

# A dunántúli löszpartok szeizmikus belső szerkezetéről<sup>1</sup>

ÁDÁM OSZKÁR, GÚTHY TIBOR<sup>2</sup>

*A szeizmikus felszíni zavarhullámok inverziójához szükséges a zavarhullámot gerjesztő teljes rétegsor szeizmikus ismerete. Ezért mélyítettük le a Duna vonalon a Duna jelű fúrást 80 m-ig, amelynek eredményeiről egy előző dolgozatban számoltunk be. A dunántúli löszpartokon más célból is mélyültek fúrások, így az Udvari-2A (180 m) is, amelyben vertikális szeizmikus szelvényezés (VSP) is volt. A két fúrás adatainak együttes feldolgozásáról számoltunk be, amelynek legfontosabb eredménye, hogy a zavarhullámot generáló felszínközeli lösz földtani szerkezete szeizmikusan a finom rétegzett rétegsor kategóriába tartozik, amelynek szeizmikus jellemzői a hullámvezető, az abszorpció és a diszperzió.*

**O. ÁDÁM, T. GÚTHY: About the inner seismic structure of the Loess plateau along the Danube river**

*To the inversion of seismic ground roll it is necessary the knowledge of seismic characteristics of the whole loess sedimentation. That was the aim of the Danube well up to 80 m on the Danube seismic line for surface experiment. But, along the Danube loess land several other well can be find, such as Udvari-2A (to 180 m), in which vertical seismic profiling (VSP) had been made earlier. We have data of the two wells and processed them together. In this paper we give a short account of the results of these processing. The most important results are that the seismic structure of loess has the fine layered characteristics which involves the wave guides, the absorption and the dispersion phenomenon to seismic attributes, too.*

## Bevezetés

Hat különböző területen vizsgáltuk felszíni mérésekkel a szeizmikus zavarhullámok (ground roll) legfontosabb jelenségeit és jellemzőit [ÁDÁM 1998a]. Ezek a következők: Száritópuszta–Gödöllő (felső pannóniai), Szakadát–Gyöng (lösz); Nagytilaj–Csehi (felső pannóniai); Duna–1,2 (Dunaújváros, lösz); Udvari (lösz). Az elmúlt hat év első felének (1995–1997) eredményeiről eddig három dolgozatban [ÁDÁM 1998b, ÁDÁM 2000, ÁDÁM 2001] és poszteren számoltunk be. Ezen első ciklus leglényegesebb eredménye az a megállapítás, hogy a zavarhullámokat hullámvezetőben terjedő SV testhullámok építik fel, amelyek főbb szeizmikus paraméterei (menetidőgörbék egyenletei, az egyes fázisok frekvenciatartományai, a behatolási mélység, az abszorpció, a diszperzió stb.) azonosak vagy közel azonosak, annak ellenére, hogy két vonalat *felső pannóniai* képződményen vezettünk. A második ciklusban (1998–2000, OTKA T026415 szerződés) Dunaújvárosnál a felszín-földtani szerkezet megismerése céljából egy 80 m mélységű fúrást (*Duna*) mélyítettünk és *vertikális szeizmikus szelvényezéssel* (VSP), valamint karotázs méréssel is vizsgáltuk [ÁDÁM 2000]. E vizsgálatok eredményeire alapozva kezdtünk bele az *Udvari* község mellett korábban más célból mélyített mélyfúrás földtani és VSP mérési adatainak feldolgozásába. A *Duna* és *Udvari-2A* mélyfúrások adatainak feldolgozásánál azonos módszereket használva új érdekes és értékes eredményeket kaptunk.

## 1. A területek földtani-geofizikai jellemzése

A *Duna* jelű mérési vonal [ÁDÁM 2000, 1. ábra] Dunaújváros bejárata előtt néhány száz méterrel, a Duna partjára merőlegesen, a lösz hátságán húzódik. A vonalon 80 m-es

fúrást telepítettünk, amelyben a rétegsort *furadék* mintavétellel (magvétel nem volt) és karotázs mérési adatokból [ZILÁHI-SEBESS 1999] határoztuk meg [ÁDÁM 2000, 2. ábra]. Az *akusztikus (szónikus)* mérés mellett elektromos és radioaktív karotázs paramétereket is felvettünk, valamint *vertikális szeizmikus mérést* (VSP) is végeztünk.

*Udvari* területén számos mélyfúrás mélyítették, amelyek közül az *Udvari-2A*-ban a karotázs szelvényezésen túl VSP mérést is végeztek. Az *Udvari-2A* fúrás környezetére vonatkozó földtani és geofizikai eredményeket a MÁFI 1996/II. Évi Jelentésében publikálták. A kainozoos rétegtant és fejlődéstörténetet JÁMBOR [1996] elemezte, a földtani rétegsort KOLOSZÁR [1996], a mérnök-geofizikai vizsgálatokat STICKEL et al. [1996], a karotázs vizsgálatokat BUCSI et al. [1996] írta le.

Amint e dolgozatokból kiolvasható, a két terület rétegsorára nagyon hasonló.

## 2. Mérés és feldolgozás

A VSP mérésnél háromkomponenses ( $v_z, v_x, v_y$ ) geofonsondát használtunk, ill. használtak. A szondába épített 14 Hz-es geofonok elmozdulási sebességet mértek. Az előző, a *Duna* jelű vonal és fúrás feldolgozásáról beszámoló dolgozatunkban már leírtuk a PROMAX VSP® programcsomag háromkomponenses feldolgozási lehetőségeit [ÁDÁM 2000, 7. ábra], de a *le-* és a *felé* haladó hullámterek szétválasztását még nem elemeztük, csupán a terepi és a modellszeizmogramot vizsgáltuk. Az *Udvari-2A* mélyfúrásban 1 m-es észlelési közzel 1–168 m közötti szakaszon mértek. Ebben a dolgozatban mind a két mélyfúrás (*Duna* és *Udvari-2A*) VSP szelvényezésének feldolgozott eredményeit mutatjuk be és vetjük össze a földtani és karotázs eredményekkel.

Mivel a háromkomponenses VSP szelvényezés a fúrás nagyobb környezetét összetettebben vizsgálja, mint a karotázs mérés, így lehetőséget ad a *P-hullám* vizsgálatán kívül a *polarizált S-hullám* komponenseinek elemzésére is.

