

## Javaslat tektonikai adatbázis létrehozására

HALMAI Ákos<sup>1</sup>, KONRÁD Gyula<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PTE Földtudományok Doktori Iskola; halmaia@gamma.ttk.pte.hu

<sup>2</sup> PTE Földtani Tanszék; konrad@ttk.pte.hu

---

### *Proposal for a tectonic database*

#### Abstract

Empirical geological research could become more exact if the mappable tectonic data and tectonic features displayed on maps and sections were incorporated into a uniform database, following a uniform system of criteria. A prerequisite for this is that the tectonic features possess a unique identifier. The proposal of this present paper suggests that a unique identifier can be created from the coordinates (in the EOVI Hungarian Grid) of the primary observation point of a fault. A possible database structure is presented, along with logical and physical models and the functioning of the system (using examples from the Mecsek Mts).

*Keywords: fault database; tectonics; GIS*

---

#### Összefoglalás

Az empirikus földtani kutatás egzaktabbá tételét szolgálja, ha a térképezhető tektonikai elemeket, illetve a térképeken, szelvényeken ábrázolt szerkezeti elemeket egységes szempontrendszer szerint, egységes adatbázisba foglaljuk. Ennek alapfeltétele, hogy ezek a szerkezeti elemek egyedi azonosítóval rendelkezzenek. Javasoljuk, hogy az egyedi azonosító a szerkezeti elem elsődleges észlelési pontjának EOVI koordinátaértékeiből álljon. Kidolgoztuk az adatbázis szerkezetét, a logikai és a fizikai modellt, valamint mecseki szerkezeti adatokon bemutatjuk annak működését.

*Tárgyszavak: törésadatbázis; tektonika; GIS*

---

#### Bevezetés

A hazai földtani gyakorlatban a tektonikai elemek — néhány jelentős törés kivételével, mint pl. a Darnó-vonal, a Közép-magyarországi öv, a Litéri-törés — nem rendelkeznek azonosítóval és definícióval. A térképeken ábrázolt szerkezeti elemek közül is csak a legjelentősebbeknek találjuk indoklását a térképmagyarázóban — ha íródott ilyen. Emellett ismereteink hiányosságai miatt egy adott földtani szituáció szerkezetföldtani értelmezésére többféle, logikailag helyes szerkezetföldtani megoldás létezik. Egy térképen, vagy szelvényen alkalmazott megoldásról utóbb általában nem derül ki, hogy mi annak az észlelt adatháttere. Ezért javasoljuk egy olyan adatbázis létrehozását, amely — léptéktől függetlenül — a törések legfontosabb adatait egyedi azonosítóhoz rendelve tartalmazza, és amelynek legfontosabb eleme, hogy minden adatot indokolni kell.

Javaslatot teszünk a tárolandó adatok körére és a megvalósítás módjára.

Tudatában vagyunk annak, hogy geológus társadalmunk jelenlegi lehetőségei nem teszik lehetővé egy ilyen adatbázis feltöltését és működtetését — és sokan berzenkednének is ettől. Ugyanakkor az időt elérkezettnek látjuk az elméleti megalapozásra. A javasolt adatrögzítés működőképes adatbázist eredményezne. Az országos adatbázis kialakítása, feltöltése praktikusán a folyó (pl. a nagy aktivitású radioaktív hulladék-elhelyezés céljából folytatott) földtani kutatások során lenne megkezdhető.

#### Előzmények

A természeti jelenségek számítógépes környezettel segített modellezése viszonylag új tudományterület, kezdetei

a II. világháború éveire tehető. Hatékonyan működő, széleskörűen elterjedt gyakorlattá azonban a —legtöbb modell bemeneti oldalát jelentő — digitális adatbázisok megjelenése és a számítási teljesítmény rohamos növekedése után vált (DETRÉKŐI & SZABÓ 2003). A földtudomány szakterületén az American Petroleum Institute 1962-ben kezdte vizsgálni a kutatási és termelési célzattal mélyített fúrások számítógépes adattárba foglalásának és egyedi azonosításának lehetőségét (IHS [Information Handling Services] 2012). Eredményeiket 1966-ban publikálták először. Közleményükben javasolták az „API-szám” (American Petroleum Institute number) használatát, melynek célja, hogy egyedi, permanens azonosító szám jelöljön minden fúrást, ami megalapozza az egyértelmű szakirodalmi hivatkozás lehetőségét és megkönnyíti az intézményközi adatcserét. A digitális adatbázisokban az API-szám garantálja az adattár szervezetségét, mert egy adott fúrásról lejegyzett összes információt az API-számnak alárendelten tárolnak el. Az API-szám tisztán numerikus karaktereket tartalmaz, a fúrás térbeli helyzetéből indul ki, ez egy sorszámmal, majd a fúrás esetleges továbbfúrását jellemző számmal egészül ki, ami egy 12 számjegyből álló azonosítót eredményez (American Petroleum Institute 1979). Később, 1995 után, az azonosítót 14 jegyre bővítették (IHS 2012).

Egy másik, tanulmányozásra érdemes földtani adatbázis az 1976-ban indított Harvard Global CMT (centroid-moment-tensor), amely a nagy magnitúdójú ( $M \geq 5,5$ ) földrengések adatainak jegyzésére szolgál, és amelyben annak a törésnek (vagy törészónának) a jellemzőit is tárolják, amelyhez a földrengés kapcsolható. Ilyen típusú adatbázist több helyen alkalmaznak (VANNUCCI & GASPERINI 2003).

Számos földtani kutatás során nevesítették a fontosabb töréseket. Ezek azonban, mint a jelenleg is folyó bátaapáti kutatás esetében (MAROS et al. 2004, 2011), központosított adatbázisba nem építhető, helyi elnevezések. A megvalósított adatbázisok általában — közöttük a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (MFGI 2013) adatbázisa is — tárolnak tektonikai adatokat. Szerepük azonban másodlagos, gyakran csak a törések felszíni metszsvonalának térképi megjelenését (MFGI), illetve egy-két alapvető paraméterüket rögzítik (OneGeology 2013). A törések több tulajdonságát is tartalmazó adatbázisokat jellemzően csak egy töréstípusra vagy törésrendszerre dolgoztak ki (USGS [United States Geological Survey] 2013: Quaternary Faults; GNS Science [eredetileg Institute of Geological and Nuclear Sciences Limited] 2013: New Zealand Active Faults Database). E példákhoz áll közel ALBERT (2003; 2005a, b; 2009a, b) elgondolása a tektonikai elemek rendszerezésének és megjelenítésének térinformatikai lehetőségeivel foglalkozó munkáiban. Megfogalmazta egy olyan tektonikai adatbázis szükségességét, amelyben minden, térképen ábrázolható törés háromdimenziós térinformatikai környezetben lenne tárolva és egyedileg azonosítva. Az adatbázis felépítéséhez a litosztatigráfiai gyakorlatban követett rendszerezést tekinti példának, és javasolja a „tektonikai formáció” fogalmának a bevezetését (ALBERT 2009b). HALMAI (2011) már megvalósult adatbázisok kritikai elemzésére

építve alakította ki a jelen munkában javasolt rendszer alapjait.

