

# A Darnó Deformációs Öv és a Paleogén-medence ÉK-i részmedencéinek egységes szerkezetföldtani értelmezése szeizmikus szelvények és fúrási adatok alapján

LŐRINCZ K., BAUER M., BERECKZI L., KEMÉNY M.

Szabályzott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SZTFH), Földtani Igazgatóság,  
Ásványi Nyersanyagkutatási és Geofizikai Főosztály,  
1145 Budapest, Columbus utca 17–23.  
E-mail: katalin.lorincz@sztfh.hu

A Darnó Deformációs Övben és az Észak-magyarországi Paleogén-medence ÉK-i részének részmedencéiben: a Salgótarjáni-medencében, a Zagyva-árokban és az Etesi-árokban rendelkezésre álló szeizmikus szelvények alapján szerkezeti értelmezést hajtottunk végre földtani, mélyfúrási és erőtér geofizikai adatok integrálásával. Az értékelés során sikerült egy olyan egységes szerkezetföldtani modellt létrehozni, amely a részterületek egyedi fejlődéstörténetét is magyarázza.

## Lőrincz, K., Bauer, M., Bereczki, L., Kemény, M.: Structural interpretation of Darnó Deformation Belt and NE partial basins of Paleogene basin based on seismic and well data

Structural seismic interpretation was carried out with integration of available geological, drilling and geophysical data of gravity and magnetic measurements in Darnó Deformation Belt and the NE partial basins of Paleogene basin: Salgótarjáni Basin, Zagyva-trough and Etesi-trough. During the evaluation an integrated geological model was created for the whole area, which can explain the development history of the partial areas, too.

Beérkezett: 2023. február 28.; elfogadva: 2023. június 9.

### 1. Bevezetés

Az alulkutatottnak tekinthető Salgótarjáni-medencében a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságának jogelődje, a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat 2020-ban, két új szeizmikus vonalat mért közel 30 km összhosszúságban, elősegítve a mérési hálózat sűrűségének növekedését (Bauer, Lőrincz 2020). A mért szelvényeket – szerkezetföldtani szempontból – igyekeztünk beilleszteni a Salgótarjáni-medence környezetébe, amely tágabb értelemben az Észak-magyarországi Paleogén-medencét, szűkebb értelemben pedig a Salgótarjáni-medencével határos Zagyva-árkot, Etesi-árkot és a Darnó Deformációs Övet is jelenti. Az így meghatározott 1300 km<sup>2</sup> nagyságú vizsgálati területen 540 km összhosszúságú, 35 db refle-

xiós szeizmikus időszelvény egységes értelmezését végeztük el, a korábbi ismereteket is magába foglaló földtani, mélyfúrási és erőtér-geofizikai adatok figyelembevételével.

A komplex értelmezés végrehajtásakor hat meghatározó reflexiós időfelületet térképeztünk (1. táblázat, ld. 5.1. fejezet), amelyek segítségével az azonosított tektonikai elemeket koroltuk, és térképezés után a jellegüket és irányukat is meghatároztuk. Hét tektonikai fázist különböztettünk meg (2. táblázat, ld. 6. fejezet) egy olyan általunk feltételezett egységes szerkezetfejlődési folyamat részeként, amely az egyes részmedencékben és a Darnó Deformációs Övben fellelhető szerkezetföldtani jegyeket is magyarázza. A tektonikai fázisok megnevezésében alkalmazott „kora tardi” és „kora kiscelli” kifejezések ugyan nem használatosak kor

megjelölésre, de ezek segítségével tudtuk érzékeltetni a kora oligocén koron belüli időbeni felosztást. Az elnevezések az adott képződmények kialakulási idejére utalnak.

A térség mélyrehatóbb földtani megismerését nemcsak alapkutató szempontok, hanem ipari megközelítés is indokolja. A terület ugyanis szénhidrogén-kutatási szempontból perspektivikusabb a jelenlegi megkutatottságánál (Kovács et al. 2020). Erre utalnak a viszonylag korán felfedezett (és azóta már letermelt) szénhidrogén-lelőhelyek (Bükkszék, Fedémes) és a számtalan felszíni kőolajnyom is (Bükkszék, Recsk, Parád, Lahóca, Fedémes). Ráadásul a térségben a hagyományos szénhidrogén-lelőhelyek mellett a nem hagyományos előfordulások szerepe is jelentős (Bonz et al. 2012), és a hazai lehetőségekhez képest kedvezőbb mélységi, hőmérséklet- és nyomásviszonyok mellett a Tardi Agyag Formáció képviselőjében érett és szerves anyagban gazdag anyagközet ismert (Kovács et al. 2020). Az Etesi-árokban pedig a Kiscelli Agyagba települt néhány homokkőszintről bebizonyosodott, hogy nemcsak szénhidrogén-, de vízföldtani szempontból is tárolóközetként szolgálhat (Cserkész-Nagy, Szalay 2016).

## 2. Korábbi kutatások

Az Észak-magyarországi Paleogén-medence szénhidrogén-szempontrú földtani vizsgálata a 19. századra nyúlik vissza. Ekkor fedezték fel a Recsk (Kitaibel 1829) és Parád (Tóth 1882) környéki szénhidrogén-előfordulásokat. Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) 1933 és 1937 közötti gravitációs mérésekkel történő továbbkutatása során szerkezeti boltozatokat mutatott ki.

A kutatási területen lévő Bükkszéken mélyült fúrás (Bsz-1) volt az első hazai kőolajtermelő kút. A területen, az alsó-oligocén Kiscelli Agyag Formáció turbidites homokkőrétegeiben és a vulkáni tufapadokban összesen két telítetlen kőolajtelep vált ismertté, amelyekre 56 fúrásat mélyítettek le. Ezekből 1940 májusáig összesen 10 000 tonna kőolajat termeltek ki (Kovács et al. 2020).

A Darnó-vonal elnevezést szintén Telegdi-Roth (1937) használta először „ama hegység szerkezeti öv megjelölésére, amely a Mátra-hegység K-i végétől indul ki, s a bükkí típusú alaphegység-képződményekből álló Darnó-hegy NyÉNy-i oldalát vágja el”.

A korabeli megfigyeléseket (Rozlozsnik 1935, Majzon 1940, Jaskó 1946, Schréter 1951) az évtizedekkel későbbi bükkszéki és fedémesi kutatási területeken történt szeizmikus kutatások (Szalay, Zelenka 1979, Albu et al. 1985, Braun et al. 1989, Petrovics, Szalay 1992) szintén megerősítették. Később, az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1986 és 1993 között geofizikai (geoelektromos, magnetotellurikus, szeizmikus refrakciós és reflexiós) méréseket végzett a Darnó Zóna környezetében a Központi Földtani Hivatal által indított „A Bükk-hegység és előterei komplex földtani előkutatási programja” keretében (Szalay 1998). Ennek a kutatásnak az eredményei sem cáfoltak rá a nagy elődök megállapításaira.

A térségben (Ózd környezetében) az első graviméteres méréseket a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (MÁELGI) végezte 1950–60 között, a járható utak mentén. Szabályos hálózatban csak 1992–93-as években készültek mérések. Az első mágneses méréseket szintén a MÁELGI végezte az 1950-es években.

A fedémesi éghetőgáz-előfordulást a Fedémes Fs-9 fúrással 1958-ban fedezték fel, amelynek tárolóközete alsó oligocén, kiscelli agyagmárgás homokkő (Kiscelli Agyag Formáció) (Völgyi et al. 1985). A Fedémes Fs-5 fúrásban 1616 és 1830 m között kőolajnyomokat találtak a Tardi és Kiscelli Agyagban (Körössy 2004).

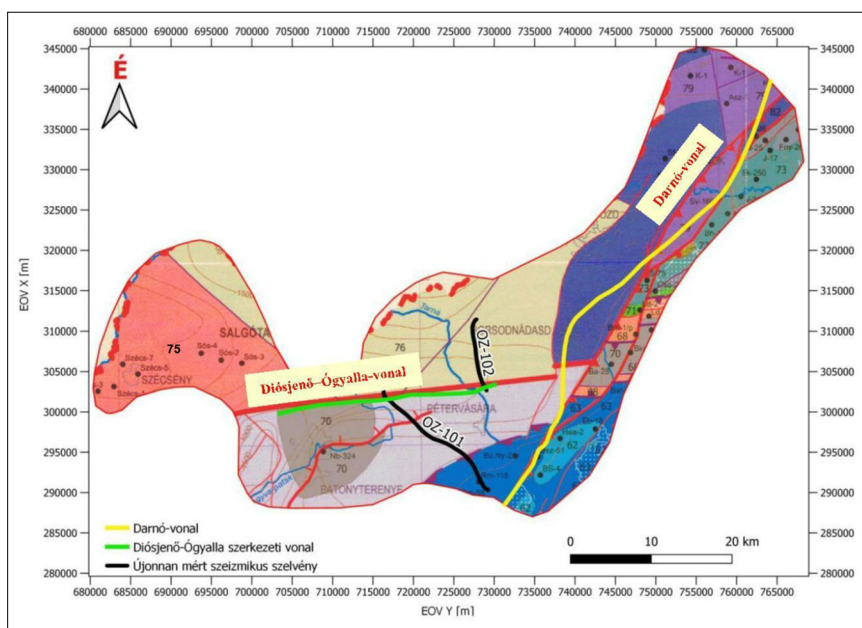
A MOL Magyar Olaj- és Gázipari Rt. 1992-től kezdett kutatási tevékenységet az Ózdi-medence területén (Hajdú et al. 1997), amelynek keretében gravitációs, mágneses, geoelektromos és szeizmikus reflexiós vizsgálatokat folytattak. Ebben az időszakban detektálták az Oz-1 – Oz-11 jelű szeizmikus reflexiós vonalakat. Kutatófúrás mélyítéséről a magas geológiai kockázat miatt lemondtak. A MOL 1999 és 2002 között Salgótarján, ill. 2004 és 2012 között Bátortereny területen végzett tevékenysége (Kósa et al. 2003, Boncz et al. 2012) az Ózdi-medencét a Zagyva-árokkal összekötő térséget is érintette, ugyanis ekkor rögzítették a „Sal” nevű szeizmikus reflexiós szelvényeket a Zagyva-árok és az Etesi-árok területén.

Az MBFSZ jogelődje, a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet munkatársai 2015-ben a korábbi, országos léptékű térképeknél részletesebb felbontású prekainozoos medencealjzat-térképet készítettek a Salgótarján–Fedémes–Ózd paleogén medencerészről az MFGI-ben elérhető szeizmikus, geoelektromos és gravitációs mérési alapadatok, archív részmedence-mélységtérképek és fúrási információk felhasználásával, újrafeldolgozásával és újraértelmezésével (Kovács et al. 2020).

## 3. A terület nagyszerkezeti helyzete

A fúrásos és geofizikai adatok alapján a terület prekainozoos aljzata három fő részre különül el, amelyeket két jelentős szerkezeti vonal: a Diósjenő–Ógyalla- és a Darnó-vonal határol el egymástól (1. ábra, Haas et al. 2010).

A Darnó-vonalig húzódó, közel Ny–K-i csapású, elsőrendű kainozoos eltolódás a Diósjenő–Ógyalla-vonal, amelynek É-i oldalán, az Alcapa-főegység nyugat-kárpáti egységeihez tartozó: Vepori-, Gömöri- és Aggtelek–Rudabányai-egység képződményei találhatóak. A vonaltól D-re az Alcapa főegység ausztróalpi egységeinek részét képező Dunántúli-középhegységi-egység helyezkedik el, amely (feltételezett) takaróként rá van tolvá a tőle K-re található – a Közép-magyarországi-főegységhez tartozó – Bükk-egységre (Haas, Budai 2014). A vizsgálati terület K-i határvidékén, a Darnó-feltolódástól K-re eső részen a Bükk, az Upponyi- és Szendrői-hegység, valamint a Borsodi-medence aljzatának főleg a Darnó Zónába eső képződményei alkotják az alaphegységet (Püspöki, Szentpétery 2015).



**1. ábra** Magyarország pre-kainozoos földtani térképe a vizsgált területen (részlet, Haas et al. 2010). (Sárga és zöld színnel a Darnó-, és Diósjenő-Ógyalla-vonalak általunk azonosított nyomvonalait tüntettük fel.) *Jelmagyarázat:* 62: Jura bázisos magmatitok; 63: Középső-jura olisztosztróma-melanzs; 68: Nagyon kisméretű metamorf felső-perm–alsó-triász sekélytengeri mészkő, homokkő, márga; 69: Nagyon kisméretű metamorf újpaleozoos és mezozoos képződmények tagolás nélkül; 70: Nagyon kisméretű metamorf tengeri újpaleozoos képződmények; 71: Szenon tengeri konglomerátum; 73: Kisméretű metamorf devon–karbon medence fáciesű karbonátok; 75: Középső fokú polimetamorf komplexum (gneisz, csillámpala, amfibolit, zöldpala, fillonit); 76: Paleozoos és mezozoos képződmények tagolás nélkül; 79: Középső-triász karni sekélytengeri karbonátok; 82: Alsó-triász sekélytengeri homokkő, márga, mészkő; piros vonalak: szerkezeti elemek

