

A szeizmikus kutatások története¹

BODOKY TAMÁS², KÉSMÁRKY ISTVÁN³, MOLNÁR KÁROLY⁴

A szeizmika története az első világháborúig nyúlik vissza, amikor hordozható szeizmográfokat alkalmaztak elengedő ágyúállások helyének meghatározásához. A módszer ipari alkalmazására 1924 körül került sor Texasban dr. Ludger MINTROP módszerével.

Magyarországon a szeizmikus méréseket viszonylag későn, és csak kisebb mértékben kezdték alkalmazni. Külföldi vállalatok ugyan már 1934-től végeztek kutatásokat a MAORT részére, de ezek többsége még nem vonal menti, hanem csak rétegdőlés-kutató, ún. „dip” lövés volt. A hazai szeizmikus kutatások tényleges kezdetének 1936-ot tekinthetjük, amikor a magyar kir. báró Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) megbízást adott az első szeizmikus műszer elkészítésére. Két hatsatornás műszer készült el, és ezek egészen 1949-ig dolgoztak. 1949-ben az intézet egy 24 csatornás svéd berendezést vásárolt, majd ennek hibáit kijavítva 1951-re elkészítette saját 24 csatornás berendezését is. Ez lett az időközben létrehozott Geofizikai Mérőműszerek Gyára sorozatgyártásának alapja.

A kőolajipar 1952-ben hozta létre saját geofizikai szervezetét. A korábbiakkal szemben ekkor érvényesülő új kutatási koncepció juttatta a hazai olajkutatásban vezető szerephez a szeizmikát a gravitációs módszerrel szemben, és az ezt követő években készült el az ország első regionális szeizmikus felmérése. Ezek a mérések alapozták meg a 60–70-es évek jelentős kutatási eredményeit, a hazai kutatás „aranykorát”. A többszörös fedéses eljárás és főleg a digitális technika bevezetése, majd a további technológiai újítások (Vibroszeiz energiakeltés, 3-D-s mérések stb.) alkalmazása tovább növelte a szeizmikus módszer teljesítőképességét, és mint ilyen, jelentős pozitív hatással volt a magyar energiaiparra és gazdaságra.

A kőolajipari geofizika kiválásával az ELGI kutatási profilja is változott, elsősorban a szilárdásvány-kutatások irányába. Az ötvenes években végezték a hazai szeizmikus kéregkutatás első kísérleteit is, amelyek egy, mind a mai napig folyó sikeres alapkutatás kezdetét jelentették. Közben tovább folyt az intézeti műszerfejlesztés is. 1963-ban került terepre az első intézeti analóg mágnesszalagos regisztrálású berendezés, majd ezt követte 1970-ben az első magyar digitális jelrögzítésű műszer. Bár a későbbiekben az egyre bővülő és egyre többoldalúvá váló intézeti műszerfejlesztés (terepi berendezések, tengeri adatgyűjtők, mérnökszeizmikus berendezések, bányabeli műszerek stb.) lassan elmaradt a világ élvonalától, a „keleti blokkon” belüli vezető szerepét azonban mindvégig megőrizte. A műszerfejlesztéssel párhuzamosan folyt a szeizmikus mérési módszerek, a szeizmikus digitális feldolgozás és a szeizmikus értelmezés fejlesztése is. Példaként említhetjük, hogy a keleti blokkon belül az ELGI állította üzembe 1975 őszén az első vibroszeiz csoportot, részben saját fejlesztésű mérőműszerére alapozva.

1989–90-ben a világban végbement nagy hatalomátrendeződés során megszűnt a keleti blokk. Ennek hatása a hazai geofizikára rendkívül nagy volt, hirtelen versenyhelyzetbe kerültünk azokkal a világ élvonalát képviselő cégekkel, amelyek mögött az olajipar nemzetközi óriásainak gazdasági ereje áll. Ez a hazai műszerfejlesztés teljes átszervezését és az ipari jellegű műszergyártás leállítását követelte meg. Napjainkra a geofizikai műszergyártásból csak néhány speciális fejlesztés (pl. mágneses obszervatóriumi műszer) maradt meg, míg a korábbi évtizedekben kialakult mérési és feldolgozási kapacitások erősen leszűkültek és a szolgáltatási szférába kerültek — szembe kell tehát nézniük a globális verseny kihívásaival.

T. BODOKY, I. KÉSMÁRKY, K. MOLNÁR: The history of the seismic exploration

The history of the seismic method goes back to the First World War, when portable seismographs were applied to locate artillery units of the enemy. Even at the very beginning it became obvious, that the geological conditions should have been taken into account at these calculations. The "inverse" application aiming to locate shallow salt domes was applied first in Texas in 1924, with the method of dr. Ludger MINTROP.

The first application of the seismic method in Hungary was relatively late and its extent was limited. Foreign seismic contractors were hired by EUROGASCO (predecessor of MAORT) since 1934, but most of these surveys were only fan-like "dip shots" to explore the dip of the geological layering, instead of line surveys. The true beginning of the domestic seismic exploration is 1936, when the Royal Hungarian baron Eötvös Loránd Geophysical Institute of Hungary (ELGI) ordered the construction of its first seismic field instrument. Two six-channel instruments were built, and these were in use up until 1949. The Institute purchased a 24-channel recorder from Sweden in 1949, then after fixing its defects, came up with its first own 24-channel instrument in 1951, which became later the prototype model produced serially at the Geophysical Instrument Factory founded in the meantime.

The oil industry established its own geophysical organisation in 1952. The introduced new concept of exploration, in contrast to the former one, brought the seismic surveys up to dominance instead of the gravity method, and the first regional seismic survey of the country has been completed in the next few years. These surveys established the significant successes of the sixties and the seventies, the "golden age" of the domestic oil and gas exploration in Hungary. The multifold stacking and mainly the introduction of the digital technology and the later innovations

¹ Beérkezett: 2003. november 27-én

² Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet,
H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23.

³ GES Kft., H-1151 Budapest, Szántóföld u. 7–9.

⁴ H-1063 Budapest, Kmety u. 17.

(like the use Vibroseis energy sources and the 3-D data acquisition etc.) further improved the efficiency of the seismic method, thus it had a significant positive influence on the energy industry and the economy of Hungary.

By the time of the establishment of the separate geophysical organisation of the oil industry, the scope of activity of the Institute has been changed, mainly to cover the exploration of solid minerals. The first domestic experimental seismic deep crust surveys in the fifties introduced a still ongoing successful basic research activity. In the meantime the development of the seismic data acquisition instrument was continued. The first analogue field recorder produced by the Institute was introduced in 1963, and then the first digital recorder produced in Hungary came out in 1970. However with slowly increasing gap behind the world leaders of the industry, the instrument development activity of the Institute while becoming more diverse and productive (field recorders, marine seismic systems, engineering seismic systems, in-mine instruments etc.) preserved its leading position within the former "eastern block". In parallel with the instrument development, the seismic data acquisition, data processing and interpretation methodology has also been researched. For example, the first Vibroseis crew within the eastern block was introduced by the Institute in the fall of 1975, partially based on the field recorder unit of its own development.

During the enormous rearrangement of power in the world during 1989–90, the former isolation of the eastern block disappeared. The effect of this rearrangement had a very deep impact on the domestic geophysics, since quite abruptly we all had to start to compete with the companies representing the leading edge of the industry, having the enormous economic power of the multinational giants of the oil industry behind them. This situation required the reorganisation of the domestic instrument development, and resulted in the liquidation of the production of seismic instruments for oil exploration. Some special development activity has survived only (for example the construction of observatory equipment). The data acquisition and data processing organisations formed through the previous decades have recently been put into the sphere of the service providers, thus have to face the challenges of the global competition.

Bevezetés

A szeizmika története az első világháborúig nyúlik vissza. Földrengésekkel, szeizmológiával természetesen már sokan foglalkoztak korábban is, de az első hordozható szeizmográfot ekkor fejlesztette ki dr. Ludger MINTROP bányamérnök Németországban. Három ilyen berendezés észlelései alapján gyorsan és kellő pontossággal meg lehetett határozni az ellenséges ágyúállások helyét. Már ekkor is nyilvánvalóvá vált azonban, hogy a számításoknál a geológiai viszonyokat is figyelembe kell venni. A háború befejezése után az új eszköz szélesebb körű, békés alkalmazására is hamarosan sor került. Kézenfekvő volt a gondolat, hogy ismert helyen, ismert időpillanatban végzett robbantással az „inverz” feladat is elvégezhető, azaz a regisztrált hullámbeérkezések alapján következtetni lehet a felszín alatti geológiai viszonyokra. A sekély sódóмок felkutatását célzó szeizmikus mérésekre 1924-ben került sor Texasban MINTROP módszerével, és Eötvös-ingával is ebben az évben találták az első sódómot, ugyanebben az államban. Megjegyezzük, hogy a múlt század húszas éveiben az akkori kőolajkutató geológusok és vállalkozók számára már kezdett világossá válni a geofizika fontossága, de az még nem, hogy ezen belül a gravitáció, szeizmika vagy más módszer alkalmazása a legcélravezetőbb.