Az adatbázis kialakításának alapvető kérdése az, hogyan határozzuk meg egy tektonikai elem egyedi azonosítóját. ALBERT (2009b) az azonosításra (a litosztatigráfiai használatos indexelés mintájára) olyan tulajdonságokat javasol, amelyek megítélése változhat, mint pl. egy adott törésrendszerhez való tartozás, vagy a kialakulás kora. Ez a rendszer néhány száz formáció esetében még kezelhető, a tektonika területén valószínűleg már nem. Úgy véljük, hogy az API-szám meghatározásában alkalmazott módszer követendő, amely az azonosítót a térbeli helyzetből származtatja, hiszen a tektonikai elemeknek is ez az egyetlen olyan paramétere, amely változatlanul tekinthető.

## Adatbázis és modell

Jelen munkában csak a törések adatainak adatbázisba foglalási lehetőségét tekintjük át, amely adatbázis értelemszerűen bővíthető a képlékeny szerkezetek alapadataival.

Az adatbázis és a modell fogalmát nem a földtani gyakorlatban meghonosodott módon használjuk, amelyben a „megjelenítési modell” nevezik általában modellnek. A modellalkotás folyamata a valóság — feltett kérdéseinknek megfelelő — egyszerűsítése. A modellalkotás révén a valóság egy leegyszerűsített, absztrakt mását kapjuk, amely a valóság egy részének a vizsgált szempontok szerinti tulajdonságait mutatja be. A modellek lehetővé teszik a „lényeg” megragadását, a bonyolult rendszerek vizsgálatát, szerkezetük vagy működésük megértését és az általánosítást (WAINWRIGHT & MULLIGAN 2004, ALBERT 2009b).

A modellalkotás első lépése, hogy kiválasztjuk a valóság azon elemeit, amelyeket — a kérdés szempontjából — már nem érdemes további részelemekre bontani. Ezen elemek az „entitások”. Ezután meg kell határozni, hogy melyek azok a leíró és térbeli adatok, amelyek segítségével a legjobb közelítéssel jellemezhetjük az entitásokat, és melyek azok a kapcsolatok és kölcsönhatások, amelyek az entitások együttes viselkedését befolyásolják.

Végül a hasonló tulajdonságú és viselkedésű entitásokat csoportba szervezhetjük, hogy megteremtjük az adatbázis belső szervezetségét, és megkönnyítsük az információ kinyerését az alapkérdésnél „nagyobb léptékű”, általánosabb összefüggések keresése esetében is. Az így tett megfontolások összessége az elméleti modell.

A modellezés második lépése a logikai modellalkotás. A logikai modellezés során meghatározzuk, hogy az elméleti modellben megalkotott elképzeléseket hogyan lehet ténylegesen leírni analóg, vagy digitális környezetben. Meghatározzuk, hogy az entitásokat (mint valós létezőket) hogyan kell átalakítani azok leírt másolatává, „objektumokká”, és ezt milyen szabályok szerint tehetjük meg. Itt kell kidolgoznunk az egyes objektumok egyedi azonosítását, az objektumok térbeli és leíró adatainak formátumát és — eredetileg az entitások között fennállt — kapcsolatok jelzésének mikéntjét.

Ha a logikai modell szabályhalmazának megfelelően elkészítjük az alapkérdés szerint „fókuszált”, az elméleti modellben megfogalmazott valóság másolatát, akkor ezt az adathalmazt fizikai modellnek, vagy adatbázisnak nevezük. Egy fizikai modell akkor jó,

— ha logikailag ellentmondásmentes, továbbá,

— ha a modellben foglalt objektumokat olyan hatásoknak vetjük alá, mint amilyenek a természetben is érik őket, akkor a valóságban kapott válaszhoz hasonló választ kapunk — a virtualitás szintjén.

A modellalkotás utolsó lépésében rendelkezünk kell arról, hogy a modellben foglalt objektumokat és kapcsolataikat hogyan kell térben kezelni és térképen ábrázolni (megjelenítési modell).

### Elméleti modell

Az elméleti modell entitásai a törések, amelyek a felszínen, fúrásban, geofizikai szelvényben, vagy más adatnyerési módszerrel megfigyelhetők, vagy geológiai környezetükből szükségszerűen kikövetkeztethetők és környezetüktől elkülöníthetők.

Az elméleti modell feladata — az entítások lehatárolása után — azon adatok meghatározása, amelyek az entításokat az adott modellben jól jellemzik. Egy törést leíró és geometriai adatokkal valamint ezek metaadataival jellemezhetünk.

Javaslatunk szerint minden leíró és geometriai adat esetében a rögzítőnek meg kell adnia az adat származását. Erre azért van szükség, hogy egy későbbi értelmezés, értékelés során tudjuk, hogy például egy normálvető-minősítés csak a határoló kőzetek korán és a törés térbeli helyzetén alapul, vagy az elmozdulást jelölő karcokon is. Még érthetőbb ez a megkötés, ha szeizmikus szelvény értelmezése alapján minősítünk egy törést. Gyakran az egyértelműnek tűnő térképi ábrázolás is hordoz bizonytalanságot: egy kibúvásban észlelt, dőlésiránnyal és -szöggel megadott normálvető esetében sem tudhatjuk, hogy az elmozdulás jellege karcokkal volt igazolt, vagy esetleg a törés oldalelmozdulásként is értelmezhető lenne.

Egy adathalmaz feldolgozásakor figyelembe kell venni, hogy az adott művelet *okoz-e* adatvesztést. A klasszikus földtani „adatfeldolgozás” (mint például a földtani térkép szerkesztése) jelentős adatvesztéssel jár, mert a háttérismereteknek és -meggondolásoknak sokszor elmarad a rögzítése, mint fentebb, a példaként említett normálvető esetében. Ezért olyan „minimalista” adatbázist kívántunk szerkeszteni, amelynek elsődleges célja, hogy bemutassa az adatvesztés elkerülésének elvét. A minimalizmus ez esetben azt jelenti, hogy az adatok származásának és bizonytalanságának egy legördülő menüből választható kategóriái jelenleg minimalizáltak, de az adott földtani kutatás céljainak megfelelően tovább részletezhetőek — fenntartva a részletes indoklásra szolgáló szövegmezőt is.

### Geometriai elemek és attribútumadataik

A törések minden esetben olyan összetett geometriai felületek, amelyeket számtalan egymáshoz kapcsolódó sík és görbült felület épít fel. Olyan elméleti elvonatkoztatás révén létrejött fogalom, amely két, eredetileg egységes, de nem feltétlenül homogén kőzettest közötti erőhatás következményeként, maradandóan létrejött elmozdulási felületet — törést — jelöl. Ez az elméleti felület ábrázolásmódja szerint többféle mértani elemként is megjelenhet: törésvonalaként, felületként, de pl. fúrásbeli észlelés esetén pontként is.

#### Elsődleges pont

Adataink tehát minimálisan pontként jeleníthetők meg. Javaslatunk szerint minden, az adatbázisba bevitt töréshez legalább egy térbeli pontot kell rendelni. Ezt a továbbiakban „elsődleges pontnak” nevezzük. Minden törésnek rendelkeznie kell egy és csakis egy elsődleges ponttal. Az elsődleges pontot olyan (sztochasztikus) törés esetében is meg kell határozunk, amelyet nem észleltünk, de létezésére a földtani környezetből következtettünk (virtuális pont).