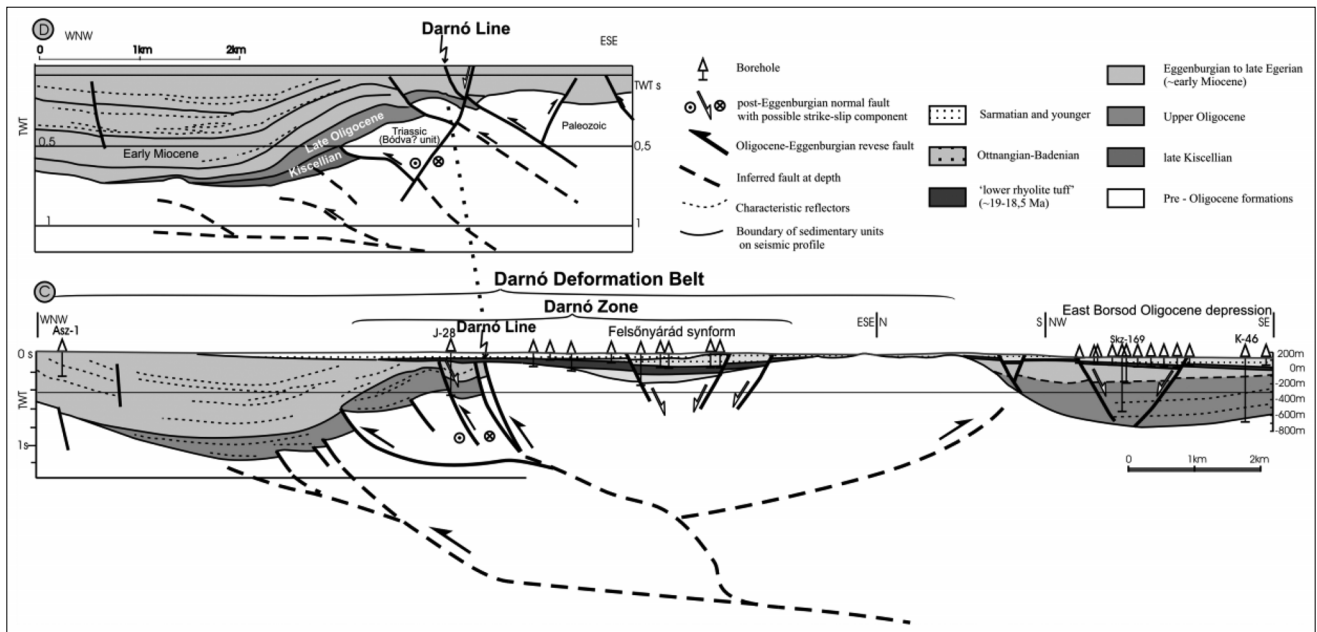
**Figure 1** Pre-Cenozoic geological map of Hungary (detail, Haas et al. 2010). (Yellow and green lines represent the traces of Darnó- and Diósjenő-Ógyalla-lines, which were identified by us.) *Legend:* 62: Jurassic basic magmatites; 63: Middle Jurassic olistrostrome-melange; 68: Very low-grade metamorphic Upper Permian–Lower Triassic shallow marine limestones, sandstones, marl; 69: Very low-grade metamorphic Upper Paleozoic and Mesozoic formations in general; 70: Very low-grade metamorphic Upper Paleozoic marine formations; 71: Senonian marine conglomerate; 73: Low-grade metamorphic Devonian–Carboniferous basinal carbonates; 75: Medium-grade polymetamorphic complex; 76: Paleozoic and Mesozoic formations in general; 79: Middle Triassic–Carnian shallow marine carbonates; 82: Lower Triassic shallow marine sandstones, marls, limestones; red lines: structural elements

A Diósjenő–Ógyalla-vonal kinematikájáról a fedettsége miatt meglehetősen kevés ismerettel rendelkezünk (Haas, Budai 2014). A dél-szlovákiai felszíni vetőgeometriát kivetítve Fodor, Koroknai (2000) ferde balos-normál kinematikát tételezett fel a késő krétában a vonal mentén. E korai mozgást a paleogénben jobbos eltolódásos (Balla 1989, Bada et al. 1996) kinematika írta felül. Tari et al. (1993) szerint a vonal mentén az oligocénben déli vergenciájú, a kristályos aljzatot is érintő, nagy amplitúdójú feltolódás (*thick-skinned backthrust*) ment végbe. A középső miocén késői szakaszától balos jelleg feltételezhető. Alternatív megoldásként merült fel, hogy késő kréta lecsúszó síkokkal állhat kapcsolatban, illetve kelet felé (Salgótarján alatt) ilyen szerkezeti elemben folytatódik (Fodor, Koroknai 2000). A Diósjenő–Ógyalla-vonalat ezen a területen a Paleogén-medence északi határának is tekintik (Nagymarosy 1997).

A Darnó-vető északi irányban egészen a Rudabányai-hegységig folytatódik (Pantó 1956), ahol is a Rudabányai-hegység K-i, Ny-i esetleg mindkét peremén futva Dél-Szlovákiáig tart (Grill et al. 1984, Less et al. 1988, Szentpétery 1997, Vass 2002). A szerkezeti zóna a gravitációs Bouguer-anómália-térképen is tisztán felismerhető, a szeizmikus reflexiós szelvényeken is azonosítható (Szalay, Zelenka 1979,

Braun et al. 1989). Ezen adatok és fúrások alapján állítható, hogy a Darnó-vonal keletről határolja az Észak-magyarországi Paleogén-medence nagy mélységű almedencéjét (Báldi, Royden 1986). A Darnó-vető mentén a fúrások rátolódást igazoltak (Telegdi-Roth 1951), amennyiben a permio-triász képződmények alatt kiscelli üledékeket értek. A rátolódás kora kiscelli–ottnangi közötti lehet (~30–19 M év). Az Upponyi-hegység előterében a paleozoikum mezozoikumra, majd oligocénre tolódott (Schréter 1952). Ezt a kinematikát támasztják alá a terepi mérések (Fodor et al. 2005) és a szeizmikus szelvények értelmezése is (Sztanó, Tari 1993). Ugyanakkor több szerző (Jaskó (1946), Zelenka et al. (1983), Grill et al. (1984), Less et al. (1988) és Szentpétery (1997)) a vonal mentén oldaleltolódásos kinematikát állapított meg, 20–30 km-es balos elmozdulással. E balos mozgástípus Fodor et al. (2005) szerint az ottnangi – kora bádeni időintervallumban lehetett jellemző (~18–15 M év).

A térképen vonalként ábrázolt Darnó-vető létrehozó szerkezeti mozgások annak környezetét több 10 km széles zónában befolyásolták, amit jól mutat a 2. ábra (Fodor et al. 2005). A Darnó Deformációs Öv a legszélesebb sáv, amelyben ezek a hatások érvényesültek. Ez Ózdtól a Bük-kig húzódik (Haas, Budai 2014), és magában foglalja az



**2. ábra** Keresztszelvények a Darnó Deformációs Öv északi részén (Fodor et al. 2005). A „C” szelvényt – Braun et al. (1989) a Szuha-1 szelvényen történt értelmezése nyomán – Sztanó, Tari (1993) újraértelmezte, a „D” szelvényt Albu et al. (1985) nyomán módosított értelmezést tartalmaz. **Figure 2** Cross sections in the northern part of the Darnó Deformation Belt (Fodor et al. 2005). The „C” section based on interpretation of Szuha-1 line by Braun et al. (1989), which were reinterpreted by Sztanó, Tari (1993), the section „D” after Albu et al. (1985), modified

összes kainozoos ÉÉK-DDNy-i csapású szerkezeti elemet a Bükk-hegységtől nyugatra egészen a Darnó-vonalig, valamint azon túl, a fedésmesi boltozatokig (Fodor et al. 2005 alapján). Ezen belül Fodor et al. (2005) megkülönbözteti a Darnó Zónát, és annak egyetlen elemét, a Darnó-vonalat (vagy Darnó-vetőt).

A vonal és a zóna szerkezeti szerepéről és az elmozdulás nagyságáról eltérőek a vélemények (Haas, Budai 2014), viszont jól ismert a Darnó-vonal miocén korú normál vetős felújulása a területen (Kovács et al. 2020, Schréter 1951 nyomán).

Az ELGI által korábban mért szeizmikus időszelvényeken a medencealjzat Darnó-vonal menti több lépcsőben bekövetkező emelkedését és a kapcsolódó ÉNy-i vergenciájú feltolódások sorát értelmezték. Az akkori kutatások alapján levont következtetés szerint a Darnó-vonal összetett működése több fázisban, többféle módon alakíthatta a Paleogén-medence keleti részének paleogén fejlődését és utólagos (neogén) szerkezeti átrendeződését, ill. a Darnó-vonal oligocén üledékképződésre gyakorolt hatása a szerkezeti öv északi folytatása mentén – a szeizmikus szelvények ismeretében – vitathatatlan (Albu et al. 1985, Braun et al. 1989, Petrovics, Szalay 1992, Kovács et al. 2015).

A Darnó Zóna területét érintő kainozoos feszültségtérrekonstrukciókhoz kapcsolódó terepi szerkezetföldtani mérések során a következő deformációs fázisokat sikerült azonosítani (Csontos 1988, Fodor et al. 2005): 1) NyÉNy-KDK kompresszió és erre merőleges húzás (késő eocén – eggenburgi – kora ottngangi), 2) ÉNy-DK-i kompresszió, 3) ÉÉNy-DDK-i kompresszió és erre merőleges húzás jelentős csapás menti elmozdulásokkal (kora ottngangi – kö-

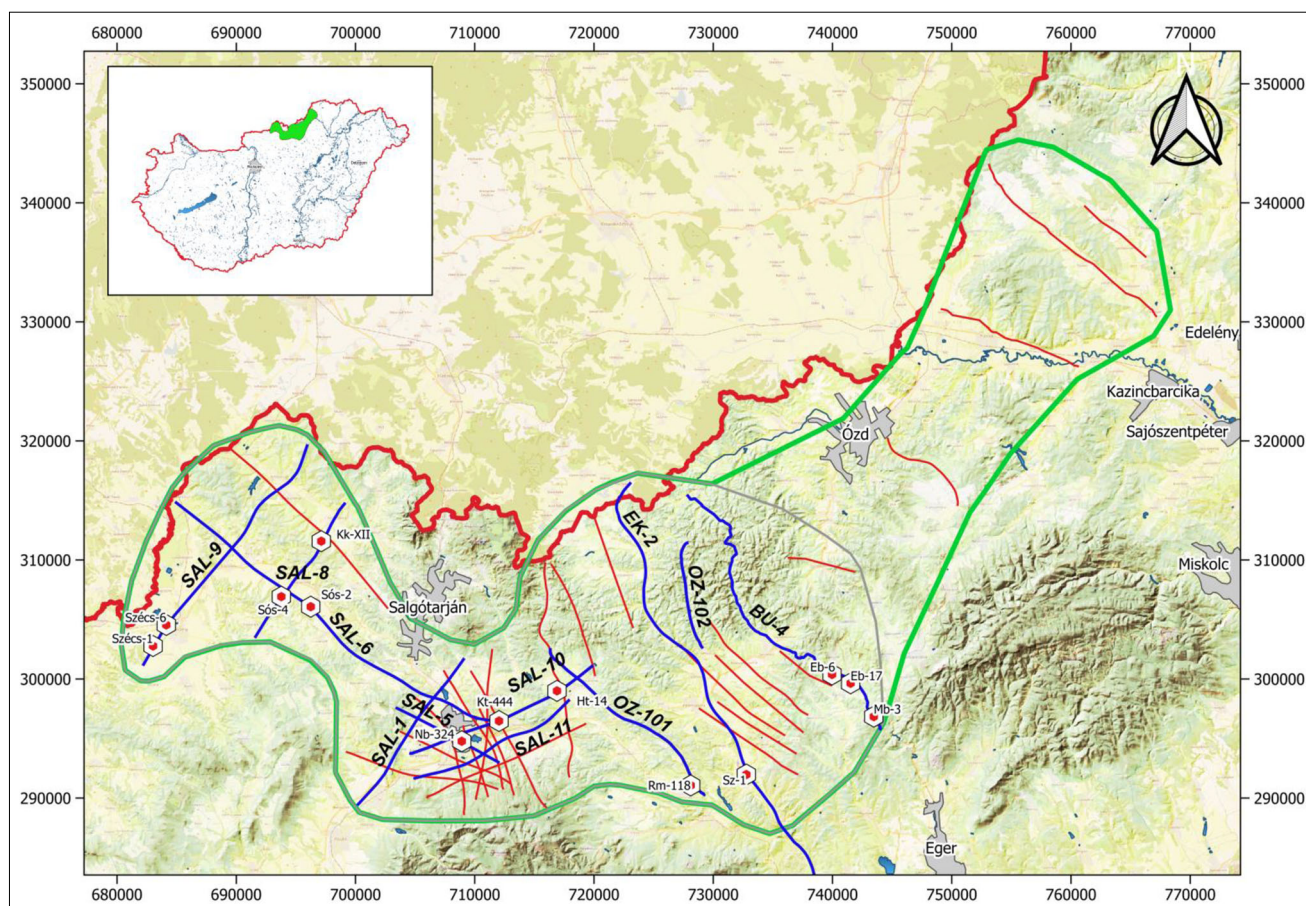
zepső badeni), 4) KDK-NyÉNy húzás, elsősorban ÉÉK-DDNy, illetve ÉK-DDNy-i csapású normál vetők kialakulásával (középső badeni).

A kutatási terület jelenlegi adottságait két eltérő medencefejlődési időszak, a paleogén – kora miocén Paleogén-medence és a késői kora miocéntől alakuló Pannon-medence szerkezetfejlődési eseményei alakították. A medence szénhidrogén-földtani potenciálja a Paleogén-medence szénhidrogén-rendszerének elemeire vezethető vissza, a medenceszerkezetet azonban jelentősen felülírták a neogén szerkezeti események (Fodor et al. 2005, Petrik et al. 2016, Beke et al. 2019).

#### 4. A szeizmikus és fúrás adatrendszer

A vizsgált terület helyszínrajza (3. ábra) tartalmazza az értelmezett szeizmikus szelvények nyomvonalait, a bemutatott szelvényeket névvel ellátva és az azokra bevetített fúrásponthelyeit.

A terület szeizmikus megkutatottsági szintje nagyon különböző az egyes részterületeket tekintve. A keleti tartomány a legkevésbé megkutatott, ezért itt csak átnézetes értelmezést végeztünk, amelynek eredményében a pretercier aljzattérképet készítettük el a Darnó-vonal lefutásának pontosítása végett. Részletes, több horizontra kiterjedő értelmezést csak a szürke poligonon határolt kisebb területen hajtottunk végre. A szelvények eloszlása ezen a térrészen belül is egyenetlen. Az MBFSZ által 2020-ban detektált két szelvény (OZ-101 és OZ-102) a Salgótarjáni-medencében igyekezett enyhíteni a korábbi jelentős adathiányt.



**3. ábra** A kutatási terület helyszínrajza (a háttér műholdas domborzatábrázolás). *Jelmagyarázat:* piros vonalak: értelmezett szeizmikus szelvények nyomvonalai; kékkel kiemelt vonalak: bemutatott szeizmikus szelvények nyomvonalai; zöld poligon: átnézetesen értelmezett terület; szürke poligon a zöld poligonon belül: részletesen értelmezett területész; fekete körök piros pöttyökkel: a bemutatott szelvényeken szereplő fúrások pontjai

**Figure 3** Basemap of the exploration area (the background shows satellite topography). *Legend:* red lines: interpreted seismic sections; blue lines: displayed seismic sections; green polygon: the area interpreted in overview; gray polygon inside the green one: the area interpreted in detail; black circles with red dots: locations of wells presented in displayed seismic lines

A szeizmikus reflexiós időszelvények (35 db) egyes csoportjai különböző megrendelők számára (MOL Rt., ELGI) és különböző időben lettek lemérve és feldolgozva (80-as évek végétől 2020 évig), különböző mérési és feldolgozási paraméterekkel. Ezért a szeizmikus értelmezés előkészítéseként a rendelkezésünkre álló szelvényhálózatot egységesíteniünk kellett. Így az összes szelvényt az újonnan mért két szeizmikus vonal (OZ-101 és O-102) – mint referenciavonal – +250 méteres vonatkoztatási szintjéhez igazítottuk.