Érdekes párhuzam, hogy mind a torziós ingát, mind a szeizmográfokat az ipari alkalmazás előtt ismert kőolajlelőhelyeken próbálták ki, és mindkét tudós (mármint EÖTVÖS és MINTROP) tudatában volt műszere gyakorlati alkalmazhatóságának. Lényeges különbség viszont, hogy MINTROP tudatosan törekedett arra, hogy a meginduló ipari alkalmazások anyagi hasznát is learassa. Jó üzletember volt, aki találmányát szabadalommal védte és — tudományos és oktatói munkája mellett Seismos néven — vállalatot is alapított.

A szeizmika korai időszakáról, az 1925-ös évtől kezdve érdekes adatokat tartalmaz a PETTY fivérek családi vállalkozásának története [PETTY 1976], amely a későbbi Petty-Ray Geophysical és a Geosource vállalat elődje lett. Ők tették meg az első lépést, hogy az eredetileg mechanikai-optikai szeizmográfokat elektromechanikai rendszerre

fejlesszék, ami az elektronika gyors fejlődésével párhuzamosan később megnyitotta az utat a szeizmográf miniatürizálása és az egyre nagyobb csatornaszámok alkalmazása (analóg, majd digitális jelrögzítés, telemetrikus terepi rendszerek stb.) felé.

A Petty-féle emlékiratokból jól érzékelhető az „olajláz” idején végzett munka feszített tempója és a kíméletlen konkurenciaharc mind az olajcégek, mind a szolgáltató vállalatok között. A mai szóval „kaszálásra” való törekvés jó érzékelhető a korabeli szabadalmak nagy számából és főképpen abból, hogy a „hőskor” szeizmikusai nem csupán közvetlen működési költségeiket realizálták haszonnal, hanem a talált mező termelési bevételeiből is részesedést szereztek. Ez persze már értékmérője is volt az általuk adott információknak. A konkurens cégek sok esetben ügynököket béreltek fel a terepi csoportok munkájának, minden mozdulatának figyelésére és nagyon kellett vigyázni, hogy a mérések során szerzett információk ne szivárognak ki.

Hazai kezdetek

Magyarországon a szeizmikus méréseket — hasonlóan az Eötvös-ingához — viszonylag későn és csak kisebb mértékben kezdték alkalmazni. Ez arra vezethető vissza, hogy egyrészt az APOC (Anglo-Persian Oil Co. Ltd.), illetve a Hungarian Oil Syndicate Ltd. felszíni geológiai térképezés alapján lemélyített sikertelen budafapusztai fúrása (1920–23) sokáig diszkreditálta Magyarországon a szénhidrogén-kutatást, másrészt a kincstár alföldi fúrásai is csak termálvizet eredményeztek. Tőkeeros és találatban bízó vállalkozó — az EUROGASCO — csak 1933-ban jelentkezett a dunántúli koncessziós területre. VAJK Raul tanulmányából tudjuk [VAJK 1952], hogy az EUROGASCO gravitációs és szeizmikus mérésekkel szándékozott elvégezni a terület kutatását. Mivel ez utóbbi szolgáltatás akkor Magyarországon még nem állt rendelkezésre, a kutatások Eötvös-ingával kezdődtek. Ahol az ingamérések fúrásra alkalmas indikációt mutattak ki, ott 1934-től kezdve amerikai szolgáltató cégekkel (Humble Oil,

Seismograph Service Co.) végeztették a szeizmikus méréseket. A szeizmikus mérések iránti igény az antiklinális kutatási szemlélet akkori egyeduralma miatt pusztán arra irányult, hogy a gravitációs maximumok természetét tisztázza (valódi szerkezet vagy csak sűrűségváltozás). Ennek a feladatnak a megoldására alkalmazták az ún. „dip” lövéseket, amely még nem szelvénytípusú, hanem legegyszerűbben készült. A mélységszerkesztéshez szükséges sebességeket a kiegészítő refrakciós mérések eredményei szolgáltatták. Ezek a (gravitációs és szeizmikus) mérések vezettek az első hazai olajmező felfedezéséhez 1937-ben Budafapusztán, a mintegy másfél évtizeddel korábban fúrt, meddőnek bizonyult lyuk közelében.

Megjegyzendő, hogy a gyakorlatban nem mindig alkalmazták az előbb ismertetett elvet. Amikor a gravitáció és a szeizmika eltérő helyen mutatott ki fúrásra alkalmasnak vélt indikációt, akkor — lévén ekkor még a gravitáció az olajkutatás vezető kutatómódszere — a fúrást mindig a gravitáció alapján tűzték ki. Sőt, tapasztalva a két mérési módszer közti gyakori eltérést, a szeizmikus mérések alkalmazását egyre kevesebbszer igényelték. Az EUROGASCO tehát csak ellenőrizte, hogy a különböző fizikai paraméterekre érzékeny két geofizikai módszer azonos helyen mutat-e maximumot, de elsősorban az Eötvös-inga-mérés eredményeire tűzte ki az első sikeres olajmező-feltáró fúrást. Salomvár és Görgeteg esetében viszont a szeizmika máshol jelezte a kiemelkedést, mint a gravitáció, és az utóbbi eredményére mélyített valamennyi fúrás meddő lett. A MAORT (az EUROGASCO jogutóda) a második világháború alatt és után, egészen az 1948-as államosításig szeizmikus méréseket már nem végeztetett.

A hazai szeizmika tényleges kezdetének 1936-ot tekintjük. Ekkor POGÁNY Béla műegyetemi tanár megbízást kapott az ELGI-től egy szeizmikus műszer elkészítésére. A megbízás eredményeként két hatszornás műszer készült el. A berendezésekkel rendszeres mérések kezdődtek Fót, Vásárosnamény, Mezőkövesd, Hajdúszoboszló és Dorog környékén. Több korszerűsítő átalakítás után ezek az eszközök az ötvenes évek elejéig dolgoztak és a kor technikai szintjén alkalmasak voltak mind reflexiós, mind refrakciós mérésekre. Az ELGI 1945-ig végzett méréseiről RENNER János tanulmánya tartalmaz részletes leírást [RENNER 1966].

1941-ben a Magyar–Német Ásványolajművek Kft. (MANÁT), amely 1940-ben szerzett koncessziós jogot a Nagyalföld déli részére, a SEISMOS hannoveri vállalattal végeztette el a szeizmikus méréseket. Ezek a műszerek már 18 csatornásak voltak, megfelelő erősítéssel és amplitúdószabályozással. RENNER János írja említett tanulmányában, hogy a külföldi cég szeizmikus felvételei alkalmával a Geofizikai Intézet munkatársainak alkalmuk volt a SEISMOS szeizmikus készülékének tanulmányozására. Ilyen módon meg tudták állapítani, hogy az intézeti berendezések milyen tekintetben szorulnak korszerűsítésre. Főként az erősítők átalakítása mutatkozott célszerűnek.

Az intézeti szeizmika 1950 táján gyors fejlődésnek indult. Több szeizmikus csoport is létrejött, elsősorban a kőolajipari igények kielégítésére. 1949-ben az intézet egy svéd gyártmányú 24 csatornás műszert vásárolt, ezzel kezdődtek meg a zalai szénhidrogén-kutató mérések. Sajnos, ez az akkor igen korszerű berendezés nem minden tekintetben felelt meg a hazai szeizmogeológiai viszonyoknak (pl.

szűrőkarakterisztika), ezért a vele szerzett tapasztalatok alapján az intézet 1951-re elkészítette saját 24 csatornás műszerét, amely a terepi méréseknél igen jó eredményeket adott. Ez a berendezés lett az alapja a szeizmikus műszerek sorozatgyártásának, mely az ekkor létrehozott Geofizikai Mérőműszerek Gyárában indult meg és a hazai igényeken kívül exportra is dolgozott. 1952-től azonban a szénhidrogén-kutatás súlypontja az időközben megalakított és rohamosan fejlődő kőolajipari geofizika szervezetéhez került át. Az intézet kutatási profilja ennek megfelelően egy időre irányt váltott és elsősorban a refrakciós mérések terén, valamint a szilárdásvány-kutatás igényei szerint fejlődött tovább.