Az elsődleges pont a törést legjobban reprezentáló, terepen leginkább ellenőrizhető helyszín lehet. Az elsődleges ponthoz minimálisan a következő adatoknak kell tartoznia: koordináta, minősítés és a minősítés indoklása.

Az elsődleges ponthoz köthető, de a modell által külön nem definiált adatok megjegyzésként tárolhatók.

#### További pontok

Egy törést több ponton is észlelhetünk, illetve következtethetünk a létezésére. Ezeket „további pontként” kezelve ugyanazon minimális adatokat kell rögzíteni, mint az elsődleges pont esetében. Nem hagyható el itt sem az indoklás.

#### Törésvonal

Törésvonal alatt a törés síkjának a felszíni (illetve adott felszínnel, például az alaphegység felszínével való) metszésvonalát értjük, olyan vonalak összefüggő láncolataként, amelyek töréspontjai a választott vízszintes és függőleges vonatkoztatási-rendszerben rögzített numerikus értékek.

A törésvonal elsődleges és további pontjai közötti szakaszok — a dőlés- és csapásértékek változásai miatt — más adatokból egyértelműen nem származtathatók, ezért az átlagos vagy jellemző törésvonal megállapítása és térképi ábrázolása a dokumentáló feladata — lehetőség szerint felhasználva a geomorfológiai adatokat is (SEBE 2006, SEBE & JORDÁN 2006). A digitális adatfeldolgozás és a térinformatikai megjelenítés érdekében az egyazon törésvonalhoz tartozó, különböző megbízhatóságú vonalszakaszokat úgy kell megszerkeszteni, hogy azok folytonosak legyenek, az észlelt és a szerkesztett szakaszok kezdő- és végpontjai szakadás nélkül érintkezzenek. Indokolni kell a törésvonal lefutását, kezdő- és végpontjának koordinátáit. A törésvonalat lehetőleg annak a legfiatalabb képződménynek a

felszínén kell ábrázolni, amelyet az elmozdulás még érintett. A töréssík korának és települési adatainak az ismeretében ez később bármely felületre megszerkeszthető.

### Felület

Ha kellő információval rendelkezünk egy törésről, megszerkeszthető a törési sík felülete. A felület a törésgeometria legteljesebb megjelenése, minden más pont és csapásvonal térbeli helyzete ebből vezethető le. A felület megadásakor is rögzíteni kell annak indoklását, hivatkozva az alátámasztó adatokra.

### Közös attribútumadatok

#### A törések egyedi azonosítása

A törések közül viszonylag kevés rendelkezik ismert elnevezéssel. A „névtelen” törésekre való hivatkozás nehézkes, nem egyértelmű sőt, a nevesítettek közül sem biztos, hogy minden szakember ugyanazon csapásvonallal és attribútum adatokkal jellemzett törésre gondol. Ezért a célkitűzésben megfogalmazottaknak megfelelően létrehoztunk egy olyan azonosító rendszert, amely egyedileg és egyértelműen azonosít minden törést. („Minden törés” alatt a törés determinisztikus vagy sztochasztikus voltától, jelentőségétől és rendűségétől függetlenül azokat a töréseket értjük, amelyeket bármilyen léptékű térképen vagy szelvényben ábrázolunk.)

A törések nagy száma miatt hagyományos, például a litosztratigráfiai formációrendszerhez hasonló nevezéktan nem alkalmazható, ezért minden tektonikai elemhez azonos formátumú, alfanumerikus azonosító kódot érdemes rendelni. Ez alapvetően kétféleképpen valósítható meg.

— Legegyszerűbb megoldás az egyszerű számozás. Az adott töréshez egy számot rendelünk, a törés bejegyzésének sorrendjében. Ez esetünkben — a párhuzamosan folyó munkák miatt — megvalósíthatatlan.

— Második lehetőség, hogy a törés egyedi azonosítóját a törés valamilyen paraméteréből *képezzük*. E paraméterek közül csak a törés helyét választhatjuk, mert ha újabb információkat szerzünk az adott törésről, vagy átértékeljük annak tulajdonságait, a törés térbeli helye az egyetlen, ami változatlan marad — emberi időléptékben. E megoldás hátránya, hogy a törés egy kiválasztott koordinátájából való származtatás nehézkes, és az egyszerű számozáshoz képest sok karaktert használ fel, az azonosító túl hosszú. Előnye viszont, hogy minden azonosító egyforma küllemű, így könnyen felismerhető és megkülönböztethető más számkörnyezetben, és az azonosítóból segédeszközök használata nélkül megállapítható, hogy a törés a térben hol foglal helyet. További előnye, hogy ha az azonosító számát elütjük, jó eséllyel nem létező törést jelölünk meg. Ez kevesebb félreértésre ad lehetőséget, mint az egyszerű sorszámozás.

Az azonosító képzésére legalkalmasabb az elsődleges pont X, Y és Z koordinátája. A Z értékének használata azért szükséges, mert egyazon fúrásban több törés elsődleges pontja is előfordulhat. A Z értéke negatív szám is lehet, amit

az egyedi azonosítóban jelölni szükséges. Ezzel együtt egy törés azonosítója — méter pontosságra kerekített és egymás után írt EOV koordináták használatával — 17 szám + 3 határoló karakter. Ennél rövidebb azonosítót eredményező megoldás, ha a koordinátákat magasabb számrendszerbe, például 32-es számrendszerbe váltjuk. Ebben az esetben — az előző koordinátákat figyelembe véve — 12 szám + 3 határoló karakter hosszúságú azonosítót kapunk. Ennél magasabb számrendszereket (pl.: 64-es) nem alkalmazhatunk a további rövidítés érdekében, mert akkor túlságosan változatos, kis- és nagybetűket megkülönböztető, különleges karaktereket tartalmazó „számokat” kapunk eredményként.

Az informatika nagyszámú ellenőrzőösszeg-generáló algoritmust ismer. Ezek ugyan felhasználhatók lennének viszonylag rövid azonosítók képzésére, de alkalmazásukkal a bemeneti koordináták nem állíthatók vissza az azonosítóból, ezért a gyakorlatban az előbbi két lehetőség közül választhatunk.

Például az Egységes Országos Vetületi Rendszer szerinti, méterre kerekített, majd egymás után írt X, Y, Z koordinátákból nyert 16 jegyű számot Crockford Base32-es karaktereket tartalmazó 32-es számrendszerbe (CROCKFORD 2012) alakítva egy 11 jegyű egyedi azonosítót hozunk létre. (Megjegyezzük, hogy a Web Mercator Vetületi Rendszer koordinátaival a Föld összes törése egy adatbázisba lenne foglalható, viszont az egyedi azonosító ebben az esetben 13 karakterűvé válna.) A kód képzésének további egyszerűsítésére nem látunk lehetőséget.

Az „azonosított” szerkezeti elem megjelenítése grafikus felületen (térképen, illetve térben) történi, ezért használata a gyakorlatban nem olyan rémisztő, mint első olvasatra tűnhet. A kód jelentősége nem a képzés módjában, hanem annak egységes és következetes használatában nyilvánul meg, ezért a szakmai konszenzus kulcskérdés.