<sup>1</sup> Beérkezett: 2001. augusztus 27-én

<sup>2</sup> Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolombusz u. 17–23.

### 3. A le- és felfelé haladó hullámterek.

Az 1. ábrán a Duna jelű, a 2. ábrán az Udvari-2A mélyfúrásban végzett VSP szelvényezés teljes hullámmezejét (a direkt hullám első periódusát és a reflektált hullámokat együttesen) ábrázoltuk. Az ábrákon *P*, *S1* és *S2*-vel jelöltük a vertikális és a két horizontális geofonnal mért csatornát, amelyet a sonda forgásának kiküszöbölése után kaptunk.

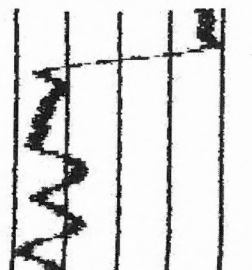
Ezekon a szeizmogramokon a reflexiók fázistengelyei jól követhetőek és az elemi hullámok a vertikális csatornákon nagyobb frekvenciájúak, mint a horizontálisokon.

A Duna mélyfúrás mérésénél az észlelési idő 250 ms, az Udvari-2A-nál 500 ms. Ez azt jelentette, hogy mind a két mérésnél a lyuktalp alól is kaptunk reflektált *P*-hullám beérkezést a vertikális geofonokon.

#### P intervallum sebesség

(m/s)

2000 1200 400



400

400



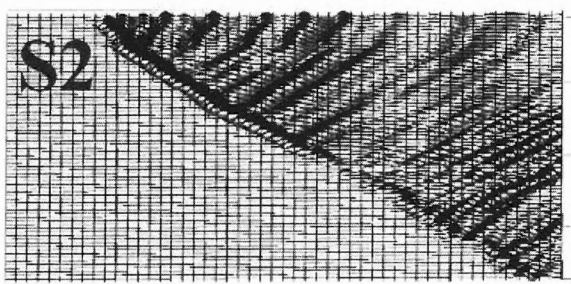
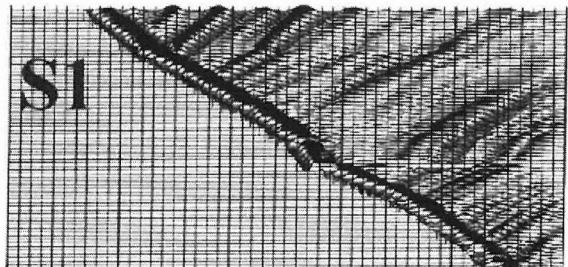
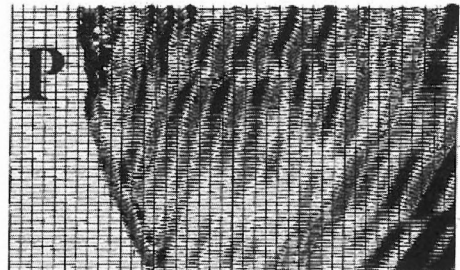
1000 100

S intervallum sebesség

(m/s)

IDŐ (ms)

0 50 100 150 200 250



IDŐ (ms)

MÉLYSÉG (m)

-2  
-20  
-40  
-60  
-75

MÉLYSÉG (m)

-2  
-20  
-40  
-60  
-75

MÉLYSÉG (m)

-2  
-20  
-40  
-60  
-75

1. ábra. A Duna VSP szelvényezés felfelé haladó 3 hullámtere a sebességekkel (*P*, *S1*, *S2*)

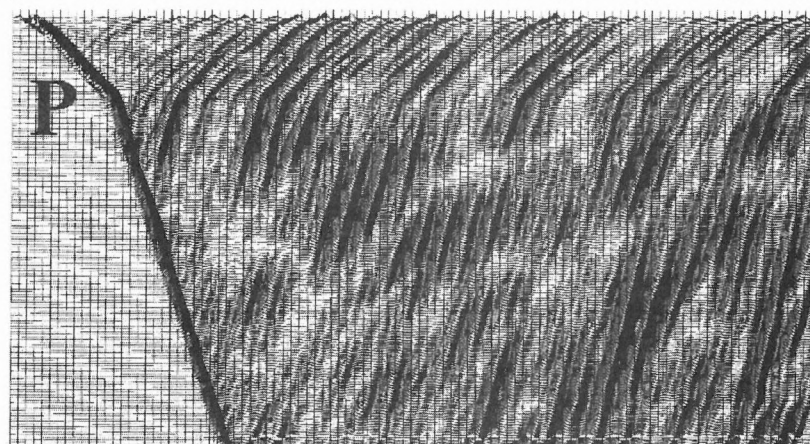
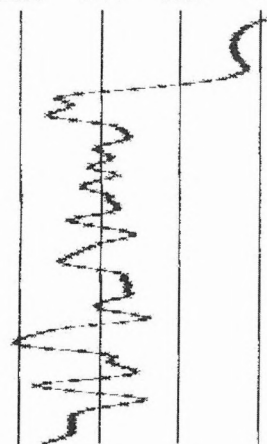
Fig. 1. The seismograms of VSP wave fronts for Danube well with remarks of velocities (*P*, *S1*, *S2*)

P intervallum sebesség  
(m/s)

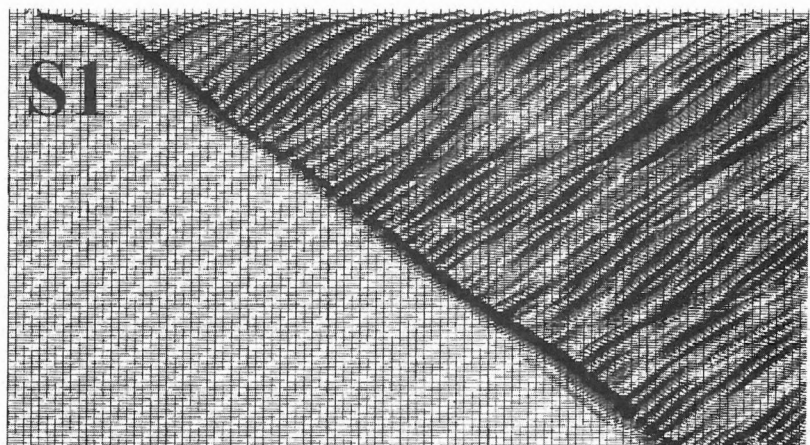
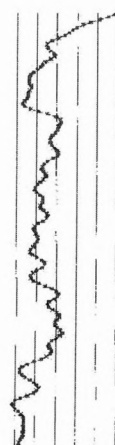
IDŐ (ms) →

