

A vertikális szeizmikus szelvényezés (VSP) alapjai

GÖNCZ GÁBOR*—RÁDLER BÉLA*

E dolgozat célja, hogy az olvasó számára lehetővé tegye a VSP alapjainak rövid és gyors áttekintését, segítséget nyújtson a témában itt és a későbbiekben közzétett cikkek könnyebb megértéséhez, megkímélje az érdeklődőt attól, hogy a téma alapjainak elsajátításához szükséges ismereteket, a ma már eléggé szerteágazó, idegen nyelvű szakirodalomból válogassa össze.

Цель данной статьи — предоставить читателю возможность познакомиться с кратким обзором ВСП, оказать ему помощь в более доступном понимании рассматриваемой темы как в этой статье, так и в последующих статьях.

The aim of this paper is to provide a quick and easy-to read review on the fundamentals of the VSP measurements for understanding of the papers published in this issue and other papers appearing on the topic. It is intended to save the reader from hunting of the necessary knowledge from several dozens of publications written in various languages.

Szeizmokarotázs és VSP

A szeizmikával egyidős az a törekvés, hogy a föld felszínén nyert mérési anyagból minél nagyobb pontossággal határozzák meg a mélységszelvények elkészítéséhez szükséges sebességet. A sebességmeghatározás pontossága a módszerek fejlődésével állandóan nőtt. A mai sebességvizsgálatok eredményeit a mélységtranszformáció készítésén túl is felhasználjuk részben a modern időszelvény és transzformáltjainak elkészítéséhez, (migrált időszelvény stb.) részben a szeizmikus szelvények földtani értelmezéséhez (réteg, intervallum sebességek stb.)

A felszíni szeizmikus méréseket kisebb-nagyobb mértékben különböző zajok torzítják, de a sebességek kellő pontosságú meghatározását még sok tényező nehezíti (korrekciók pontatlansága, közelítések hiperbolával, bonyolult szerkezeti felépítés, dőlés stb.).

Kiváló és igen ritka eredménynek számít ma is, ha a felszíni mérésből nyert átlagsebesség mélység függvény 2%-os pontossággal közelíti meg a tényleges függvényt, mely utóbbinak a szeizmokarotázsból nyert függvényt tekintjük. Ily módon mind a mai napig a mélyfúrásokban végzett sebességmérések mint bázisadatok nélkülözhetetlenek.

A szeizmokarotázs mérés napjaink megszokott rutintevékenysége. Leginkább béléscsővezetelen fúrólyukban végezzük, hogy elkerüljük a csőszerkezet által keltett zavaró hullámokat.

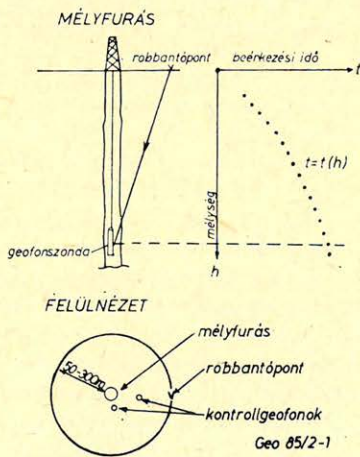
A rutin szeizmokarotázs méréseknél a geofonsondát, néhány a későbbiekben kizárólag ellenőrzés céljára szolgáló felvétel elkészítése mellett a lyuk talpára engedjük. Az ellenőrző felvételeket 500 vagy 1000 méterenként készítjük. E felvételek ellenőrző szerepe abból áll, hogy időadatainknak egyezniük kell a felfelé haladó szonda azonos mélységű helyzetében kapott beérkezési időkkal. A tényleges mérési sorozat első felvételét a lyuk talpánál levő szondaállásban kezdjük.

Ennek elkészítése után a szondát egy lépésközzel (általában 25, 30 vagy 50, esetleg 100 méter) feljebb húzzuk és ismét felvételt készítünk. A felvétel készítését egészen a lyukszáj közeléig folytatjuk. A gyakorlatban 500 méternél sekélyebb mélységben ritkán mérünk, mert itt a beérkezési időket még gyakran torzítják a lyukfej-szerelvényekről származó zavarok. A földtani szempontból érde-

* Geofizikai Kutató Vállalat, Budapest.

kesebb szakaszokat sűrűbben, a kevésbé érdekeseket ritkábban mintavételezzük. (25 m, ill. 50 – 100 m). A felvételek készítéséhez szükséges jelgerjesztést robbantó lyukakban végezzük.

A szeizmocarotázs mérés sematikus rajza az 1. ábrán látható. Az ábra a mélyfúrás áthaladó vertikális metszetet és a mélyfúrás felszíni felülnézetét, az ábra jobb oldala pedig a fúrólyukhoz illesztett regisztrált beérkezési időt mutatja a mélység függvényében. A gyakorlati kivitelezés során az elvi, egyetlen robbantólyuk helyett természetesen robbantólyukkifáradás miatt többet mélyítünk a mélyfúrás környezetében (20 – 30 db).



1. ábra. Szeizmocarotázs mérés sematikus képe

Рис. 1. Схема сейсмокаротажа

Fig. 1. Scheme of velocity survey

A szeizmocarotázs mérések szerves tartozékai még a kontrollgeofonok, melyeket általában a lyuk körül a felszínen helyezünk el. A kontrollgeofonok feladata, részben az azonos robbantólyukból keltett impulzusok alakjának, részben pedig a segítségükkel regisztrált beérkezési időknél a figyelése.