Megfontolásunk végső következtetése, hogy kód képzésével az azonosító hossza lényegesen nem csökkenthető, ugyanakkor a nem kódolt koordinátaértékek közvetlen jelentéstartalommal bírnak. Ezért célszerűbbnek tűnik és valószínűleg elfogadhatóbb is az elsődleges pont méter pontosságú EOV koordinátáit használni egyedi azonosítóként.

### A törés neve

A jelentős töréseknek a kialakult gyakorlat szerint (az előfordulás helye alapján) adhatunk nevet, illetve már létező nevek is az adatbázisba építhetők.

### Jellemző dőlésszög és dőlésirány

Egy törés csapásvonala mentén több mért értékkel is rendelkezhetünk. Ha ezen adatok nagy számban állnak rendelkezésre, a törés csapásvonalának nagyobb része akkor is ismeretlen lehet, továbbá a pontméresek átlaga nem tekinthető szükségszerűen a törésre jellemző települési értéknek. Ezért — bár szubjektivitást visz az adatbázisba — a jellemző dőlésszög és dőlésirány meghatározása a dokumentáló feladata.

Előfordulhat, hogy a dőlés-irány, illetve a dőlésszög — vagy a képződés, illetve felújulás kora, az elmozdulás iránya és mértéke — becsült adat. Ezért jelezni kell, hogy az adat észlelt/mért vagy megfontolásból született.

**A keletkezés és felújulás kora**

A keletkezés- és felújulás korának meghatározásánál egységes geokronológiai nomenklatúrát kell alkalmazni és — akárcsak a többi adat esetében — a meghatározást indokolni kell. A példaként megvalósított rendszerben nem csak a törés kialakulásának, hanem felújulásának a korát is megadhatjuk.

**Az elmozdulás típusa**

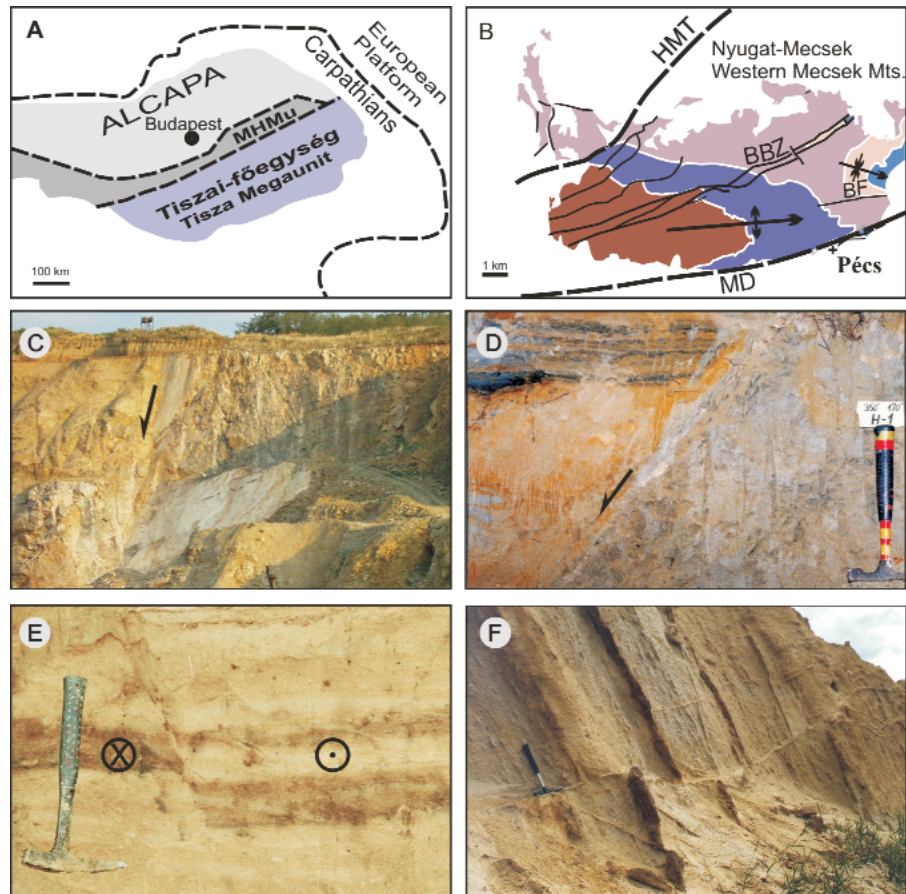
Lehetséges alaptípusok: normálvető, feltolódás, jobbos vagy balos eltolódás és ollós vető. A ferde elmozdulások tulajdonságaira attribútumtáblából választhatók a következő megnevezések: balos normál vető, balos feltolódás, balos ollós vető és mindezek jobbos változatai. (Az ollós vetők közül balosnak nevezzük azokat, amelyek esetében a szemben lévő blokk bal oldala van kiemelt helyzetben — függetlenül attól, hogy feltolódás vagy normál elvetés következtében.)

**A rendűség kérdése**

A rendűség a térképi megjelenítéskor a jelentőségbeli különbségeket szemlélteti. Régóta alkalmazzák, szerzőről-szerzőre, illetve helyről-helyre változó formában. Megint csak az egységesítés érdekében olyan skálát javasunk a törésrendűség meghatározására, amely a vízszintes, illetve függőleges elmozdulás mértékén alapul (1. ábra).

Próbálkozások után úgy találtuk, hogy a rendűség határait célszerű olyan (kerekített) méter értékekben megadni, amelyek természetes alapú logaritmusai egész számok. A vízszintes elmozdulási komponens esetében legmegfelelőbbnek a 3, 5, 7, 9 és 11, a függőleges esetében az 1, 3, 5, 7 bizonyult (pl.  $e^{11} = 59\,874,14\dots$ , ami kerekítve 60 000) (I. táblázat).

Hangsúlyozzuk, hogy ebben az esetben sem a kategóriák határértékén, hanem a konszenzus kialakítása utáni következetes és egységes használaton múlik az adatbázis minősége.



**1. ábra.** Példák a javasolt törés-rendűsége

Lemezhatár az európai platform határa (A), elsődrendű törések a Kárpát-medencei nagyszerkezeti egységek határai (ALCAPA: Alp-Kárpát-Pannon egység, MHMu: Közép-magyarországi-főegység) (A). Másodrendű a Mecsekalja diszlokációs öv (MD) határoló törése, harmadrendű a Hetvehely-magyarszéki-törés (HMT) (B). Negyedrendű a Misina-Bertalanhegy tömbjét északról határoló feltolódás (BF) (B). Ötödrendű a hetvehelyi felhagyott homokbányában észlelt normál vető (Horváth et al. 1999) (D). Hatodrendű a szentlőrinci homokbányában feltárt jobbos eltolódás (ahol ⊗ a távolodó, ⊙ a közeledő blokkot jelöli) (E) és a kibillentett danitz-pusztai normál vető (F)

