

# Az MIT Geofizikai Analizáló Csoportjának tevékenysége 1954 után\*

TREITEL, S.



Az MIT Geofizikai Analizáló Csoportja (GAG) alapozta meg az ún. „digitális forradalmat” a szeizmikus kutatásban. Enders Robinson ebben a számban követi nyomon a GAG történetét a kezdetektől 1954-ig; a történet itt folytatódik a GAG fejlődésének következő szakaszával, egészen a csoport működésének 1957-i befejezéséig. De ez még csak a kezdet volt – az új digitális technológia az 1960-as és 70-es években világszerte elterjedt az olajiparban és annak kiszolgáló ágazatában, lehetőséget teremtve egyre kifinomultabb szeizmikus adatfeldolgozó eljárások kifejlesztésére, amelyek véglegesen átrajzolták a geofizikai kutatás térképét.

## Treitel, S.: The MIT Geophysical Analysis Group (GAG): 1954 and beyond

The MIT Geophysical Analysis Group (GAG) laid the groundwork for the so-called “digital revolution” in exploration seismology. Enders Robinson traces in this issue GAG’s history from its earliest days till 1954; here, the story continues with GAG’s subsequent evolution until its end in 1957. But that was just the beginning during the 1960s and 1970s, the new digital technology spread throughout the oil and service industries worldwide, making it possible to develop progressively more sophisticated seismic processing and imaging algorithms that permanently changed the landscape of geophysical exploration.

## Bevezetés

Tudományos továbbképzésemet az MIT Geológiai és Geofizikai Tanszékén kezdtem 1953 szeptemberében. Az ősz folyamán demonstrátori állást kínáltak fel az ásványtani laboratóriumban, és 1954-ben a tavaszi szemeszter kezdetén beléptem a GAG szervezetébe. Jól hangzana, ha azt állítanám, hogy már addig is szenvedélyes érdeklődést tápláltam a geofizikai idősor-analízis iránt, azonban mi sem állna távolabb az igazságtól. Egyszerűen oda igyekeztem, ahol

kisegítőként alkalmazhattak. Mielőtt a GAG rendes tagja lettem volna, tanácsadóm arra ösztökölt, hogy végezzek el egy bevezető tanfolyamot az idősor-analízis témájában, amelynek Enders Robinson volt az előadója. Szerencsére úgy történt, hogy Enders a szemesztert éppen az ásványtani laboratórium előadás-sorozatába jegyezte be, ahol én voltam a demonstrátor. John Burg (később a maximum entrópiaspektrum által vált híressé) is tagja volt az osztálynak. Mindketten dícséretes erőfeszítéseket tettünk, hogy ébren maradjunk, bár ez nem mindig sikerült.

\* Az alábbi cikket eredetileg a *Geophysics* közölte 2005-ben: *Geophysics* 70(4), 2005. július, 31JA–35JA, doi: 10.1190/1.1993707. Tudománytörténeti jelentősége miatt adjuk közre most magyarul is Kovács Béla fordításában. A *Magyar Geofizika* szerkesztősége köszönetét fejezi ki a *Geophysics* szerkesztőségének a cikk magyarul történő közlésének engedélyezésért.

This paper was published first in English in the journal *Geophysics*, Vol. 70, No. 4, July 2005; pp. 31JA–35JA, doi: 10.1190/1.1993707. It is now published in Hungarian as well because of its importance in the history of geophysics. The editors of *Magyar Geofizika* (*Hungarian Geophysics*) thank very much the permission given by *Geophysics* for the publication of the Hungarian version translated by Béla Kovács.

