

Van-e bizonyíték negyedidőszaki tektonizmusra Paks környékén? ("A paksi atomerőmű földrengésbiztonsága" kötet¹ megjelenése kapcsán)

Is there any proof showing Quaternary tectonism in the Paks area? (in connection with publication of the volume "Seismic safety of the Paks nuclear power plant")

BALLA Zoltán²
(1 ábra, függelék)

Key words: Danube Valley, faults, Hungary, interpretation, neotectonics, Quaternary, seismic risk, seismic profiles

Tárgyszavak: Duna-völgy, törések, Magyarország, értelmezés, neotektonika, negyedidőszak(i), földrengéskockázat, szeizmikus szelvény

Summary

Data on the Quaternary tectonism of the Paks nuclear power plant area have not dealt with seismic hazard assessments. Nevertheless, the latter are important factors with regard to the atmosphere and the consequences for society. After intense studies, geophysicists still only regard fault-related Quaternary tectonism as a proven fact. RÁNER et al. (1997) do not go further than this whereas TÓTH & HORVÁTH (1997) support their opinion with structural analysis of seismic sections. In those sections however, where the possibility of fault-related Quaternary tectonism appears, the presence of Quaternary sediments is doubtful. In turn, in sections where Quaternary sediments are definitely present and their stratification is clear, they are definitely not fault-related. The borders of significant Quaternary depressions fall above flexures in the underlying Pannonian (Late Neogene) sediments. This is probably due to the fact that, with respect to time sections, the lower velocity of the Quaternary sediments „pushed down” the stratification of the Pannonian sediments. It is apparent that there is no real proof of fault-related Quaternary tectonism in any of the seismic sections. Other studies (of joints in outcrops and trenches, of boreholes, of geomorphology etc.) have not revealed traces of such tectonism (BALLA et al. 1997, MAROSI & SCHWEITZER 1997). Thus it seems possible that there was no fault-related tectonism during the Quaternary age.

Manuscript received: 02 10 1998

¹ MAROSI & MESKÓ (szerk). Akadémiai Kiadó, Budapest, 1997, 178 p.

² Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, Stefánia út 14, H-1143

Összefoglalás

A paksi atomerőmű körzetének negyedidőszaki tektonizmusára vonatkozó adatok a földrengés-kockázati becslésekbe nem épültek be, de a szakmai és a civil társadalom hangulatának fontos elemei. A széles körű kutatás nyomán a negyedidőszaki töréses tektonizmust csak geofizikusok látják bizonyítottnak. RÁNER et al. (1997) nem lép túl magán az állításon, míg TÓTH & HORVÁTH (1997) szeizmikus szelvények szerkezeti elemzésével támasztja alá véleményét. Azokon a szelvényeken azonban, ahol negyedidőszaki töréses tektonizmus lehetősége felvetődik, kétséges a negyedidőszaki üledékek jelenléte; ahol viszont ezen utóbbiak biztosan jelen vannak, és településük jól látható, biztosan nincs bennük törés. A jelentősebb negyedidőszaki sülyyedékek oldalhatárai a parannói üledékekben látható flexurák fölé esnek, ami azonban valószínűleg annak a következménye, hogy az időszakonként a negyedidőszaki üledékek kisebb sebességgel mintegy "benyomja" a pannóniai üledékek rétegződését. Összességében tehát az derül ki, hogy egyik szeizmikus szelvény sincs valódi bizonyítéka negyedidőszaki töréses tektonizmusnak. Az egyéb kutatások (köztrésvizsgálat feltárásokban és árkokban, mélyfúrás, geomorfológia stb.) nyomán szintén nem mutatkoztak e tektonizmus jelei (BALLA et al. 1997, MAROSI & SCHWEITZER 1997), úgyhogy lehetségesnek látszik, hogy ilyen tektonizmus nem is volt.

*

A paksi atomerőmű földrengéskockázata az egész magyar – sőt nem csak a magyar – társadalom szempontjából kardinális kérdés, nem véletlen, hogy vizsgálata kb. két évtizeden át folyt. Mivel a földrengések törésekhez kapcsolódnak, kockázatuk becsléséhez ismernünk kell az elhelyezkedésüket meghatározó törések aktivitását. Ezért a hazai földrengéskockázati kutatásnak két fő vonala volt: az egyik a földrengések eloszlását és paramétereit, a másikon a *jelenkori tektonikai mozgásokat* tanulmányozták.

A Kárpát-medence földrengéseinek konkrét törésekkel fennálló kapcsolatát illetően mind a mai napig nem alakult ki olyan felfogás, amely eléggé meggyőző lett volna ahhoz, hogy a földrengéskockázati becslésekbe beépülhetett volna, ezért ezeket a becsléseket töréshálótól függetlenül végezték el. Ilyen körülmények között a jelenkori töréses mozgásokkal kapcsolatos mindennemű megfontolás lényegileg csak színező elem maradt, konkrét mennyiségi hatás nélkül. Egy dolog azonban azoknak a számoknak az értéke, amelyekkel az atomerőmű földrengéskockázatát a műszaki védelmet tervező és kivitelező mérnökök számára *mennyiségileg* leírják, és egészen más valamilyen következtetés a negyedidőszaki tektonikai aktivitásról, amely a földrengéskockázatot tisztán *minőségileg* tünteti fel nagyobbak vagy kisebbnek, s ezzel elsősorban a szakmai és a civil társadalom hangulatát befolyásolja.