**Figure 1.** Examples for the proposed fault order categories

The border of European Platform is plate boundary (A), the boundaries of tectonic megaunits are first-order faults (MHMu: Mid-Hungarian Megaunit) (A). The boundary fault of the Mecsekalja Dislocation Belt (MD) is second-order faults, the Hetvehely-Magyarszék Fault (HMT) is third-order, the reverse fault bounding the Misina - Bertalan Hill block on the north (BF) is fourth (B). The dextral strike-slip fault in the sand pit of Szentlőrinc (⊗: outbound, ⊙: oncoming block) (E) and the inclined fault of Danitz (F) are sixth-order fault

**I. táblázat.** A törésrendűség javasolt határértékei, ahol V a vízszintes, F a függőleges elmozdulás mértéke

**Table I.** Proposed limits for fault order categories, where V is amount horizontal and F is amount vertical of translation

Temezhatár	
Elsődrendű (1 <sup>st</sup> )	$V > 60\,000\text{ m}$
Másodrendű (2 <sup>nd</sup> )	$8\,000\text{ m} < V \leq 60\,000\text{ m}$ és/vagy $1000\text{ m} < F$
Harmadrendű (3 <sup>rd</sup> )	$1\,000\text{ m} < V \leq 8\,000\text{ m}$ és/vagy $150\text{ m} < F \leq 1000\text{ m}$
Negyedrendű (4 <sup>th</sup> )	$150\text{ m} < V \leq 1\,000\text{ m}$ és/vagy $20\text{ m} < F \leq 150\text{ m}$
Ötödrendű (5 <sup>th</sup> )	$20\text{ m} < V \leq 150\text{ m}$ és/vagy $3\text{ m} < F \leq 20\text{ m}$
Hatodrendű (6 <sup>th</sup> )	$V < 20\text{ m}$ és/vagy $F < 3\text{ m}$

## A dokumentáló neve és a dokumentálás dátuma

E metaadatok célja, hogy rögzítse, hogy ki és mikor vezette be a törést, mint objektumot az adatbázisba, (nem feltétlenül azonos az észlelő személyével).

## A tektonikus elemek csoportosítása

A törések jellemzően nem egyedülálló entitások, hanem törérendszeret alkotnak. A törérendszerek egyedi névvel és a rájuk vonatkozó leírással is rendelkezhetnek.

## Logikai modell

A logikai modell célja, hogy az elméleti modellben megfogalmazottakat olyan szabályhalmazzá alakítsa, amely segítségével felépíthetünk egy tényleges adatbázist. E logikai modell szabályaiból objektumrelációs adatbázis építhető, amelynek szerkezetét mutatja be a 2. ábra. (A jobb érthetőség kedvéért az ábra nem az adatbáziskezelés gyakorlatában alkalmazott [ékezetes betűk, szóközők stb. nélküli] mező- és táblaneveket tartalmazza. A logikai modell kísérleti változata elérhető a <http://bit.ly/1akXnj9> honlapon.)

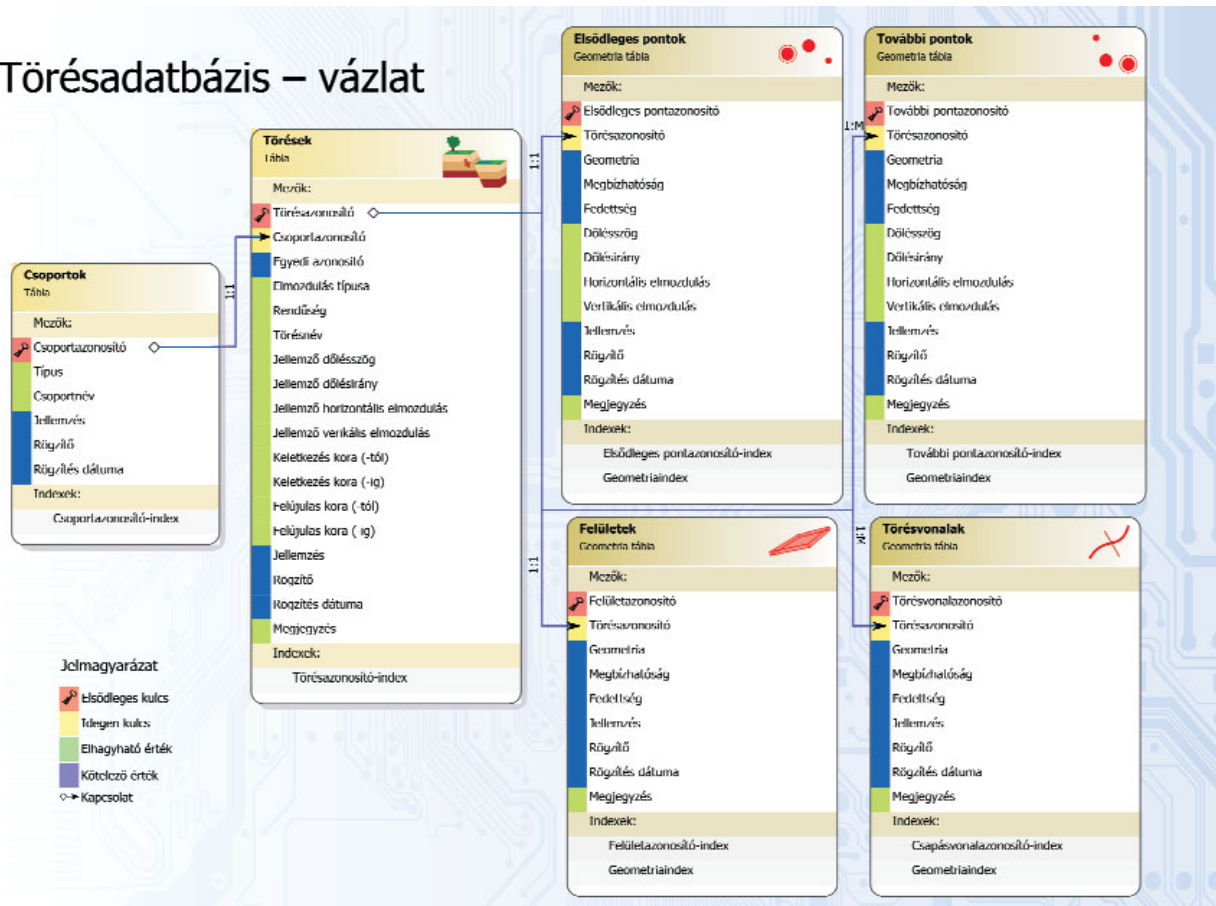
## Kapcsolatok

Az adatbázisokban alkalmazható elsődleges és idegen kulcsok használatával a „Törések” táblát definiáljuk a kapcsolati háló alapjaként; minden más tábla alárendelten kapcsolódik ehhez. Egy töréshez pontosan egy elsődleges pont kell, hogy tartozzon. Egy töréshez egy háromdimenziós törésvonal és a választott felszíneknek megfelelően több törésvonal tartozhat. A táblák egységesen, a töréstábla „idegen kulcsa” révén csoportokba szervezhetők (2. ábra).