Amint beléptem a GAG-ba, rögtön Steve Simpson szárnyai alá kerültem, aki átvette az igazgatói hatáskört miután Enders megkapta PhD-fokozatát 1954 tavaszán. Steve tanított meg az MIT Whirlwind számítógépének programozására, és első feladatomban egy sor algoritmus kódolása volt, amelyeket az MIT statisztikusa, J. G. Bryan dolgozott ki annak a feltevésnek az igazolására, hogy egy idősor stationárius. Akkoriban a Whirlwind memóriája (vagy „mágnesgyűrűs tárolója”, ahogy nevezték) 1024 16 szavas címezhető memóriarekeszt tartalmazott, ezt később növelték a bőségesnek mondható 4096 ilyen tárhelyre. Szerencsére az Enders által a Robinson-cikkben (2005) említett algebrai fordítóprogram akkor már használatban volt. Még így is fényvégre voltunk attól, ami ma természetesnek számít. Mivel a Whirlwind a U.S. légierő légvédelmének kezelésében volt, a katonai személyzetnek természetesen elsődleges hozzáférése volt a géphez, a polgári felhasználók részére pedig az éjszakai műszak állt rendelkezésre. Még az is szerencsének számított, ha valaki naponta egyszer hozzájutott a géphez. Napok telhettek el egy közös kódhiba felfedezéséig. Másrészről viszont a Barta-épület, amelyben a Whirlwindet elhelyezték az MIT néhány légkondicionált épületének egyike volt; a bostoni forró nyári hónapok alatt a működésképtelen programokkal járó elkeseredést elviselhetőbbé tette a légkondicionálás komfortja.

A szponzorok által biztosított szeizmogramok természetesen papírregisztrátumok voltak, és kézi úton végzett digitalizálást igényeltek, ami aprólékos, terhes és fárasztó munka volt. Valamilyen megfontolásból mintavételi időköznek 2,5 ms-ot választottak; vonalzó és nagyító használatával a digitalizálást még valahogy el lehetett viselni.

A GAG az MIT legendás 20-as épületének (1. ábra) 20E 222-es termében nyert elhelyezést. Az „ideiglenes” kaszárnyaszerű épület, amelyet 1943-ban, a 2. világháború alatt húztak fel, sok hírességnek vagy hamarosan híressé váló lakójának otthona volt. Norbert Wiener alkalmi látogatóként tűnt fel néha a sivár folyosókon. Korábbi tanítványának és sokáig munkatársának, Y. W. Leenek itt volt az irodája, ahogy a matematikus Manuel Carillonak is. Ők a nyeregpontri integrálás módszerével foglalkoztak. Az MIT elektronikai kutatólaboratóriuma és akusztikai laboratóriuma néhány lépésre volt tőlünk, így gyakran beszélgettem az ottani rendes és végzett hallgatókkal, hogy megtudjam, mivel foglalkoznak. Az épület elhanyagolt állapotban volt, gyakori meghibásodásokkal. Egy alkalommal Steve Simpson a GAG helyiségeinek kifestését határozta el, és kik értettek volna jobban az ecsetekhez, mint mi, végzett hallgatók – az olcsó munkaerő, amely kéznél volt.

Ami az anyagiakat illeti, pénzügyi helyzetünk annyira szűkös volt, hogy egy időben mi hallgatók valamennyien csupán egyetlen frakkinget és nyakkendőt mondhattunk magunkénak, ezt vettük fel, ha valakinek meghallgatásra kellett mennie állásügyben. Enders elmondta nekem, hogy az 1960-as években a Vela-Uniform projekt (lásd alább) idején végig ugyanazt a kirojtosodott inget és nyakkendőt használtuk. A GAG 11 jelentést állított össze működésének egész ideje alatt, viszont takarékoság miatt a hallgatók válogatták össze a lapokat, amelyeket egy nagy asztalon adtak körbe, amíg a jelentések másolatai összeálltak.

Fennállásának ideje alatt 18 végzett hallgató volt a GAG alkalmazásában. Közülük azonban csak hárman folytattuk a munkát a geofizikai idősorokkal, miután elhagytuk az



