

MOLE, a 30 éve sikeresen működő karotázsműszer története

Bevezetés

Az utóbbi években engem is elért a szemtanú, a kortárs szemlélete (ez 65 év felett szinte természetes) és bennem is kényszerítő erővel merül fel az elmúlt időszak eseményeinek minél hitelesebb ismertetése, a tanulságok átadása az utódoknak és az utókornak. Ebből az indítatásból tartottam előadást zártabb körben az ELGI 1975-ös akusztikus műszerének leninogorszki (SzU, Baskíria) bemutató mérés-sorozatáról, 2010-ben a KTB (Kontinentale Tiefbohrung) német kutatási projekt keretében 1990–92-ben végzett nagy sikerű IP- (indukált polarizáció) mérésekről, valamint 2011-ben Nagykanizsán az ELGI 1991-92-es iráni uránkutató expedícióról továbbá 2010-ben a Geo-Log első 20 éves tevékenységéről.

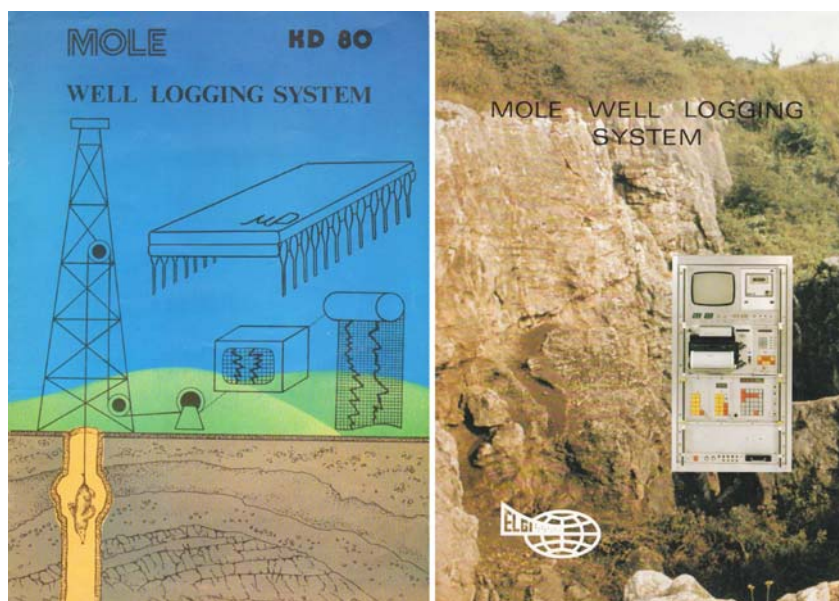
Ez a cikk az ELGI-ben 1981–84-ben kifejlesztett és a Geo-Log-nál azóta is alapműszerként működő mikroprocesszorvezérelt karotázsbereendezés sikertörténetét ismerteti.

A műszert az eltelt időben több lépésben korszerűsítettük, de alapjai (mérési koncepció, működtető processzor, osztott intelligencia) nem változtak. Mindeközben közel tízezer mérést végeztünk Magyarországon és még 16 országban a 20 m-es megfigyelőkutaktól a 3000 m-es hévízkutakig.

