

---

**KÖZÉPSŐ-KRÉTA RÖVIDÜLÉSES DEFORMÁCIÓ ÉS  
SZERKEZETI BETEMETŐDÉS A GERECSÉ TERÜLETÉN**

---

**A doktori értekezés tézisei**

**SASVÁRI ÁGOSTON**

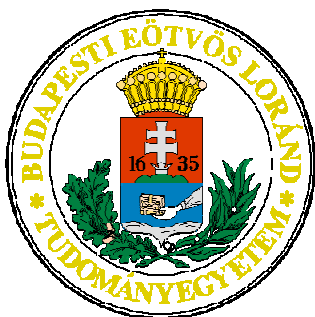
Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz-Földtudományi Intézet,  
Általános és Történeti Földtani Tanszék

Földtudományi Doktori Iskola; az iskola vezetője *DR. MONOSTORI MIKLÓS* egyetemi tanár  
Földtan–Geofizika Doktori Program; a program vezetője *DR. MONOSTORI MIKLÓS* egyetemi tanár

Témavezető: *DR. CSONTOS LÁSZLÓ*

habilitált egyetemi docens

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz-Földtudományi Intézet,  
Általános és Történeti Földtani Tanszék



**2009.**

---

## 1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉSEK

A doktori munka célját a Gerecse korai képlékeny és rideg rövidüléssel szerkezeti elemeinek, valamint mély betemetettségének tanulmányozása képezte. A legfontosabb feladatok az alábbiak voltak:

- a képlékeny deformációs elemek és az azokat eredményező rövidülés vizsgálata;
- a rövidüléssel rideg deformációs elemek és a hozzájuk rendelhető összenyomás tanulmányozása;
- a betemetettség vizsgálata vitrinitreflexiós mérések segítségével;
- hő-történelmi modellezés a betemetettség értelmezéséhez;
- a rendelkezésre álló vitrinitreflexiós adatok bádeni – recens hő-történelmi járulékanak eltávolításával kapott korrigált vitrinitreflexiós értékek térképének elkészítése a triász és a késő-kréta mintákra;
- a betemetettség nagyszerkezeti értelmezése, különös tekintettel a Gerecse és az Északi-Mészköalpok szerkezetalakulásának egybevetésére, majd egyre inkább eltérő vonásaira.

### ***1.1. Horizontális összenyomásra és rövidülésre utaló képlékeny és rideg deformációs elemek***

---

A doktori munka elsődleges célja volt megismerni azokat az eddig nem dokumentált rövidülési irányokat, amelyek a munkaterületen észlelt redőződéshez kapcsolhatók. A munka kezdeti szakaszában világossá vált, hogy a képlékeny deformációs elemek mellett a horizontális összenyomás hatására kialakuló rövidülést tanúsító rideg deformációs bélyegek (réteglappal párhuzamos nyírás mutató karcok, feltolódások, konjugált és nem-konjugált rövidüléssel síkrendszerek) további információt adhatnak a rövidüléssel eredményező összenyomásról. A következő kérdésekre kellett választ keresni:

- Felismerhető-e esetleg *több* redőződést okozó összenyomási (rövidüléssel eredményező) irány?
- Amennyiben több ilyen irány is található, azok szignifikánsan *elkülöníthető*-e egymástól?
- Mi a rövidüléssel eredményező feszültségterek működésének *sorrendje*?
- Észlelhető-e a deformációhoz kötődő *nyírás* vagy *palásság*?
- Milyen *geodinamikai helyzetben* alakulhat ki ilyen deformáció?

- Mi a deformáció(k) *kora*?
- *Hogyan illeszthetők be* az észlelések a Gerecse megismert és dokumentált szerkezetfejlődésébe?
- Milyen *kapcsolat* található a képlékeny és töréses deformációs elemek között?

## **1.2. Betemetettség**

---

A képlékeny deformáció megléte, a réteglappal párhuzamos nyírósíkok, a helyenként palásságra emlékeztetően megjelenő konjugált és nem- konjugált síkrendszerek, a nyíráshoz köthető palásság – összhangban a korábbi vitrinitreflexiók, agyagásvány-rendezetségi és egészségzet-pirolízises vizsgálatok eredményeivel, valamint számos egyéb, nyomtatásban nem dokumentált terepi észlelésekből származó megfigyeléssel – a terület mélyebb betemetettségére utalt, amelyet a rövidülést eredményező feszültségterek működésének kora megerősített. A betemetettség vizsgálatát az autigén szenesedett növénymaradványok fényvisszaverő képességét mérő vitrinitreflexiók vizsgálatokkal bizonyult megoldhatónak. A következő témák vizsgálatára volt célszerű koncentrálni:

- *Egységes, értékelhető képet* vetítenek elénk a biztosan autigén szemcsék vizsgálatának eredményei?
- Utalhatnak-e *mély betemetettségre* az észlelt vitrinitreflexiók értékek?