A területen több száz fúrás található, amelyek eloszlása szintén egyenetlen mind a felszínen, mind mélység szerint. Többségük a Mátranóvák környéki széntelepeket feltáró sekélyfúrás, amelyek többnyire a felső 300 méterben megálltak. Az ennél mélyebb fúrások száma sem csekély (333 db), amelyek jórészt szénhidrogén-kutató, ill. a recski ércesedést feltáró mélyfúrások. A szeizmikus értelmezés során felhasznált mélyfúrások rétegsoradatait az MBFSZ Geobank adatbázisa alapján vettük figyelembe.

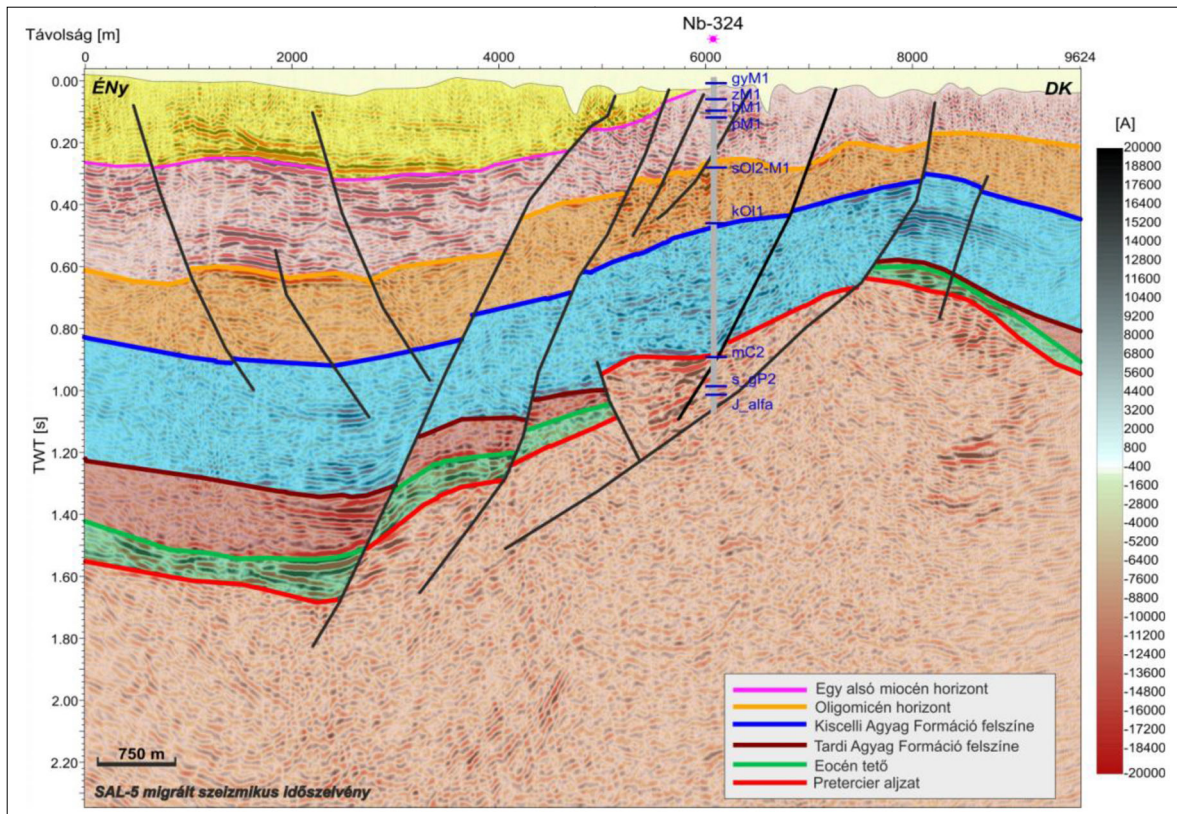
## 5. A szeizmikus értelmezés eredményei

### 5.1. Az értelmezett horizontok

A vizsgált területen 6 időfelületet azonosítottunk és térképeztünk a mélyfúrási adatok pontszerű ismereteinek kiterjesztésével a vonal menti szeizmikus időszelvények mentén. Ezt megelőzte a fúrások mélységadatainak időbe transzformálása és szelvényekbe történő bevetítése. Az értelmezett horizontok alulról fölfelé haladva a következők:

- Pretercier aljzat (piros)
- Eocén tető (világoszöld)
- Tardi Agyag felszíne (sötétbarna)
- Kiscelli Agyag felszíne (kék)
- Oligocén tetőt közelítő oligo-miocén horizont (sötét-sárga)
- Alsó miocén összetekken belül egy jellegzetes horizont (pink)

Az értelmezett horizontokat a 4. ábrán látható szeizmikus szelvényen mutatjuk be. Az ott feltüntetett Nb-324

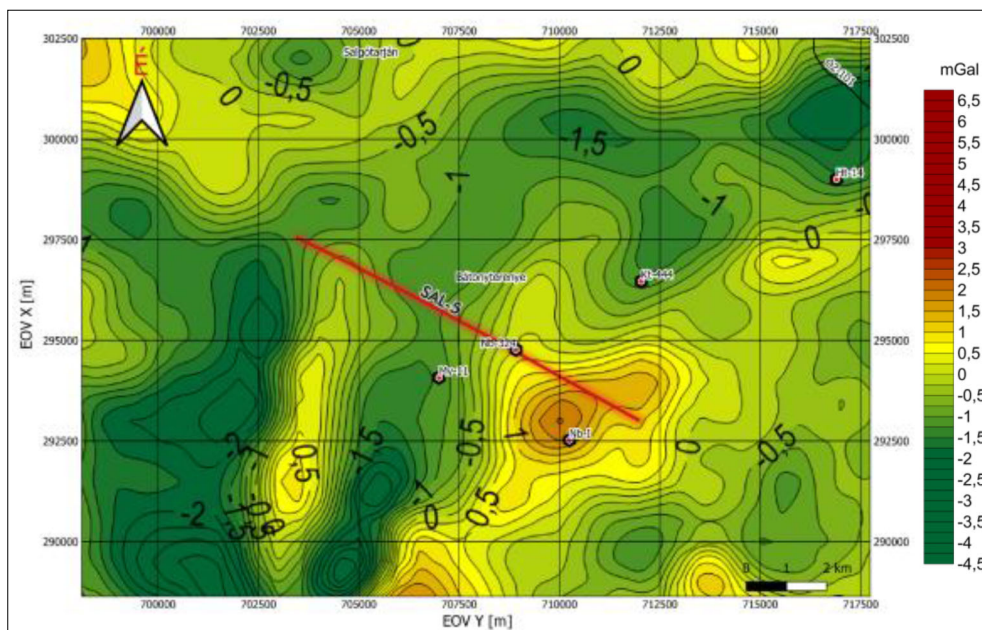


4. ábra | SAL-5 jelű szeizmikus időszelvény az Nb-324 jelű fúrással és az értelmezett horizontokkal (kétszeres idő, s). *Jelmagyarázat:* színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők

Figure 4 | Seismic time section: SAL-5 presented with Nb-324 projected well and interpreted horizons (TWT, s). *Legend:* colored lines: interpreted horizons; black lines: faults

mélyfúrás 4 térképezett horizontot harántolt, az eocén tetőt és a Tardi Agyag felszínét nem, mert ezek a képződmé-

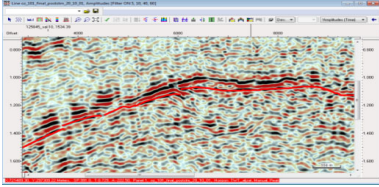
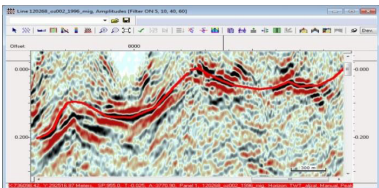
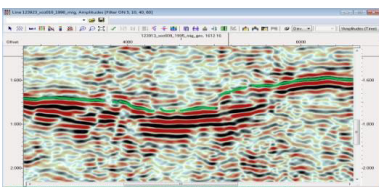
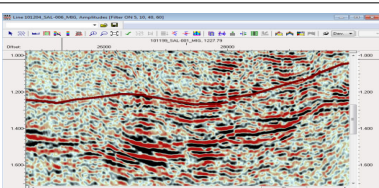
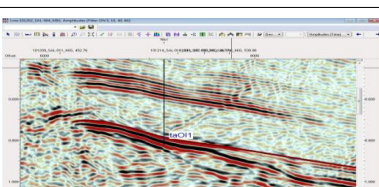
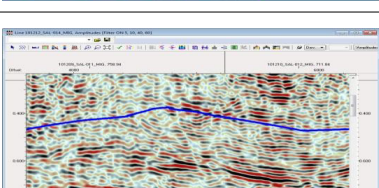
nyek ott kiékelődött helyzetben vannak. Az aljzatban feltárt inverz rétegsor (karbon, alatta perm és legalul jura)



5. ábra | Gravitációs szűrt Bouguer-anomália-térkép ( $h = 1300$ ) (Kiss 2014). (Piros vonal: szelvény nyomvonal)

Figure 5 | Filtered Bouguer anomaly map ( $h = 1300$ ) (Kiss 2014). (Red line: trace of section)

**I. táblázat** Az értelmezett horizontok és az általuk elválasztott képződmények reflexiós tulajdonságai  
**Table 1** Reflection patterns of formations and the interpreted horizons separating them

Összlet (tetőhorizont színe)	Reflexiós kép	Reflexiós tulajdonságok
Pretercier aljzat (piros)		Közepesen, gyengén reflektáló kaotikus belső szövet, amelynek a felszínét folyamatos reflexiókótegek alkotják, máshol eróziós diszkordanciafelületként jelentkezik.
Eocén képződmények (zöld)		Vulkáni képződményekre utaló nagy energiájú, alacsony frekvenciás jelek az aljzatban (több fúrás és a földi és légi mágneses térképek is igazolják a mágneses hatóként szereplő vulkanit meglétét).
Tardi Agyag Formáció (barna)		Kiüresedő vagy rövid jelcsomagokat tartalmazó szeizmikus kép, a felszíne folyamatos, máshol szakadozott reflexiókkal jellegzetes.
Kiscelli Agyag Formáció (kék)		Helyenként nagy amplitúdójú, alacsony frekvenciás jelcsomagok láthatóak, ezek betelepülő mészturbiditokhoz köthetők (Kovács et al., 2020).
Felső oligocén összletek (sötétsárga)		Belseje reflexióhiányos képet mutat, amelyben néha nagy energiájú jelcsomagok találhatók, a teteje egyes helyeken rossz folytonosságú, máshol viszont jól követhető reflexiókkal azonosítható.
Alsó miocén, és azon belül egy horizont (pink)		Erős, de szakadozott reflexiós képet mutat, felszíne a Gyulakeszi Riolituffa, ill. a Salgótarjáni Barnaköszén Formációval azonosított nagy energiájú reflexiókhoz köthető. Felette markáns reflexiós kötegeket tartalmazó miocén összlet található (szelvényeken sárgával jelölve).

feltehetően takarós-rátolódásos szerkezetként értelmezhető, ezt viszont későbbi tektonikai folyamatok felülírhatták, amint ezt a szelvény értelmezése is tükrözi.

A szelvény nyomvonalát az 5. ábrán tüntettük fel. A vonal egy jelentős gravitációs ható felett húzódik (barna színnel jelölve), amelynek a térképen megjelenő anomáliáját a szelvény DK-i részén található, kiemelt helyzetű szerkezet magyarázza.

A szeizmikus szelvényeken megkülönböztetett képződmények-, és az azokat elválasztó határfelületek (vagyis az értelmezett horizontok) reflexiók jellemzőit, és a megjelenítés során használt színüket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

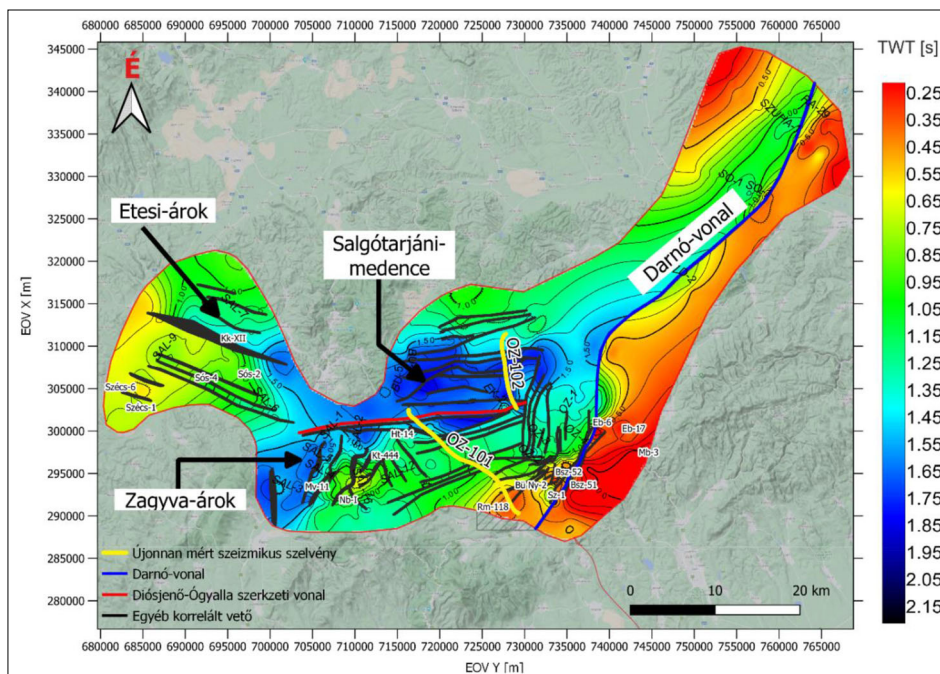
### 5.2. A terület általános szerkezeti képe

A szeizmikus értelmezés a 6. ábrán feltüntetett földtani alakulatok egységes értékelésének eredményét jeleníti meg. A 3. ábrán zöld poligonon jelölt nagyobb területen átnézetes értelmezést, azon belül a szürke poligonon jelzett kisebb térrészen pedig részletes értelmezést végeztünk. A 6. ábra az átnézetes értelmezés eredményeképpen készült pretercier aljzat időtérképét tartalmazza, ami az aljzat morfológiáját, és a jellegzetes szerkezeti irányokat mutatja meg nagy vonalakban. Ennek a tágabb területnek a vizsgálatát alapvetően a Darnó-vető (vagy vonal) ÉK felé történő lefutásának szeizmikus szelvényeken történő azonosítása indokolta. A Darnó-vetőt a DNy–ÉK irányú, vastag, sötétkék, enyhén hajladoszó vonal szemlélteti. A terü-

let közepén található, Ny–K-i csapású, pirossal jelölt vető a Diósjenő–Ógyalla-vonallal feleltethető meg. (A Magyarország prekainozoos földtani térképén (Haas et al. 2010) feltüntetett nyomvonalukkal való összevetés az 1. ábra segítségével tehető meg.)