2800 2000 1200 400

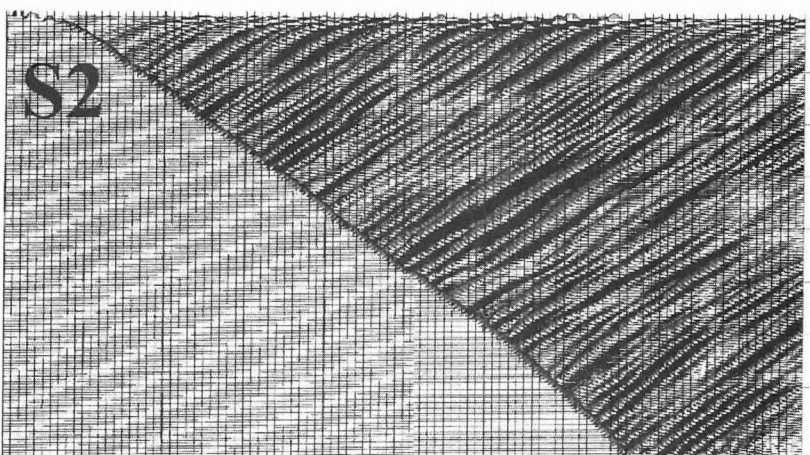
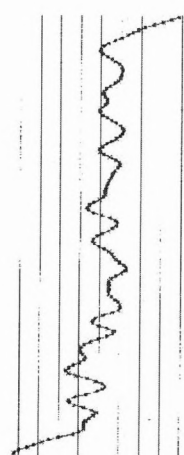
0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500



MÉLYSÉG (m) ↓



MÉLYSÉG (m) ↓



MÉLYSÉG (m) ↓

S intervallum sebesség  
(m/s)

IDŐ (ms) →

800 600 400 200

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500

2. ábra. Az Udvari-2A VSP szelvényezés felfelé halladó 3 hullámterve a sebességekkel (P, S1, S2)

Fig. 2. The seismograms of VSP wave fronts for Udvari-2A well with remarks of velocities (P, S1, S2)

Jól láthatóak azok a pontok, ahol a lefelé terjedő direkt és a felfelé terjedő reflektált hullámok azonos mélységben egyidejűleg vannak jelen. Ezek a reflektált hullámok keletkezési

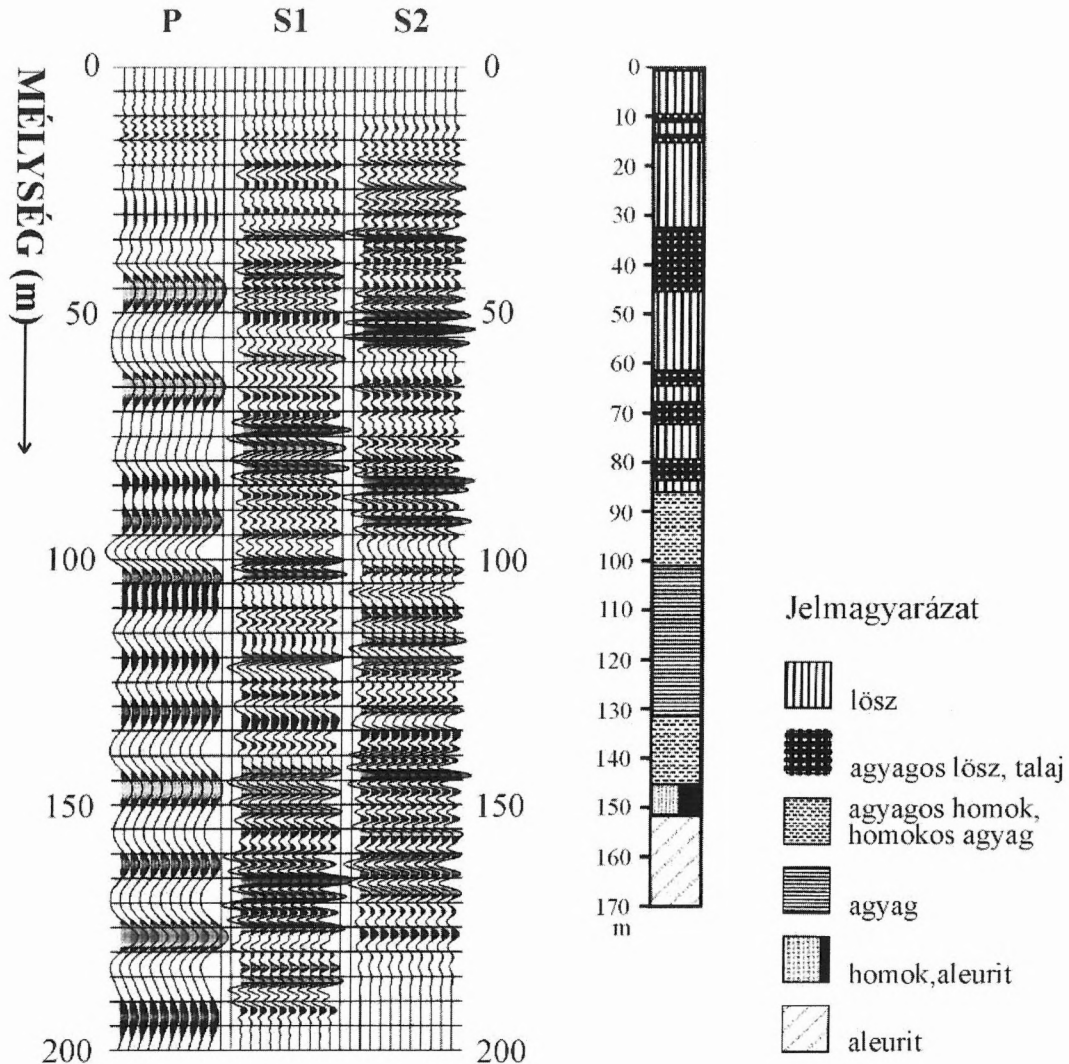
helyei, mélységpontjai. Legjobb jel/zaj viszonytal e mélység környékén és időszámban észlelhetők a reflektáló „rétegek”, ezektől távolodva már különböző zajokkal terheltek.