A kapcsolatok definiálásával az adatkezelés megkönnyíthető. Abban az esetben, ha egy törést eltávolítunk az adatbázisból, akkor törlődik az összes alárendelt elem is. Egy alárendelt elem (kivéve az elsődleges pontot) — például törésvonalszakasz vagy egy „további pont” — törlése azonban nem váltja ki a főtábla eltávolítását. Egy elsődleges pont törlése esetén a törést az összes alárendelt elemével együtt el kell távolítani. Mivel a csoportosítás táblája nagyon sok törést érinthet, és szerkesztésére a törések bejegyzése után kerülhet sor, adatbiztonsági okokból nem definiálunk törlő kapcsolatot.

A kapcsolatoknak az adatkezelésen kívül is van szerepük. A felépített modellben ezek teszik lehetővé a felhasználó számára, hogy a grafikus kezelőfelületen — számok

## Törésadatbázis – vázlat



2. ábra. A javasolt törésadatbázis szerkezete

Figure 2. The structure of the proposed database

megjegyzése nélkül — a törés adatait tartalmazó különböző táblákat bejárhatja.

### Topológia

A logikai modell eddig leírt részei bármilyen adatbázis-kezelő rendszerben megvalósíthatók. A geoadatbázisok ezen felül lehetőséget nyújtanak a topológiai szabályok megadására is, így nem vihetünk geometriai hibát az adatbázisba. E szabályok:

— az elsődleges- és további észlelési pontoknak, valamint az adott töréshez tartozó összes törésvonalnak illeszkednie kell a törés síkjára;

— adott metszési felülethez tartozó törésvonalak különböző tulajdonságú szakaszai szakadásmentesen kell, hogy kapcsolódjanak;

— a törésvonal nem lehet önmetsző, és nem eshet egybe más törésvonallal még egyes szakaszait tekintve sem;

— elsődleges pontok nem eshetnek egybe;

— a felület nem lehet önmetsző, és nem ölelhet körül zárt térfogatot.

### Feltöltési terv

Az adatbázisba — kizárólag az adatbáziskezelő szoftverek beépített kezelőfelületét alkalmazva — könnyen (konzisztencia-) hibák vihetők, ezért ideális esetben az adatokat egy olyan „varázsló” rendszerrel kell felvinni, amely a felhasználónak csak — a törésmódelnek megfelelően — korlátozott lehetőségeket ad és a bevitt adatokat többször ellenőrzi. Az adatbázis feltöltési mechanizmusa meg kell gátolja, hogy a töréseket, azok paramétereit és csapásvonal-szakaszait indoklás nélkül rögzítsék. Ez az adott törés „megbízhatóságát” dokumentálja, bevezetésének, későbbi ártértékelésének indokait utólag is megismerhetővé teszi.

### Verziókövetés

A digitális adatbázisok lehetőséget nyújtanak tartalmuk változások követésére és naplózására, ami elsősorban adatbiztonsági és archiválási célt szolgál.

### Adatbáziskezelő rendszer

Az adatbázis tényleges megvalósításához az ArcGIS™ ArcSDE geoadatbázis-illesztőfelületet választottuk, mert könnyen kezelhető, több felhasználós, objektumrelációs rendszer, amelyből könnyen készíthetők webes alkalmazások, továbbá kliensei mind asztali, mind webes

felületen roppant felhasználóbarátok. Az elképzelés szabad szoftverekkel (szerver oldal: PosGIS + GeoServer; kliens-oldal: GRASS + QGIS, webes felületen: OpenLayers) is megvalósítható.

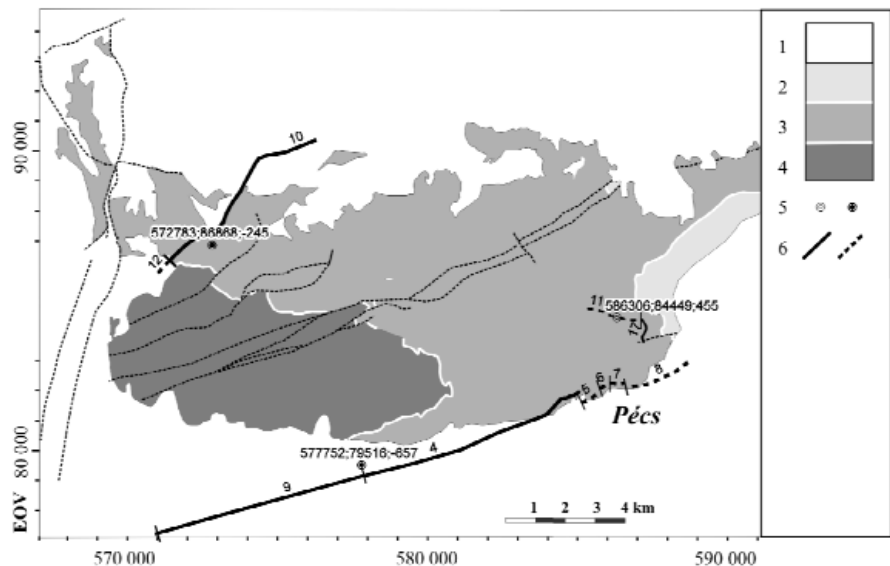
### Megjelenítési modell

A megjelenítési modell feladata meghatározni, hogy milyen kartográfiai jelölőelemekkel és milyen generalizációs szabályokkal lehet töréseket térképen bemutatni. Megjelenítési modellünk jelölőelemei a hagyományos földtani jelkulcshoz igazodnak, kiegészülve az elsődleges pont és a további pontok jelölésével. A megjelenítés során generalizálással kerülhet el, hogy a megjelenítési méretarány csökkenésével a térkép túlzásfolttá váljon.

### Fizikai modell

A fizikai modell a kész, feltöltött adatbázis. Nyugat-mecseki példán mutatjuk be a bevezetőben és a logikai modellben foglalt elvek gyakorlati megvalósulását és az adatbázis működését.

Térképen (3. ábra) és II–IV. táblázatban mutatjuk be példaként három mecseki törés adatait. Különösen tanulságos a Misina–Bertalanhegy-tömböt északról határoló törés átmínősítést tartalmazó leírása. A nyomtatásban megjelent Pécsbányatelep tízezes lapon NAGY Elemér (NAGY & HÁMOR 1964) egy északi dőlésű normálvetít szerkesztett a Kozári Mészakő és a Karolinavölgyi Homokkő közé. Észlelési adat ezt a megoldást nem támasztja alá.