Az átnézetes pretercier aljzat térkép alapján (6. ábra) levonható következtetések a következők.

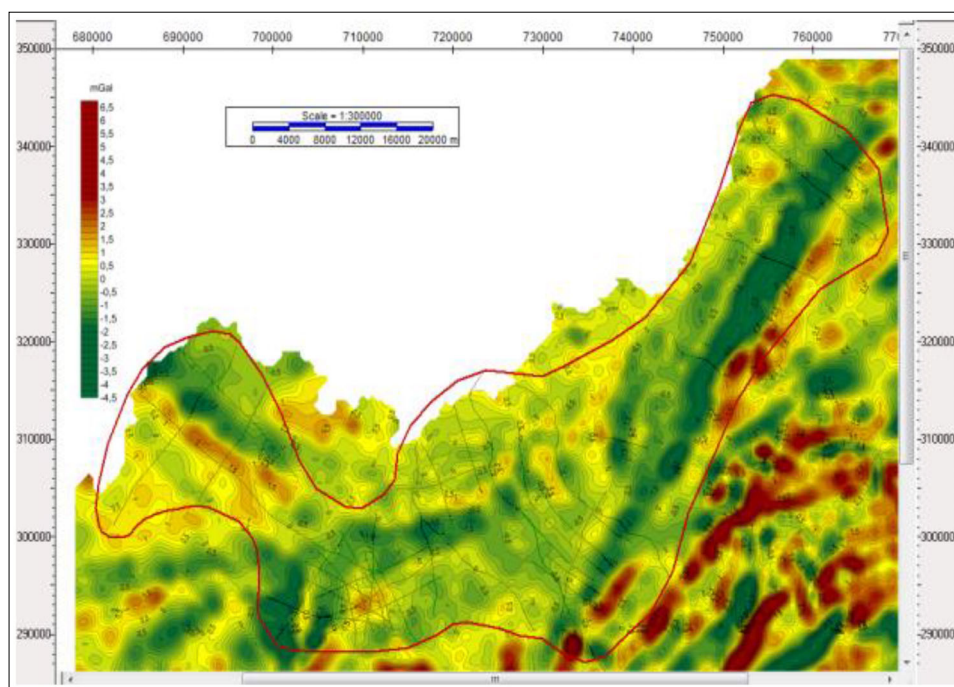
Az aljzat időmélysége (kétszeres idő: TWT) a teljes területen jelentős különbséget mutat: 0,2–2,2 s közötti időintervallumban mozog, ez 3000 m/s átlagsebességet feltételezve, 300–3300 méter közötti mélységtartományt jelent. Megállapítható, hogy az aljzat a Darnó-vonaltól keletre kiemelt helyzetben van, a vető nyugati oldalán pedig jelentős elvetéssel, mélyebbre kerül. Az elvetés mértéke szeizmikus kétszeres időben mérve TWT = 0,4–0,8 s, ez a korábbi átlagsebességgel számolva 600–1200 méter elvetési magasságot tesz ki. A terület mélységtartományára és a Darnó menti elvetési magasságra vonatkozó becsléseinket alátámasztja a Darnó-vonal és a Salgótarjáni-medence területeivel foglalkozó tanulmányban (Kovács et al. 2020) szereplő prekainozoos aljzattérkép is, amely szeizmikus mélységszelvények értelmezése alapján született, és hasonló morfológiát mutat. A Darnó-vonal menti nagy szintkülönbséget egy markáns, ÉNy irányú rátolódás okozza, amelyet a következőkben részletesen analizálunk. A terület legmélyebb része a térképen (6. ábra) sötétkék színekkel megjelenő Salgótarjáni-medence, amelyet Ny–K irányú szerkezeti vonalak szabdalnak. Ennek a mélyzónának a folytatása Ny felé az Etesi-árok,



**6. ábra** A pretercier aljzat átnézetes szerkezeti időtérképe (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,1 s). Az alaptérkép: műholdas domborzatábrázolás. *Jelmagyarázat:* piros vastag vonal: Diósjenő–Ógyalla-vonal; sötétkék vastag vonal: Darnó-vonal; vastag fekete vonalak: vető metszések; vékony fekete vonalak: a térkép szintvonalai; sárga vonalak: új szeizmikus szelvények nyomvonala

**Figure 6** Structural sketch of the pre-Tertiary basement (TWT, contour interval: 0.1 s). The basemap shows satellite topography. *Legend:* red thick line: Diósjenő–Ógyalla-line; darkblue thick line: Darnó-line; thick black lines: fault cuts; thin black lines: contours of map; yellow lines: traces of new seismic profiles



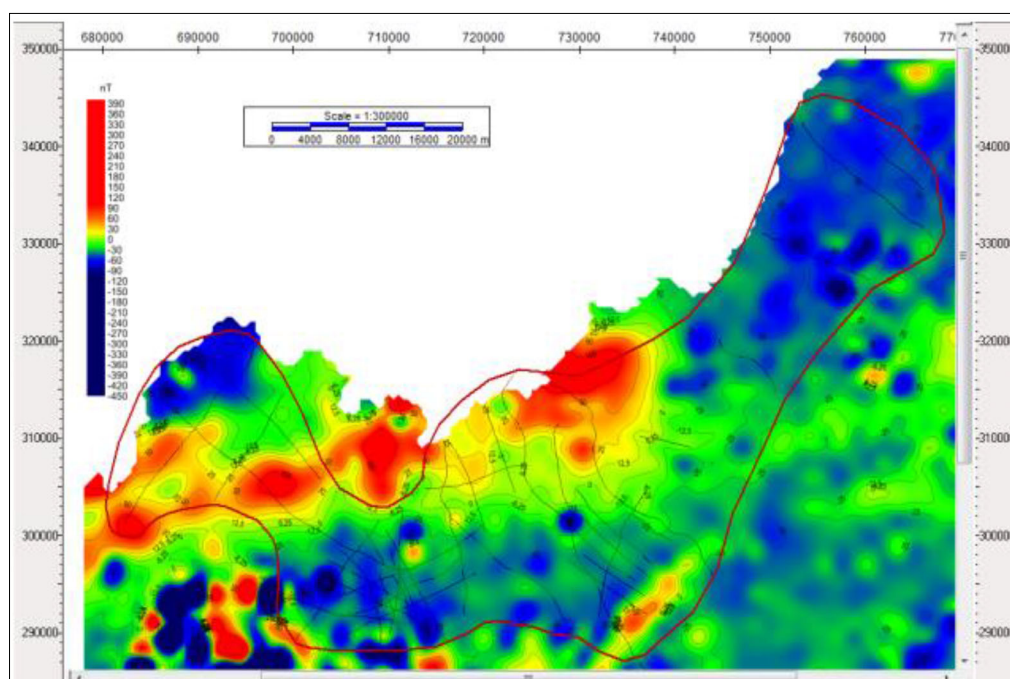


7. ábra Gravitációs szűrt Bouguer-anomália-térkép ( $h = 1300$ ) (Kiss 2014)

Figure 7 Filtered Bouguer anomaly map ( $h = 1300$ ) (Kiss 2014)

amely ezzel 20–25 fokos szöget bezáró, óramutató járásának megfelelő (CW) vetőcsapásirányokat mutat. A Salgótarjáni-medence és az Etesi-árok között található a Zagyva-árok, amelynek a kutatási területre eső része párhuzamos a tőle keletre húzódó, ÉK–DNy irányú vetőrendszerrel, ami az árkot ÉNy felé történő levetéssel létrehozta.

A pretercier aljzattérkép (6. ábra) alapján meghatározható szerkezeti irányok meglétét alátámasztja a 7. ábra 1300 m-es mélységre szűrt gravitációs Bouguer-anomália-térképén megfigyelhető irányítottság (Kiss 2014), amelyen a Diósjenő–Ógyalla- és a Darnó-vonal is a zölddel jelölt negatív anomáliásorokkal esnek egybe. A 8. ábra a területéről készült földi mágneses ( $\Delta Z$ ) térképet (Kiss,



8. ábra Földi mágneses ( $\Delta Z$ ) térkép (Kiss, Gulyás 2006)

Figure 8 Magnetic anomaly map ( $\Delta Z$ ) (Kiss, Gulyás 2006)

Gulyás 2006) tartalmazza, amelyen a Diósjenő–Ógyallónál a pozitív és negatív földi mágnesesség határa tehető (a hideg és a meleg színek határa jelöli ki).

A területen a részletes szerkezeti értelmezés alapján hét tektonikai fázist azonosítottunk, amelyeket az „Összefoglalás” fejezetben közölt 2. táblázatban (ld. 5.5. fejezet) összesítettünk, feltüntetve azok paramétereit (kor, jelleg, az elmozdulás iránya és a csapásirány). Ezek meghatározása az értelmezett szeizmikus szelvények és a vetőkkel szabdalta horizontokról készített térképek szerkezeti jellemzői alapján történt az irodalmi ismeretek figyelembevételével.

A következőkben az így azonosított hét tektonikai fázist és azok jellemzőit igyekszünk bemutatni, a 6. ábrán jelzett négy részterület szerkezeti felépítésének szeizmikus példákön keresztül történő ismertetésével. Ezek a részterületek a következők: 1. A Darnó-vonal és környezete (Darnó Deformációs Öv); 2. A Salgótarjáni-medence és a Diósjenő–Ógyalla-vonal; 3. Etesi-árok; 4. Zagyva-árok.

### 5.3. A részterületek szerkezeti felépítésének ismertetése a szeizmikus értelmezés tükrében

#### 5.3.1. A Darnó-vonal és környezete

##### 5.3.1.1. Darnó-vonal

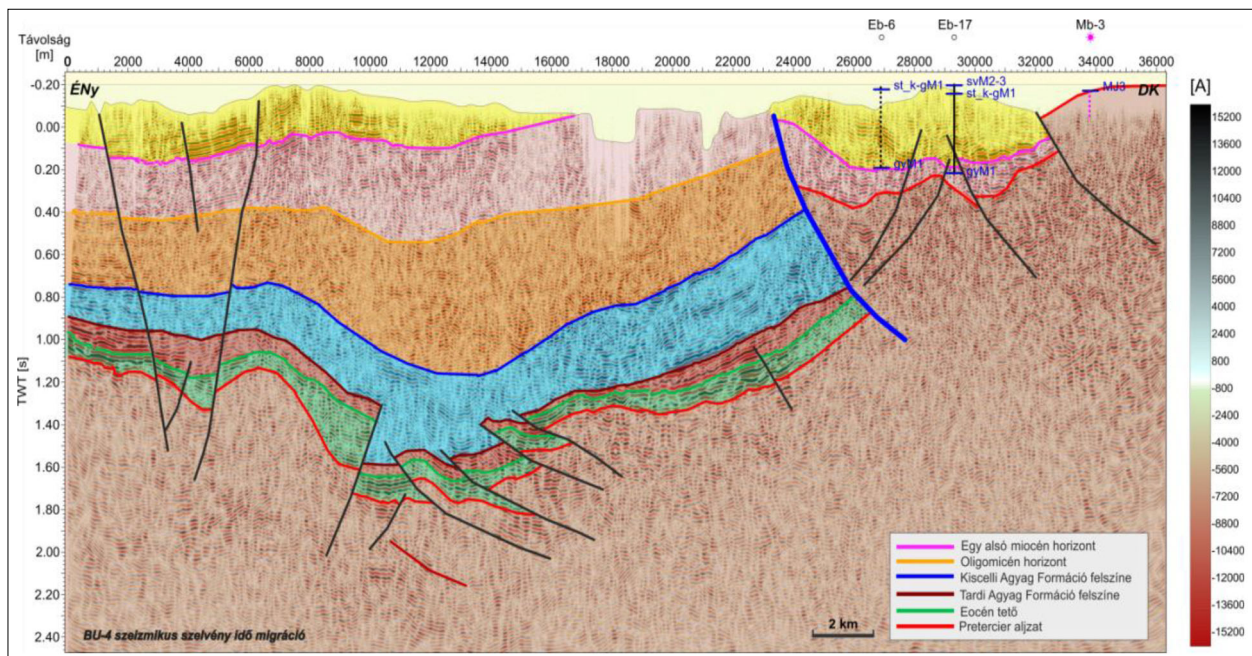
A Darnó-vonal és annak környezete a Darnó Deformációs Öv tipikus példája a többfázisú tektonizmus működésének, amit az alábbi szeizmikus példák jól illusztrálnak.

A BU-4 szeizmikus szelvény (9a. ábra) É–D irányban szeli át a területet, ezért átfogó képet ad a Darnó Deformációs Övről, sőt az attól északra található ellentétes dőlésű vetők helyzetéről is, és a Darnó-vonal menti – fúrási adatokkal is alátámasztott – jelentős rátalódást is szemlélteti.

A szelvény nyomvonalát a 3. és 9b. ábrán tüntettük fel.