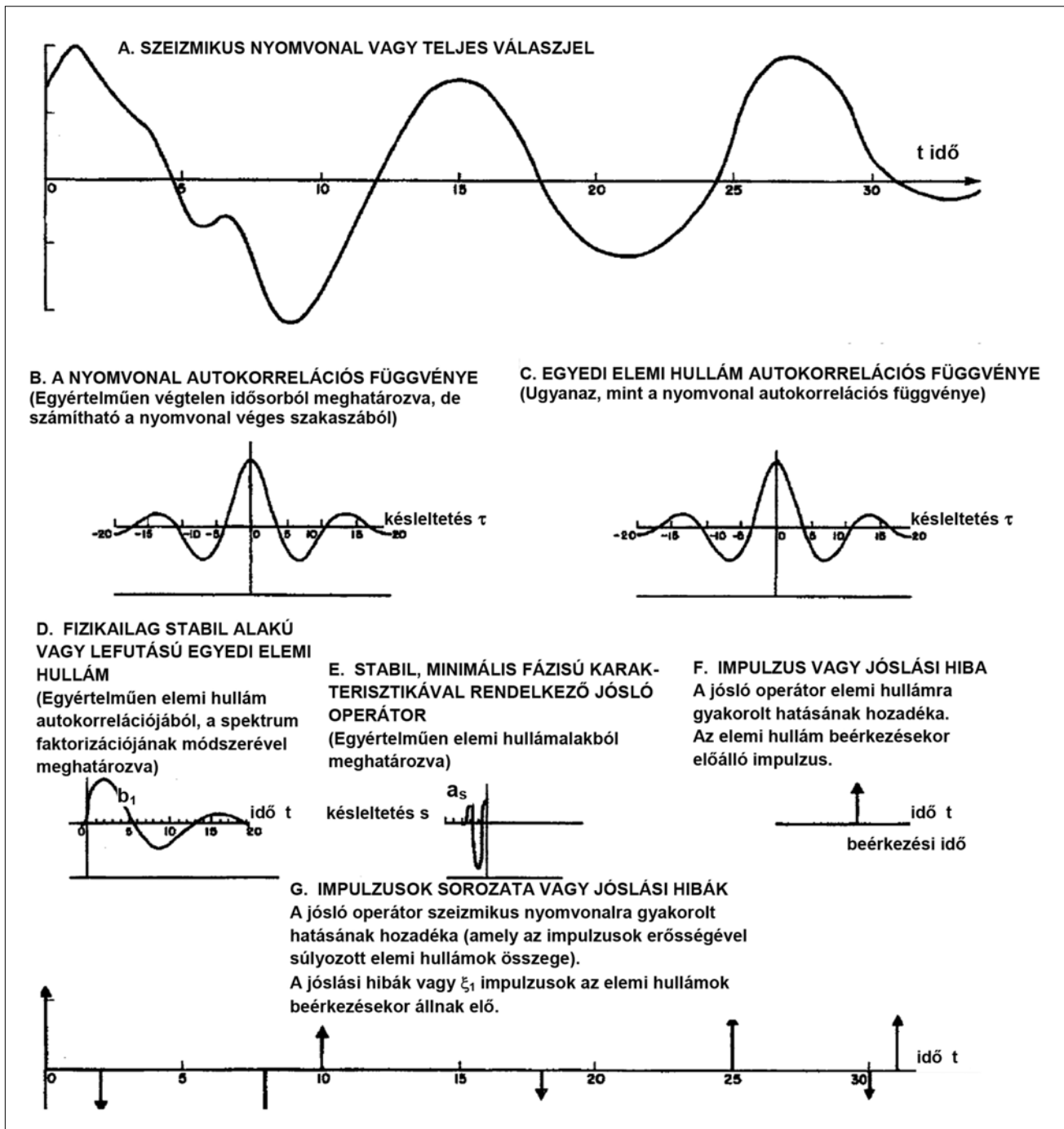
1. ábra. Az MIT 20-as épülete, közvetlenül az 1998-as lebontása előtt

MIT-t: Mark Smith, Enders Robinson és jómagam. Freeman Gilbert, aki velünk volt 1953-tól 1957-ig, és később a geofizikai inverzió elméletének megalapozásával szerzett magának hírnevet, szintén a GAG-nál kezdte pályafutását. Mark Smith 1954-ben a Geophysical Services Inc.-hoz (GSI) távozott, és elősegítette a GSI átállítását a digitális szeizmika rendszerére. Milo Backus is az MIT végzett hallgatója volt, és szintén kulcsszerepe volt ebben a folyamatban, miután 1956-ban belépett a GSI-hoz. Amikor már nem volt a GAG tagja, gyakori „vendégként”

látogatott el a 20-as épületbe, és tájékozódott dolgaink felől.