Mindkét vonalon nagy jelentőségű „A paksi atomerőmű földrengésbiztonsága” kötet megjelenése, itt azonban csak a jelenkori töréses aktivitást tárgyáló tanulmányait érintjük. Közülük kettő (BALLA et al. 1997 és MAROSI & SCHWEITZER 1997) úgy látja, hogy ennek az aktivitásnak nincs bizonyítható nyoma, kettő pedig (RÁNER et al. 1997 és TÓTH & HORVÁTH 1997) azon a véleményen van, hogy a geofizikai vizsgálatok ezt az aktivitást kellőképpen bizonyították. A többi három tanulmány (CHIKÁN et al. 1997; SZEIDOVITZ & VARGA 1997 és TÓTH & MÓNUS 1997) ebben a kérdésben nem foglalt állást.

A geofizikai mérések közül a negyedidőszaki tektonikai aktivitást mind RÁNER et al. (1997), mind TÓTH & HORVÁTH (1997) *sekélyszeizmikus szelvényekkel*

látja bizonyítottnak, s ezzel nem értett egyet egyebek közt ugyancsak a sekély-szeizmikus szelvények alapján BALLA et al. (1997). Ebben a kérdésben a GÚTHY T. (in RÁNER et al. 1997) által említett „élénk vita” helyett csak különböző vélemények rögzítése történt meg, s az is zömmel kéziratos anyagokban, vagyis a nagyközönség előtt ismeretlenül. A kötet tanulmányai úgy keletkeztek, hogy a szerzők nem ismerték meg egymás anyagait, legalábbis a legújabbakat, s a tanulmányokban alig van kereszthivatkozás. Mindennek pótlásaként szükségesnek vélünk néhány szót szólni arról, hogy az említett két tanulmányban a negyedidőszaki tektonikai aktivitás *bizonyítékai* mennyire meggyőzőek.

RÁNER G. és SZABÓ Z. összefoglalásában¹ az áll, hogy „a geofizikai vizsgálatok bizonyították a kvarter kompresszióval társuló oldal-eltolódásos elmozdulásokat”, bár „a geofizikai módszerekkel nem sikerült tisztázni a legfiatalabb mozgások korát”. A tanulmányban azonban ezzel az állítással csak a sekély-szeizmikus méréseknek GÚTHY T. által adott ismertetése² hozható kapcsolatba, amelyben a kérdés vitatottságának leszögezése után a következő olvasható: „A feladat a felszíni zavarok, a pleisztocén-holocén összleten belüli litológiai változások, valamint a szerkezeti elemek hatásának különválasztása. A pleisztocén-holocén összlet szerkezetével kapcsolatos problémák egyértelmű tisztázása még várat magára.” A szövegben ugyan erre nézve nincs egyértelmű utalás, de a 16. és 21. ábrán („Pa-15 szeizmikus mélységszelvény”) egy, a negyedidőszaki üledékösszlet legalját érintő törést jelölnek. Amint az különösen a 21. ábrán jól látszik, mind a kvarter fekü, mind az elvetés meglehetősen bizonytalan, amellet a "törés" ÉNy-i³ szárnyán az a jelszegény öv és mélyedés van, amely a felszínen egy íves Duna-holtágat követ (BALLA et al. 1997, 10. ábra), s így a szerkezeti jelenségektől független zavart visz be a szelvénybe. A tanulmányban közölt tényanyag tehát nem *bizonyít* sem „kvarter kompressziót”, sem azzal „társuló oldal-eltolódásos elmozdulásokat”.

TÓTH & HORVÁTH (1997) tanulmánya imponáló alaposággal ismerteti a modern technikával végzett méréseket és feldolgozásukat, a régebbi mérések újrafeldolgozását, valamint értelmezésük menetét. Éppen ezért könnyen áttekinthető, mely következtetések megalapozottak, és melyek kevésbé. A szelvényeken ábrázolt töréseket a pannóniai üledékösszlet jó minőségű szeizmikus képe alapján jelölik be, s a negyedidőszaki üledékek tektonikai jelenségeit e törésekhez kötik.

Kiemelik, hogy a negyedidőszaki töréses mozgások nem feltétlenül eredményeznek a negyedidőszaki üledékeket is átszelő, felszínig hatoló vetőket. Ez minden bizonnyal így van, s nehezíti a ma is aktív törések felismerését. Ha a gondolatot végigvisszük, arra a felismerésre jutunk, hogy a negyedidőszaki felújulás lehetősége gyakorlatilag *minden létező törésen* fennáll. Ezt tükrözi a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ajánlása, hogy atomerőművet ne telepítsenek törés fölé. A paksi atomerőmű telepítésekor ez a követelmény még nem létezett, s az atomerőmű alatti törések ismerete sem. Jóval később derült ki, hogy az atomerőmű alatt olyan törés fut át, amely a pannóniai üledé-

1 75. oldal.