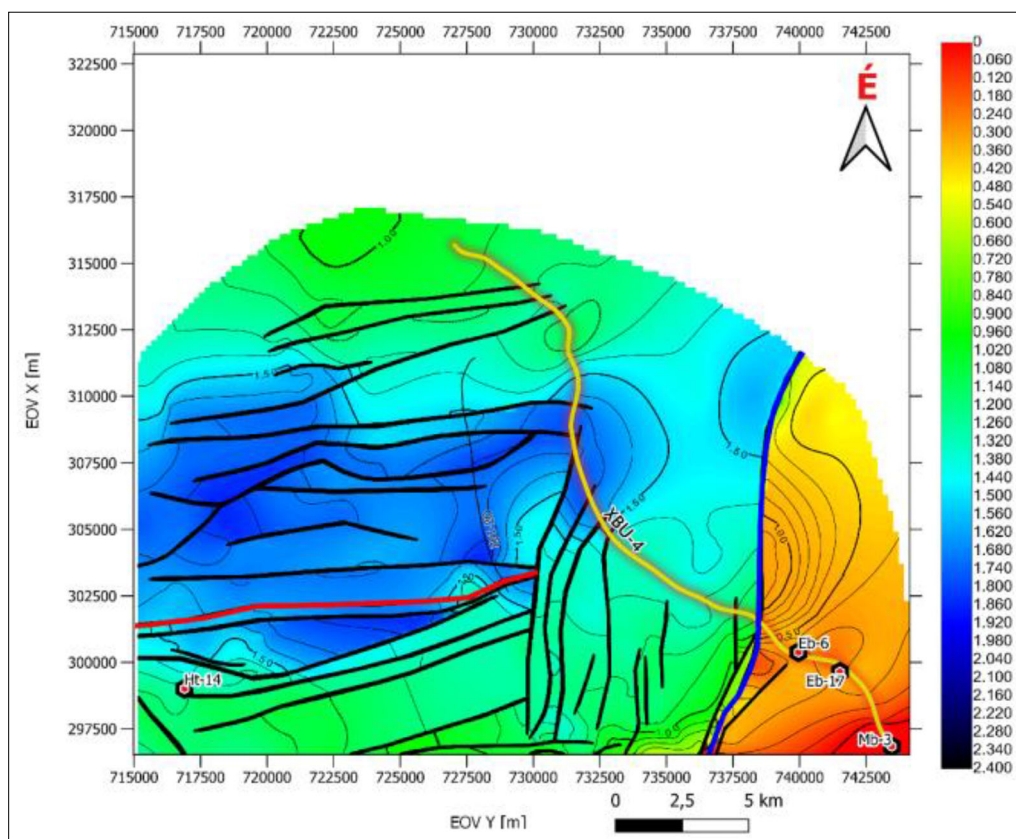
A szelvény a szerkezeti csapásirányokra merőlegesen fut, így a vetőket valós dőlésirányban mutatja meg. A szelvények közel 3-szoros túlmagasítása miatt viszont a vetők dőlésszöge a valóságban laposabb. A szelvény déli végében található Mb-3 fúrás 3 méter (MD) mélységben jelzi a jura Mónosbéli Formációt (a szeizmikus mérés jeltartománya feletti részen), ami azt jelenti, hogy ez a formáció itt gyakorlatilag a felszínen van. Az Eb-6 és Eb-17 fúrások pedig 413 méter és 453 méter (MD) mélységekben alsó miocén Gyulakeszi Riolitufa Formációt fúrtak (ehhez a formációtetőhöz kötöttük a legfelső horizont értelmezését, ld. 5.1. fejezet, 1. táblázat).

A Darnó-vonal két oldalán a szeizmikus kép jelentős eltérést mutat. Míg az északi, levetett részen a nagy amplitúdójú aljzati képződmények fölött egy kiüresedő, máshol pedig rétegzett üledékes összletre utaló szeizmikus képet látunk, addig a Darnó-vonaltól délre a nagy energiájú, kaotikus jelcsomagok dominálnak, aljzati és alsó miocén vulkanikus összletre jellemző reflexiókat mutatva. A különböző reflexiós tulajdonságú képződmények egymás mellé kerülése arra enged következtetni, hogy a Darnó-vonal mentén jelentős mozgások történhettek, amelyek során a pretercier aljzat rátalódott az oligocén képződményekre.



9a. ábra A Darnó-vonal és a hozzá kapcsolódó Darnó Deformációs Öv a BU-4 szeizmikus időszelvény alapján (kétszeres idő, s). *Jelmagyarázat:* színes vonalak: horizontok; fekete vonalak: vetők; vastag sötétkék vonal: Darnó-vonal; karika: aljzatot nem ért fúrás; csillag: aljzatot ért fúrás. *Megjegyzés:* A szelvényen látható ÉNy felé vergáló vetők tartoznak a Darnó Deformációs Övhöz, a tőle északra található, DK felé vergáló vetők a Salgótarjáni-medence részei

Figure 9a Darnó-line and the connected Darnó Deformation Belt demonstrated by BU-4 seismic time section (TWT, s). *Legend:* colored lines: interpreted horizons; black lines: faults; thick darkblue line: Darnó-line; black circle: well not penetrated the basement; star: well penetrated the basement



**9b. ábra** A BU-4 szeizmikus szelvény nyomvonala a pretercier aljzat szintvonalas időtérképén a Darnó Deformációs Övben és a Salgótarjáni-medencében – részlet (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,1s). *Jelmagyarázat:* sárga vastag vonal: szelvény nyomvonala; piros vastag vonal: Diósjenő–Ógyalla-vonal; sötétkék vastag vonal: Darnó-vonal; vastag fekete vonalak: vető metszések; vékony fekete vonalak: a térkép szintvonalai

**Figure 9b** Trace of BU-4 seismic section situated in Darnó Deformation Belt and Salgótarjáni basin presented in the time contour map of pre-Tertiary basement – detail (TWT, contour interval: 0.1 s). *Legend:* yellow thick line: trace of seismic section; red thick line: Doósjenő–Ógyalla-line; dark blue thick line: Darnó-line; thick black lines: fault cuts; thin black lines: contours

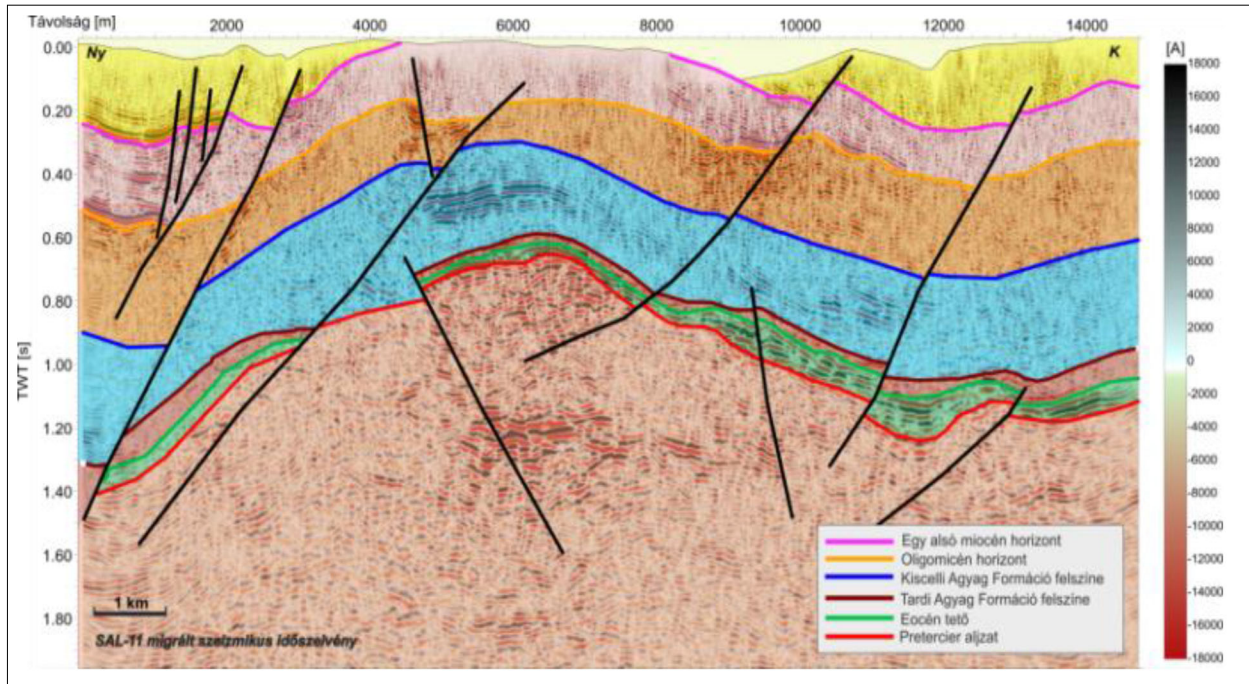
Ezt fúrési adatok is alátámasztják, ugyanis a Darnó-vonal mentén elhelyezkedő, a 6. ábrán feltüntetett Bsz-51 fúrás inverz rétegsort fúrt, amely szerint a jura korú Mónosbéli Formációba majdnem 600 méter vastag Kiscelli Agzag Formáció csípődött be. Ez pedig arra utal, hogy az aljzati rátolódás a kiscelli képződmények korával egyidős vagy annál fiatalabb. A szerkezeti zóna oligocén aktivitását az oligo-miocén üledéksorban megfigyelt gravitációs tömegmozgások is bizonyítják (Báldi, Sztanó 2000), ill. a szerkezeti vonal két oldalának eltérő oligocén kifejlődései és a kapcsolódó szekvenciasztratigráfiai értékelések (Sztanó, Tari 1993) szintén ezt támasztják alá (Kovács et al. 2015 alapján). A Darnó Zónában végzett felszíni szerkezetföldtani terepi mérések során Fodor et al. (2005), a 3. fejezetben ismertetett tektonikai fázisokon belül eggenburgi – kora ottnangi NyÉNy–KDK-i kompressziót, ill. kora ottnangi – középső bádeni ÉÉNy–DDK-i kompressziót is leírt a rá merőleges extenzió mellett, eszerint tehát egy kora miocén korú kompresszió is működött (jelen tanulmányban 5. tektonikai fázisként azonosítva).

Mindemellett a Bsz-51 fúrásban a jura fölött közvetlenül alsó miocén Zagypálfalvai Formáció található. Ez viszont azt jelzi, hogy a Darnó-vonal a kora miocénben vagy nem

sokkal az után extenziósan reaktiválódott, s az így létrejött süllyedés következtében keletkezett térrészbe rakódhattak le az alsó miocén összletek. A kutatástörténeti részben hivatkozott ismeretek is bizonyítják, hogy a Darnó-vonal a miocénben (Schréter 1951), és azon belül is a bádeni kezdetével normálvetős felújulást mutat (Fodor et al. 2005), amelyek a feltételezéseink szerinti 6. tektonikai fázis megnyilvánulásával eshetnek egybe.

### 5.3.1.2. Darnó Deformációs Öv

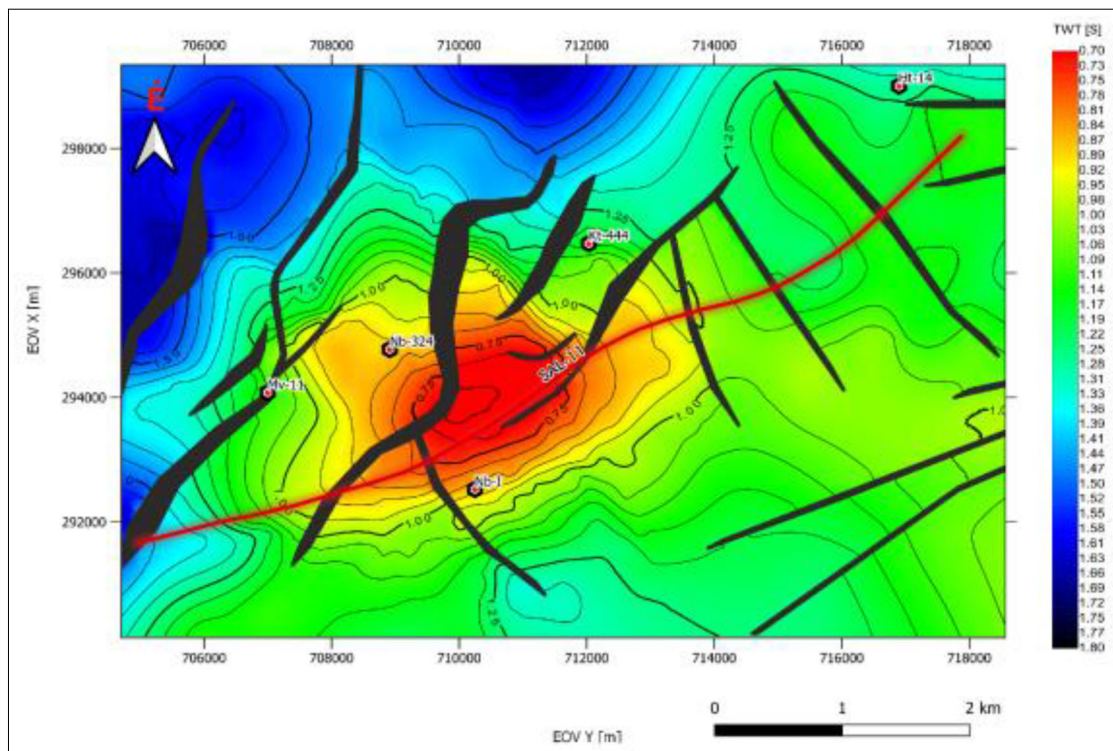
A Darnó Deformációs Öv (2. ábra) menti szerkezeti mozgásokat csak a felszín alatti felületekről készült térképek segítségével érthetjük meg. Ebben ugyanis – feltételezéseink szerint – az erőteljes és egyértelműen megnyilvánuló kompresszió mellett, oldaleltolódásos komponensek is szerepet játszhattak, azokat pedig csak függőleges szelvények mentén nem lehet azonosítani, legfeljebb néhány szerkezeti elem, ill. szelvénybeli kritérium utalhat az oldalirányú mozgásokra (pl. virágszerkezet, a vetők mentén különböző összletek kerülnek egymás mellé, ill. az elvetés nagysága a vető mentén hektikusan változik). Jelen esetben elsősorban térképi kritériumok alapján ismerhető fel az



10a. ábra | SAL-11 jelű szeizmikus időszelvény (kétszeres idő, s). *Jelmagyarázat: színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők*  
 Figure 10a | Seismic time section: SAL-11 (TWT, s). *Legend: colored lines: interpreted horizons; black lines: fault*

oldaleltolódás, amelynek a tipikus geometriai elrendezése hívja fel a figyelmet meglétére és jellegére is. A Darnó menti térségen egy kompresszióval társuló balos oldaleltolódásos

rendszer (transzpresszió) jegyei körvonalazódnak, ami feltehetően a kora kiscelliben volt a legaktívabb (3. fázis).



10b. ábra | A SAL-11 szelvény nyomvonala (pirossal jelezve) a pretercier aljzat időtérképén – részlet (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05s)  
 Figure 10b | Trace of SAL-11 seismic line (marked with red line) presented in the time contour map of pre-Tertiary basement – detail (TWT, contour interval: 0.05 s)

Az oldaleltolódásos komponens bizonyításához a pretercier aljzatról készült átnézeti térképet (6. ábra) hívjuk segítségül. A térképen (6. ábra) a Darnó-vonal (vastag kék vonal) és a Diósjenő–Ógyalla-vonal (vastag piros vonal) közötti térrészen 3 jellegzetes vető csapásirányt látunk: egy É–D-it, egy ÉNy–DK-it és egy NyDNy–KÉK-it. Ha az É–D-i és ÉNy–DK-i irányokat tanulmányozzuk, akkor egy balos oldaleltolódásos rendszer képe rajzolódik ki előttünk, amely egy Darnó-vonallal párhuzamos, ÉÉK–DDNy irányú fő mozgási övezethez kapcsolódó törérendszer lehet. Ebben az esetben tehát, a Darnó-vonal ÉÉK–DDNy irányú fő mozgási zónájához kapcsolódóan kialakulnak a közel É–D irányú szintetikus vagy Riedel-irányok (Riedel 1929) és az ÉNy–DK irányú antitetikus vagy konjugált Riedel-irányok is. Az É–D irányú vetőkre példa a BU-4 szelvény közepén látható 4 rátolódásos vető (9a. ábra), amelyek kora a szeizmikus időszelvény tanúsága szerint kora kiscellinek feltételezhető. A konjugált Riedel-irányú, szintén kompressziós vetőkre pedig a SAL-11 szeizmikus időszelvényen (10a. ábra) találunk példákat (az aljzatot 4500, 9500, 11200 és 13000 méternél harántolva). Ezeknek a vetőknek a kora, amelyek a pretercier aljzatidőtérképen (10b. ábra) ÉNy–DK-i irányban jelennek meg, szintén kora kiscellire becsülhető a szelvénybeli képük alapján, kivéve a szelvényen keleti irányban az utolsó előtti vetőt, amely feltehetően neotektonikusan felújult.

