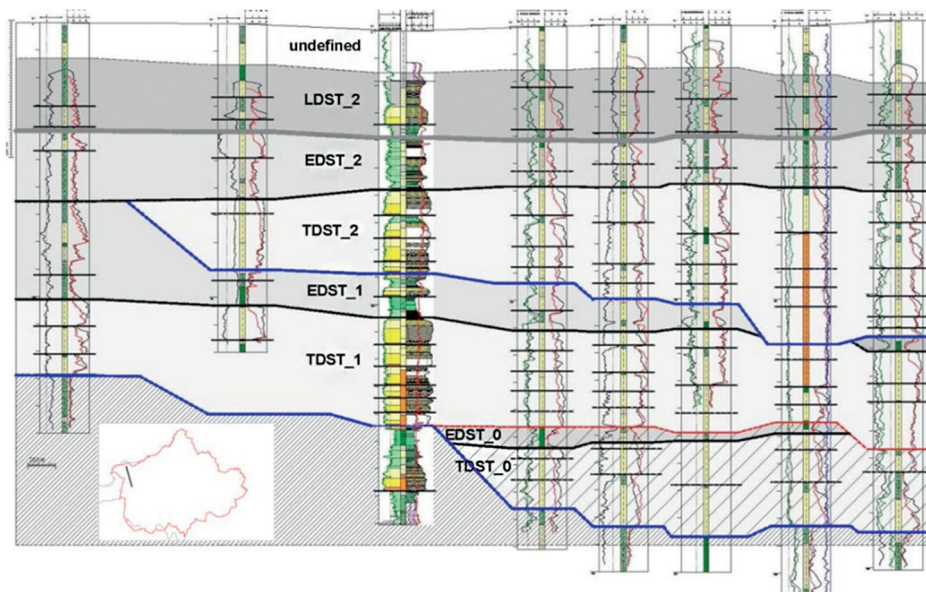
**Kulcsszavak:** mélyfúrás geofizika, digitalizálás, hidrodinamikai modellezés, litosztatigráfia, NeuraLog

### 1. Bevezetés

A víz- és szénhidrogén-termelés, a geotermikus energiahasznosítás kiemelkedő fontosságú technológiája a mélyfúrás geofizika [2]. A rétegsor litológiai jellemzői, a porozitás, a permeabilitás, a szénhidrogén-telítettség, a törések jelenléte és iránya is meghatározható segítségével. A nemzetközi geofizikai-kőolajipari vállalatok és szolgáltató cégek a geofizikai és geológiai kutatás és feltárás teljes folyamatában digitális kútdatokat használnak, köszönhetően a modern szondák digitális adatszolgáltatásának.

Magától értetődik, hogy a korábban elkészült, nem digitalizált naplók, lyukgeofizikai szelvények feldolgozása is számos előnnyel jár, különösen olyan területeken, mint Magyarország, ahol százezres nagyságrendű mélyfúrás geofizikai szelvény érhető el nem digitális formában.

A digitalizálás segít a földtani, szerkezetföldtani szelvények (1. ábra), térképek, folttérképek, izovonalas térképek elkészítésében, illetőleg részletesebb információt szolgáltat a litológiai egységek kiterjedéséről és jellemzőiről, például jellemző szemcseméret, porozitás, sűrűség, víztelítettség, amelyek a hidrodinamikai modellezésben is lényeges alapinformációk [1], [2], [3], [4].



1. ábra

Földtanmodell-építés geofizikai adatokkal, lehetséges hidrodinamikai modellrétegek kijelölésével [1]

A feldolgozás során számos gyakorlati kihívással szembesülünk, amelyek egy része manuálisan ugyan javítható, ez azonban gyakran veszélyezteti a digitalizálás gyorsaságát és automatizálhatóságát.

A geofizikai kutatásokban a saját, egyedi tervezésű szoftverek használata lehet a kulcs a kútdatok digitalizálásához és generálásához. Számos szoftver létezik a kútnaplók és más kapcsolódó adattípusok digitalizálására, ezek egyike a Neuralog, amely az iparág úttörője a kőolajipar számára a kútdatok digitalizálására, szerkesztésére, feldolgozására és megjelenítésére szolgáló eszközök és szoftverek létrehozásában, ez az egyik legjobb szoftvercsomag a papíralapú eredetű kútnaplók digitalizálására [5], [6].

A modul a szkennelt kútnaplókat digitális kútdatformatumba (\*.las fájlkiterjesztés) konvertálja és digitalizálja, amelyet más geológiai és geofizikai szoftverprogramok használhatnak. A Neuralog segítségével a naplózási adatok automatikusan digitalizálhatók, minőségileg javíthatók, szerkeszthetők és ellenőrizhetők. Ezenkívül ebben a programban megadhatók a szükséges naplóalapot, beleértve a fúrás helyének koordinátáira, mélységére és méretarányára vonatkozó információk, majd a sonda típusa és a kezelő adatai is.