### A GAG szakmai öröksége

Ma általánosan elfogadott vélemény, hogy a GAG indította el a digitális forradalmat a szeizmikus kutatásban. A GAG erőfeszítései valóban a digitális jelfeldolgozás legkorábbi sikeres alkalmazásai között voltak. Enders cikke (Robinson 2005) a GAG serdülőkori nehézségeinek hű képét



2. ábra. Szeizmikus nyomvonal elemzése jósló operátorral. Enders Robinson PhD-disszertációjának 13. ábrája. A dolgozat után nyomása 1967-ben jelent meg a Geophysicsben

mutatja be. A GAG 1954 július 12-én jutott a csúcsra, amikor megjelent 7. jelentése az „Idősorok prediktív dekompozíciója és ennek alkalmazásai a szeizmikus kutatásban” címmel. Ez teljes terjedelmében tartalmazta Enders PhD-disszertációját, amelyet a Geológiai és Geofizikai Tanszékhez nyújtott be. Amit Enders elvégzett, azt összegezve a disszertáció kivonatának első bekezdéséből kiemelt alábbi idézet fejezi ki: „Ez a dolgozat értelmező módon mutatja be a nem folytonos stacionárius idősorok Cramér, Doob, Khintchine, Kolmogorov, Wiener, Wold, Yule és mások által kidolgozott elméletének kezelését. Fő témakörének tárgya a stacionárius idősorok prediktív dekompozícióját magában foglaló koncepció kidolgozása, az alkalmazások szempontjainak figyelembe vételével. Hermann Wold prediktív dekompozíciós tétele azt állítja, hogy egy stacionárius idősor (abszolút folytonos spektrumeloszlással) a folyó idővel beérkező számos egymást átfedő elemi hullám vagy impulzus összeadódásának képződménye. Ezek az elemi hullámok ugyanazt a stabilis egyedi lefutást és jelformát mutatják; az elemi hullámok beérkezési ideje és erőssége véletlenszerű, nincs összefüggés közöttük”. A szeizmikus idősoroknak vagy nyomvonalaknak ez a modellje az iparágban ekkor már teljesen elfogadott volt. Azóta csak annyi változás történt, hogy „prediktív dekompozíció” helyett „prediktív dekonvolúciót” mondunk. Ez a disszertáció sok későbbi fejlemény alapját képezte; kiválóan megírt tartalmas hat fejezete ugyanolyan helytálló, mint amilyen 50 évvel ezelőtt volt. A 2. ábra a *Geophysics* 1967. júniusi számából (Robinson 1967) kiemelt kép, ebben a számban található Enders disszertációjának megismételt közlése. Az ábra felvázolja a prediktív dekonvolúció alapjait, ahogyan azokat ma ismerjük.

A GAG hátralevő három éve alatt jelentős kutatómunka folyt lineáris legkisebb négyzetes egycsatornás és többcsatornás operátorok szerkesztésére zaj jelenlétében. Ebben az időben végeztük el a stabil inverz szűrők kidolgozásának alapozó munkáit, továbbá tisztáztuk a digitális szűrő fizikai megvalósíthatósága és annak stabilitása közötti kapcsolatot. Nagy figyelmet fordítottunk a szeizmikus zaj különböző fajtáinak tulajdonságaira, keletkezésére és kezelésére. A véletlenszerű és a koherens zaj közötti alapvető különbségek jobb megértése vezetett a többszörösök elnyomására szolgáló legkisebb négyzetes szűrők kezdeti kidolgozásához.

1957 elejére a projekt kezdett kifulladásra. Mint akinek utólag könnyű okosnak lenni, megállapíthatom, hogy alighanem túlságosan nagy figyelmet fordítottunk az idősoranalízis rejtettebb statisztikai jellegzetességeire, ahelyett, hogy a valóságos szeizmogramokkal foglalkoztunk volna. Ugyanakkor csak néhány szponzoráló vállalat személyi állományában voltak olyanok, akik megértették a GAG szakmai kezdeményezéseit, így az iparág részéről érkező égetően szükséges útmutatás hiányzott. A GAG-nál senki sem rendelkezett jelentős ipari tapasztalattal. Néhány szponzor ekkor már visszalépett, és 1957 júniusára a GAG megszűnt. Érdemes megemlíteni, hogy ez a lecke nem volt hatástalan iparágunk későbbi társulásaira: a GAG túlélői megszív-

lelik azok útmutatásait, akik megtanulták, hogy az újító tudományban mennyire fontos a tényleges adatokhoz való ragaszkodás és minden hasznosítható eredmény kiaknázása.