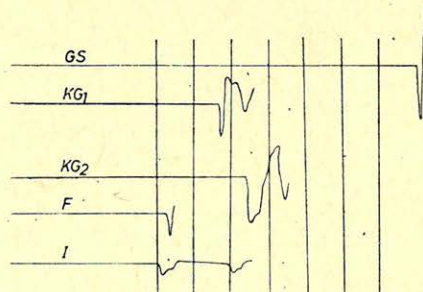
Mind az impulzusok alakjának, mind pedig az első beérkezési időknél a változása a robbantólyuk kifáradására utal. Ilyenkor a jel általában alacsonyabb frekvenciás lesz, az idő pedig késik. A kontrollgeofonok beérkezési időinek változása ellenőrzi még a robbantás technikai paramétereit is. A felvételeket általában a rutinméréseknél használt terepi szeizmikus berendezésekkel készítjük. Természetesen ilyenkor csak néhány csatorna működik, mégpedig: a lyukgeofon és a két-három kontrollgeofon csatornája. Néha a lyukgeofon csatornáját egyidejűleg különböző erősítéssel több csatornán párhuzamosan regisztráljuk. Ennek különösen akkor van jelentősége, ha különböző zajok, zavarok miatt éles első beérkezéseket nehezen tudunk regisztrálni és/vagy, (de ez már kissé át is vezet a VSP-hez) látni akarjuk a beérkezett első jel alakját is.

A szokványos jól sikerült szeizmocarotázs felvételen tehát általában a lyukgeofon csatornáján egy zajmentes nyugalmi nyomvonal látható, mely a beérkezési időpillanatban hirtelen „megszakad”, pontosabban inntől kezdve nagy amplitúdóval oszcillál.

A 2. ábrán egy hagyományos szeizmocarotázs felvétel látható. A különböző mélységben levő geofon beérkezési idősora a mélység függvényében adja a szeizmocarotázs idő, mélység diagramját (1. ábra jobb oldal), melyből az átlagsebesség mélység és az intervallum sebesség-mélység függvények készíthetők.

A fenti leírás természetesen sematikus csak a szeizmokarotázs mérések főbb mozzanatait tartalmazza. Ma már teljesen kézenfekvőnek tűnik az a kérdés, hogy a hagyományos szeizmokarotázs-mérésnél miért hagyjuk abba a regisztrálást az első beérkezési idők elérése után? Miért nem vizsgálunk meg összefüggő rendszerben hosszabb időtartományt, hogy a különféle utakon terjedő hullámokat rendre felfogjuk és tanulmányozzuk.

Nos, ilyen kísérletet a szeizmika múltjában többen végeztek. Azt is sikerült megállapítaniuk, hogy az első beérkezések utáni tartományban a többszörös reflexiók is kimutathatók, stb. A fúróluk környezetének reális közege azonban nem engedelmeskedett azoknak a technikai fogásoknak, amelyek a rutin szeizmokarotázs mérések során kialakultak. A regisztrátumok zavarosak, zajosak és értelmezhetetlenek voltak.



2. ábra. Tipikus szeizmokarotázs felvétel

Рис. 2. Типичная запись сейсмкаротажка.

Fig. 2. Typical velocity survey record

GS - geofonsonda
 KG₁ - kontrollgeofonok
 KG₂ -
 F - feladó
 I - időjel

Geo 85/2-2

Ki kellett dolgozni lépésről-lépésre a hullámgerjesztés, a lyukfal-geofon csatolás, a felvételezés stb., megfelelő módszerét, hasonlóan ahhoz, ahogy a mai felszíni felvételezési technológia kialakult.

Az eredmény pedig új és sokatígérő. Minden szerző tartózkodik attól, hogy a VSP-t a szeizmokarotázs továbbfejlesztett változatának tekintse. Nem indokolatlanul, mert eredményei bár magasabb szinten, nagyobb pontossággal magukban foglalják a szeizmokarotázs eredményeit is, de azzal, hogy a vizsgált közegben keletkező és tovaterjedő hullámok természetének sajátosságait tárja fel, inkább nevezhető „felszín alatti szeizmikának”, mint bármiféle szeizmokarotázsnak.

A következőkben csak a lyukközeli ún. kis offsetű VSP méréseket ismertetjük, részben helyszűke miatt, főként pedig amiatt, hogy eddig csak ilyen méréseket végeztünk.

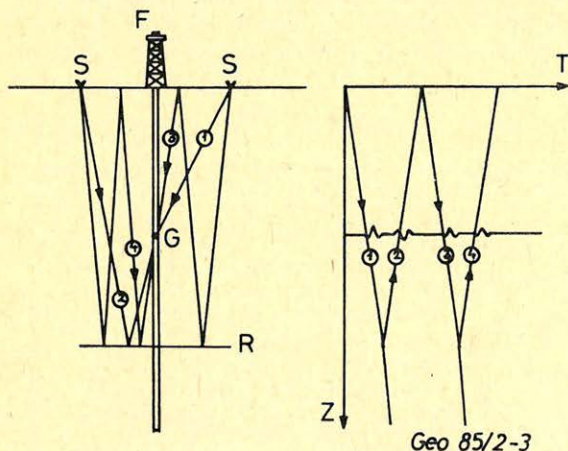
A VSP-nél (de a szeizmokarotázsnál is) a felszíni mérésektől eltérően vertikális terítésben mérünk, de mivel általában csak egy geofonunk van (a Szovjetunióban már többszörös lyukszondát is kifejlesztettek) a teljes VSP felvételt lépésről lépésre csatornánként készítjük el, majd az egyedi felvételekből rakjuk össze a teljes VSP képet.