2 71. oldal.

3 A szelvényen bal oldali.

közzületet még biztosan érinti¹. Ezért itt nem az a kérdés, hogy a mozgások *lehetősége* fennáll-e, hanem az, *bizonyítható-e* egyrészt a földtani közelmúltban lejátszódott mozgások, másrészt – és különösen az – hogy ezek a mozgások felszínig hatoló töréseket eredményeztek-e (ezek az utóbbiak a földrengésekkel kapcsolatos megrázottságon túlmenően veszélyeztethetik az atomerőművet, mivel a rajtuk fellépő nyírás építményeket, vezetékeket stb. rongálhat meg). A továbbiakban ezért nem lehetőségeket, hanem bizonyítékokat elemzünk.

TÓTH & HORVÁTH (1997) a tektonikai jelenségeknek két csoportját vizsgálja: az egyikbe törések, a másikba hajlatok tartoznak. A negyedidőszaki üledékközzület bázisának vagy alsó részének a tektonikai képét szelvényenként tárgyalják. A *törésekre* vonatkozó megállapításai (táblázatként ld. a Függelékben) nyomán arra következtetésre juthatunk, hogy a pannóniai üledékközzületben észlelt törések nem metszik a kvarter bázisát a Duna–202, Duna–203, Duna–205, Duna–207, Duna–208, Pa–2a és Pa–2b szelvényben, de esetleg átszelhetik azt a Pa–3b, Pa–12, Pa–13, Pa–14 és Pa–15 szelvényben. Ez az „átszelés” valamennyi esetben meglehetősen bizonytalan, mivel a pannóniai összletben bejelölt törések ugyan *kifutnak* felfelé a szelvényből, azonban a negyedidőszaki üledékek jelenléte az értelmezhető szelvényszakaszon egyáltalán nem nyilvánvaló, bár természetesen ki sem zárható.

Megemlíjtük még, hogy a Pa–12, Pa–13 és Pa–15 szelvényen² az újrafeldolgozás után is látszik a felszínközeli rétegek benyomódása, s az első kettőn az ezt kísérő közel függőleges jelhiányos zóna is, amelyek térképen egy erősen ívelt Duna-holtágat követnek (BALLA et al. 1997, 10. ábra), azaz létrejöttükben felszíni vagy felszínközeli inhomogenitások játszottak szerepet. Mivel az ebből eredő hatásokat az újrafeldolgozás során sem küszöbölték ki, a bejelölt töréses övek létezése még a mélyebb szintekben is kétséges marad.

Úgy véljük, hogy egy neotektonikai témájú cikkben, amely *negyedidőszaki, sőt késő-pleisztocén* korú törések létezését kívánja bizonyítani, félrevezető az összesítő értelmezési ábra³ jelmagyarázatában a "sz seizmikus szelvényen kimutatott fiatal vető", mivel azt a benyomást kelti, hogy a "fiatal" a negyedidőszaki vagy a késő-pleisztocén szinonimája, s az ábrán sok ilyen minősítésű vető van, pedig a bejelölt pontok nagy része a szelvényeken a szerzők szerint is a pannóniai összleten belül maradó törést jelez.

A töréseken túlmenően a szelvényekben *hajlatok* is látszanak. TÓTH & HORVÁTH szerint⁴ „a Duna–203 és Duna–205 szelvények azt mutatják, hogy ... a fiatal folyami üledékek enyhén deformáltak. Ennek a deformációnak tektonikus eredete és genetikus kapcsolata a pannóniai üledékekben látható törésekkel nyilvánvalóvá válik a Duna–208 szelvény alapján.” A szelvények közül azonban a Duna–203 jelűn⁵ éppen a pannóniai összletben jelölt törés felett (amely nem ér fel a kvarter bázisáig) olyan zavarok láthatók a negyedidőszaki üledékekben, amelyek nem teszik lehetővé, hogy a rétegződés nyugodt vagy

1 Ld. BALLA et al. (1997) 6. ábráján a B és B' törést; az utóbbi látható TÓTH T., HORVÁTH F. (1997) 18. ábráján is.

2 TÓTH & HORVÁTH 1997, 13., 14. és 16. ábra.

3 TÓTH & HORVÁTH 1997, 18. ábra.

4 137. oldal, 4. bekezdés.

5 TÓTH & HORVÁTH 1997, 6. ábra.

deformált voltárol világos képet alkothassunk, a Duna–205 jelűn¹ viszont a kvarter bázisáig hatoló törés felett a negyedidőszaki üledékek rétegződése ugyanolyan vízszintesnek és nyugodtnak látszik, mint a töréstől távolodva. Lehetségesnek tartjuk, hogy az eredeti szelvényeken volt valami nyoma deformációnak, s az csak a kicsinyítés során tűnt el, azonban mindenképpen tény marad, hogy a közölt, bizonyítékul használt szelvényeken még enyhé deformáció sem látszik.

A Duna–8 szelvényen szembeötlik egy aszimmetrikus mélyedés, amelynek nagy részén a negyedidőszaki üledékek fekvővonala kb. a pannóniai üledékek rétegződését követi; idézett mondatukkal a szerzők valószínűleg erre a jelenségre céloznak.