## A GAG utóélete: az MIT Vela-Uniform projektje

Legjobb tudomásom szerint négy év telt el a GAG megszűnése és a digitális szeizmikus jelfeldolgozás iránti érdeklődés újrakezdése között. Steve Simpson 1961-ben – akkor még az MIT tantestületének kezdő tanáraként – a U.S. Légierőtől a Vela-Uniform projekt révén anyagi támogatáshoz jutott, ami lehetővé tette számára, hogy új kutatási programot indítson a föld alatti kísérleti atomrobbantások kimutatására szolgáló technológia új igényként felmerült kifejlesztésére. Miközben az új projektben a hangsúly eltolódott az atomfegyver-ellenőrzés felé, a Simpson által szorgalmazott eljárások egyenes folytatásai voltak a GAG idejében végzett munkának. Tény, hogy az induló projekt a 20-as épületben talált otthonra ugyanabban a 20-E-222-es szobában, amely a korábbihoz képest még siralmasabb állapotban volt. A projekt négy évig tartott, és 1965-ben fejeződött be. Enders, aki abban az időben a Wisconsin Egyetemen tanított, a projektben tanácsadóként jutott szerephez. Az új megoldások kidolgozására irányuló munka az egy- és többcsatornás sztochasztikus rendszerekhez és az atomrobbantások kimutatására szolgáló szeizmikus észlelési elrendezésekhez kapcsolódott. Számítógépes szempontból két igen jelentős áttörés következett be ezekben az években. Enders és Ralph Wiggins az egycsatornás Wiener–Levinson-algoritmust kiterjesztette a többcsatornás esetre, Steve Simpson pedig kidolgozott egy Wiener–Levinson-típusú eljárást, amely a fokozatosan késleltetett kívánt kimenetekhez az optimális szűrők számításának nagy hatékonyságú módját biztosította (ezt nevezték „oldalról” közelítésnek).

A Vela-Uniform projektben részt vevő végzett hallgatók névsora tartalmaz néhány nevet, amelyek a „ki kicsoda a geofizikában” is szerepelnek: Jon Clearbout, a Stanford Exploration Project (SEP) alapítója; Ralph Wiggins, aki most az értékpapír-üzletágban dolgozik New Yorkban; Carl Wunsch, jelenleg az oceanográfia professzora az MIT-nél; és Jim Galbraith, aki kivételes karriert futott be a Mobilnál.

## A GAG utóélete: Enders Robinson és Sven Treitel együttműködése

Miután 1958 júniusában az MIT-től megkaptam a PhD-fokozatot, a geofizikai kutatásban kaptam állást a kubai Havannában, a Chevron vállalatnál. Minthogy a GAG 1957-ben megszűnt, és egy disszertációval, amely az idősorokkal foglalkozott, nem lehetett mit kezdeni, munkámat illetően a veszteséges közegben való hullámterjedésről kötöttem ki. Mindjárt 1959 elején Fidel Castro jutott uralomra, és a U.S. olajvállalatokat hamarosan nemkívánatos-