A folyamatábrán [ÁDÁM 2000, 7. ábra] közölt feldolgozást kiegészítettük felfelé terjedő hullámterekből egy-egy időkapuban számított *összegcsatornák* kiszámításával (3. ábra, *corridor stacks*). Ezt az Udvari-2A fúrásra a mutatjuk be. E művelet során az összegzés utáni mélységtranszformációnál a megfelelő sebességfüggvényeket hasz-

náltak. Az összegszelvények a sáv szélességének megfelelő távolsággal a fúrás talpa alá nyúlnak.

A két *S* összegszelvény részletesebb felbontású (kb. 40–50 esemény/170 m), mint a *P*-hullám (10–15 esemény/170 m).

## SÁVÖSSZEG SZELVÉNYEK (CORRIDOR STACKS)



3. ábra. Udvari-2A VSP összegszelvényei

Fig. 3. The corridor stacks of Udvari-2A VSP

Ez az egyszerű eseményszámolás a reflektáló pontok mélység szerinti gyakoriságáról is azt mutatja, a *lösz nagyon finoman rétegzett*, amelyben a finom rétegzettség kimutathatósága nagymértékben a hullám típusának, vagyis a terjedési sebességnek is függvénye.

A felszíni zavarhullámok hullámterét, amelyet nagyrészt *P*- és *SV*-hullámokból származóknak írtunk le és *testhullám* jellegüket az elmozdulási trajektóriákkal is bizonyítottuk, abszorpciós együtthatókkal, valamint diszperziós egyenletükkel [ÁDÁM 1998a, ÁDÁM 1998b, ÁDÁM 2000, ÁDÁM 2001 és poszter előadás] is jellemeztük.

BREKHOVSKIKH [1960] részletesen tárgyalja az ilyen

közetek (közegek) rugalmassági tulajdonságait s többek között megállapítja, hogy az ilyen *finoman rétegzett szelvényes közeg* a hexagonális kristály rugalmassági tulajdonságaival rendelkezik, vagyis *öt rugalmassági állandó* jellemzi. Ezekből kettő-kettő azon *P*- és *S*-hullámokat képviseli, amelyek a rétegre merőlegesen, ill. a réteghatárral párhuzamosan terjednek, míg az ötödik azt a sugarat, amely ferdén éri a rétegeket. Az ilyen közeg legjellemzőbb rugalmassági tulajdonsága az *abszorpció és a diszperzió*, amelyet méréseink során mi is mindig észleltünk és meg is határoztuk, és mind a hat vonalon hasonló értékűnek találtunk.

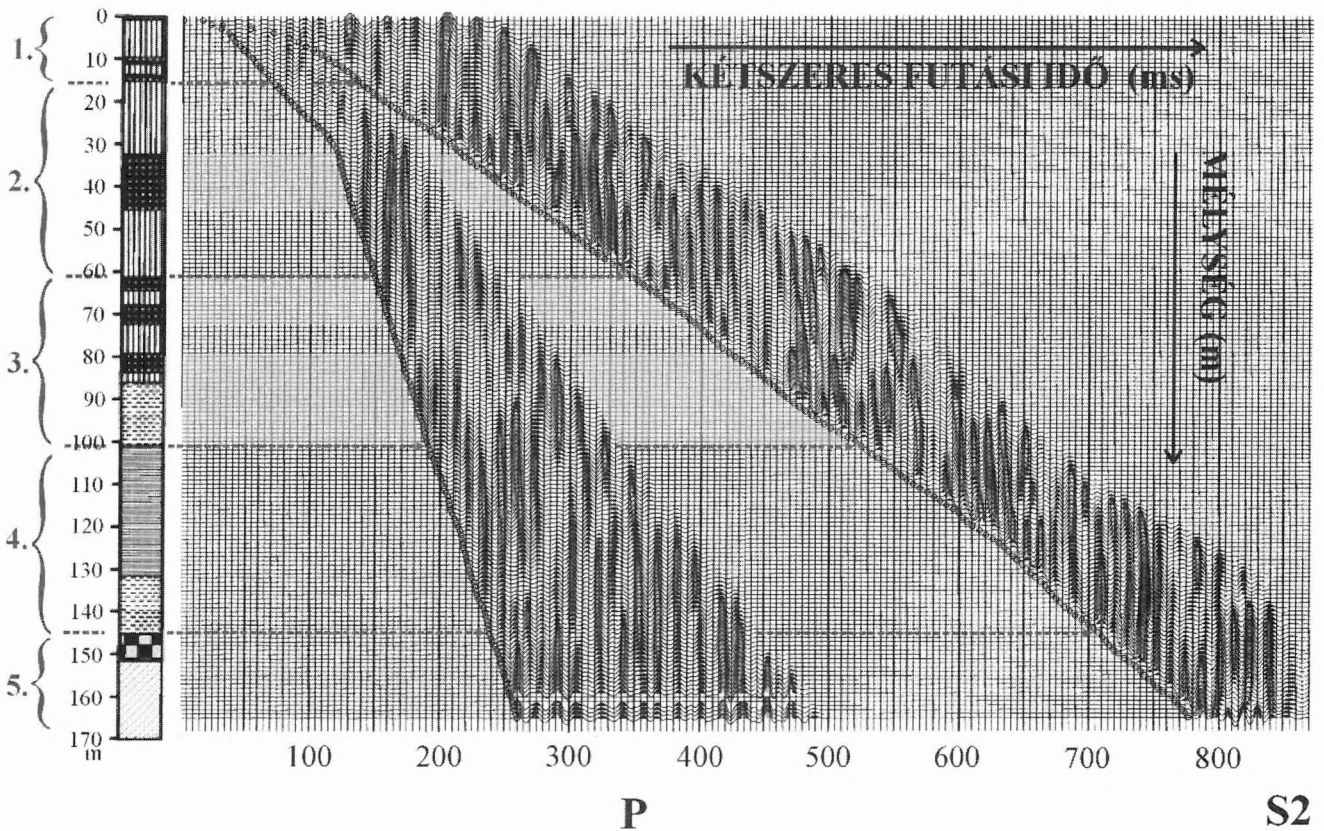
A 3. ábra további elemzések azt találjuk, hogy a 32–46 m mélységben levő *vékony lösz, agyagos lösz és paleotalaj-rétegekből* álló képződményt a longitudinális hullám egy határfelületnek észleli, míg az *S*-hullámok összecszelvénye az összetettebb rétegsort tükrözi. Tekintettel arra, hogy a terepi mérésnél és a feldolgozásnál az adott laza üledékes képződmények esetében a szokásos frekvenciasáv felső határát sikerült elérnünk (100-150 Hz), a felbontóképesség növelésének tartaléka az *S*-hullámter információinak feldolgozásában kereshető (kisebb sebesség → kisebb hullámhossz → nagyobb felbontás).