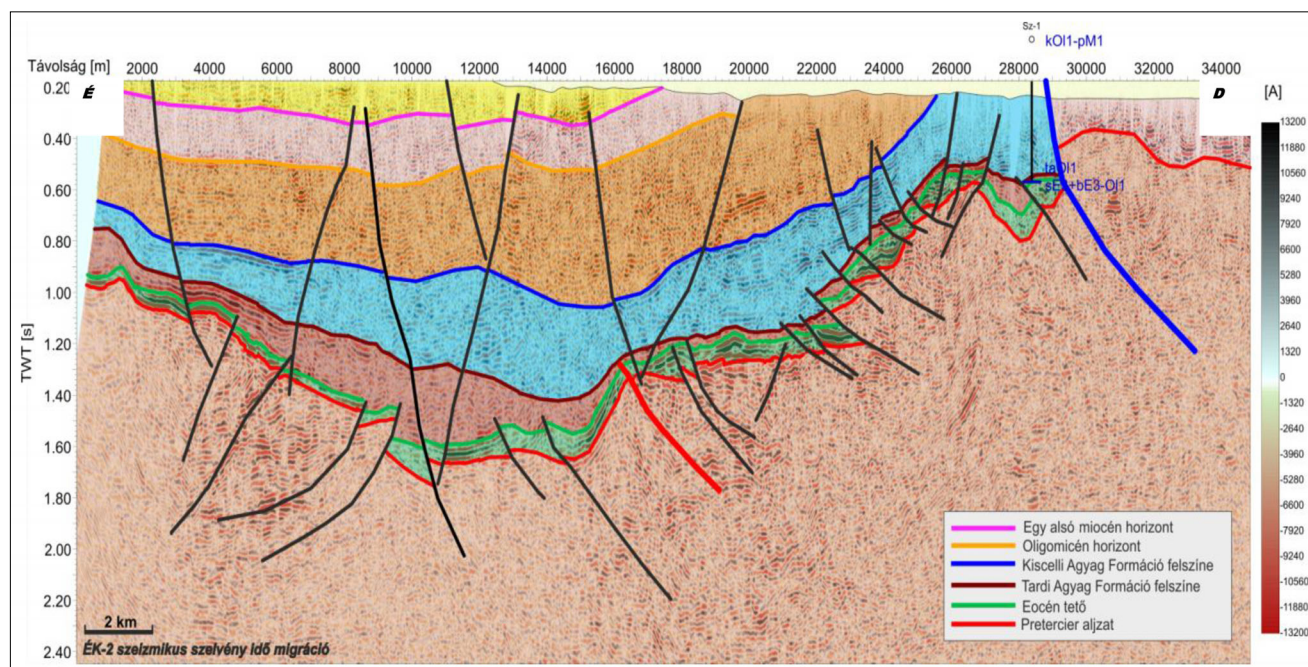
A feltételezett kora kiscelli kor egyik bizonyítéka a szeizmikus megjelenés. A szelvényeken (9a., 10a., 11. ábra) a tárgyalt vetők a Tardi Agyag tetőhorizontot még elmetszik, a felette lévő Kiscelli Agyag tetőhorizontot viszont

már nem. A horizontokról készült szerkezeti térképek összehasonlításával ugyanerre a következtetésre juthatunk, míg a Tardi Agyag tetőről készült térképen (17a. ábra) még megjelennek az említett irányú vetők a Darnó Deformációs Övben, addig a Kiscelli Agyag tetőtérképén (17b. ábra) már nem.

Mivel a Riedel-rendszernek tekinthető Darnó Deformációs Öv – szelvényeken és térképeken tanulmányozható vetőinek mint Riedel-alrendszereknek – kialakulása kora kiscellire tehető, így a fő zóna, vagyis maga a Darnó-vető menti, ÉÉK–DDNy irányú balos oldaleltolódás is kora kiscelli korúnak tekinthető.

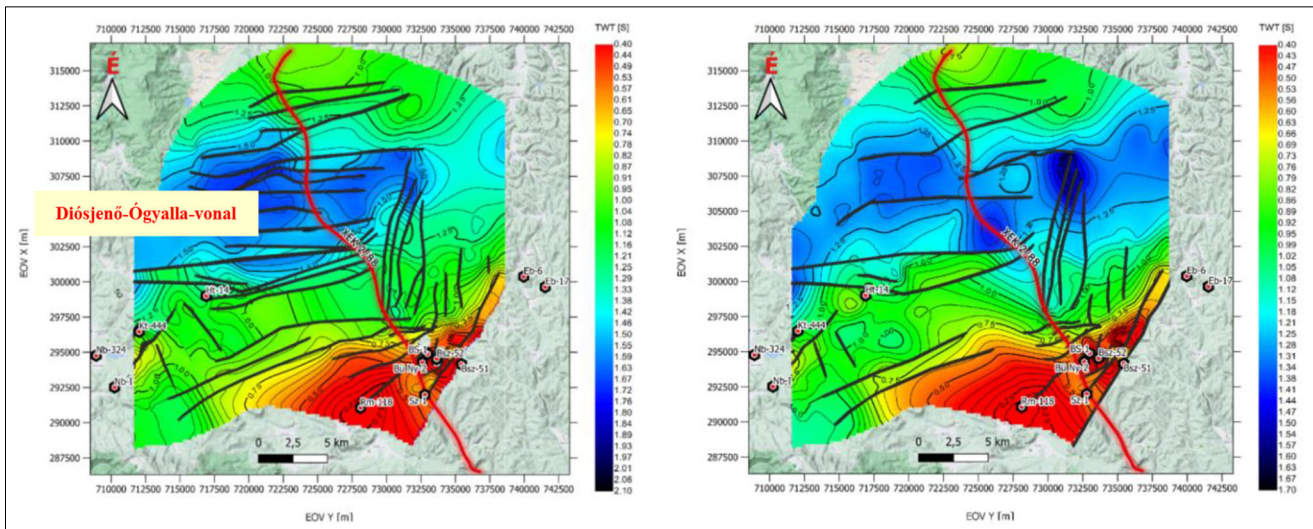
A Darnó menti oldaleltolódásos rendszer balos jellegét az is alátámasztja, hogy a Darnó-vonal keleti oldalán, a kanyarulatban egy süllyedék rajzolódik ki (6. ábra), amely balos oldaleltolódás esetén a vető balra kanyarodása mentén létrejövő ún. „pull apart” medencével azonosítható.

A Darnó Deformációs Övben a vetők harmadik jellemző csapásiránya a már korábban is említett NyDNy–KÉK-i irány (6. ábra), amely nem illeszthető be a Riedel-rendszerbe. Ennek kialakulására a következő magyarázat adható. Egyrészt ezek a vetők mindegyike rátolódás, amely ÉNy–É felé vergál, ezt igazolja az ÉK-2 szelvény (11. ábra) középső-déli részén látható vetőrendszer képe azok térképi ábrázolásával összevetve (12a.,b. ábra). Másrészt ezek a vetők is kora kiscelli korúak (mert vagy metszik a tardi tetőt, vagy felfelé harapódzó vetőként deformitást okoznak abban), viszont csapásirányuk nem illeszkedik bele az említett balos rendszerbe. Ennek az lehet az oka, hogy a kora kiscelliben jellemző feszültségtér



11. ábra | SAL-11 jelű szeizmikus időszelvény (kétszeres idő, s). Jelmagyarázat: színes vonalak: értelmezett horizontok; A kutatási területet É–D irányban átszelő ÉK-2 szeizmikus időszelvény (kétszeres idő, s). Jelmagyarázat: fekete vonalak: vetők; vastag sötétkék vonal: Darnó-vonal; vastag piros vonal: Diósjenő–Ógyalla-vonal fekete vonalak: vetők

Figure 11 | Seismic time section: ÉK-2 crossing the exploration area in N–S direction (TWT, s). Legend: black lines: faults; thick darkblue line: Darnó-line; thick red line: Diósjenő–Ógyalla-line



**12a. ábra** Az ÉK-2 szelvény nyomvonala (piros vonallal jelölve) az eocén tető időtérképén a Darnó Deformációs Övben és a Salgótarjáni-medencében (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05s)

**Figure 12a** Trace of ÉK-2 seismic section (marked with red line) presented in the Top Eocene time contour map of Darnó Deformation Belt and Salgótarjáni basin (TWT, contour interval: 0.05 s)

**12b. ábra** Az ÉK-2 szelvény nyomvonala (piros vonallal jelölve) a Tardi Agyag tető időtérképén a Darnó Deformációs Övben és a Salgótarjáni-medencében (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05s)

**Figure 12b** Trace of ÉK-2 seismic section (marked with red line) presented in the time contour map of Top Tardi Clay of Darnó Deformation Belt and Salgótarjáni basin (TWT, contour interval: 0.05 s)

egy meglévő gyengeségi zónát újított fel. Ez a gyengeségi zóna az 1. tektonikai fázis: középső kréta alpi orogenezis ÉNy-É felé vergáló rátolódásainak a takaró frontja lehetett. Ez a gyengeségi zóna újulhatott fel a késő eocén – kora kiscelli (2. és 3. fázis) időszakában, amikor a feszültségtér kompressziós vektora közel ÉNy-DK irányú volt, mint ahogy ezt Fodor et al. (2005) terepi mérései is igazolják.

Ugyanez a kompressziós vektor – ahol nincs felújítható gyengeségi zóna, és a tágulásnak inkább van lehetősége oldalirányban megtörténnie, semmint felfelé – oldaleltolódást hoz létre. Egy ÉNy-DK irányú maximális főfeszültség (kompressziós vektor) és egy vízszintes síkban ható merőleges, vagyis ÉK-DNy irányú minimális főfeszültség (extenziós vektor) egy, a Darnó-vonallal párhuzamos ÉÉK-DDNy-i csapású zóna mentén éppen egy balos és ráadásul kompresszióval társuló, tehát transzpressziós oldaleltolódást tud létrehozni (azért érvényesül erőteljesebben a kompressziós hatás, mert az ÉNy-DK irányú kompressziós vektor a derékszöget közelítő szöget zár be az ÉÉK-DDNy csapásiránnyal).

*Tehát a NyDNy-KÉK-i csapású rátolódások ugyanannak a feszültségtérnek a következményei lehetnek, mint a balos rendszer Riedel-irányú vetői, csak előbbi esetben egy meglévő gyengeségi zóna mentén történt a felújulás.*

*Fontos megjegyezni, hogy az általunk közölt szeizmikus értelmezés alapján kora kiscellinek adódó, kompresszióval társuló balos oldaleltolódás – a 3. tektonikai fázis – csak egy állomás lehetett a Darnó Deformációs Öv szerkezeti fejlődésében, hiszen ez a mozgás is korábbi tektonikai hatások által létrehozott gyengeségi zónák mentén mehetett végbe (1. fázis). Sőt, későbbi korokban is felújulhatott, amint erre a*

*Darnó-vonal értékelésekor kitértünk, az 5., és 6. fázisokra történő utalásokkal.*

A teljes területen meghatározott hét tektonikai fázis mindegyike (részben vagy egészben) – nagy valószínűség szerint – a Darnó Deformációs Övben is érvényesült. Feltehető tehát, hogy a Darnó-vonal és környezete jelenlegi struktúráját egy többszörösen felújuló tektonikai rendszer hozta létre. Ezt támasztja alá Fodor et al. (1999) tanulmánya is, melyben egy Ny-K-i tengelyű, ismétlődő jobbos transzpressziót ír le az AICaPa egységen belül, az eocén – kora miocén (ottnangi) során. Elképzelhető, hogy a Darnó Öv menti balos transzpresszió ennek a nagy rendszernek volt egy antitetikus alrendszere.

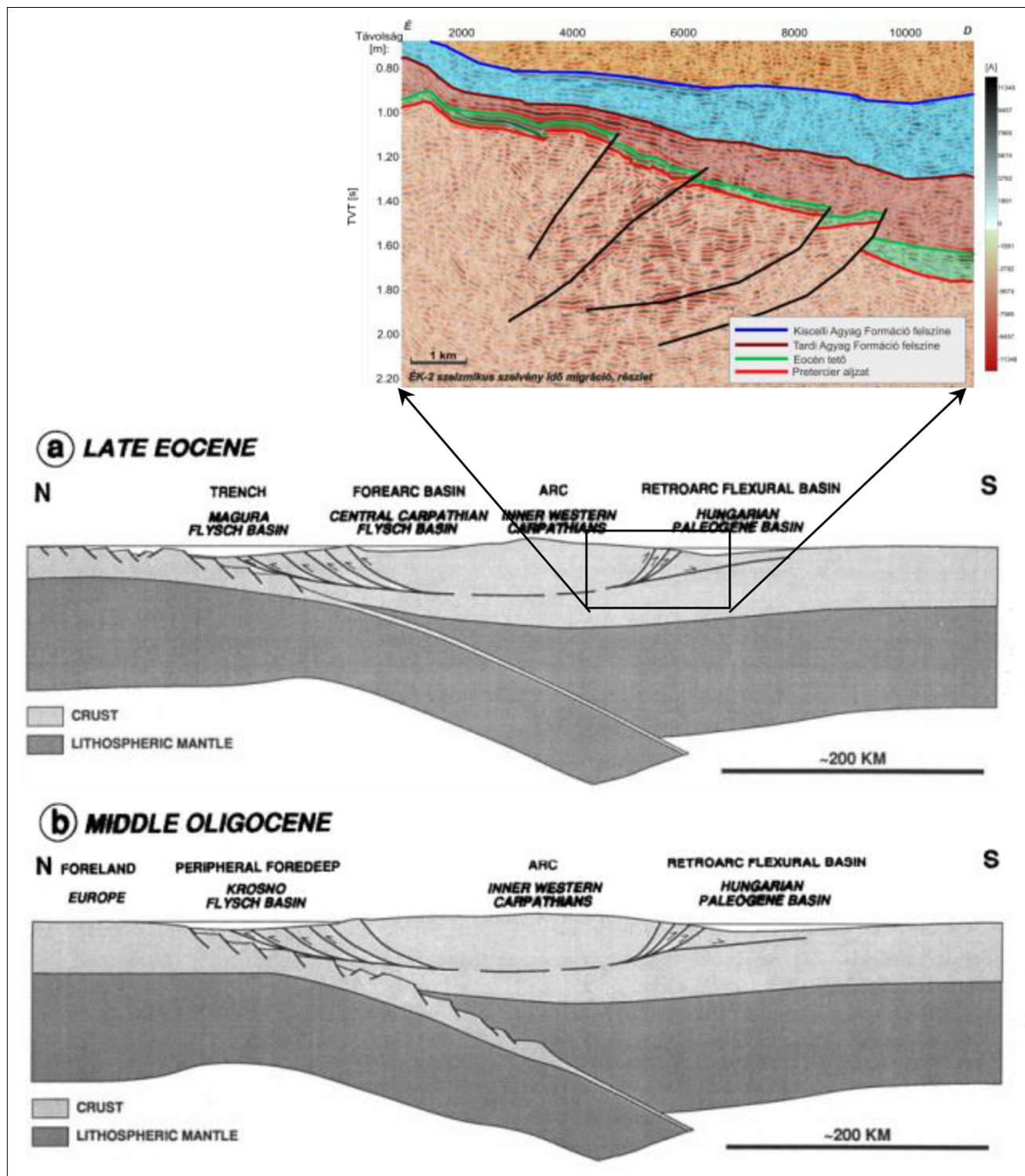
### 5.3.2. A Salgótarjáni-medence és a Diósjenő-Ógyalla-vonal