nak nyilvánították. Egy évvel később beléptem a Pan American Petroleum vállalat (később Amoco néven vált ismertté) tulsai kutatási központjába. A geofizikai kutatás igazgatója akkor az a Dan Silverman volt, aki a GAG teljes ideje alatt a Tanácsadó Bizottságot vezette. Miután kilátástalan harcot folytattam a rétegzett közeg egyenámra adott válaszával, arra emlékeztettem Dant, hogy a GAG tevékenységéből sok minden maradt hátra befejezetlenül, és ebben óriási lehetőségek vannak egy olajvállalat számára. Mivel a tudományos életben egyesek elszigetelődhetnek (én ugyan nem tartozom közéjük), rávettem Dant, hogy hívja meg Enderst félállású tanácsadónak. Enders ekkor Svédországban, az Uppsalai Egyetemen tartózkodott, és még évtizedekre voltunk az e-mailtől. Miután Enders néhány látogatást tett Tulsában, belekezdünk egy közös projektbe azzal a céllal, hogy a korábbi GAG eredményeket adaptáljuk egy olajvállalat igényeihez, és kidolgozzunk egy Fortran-alapú szoftvert a jelfeldolgozás elméletének könnyű megvalósítására. Ennek során orvosolni tudtunk egy olyan fogyatékossgot, amely a GAG jelentésekben mutatkozott: írásmódjuk gyakran érthetetlen volt az alkalmazott geofizikusok számára. A terv az volt, hogy belső használatra szánt jelentéssorozat készül eléggé alapszinten, amely önképzés eszközeként használható fel. Elképzelésünk nagyon sikeresnek bizonyult. Néhány éven belül több jelentésünk megjelent a *Geophysics*-ben és más, jelfeldolgozásra orientált folyóiratokban. Ugyanakkor kidolgoztuk a kísérő szoftvert is, főként a jól dokumentált Fortran szubrutinok formájában. Idővel ezek a programok képezték az Amoco korai szeizmikus feldolgozórendszerének alapját. Úgy tudom (személyes értesülés Paul Glutowskytól, 2005), hogy ezek a prehisztórikus szubrutinok nyomokban még mindig fellelhetők a BP jelenlegi programrendszerében.

Együttműködésünk első fázisa mintegy 3 évig tartott (1962–1965). Közös kutatómunkánk második időszaka 1974-től az 1980-as évek közepéig foglalt le minket. Kapcsolattartásunk kizárólag légipostai levélváltásokra korlátozódott. Egymás kézzel írott leveleinek vétele közötti egyhetes időközök még előnyt is jelentettek, mivel ez a késés lehetőséget adott a válaszadás előtti gondolkodásra. Ez a kényelem a késedelem nélküli kommunikáció mai korszakában nem mindig adatik meg. Emlékszem arra is, hogy városunk közhivatalának egyik könyvelője felhívott azzal, hogy ő úgy látja, a vállalatnak nem kellene légipostára költenie levelezésünk lebonyolításához; ehelyett a felszíni posta eszközeként a Svédországba közlekedő hajójáratot ajánlotta. Meggyőztem őt, hogy most az egyszer indokolt a költségek csökkentése.

Ebben az időszakban Dan Silvermann és utódja, Sam Martner lelkes támogatásában részesültünk. Nem kellett foglalkoznunk merev rendszabályokkal, a projektértékelés és ellenőrzés előírásaival vagy kőbe vésett célkitűzésekkel. Megbízatásunk a jelfeldolgozás hosszú távú kutatására és erőfeszítéseink eredményének felmérésére szolgált. A mai eredménycentrikus iparosodott világban csaknem elképzelhetetlen, hogy valaki ragaszkodni tudjon saját elképzeléséhez, bárhová is vezessenek azok.

Első közös cikkünket „A digitális szűrés alapjai” címmel 1962-ben a *Geophysics*-hez nyújtottuk be, és elutasították. A folyóirat szerkesztője, F. A. van Melle („Van”) úgy találta, hogy cikkünk a szakavatottaknak túl egyszerű, a kevés gyakorlattal rendelkezőknek pedig túl bonyolult. Miután véleményt cseréltünk Vannal, meggyőztük őt, hogy munkánk valójában mindkét igényt kielégíti. Közlésére 1964-ben került sor, és a következő évben elnyerte a SEG Legjobb Cikké díját. Ez volt a kezdete Vannel ápolott sokéves barátságunknak is.