A VSP-nél a teljes hullámtér felvételezésére törekszünk, ezért a szonda lépésköze, felszíni fogalmak szerint a geofonköz, sokkal sűrűbb, mint a szeizmokarotázs mérésnél. (5–20 m).

A VSP vertikális terítésben egyaránt észleljük a lefelé és a felfelé terjedő hullámokat. Emiatt természetesen a teljes VSP felvételen olyan hullámokat is

láthatunk, amelyek a közeg felszínét nem érik el, hanem a mélység irányában eltávoznak. A 3. ábra a VSP hullámterjedés alapsémáját mutatja.

Az ábra bal oldalán különböző hullámokat ábrázoltunk a jobb oldalon pedig a menetidőgörbét rajzoltuk meg. A mélyfúrásban (F) elhelyezett geofon (G) észleli a felszínen (S) keltett lefelé haladó, direkt hullámokat (1), majd az általa az (R) reflektáló felületen keltett egyszeres reflektált hullámot (2) és a lefelé és felfelé haladó többszörös hullámokat is. Itt csupán az első felszíni többszörösöket (3 és 4) tüntettük fel és csupán egy reflektáló felületet vettünk fel.



3. ábra. Sugárutak és menetidőgörbék VSP mérésnél

Рис. 3. Траектории лучей и годографы наблюдений ВСП

Fig. 3. VSP raypaths and event pattern

Ha az FS távolság kicsi (kis offsetű VSP), akkor a mélyfúrás közvetlen környezetét kutatjuk, hiszen a hullámok a mélyfúrás közelében haladtak. A hullámok azonban a reflexiós felszíni mérésekhez hasonló utat futnak be.

A vertikális terítésnek köszönhetően a geofonokat most a reflektorokhoz közelebb helyezük el és így olyan reflexiókat észlelünk, melyek keletkezési helyüktől rövid utat tettek meg, így több információt hordozhatnak a reflektáló felületről. A felbontóképesség tehát nagyobb lesz, mint a felszíni méréseknél. A vertikális terítés másik nagy előnye az, hogy a különböző mélységekben mért VSP csatornákon a lefelé és felfelé haladó hullámkomponensek az ellenkező irányú futásidő különbségek miatt ellenkező látszólagos sebességgel jelennek meg, elkülöníthetők (lásd a 3. ábra jobb oldalát). Ezzel egyedülálló lehetőségünk nyílik arra, hogy bepillantassunk a föld mélyében lezajló hullámterjedés bonyolult mechanizmusába. Ez pedig jelentős segítséget adhat a felszíni, reflexiós szelvények kiértékeléséhez.

A VSP szelvényen az egyes hullámkomponenseket korrelálva meghatározhatjuk a reflexiókat és a többszörösöket, majd ezeket azonosíthatjuk a mélyfúrás közelében mért felszíni reflexiós szelvényen talált beérkezésekkel.

A VSP szelvények kinematikai kiértékeléséből meghatározhatjuk az egyes reflektáló felületek dőlésszögét, töréseket azonosíthatunk. Felismerhetjük a nyíró hullámok jelenlétét és az azok által keltett reflexiókat. A VSP szelvények mélyebb analizésével felderíthetők a belső többszöröződésiek, esetleg litológiai effektusok mutathatók ki, szénhidrogének jelenléte valószínűsíthető és a mélyfúrás továbbmélyítésével kapcsolatos adatokat is nyerhetünk.

A VSP mérésekből természetesen megkapjuk az átlagsebesség függvényt is pontosabban, mint a szeizmokarotázis mérésekből. A nagyobb, illetve változó

offsettel végzett mérésekkel a mélyfúrás tágabb környezetének akusztikus jellemzőit is kutathatjuk. Így meghatározható esetleg szénhidrogén tároló horizontális kiterjedése, vetők stb.

A VSP mérés alapelemei

Röviden áttekintjük a VSP mérés összetevőit, csak a leglényegesebb szempontokat figyelembe véve. Azokat a jellemzőket emeljük ki, amelyek a jó minőségű VSP szelvények készítéséhez fontosak.

A mélyfúrás

A VSP mérés szempontjából nem mindegy, hogy milyen állapotú mélyfúrásban végezzük a mérést. Mivel a kőzetekben terjedő hullámokat akarjuk regisztrálni, szükséges, hogy jó mechanikai csatolás legyen a geofonokat tartalmazó szonda és a kőzetek között. Az irodalom [1.] szerint legjobb a VSP méréseket egyszer béléscsővezetett és már cementezett lyukban végezni. A béléscső és a jó minőségű cementezés jó csatolást biztosít.