## **1.4. Hő történeti modellezés**

---

A mért vitrinitreflexiók adatok értelmezése hő történeti modellezés elvégzését tette lehetővé. A rendelkezésre álló kalibrációs adatok segítségével a paleo-hőáramok becslése elvégezhető volt mind a Győri-, mind pedig a Zalai-medence területére. A rétegtani bizonytalanságok – azaz a késő-kréta és terciér üledékciklus esetleges gerecsei megléte és lepusztulása, valamint a rétegsor vastagsága – miatt több esetet is szükséges volt tanulmányozni. A modellezés során az alábbiakra lehetett választ várni:

- A betemetettség értelmezhető-e a *munkaterület megismert rétegsorának* hatásával?
- Magyarázható-e ez a betemetettség *üledékes* elfedettséggel?
- A vitrinitreflexiók mérések végeredményét okozhatta-e egy feltételezett *szerkezeti* betemetettség?
- Mi lehet a betemetettség *kora*, amennyiben szem előtt tartjuk a képlékeny és rideg deformációs elemek tanulmányozása során kapott ismereteket?

### **1.5. Korrigált vitrinitreflexiós térkép**

---

A hőtörténeti modellezés során megismert hőáram-értékek lehetőséget nyújtottak a rendelkezésre álló vitrinitreflexiós adatok korrekciójára – ezt a lépést a rendelkezésre álló triász és késő-kréta mintákon is el lehetett végezni. A korrigált vitrinitreflexiós kép előállításánál a minták fiatal, legjelentősebb hőtörténeti járuléka kerül eltávolításra, melyet a következő módon volt megtehető:

- a rendelkezésre álló vitrinitreflexiós adatok átalakítása idő-hőmérséklet-indexszé (*TTI-index*);
- a fiatal (bádeni-recens) hőtörténeti járulék meghatározása minden minta esetén, szintén TTI-index formájában;
- a fiatal hőtörténeti járulék kivonása a minták eredeti TTI-indexéből, majd
- ennek vitrinitreflexióvá történő visszaalakítása.

A korrekciós lépéshez, valamint a végeredmény értelmezéséhez a következő kérdések megválaszolása volt elengedhetetlen:

- Milyen, célszerűen alkalmazható *függvénykapcsolat* állítható fel a vitrinitreflexióknak a korrekcióhoz szükséges TTI-indexszé történő átszámítása során?
- A korrigált triász és kréta minták vitrinitreflexiójának térképi ábrázolásában megfigyelhető-e valamilyen *egységes trend*?
- Amennyiben található ilyen trend, abban az esetben ez *azonos-e* a korrigált triász és kréta minták esetén, avagy eltérőnek mondható?
- A kapott kép *hogyan illeszthető be* a Gerecse megismert szerkezetfejlődésébe, és mennyiben vethető egybe a korábbi ismeretekkel?
- Hogyan magyarázhatók a Pilis, a Budai-hegység és a Csővári-rög területén triász képződményekben talált *szélsőségesen alacsony* vitrinitreflexiós értékek?

### **1.6. Kitekintés**

---

Az eredmények könnyebben értelmezhetővé válnak, ha a Gerecsével ösföldrajzilag közeli rokon Északi-Mészköalpok késő-jura – kora- és középső-kréta szerkezetfejlődésének tükrében vizsgáljuk a kérdést. Számos árulkodó bélyeg, mint például a szerkezetalakulást befolyásoló rövidülés iránya, a törmelékbeszállítás iránya és a törmelék összetételének változása adhat

segítséget ebben. Az Északi-Mészkőalpok szerkezetfejlődésével való összevetés egy esetleges szerkezeti betemetettség értelmezésében is segítséget nyújt. A szerkezeti befedtettség mint lehetséges magyarázat egy kritikusan gyenge ponttal bír: a teljes Dunántúli-Középhegység összes kréta képződményének térfogata is csak egy, a Gerecsét feltételezhetően fedő takaró anyagmennyiségének legfeljebb 10%-át alkotja; a kitekintés erre is választ adhat. Két nagyobb kérdést kellett így vizsgálni:

- *Meddig figyelhető meg* közös tektonosediment fejlődéstörténet a Gerecse és az Északi-Mészkőalpok területén, és mikortól találhatunk bizonyítható eltérést?
- *Merre keresendő* a Gerecse feltételezett szerkezeti elfedtettségét okozó takaró?