Más szoftvermodulok, mint például a NeuraDesktop, a NeuraSection és a NeuraMap, képesek egy vagy több kút digitalizált és vizualizált adatainak megjelenítésére. A NeuraMap

például digitális térképek fejlesztését kínálja, lehetővé téve a rezervoárok lehatárolását, a térfogatszámítást a fúrási adatok felhasználásával.

A létrejövő digitális adatbázisok alkalmasak a tározók pontos jellemzése és modellezése, a felszín alatti képződmények megismerése céljából is, amellyel optimalizálhatók a fúrási és termelési műveletek. Az adatok könnyen kereshetők, válogathatók, értelmezhetők és elemezhetők, így az adatkezelés és az erőforrás-kezelés hatékony. Ennek segítségével azonosíthatók az adatokon belüli minták és trendek, döntéstámogatás nyújtható az érintettek számára, valamint ellenőrizhető a környezetvédelmi és biztonsági előírásoknak való megfelelés.

## 2. Módszerek

A vizsgálatok elvégzéséhez a Tiszacsege B-119-es fúrás geofizikai görbéinek szkennelt és több részletből montázsolt digitális képét használtuk fel. A fúrást 3 eljárás segítségével digitalizáltuk.

A Geogörbe nevű szoftvert a Debreceni Egyetemen fejlesztették [3], megfelelően előkészített raszteres képállományban az egymást nem metsző folytonos görbéket automatikusan követi, és a raszterpontok értékét a megadott skála és mélységadatok segítségével meghatározza, és egy szövegfájlba ad végeredményként. A kútdatok további adatfeldolgozás során Access-adatbázisban rögzítődnek, ahonnan kirajzoltathatók például SmartSketch szoftver segítségével.

Térinformatikai szoftverek is alkalmazhatók a görbék digitalizálására. Az adatokat tartalmazó kép georeferálható, így bizonyos torzulások hatásai csökkenthetők. A jól elkülönülő görbék esetén a raszteres állomány pixeljei kiolvashatók, illetőleg vektoros állomány hozható létre. Amennyiben nem különülnek el a görbék, szükséges a görbék vektoros állományba digitalizálása, majd a töréspontok koordinátáinak kiolvasása.

A NeuraLog az olaj- és gázipari ágazatban a kútdatok digitalizálására, feldolgozására, szerkesztésére, megjelenítésére és átalakítására szolgáló eszközök és szoftverek létrehozásának iparági úttörője [5]. A szoftvermodul a szkennelt papíralapú naplófájlokat digitális kútdatokká (\*.las kiterjesztés) alakítja át, amelyeket más geológiai és geofizikai szoftverprogramok használhatnak. A NeuraLog segítségével a jó minőségű geofizikai görbék automatikusan digitalizálhatók, minőségileg javíthatók, szerkeszthetők és ellenőrizhetők. Amennyiben a görbe minősége nem megfelelő, akkor szükséges átdigitalizálni. Ezenkívül ebben az alkalmazásban megadhatók a szükséges naplóadatok, beleértve a fúrás helyére vonatkozó információkat, a kút adatait (koordináták, mélység, méretarány), a méréseket, a fúrás kezdetét és végét, és így tovább.

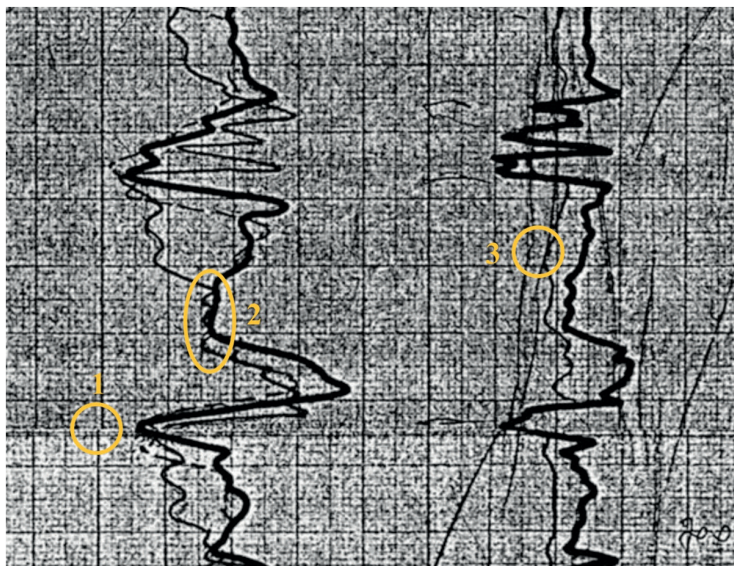
A kapott exportadatfájlokat a hidrodinamikai modellépítésben való alkalmazhatóság szempontjából vizsgáltuk.