3. ábra. A II–IV. táblázatban példaként bemutatott törések a Ny-Mecsek földtani térképvázlatán, az elsődleges pontok és azonosítóik, valamint az elkülönített szakaszaik és sorszámuk feltüntetésével

1 – neogén és negyedidőszaki, 2 – jura, 3 – triász, 4 – perm képződmények, 5 – feltételezett és észlelt elsődleges pont, 6 – észlelt és feltételezett felszíni nyomvonal

Figure 3. The faults used as examples in the following tables (II–IV), the primary points and their identifiers, segments and numbers on a sketch map of the Western Mecsek Mts

1 – Neogene – Quaternary, 2 – Jurassic, 3 – Triassic, 4 – Permian rocks, 5 – supposed and observed primary point, 6 – observed and supposed fault trace

II. táblázat Nyugat-mecseki törések attribútumtáblája (l. 3. ábra). A II-IV. táblázatok közötti kapcsolatot a 2. ábra szemlélteti  
 Table 1. Attribute table of faults in the W Mecsek Mts (Figure 3) The connection between Tables II-IV are described by Figure 2

Törések														
Törésazonosító	Égyceti azonosító	Elmozdulás típusa	Rendiség	Törésnév	Lelemző dőlésszög	Lelemző dőlésirány	Lelemző horizontális elmozdulás	Lelemző vertikális elmozdulás	Keletkezés kora (-tól)	Keletkezés kora (-ig)	Lelemzés	Rögzítő	Rögzítés dátuma	Megjegyzés
1	577752;79516;657	Feltolódás	2	Mecsek-alja-vonal	60				kainozoikum		A Mecsek kiemelkedő tömbjének déli határoló törése, amely egyben a főként neogén balos eltolódással jellemzett Mecsek-alja diszlokációs zóna északi határa. A rétegtani különbségek 700 m elvetési magasságra utalnak, ebben azonban a korábbi balos elmozdulásnak is szerepe lehet.	Konrad Gyula	2012. 09. 06. 16:26:00	Elnevezését Wébertől vettük át (WÉBER 1977).
2	572783;86868;245	Feltolódás	2	Hetvehely-Magyarszéki-feltolódás	50				kainozoikum		Fúrásokban és geofizikai szelvényben mutatható ki. Két oldalán a Kővágószőlősi Homokkő jelentős vastagságkülönbsége horizontális elmozdulásra is utal.	Halmi Ákos	2012. 11. 23. 20:00:00	WÉBER (1977) szerint a Mecsek-alja-vonal feltolódásának északi párja.
3	586306;84449;455	Feltolódás	3		50	180			kainozoikum-neogén	kainozoikum-kvarter	NAGY & ILMOR (1964) a pécsbányatelepi tízezres földtani térképen északi dőlésű normálvetőnek jelölte. A mikrotektonikai adatok (LUDÓ 2012) és az átbuktatott rétegek előfordulása alapján feltolódásnak minősítjük, déli dőlésiránnyal. A törés síkjáról észlelt adat nincs.	Konrad Gyula	2012. 11. 23. 20:00:00	Éltételezhetően a Misina-tömb negyedidőszaki kiemelkedésének északi határoló törése.

III. táblázat. A törések elsődleges pontjainak adattáblázata  
 Table III. Data table of the primary points of the faults

Elsődleges pontok										
Törésazonosító	Meghízhatóság	Fedettség	Dőlésszög	Dőlésirány	Horizontális elmozdulás	Vertikális elmozdulás	Jellemzés	Rögzítő	Rögzítés dátuma	Megjegyzés
1	Észlelt	Fedett	60	350		700	A 1428 sz. fúrásban a miocén törmelékes képződmények és az azokra feltolódott Karolinavölgyi Homokkő Mecseki Köszén blokk érintkezési síkja. A dőlésszög becslült érték: a 4582 és a 4604 sz. fúrásban észlelt töréssíkok alapján.	Konrad	2012.09.06.	Az eredeti fúrásdokumentációban liász képződmények tolódtak miocén törmelékes üledékre, utóbbit WÉBER később (1977) felső-triász konglomerátumnak minősítette, amit nem tartunk indokoltnak.
2	Észlelt	Fedetlen	50	150		500	A 7008 sz. fúrásban 420 méterben harántolt feltolódás (fúráscső Z: 174,05 m).	Halmi	2012.1	Kérdéses, hogy a szerkezet mentén történt-e eltolódás. A törés két oldalán a Kővágószőlősi Homokkő jelentős vastagságkülönbsége szerint igen.
3	Feltételezett	Fedetlen	60	180		50	A pécsbányatelepi tízezres földtani térképlapon a feltárások tektonikus rétegtani hiányra utalnak. A két, egymáshoz legközelebbi ilyen kibúvás közötti felezőpontonban adtuk meg az elsődleges pontot.	Konrad Gyula	2012.10.19. 20:10:00	A NAGY & HÁMOR (1964) térképén normálvetőnek jelölt szerkezetet LUDÓ (2012) mikrotektonikai mérések alapján déli dőlésű feltolódásnak tartja. A törés síkjának dőlésiránya 10 fok pontossággal becslhető (a csapásvonal elhelyezkedése és a törés síkja fölött 160 méterig mélyült Tettye-12 sz., teljes szelvényű fúrás alapján. A furaékminta szerint a rétegsor zavartalan, tehát a talpig nem érte el a feltolódás síkját.)



## IV. táblázat. A törések nyomvonalainak attribútumtáblázata

Table IV. Attribute table of the fault traces

Törésvonalak						
Törésvonalazonosító	Törésszám	Megbízhatóság	Fedettség	Jellemzés	Régió	Régiósítés dátuma
4	1	Íszlelt	Fedett	Fűrési harántolások alapján szerkeszthető (l. az elsődleges- és a további pontokat).	Konrád Gyula	2012.11.23. 20:00:00
5	1	Feltételezett	Fedett	Feltárások és fűrások között megszerkeszthető törésvonal.	Konrád Gyula	2012.11.23. 20:00:00
6	1	Feltételezett	Fedett	Feltárások és fűrások között megszerkeszthető törésvonal.	Konrád Gyula	2012.11.23. 20:00:00
7	1	Feltételezett	Fedett	Feltárások és fűrások között megszerkeszthető törésvonal.	Konrád Gyula	2012.11.23. 20:00:00
8	1	Feltételezett	Fedett	Feltárások és fűrások között megszerkeszthető törésvonal.	Konrád Gyula	2012.11.23. 20:00:00
9	1	Észlelt	Fedett	Fűrési harántolások alapján szerkeszthető (l. az elsődleges- és a további pontokat).	Konrád Gyula	2012.11.23. 20:00:00
10	2	Észlelt	Fedett	Fűrési harántolások és feltárások alapján szerkeszthető (l. az elsődleges- és a további pontokat).	Konrád Gyula	2012.11.23. 20:00:00
12	2	Feltételezett	Fedett	A 8012, 8005 7131, 7133 fűrások eltérő rétegsora között megszerkeszthető csapásvonal.	Konrád Gyula	2012.11.23. 20:00:00
11	3	Feltételezett	Fedett	Feltárások között megszerkeszthető csapásvonal (CHIKÁN et al. 1984).	Konrád Gyula	2012.11.23. 20:00:00
17	3	Észlelt	Fedetlen	A Kozári Mészke és a Karolinavölgyi Homokkő között erősen tektonizált Kantavári Mészmarga kibúvások mentén jelölhető ki.	Konrád Gyula	2012.11.23. 20:00:00

Mikrotektonikai mérések szerint (LEDŐ 2012) a szerkezet egy déli dőlésű feltolódás, amelynek jelentős szerepe volt a hegység fiatal kiemelkedésében. Mindezen adatok dokumentálása a későbbi értékelést/értelmezést hatékonyabbá teszi. A térképen és a táblázatokban bemutatott fizikai modell csak részlet, a teljes kísérleti adatbázis a <http://bit.ly/1akXnj9> címen érhető el.