A mélyfúrás VSP mérésre történő kiválasztásánál további szempont olyan fúrás kijelölése, melyben egyéb és minél többfajta karotázis mérést is végeznek és amelyhez közel felszíni reflexiós szeizmikus szelvényt is mértek.

A gerjesztés

Mivel a VSP szelvényeket a közelben mért reflexiós időszelvényekkel kívánjuk elsősorban összevetni, célszerű lenne azonos gerjesztést alkalmazni a kétfajta mérésnél. Ezt azonban nem mindig valósíthatjuk meg egyszerűen. A VSP mérés a gerjesztéssel szemben speciális követelményeket is támaszt. Az itt alkalmazandó gerjesztésnek mindenekelőtt olyannak kell lennie, mely igen sokszor közel azonos jelalakot tud kelteni. Erre azért van szükség, mert egy gerjesztéskor a geofon egy bizonyos mélységben áll, azaz egy szintet mérünk meg. A megfelelő mélységbeli mintavételezéshez pedig egy mélyebb fúrásnál többszáz gerjesztést kell végeznünk. Ha a gerjesztett jelalakok eltérőek, akkor a különböző mélységben felvett VSP csatornák emiatt térnek el egymástól és nem a különböző hullámterjedésből adódó hatások miatt, amire tulajdonképpen kíváncsiak vagyunk. A gerjesztést a felszín közelében végezzük, és a cél az, hogy minél mélyebbre, minél szélesebb frekvenciatartományon jelet küldjünk.

A VSP szelvények kiértékelhetősége (a hullámok csatornáról-csatornára való követhetősége) azt kívánja tehát, hogy a gerjesztés amennyire lehetséges azonos jeleket keltsen.

A nyugati vállalatok leginkább air-gun forrást használnak. Lehetséges azonban vibroszeiz vagy robbanásos gerjesztés is. A GKV által kifejlesztett és alkalmazott robbantásos jelgerjesztési módszert külön cikkben ismertetjük.

A megfelelő és jól reprodukálható jelet adó gerjesztéssel sokat kísérleteznek. Az air-gun és vibroszeiz forrás alkalmazásakor a jelalakot a gerjesztés helyén a talaj fokozatos tömörödése változtathatja meg. VSP jelgerjesztéshez használnak tengeri air-gun-t szárazföldön, speciális mérésekhez horizontális vibrátorokat, sőt tűzérsegi aknavetőt is megfelelően átalakítva. [1, 2.]

A geofon szonda

A tipikus VSP szonda 3 m hosszú, átmérője 10 cm és tömege 100 kg. A mélyfúrásban a szondának igen nagy nyomást és esetleg 200 °C vagy még ennél nagyobb hőmérsékletet is el kell viselnie.

A vállalatnál jelenleg csak vertikális komponenst regisztráló szondát használunk. A VSP szondákkal szemben támasztott lényegesebb követelményeket az alábbiakban foglaljuk össze.

A szonda lehetőleg kis átmérőjű és a végein áramvonalasan kiképzett legyen. Ez azért lényeges, mert a mélyfúrásban levő folyadékoszlopban haladó, iszap-hullám minden olyan helyről (magáról a szondáról is) visszaverődik, ahol a folyadékoszlop átmérője hirtelen jelentősen megváltozik. Az iszap-hullám és reflexiói a VSP mérésnél koherens zajként szerepelnek.

A szondának üzembiztosan működő kitérítéssel kell rendelkeznie, ami biztosítja a csúszásmentes, szilárd kitérítést, a jó mechanikai csatlakozást a geofon és a lyukfal között. A csatlakozási rezonanciák csökkentése érdekében a szondának minél rövidebbnek és könnyebbnek kell lennie, ugyanakkor elegendően súlyosnak kell lennie ahhoz, hogy üzembiztosan leereszthessük nagy iszapsűrűség esetén is nagy mélységbe. Célszerű, ha a szonda mindhárom irányú hullám összetevőt regisztrálni tudja a geofonok térbeli pozíciójával együtt.

Jó lenne, ha a felvétel előtt (pl. egy mechanikus berendezéssel) ellenőrizni lehetne a szondageofon-talaj csatlakozását. Célszerű lenne a jeleket már a szondában digitalizálni és így továbbítani a karotázis kábelén. Ezek a követelmények egyszerűen általában nem teljesülnek egyetlen jelenlegi szondánál sem, azonban szempontokat adhatnak a szondák tervezéséhez vagy beszerzéséhez.

A VSP szondába beépített geofon(ok) magas hőmérsékletnek vannak kitéve. Ha a VSP felvételekből közzefizikai paramétereket is akarnak becsülni, ismerni kell a geofonok átviteli tulajdonságainak hőmérséklettől való függését is.