Szót kell ejtenünk néhány alapvető hazai szeizmikus problémáról, amelyet kitartó kísérletező műhelymunkával sikerült idővel megoldani, párhuzamosan a rendelkezésre álló technológiai lehetőségek fejlődésével. ÁDÁM Oszkár és SZÉNÁS György, valamint ÁDÁM Oszkár tanulmánya volt az első [ÁDÁM, SZÉNÁS 1953, ÁDÁM 1955], amelyek a szeizmikus mérések eredményességét akadályozó problémákra felhívták a figyelmet. A „néma zónák” problémáját az ELGI léglövése módszerrel, az SZKÜ (a GES Kft. elődje) csoportos geofonokkal és csoportos lövésekkel igyekezett megoldani. Figyelemre méltók DOMBAI Tibornak, az ELGI akkori igazgatójának a Magyar Geofizikusok Egyesületének alakuló ülésén (1954. április 27.) a szeizmikus kutatások helyzetéről elhangzott megállapításai [DOMBAI 1993]:

„A kutatások bevezetése érdekében csaknem teljesen előről kellett mindent kezdenünk. Nem volt ugyanis megállapítható, hogy a megfelelő mérőeszköz hiánya, vagy pedig a módszer alkalmazásában való járatlanság volt az oka az 1936-tól 1940-ig végrehajtott ez irányú kísérletek eredménytelenségének. Ha az utóbbi néhány esztendő fejlődését áttekintjük, megállapíthatjuk, hogy a szeizmikus mérések bevezetésével kapcsolatban felmerült egyik legsúlyosabb természetű nehézséget már 1951-ben sikerült leküzdenünk, midőn a még ma is korszerűnek mondható 24 csatornás szeizmikus reflexiós mérőberendezésünket megszerkesztettük. ... A korszerű mérőberendezésekkel folytatott mérések alapján megállapítható, hogy a szeizmikus reflexiós mérések alkalmazhatósága hazánk kedvezőtlen szeizmogeológiai adottságai miatt csak igen szűk területre korlátozódik. A légrobbantásos módszer bevezetésével nemcsak azt értük el, hogy a reflexiós mérések olyan területeken is, ahol eddig minden próbálkozás sikertelen volt, vagy pedig csupán kétesértékű eredményeket szolgáltatott, hanem a szeizmogramok minősége más területeken is mind a kiértékelhetőség, mind pedig a megbízható korreláció tekintetében feltűnő és igen biztató módon megjavult. A légrobbantásos eljárás bevezetése után is maradtak olyan területek, melyeken a reflexiós mérések alkalmazhatóságának biztosítása érdekében további kutatómunkára van szükség.”

Az intézetben az ötvenes évek második felében kezdődtek meg azok a terepi kísérletek, melyek a hazai kéregkutatás kezdetét jelentették, és amelyek azóta is folytatódnak. Az ország több pontján sikerült a nagy érzékenységgű műszerekkel mélyreflexiókat észlelni a kéreg aljáról. Ezek az eredmények már nemzetközi jelentőségűek voltak, mert arra engedtek következtetni, hogy a Pannon-medencében a

kéreg sokkal vékonyabb, mint a környező területeken.

Az 1956-ban indult kínai expedícióban számos kiemelkedő szakember vett részt, emiatt az intézeti szeizmikus kutatás lelassult. A műszerfejlesztő laboratórium a 24 csatornás hazai műszer kifejlesztőinek szétszóródása miatt csak később jött létre. Ennek ellenére tovább folyt az intézeti műszerfejlesztés, 1963-ban került terepre az első 20 csatornás intézeti analóg mágnesszalagos regisztrálású berendezés, amelyet 1965-ben egy 24 csatornás változat követett. Ezt a modellt a Geofizikai Mérőműszerek Gyára sorozatban gyártotta. 1970-ben született meg az első magyar digitális jelfrögzítésű műszer, amelynek a későbbiek során szintén több változata készült el. Az intézeti fejlesztésű digitális műszerek sorába tartozik a 24 csatornás SD-10 jelű műszer, amely paraméterei és terepi megbízhatósága alapján talán a magyar geofizikai műszerfejlesztés csúcspontjának tekinthető. Ezt az eszközt az ELGI a keletnémet VEB Geophysik Leipzig-gel közösen sorozatban gyártotta. Bár a későbbiekben az egyre bővülő és egyre többoldalúvá váló intézeti műszerfejlesztés (terepei berendezések, tengeri adatgyűjtők, mérnökszeizmikus berendezések, bányabeli műszerek stb.) lassan elmaradt a világ élvonalától, a „keleti blokkon” belüli vezető szerepét mindvégig megőrizte. A műszerfejlesztéssel párhuzamosan és vele körülbelül azonos szinten folyt a szeizmikus mérési módszerek, a szeizmikus digitális feldolgozás és a szeizmikus értelmezés fejlesztése is. Példaként említhetjük, hogy a keleti blokkon belül az intézet állította üzembe 1975 őszén az első vibroseis csoportot, részben az intézet saját fejlesztésű mérőműszerére alapozva.

A szeizmika hazai aranykora

A kőolajipar 1952-ben hozta létre saját (ELGI-től független) geofizikai szervezetét. A korábbiakkal szemben ekkor érvényesülő új kutatási koncepció juttatta a hazai olajkutatásban vezető szerephez a szeizmikát a gravitációs módszerrel szemben, és az ezt követő években készült el az ország első regionális szeizmikus felmérése. Ezek a mérések alapozták meg a 60-as, 70-es évek jelentős kutatási eredményeit, a hazai kutatás aranykorát (1., 2. ábra).



1. ábra. A kőolajipar által 1952 és 1961 között készített első országos regionális reflexiós szeizmikus vonalhálózat [A Kőolajipari ... 1962 nyomán]

Fig. 1. The first countrywide regional reflection seismic network acquired by the oil industry between 1952 and 1961 [after A Kőolajipari ... 1962]



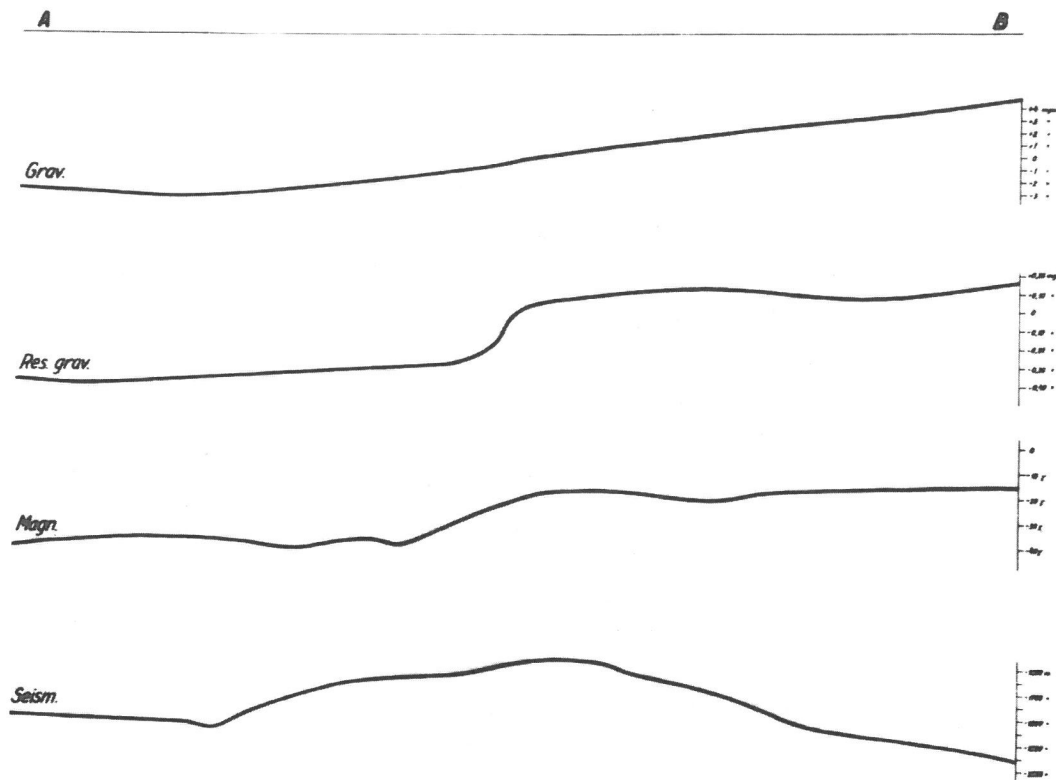
2. ábra. A kőolajipar által 1952 és 1961 között készített első országos regionális reflexiós szeizmikus vonalhálózat, kiegészítve az ugyanez időszak alatt lőtt refrakciós vonalakkal [A Kőolajipari ... 1962 nyomán]