A sokat emlegetett digitális forradalom lendületet adott a geofizikai kutatásoknak az 1960-as évek elején és közepén. Ekkor számos jelentős olajvállalat és a szeizmikus kutatások néhány vezető vállalata lépett sorompóba. Közben sok mindent nem tártak a nyilvánosság elé, mindamellett kulcsfontosságú cikkek jelentek meg a *Geophysics*-ben, amelyek szerzői között említést érdemel John Sherwood a Chevrontól (Sherwood és Trorey, 1965), Bob Rice a Marathontól (Rice, 1962), Manus Foster, Bob Sengsbush és Bob Watson a Mobiltól (Foster et al., 1964), továbbá Norm Neidell és Turhan Tanel a Gulf R&D-től (Neidell és Taner, 1971). A szeizmikus kutatóvállalatok közül a GSI és anyavállalata, a Texas Instruments megépítette a Texas Instruments Automatic Computer (TIAC) néven ismertté vált számítógépet. Ez a 15 000 tranzisztort tartalmazó gép volt az első, amelyet kimondottan szeizmikus kutatások céljára alakítottak ki. Kifejlesztéséhez két nagy olajvállalat (a Mobil és a Texaco) is támogatást nyújtott. Viszonyképpen ezeknek a vállalatoknak két évre szóló kizárólagos használati joguk volt a TIAC által biztosított technológiához (Bob Graebner személyes közlése, 2005). Mark Smith, aki korábban a GAG-nál volt, megalakított egy jelfeldolgozó kutató-fejlesztő csoportot, amelyet aztán az MIT-n végzett Milo Bachus vezetett. Ez a csoport gondoskodott a TIAC szoftverének kifejlesztéséről. Bob Graebner véleménye szerint nem vitatható, hogy a GAG nagy hatással volt ezekre a törekvésekre. A GAG veteránjain kívül nagyjából ugyanebben az időben mások is jeleskedtek ezen a felfutó területen. Közöttük említhető Carl Savit, a Western Geophysicaltől, aki elindította szervezetét a digitális geofizikához vezető úton, és ugyanezt tette Tury Taner és Fulton Koeler is a Seiscomnál.

1964-ben Endersszel együtt azt javasoltuk az SEG ügyvezető bizottságának, hogy közöljék le a *Geophysics*-ben a GAG-jelentések szerkesztett és rövidített változatát. A javaslatunkat elfogadták. A bizottság még külön megbízta Edward A. (Ted) Flinnt, (megh. 1989-ben), az 1967. júniusi szám szerkesztésével, amelyet teljes egészében a GAG anyagaiból szándékoztak összeállítani, mivel úgy gondolták, hogy azok még mindig fontosak a kutatók közössége számára. Az összeállítás teljes terjedelmben tartalmazta Enders PhD-disszertációját (Robinson, 1967) és még két cikket, amelyek a jel-zaj viszony és a beérkezési időkülönbségek átlagolásának kérdéseivel foglalkoznak (Simpson, 1967; Simpson et al., 1967), előfutáraiként annak, amit ma „szeizmikus hasonlóság” néven ismerünk. A kiadványban helyet kapott még J. G. Bryan cikke „Statisztikai vizs-

gálatok idősor stacionaritásának megállapítására” címmel (Bryan, 1967), és tartalmazott két függelékkel is, amelyek közül az egyik a GAG személyi állományának tagjait sorolja fel, a másik pedig a GAG működésének ideje alatt kibocsátott 11 jelentés címeit és tartalomjegyzékeit ismerteti.

Az 1960-as évek végén Endersszel tucatnyi cikket publikáltunk a *Geophysics*-ben és más folyóiratokban, majd úgy határoztunk, hogy munkáinkat megküldjük az MIT nyomdájának, a geofizikai jelanalízist tárgyaló kötet összeállításának kezdeményezése céljából. Az MIT Geológiai és Geofizikai Tanszékének elnöke azonban közölte a nyomdával, hogy meglátása szerint nincs kereslet egy ilyen kiadvány iránt. Ebben a helyzetben Bob Geyer, aki ekkoriban a Seismograph Service Corp.-nál (SSC) volt alkalmazásban, rávette a cég reklámrészlegét összegyűjtött cikkeink közzétételére „Robinson–Treitel szöveggyűjtemény” címmel. Ez a reprintkötet több kiadást ért meg 1969 és 1973 között, és az SSC ingyenesen terjesztette. Több ezer példány talált gazdára ilyen módon. Az 1970-es évek végén az MIT Villamosmérnöki Tanszékéről A. V. Oppenheim arra bízott minket, hogy forduljunk könyvkiadási javaslattal egy általa szerkesztett Prentice-Hall sorozatban való megjelenéshez. Ennek eredményeként jelent meg 1980-ban közös kötetünk, a *Geofizikai Jelanalízis* (Robinson és Treitel, 1980) és később e könyv utánpótlása az SEG kiadásában (Robinson és Treitel, 1980).