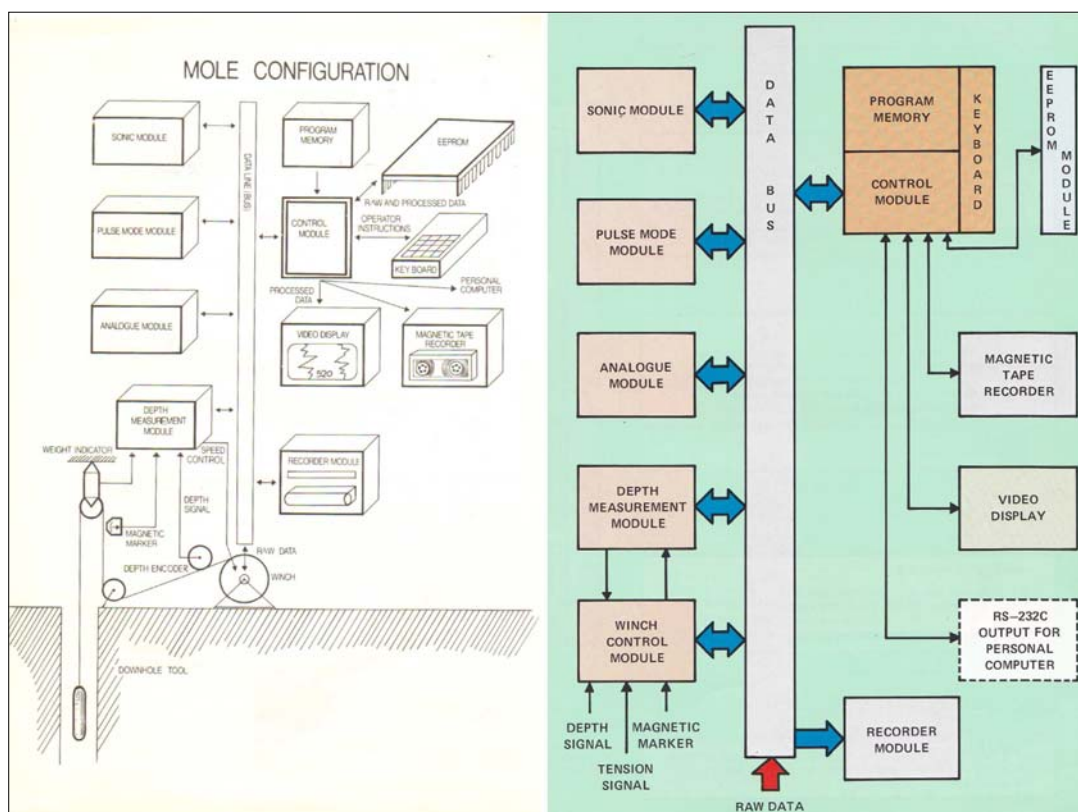
Előzmények

Az ELGI 1975-re kifejlesztette Magyarországot, illetve az egész szocialista tábor első digitális mélyfúrás-geofizikai

mérőberendezését (inkrementális mélységjeladó, katód-sugaras megjelenítés, digitális regisztrálás fél colos mágnesszalagra, teljes hullámkép, természetesgamma-spektrum, IP-lecsengés felvétele). A 3000 m-es digitális karotázsbereendezésre [K-3000-es (Nagydigi)] én kerültem észlelőnek, és néhány év alatt használható mérőberendezés lett belőle, azonban eredeti (túlzott) célját – úm. olajipari digitális mérőeszköz – nem érte el, különösen, mert időközben az OKGT egy igen korszerű Dresser-berendezést vásárolt. A Nagydiginek mégis úttörő szerepe volt, mert megszületett a kisöccse, a KD-10 (Kisdigi), majd a KD-30, amelyek az ELGI K-500-as (500 m-es) műszer családjához készült digitális adat-rögzítő berendezések voltak (4 csatorna rögzítése kazetofonra, képernyős megjelenítés). Időközben (1977–81 között) a KGST céljaira kifejlesztettük a KD-20-as berendezést (Mikrogép), amelyiknek az alapja az SZKI által gyártott M051-es mikroszámítógép volt. A cél az volt, hogy a berendezéssel az összes, akkor használt mérést el lehessen végezni közepes mélységig (1500 m), a mérési adatokat a beépített számítógép segítségével mérés közben fel lehessen dolgozni, a mért és számított értékeket lehessen megjeleníteni és tárolni. A mikrogép buszára illesztett perifériakártyák végezték a bejövő analóg, illetve impulzus jellegű jelek digitalizálását. A mért adatok feldolgozására egy speciális nyelvet (KAROLIN) fejlesztettünk ki, amely valós időben a bejövő adatokat mint változókat kezelte, és azok között tudott műveleteket végezni. A feldolgozás után a mért és a számított értékek 10 cm-enként lettek megjelenítve, fotoregisztrálón kirajzolva, valamint mágnesszalagon



1. ábra. Az első és a második MOLE reklámkiadvány címlapja (1984, 1986)



2. ábra. MOLE rendszerterv (1981, 1985)

rögzítve. Az adatrögzítő az abban az időben újdonságnak számító nagyobb méretű kazettás, ún. Cartridge Drive volt. Az egyes mérésekhez a feldolgozóprogramokat szintén ilyen kazettáról lehetett beolvasni. A mélyfúrás-geofizikai mérés technikában abban az időben egyedülálló megoldásnak számított Kelet-Közép-Európában a mérés közbeni számítógépes feldolgozás és képernyős megjelenítés.