Lehetséges, hogy települési zavarokra is gondoltak, ezek azonban a Duna-208 szelvényen látható dunai üledékösszletben nemcsak a pannóniai összlet törései felett, hanem azoktól távol is előfordulnak (a CDP \approx 5530, 5610 vagy 5780 körül), s nem olyan jellegűek, hogy tektonikailag értelmezhetők lennének.

A negyedidőszaki összlet fekvővonalának és a pannóniai összlet rétegződésének *flexuraszerű hajlata* közötti kapcsolat nem a Duna-208 szelvény (CDP \approx 5690–5780) különlegessége: hasonló jelenség látható a Duna-203 (CDP \approx 2680–2600) és a Duna-207 (CDP \approx 4780–4860) szelvényen, s a negyedidőszaki összletnek a dunai szelvényeken nincs olyan élesebb vastagságváltozása, amely alatt ne lenne flexura a pannóniai üledékekben. Igen fontos körülmény, hogy a negyedidőszaki üledékek – meghajlott bázisuk felett – minden szelvényen gyakorlatilag *vízszintes*en települnek.

Földtani értelmezéshez azt kell feltételeznünk, hogy a pannóniai üledékekben látható flexura létrejött egyúttal a felszínen is olyan hajlatot eredményezett, amely a negyedidőszaki üledékek felhalmozódása során süllyedékként létezett, de már nem fejlődött tovább (a negyedidőszaki rétegek nem hajlottak meg, vízszintesek maradtak). Ezt a magyarázatot azzal a kiegészítéssel fogadhatnánk el, hogy a flexura, azaz a süllyedék keletkezése és feltöltődése között *nem volt elég idő* ahhoz, hogy a domborzati hajlatot a *folyóvízi erózió* lenyesse, de éppen ez az, aminek a valószínűségét ellenőriznünk kell.

MAROSI & SCHWEITZER (1997) 14. ábráján jól látható, hogy a Duna Paks környékén a holocén folyamán legalább 10 km széles sávban meanderezett, ugyanakkor a Duna–208 szelvényen látható süllyedék szélessége a 2 km-t nem haladja meg (a méretek a másik két szelvényen sem nagyobbak, de a süllyedéseknek csak az egyik oldala látható). Ha a Duna–207 és a Duna–208 egymással szembe néző flexuráit egyazon nagyobb süllyedék két peremének tekintjük (a Duna–208 említett mélyedését ennek részeként fogva fel), a teljes szélesség még mindig nem haladja meg az 5 km-t, s teljes egészében a meanderek sávján belül marad. Ehhez hozzátehetjük, hogy Paksnál a holocén Duna mosta alá (és mostná a mai Duna is, ha nem lenne szabályozva) a felső-pleisztocén magas szintjeit is magában foglaló löszfalat (amelyet a Duna-völgytől nem választ el semmiféle törés vagy hajlat²), s ez némi képet ad a folyóvízi erózió idő- és térbeli lefolyásáról.

1 TÓTH & HORVÁTH 1997, 7. ábra.

2 MAROSI & SCHWEITZER 1997, 13. ábra.

Külön kérdés, hogy a tárgyalt szelvényekben látható negyedidőszaki összlet mélyebb szintjei mely korban keletkeztek, az azonban elég világos, hogy képződési körülményeik kb. ugyanolyanok voltak, mint ma (JASKÓ & KROLOPP 1991; MAROSI & SCHWEITZER 1997). Így tehát a fentebb vázolt földtörténeti kép komoly kételyeket ébreszt: a Duna-völgyben nemigen képzelhető el olyan felszíni süllyedék, amelynek oldalait a folyóvízi üledékképződéssel természetesen együttjáró erózió ne nyeste volna le szinte azonnal, ugyanakkor az üledékképződés alatt a tárgyalt módon (flexuraképződéssel) folyó süllyedésnek jelentkeznie kellene a mélyebb kvarter rétegek hajlatában is.

Vissza kell tehát térnünk a szelvényhez, és fel kell vetnünk a kérdést: nincs-e valamilyen hiba a szelvényen látható képnek azon elemeiben, amelyek a fentebb vázolt következtetésre vezettek. A tárgyalt szelvények *időszelvények*, a földtani értelmezés azonban csak *mélységszelvényre* érvényes. Ezért alapvető kérdés, hogy helyesen tükrözik-e ezek az időszelvények a mélységviszonyokat, ami lényegileg a sebességeloszlás kérdése. Sajnos, TÓTH & HORVÁTH (1997), bár a sebességanalízist elvégezte¹, eredményeket nem közöl, így csak általános észrevételeket tehetünk.