Az *S1* és *S2* reflexiók szelvények dinamikája más, mint a vertikális (*P*) csatornái, amint ezt már a felfelé haladó hullámtereket mutató 1. és 2. ábrán is láttuk. Az összecszelvények szerint az azonos határfelületekről jövő *S1* és *S2* reflexiók fázisa is változik. A lösz rétegeit elválasztó határfelületek az *S* összecszelvényeken megfigyelhetők, így 20 m környékén a *Dunaújvárosi* és *Mende-Basaharci* típusú lösz elválasztó határfelületet, 62 m környékén pedig a *Paksi* lösz fedőjét találjuk. A löszön belül kialakult agyagos csíkok, a *paleotalajok* nagy csillapodású, 1-2 ciklus hosszúságú hullámcsomagokkal látszanak korrelálni. A földtani oszlopon szabad szemmel homogénnek minősített nagyobb vastagságú rétegekben is kialakulnak reflektált hullámok, ami a *sűrűség- és ellenálláskarotázsszelvényeket* látva nem meglepő. E hullámcsoportok csillapodása kissé kevésbé látszik, több fázisból állnak, lassúbb változást látszanak leképezni.

Látható, hogy vannak olyan reflektált hullámcsoportok, amelyek mindhárom hullámtípusnál együtt jelennek meg (pl. a 80 m körül kezdődő hullámcsomag). Megállapíthatjuk, hogy a rétegsorban jól reflektáló felületek léteznek, ha megfelelő frekvenciatartományban vizsgálódunk. Az is nyilvánvaló azonban, hogy mindegyik hullámtípus esetén vannak jelentős eltéréseket mutató szeizmikus jelenségek is. A 3. ábrán a két merőleges síkban polarizált *S1* és *S2* összecsatornák relatív dinamikatartománya eltérő lefutása és a *P*-hullám amplitúdóeloszlásának ettől jelentősen elütő képe figyelhető meg. A beérkezési idők különbségeit az azokból meghatározott intervallumsebességek vizsgálatánál tárgyaljuk.

#### 4. Kétszeres futási időbe transzformált reflektált *P* és *S* hullámter

Az értelmezés könnyítésére elkészítettük és a 4. ábrán mutatjuk be a felszíni szeizmikus méréseknek megfelelő hullámtereket a *P* és *S2* csatornatípusokra, amelyek a kétszeres beérkezési időhöz tartoznak. Ez az ábrázolási mód közelíti legjobban a felszíni szeizmikus szelvények alakját, amelynek segítségével térben vagy síkban ki lehet terjeszteni a fúrás környezetében kapott eredményeinket. A mélységskálával ábrázolt attribútumfüggvényekkel és a hasonló módon ábrázolt *összeg-* (corridor stack, 3. ábra) szelvény-nyel a geológiai rétegszlop biztosítja a kapcsolatot.



4. ábra. *Udvari-2A* kétszeres időre transzformált felfelé haladó *P* és *S1* hullámtere. 1: Dunaújvárosi Löss Formáció; 2: Mende-Basaharci Löss Formáció, 3: Paksi Löss Formáció, 4: Tengelici Formáció 5: Toronyi Formáció

Fig. 4. The transformation of TWT of *Udvari-2A* for *P* and *S1* wave fronts. 1: Loess formation of Dunaújváros; 2: Loess formation of Mende-Basaharc; 3: Loess formation of Paks; 4: Formation of Tengelic; 5: Formation of Torony

A löszön belül három sávot világosabb árnyalással (4. ábra), ahol agyagos rétegek és talajszintek fordulnak elő, kiemeltünk. A legfelső két talajszintet és a Dunaújvárosi lösz fekjét a  $P$  hullámkép nem, vagy alig képes kimutatni. A kiemelt sávokban az  $S$  hullámkép részletgazdagabb, nagyobb felbontó képességű karaktere jól követhető.