Fig. 2. The first countrywide regional reflection seismic network acquired by the oil industry between 1952 and 1961, completed by the refraction profiles acquired in the same period of time [after A Kőolajipari ... 1962]

Ebben az összefoglalásban — messzemenően a teljesség igénye nélkül — csupán néhány érdekesebb esetet mutatunk be az elmúlt fél évszázad kutatásainak történetéből, ahol a szeizmikus módszer a gravitációs indikációkkal némiképp ellentmondásban vezetett kutatási sikerekhez. Természetesen előrebocsátjuk, hogy ezek tendenciózan kiragadott példák, melyek inkább kivételek, mint jellemzők, és nem reprezentálnak törvényszerűséget. Jól ismert ugyanis, hogy kedvezőtlen sebességeloszlások esetén a szeizmikus időszelvények is torzulhatnak a valódi szerkezeti képhez viszonyítva ugyanúgy, ahogy a gravitációs anomáliák kedvezőtlen sűrűségeloszlások esetén. A sópárnák alatti tektonika rekonstruálása (a mélység migráció) például ilyen feldolgozási kihívást jelent. Helyi specialitás csupán, hogy ilyen jellegű problémák a Pannon-medencében nem fordultak elő.

Görgeteg–Babócsa, 1954

A Görgeteg környékén kimutatott hosszú, észak–déli csapásirányú gravitációs maximumra telepített három fúrás csak gyenge olaj- és gáznyomokat eredményezett a 30-as évek végén (az első fúrást az EUROGASCO mélyítette 1935–36-ban). A maximum környezetében végzett szeizmikus mérések itt sem jeleztek záródást, pusztán DNy-i dőléseket. Az eltérésre nem tudtak magyarázatot adni. Az EUROGASCO–MAORT kutatógárdája tehát a 30-as évek végén még jobban bízott a gravitációs kutatások eredményében, mint a szeizmikában. Kicsit megdöbbentő azonban, hogy még az 1951-es VAJK Raoul-tanulmány sem keres — így nem is talál — magyarázatot az eltérésre. Mindenesetre azon elgondolkozhattak volna, hogy mindegyik módszer más paramétert mér: a gravitáció összhatást, a szeizmika pedig a rétegek települési viszonyairól és a mélységekről is adatokat szolgáltat. Görgeteg esetében a gravitációs teret jelentős oldalirányú változások is befolyásolhatták, hiszen a Vízvár–Heresznye–Babócsa térségében végzett fúrások kimutatták, hogy a rétegsorban nagyon gyorsan változó lencsés homokkő kifejlődés az uralkodó. Nyilvánvaló, hogy emiatt a gravitációs



5. ábra. A pusztaföldvári gravitációs Bouguer- és Elkins-féle maradék-anomália, valamint mágneses és szeizmikus mélységprofil, a 4. ábrán látható A–B nyomvonal mentén [KÉSMÁRKY 2002 nyomán]

Fig. 5. The Bouguer and Elkins residual gravity profiles of Pusztaföldvár and the corresponding magnetic and seismic depth profiles along the trace A–B of Fig. 4. [after KÉSMÁRKY 2002]

A szerkezet létezésére a MASZOLAJ Rt. Geofizikai Vállalat AR–II jelű regionális vonala hívta fel a figyelmet. A terület felmérésére 1957-ben került sor.

Hajdúszoboszló, 1959

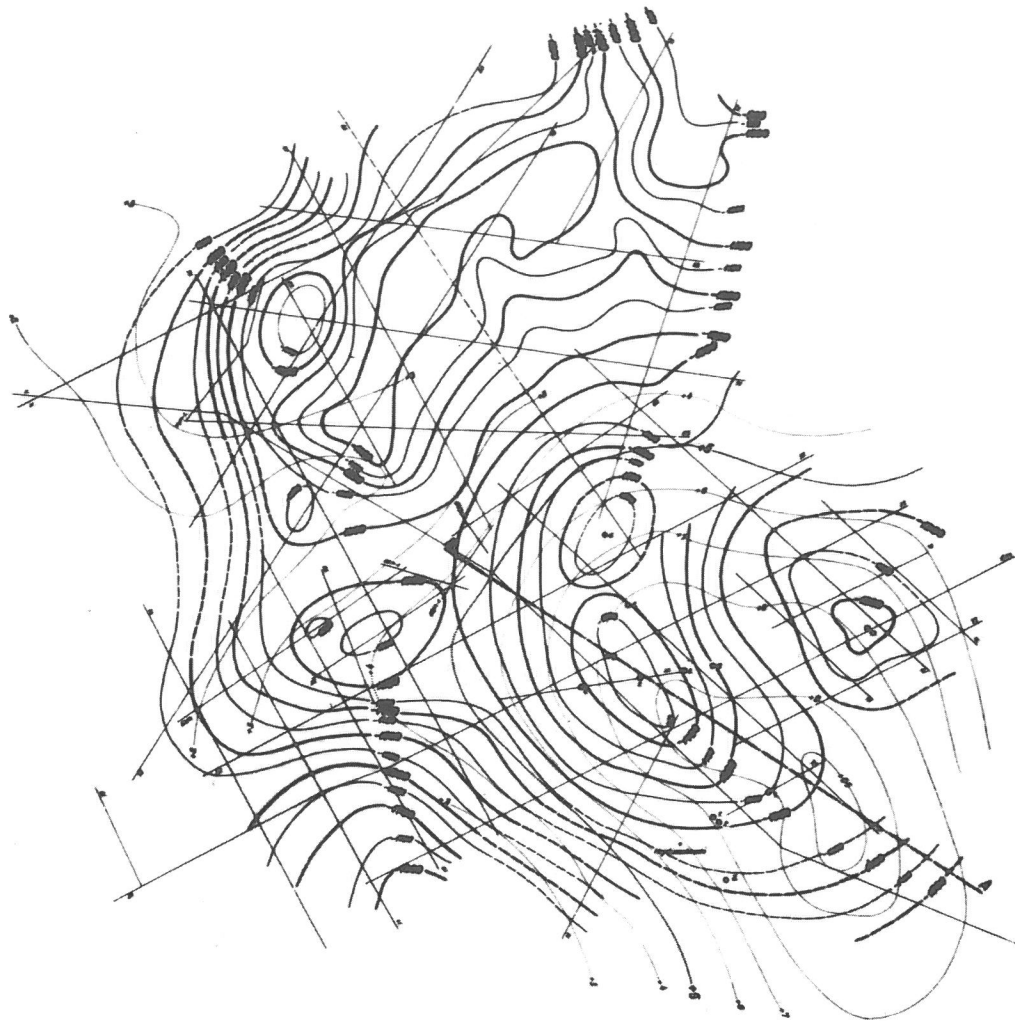
Hajdúszoboszlón az első, hatszornás műszerrel mért szeizmikus szelvény 1936-ban készült a korábban Eötvösingával kimutatott gravitációs maximumon. Az ország legjelentősebb gázmezőjét azonban csak jóval később, 1959-ben fedezték fel a Szeizmikus Kutatási Üzem ezt megelőző években bemért részletesebb szeizmikus vonalhálózata alapján. Ezek a szeizmikus mérések a szerkezeti tetőzónát a gravitációs maximumtól több kilométerrel ÉNy-ra mutatták ki. Az erre telepített fúrások bizonyultak eredményesnek (6., 7. ábra).