Az 1970-es évek elején bontakozott ki az ipar által szponzorált egyetemi társulások „aranykora”. A legsikeresebbek egyike volt a Stanford Exploration Project (SEP), amelyet Jon Claerbout indított el 1973-ban. Az MIT-nél Nafi Toksöz alapította meg az Earth Resources Laboratory (ERL) konzorciumot 1973-ban. Ez a két csoport a mai napig töretlenül folytatja tevékenységét, mint ahogy számosan mások is, az Egyesült Államokban, Kanadában és Európában. Túlzás nélkül állítható, hogy ezek a később alakult tudományos konzorciumok annak a működési módnak a nyomdokába léptek, amelyet először a GAG alapítói alkalmaztak több mint fél évszázaddal ezelőtt.

## Záró megjegyzések

Az MIT keretében működő GAG ösztönözte iparágunkban azt a kutatási koncepciót, amelynek lényeges elemei a mai napig éreztetik hatásukat. Erről tanúskodik a jelentős számú innovatív tudományos konzorcium folyamatos mű-

ködése. A GAG korán felismerhetővé tette számunkra, hogy mit érhetünk el az egyetemi tantestület előrelátó tagjai és az új irányzatokat készségesen és fenntartás nélkül befogadó hallgatók összefogásával. Abban az időben, amikor a legtöbb olajvállalatnál és szolgáltató cégnél háttérbe szorult a kutatás-fejlesztés, a tudományos konzorciumoktól kellett várunk az új lelőhelyek egyre nehezebbé váló feltárásához szükséges eljárások biztosítását.

## A cikk szerzője

Treitel, Sven

## Hivatkozások

- Bryan J. G. (1967): Statisztikai vizsgálatok idősor stacionaritásának megállapítására. *Geophysics*, 32, 499–511
- Foster M. R., Sengbush R. L., Watson R. J. (1964): Optimum-közeli szűrőrendszer tervezése többcsatornás szeizmikus adatfeldolgozáshoz. *Geophysical Prospecting*, 12, 173–191
- Neidell N. S., Taner M. T. (1971): Hasonlósági és más koherencia vizsgálatok több csatorna adatainak felhasználásával. *Geophysics*, 36, 482–497
- Rice R. B. (1962): Inverz konvolúciós szűrők. *Geophysics*, 27, 4–18 (javítások: *Geophysics*, 28, 114)
- Robinson E. A. (1967): Idősorok prediktív dekompozíciója, és ennek alkalmazása a szeizmikus kutatásban. *Geophysics*, 32, 418–484
- Robinson E. A. (2005): Az MIT Adatfeldolgozó Csoportjának tevékenysége a kezdetektől 1954-ig. *Geophysics*, 70, 7JA–30JA
- Robinson E. A., Treitel S. (1964): A digitális szűrés alapjai. *Geophysics*, 29, 395–404
- Robinson E. A., Treitel S. (1980): Geofizikai jelanalízis. Prentice-Hall Inc.
- Robinson E. A., Treitel S. (2000): Geofizikai jelanalízis. SEG
- Sherwood J. W. C., Trorey A. W. (1965): Minimumfázis és az akusztikus síkhullám átvitelének vele összefüggő jellemzői vízszintes rétegzettségű, csillapító hatású átbocsátó közeg esetén. *Geophysics*, 30, 191–197
- Simpson Jr. S. M. (1967): Időben változó jel-zaj viszonyra és jelerősségre végzett számítások. *Geophysics*, 30, 485–493
- Simpson Jr. S. M., Fink D., Treitel S. (1967): A beérkezési időkülönbségek átlagolásának tapasztalatai. *Geophysics*, 32, 494–498