Az ÉK-2 szeizmikus szelvény (11. ábra) szintén keresztezi a Darnó Deformációs Övet, észak felé pedig feltárja a Salgótarjáni-medencét is, kifizva annak az északi peremére. A szelvény közepén látható piros rátolódás – amelyhez két fiatalabb vetőág is kapcsolódik – felel meg az 1. ábrán (Haas et al. 2010) zölddel, a 6. ábrán pirossal jelzett Diósjenő-Ógyalla-vonálnak. Ez a vetőhármás a területen hosszasan végigkövethető Ny-K-i irányban. Értelmezésünk szerint a Diósjenő-Ógyalla-vonal egy É felé vergáló, középső-késő kréta rátolódás (1. fázis), későbbi (késő eocén – kora tardi, netán kora kiscelli) felújulása. Ettől északra megjelenik néhány hasonló jellegű és korú vető is (12a. ábra).

A vetők korolását az alábbi két megállapításra alapozzuk:

– Az ÉK-2 szelvény (11. ábra) közepén pirossal jelölt Diósjenő–Ógyalla-vetőtől délre van néhány É felé vergáló rátolódás, amely csak megközelíti a tardi tetőt, de azt nem metszi el, a vetők felett viszont kisebb redő látható a szeizmikus időhorizontban. Ezek a rátolódások

az ún. felfelé harapódzó vetők következményei lehetnek (*fault propagation folds*), s ezek kora annak ellenére kora kiscellinek minősíthető (3. fázis), hogy a tardi tetőhorizontot nem metszik el, abban csak deformitást okoznak (Héja Gábor szóbeli közlés).



13. ábra (alul) Tari et al. (1993) elvi szelvénye a Nyugati-Kárpátok kompressziós ívének fejlődéséről a késő eocénban (a) és a középső oligocénban (b); (felül) ÉK-2 szeizmikus szelvényrészlet, a D felé vergáló, kora tardi korú rátolódásokkal

Figure 13 (lower panel) Principal section demonstrating the development of Western Carpatian compressional arc during Late-Eocene (a) and Middle-Oligocene (b); (upper panel) ÉK-2 seismic section (detail) displaying the southward directed Early-Tardi thrusts

– A Diósjenő–Ógyalla-vonal késő eocén – kora tardi felújulására utal, hogy a pretercier aljzatterképen (6. ábra), és az eocén tetőtérképen (12a. ábra) is látható a nyomvonala (az utóbbin egy rövidebb szakasza). Bár a 12b. ábra tanúsága szerint a tardi tetőt már nem metszi, de az előző megjegyzés alapján egy kora kiscelli korú felújulás sem kizárt.

Az ÉK–2 szelvény (11. ábra) jól szemlélteti a Salgótarjáni-medence két oldalán található vetők ellentétes dőlését. Míg a Darnó Deformációs Öv vetői egyértelműen észak felé vergáló rátolódások, addig a medence északi oldalán délies rátolódású vetők jelennek meg, mint ahogy ez, a területet szeizmikus mélységszelvények alapján elemző részletes tanulmányból is kiderül (Kovács et al. 2020). A két vetőrendszer a medence legmélyebb zónájában találkozik, egy jóval fiatalabb tektonizmus virágszerkezetével elválasztva. Az ÉK–2 szelvény nyomvonalát két különböző reflexiós horizontról készült időtérképen is bemutatjuk (12a.,b. ábra) a vetőmetszések összehasonlítása végett. A Darnó Deformációs Övben az „Eocén tető időtérképe” (12a. ábra) szinte azonos képet mutat a „Tardi Agyag tető időtérképével” (12b. ábra), ami a vetők számát, és ÉÉK–DDNy irányú lefutását illeti. Északabbra, a Salgótarjáni-medencében viszont, főleg annak az északi peremén, jóval sűrűbb a Ny–K-i csapású vetők hálózata az eocén tetőről készült szeizmikus időtérképen (12a. ábra), a tardi tetőről készült térképpel (12b. ábra) összehasonlítva. Ez annak lehet a következménye, hogy míg a Darnó Deformációs Övben és a Salgótarjáni-medencében az eocén tetőt átmetszik a vetők a szeizmikus szelvény tanúsága szerint (11. ábra – ÉK–2 szelvény), addig a tardi tetőt már csak a Darnó Deformációs Övben szelik át, az északi részen viszont el sem éri azt, vagyis az északi részen feltehetően idősebbek a rátolódások. Az értelmezett időhorizontok kora alapján arra következtethetünk, hogy az északi perem rátolódásai késő eocén – kora tardi korúak (2. fázis), míg a déli peremen ennél fiatalabbak, kora kiscelliak lehetnek (3. fázis), (hiszen ott a tardi tető korában még működtek).

Felmerül a kérdés, hogy vajon mi okozhatta a Salgótarjáni-medence peremén ezt a jelentős, közel 180 fokos fordulást a vetők rátolódási irányában, amely – részben – korban is elkülönül egymástól?

A 13. ábra felső része az ÉK–2 szelvény északi szegmensének nagyított változatát tartalmazza, alatta pedig a Paleogén-medence fejlődési mechanizmusát szemléltető ábra szerepel Tari et al. (1993) alapján. Az említett tanulmány szerint a Paleogén-medence a Nyugati-Kárpátok hátterében, az Európai tábla déli irányú szubdukciójával egy időben kialakuló kompressziós, visszatörölődésos-rövidülésszerű medence (*retroarc flexural basin*) modelljével írható le, mint ahogy arra a földtani áttekintés során is utaltunk.

Az ÉK–2 szelvényrészleten látható D felé vergáló kora tardi rátolódások erős hasonlóságot mutatnak a Tari et al. (1993) által közölt, a Paleogén-medence északi részén megjelenő, D-DK felé vergáló flexurális vetőkkel (13. ábra). A rátolódások Ny–K-i csapásiránya és a megfeleltethető

kor is azt sugallja, hogy a kutatási területen, a Salgótarjáni-medence északi peremén a fenti modell működik, amint erre már Püspöki, Szentpétery (2015) és Kovács et al. (2020) is rámutatott.

Más a helyzet a medence depocentrumában, a virágszerkezetként megjelenő fiatal vetőtől délre található térrészen, ahol minden rátolódás észak felé vergál (11. ábra – ÉK–2 szelvény). Itt a Darnó-rendszer a mérvadó, aminek tipikus jegyei elsősorban a Diósjenő–Ógyalla-vonaltól délre mutatkoznak meg.

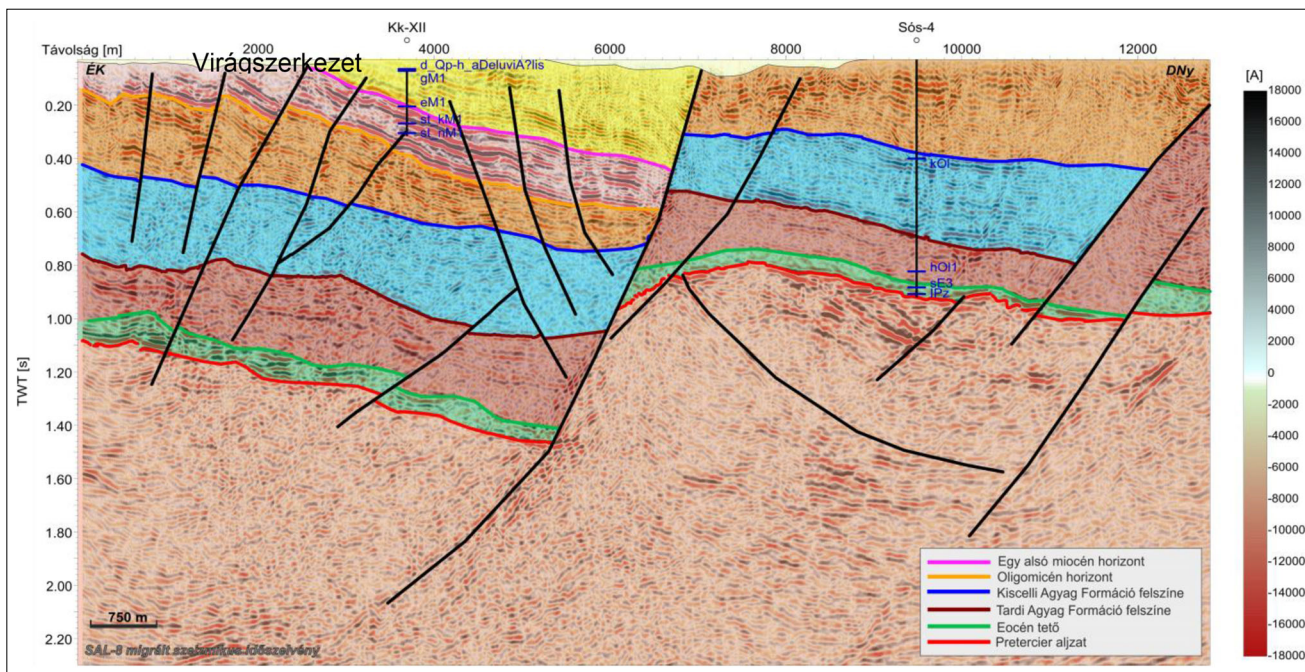
### 5.3.3. Etesi-árok

Az Etesi-árok a kutatási terület ÉNy-i részén található, a térképeken a legszélesebb nyomvonalú, NyÉNy–KDK irányú vető által észak felé levetett térrészen (6., 16a.,b. ábra). A vető menti jelentős leszakadást jól szemlélteti a SAL–8 szelvény (14. ábra), amelynek a 16a. ábrán feltüntetett nyomvonala az árokra merőleges (a vető a szelvény közepén látható, a vízszintes skálán 7000 m-nél indulóan, ívelten halad lefelé). A SAL–8 szelvény (14. ábra) értelmezését két bevetített fúrás adatai támasztják alá, az egyik az árok részen mélyült Kk–XII fúrás, amelyik csak alsó miocén összetekert harántolt, és azokban is állt meg (ilyen az Egyházasegryei Formáció, amely a legfelső értelmezett horizont: a Salgótarjáni Barnaköszén Formáció fedője), a másik pedig az ároktól délre található Sós–4 fúrás, amely pretercier aljzatot ért. A Sós–4 fúrásban az aljzat kora paleozoos, felette eocént, arra vékonyan települő Hárshegyi Homokkővet és vastag Kiscelli Agyagot harántolt, viszont a Tardi Agyag hiányzik a fúrás rétegsorból. A fúrásleírás viszont a kiscelli aljában Tardi Agyagra utaló elmárgásodott képződmények jelenlétére is utal (Kovács Zsolt szóbeli közlése alapján), ráadásul a reflexiós képen is megfigyelhető egy jellegváltás a zölddel jelölt eocén tető és a kékekkel azonosított kiscelli tetőhorizontok közötti térrészen belül (14., 15. ábra). Ezért a Tardi Agyag tetőt, a szeizmikus jelleg alapján (1. táblázat) ezen a részterületen is értelmeztük.

A SAL–8 szelvény (14. ábra) közepén lévő nagy extenziós vetőtől délre egy észak felé vergáló takarós rátolódást látunk az aljzatban (1. tektonikai fázis), a szelvény északi részén pedig feltehetően egy oldaleltolódás virágszerkezetének ágai figyelhetők meg.