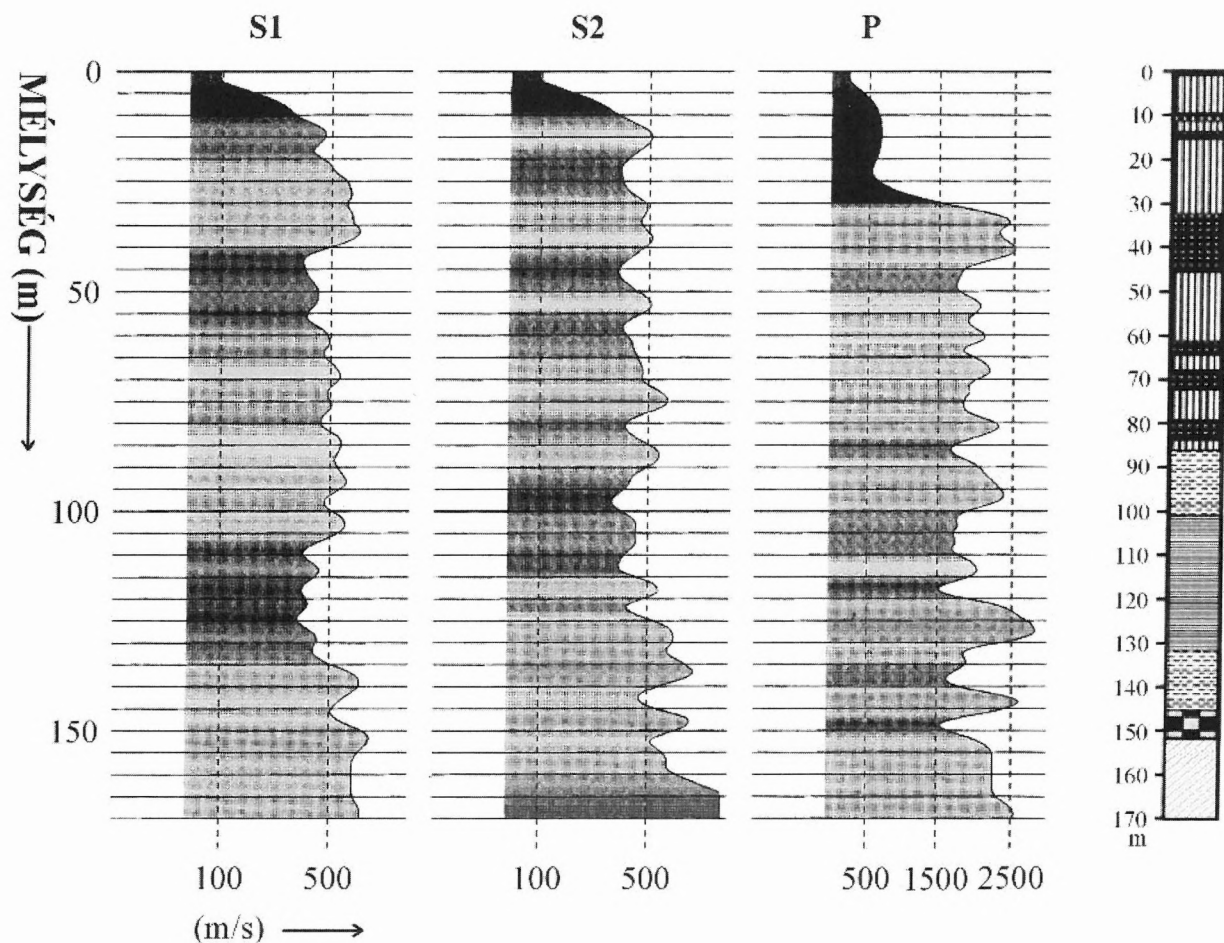
### 5. Sebességfüggvények

A lefelé haladó hullámtér direkt beérkezési időiből számítottuk és az 5. ábrán mutatjuk be az Udvari-2A mélyfúrásban észlelt  $V_{S1i}(z)$ ,  $V_{S2i}(z)$ ,  $V_{Pi}(z)$  intervallum ( $i$ ) sebességeket, valamint az összevont rétegsort. A  $V_{Pi}(z)$  longitudinális intervallumsebesség-értékek 300–2500 m/s tartományban változnak, míg az  $V_{Si}(z)$  nyíróhullám-

sebességekre 100–800 m/s közötti értékeket kaptunk. Ezek a korábban végzett mérések eredményeinek megfelelnek.

Kiugróan kis értéket kaptunk a  $P$ -hullámra 15–25 m között. Ebben a mélységtartományban az  $S$ -hullám sebessége már a jellemző 500 m/s érték körül ingadozik, a vertikális csatornán megjelenő beérkezés (valószínűleg nem  $P$ -hullám) sebessége pedig még nem éri el a vízzel telített, valamelyest konszolidált üledékre jellemző  $P$ -hullám-sebességet (1500 m/s), hanem ~500m/s körül változik. E furcsa állapot kialakulásában az  $SV$ -hullám vertikális komponensének lehet szerepe, és nemcsak a talajvíztükör környékén kialakult hullámtér-anomáliának.

## INTERVALLUM SEBESSÉGEK



5. ábra. Az Udvari-2A fúrás  $P(z)$  és  $S1(z)$ ,  $S2(z)$  sebességfüggvényei

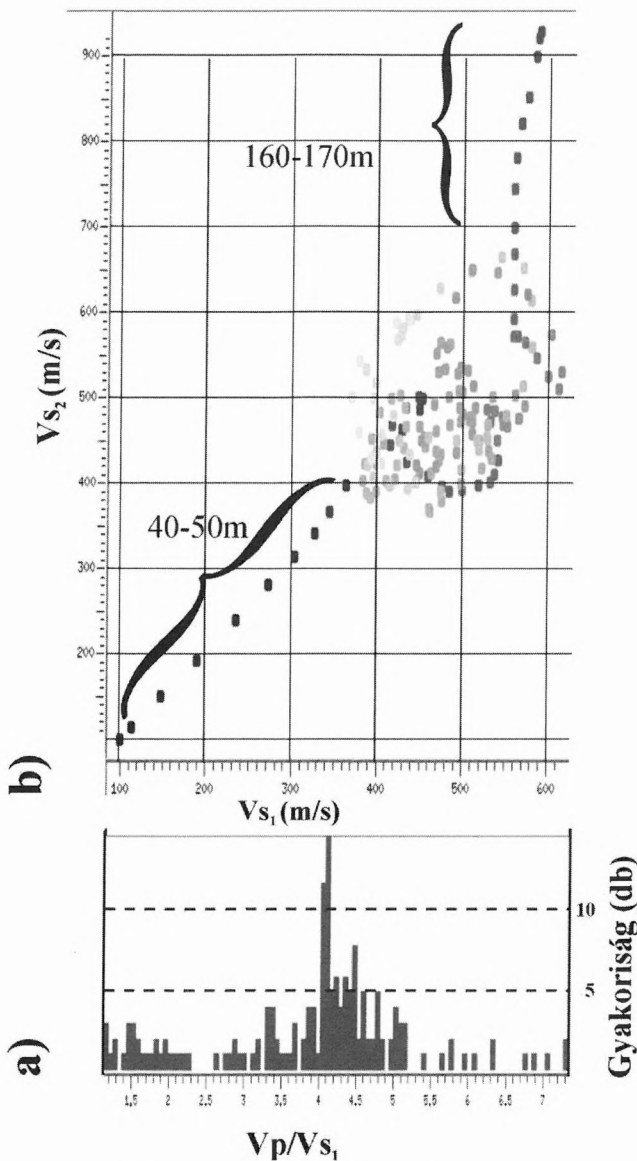
Fig. 5.  $P(z)$ ,  $S1(z)$  and  $S2(z)$  velocity functions in Udvari-2A well

Másik irányban kiugró értékek adódtak a 123–127 m mélységben, ahol a  $V_{Pi}(z)$  függvénynek kiugró lokális maximuma van. A nyíróhullám-sebességeknél a pozitív anomália elhanyagolható.