MOLE (Microprocessor-Organized Logging Equipment)

A mikrogépes fejlesztés lezárulta után, annak tanulságait levonva (túl bonyolult kezelés, lassú, korszerűtlen központi számítógép) felmerült az igény egy olyan berendezés iránt, amelynek egyszerűbb a használata, ugyanakkor gyors, és a lehető legjobban tehermentesíti az észlelőt a szelvényezés-sel kapcsolatos munkában. Célul tűztük ki a korszerű alkatrész bázis használatát, a bővíthetőséget és a könnyű gyárthatóságot.

1981-ben indult a fejlesztés a mikrogépes projektben is részt vevő három osztály közreműködésével. A 8 bites mikroprocesszorok nem sokkal ezelőtt jelentek meg, a piacvezető Intel és Motorola terméke közül kellett választani. A kérdést a könnyebben beszerezhető, olcsó fejlesztőrendszer döntötte el a Motorola javára.

A berendezés koncepciója az osztott intelligenciára épült. Minden részegység, ki- és bemeneti illesztő, regisztráló és megjelenítő egység tartalmazott egy különálló processzort,



3. ábra. Az első MOLE műszer. Felülről lefelé: display – fotoregisztáló, mélység egység – impulzusüzemi felszíni, analóg felszíni, központi egység – tápegység – kábelrendező

és ezek egy központinak kinevezett mikroprocesszor irányításával kapcsolatot tartottak egymással. A végső berendezésben 9 db MC6800-as processzor dolgozott együtt. A korábban kifejlesztett KAROLIN nyelven megírt feldolgozóprogramok a méréstípus kiválasztása után automatikusan töltődtek be, a kábelerek és műszerbemenetek automatikusan kapcsolódtak össze, az észlelő feladata csak néhány alapadat bevitelére és a mérés követésére szorítkozott. A mért és feldolgozott adatok a grafikus display-n valós időben követhetők voltak, kezdetben fotoregisztrálón, majd mátrixprinteren lettek kirajzolva. A különböző típusú regisztrálók (fotoregisztráló, hőnyomtató, filc- vagy golyóstollas direktíró) mátrixprinterrel való kiváltása forradalmi ötlet volt 1985-ben (*Ciffla Ferenc, Szongoth Gábor*), amelyet akkoriban és még sokáig sehol a világon nem alkalmaztak. A digitális rögzítés először hangkasszétán vagy félcolos mágnesszalagos egységen, majd a technika fejlődésével floppy lemezen történt. Olyan beállításiigényes mérések váltak automatikussá, mint az ellenállás-, a gerjesztettpotenciál-, a laterolog-, a sűrűség-, a porozitás-, a spektrál- vagy az akusztikushullámkép-mérés. A MOLE valósította meg gazdaságosan, könnyen használhatóan azokat az újításokat, melyeket a fejlesztők a mikrogépes fejlesztéskor szereztek. A geofizikai koncepció kidolgozását és a kísérleti méréseket *Szongoth Gábor* irányította, de a fejlesztésekhez *Dankházi Gyula* is értékes tanácsokat adott. A szoftverfejlesztést *Pákozdi Imre* és *Gosztonyi László* kezdte, majd *Bajzik György* fejezte be. A hardver kialakítását többek között *Bajzik György, Jánosi Lajos, Takács Sándor, Horváth Flórián* végezték. A fejlesztés sikeréhez terepi, mérési tapasztalatai megosztásával *Tonka Péter* is nagyban hozzájárult.

A műszerrel az első terepi mérés 1983 februárjában a gyöngyösszolymosi tesztfúrásán történt, rendszeres mérések 1984-től kezdődtek a Kísérleti Karotázs Osztályon.