## 2. MÓDSZEREK

A doktori munka során az alábbi eszközöket és módszereket vettem igénybe:

- *terepi geológia*: a képlékeny és rideg szerkezetalakulásról árulkodó elemek gyűjtése;
- *vitrinitreflexiós vizsgálatok*: a minták eltemettségét a megőrződött autigén szenes növényi maradványok fényvisszaverő képességének tanulmányozásával lehetett megtenni;
- *egészközet-pirolízis*: a minták egy részéből tájékozódás végett egészközet-pirolízises vizsgálatok is készültek;
- a szerkezetgeológiai adatbázis adatainak feltárásonként és adattípusonként való gyors és hatékony megjelenítése egy egyedi *célszoftver* elkészítését tette szükségessé;
- a mérési eredmények értelmezése és az általános szerkezetfejlődési-ösföldrajzi képbe történő illesztése hőtörténeti modellezést kívánt – erre a célra az *IES PetroMod 9.0 szoftver 1D modellező modulját* volt célszerű használni;
- az észlelések térképi nézetben történő koordinátahelyes megjelenítése leghatékonyabban az *ESRI ArcMap 9.3-as szoftverével* volt megoldható;
- a felhasznált mélyfúrás adatbázisok a MOL NyRt. és a Magyar Állami Földtani Intézet közötti együttműködés keretében készültek el;
- a hőtörténeti modellezés elvégzéséhez használt geokémiai adatbázis a MOL NyRt. tulajdonát képezi, mely adatok felhasználása és részleges bemutatása a cég engedélyével történt.

### 3. EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK

#### 3.1. *Képlékeny deformációs elemek, valamint horizontális összenyomásra és rövidülésre utaló rideg deformációs elemek*

---

A Gerecse képlékeny és rideg rövidüléssel deformációs bélyegeinek értékelése eredményeként három szerkezetalkító fázist volt kimutatható; a fázisok működésének sorrendjét terepi bizonyítékkal – redőződéssel, konjugált és nem-konjugált rövidüléssel síkseregekkel, feltolódásos karcokkal, palásság megjelenésével – lehetett alátámasztani.

- Elsőként egy északkelet-délnyugati összenyomás azonosítható, melynek kora minden bizonnyal apti;
- a második deformációs lépés egy kelet-nyugati összenyomás, nagy valószínűséggel a kora-albaiban;
- az utolsó fázis egy (észak)-északnyugat – (dél)-délkeleti összenyomás, melynek kora valószínűleg korai középső-albai.

Az északkelet-délnyugati és a kelet-nyugati összenyomás a terület nagyszerkezeti fejlődésével, azon belül is a Vardar-obdukcióval hozható kapcsolatba, míg az (észak-) északnyugat – (dél-) délkeleti összenyomás a Dunántúli-Középhegység szinklinális szerkezetének kialakulásához köthető.

#### 3.2. *Betemetettség és hőtörténeti modellezés*

---

A gerecsei alsó- és középső-kréta üledékekből származó, biztosan autigén szenesedett növénymaradványok vitrinitreflexiós méréseinek eredményei – összhangban a korábban elvégzett agyagásvány-rendezettségi vizsgálatokkal, egészkozet-pirolízises vizsgálatok eredményeivel, valamint szerkezeti megfigyelésekkel – mély betemetettségre engedtek következtetni. A mért vitrinitreflexiós értékeket még akkor sem lehet üledékes betemetettséggel magyarázni, ha a Dunántúli-Középhegység teljes poszt-apti rétegsorát a feltárt vagy átfúrt maximális képződményvastagságokkal a gerecsei alsó kréta fölé feltételezzük. Ilyen szélsőségesen vastag kréta-tercier rétegsort még a Bakony területéről sem ismerünk, ráadásul a késő-kréta képződmények Gerecse környéki meglétéről nem állnak rendelkezésre bizonyítékok. Az üledékes betemetettség lehetőségének elvetése után a

szerkezeti elfedettséggel modellezése megerősítette mind a klasszikus takarósodás, mind pedig egy feltételezett takaró extenziós allochtonként történő visszacsúszásának lehetőségét. A nagyszerkezeti kép és a horizontális rövidüléssel elemek egybevetését tekintve a tektonikus betemetettség kora minden bizonnyal az apti-albairai tehető.