A kábel

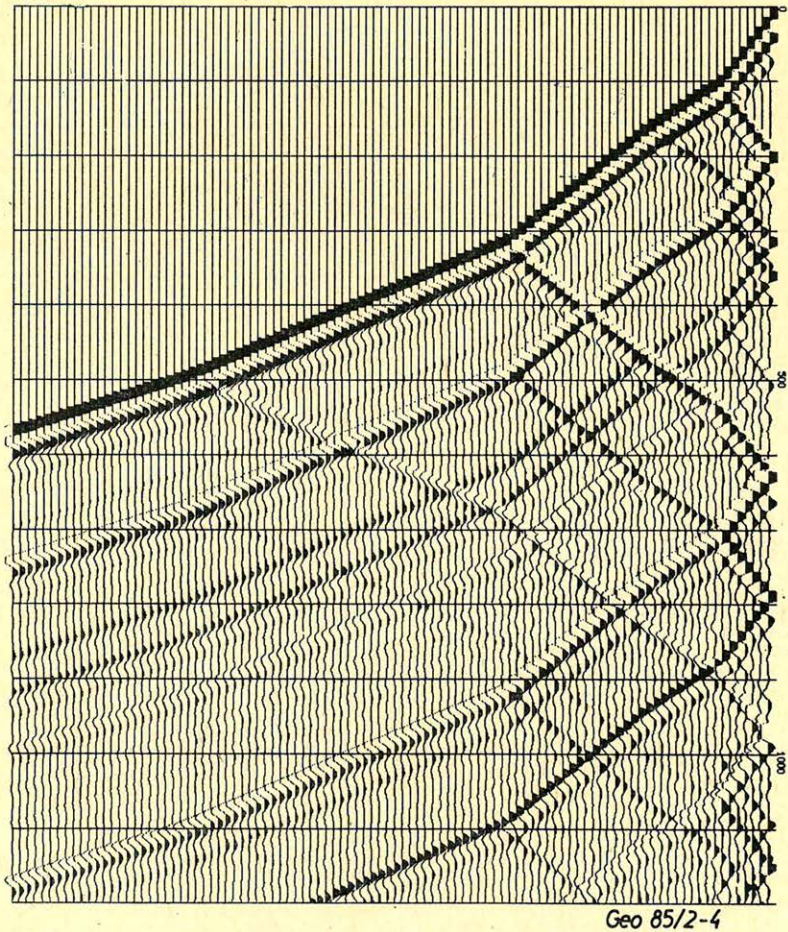
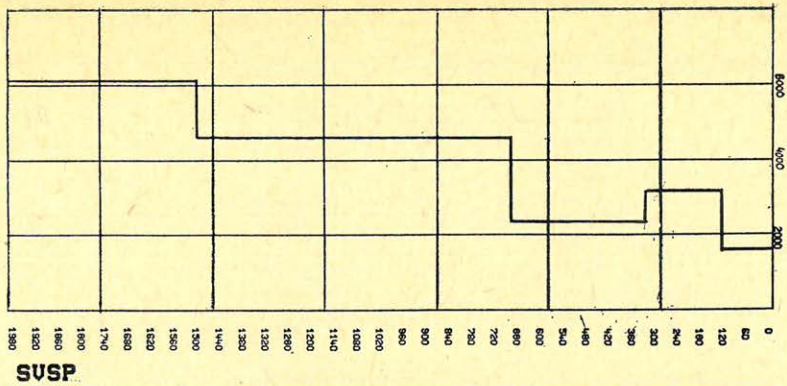
A VSP mérésekhez az általában használt karotázis kábelek megfelelőek. A kábel analóg csatornáinak száma, azonban korlátozza a mérési paraméterek számát. A jövőben valószínűleg kifejlesztik a mélybeli digitalizálást végző VSP szondákat és az adatokat digitálisan juttatják majd a felszínre. Ezáltal a független paraméterek száma növelhető és zajoktól szabadulunk meg.

A szeizmikus műszer

A VSP mérésnél regisztrálni kívánjuk az első beérkezést, az általa keltett jóval gyengébb egyszeres reflexiókat, majd az ezek felszíni és réteghatárok közötti többszöröződéséből származó általában már igen gyenge hullámokat is. Észlelést végzünk a forráshoz képest 2–5 km mélységtől a közelfelszínig. Regisztráljuk általában a forráshoz közel elhelyezett (monitor) geofonon a lefelé induló jelalakot is.

Ezek az igények azt jelentik, hogy olyan műszerre van szükség, melyben a konstans előerősítés és a dinamikus erősítésszabályozás lehetővé teszi, hogy nagy dinamika tartományban (90–100 dB), elegendő felbontóképességgel, túlcsoportulás nélkül rögzítsük a szeizmikus jeleket. A korszerű digitális, szeizmikus műszerek, melyeket a felszíni méréseknél is használunk, általában megfelelőek.