Néhány műszert külföldön (Csehszlovákia, Szovjetunió) és néhányat Magyarországon (Bauxitkutató, MÉV, VIKUV) adtunk el, amelyek nagy részét a cégek megszűnése, átalakulása után visszavásároltunk. A berendezés átgondoltságát használhatóságát bizonyítja, hogy az akkoriban készült darabok – sok fejlesztés és átalakítás után – még napjainkban (2015) is használatban vannak a Geo-Log-nál. A cég 7 mérőberendezésének ez az alpműszere, amely valamennyi ELGI- és Geo-Log-szondát kezelni tudja, és az eredményeket már egy évtizede pendrive-ra rögzíti.

Real-time adatfeldolgozás a 80-as évek végén

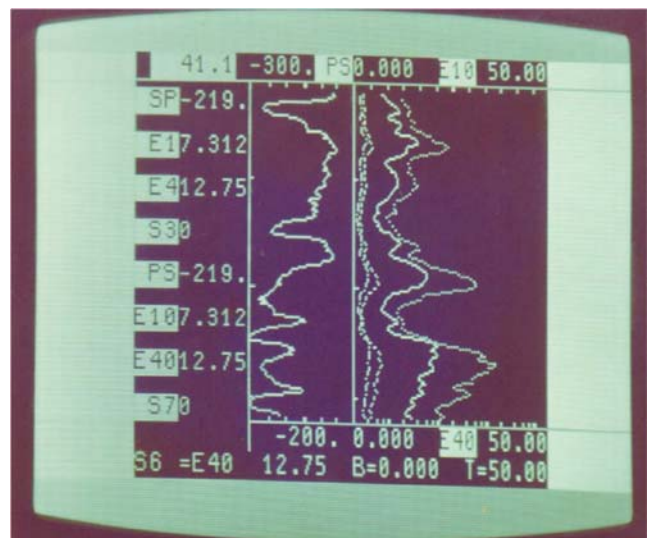
A MOLE műszerrel terepen (a mérés közben) automatikusan elvégzett műveletek: kalibrációs állandók (csatorna, érzékenység) figyelembe vétele, mért csatornák azonos mélységre rendezése, a környezeti korrekciók elvégzése (átmérő, csövezés, iszap, száraz lyuk, hőmérséklet), a regisztrált beütésszámokból fizikai értékek számítása (sűrűség, porozitás stb.), 5 pontos simító szűrés stb. Tulajdonképpen a legfontosabb feldolgozási lépéseket már mérés köz-

ben elvégeztük, ez megkönnyítette a helyszíni kiértékelést, és az irodában már csak az értelmezést kellett elvégezni.

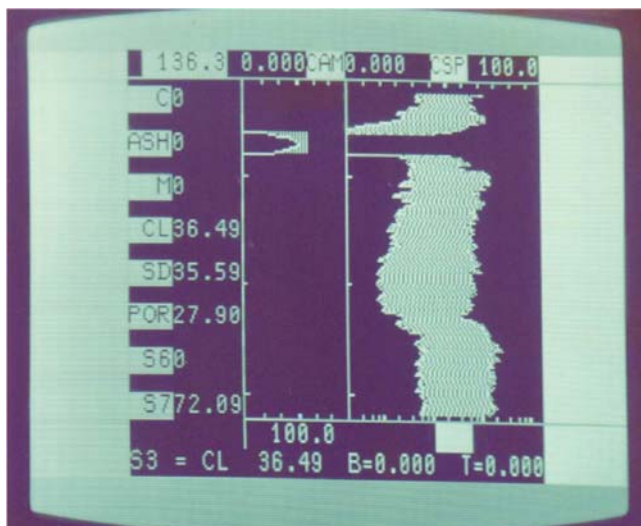
Az EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) elektromosan törölhető, programozható memória alkalmazása volt az egyik újítás, ami az akkori időben elérhető elektronikai alkatrészek mellett forradalmi áttörést jelentett. Az EEPROM adott lehetőséget arra, hogy a méréssel egy időben (real-time) elvégezzük az adott mérés értelmezéséhez szükséges lyukkorrekciókat.