A hetvenes évek elején a hagyományos fotóregisztrációs technika minden lehetőségét sikerült kipróbálni, megismerni és kihasználni. Miközben e mérések eredményeképpen egyre-másra születtek szénhidrogén-találati eredmények, nyilvánvalóvá vált, hogy a klasszikus szeizmikus módszer csak egyszerű — főképpen antiklinális típusú — csapdákat képes kimutatni. Ezek azonban addigra a szeizmika alkalmazásával már ismertekké váltak. Nagy volt a bizonytalanság a hazai kutatási berkekben. A hazai szeizmikusok azonban nem nézték ölbe tett kézzel a kialakult helyzetet. A Magyar Tudományos Akadémia Szeizmikus Albizottságának tagjai tanulmányt állítottak össze [Szeizmikus Munkaközösség 1963], amelyet a Magyar Geofizikusok Egyesüle-

tében népes hallgatóság előtt hoztak nyilvánosságra (megjegyzendő, hogy a dolgozat nem felkérésre, hanem saját elhatározásból született). A tanulmányban foglaltakkal (helyzetelemzés, feladatok) az előadóülésen részt vevő döntéshozók is többségében egyetértettek. A szeizmikusok következetes kiállása — ugyan 1–2 év késéssel — meghozta az eredményt. Az új magyar és a modern nyugati analóg műszerek alkalmassá tették a geofizikát az új kihívások felvállalására és a korábbinál sokkal részletesebb földtani adatszolgáltatás teljesítésére.

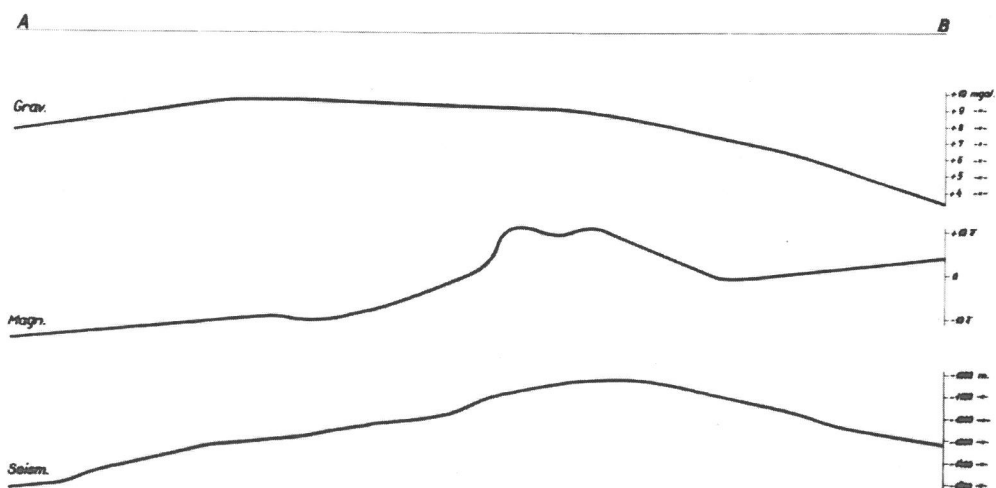
A többszörös fedéses eljárás és főleg a digitális technika bevezetése, majd a további technológiai újítások (Vibroszeiz energiakeltés, 3-D-s mérések stb.) alkalmazása tovább növelte a szeizmikus módszer teljesítőképességét, és mint ilyen, jelentős pozitív hatással volt a magyar energiaiparra és gazdaságra. A kőolajipari mérési technikára jellemző volt kezdetben a szovjet berendezések használata, majd a 60-as évektől az aktuális importkorlátozások csökkenése révén lehetővé tett nyugati csúcstechnológia alkalmazása. A szigorú hidegháborús korlátozások 1990 óta megszűntek.

A hagyományos szeizmika nagy találatai után (Pusztaföldvár 1958, Hajdúszoboszló 1959, Algyő 1965) az 1975 és 1985 közé eső periódus volt a hazai olajkutatás legsikeresebb évtizede a találatok alapján. 1981–1985 között a felkutatott készlet nagysága 51 millió tonna kőolaj-egyenérték volt. Ezek a sikerek már a digitális technika eredményei voltak (8., 9., 10. ábra).



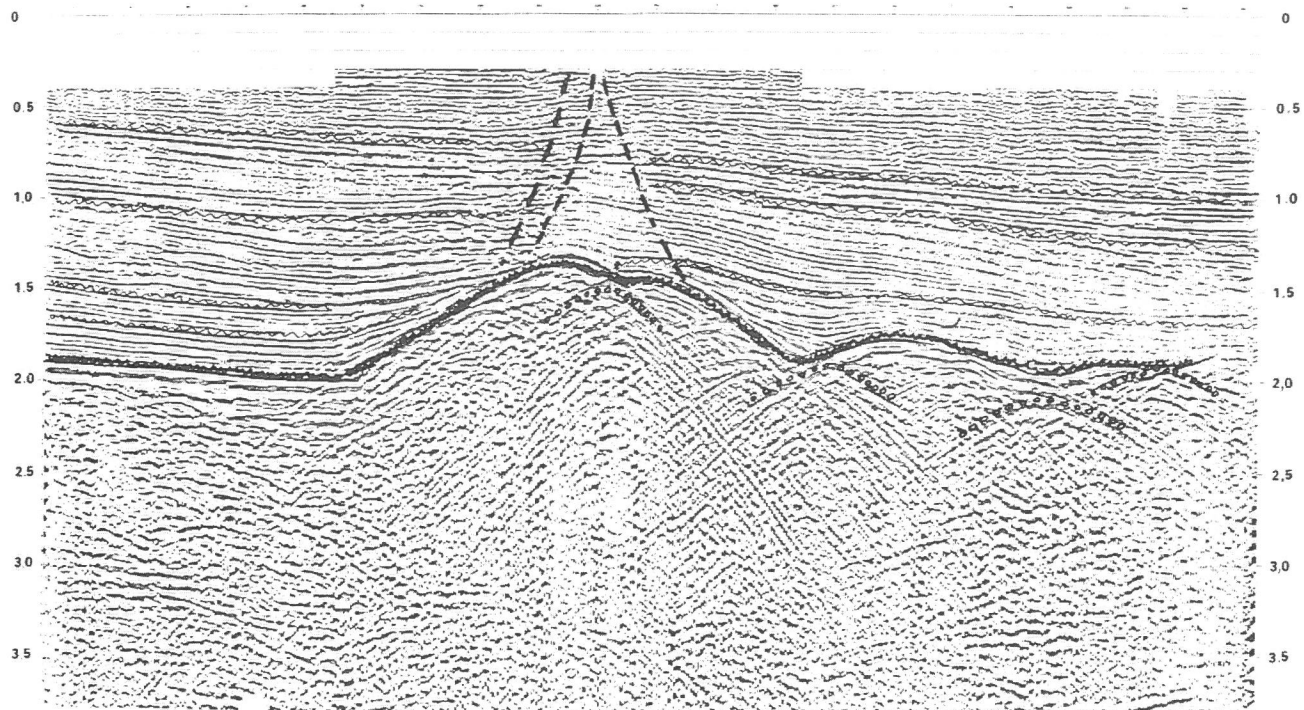
6. ábra. A hajdúszoboszlói egyesített szintvonalas szeizmikus mélységtérkép és Bouguer-anomáliatérkép a szeizmikus vonalhálózattal [KÉSMÁRKY 2002 nyomán]

Fig. 6. The depth-contoured seismic map of Hajdúszoboszló, superimposed on the Bouguer gravity map and the seismic network [after KÉSMÁRKY 2002]