## Köszönetnyilvánítás

Hasznos észrevételeiért köszönettel tartozunk SEBE Krisztinának, valamint lektorainknak: BALLA Zoltánnak és MAROS Gyulának. A cikk elkészítését „A Dél-dunántúli régió egyetemi versenyképességének fejlesztése” (TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0002) pályázat és a Pécsi Tudományegyetem Földtudományok Doktori Iskolája támogatta.

## Irodalom — References

- ALBERT, G. 2003: Modelling of subsurface geological structures on a future disposal site of low- and intermediate-level radioactive wastes. — *European Geologist. Journal of the European Federation of Geologists* **Dec. 2003**, 23–26.
- ALBERT G. 2005a: Töréses szerkezetek modellezési módszerei — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése* **2004**, 97–107.
- ALBERT, G. 2005b: Structural model of the Bersek and Kecskék Hills in the North-eastern Gerecse – A three-dimensional visualization. — *GeoLines* **19**, 15–16.
- ALBERT G. 2009a: Az észlelési földtani térképek digitális feldolgozásának/archiválásának menete. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése* **2007**, 45–52.
- ALBERT G. 2009b: Háromdimenziós földtani modellek fejlesztésének és megjelenítésének módszerei térinformatikai szemlélettel. — *Kézirat*. Magyar Állami Földtani Intézet. Budapest. 160 p.
- American Petroleum Institute (API) 1979: The API well number and standard state and county numeric codes including offshore waters. — *API Bulletin* **D12A**, American Petroleum Institute, Dallas, TX, 136 p.
- CHIKÁN G., CHIKÁN G.-NÉ & KÓKAI A. 1984: A Nyugati-Mecsek földtani térképe. — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- CHIKÁN G. 1991: A Nyugati-Mecsek kainozoós képződményei. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **72**, 281 p.
- CROCKFORD, D. 2012: Base32 Encoding — <http://www.crockford.com/wrmg/base32.html> (2013.06.11.)
- DETRÉKŐI Á. & SZABÓ GY. 2003: *Térinformatika*. — Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest. 380 p.
- GNS Science 2013: New Zealand Active Faults Database — <http://data.gns.cri.nz/af> (2013.06.11.)
- HALMAI Á. 2011: A tektonikai elemek rendszerezésének és modellezésének elméleti megalapozása (Nyugat-mecseki példákkal). — *Kézirat*, diplomamunka, PTE Földtani Tanszék, 52 p.

- HORVÁTH Z., LORBERER Á. F. & RÓZSA E. 1999: Miocén tengerparti fáciesek Hetvehely környékén (Nyugat-Mecsek) — *Földtani Közlöny* **128/4**, 573–584.
- IHS 2012: Numbering Guidelines — <http://www.ihs.com/products/oil-gas-information/training/reference-materials.aspx?tid=t5> (2013. 06. 11.)
- KONRÁD GY. & SEBE K. 2010: Fialat tektonikai jelenségek új észlelései a Nyugati-Mecsekben és környezetében. — *Földtani Közlöny* **140/2**, 135–162.
- LEDŐ T. 2012: A Misina és a Bertalan-hegy környékének szerkezetföldtani képe. — *Kézirat*, diplomamunka, PTE Földtani Tanszék, 41 p.
- MAROS, GY., KOROKNAI, B., PALOTÁS, K., FODOR, L., DUDKO, A., FÓRIÁN-SZABÓ, M., ZILAHÍ-SEBESS, L. & BÁN-GYÓRY, E. 2004: Tectonic analysis and structural evolution of the north-eastern Mórággy Block. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése* **2003**, 371–394.
- MAROS GY., BORSODY J., FÜRI J., KOROKNAI B., PALOTÁS K. & RÁLISCHNÉ FELGENHAUER E. 2011: A Mórággyi-rög ÉK-i részének szerkezetföldtani értékelése a töréses szerkezetekre. — *Kézirat*, Mecsekérc Zrt. Adattár, Kővágószőlős, 121 p.
- MFGI 2013: Magyarország mélyföldtani térképe 1:100 000. — [http://loczy.mfgi.hu/mfdt\\_100/](http://loczy.mfgi.hu/mfdt_100/) (2013. 06. 11.)
- NAGY E. & HÁMOR G. 1964: Magyarország földtani térképe. 10 000-es sorozat, Pécsbányatelep — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- ONEGEOLOGY 2013: <http://portal.onegeology.org> (2013. 06. 11.)
- SEBE K. 2006: Domborzatmodell alkalmazhatósága a geomorfológiai elemzésben a Nyugat-Mecsek példáján. — *Földrajzi Értesítő évf.* **55/1–2**, 5–23.
- SEBE, K. & JORDÁN, GY. 2006: Extraction of tectonic features from high-resolution photogrammetric DEM (Mecsek Mts., Hungary). — *GeoLines* **20**, 119–120.
- USGS 2013: Quaternary Fault and Fold Database of the United States — <http://earthquake.usgs.gov/hazards/qfaults> (2013.06.10.)
- VANNUCCI, G. & GASPERINI, P. 2003: A database of revised fault plane solutions for Italy and surrounding regions. — *Computers & Geosciences* **29**, 903–909.
- WAINWRIGHT, J. & MULLIGAN, M. (eds) 2004: *Environmental modelling: finding simplicity in complexity*. — John Wiley & Sons Ltd. West Sussex, UK. 408 p.
- WÉBER B. 1977: Nagyszerkezeti szelvényvázlat a Ny-Mecsekből — *Földtani Közlöny* **107/1**, 27–37.
- Kézirat beérkezett: 2013. 02. 04.

### Főszerkesztői megjegyzés

Tisztelt Kollégák!

A fenti cikk által vázolt tevékenység jelentőségét szeretném kiemelni, és felhívni a téma iránt érdeklődő valamennyi kolléga figyelmét arra, hogy a tervezett adatbázis megbízhatóbbá teheti a legfontosabb szerkezeti vonalakra vonatkozó ismereteket. Ezt korábban már a cikkben hivatkozott kollégák (MAROS Gy., ALBERT G.) is szóvá tették, de az adatbázis nem jutott el a megvalósításig.

További lényeges momentum, hogy fontosabb szerkezeti vonalaink jelentős része nem korlátozódik hazánk területére, tehát már most figyelembe kell venni, hogy ezeket a határon túli kollégákkal közösen célszerű feldolgozni, paramétereiket meghatározni.

Az előzőből következik, hogy erre nemzetközi szinten is érdemes valamilyen szervezeti keretet létrehozni (pl. a CETEG-ben). Első körben a szomszédos országokra gondolok, de miután a KBGA ennél tágabb földtani szervezet, javaslom, hogy a következő tiranai kongresszuson hangozzék el a szerzők részéről a tárgykört ismertető előadás és egyúttal egy javaslat egy, a KBGA-n belüli, munkacsoport létrehozására is. Egyetértések esetén ezt az év októberi council ülésén már napirendi ponttá is tehetnénk.

Még egy fontos momentum: a munka eredménye egy folyton növekvő adatbázis lesz, amelynek ki kell dolgozni a tárolási, hivatalos kezelési és hozzáférési rendjét. Ez különösen alapos átgondolást igényel.

Bízom abban, hogy sikeres előkészítés után, sok kolléga fog aktívan közreműködni az adatbázis építésében.

CSÁSZÁR Géza