A negyedidőszaki folyóvízi és pannóniai üledékek között nagyon nagy a mechanikai különbség: az előbbieket lazák, az utóbbiak omdúsok (BALLA et al. 1997, 40–41. o.), ennek alapján várható lenne, hogy a negyedidőszaki folyóvízi üledékekben a szeizmikus hullámsebességek jóval kisebbek, mint a pannóniai összletben. Ez arra vezethet, hogy ott, ahol a kvarter bázisa mélyen, pl. 50–60 ms-ban van (Duna-203 és Duna-207), a méterben mért mélység kisebb, mint ugyanazon 50–60 ms-os időszinten, ahol a kvarter bázisa csak 20 ms körül van, mert a 20 és 50–60 ms közötti szintben lévő pannóniai üledékek nagyobb sebessége megnöveli a mélységet. Más szóval, időszelvényeken a negyedidőszaki üledékek kisebb sebessége a mélyebb rétegeket mintegy „benyomhatja” mindenütt, ahol vastagságuk megnő.

A valószínű sebességeket a negyedidőszaki összletben a *vastagságokra* vonatkozó ismereteink alapján becsülhetjük fel. A folyóvízi üledékösszlet maximális vastagsága szelvényenként a következő: 50 ms a Duna-202, 70 ms a Duna-203, 65 ms a Duna-205, 55 ms a Duna-207 és 110 ms a Duna-208 szelvényben.

Az első két szelvény a Kalocsai-süllyedék területére esik. A Duna-202 közelében kezdődik MAROSI & SCHWEITZER (1997) egyik fúrás szelvénye², ebben a Duna átlagos vízszintje tszf. 87 m-en, s alatta a kvarter fekéje 47 m mélyen van. JASKÓ & KROLOPP (1991) térképén (1. ábra) a folyóvízi kvarter fekévonala a Duna-202 alatt tszf. 45 m-en, a Duna-203 alatt pedig tszf. 55 m-en van, ami a tszf. 87 m-es vízszint alatt kb. 42 és 32 m-es üledékvastagságot jelent. Mindkét adatsor fúrásokra támaszkodik, azaz megbízhatósága kielégítő. A fenti összletvastagságok feleltethetők meg a szelvényekről leolvasható időértékeknek, ami³

1 129. oldal, 8. pont.

2 8. ábra, többi szelvényükhöz hasonlóan helyszínrajz nélkül közölve.

3 Figyelembe véve, hogy a függőleges tengelyen TÓTH T. és HORVÁTH F. kétutas futási időt tüntet fel.

a Duna-202-re $42 \times 2 / 50 \times 1000 = 1680$ m/s, a Duna-203-ra pedig $32 \times 2 / 60 \times 1000 = 1067$ m/s körüli értéket ad.

Meg kell jegyeznünk, hogy míg a Duna-202 szelvényen látható kép összhangban van a fekérszintvonalak lefutásával (a kvarterbázis helyzete állandó), a Duna-203 szelvény azzal ellentétes képet mutat (vastagságnövekedés ÉNy és nem DK felé). Ez arra mutat, hogy a folyóvízi üledékösszlet feküdborzata jóval bonyolultabb, mint az a térképen (1. ábra) látható.

A fúrási adatokkal való közvetett összevetés tehát azt igazolja, hogy a negyedidőszaki folyóvízi üledékekben a szeizmikus hullámsebesség csak kb. a kétharmada annak, amely a pannóniai üledékösszlet felső részeire Paks környékén jellemző (≈ 2000 m/s). A kapott sebesség részben kisebb, részben nagyobb a *tiszta vízre* jellemző 1450 m/s-nál¹, a becslés azonban túl durva ahhoz, hogy az eltérést ettől a sebességtől, amelyet vízzel telített laza üledékekben várhatnánk, biztosnak vegyük. Mindenesetre a sebességcsökkenés alapján joggal feltételezhetjük, hogy az időszelvényeken a pannóniai rétegek "benyomódnak" a nagyobb kvartervastagságok alatt². Ez a jelenség arra vezethet, hogy az időszelvények gyors kvartervastagság-változási szakaszain a pannóniai összletben flexurák "keletkeznek".

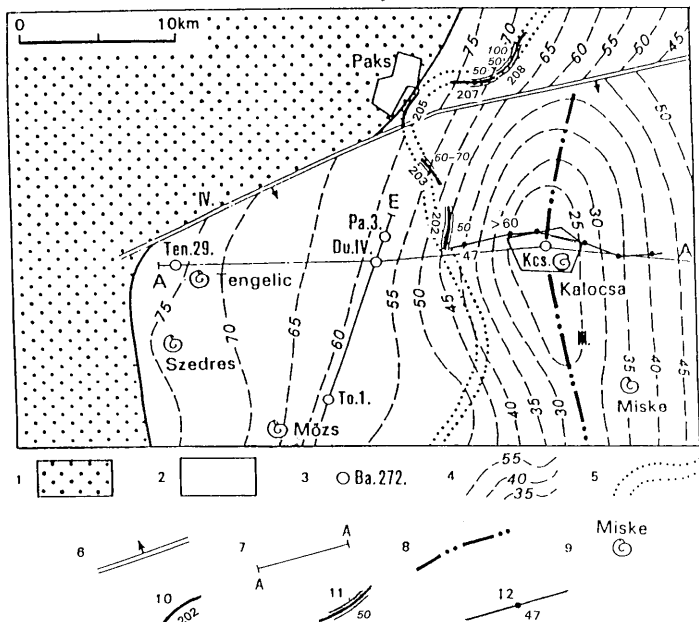
Azt, hogy a jelenség valóban elegendő-e a szelvényekben látható flexurák létrejöttéhez avagy: eltűnnek-e a flexurák a helyes sebességekkel átszámított mélységszelvényekben, csak akkor lehetne eldönteni, ha mélységszelvényeket állítanának elő, addig viszont ezek a flexurák nem szolgáltatnak biztos alapot negyedidőszaki tektonizmus feltételezéséhez.