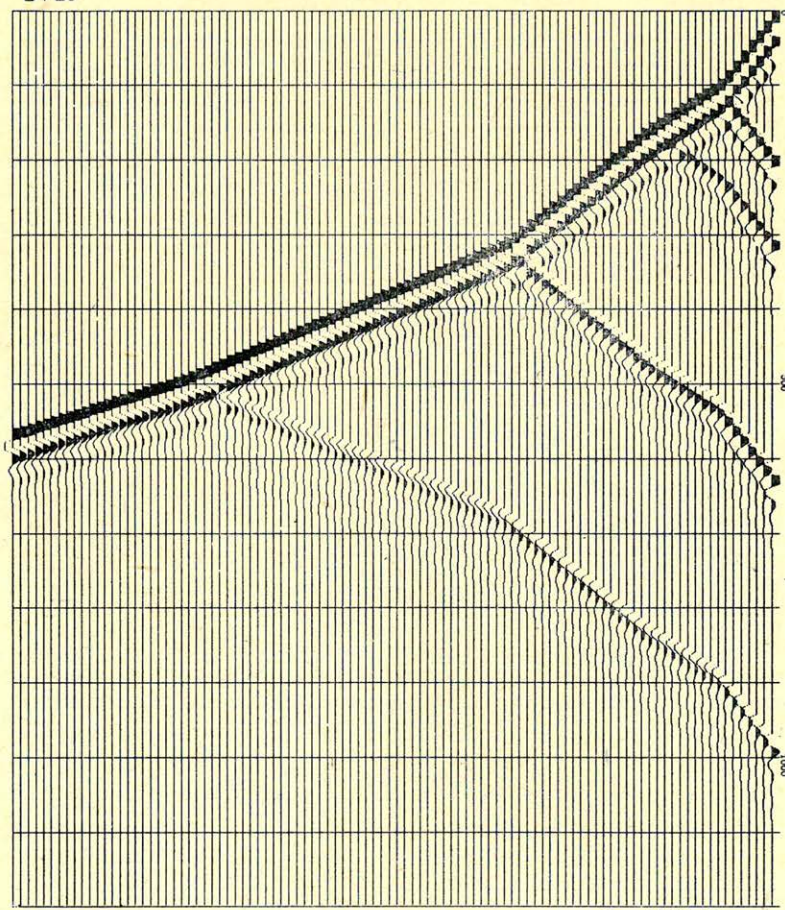
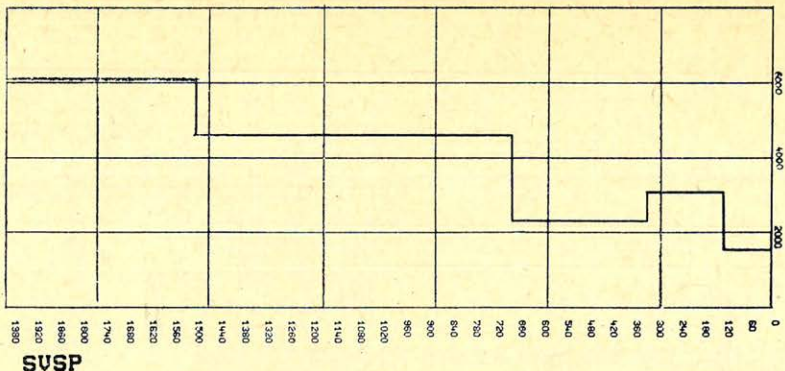
Nagyon lényeges mérés-technikai paraméter a helyes mintavételi távolság. A 2 msec időbeli mintavétel általában megfelelő, de finomabb analízishez, pl. a csillapítási együttható becsüléséhez nem elegendő. A mélységbeli mintavételi távolságot úgy kell megválasztani, hogy teljesüljön a $\Delta z \leq V_{\min}/2 f_{\max}$, ahol V_{\min} a minimális terjedési sebesség és f_{\max} a legmagasabb hasznos jelfrekvencia. Jelenleg 10 m mintavételi távolságot alkalmazunk.



4. ábra. Szintetikus VSP szelvény, teljes hullámter

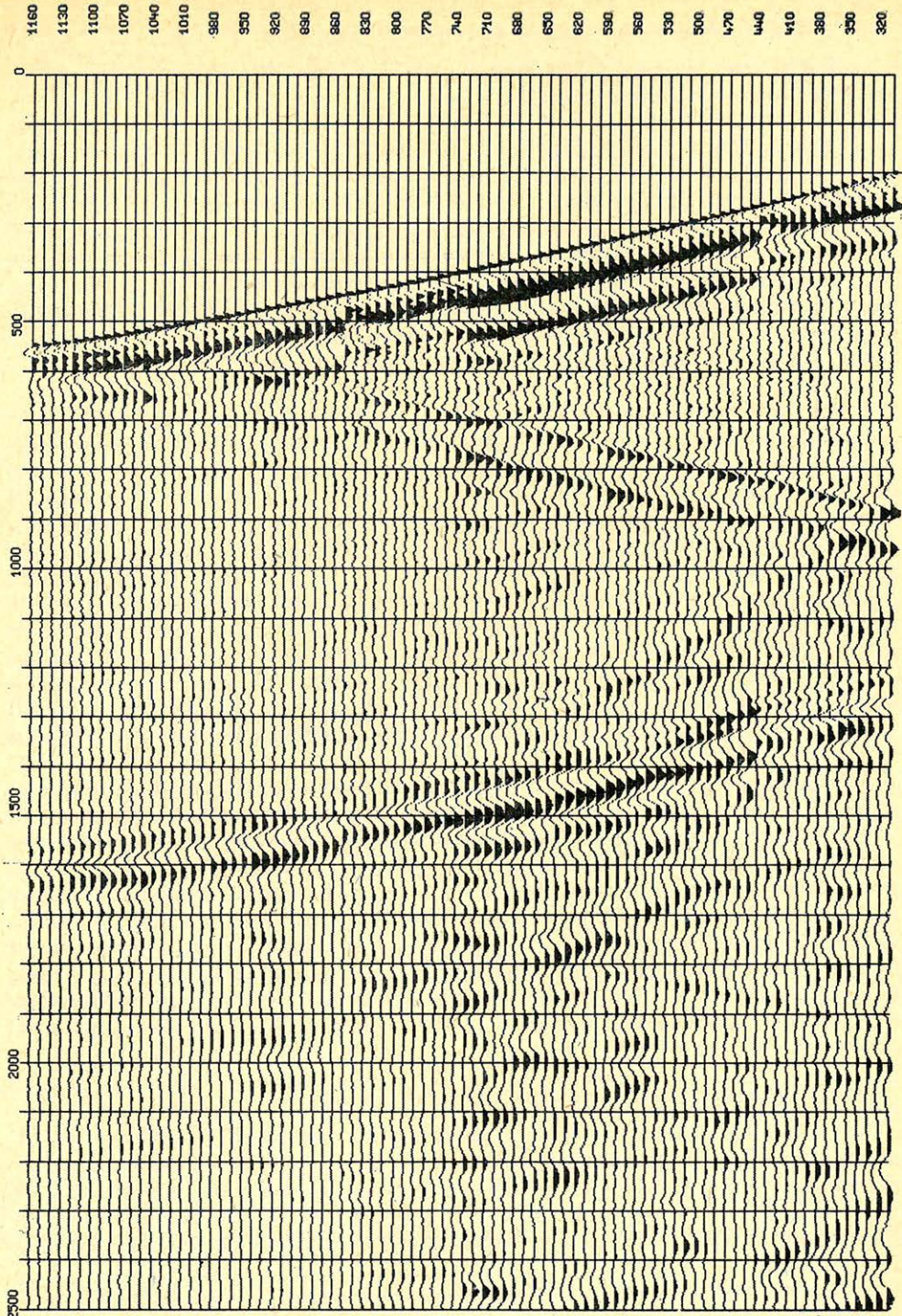
Рис. 4. Синтетический профиль ВСП, полное волновое поле