Az Udvari-2A mélyfúrásban mért  $V_{Pi}(z)/V_{S1i}(z)$  hullám-sebesség-arányok eloszlási görbéjét a 6a. ábrán mutatjuk be. A leggyakoribb érték intervalluma 3,5–5,5. Véleményünk szerint a jelenség közetfizikai, geológiai okokra

vezethető vissza.

A  $V_{S1i}(z)$  és  $V_{S2i}(z)$  függvények értékei hasonlóak, korrelációjuk (6b. ábra) azonban a mélységgel változik. A legjelentősebb eltérés 40–50 m, valamint a 160m-es mélységtől látszik, ahol a  $V_{S2i}(z) > 700$  m/s. Eltéréseik azt mutatják, hogy ha nem is jelentős, de észlelhető anizotrópia van a polarizációs síkok között, amely az üledékképződéssel lehet szoros kapcsolatban.



6. ábra. a) A  $V_{S1}$ ,  $V_{S2}$  sebességfüggvények korrelációja mélység szerint árnyékolva; b) a  $V_P/V_{S1}$  arány előfordulási gyakorisága az Udvari-2A fúrásban

Fig. 6. a) The histogram of  $V_P/V_{S1}$  ratio for Udvari-2A well; b) the correlation of  $V_{S1}$  and  $V_{S2}$  in function of depth (shaded according to depth)

## 6. Poisson-hányadosok

A hányados számításához a jól ismert

$$\nu = \frac{V_P^2 - 2V_S^2}{2(V_P^2 - V_S^2)}$$

összefüggést használtuk fel. A számított  $\nu(z)$  függvényeket a 7. ábrán mutatjuk be. Az Udvari-2A fúrásban más mélyfúrás geofizikai mérések is történtek. A mérési eredményeket a kutatók publikálták [BUCSI et al. 1996]. Engedélyünkkel a 7. ábrán három karotázsszelvényt is közlünk a számított Poisson-hányadosok mellett összehasonlítás és integrált értelmezés céljából. A karotázsszelvények 0,1 m mélységgel készültek, ezért az összehasonlíthatóság miatt 1 m-es simítókaput kellett használnunk, alkalmazkodva a VSP méréshez. A Poisson-hányados görbéjét a fúrás

száraznak tűnő mélységtartományában (27 m-ig) nem közzöljük. Az elektromosellenállás-görbe a nagyobb behatolást biztosító szonda (40 cm-es) mérési adataiból származik.

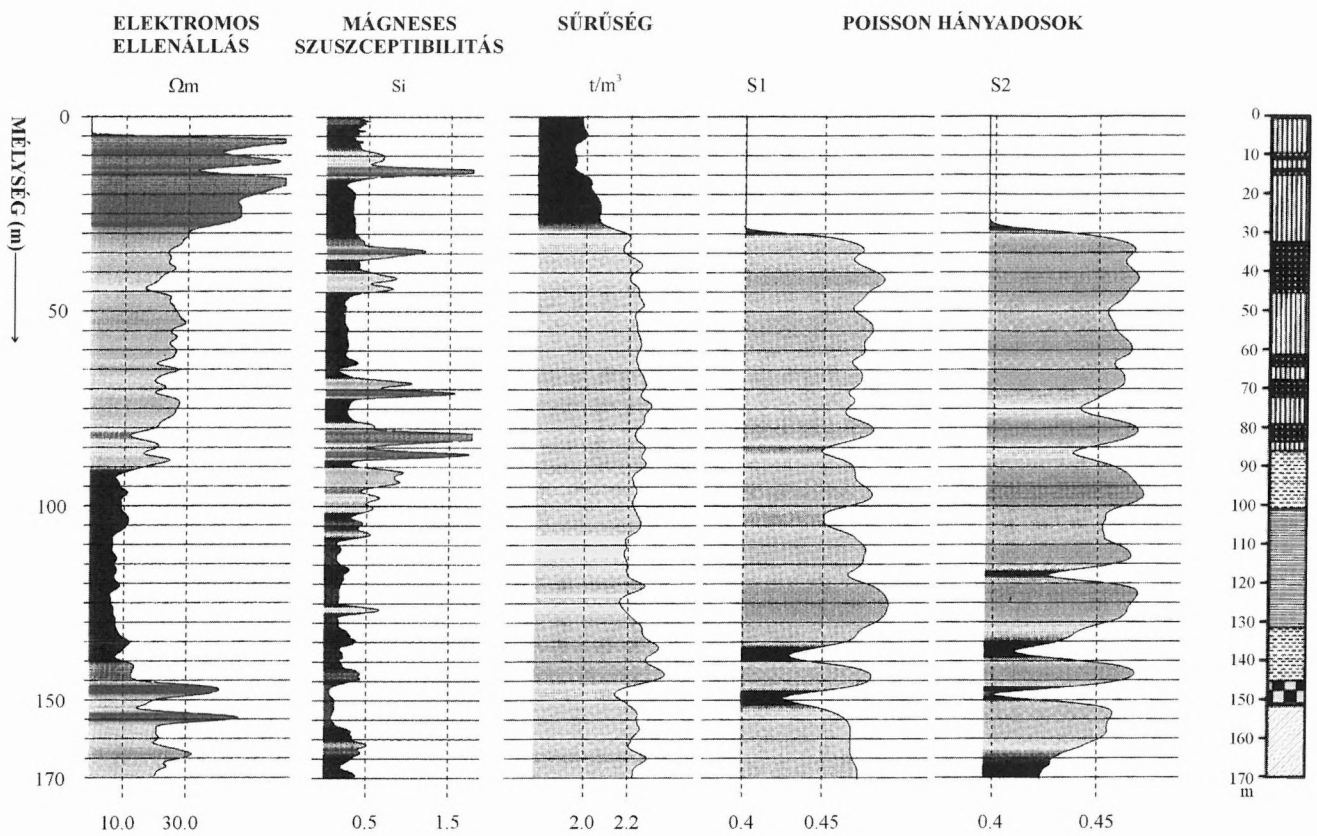
A Poisson-hányados értékeinek tartománya megfelel az irodalomban közölt fiatal, kevésbé konszolidált üledékekben mért értékeknek, és megfelel a Dunaiújvárosi adatoknak (0,36–0,44) is. A két különböző síkban polarizált hullámtérből számított görbe egymással jól korrelál, kivéve a 160–170 m közötti szakaszt. A görbék lefutása a rétegződést mutatja. A lépésköz, a mérés és a feldolgozás menete 1-2 méteres pontatlanságot jelent. A földtani szelvényben nem, vagy csak alárendelten jelentkező anomáliákat találtunk a Poisson-hányados-függvényeken a 115–120 m és a 135–140 m mélységben. A paleotalajszintek általában agyagosabb lösz rétegek, így kisebb Poisson-hányadosok jellemzik.