A vastagságok a Duna-205 és Duna-207 szelvényen is kb. ugyanolyanok, mint délebbre. Ez a két szelvény kb. ott van, ahol a fekérszintvonalas térképről (1. ábra) tszf. 70–80 m olvasható le, ami az itt tszf. 90 m-re becsülhető Duna-vízszint alatt 10–20 m-es vastagságot jelentene a folyóvízi összletre. Legjobb tudomásunk szerint azonban ezek a szintvonalértékek nem támaszkodnak fúrási adatokra, ezért figyelmen kívül hagyhatók. A Duna-208 szelvényen a maximális vastagság még nagyobb: 100 ms körül van, ami a délebbre kapott sebességekkel 60–70 m lenne (fúrási adatról itt sincs tudomásunk), azaz kb. akkora vagy nem sokkal kevesebb, mint a Kalocsai-süllyedék mélypontján. Ha a süllyedék tengelyvonalát Kalocsától, ahol a térképen az utolsó fúrás van, a Duna-208 szelvény felé folytatjuk, eltűnik az a hajlat, amelyet a tengelyvonalban JASKÓ & KROLOPP (1991) ábrázolt. Másszóval a Duna-208 szelvény kb. a Kalocsai-süllyedék tengelyvonalának É-i folytatásába esik, vagyis a süllyedéket É-on elvágó „Paksi-törés” (1. ábra, 6. jel) nem létezik, hiszen azt JASKÓ & KROLOPP (1991) éppen a *elvágodás* magyarázatára tételezte fel. A Kalocsai-süllyedék É-i folytatásának kérdése azonban már nem tartozik tanulmányunk tárgykörébe, ezért csak felhívjuk rá a figyelmet.

A fenti elemzés nyomán úgy véljük, hogy "a deformáció tektonikus eredete és genetikai kapcsolata a pannóniai üledékekben látható törésekkel" a Duna-208 szelvényben egyáltalán nem „nyilvánvaló”, s nem az bármely más szelvényben sem. Így negyedidőszaki tektonizmus tekintetében az egyébként jó minőségű és magas színvonalon feldolgozott szeizmikus szelvények sem töréseket, sem egyéb deformációkat illetően nem szolgáltatnak *bizonyítékot*. Semmiképpen nem

1 132. oldal, utolsó bekezdés.

2 A "benyomódás" nem érinti a negyedidőszaki üledékek mélyebb rétegeit, mivel ezek mentén a sebesség állandó, s a "benyomódás" alapfeltétele az, hogy sebességváltozás legyen egy-egy adott időszinten.



1. ábra. A Kalocsai-süllyedék É-i részének feküszíntvonalas térképe a dunai szeizmikus szelvényekkel (JASKÓ & KROLOPP 1991, 3. ábra részlete, TÓTH & HORVÁTH 1997, 3. ábra nyomán kiegészítve; a 202-es és 203-as szelvény körzetében a Duna kanyarulatát a két térkép eltérő módon ábrázolja; feltüntetve MAROSI & SCHWEITZER 1997, 79. ábra szelvény-nyomvonalát). Jelmagyarázat: 1–9: az eredeti térkép jelkulcsa (aktualizálva): 1. lösz és egyéb társuló peisztocén üledék, 2. folyóvízi üledékösszlet, 3. mélyfúrás és jele, 4. a folyóvízi üledékösszlet feküszíntvonalai (tszf. m), 5. Duna, 6. törésvonal és levetési irány, 7. szelvénynyomvonal és jele, 8. a Kalocsai-süllyedék tengelye, 9. ősmaradvány-lelet; 10–12: kiegészítő jelölések: 10. dunai szeizmikus szelvény és sorszáma, 11. szelvényszakasz nagy kvartervastagsággal és a vastagság értéke ms-ban, 12. MAROSI & SCHWEITZER (1997) 8. ábrájának szelvény-nyomvonalára fúrásponthoz (fúráskoordináták alapján azonosított MAROS Gy., mivel az eredetiben egyik szelvénynek sincs helyszínrajza), a fúrásponthoz alatti kvartervastagság méterben. III. Kalocsai-süllyedék, IV. Paksi-törés (az I. és II. lemarad a kivágatról)