Fig. 4. Synthetic VSP, total wavefield



5. ábra. Szintetikus VSP szelvény, direkt hullám és egyszeres reflexiói
 Рис. 5. Синтетический профиль ВСП, прямая волна и однократные отражения
 Fig. 5. Synthetic VSP, direct wave and reflections

6. ábra. Nyers VSP szelvény, erősítésszabályozás után
 Рис. 6. Исходный профиль ВСП после регулировки усиления
 Fig. 6. Raw VSP data, after gain recovery



Geo 85/2-6

A VSP szelvények kinematikai és dinamikai jellemzői

A VSP szelvények kinematikai és részben dinamikai jellegzetességeit egy szintetikus szelvényen mutatjuk be.

A szintetikus VSP szelvény készítéséhez a *D. Wyatt* által publikált algoritmust használtuk [3]. Az algoritmusban feltesszük, hogy a réteghatárok vízszintsek és a gerjesztés lefelé haladó síkhullám volt. Az így kapott szintetikus VSP szelvény összevethető egy valódi VSP szelvényvel, amelyen már kompenzáltuk a robbantásos gerjesztéskor fellépő gömbi szóródás hatását. A szintetikus VSP szelvényt a *4. ábrán* mutatjuk be. A szelvény készítésekor csak *5* réteget vettünk fel s a jelalak *40* Hz csúcsfrekvenciájú Ricker wavelet volt. A rétegekben a sűrűséget itt konstansnak vettük, csak a sebesség változott. Az ábrán a függőleges tengelyen az egyszeres futási idő (*100* msec csikozással) a vízszintes tengelyen pedig a mélység látható (balfelé növekszik). A kijátszást konstans erősítéssel készítettük.

Az ábrán jól láthatók a transzmissziós veszteségektől kissé gyengülő lefelé haladó direkt hullám, ellenkező dőléssel pedig a reflexiók együtthatóknak megfelelő polaritású felfelé induló egyszeres reflexiók. Láthatók továbbá a réteghatárokon keletkező le és felfelé haladó többszörös hullámok. Az ábra magáért beszél, s igen jól nyomozhatók rajta az egyes hullámkomponensek keletkezési helyüktől a felszínig a bonyolult interferenciák ellenére. Ez a szintetikus VSP szelvény koherens zajt nem tartalmaz (csőhullám) és véletlen zajt sem. Az ábrából szemléletes, hogy a le- és felfelé haladó hullámok eltérő látszólagos sebességük alapján jól szétválaszthatók. Ezen kívül az egyes hullámkomponensek polaritás és amplitúdó viszonyai jól tükrözik a reflexiók és transzmissziók hatását.

Az *5. ábrán* az ugyanerre a rétegmodellre vonatkozó lényegesebb hullámokat látjuk: a lefelé haladó direkt hullámot és az általa keltett egyszeres reflektált hullámokat. Egy valódi VSP szelvényen e hullámok felismerése és analízisa a leglényegesebb. Ezek segítségével a közegről már sokat megtudhatunk.