## 3. Eredmények

A digitalizálás során azonosított, az automatizálást nehezítő vagy lehetetlenné tevő problémák az alábbiak:

- éleetlen, pontatlan görbék a korábbi optikai adatrögzítés vagy a sokszorosítás hibái miatt;

- megázás, elmosódás, foltok, gyűrődések: korábbi helytelen tárolás miatt a görbék egy része olvashatatlan, vagy új vonalak jelennek meg (2. ábra);
- kis kontraszt: a görbék a rácsoktól, a milliméterpapír beosztástól nehezen különülnek el (2. ábra);
- szkennelés, illesztés közbeni torzulások (2. ábra);
- az egymáson futó görbék takarják egymást, különösen az ellenállásgörbék esetén (2. ábra);
- eltérő vastagságú, illetve szaggatott görbék jelennek meg;
- skálaváltás során az eredeti görbe megszakad, a folytatása nem mindig pontos.



2. ábra

*Néhány digitalizációt nehezítő probléma: 1. pontatlan illesztés; 2. egymást fedő, részben nem folytonos vonalak, amelyek a milliméterpapír beosztásától alig különülnek el; 3. gyűrődések nyomai, amelyek hasonlóan jelennek meg, mint a görbék [a szerzők]*

A kézzel történő átrajzolás a fenti problémák jelentős részét kiküszöböli vagy a hatást jelentősen mérsékli, de egyrészt szubjektív, másrészt időigényes. Az automatikus követés előrajzolás nélkül nem működik elég hatékonyan, különösen a statisztikai bizonytalanságot is tartalmazó görbéknél. A raszterből történő kiolvasás esetén a mélységek egyenközűek, de a különbség a kép eredeti felbontásától függ. A vektoros állomány esetében a kiolvasás nem egyenközű. Egyenközű, adott értékű adatok igénye (például továbbszámolás) esetén mindkét esetben további lépések szükségesek az átskálázáshoz. A raszteres állományból történő kiolvasás esetén a maximumcsúcsok értékei csökkennek, míg a minimumcsúcsok értékei nőnek, a nagy sűrűségű csúcsok eltűnnek. A kapott eredmények alapján az automatizációval készült adatok elsősorban kvalitatív és félkvantitatív elemzésre alkalmazhatók.

## 4. Következtetések

A geofizikai mérések eredményei geológiai értelmezésének pontosságát a szoftveres adatfeldolgozás növeli. Az adatok pontossága az egyes elemzések esetében eltérő, de szemikvantitatív és kvalitatív elemzésre az összes vizsgált módszer megfelelő. A földtani és hidrogeológiai modellépítésben azonban ez általában elegendő pontosság.

A kútnaplók digitalizálása számos előnyt kínál az olaj- és gázipar, a víztermelés és geotermikus energiatermelés számára, többek között a jobb adatkezelést, a pontosságot, a jobb együttműködést és a hatékonyabb döntéshozatalt. Bár vannak kihívások, amelyeket figyelembe kell venni, a kútnaplók digitalizálásának jövője ígéretesnek tűnik a technológia, az adatelemzés és az új alkalmazások folyamatos fejlődésével.

Az egyik legjelentősebb előny, hogy hatékonyabb adatkezelést tesz lehetővé. Ezen túlmenően a digitális kútnaplók fejlett szoftvereszközökkel elemezhetők, amelyek olyan betekintést nyújthatnak a felszín alatti geológiába, amely a papíralapú naplókval esetleg nem lett volna lehetséges. Ez pontosabb tározómodellezéshez és jobb fúrási műveletekhez vezethet.

A digitális kútnaplók könnyen kereshetők, rendezhetők, értelmezhetők és elemezhetők, ami megkönnyíti a geológusok és a mérnökök számára a mintázatok és a tendenciák azonosítását az adatokban.

A digitalizálás a különböző munkacsoportok és szervezetek közötti jobb együttműködést is lehetővé teszi. Mivel a digitális kútnaplók könnyen megoszthatók a különböző érdekelt felek, például geológusok, mérnökök és befektetők között az interneten keresztül, több fél számára egyszerűbbé válik az azonos adatokhoz való hozzáférés és azok értelmezése. Ez jobb döntéshozatalt és hatékonyabb erőforrás-gazdálkodást eredményezhet.