Ismeretes, hogy a természetesgamma-, a gamma-gamma- és a neutron-neutron-görbék korigálni kell a lyukátmérőre, az iszapsűrűsége és a csövezésre. Azonban hiába vettük fel elsőnek a lyukátmérőszelvényt és rögzítettük azt a mágnesszalagra, a további mérések során nem lehetett a magnóról visszaolvasni a lyukátmérőszelvényt, és közben rögzíteni az új mérést. Ezt a problémát oldottuk meg az EEPROM-mal. Az elsőnek mért lyukátmérőszelvényt rögzítettük az EEPROM-ba is, majd az éppen mért szelvény mellé olvastuk, és elvégeztük a szükséges korrekciókat. Valószínűleg ezt a technikát 1983-ban sehol nem alkalmazták a világon. Az EEPROM arra is jó volt, hogy egy víz- vagy lignitkutató fúrásnál – ahol a helyszínen kell kiértékelést végezni – az elsőként felvett elektromos mérést hozzáolvassuk a természetesgamma-, illetve a sűrűségmérésekhez azért, hogy a szelvényeket együttesen jeleníthessük meg a mátrixprinteren. Ez a lehetőség – akkori körülmények között (terepi számítógép még nem volt!) – rendkívül megkönnyítette a helyszíni kiértékelést, nem kellett a fúróbódében (ha volt) két szelvényrajzot (eleinte még filmet!) illesztgetni egymáshoz, és keresgélni a közös réteghatárokat. (Manapság a terepre is vihető laptopokkal a mérés után minden művelet elvégezhető, sőt a mérés közben is, ha a számítógép maga a mérésadatgyűjtő, és a szoftver fel van készítve ezekre a műveletekre.)

Az 5. ábrán azt mutatjuk be, hogy a lignitkutató fúrásokban az elektromos, természetesgamma- és sűrűségmérések, valamint az előzetesen mért fúrások szelvényei és labor-



4. ábra. Képernyőfelosztás elektromos mérésnél (1:200-as léptékben kb. 15 m szelvény létszik, SP, 10 és 40 cm-es potenciál)



5. ábra. Real-time kiértékelés lignitkutató fúrásban (szénminőség- és porozitásszámítás, 1990)

vizsgálati adatok alapján – a méréssel egy időben – szénminőség (szén, hamu, nedvesség) és egyéb adatokra (víztartalom, homok, agyag, porozitás) százalékszámítást végeztünk.

A hosszú élettartam titka

Sokan hitetlenkednek, hogyan lehet egy műszert ilyen sokáig hatékonyan alkalmazni?

Ez egy okkal feltehető kérdés, mert nincs ismeretünk arról, hogy egy hasonló bonyolultságú műszert ilyen hosszú



6. ábra. A MOLE műszer teljes kiépítése a 80-as évek második felében

ideig sikeresen alkalmaztak volna. Az elsődleges ok, hogy a műszer alapkonceptiója és rendszere rendkívül átgondolt volt, messze megelőzte a korát. Ezt több szerencsés körülmény tette lehetővé, egyrészt az ELGI-ben a műszerfejlesztés mellett jelentős módszertani fejlesztés is folyt, és ehhez nagy mérési gyakorlat is társult, másrészt igen jól képzett és elkötelezett szakemberek álltak rendelkezésre (fizikus, geofizikus, villamosmérnök, programozó), és ez a társaság már túl volt néhány digitális műszerfejlesztésen, aminek valamennyi tapasztalatát sikeresen felhasználtuk. Bevált gya-



7. ábra. A MOLE műszerkocsiba építve napjainkban (A floppy helyett pendrive-ra történik az adatrögzítés)