### **3.3. Korrigált vitrinitreflexió térkép**

---

A Győri-medence, a Zalai-medence és a Dunántúli-Középhegység területéről származó triász és késő-kréta vitrinitreflexió adatok hőtörténeti korrekcióját követően nyílt lehetőség a korrigált értékek térképi tanulmányozására. A késő-kréta minták a Zalai-medence és a Keszthelyi-hegység felől nyugat – északnyugat felé monoton növekvő eltemetettséget mutattak. A triász minták esetén a következőket lehetett megfigyelni:

- a Zalai-medence területén található nagyszámú adat mintegy 0,80%-os átlagos korrigált vitrinitreflexió értéket mutat;
- ettől eltérőnek bizonyult a Dunántúli-középhegység délnyugati felének – Rezi, Sümeg és Balatoncsicsó környékének – betemetettsége: itt a korrigált vitrinitreflexió értéke alig haladja meg a felszíni 0,50%-os értéket;
- folyamatos változás érhető tetten a Győri-medence irányában: az előbbi 0,50%-os értékek folyamatosan növekednek északkelet felé, míg a Győri-medence keleti részében már meg is haladják a 2,00%-os korrigált vitrinitreflexió értéket.
- a Budai-hegység, a Pilis és a Csővári-rög területére eső fúrásokból, valamint felszíni mintákból származó korrigált vitrinitreflexió-értékek viszont szélsőségesen alacsonyak: értékük alig haladja meg a 0,30%-os reflektanciát

Egybevetve a késő-kréta és triász minták által mutatott képet, jelentős eltérést találhatunk, melynek kialakulása a minták kora miatt a jura – kora- és középső-kréta periódusra tehető. Figyelmet érdemel, hogy ezt a betemetettséget rétegtani okokkal nem lehetséges magyarázni. A Győri-medence legkeletibb felén tapasztalt jelentős eltemettségnek a Budai-hegységben és a Pilisben nem találjuk nyomát, és ez tovább erősíti a szerkezeti betemetettség gyanúját.

### **3.4. Kitekintés**

---

Az alpi szerkezetalakulásból megismert klasszikus takarósodási folyamat korai elemei a Gerecse életében is fellelhetők: a Vardar-obdukció és a Juvavikum-affinitású szerkezeti egységek takarós feltolódása az Északi-Mészkőalpokban a mai napig látható, a Gerecse esetében pedig igazolható; a közös történetet a nehézasvány-spektrum hasonlósága és a beszállítási irányok is megerősítik. Az egységes szerkezeti-üledékképződési fejlődésében egy idő után – az apti-albai határán – változást figyelhetünk meg: a Tirolikum- és Bajuvarikum-affinitású egységeknek az alsóbb helyzetben lévő elemekre történő feltolódását már csak az Északi-Mészkőalpokban dokumentálhatjuk. Az eltérő szerkezeti fejlődést a feszültségtér változása és a nehézasvány-spektrumban megfigyelhető különbségek is megerősítik. A szerkezetalakulás albai képe már jelentős eltérést mutat: míg az Északi-Mészkőalpok területén takarós áttolódás zajlott, addig a Dunántúli-Középhegység területén a takarósodást okozó rövidülésre gyakorlatilag merőleges összenyomás alakította ki a közismert szinklinális-szerkezetet.

A Gerecse feltételezett takarós betemetettsége talán a közös szerkezetalakulás egyik utolsó, az apti-albai határon megfigyelhető lépése; a szerkezeti eltemetettséget okozó test pedig – összhangban jelenlegi ismereteinkkel – az extenziós allochtonként is értelmezhető Pilis és Budai-hegység lehet.

#### 4. TÉZISEK

**1. tézis:** A Dunántúli-középhegységgel szerkezetileg egységes Gerecse területén három jól elkülöníthető, északkelet-délnyugati, kelet-nyugati és északnyugat-délkeleti rövidüléssel deformációt eredményező összenyomási irány azonosítható. Az összenyomásra képlékeny deformációs elemek, (redőződés) és töréses deformációs elemek (réteglappal párhuzamos karcok, rétegzéssel párhuzamos nyírósíkok, feltolódások, konjugált és nem-konjugált rövidülési síkok) utalnak.