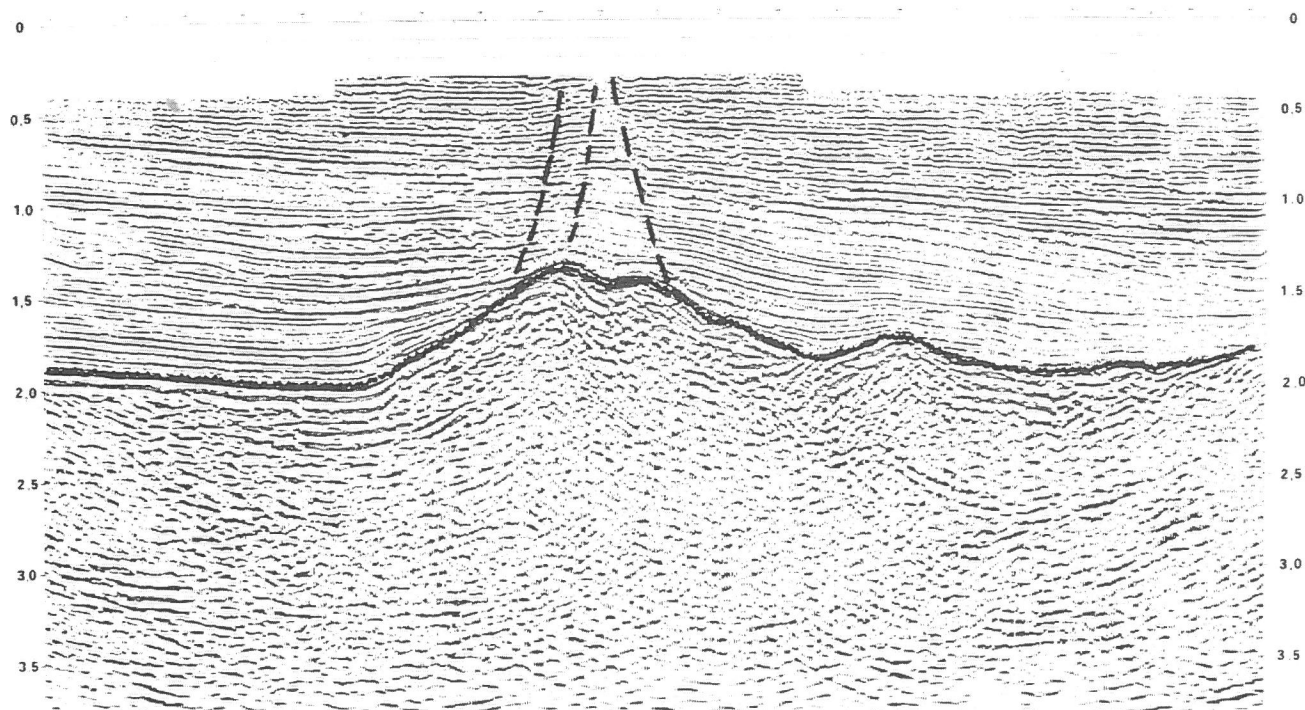
7. ábra. Hajdúszoboszlói gravitációs, mágneses és szeizmikus mélységsvlvény a 6. ábrán látható A–B nyomvonal mentén. A gravitációs maximum a szeizmikusan kimutatott antiklinális DK-i szárnyán van [KÉSMÁRKY 2002 nyomán]

Fig. 7. The gravity and magnetic profiles of Hajdúszoboszló and the corresponding seismic depth profile along the trace A–B of Fig. 6. The gravity maximum is located on the SE flank of the structural high indicated by the seismic method [after KÉSMÁRKY 2002]



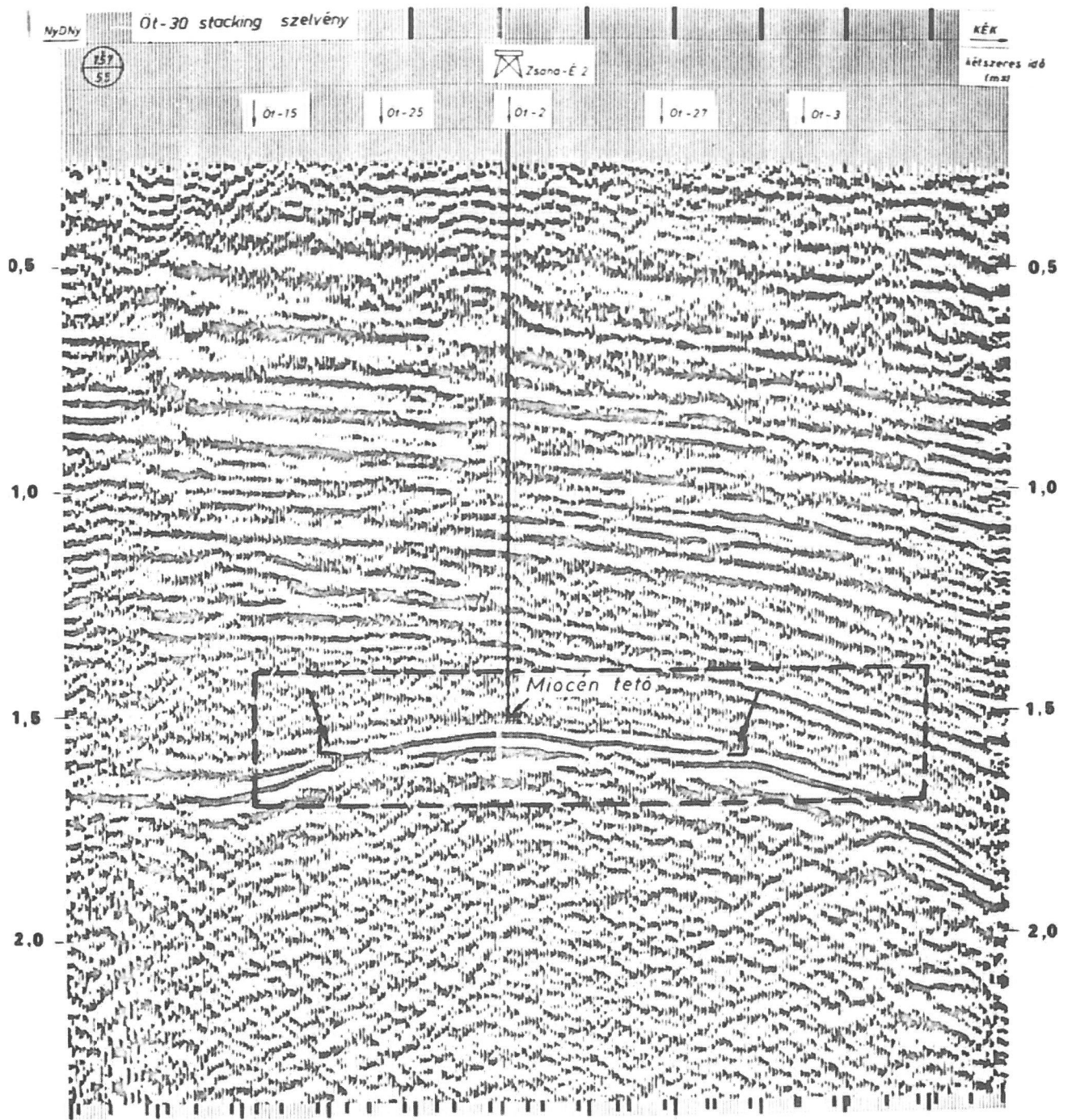
8. ábra. Jó minőségű többszörös fedésű dekonvolvált digitális szeizmikus időszelvény [MOLNÁR 1982 nyomán]

Fig. 8. Good quality, digitally recorded multifold deconvolved time section [after MOLNÁR 1982]



9. ábra. A 8. ábrán feltüntetett szelvény „15 fokos” hullámegyenletes migrációval készített változata, amely az alaphegység lefutásának sokkal pontosabb képét adja [MOLNÁR 1982 nyomán]

Fig. 9. “15 degree” wave-equation migrated version of the time section shown in Fig. 8., excellently revealing the relief of the basement [after MOLNÁR 1982]



10. ábra. A Zsana-É kutatási területen mért szelvény kísérleti dekonvolvált változata bright spot jelenséggel [MOLNÁR 1982 nyomán]

Fig. 10. Experimental deconvolved section of the Zsana-É area with "bright spot" [after MOLNÁR 1982]