A 100–130 m mélységpontok között a geológiai leírásban szereplő vastag vas-mangán oxidos agyagos képződményen belül a Poisson-hányados görbéje 115–120 m-ben jelez negatív anomáliát, amely a  $P$  és  $S$  hullámtérben is megtalálható reflexiókat generál. Látható, hogy a vastagabb vonallal jelölt formációhatárok a felfelé haladó hullámterekben megjelennek.

## 7. Összefoglalás, következtetések

A dolgozatban szereplő két mélyfúrás karotázs és szeizmikus (VSP) szelvényezése nagymértékben járul hozzá a szeizmikus zavarhullám (ground roll) kialakulási mechanizmusának megismeréséhez. Leglényegesebb eredmények:

- Megállapítottuk, hogy a vizsgált szelvényekben a zavarhullám- (ground roll-) gerjesztő a *finoman rétegzett* lösz. A rétegzettség szabad szemmel alig látható.
- A bemutatott eredmények a pleisztocén lösz formációk reflexiós szeizmikus kutatásának lehetőségét bizonyítják, mert abban a hullámtípustól függően reflektáló felületek léteznek. Megfigyelhetők a lösz összetek finoman rétegződései, vastagságváltozásai, és a rétegeket harántoló törések. A  $P$  longitudinális hullám kisebb frekvenciájú és nagyobb sebességű, így kevesebb felület kimutatására alkalmas, mint a transzverzális  $S$ -hullámok kisebb sebességű, nagyobb frekvenciájú, vagyis kisebb hullámhosszú komponensei.
- Meghatároztuk a  $V_P(z)$  és  $V_S(z)$  sebességfüggvényeket. Megvizsgáltuk az  $S1$ - és  $S2$ -hullámok sebességtérszíneltérését. Ezekkel elkülönítettük a különböző korú és összetételű löszöket.
- Bemutatjuk a 3-komponenses VSP előnyeit a csak longitudinális hullámokra támaszkodó felvételezéssel szemben.
- A  $V_P$  és  $V_S$  sebességekből  $\nu$  Poisson-hányados attribútumot számítottunk, összevetettük a VSP hullámtérrel és a karotázsszelvényekkel.
- Megállapítottuk, hogy a „nagyon finoman rétegzett közeg” idézett elmélet a löszre is érvényes, különösen az  $S$ -SV hullámok esetére.
- Mivel hazánk területének jelentős részén — főként a Dunántúlon — a felszínt a vizsgáldásunk tárgyához hasonló üledékek alkotják, úgy véljük, minden új ismeret és paraméter-meghatározási eljárás érdeklődésre tarthat számot számos felhasználói kör részéről. A nyíróhullám-sebességekből számított attribútumok felhasználási területe még szélesebb.



7. ábra. Az Udvari-2A fúrás karotázsszelvényei és a Poisson-hányadosok menete

Fig. 7. The interpretation of well log profiles together with Poisson curves

### Köszönetnyilvánítás

A mérési adatok felhasználását a Paksi Atomerőmű Rt. vezetősége engedélyezte, amelyért itt is köszönetet mondunk.

### HIVATKOZÁSOK

- ÁDÁM O. 1998a: A felszíni zavarhullám inverziója. Magyar Geofizika **39**, 1, 12–25
- ÁDÁM O. 1998b: Felszíni zavarhullámok inverziója. Magyar Geofizika **39**, OTKA különszám, 46–47
- ÁDÁM O. 2000: Esettanulmány a dunántúli löszpartok szeizmikus jellemzőiről. Magyar Geofizika **41**, 1, 26–32
- ÁDÁM O. 2001: Investigation of ground roll over loess covered areas of Hungary. First Break **19**, 4, 199–206
- BREKHOVSKIKH L. M. 1960: Waves in layered media, Academic press, New York, London, p87–100

BUCSI SZABÓ L., DRAHOS D., LENDVAY P., SZONGOTH G., Ifj. ZILAHÍ-SEBESS L. 1996: Mélyfúrás-geofizikai vizsgálatok az Üveghuta-1, Udvari-2 és Diósberény-1 fúrásokon. MÁFI Évi Jelentése 1996/II, 307–315

JÁMBOR Á. 1996: Some Problems of the Late Cenozoic Stratigraphy and History of Middle Transdanubia. MÁFI Évi Jelentése 1996/II, 191–198

KOLOSZÁR L. 1996: Az Udvari-2A fúrás földtani értékelése. MÁFI Évi Jelentése 1996/II, 155–158

PROMAX VSP® Users Manual 1998

STICKEL J., SÖRÉS L., PRÁCSEER E., DUDÁS J., NEMESI L., MAGYAR B., FEJES I. 1996: Geoelektromos és mérnökgeofizikai kutatások eredményei Diósberény-Udvari és Üveghuta körzetében. MÁFI Évi Jelentése 1996/II, 301–306

ZILAHÍ-SEBESS L. 1999: Dunaújváros-VI mélyfúrás karotázsszelvényeinek kiértékelése. Kézirat