Fig. 1 Contour line map of the base of the northern Kalocsa Depression with seismic and borehole profiles (fragment of Figure 3 by JASKÓ & KROLOPP 1991, completed with seismic profiles from Figure 3 by TÓTH & HORVÁTH 1997 and with borehole profile in Figure 8 by MAROSI & SCHWEITZER 1997. The Danube bend in the area of the seismic profiles Danube-202 and Danube-203 is displayed different in the two maps compared). Captions: 1–9, captions in the original map (updated): 1, loess and associated Pleistocene sediments, 2, fluvial sequence, 3, borehole with code, 4, contour lines of the base of the fluvial sequence (m a.s.l.), 5, Danube, 6, fault and downthrow, 7, profile with code, 8, axis of the Kalocsa Depression, 9, fossils; 10–12: additional captions: 10, seismic profile with code (Danube), 11, profile portion with great thickness of Quaternary and its value in ms, 12, profile of Figure 8 by MAROSI & SCHWEITZER 1997 with boreholes (identified from borehole coordinates by Gy. MAROS since there are no location sketches for any of the sections in the original) with Quaternary thickness in meters below the mean Danube level. III., Kalocsa Depression, IV., Paks Fault (I. and II. are out of the Figure)

fogadható el tehát a szerzők azon következtetése¹, hogy „a kutatási területen megfigyelt markáns vetőrendszer alakulása és működése még biztosan tartott a késő-pleisztocén folyamán is, azaz 40–50 ezer éve. Ez olyan közelmúltbeli időpontot jelent, hogy a vető mai/jövőbeni működését kizárni nem lehet. A vetőt tehát aktívnak kell tekinteni.”

Ellenkezôleg: Paks környékén mind a mai napig nincs semmiféle meggyôző bizonyítéka a negyedidőszaki töréses tektonizmusnak, s bár valaminek a hiányát mindig sokkal nehezebb igazolni, mint akárminek a létezését, az a tény, hogy a rendkívül sokoldalú vizsgálatok egyike sem bizonyított negyedidőszaki töréses tektonizmust (BALLA et al. 1997), egyre inkább megengedi azt a feltevést, hogy ilyen tektonizmus talán nem is volt.

Függelék

A kvarter bázisát vagy alját érintő törésekre vonatkozó következtetések TÓTH & HORVÁTH (1997) tanulmány nyomán

Szelvény jele	Eredeti minősítések a kvarter		Megjegyzések
	bázisát illetően	töréseit illetően	
Duna-202	„A kvarter alját az 50 ms ... körüli, közel vízszintes reflektornál jelöltük ki.”	„A kvarter alja ... egyértelműen folyamatos, elvetés nem észlelhető.”	–
Duna-203	„A szelvény ÉNy-i végén a kvarter alja 70 ms ... körül található, míg a szelvény DK-i szélén 25 ms-ig emelkedik.”	„A kvarter alján vetődés nem látható.”	–
Duna-205	„A ... kvarter alja 70 ms ... körül jelölhető ki.”	A vető mentén „100 ms felett ... határozott elvetés nem észlelhető. Gyűrődés azonban a felső rétegekben is egyértelmű. A vető ... többi ága ... még 200 ms alatt elvégződik.”	A szelvényen a vetőt egészen a kvarter bázisáig felvizsik, s nem világos, melyek azok a „felső rétegek”, amelyekben a „gyűrődés ... egyértelmű”. A kvartert azonban vetők nem érintik.
Duna-207	„A szelvény Ny-i felén ... a kvarter alja 20 ms ... körül jól definiált, közel vízszintes. A szelvény K-i felén ... a pannon rétegek fokozatosan emelkednek, feltehetően egészen a vízfénkig.”	A kb. a két szakasz határára lévő „vető nem érinti ... a legfelső 30 ms-os tartományt.”	Tehát a kvartert vetők nem érintik.

1 137. oldal, 5. bekezdés.

Szelvény jele	Eredeti minősítések a kvarter		Megjegyzések
	bázisát illetően	töréseit illetően	
Duna-208	„A ... kvarter/pannon diszkordancia markánsan jelentkezik...”	„A pannon rétegek mind vetődéses, mind gyűrődéses deformációt mutatnak, mindezen deformációk azonban nem érintik a szelvény felső 35 ms-át.”	A kvarterbázis DNY-on 50, közepén 100, ÉK-en 25 ms körül van, így a szelvény ÉK-i ötödét leszámítva a 35 ms a kvarter összleten belül esik, s világos, hogy a „nem érintik” állítás az ÉK-i szelvényszakaszra vonatkozik. A többi bejelölt törés a kvarter bázisán szűnik meg.
		„A ... kvarter/pannon diszkordancia ... egy látványos vetőzónát takar.”	Nem világos, hogy a <i>takar</i> szó egyenes (<i>lefed</i>) vagy átvitt (<i>rejt, tükröz</i>) értelemben áll-e; a szelvényen ez a felület lenyesi a bejelölt vetőket, úgyhogy az egyenes értelelem valószínű.
Pa-2a	„A kvarter/pannon határt a szelvény É-i részén 70 ms, míg a D-i részen 80 ms körül jelöltük ki. A réteg egyenletesen dől D felé.”	„A kvarter/pannon határt ... vető már nem érinti.”	-
Pa-2b	„A kvarter/pannon határt 100 ms körül jelöltük ki.”	„A kvarter/pannon határt ... vető egyértelműen nem harántolja.”	-
Pa-3b	„A kvarter/pannon határ 60-70 ms körülre tehető...”	„...nem zárható ki, hogy a pannon rétegeket harántoló vető érinti a kvarter alját is”	A kvarter alja csak a vetőtől D-re látható jól, a vetőtől É-ra mind a bázis, mind a kvarter teljesen bizonytalan.
Pa-12	„A kvarter alja 40 ms körül »sejthető«, egyértelmű leképezés nem valósul meg.”	A kijelölt vető „feltehetően a 60 ms-ben észlelt reflexiót még harántolja”, de „felhatolása a 40 ms feletti horizontok leképezetlensége, ill. zavartsága miatt” „nem állapítható meg pontosan”.	A 40 ms körül »sejtett« kvarterbázis felett nincs reflektor, de a vető még idáig sem nem hatol fel.
Pa-13	„A szelvény D-i végén 45 ms-nál látható erős reflektor azonosítható a pannon tetejeként...”	„A ... szelvény É-i végén ... egy kis mélységig felhatoló ... vető” van, amely „valószínűleg eléri a kvarter összlet alját is.”	45 ms felett nincs több reflektor, az É-i részen a kvarter bázisát a szelvény felső határára jelölték (vagyis a kvarter megjelenése nincs bizonyítva). A kvarter aljának helyzete az egész szelvényben teljesen bizonytalan.