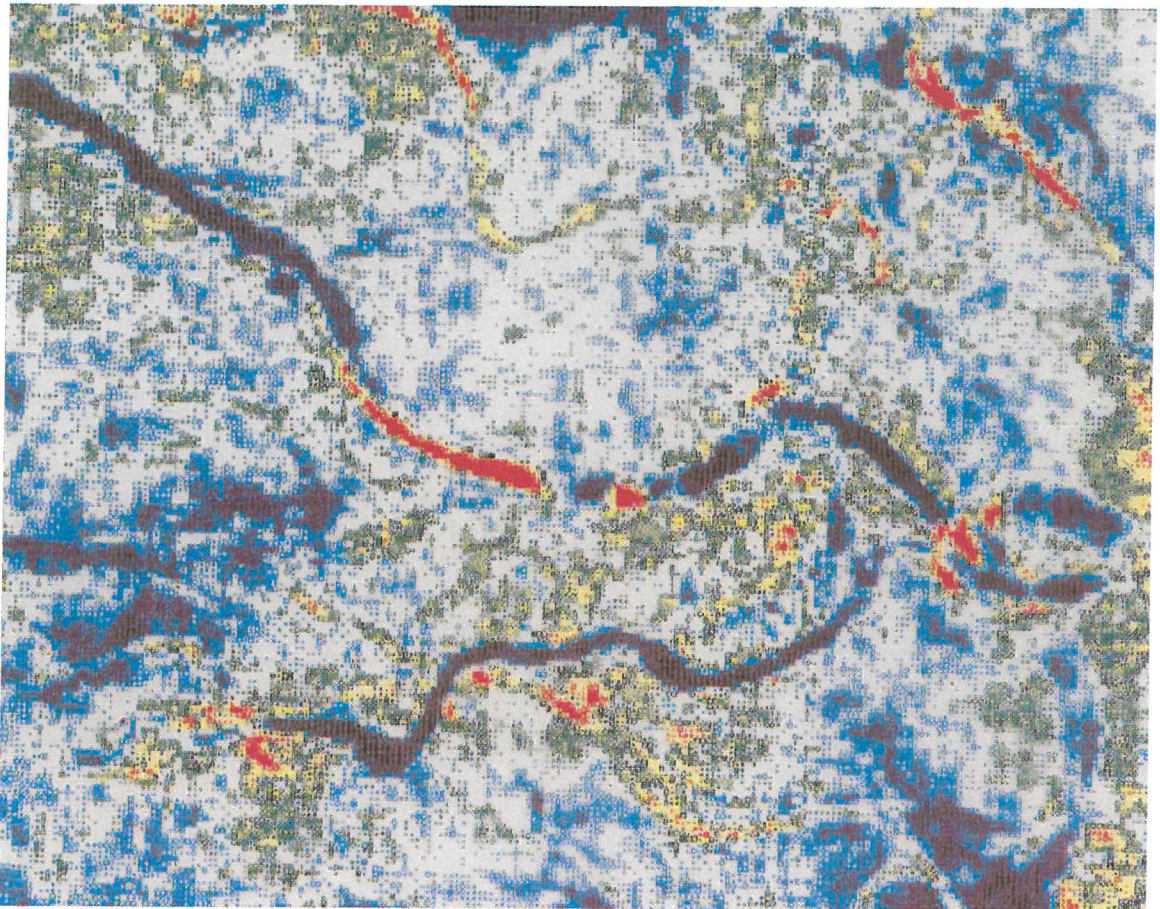
Az utolsó nagy technológiai lépcső a háromdimenziós mérések bevezetése volt a kilencvenes évek első felében.

Endrőd-É, 1992

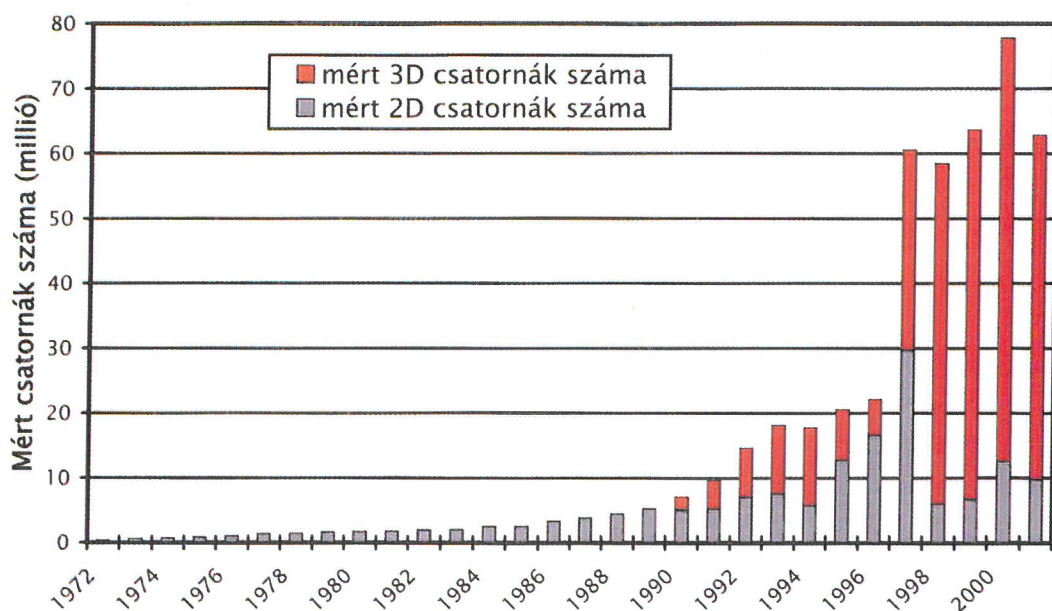
Az Endrőd-É-i mező problémáját egy 2-D-s szeizmikus vonalhálózattal kimutatott lapos boltozatra telepített jó gáztermelő kút vetette fel, mivel az első sikeres mélyfúrás környezetében lemélyített számos további kút meddőnek bizonyult. A tároló valódi megismerése és működésének megértése a mezőn mért 3-D-s szeizmikus

anyag lemérése után vált lehetségessé. A szeizmikus adathasáb vízszintes „időszeleitein” vált láthatóvá az a bonyolult csatornarendszer, amely jól magyarázta a többi fúrás meddőségét és lehetővé tette további tárolótestek megcsapolását a termelő kutak megfelelően célzott telepítésével (11. ábra).

Ez utóbbi példa — a csatornahomokkő csapadék eredményes kutatása — a háromdimenziós szeizmika csúcsteljesítményei közé tartozik. Nem ide számítva a mélyfúrás közvetlen környezetére korlátozódó karotázs adatokat, egyik geofizikai módszer sem vetekedhet a 3-D-szeizmika



11. ábra. Az Endrőd-É területen mért 3-D-s adathasáb egy „időszelete” folyómeder indikációkkal (a MOL engedélyével)
 Fig. 11. “Time slice” of the 3-D “data cube” of the Endrőd-É area with indications of channel sand bodies (courtesy of MOL)



13. ábra. A GES Kft. és elődjei által évente bemért 2-D és 3-D csatornák számának alakulása [KÉSMÁRKY 2002 nyomán]
 Fig. 13. The number of the annually acquired 2-D and 3-D traces by GES Ltd. and its predecessors [after KÉSMÁRKY 2002]



szeizmika térbeli felbontóképességével. Ez a magyarázata, hogy vi-lágszerte erre a módszerre költik a geofizikára szánt pénzek túlnyomó részét és ezen belül is növekszik a 3-D-szeizmika részaránya.

A kőolajkutató szeizmika néhány jellemző adata

MASZOLAJ Rt. Geofizikai Vállalat–KŐKUFÉV–SZKÜ–GKÜ–GKV–GKE–GES

Hagyományos fotóregisztrációs reflexiós mérések	28 908 km
Refrakciós módszerrel bemért vonalhossz (1957–1969)	7641 km
Analóg jelelőgztetésű reflexiós mérések (1966–76)	11 516 km
Digitális jelelőgztetésű hazai reflexiós mérések (2002-ig)	80 643 km
A hazai 3-D-vel bemért összterület	6082 km ²

ELGI

Hagyományos fotóregisztrációs reflexiós mérések	nincs pontos adat
Refrakciós módszerrel bemért vonalhossz	6668 km
Analóg és digitális jelelőgztetésű reflexiós mérések	8906 km

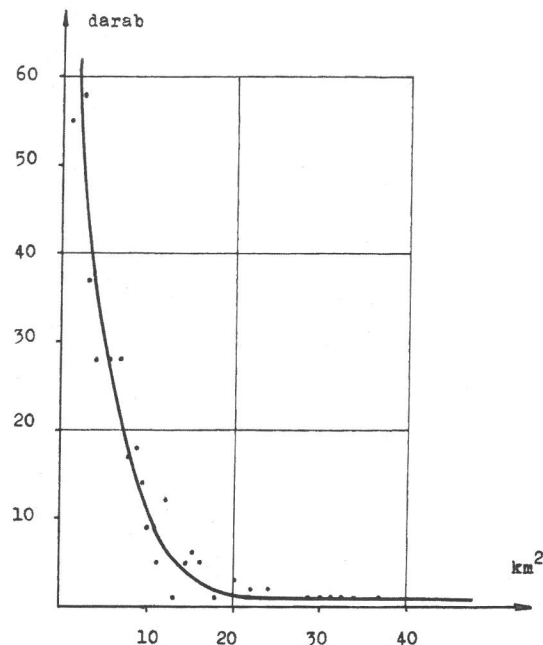
A szeizmikus mérések szerepe a szénhidrogén-készlet megtalálásában

A megtalált szerkezetek számáról tulajdonképpen az antiklinális típusú alakzatok vonatkozásában beszélhetünk, és itt lehet a mérések eredményeit pontosan számszerűsíteni. A bonyolultabb (sztratigráfiai, litológiai) csapdák esetén ennek megállapítása már nem pusztán geofizikus, hanem a tágabb geo-szakma közös feladata. SZUROVY Géza — az OKGT jóváhagyásával és segítségével — kísérletet tett az 1952–1991 között geofizikai mérések által kimutatott, kőolajkutatásra alkalmasnak tartott földtani alakzatok számbavételére [SZUROVY 1993]. A geofizikai mérések „összesen 873 kőolajkutatásra alkalmas szerkezetet” mutattak ki, ebből 1991 végéig 650-et vizsgáltak meg fúrásokkal és 130-ban találtak kitermelhető szénhidrogénkészletet. Ami figyelemre méltó, és a szeizmikával azonos lefutást mutat, az a mezők és a szeizmikus szerkezetek nagysága közötti szoros összefüggés. SZUROVY Géza közlése szerint (KFH adat) tíz mező tartalmazza a megismert készletek 71,4%-át.