A *4. ábrán* látható teljes hullámkép a legfontosabb hullámok felismerését segíti és nehezíti is egyszerre, hiszen sok interferenciát tartalmaz. A rétegmodellben elég nagy sebességváltozásokat vettünk fel (az illusztráció kedvéért) s így a reflexiók együtthatók elég nagyok voltak. A valóságban általában sokkal gyengébbek a reflexiók és a többszörösök a direkt hullámhoz képest. A *6. ábrán* egy hazai VSP szelvényt látunk, konstans erősítéssel kijátszva a gömbi szóródás közelítő kiegyenlítése után. A VSP szelvényekre általában jellemző, hogy a direkt hullám igen nagy energiájú az azt követő hullámokhoz képest. Az is jellemző, hogy legerősebbek a felszíni többszörösök. Az ábrából érzékelhető, milyen sokrétű adatfeldolgozásra van szükség, hogy az ilyen nyers VSP szelvényekből hasznos és sokféle információhoz jussunk.

A VSP adatok feldolgozásának néhány szempontja

A *6. ábrán*, melyen egy gyakorlatilag teljesen nyers VSP szelvényt látunk, összevetve az *5. ábra* ideális szintetikus VSP szelvényével, megfogalmazhatunk néhány szempontot, feladatot a VSP feldolgozás számára. Mivel minden VSP mérés más és más problémákat vet fel, itt most csak az általánosabb problémákról szólunk. A VSP feldolgozás részleteivel egy e számban közölt másik cikkben foglalkozunk részletesebben.

A nyers VSP szelvényen a direkt hullám túlságosan nagy energiájú a konstans erősítéssel kijátszott szelvényen – ami a relatív amplitúdóviszonyok érzékeltetése miatt célszerű – a reflexiókhoz és többszörösökhöz képest. A feldolgo-

zással a relatív amplitúdó viszonyok megőrzése mellett ezt a problémát is kezelni kell.

Másik probléma, hogy a robbantólyuk váltásánál változik a jelalak. Ezenkívül a lefelé haladó hullám túl hosszú és bonyolult alakú a közel felszíni interferenciák miatt. Ez zavarja a kiértékelést, csökkenti a felbontóképességet.

Több VSP szelvényen láthatók véletlen (szondacsúszás) és szisztematikusan zajok (hálózati zaj, csőhullámok stb.). Ezeket is célszerű a feldolgozás során kiküszöbölni vagy legalább csillapítani.

A VSP szelvények sokszor csak igen fáradságos, aprólékos feldolgozás után adnak olyan eredményeket, melyek hathatósan támogatják a felszíni szelvények kiértékelését.

A VSP szelvények felhasználásáról

Végezetül megemlítünk néhány felhasználási területet, jöhetnek a VSP szelvényeink felhasználásának még csak a kezdetén állunk. A VSP mérések egyik legfontosabb eredménye a pontos futásidő-mélységfüggvény meghatározása. Ebből kiszámíthatjuk az átlagsebességet, valamint becsülhetjük az intervallumsebességeket is. A kapott sebességfüggvények felhasználhatók a felszíni szelvények feldolgozásánál és a karotázs szelvények szeizmikus időléptékbe való transzformációjához.

A VSP szelvények segítségével a közeli időszelvényeken látható reflexiók beérkezéseket azonosíthatjuk és követhetjük keletkezési helyükig. Elkülöníthetjük az esetleg még az időszelvényeken megmaradt többszörös beérkezéseket.

A lefelé és a felfelé haladó hullámok adott mélységintervallumban mutatkozó futásidő-különbségéből becsülhető a reflektáló felület dőlésszöge. A lefelé haladó hullám becsléseit felhasználhatjuk a felszíni szelvények dekonvolúciós operátorának tervezéséhez.

Mélységintervallumonként becsülhetjük a szeizmikus hullámok csillapodását okozó közetfizikai paramétereket.

Vizsgálható a belső többszörösképződés mechanizmusa és ennek hatása a hullámterjedésre. A mélyfúrás közelében levő törések a hullámok kinematikai vizsgálata alapján meghatározhatók.

Vizsgálhatjuk a mélységszakaszok átviteli függvényeinek becsléseit. Ilyen vékonyréteg analízisről számolt be A. Balch [4]. Becsléseket adhatunk a mélyfúrás cementezésének minőségéről, valamint a mélyfúrás talpa alatt várható szeizmikus reflektáló felületekről. Ez utóbbi a mélyfúrás továbbmélyítéséhez adhat szempontokat.

A VSP mérések felhasználása igen sokrétű és egyre újabb és újabb eredmények látnak napvilágot a szakirodalomban.

Jelenlegi feldolgozásunk elsősorban arra irányul, hogy kinematikailag jól kiértékelhető VSP szelvényeket állítsunk elő.

A fentebb említett felhasználási lehetőségekhez a geológiai, a mélyfúrási és a felszíni szeizmikus adatok együttes felhasználása és értelmezése a célszerű.

IRODALOM

- [1] B. A. Hardage, 1983: Vertical Seismic Profiling Part A: Principles. Geophysical Press.
- [2] Vertical Seismic Profiling. Part B: Advanced Concepts. 1983. Geophysical Press.
- [3] K. D. Wyatt, 1981: Synthetic Vertical Seismic Profile. Geophysical Press.
- [4] A. Balch, M. W. Lee, J. J. Miller and R. T. Ryder, 1981: Seismic amplitude anomalies associated with thick First Looe sandstone lenses, eastern Powder River basin, Wyoming. Geophysics, V. 46. p. 1519 - 1527.