Szelvény jele	Eredeti minősítések a kvarter		Megjegyzések
	bázisát illetően	töréseit illetően	
Pa-14	A ... kvarter alja 40 ms körül »sejthető«, egyértelmű leképezés nem valósul meg.”	A szelvény közepe táján „látható vető ... a szelvény által hitelesen leképezett legfelső rétegekig (45 ms) hatol.””	A kvarterfekü tehát bizonytalan, de a vető még azt sem éri el.
Pa-15	„ ... a szelvény nyugodtabb szárnyain 40 ms (É-i részen), ill. 50 ms (D-i részen) valószínűsíthető.”	A szelvény közepe táján „látható vetőzóna a legsekélyebb rétegeket is érinti. Ebben az erősen tektonizált zónában a kvarter bázisa pontosan nem jelölhető ki.”	D-en 40 ms felett gyakorlatilag nincs reflektor, s 50 ms felett az É-i részen is alig van reflektor, s rendkívül bizonytalan. Ezért tisztázatlan, hogy van-e kvarter a szelvényben.
Pa-17	„A kvarter rétegek alja 50 ms körül jelölhető ki.”	„A szelvényen semmiféle vetőre utaló jel nem észlelhető.”	-

Irodalom – References

- BALLA Z., DUDKO A., MAROS Gy. 1997: Paks környékének mélyföldtana és neotektonikája. – In: MAROSI S., MESKÓ A. (szerk.): *A paksi atomerőmű földrengésbiztonsága*, Akadémiai kiadó, Budapest, 33–59.
- CHIKÁN G., CHIKÁN G.-né, KÓKAI A., TURCZI G. 1997: Földtani vizsgálatok Paks környékén, 19851–994. – In: MAROSI S., MESKÓ A. (szerk.): *A paksi atomerőmű földrengésbiztonsága*, Akadémiai kiadó, Budapest, 11–32.
- JASKÓ S., KROLOPP E. 1991: Negyedidőszaki kéregmozgások és folyóvízi üledékfelhalmozódás a Duna-völgyben Paks és Mohács között. – *Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése 1989-ről*, 65–84.
- MAROSI S., SCHWEITZER F. 1997: Geomorfológiai vizsgálatok Paks környékén. – In: MAROSI S., MESKÓ A. (szerk.): *A paksi atomerőmű földrengésbiztonsága*, Akadémiai kiadó, Budapest, 153–175.
- RÁNER G., SZABÓ Z., BUCSI SZABÓ L., D. LÓRINCZ K., FEJES I., GULYÁS Á., GÜTHY T., KOVÁCSVÖLGYI S., MADARASI L., NEMESI L., PÁNCSICS Z., PATTANTYÚS-Á. M., REDLERNÉ TÁTRAI M., STICKEL J., TÓTH T., TÖRÖS E., VARGA G. 1997: Geofizikai kutatások Paks térségében. – In: MAROSI S., MESKÓ A. (szerk.): *A paksi atomerőmű földrengésbiztonsága*, Akadémiai kiadó, Budapest, 61–94.
- SZEIDOVITZ Gy., VARGA P. 1997: A paksi atomerőmű telephelyének földrengésbiztonsága, kárpát-medencei nagyobb földrengések áttekintésével. – In: MAROSI S., MESKÓ A. (szerk.): *A paksi atomerőmű földrengésbiztonsága*, Akadémiai kiadó, Budapest, 95–111.
- TÓTH L., MÓNUS P. 1997: A paksi atomerőmű mikro szeizmikus megfigyelő hálózata. – In: MAROSI S., MESKÓ A. (szerk.): *A paksi atomerőmű földrengésbiztonsága*, Akadémiai kiadó, Budapest, 112–121.
- TÓTH T., HORVÁTH F. 1997: Neotektonikus vizsgálatok nagyfelbontású szeizmikus szelvényezéssel. – In: MAROSI S., MESKÓ A. (szerk.): *A paksi atomerőmű földrengésbiztonsága*, Akadémiai kiadó, Budapest, 123–152.

A kézirat beérkezett: 1998. 02. 10.