A technológia folyamatos fejlődésével a kútnaplók digitalizálásának jövője ígéretesnek tűnik. Az egyik feltörekvő trend és fejlesztési terület a gépi tanulás (ML) és a mesterséges intelligencia (AI) algoritmusaié, amelyek nagy mennyiségű kútnaplóadat elemzésére és olyan minták és trendek azonosítására használhatók, amelyek az emberi elemzők számára nem feltétlenül tűnnek fel azonnal. Ezek segítségével pontosabb hidrodinamikai modellek készíthetők, amelyek nagyban elősegítik a felelős vízkészlet-gazdálkodást is.

## Felhasznált irodalom

- [1] Demeter G. et al. szerk., „Szekvencia-sztratigráfiai alapú földtani kutatás Nyíregyháza-Szatmárnémeti térségében,” Debrecen, Magyarország: Dominium, 2010, pp. 1–287.
- [2] G. Asquith, D. Krygowski, „Basic Well Log Analysis,” Tulsa, Amerikai Egyesült Államok: AAPG, 2004, pp. 1–244. Online: <https://doi.org/10.1306/Mth16823>
- [3] Gyula G., Németh G., „Szoftverfejlesztés a vízáadó képződmények adatbázis építéséhez és lekérdezéséhez” in A fenntartható vízgazdálkodás eszköztárának bővítése Mátészalka–Beregszász térségében, Püspöki Z., Lazányi J. szerk. Nyíregyháza, Magyarország: Westsik Vilmos Nyírségi Tájékozódási Alapítvány, 2005, pp. 9–36.
- [4] Marton L., „Alkalmazott hidrogeológia,” Budapest, Magyarország: ELTE Eötvös, 2009, pp. 1–626.
- [5] NeuraLog Products. Online: [www.neuralog.com/oil-and-gas-data-software-hardware-scan-digitize-print-well-log/](http://www.neuralog.com/oil-and-gas-data-software-hardware-scan-digitize-print-well-log/)



- [6] Yuriy M. Vikhot, „Using Software for Digitizing and Visualizing Well Logging Data for Modelling in Geology”. International Scientific and Practical Conference „Electronics and Information Technologies” (ELIT-2018), 2018. Online: <https://doi.org/10.30970/elit2018.A03>

## ***Digitisation of Geophysical Well-Logs for Hydrodynamic Modelling***

*When building detailed geological and hydrodynamic models, it may be necessary to have an accurate knowledge of well-log geophysics beyond the lithology column, which identifies the relevant petrophysical features and fractures. Paper logs have traditionally been used for decades to record measurements, but modern computer software requires digital data sets. For this reason, it is necessary to digitize paper well data, which can be done using specialized geological or geophysical software or image analysis software. However, the obtained results may depend on the method chosen, so their analysis is necessary.*

*In this research, this procedure is presented based on the paper-based well-log curves of a Tiszacsege B-119 borehole, with the conversion of the information-rich log into digital format. Based on the results, the digitizing or controlling work of the geologist or geophysical expert cannot be shortened beyond the expected accuracy, mainly because of inaccurately drawn curves, the elimination of distortions during scanning, the presence of overlapping curves and scale changes. The results from converting the information-rich logs into digital format allow for more efficient storage and reuse of the huge amount of paper-archived well log data for geological, hydrogeological, geothermal, hydrocarbon modelling.*

**Keywords:** *geophysical well-logs, digitisation, hydrodynamic modelling, lithostratigraphy, Neuralog*

Dr. Buday Tamás adjunktus Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar Földtudományi Intézet Ásvány- és Földtani Tanszék <a href="mailto:buday.tamas@science.unideb.hu">buday.tamas@science.unideb.hu</a> <a href="https://orcid.org/0000-0003-4599-5569">orcid.org/0000-0003-4599-5569</a>	Tamás Buday, PhD Senior Lecturer University of Debrecen Faculty of Science and Technology Institute of Earth Sciences Department of Mineralogy and Geology <a href="mailto:buday.tamas@science.unideb.hu">buday.tamas@science.unideb.hu</a> <a href="https://orcid.org/0000-0003-4599-5569">orcid.org/0000-0003-4599-5569</a>
Kyryllos Samir Ghattas PhD-hallgató Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar Földtudományi Intézet Ásvány- és Földtani Tanszék <a href="mailto:kyrillos.suliman@gmail.com">kyrillos.suliman@gmail.com</a> <a href="https://orcid.org/0009-0005-2493-1381">orcid.org/0009-0005-2493-1381</a>	Kyryllos Samir Ghattas PhD Student University of Debrecen Faculty of Science and Technology Institute of Earth Sciences Department of Mineralogy and Geology <a href="mailto:kyrillos.suliman@gmail.com">kyrillos.suliman@gmail.com</a> <a href="https://orcid.org/0009-0005-2493-1381">orcid.org/0009-0005-2493-1381</a>