**2. tézis:** A szerkezetalakulási lépések sorrendje bizonyítható és kora jól megbecsülhető: ennek értelmében az északkelet-délnyugati összenyomás kora aptinak, a kelet-nyugati összenyomás kora kora-albainak, az északnyugat-délkeleti összenyomás kora korai középső-albainak (a Tési Agyagmárga előttinek) adódik. Ennek értelmében a maximális horizontális összenyomás és rövidülés irányában mintegy



90 fokos, az óramutató járásával megegyező látszólagos elfordulás figyelhető meg az apti-albai során.

**3. tézis:** A Gerecse területéről származó bizonyítottan autigén szerves növényi maradványok optikai analízisének eredménye mély betemetettséget mutat, azonban a vitrinitreflexiók értékek hőtörténeti modellezése alapján a minták eltemetettsége nem magyarázható a Dunántúli-Középhegységből vett és a Gerecse fölé feltételezett kréta és terciér üledékes rétegsorok betemető hatásával sem.

**4. tézis:** A Gerecse szinorogén törmelékes képződményeiben észlelt vitrinitreflexiók értékek jól magyarázhatóak szerkezeti betemetettséggel, többek között egy feltételezett, rátolódó, majd extenziósan visszacsúszott takaró mozgásának hatásával.

**5. tézis:** A Zalai-medence, a Győri-medence és a Dunántúli-középhegység triász és késő-kréta mintáinak korrigált vitrinitreflexiók képe (mely a bádeni-recens hőtörténeti járulékok eltávolításával állt elő) a jura – középső-kréta periódusra jelentős kelet-északkelet eltemetettséget mutat a Bakony területe felől a Győri-medence és a Gerecse irányába; ez a jelenség a Pilis, a Budai-hegység és a Csövéri-rög felszíni betemetettséget tükröző mintáiban nem érhető tetten.

**6. tézis:** A Dunántúli-Középhegység és az Északi-Mészköalpok középső-kréta szinorogén törmelékes képződményeinek nehézasvány-spektruma, törmelékbeszállítási iránya és a feszültségtér fejlődésének összevetésével megállapítható, hogy az apti-albai határig a két terület azonos tektonosediment fejlődéssel bír, azonban az albaiban már a nehézasvány-behordásban, takarósodás folyamatában és a deformáció irányában is jelentős eltérés figyelhető meg.

## 5. PUBLIKÁCIÓK

### 5.1. *A doktori dolgozat témájában tudományos folyóiratban megjelent és közlésre elfogadott publikációk*

---

- SASVÁRI, Á. 2008A: A Magas-Gerecse töréses feszültségterének fejlődése a Dunántúli-Középhegységről készült publikációk tükrében: irodalmi áttekintés. — *Földtani Közöny* **138/2**, 445-468.

- SASVÁRI, Á. 2008B: Rövidüléshez köthető deformációs jelenségek a Magas-Gerecse területén. — *Földtani Közlöny* **138/4**, 383-400.
- SASVÁRI, Á., CSONTOS, L. & PALOTAI, M. 2009: Szerkezetgeológiai megfigyelések a gerecsei Tölgyháti-kőfejtőben. — *Földtani Közlöny* **139/1**, 55-66.

## **5.2. A doktori dolgozat témájával kapcsolatos konferencia-összefoglalók**

---

- SASVÁRI, Á. 2007: Rövidüléshez köthető rideg és képlékeny deformációk a Magas-Gerecse területéről. — *Ifjú Szakemberek Ankétja abstract-kötet* **38**, 15-16.
- SASVÁRI, Á. 2007: Ductile compressional deformation in the Gerecse Mts, Hungary. — *HUNTEK abstractkötet*, 3p.
- SASVÁRI, Á. 2008: A Magas-Gerecse betemetettsége a vitrinitreflexiós mérések tükrében. — *VII. Földtudományi Ankét, abstract-kötet*, 4p.
- SASVÁRI, Á. 2008: Egy „különleges kőzetmozgási alakulat” értelmezése – nyíráshoz kapcsolható szerkezetek a gerecsei Ördögáti-kőfejtőben. — *VII. Földtudományi Ankét abstract-kötet*, 5p.

## **5.3. A doktori dolgozat témájában tudományos folyóirat számára előkészületben lévő publikációk**

---

- SASVÁRI, Á. 2008: Egy különleges kőzetmozgási alakulat értelmezése – nyíráshoz kapcsolható szerkezetek a gerecsei Ördögáti-kőfejtőben. — kézirat a *Földtani Közlöny* részére elküldve.
- SASVÁRI, Á. 2009: A Magas-Gerecse betemetettsége a vitrinitreflexiós mérések tükrében. — kézirat a *Földtani Közlöny* részére elküldve.