8. ábra. A NewMOLE két változata

korlata volt már a digitális mélységi jeladónak, a digitális regisztrálásnak fél colos magnetofonra és kazetofonra is, tudtunk teljes akusztikus hullámképet, természetesgamm-spektrumot és IP-lecsengést regisztrálni. Eleinte a leggyengébb pont a mért görbék real-time (képernyős) megjelenítése és az analóg mérések regisztrálása volt. Ugyan az ELGI kifejlesztett keskeny és széles (az olajipari szabványoknak megfelelő) fotoregisztrálót, valamint több típusú direktíró is, de ezek sehogy sem illeszkedtek a digitális technikához. Az amerikai (olajipari) berendezéseknél méregdrága hőnyomatót alkalmaztak, ezek számunkra elérhetetlenek voltak, és ezért volt döntő jelentőségű a mátrixprinterek alkalmazása a helyszíni szelvényrajzoláshoz. Ez a technika több mint 25 éve működik. Van olyan nyomtatónk (EPSON FX-85), amelyik a 90-es évek elején másfél évig működött Iránban egy UAZ-ba építve, és még mindig használatban van!

A további ok a műszer folyamatos fejlesztése: az egyes részegységeket többször megújítottuk, korszerűbb alkatrészeket alkalmaztunk, a központi vezérlőegység, amely eredetileg 5 kártyán fért el, már 15 éve 2 kártyán működik, a digitális regisztrálás pedig a magnetofonszalagtól a pendrive-ig folytonos fejlődésen ment át a kapacitásnövelés és főleg a felírási biztonság érdekében. A folyamatos karbantartás és fejlesztés csak azért valósulhatott meg, mert a műszer alkalmazói, karbantartói és fejlesztői a 30 év alatt folyamatosan együttműködtek, még akkor is, ha a műszeres háttér időközben más céget alapított, cégünk pedig kivált az ELGI-ből.

Joggal merül fel az a kérdés is, hogyan maradhatott a műszer alapprocesszoraként a 8 bites (!) MC6800-es processzor, amikor néhány év múlva már megjelent ennek a 16 bites változata. Az ok igen egyszerű: az intézetben több alkalommal is „konkurens processzoros fejlesztést” indítottak, és a MOLE-től megvonták a forrásokat. (Hasonló „belső ellenérdekek” miatt nem tudtuk a karotázkábelen a digitálisjel-átvitelt a megfelelő időben – a 90-es évek közepe – kifejleszteni.)

A későbbiekben – 90-es évek második felétől – pedig társaságunk már piaci alapon működött, az erőforrásainkat lekötötte a szondafejlesztés, a mérőberendezések és az alkalmazott módszerek számának növelése, a folyamatos működés fenntartása, és akkoriban még nem voltak (EU-s) pályázati lehetőségek.

NewMOLE

Nehéz koncepcionális kérdés volt az is, milyen legyen a MOLE-t felváltó új műszer? A 90-es évek végétől már minden külföldi műszergyártó a digitálisjel-átvitelt alkalmazta, és egy univerzális szondatáp, valamint egy terepi számítógép jelentette a felszíni mérésadatgyűjtőt, amelynél a hatékony terepi mérőszoftver megírása volt a kulcskérdés. A mi száz mérőszondánk 4-5 típusú felszíni egységet igényelt, tehát ha mi is csak digitálisjel-átvitelben gondolkodtunk volna az új műszer fejlesztésénél, mind a 100 szondát át kellett volna alakítani digitális rendszerűvé. Ezt végül úgy oldottuk meg, hogy az új műszerünk (NewMOLE) – a digitális egység mellett – rendelkezik a hagyományos felszíni egységekkel is, így – még egy jó ideig – minden hagyományos szondánkat változatlan módon tudjuk üzemeltetni. Ezzel elértük azt, hogy van időnk átállni egy igen korszerű, gyors és legalább 120 °C-ig működő digitálisadat-átvitelre a felszíni adatgyűjtő és a szondák között.

Végezetül bemutatjuk a NewMOLE műszerkocsiba beépíthető és hordozható változatát. A 8. ábrán látható, hogy a méret jelentősen csökkent, még akkor is, ha egy laptop is a műszer elengedhetetlen tartozéka.

Reméljük, ez a műszer is olyan sikeres lesz, mint az elődje, és 10–20 év múlva lesz, aki még korszerűbb műszert épít helyette!

Köszönetem fejezem ki *Bajzik György* fejlesztő villamosmérnöknek a műszer fejlesztéséért, karbantartásáért és értékes segítségéért e cikk megírásához.

Szongoth Gábor