Pontosan ebben kereshető a szeizmikus kutatás hazai adottságokból adódó speciális helyzete. A kis kiterjedés, a viszonylag kis távolságokon belüli nagy földtani változások és sűrű vonalhálózatok a speciális módszerek, új műszerek és feldolgozó programok azonnali alkalmazásbavételét sürgették. Ezért kellett többnyire a nyugati importot igénybevenni.

Összefoglalás

Visszatekintve a szeizmika fejlődésére megállapítható, hogy az a földre lefektetett antenna, amellyel a mélyből



12. ábra. Az 1952–1973 között geofizikai mérésekkel kimutatott szerkezetek száma a „nagyság” függvényében [KÉSMÁRKY 2002 nyomán]

Fig. 12. Number of the anticlinal structures explored by geophysical methods between 1952 and 1973 against the “size” of the structures [after KÉSMÁRKY 2002]

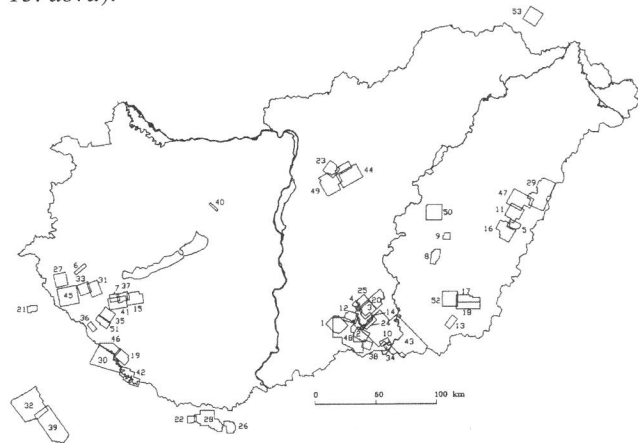


14. ábra. A GKÜ–GKV–GES és az ELGI által 1971 és 2000 között mért magyarországi 2-D-s, digitálisan feldolgozott szeizmikus szelvényeinek nyomvonalai. A vonalak együttes hossza kétszer bőven körbeérné az Egyenlítőt! (a MOL engedélyével)

Fig. 14. Network of the digitally processed 2-D seismic lines acquired by GKÜ–GKV–GES and ELGI in Hungary, between 1971 and 2000. The total length of lines is longer than two times the perimeter of the Equator! (courtesy of MOL)

visszavert rugalmas hullámokat felfogjuk, a technológiai váltások során egyre kifinomultabbá vált. Ehhez kapcsolódott szervesen a regisztrálás, a hullámkeltés, a feldolgozás és a kiértékelés fejlődése is. A technikai fejlődéssel párhuzamosan közel exponenciálisan nőtt a mért adatok mennyisége és jelentősen bővült a megoldható földtani problémák köre. Az évente mért és feldolgozott csatornák mennyiségének gyors gyarodását a műszerek csatornaszámának növekedése és a termelékenyebb és környezetkímélőbb vibrátoros jelgerjesztés alkalmazása tette lehe-

tövé. A 80 évvel ezelőtt még kizárólag a szénhidrogénmezők megtalálására alkalmazott robusztus szeizmika napjainkra olyan kifinomult módszerré fejlődött, amely alkalmas a tárolók teljes életciklusának követésére (mezőfejlesztés, leművelés monitorozás, föld alatti gáztározók kialakítása stb.). A világtrendek szerint a szeizmika alkalmazása a költséges mélyfúrési tevékenység mellett fokozódó mértékben szükséges és gazdaságos (13., 14., 15. ábra).



15. ábra. A GKV és GES által mért 3-D-s projektek [KÉSMÁRKY 2002 nyomán]

Fig. 15. Map of the 3-D projects acquired and processed by GES and its predecessor GKV [after KÉSMÁRKY 2002]

A szeizmika alkalmazása — bár hazánk nem rendelkezik világviszonylatban számottevő kőolaj- és földgázkészletekkel és a hazai szeizmikus tevékenység általában a világ vezető cégei által diktált trendeket követte —, jelentős pozitív hatással volt a magyar energiaiparra és gazdaságra. Az iparág jó teljesítményeit sem a 80-as évek második felének világbanki projektjei, sem az 1993 óta Magyarországon aktív külföldi olajvállalatok tevékenysége nem kérdőjelezték meg.

1989–90-ben a világban végbement nagy hatalomátrendezés során megszűnt a keleti blokk sajátos, elszigetelt léte. Ennek hatása a hazai geofizikára rendkívül nagy volt, mivel hirtelen versenyhelyzetbe került azokkal a világ élvonalát képviselő cégekkel, akik mögött az olajipar nemzetközi óriásainak gazdasági ereje áll. Ez a hazai műszerfejlesztés teljes átszervezését és az ipari jellegű műszer-

gyártás leállítását követelte meg. A korábbi évtizedekben kialakult mérési és feldolgozási kapacitások napjainkra a szolgáltatási szférába kerültek, és szembe kell nézniük a globális verseny kihívásaival.

Természetesen e helyen külön kell méltatnunk a Magyar Geofizikusok Egyesülete által évtizedeken keresztül nyújtott lehetőségeket (előadói ülések, szimpóziumok stb.), amelyek nagyban hozzájárultak a hazai geofizikai műhelyek közötti együttműködés előmozdításához és a szakma művelőinek egy tágabb közösséggé történő összekovácslásához.

HIVATKOZÁSOK

- ÁDÁM O. 1955: Egyes DNy-dunántúli területek némaságának okai. *Geofizikai Közlemények* **4**, 1
- ÁDÁM O. 1992: Szeizmikus történelem *Magyar Geofizika* **33**, 4
- ÁDÁM O., SZÉNÁS Gy. 1953: Szeizmogeológiai viszonyok DNy-Magyarországon. *Geofizikai Közlemények* **2**, 9
- A Kőolajipari Szeizmikus Kutatási Üzem 10 éve, 1962 (Az SZKÜ 10 éves fennállásának jubileumára egy példányban készített album)
- DOMBAI T. 1993: A geofizikai kutatások helyzete hazánkban, *Magyar Geofizika* **34**, 4, 180. o.
- KÉSMÁRKY I. (szerk.) 2002: A felszíni geofizikai kutatás 50 éve a kőolajiparban (GES Kft., Budapest)
- KILÉNYI É., SZABÓ Z. 1985: History and present state of the art of Geophysics in Hungary. *First Break* **3**, 5
- MOLNÁR K. (szerk.) 1972: A felszíni geofizikai kutatás 20 éve a kőolajiparban (Kartográfiai Vállalat, 61669/1972)
- MOLNÁR K. 1982: Felszíni geofizikai módszerek a szénhidrogénkutatásban. MTA X. Oszt. Közleményei, 15
- PETTY O. S. 1976: Seismic reflections, recollections of the formative years of the geophysical exploration industry. *Goesource Inc., Houston*
- RENNER J. 1966: A magyar geofizika története Eötvös Loránd halálától a felszabadulásig. *Magyar Geofizika* **7**, 1
- Szeizmikus Munkaközösség 1963: A magyar szeizmikus kutatás helyzete és feladatai. *Magyar Geofizika* **4**, 3–4
- SZUROVY G. 1993: A kőolaj regénye. *Hírlapkiadó Vállalat, Budapest*
- VAJK R. 1952: Geophysical exploration of SW Hungary. *Geophysics* **17**, 2