A SAL–8 jelű szelvény (14. ábra) – amelynek nyomvonala a 16a. ábrán látható – párhuzamos a SAL–9 jelű szelvényvel (15. ábra), amely az Etesi-árok peremvetőjét szintén dőlésirányban metszi (16b. ábra). Ezen a szelvényen is megjelennek az aljzatban É felé vergáló rátolódások (és azok ellenárai is), amelyek az 1. tektonikai fázis meglétére utalnak. A peremvető csapásirányával párhuzamosan több vető is átszeli a területet. Ilyenek a SAL–8 és SAL–9 szelvény É-i részén található vezetőzóna ágai, amelyek a SAL–9 szelvényen (15. ábra) egyértelműen egy gyökérszónában futnak össze (csapásuk párhuzamos a peremvetővel). Ezek a vetők egy virágszerkezet képét mutatják, ami oldaleltolódásos komponens meglétét jelzik. A



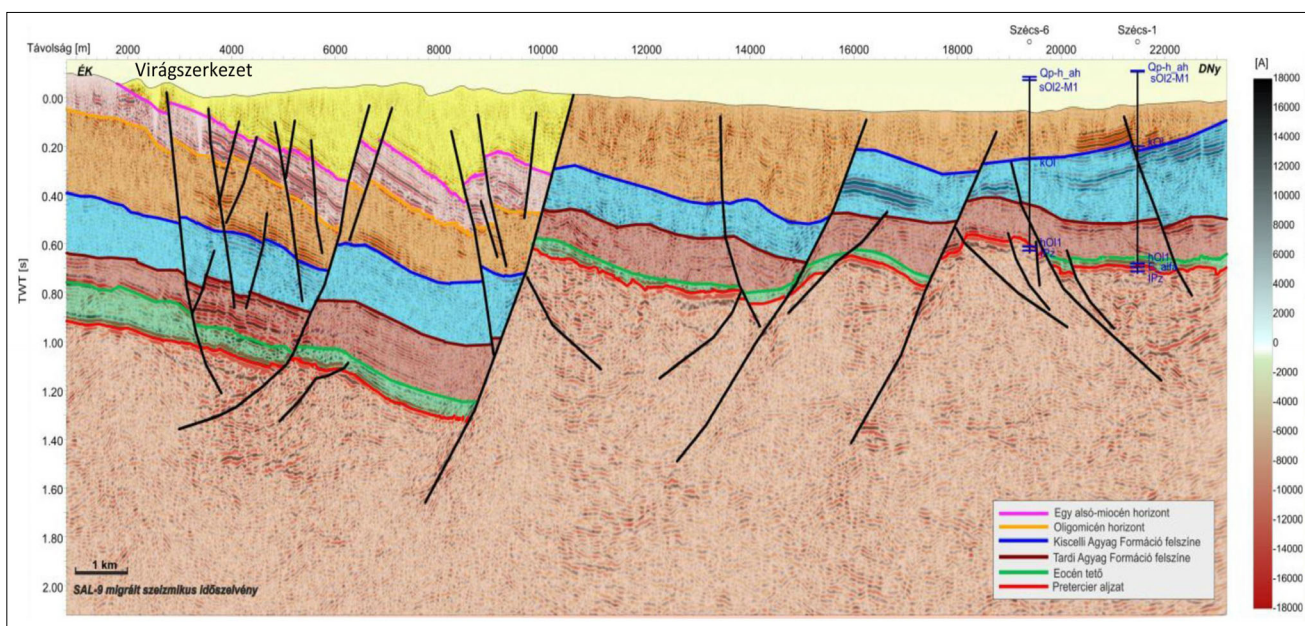


14. ábra | SAL-8 jelű szeizmikus időszelvény, amely az Etesi-árokra merőleges (kétszeres idő, s). *Jelmagyarázat:* színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők

Figure 14 | Seismic time section: SAL-8 (TWT, s), which is perpendicular to the strike direction of Etesi-Trough; *Legend:* colored lines: interpreted horizons; black lines: faults

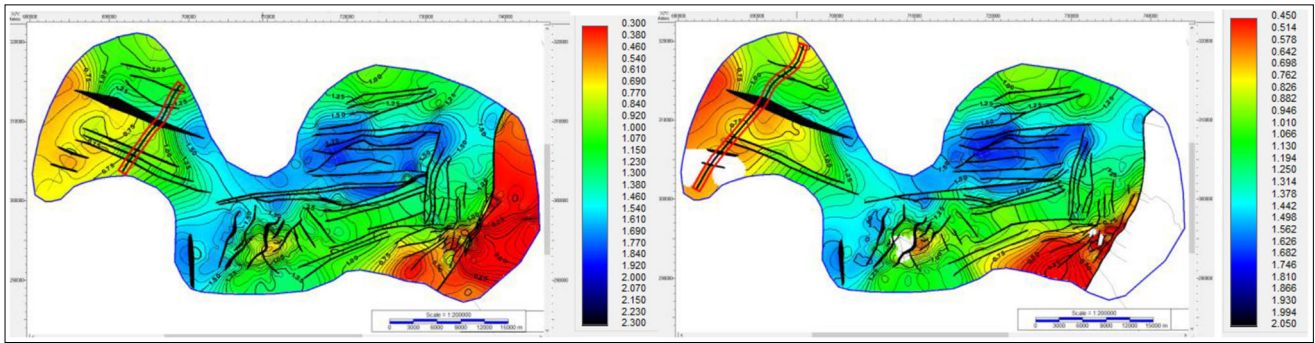
SAL-9 (15. ábra) szelvényen a virágszerkezeten belül kompressziós jelenségek is megfigyelhetők (sötét sárga színű oligo-miocén horizont és pink színű alsó miocén horizont a szelvény 2000–10000 m közötti szakaszán). Ez a kompresszió feltehetően az Etesi-árkot létrehozó extenzió fiatalabb, feltételezésünk szerint kora miocén korú

(5. tektonikai fázis), de lehetséges, hogy a késő miocén inverzió is érezteti a hatását, amelynek nyomai az egész Kárpát-Pannon térségben ismertek (Horváth 1995) (7. tektonikai fázis). Az említett nagy peremvetőtől DNy-ra található, szintén NyÉNy–KDK-i csapású – a felszínen 16000 m-nél látható – vető is extenziós karakterrel je-



15. ábra | SAL-9 jelű szeizmikus időszelvény, amely az Etesi-árokra merőleges (kétszeres idő, s). *Jelmagyarázat:* színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők

Figure 15 | Seismic time section: SAL-9 (TWT, s), which is perpendicular to the strike direction of Etesi-Trough; *Legend:* colored lines: interpreted horizons; black lines: faults



**16a. ábra** A SAL-8 jelű szeizmikus szelvény nyomvonala (pirossal jelezve) a pretercier aljzat szerkezeti időtérképén (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05 s)

**Figure 16a** Trace of SAL-8 seismic profile (marked with red line) presented in the structural time contour map of pre-Tertiary basement (TWT, contour interval: 0.05 s)

**16b. ábra** A SAL-9 jelű szeizmikus szelvény nyomvonala (pirossal jelezve) az eocén tető szerkezeti időtérképén (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05 s)

**Figure 16b** Trace of SAL-9 seismic profile (marked with red line) presented in the structural time contour map of Top Eocene (TWT, contour interval: 0.05 s)

lentkezik (15. ábra), viszont a vető mentén az egymáshoz tartozó összletek vastagsága különféleképpen változik meg. Ez szintén oldaleltolódásra utal, vagyis valószínűleg a kettő kombinációjából adódóan egy transzzenziós jelenséggel van dolgunk (4. tektonikai fázis).

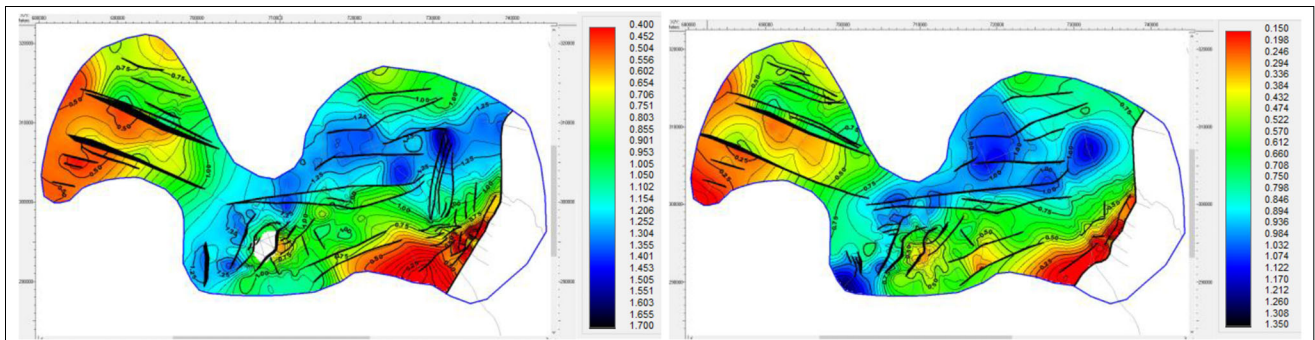
A SAL-9 szelvény (15. ábra) menti összleteket a Szécs-1 és -6 fúrások harántolták. Mindkettő pretercier aljzati paleozoikumot fúrt, de míg a Szécs-1-ben eocén andezitet találtak, addig a Szécs-6-ban az eocén hiányzik, mint ahogy ezt a 16b. ábra eocén tetőtérképe is szemlélteti. Minden bizonnyal itt az eocén kiékelődött (az ábrán fehér folt jelöli), amit a SAL-9 szelvényen látható szerkezeti kép is alátámaszt.

A 16a. ábrán látható pretercier aljzattérképet tanulmányozva megállapítható, hogy a terület keleti és középső részén a fő szerkezeti irányok közelítőleg É-D-i, Ny-K-i és ÉÉK-DDNy-iak, de az Etesi-árokban ettől markánsan eltérő, NyÉNy-KDK-i az uralkodó szerkezeti irány. Az Etesi-árok is extenziós medence csakúgy, mint a kutatási terület közepén található Zagyva-árok, amelynek a fő vetői viszont ÉÉK-DDNy, ill. ÉK-DNy irányúak (6. ábra). Ha azzal a feltételezéssel élünk, hogy a két árok egyidős –

amint azt a szeizmikus kép sugallja –, akkor nem találunk magyarázatot arra, hogy az ezeket létrehozó normál vetők csapásiránya miért közel merőleges egymásra, hiszen a feszültségtér minimális főfeszültsége azonos irányú tágu-lási zónákat tudott volna eredményezni azonos korokban. Mivel az Etesi-árok jelentős elvetési magasságokat mutat (500–700 ms közötti, ami  $v = 3000$  m/s átlagsebességgel számolva 750–1050 métert jelent), ezért feltehetően nem értelmezhető transzfer vetőként (két extenziós medence közötti átlépésként). Így arra kell következtetnünk, hogy a két árok nem azonos korú. A továbbiakban megpróbáljuk tisztázni a két árok egymáshoz való viszonyát, helyeztük és korukat is tekintve.

Megvizsgálva – az alábbiakban – a területen értelmezett szerkezeti időtérképeket sorrendben felfelé haladva, egy Ny-K csapású, késő oligocén korú, jobbos eltolódás képe rajzolódik ki előttünk (4. tektonikai fázis). Ennek szemléltetésére bemutatjuk az eocén tető felett értelmezett még két horizontról, a tardi és a kiscelli tetőkről (17a.,b. ábra) készült időtérképeket is.

Az eocén tető időtérképe (16b. ábra) jelentős egyezést mutat a pretercier aljzatról készült időtérképpel (16a.

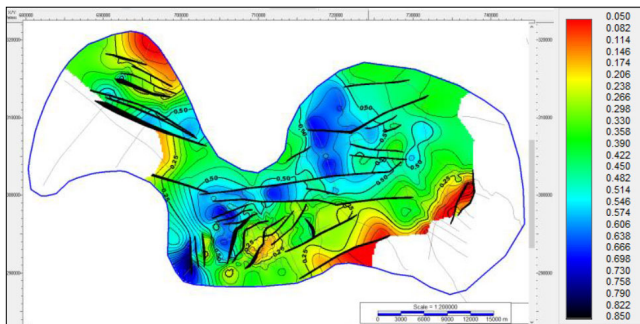


**17a. ábra** A Tardi Agyag tető szerkezeti időtérképe (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05 s)

**Figure 17a** Structural time contour map of Top Tardi Clay (TWT, contour interval: 0.05 s)

**17b. ábra** A Kiscelli Agyag tető szerkezeti időtérképe (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05 s)

**Figure 17b** Structural time contour map of Top Kiscelli Clay (TWT, contour interval: 0.05 s)



**18. ábra** | Az oligo-miocén horizont szerkezeti időtérképe (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05 s)  
**Figure 18** | Structural time contour map of the oligo-miocene horizon (TWT, contour interval: 0.05 s)

ábra), amit a szeizmikus szelvényeken látható kép is indokol, hiszen az eocén összletek az aljzattal párhuzamosan települnek néhány reflexiónyi vastagságban (a fúrással igazolt kiékelődési helyektől eltekintve). Felfelé haladva a tardi és különösen a kiscelli tetőtérképeken (17a.,b. ábra) viszont a terület ÉK-i részén található Salgótarjáni-medence szerkezeti képe szembeötlő változást mutat. Míg az aljzat (16a. ábra) és az eocén tetőidőtérképeken (16b. ábra) a Salgótarjáni-medence közel egységes elmélyülésként jelenik meg, addig a felette lévő horizontokban – a tardi tető (17a. ábra) és a kiscelli tető (17b. ábra) időtérképein – egyre jobban kettészakadó, ÉK–DNy-i irányítotttságot mutató mélyzóna-vonulatokat látunk. Ezek a mélyedések, egy Ny–K-i csapású jobbos oldaleltolódás, kulisszás megjelenésű (*en echelon*) szinklinálisaira emlékeztetnek.

A jobbos eltolódás kora a térképek alapján kiscellinél fiatalabb, hiszen a kiscelli tető térképén még érvényesült a

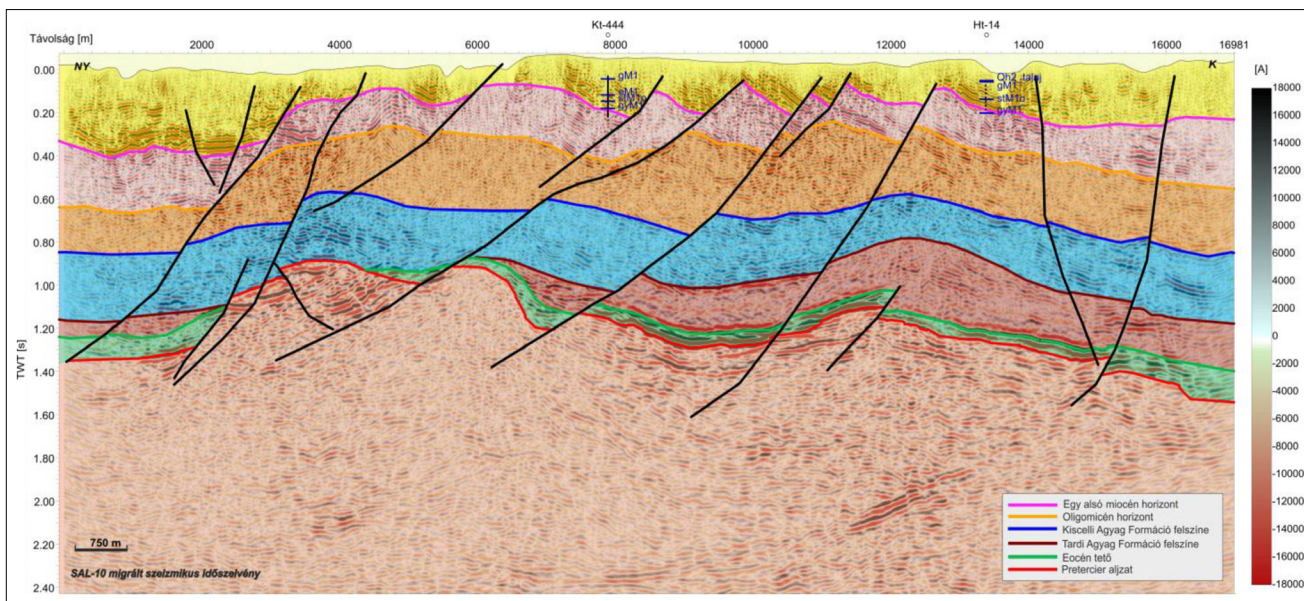
hatása, de a felette értelmezett oligo-miocén horizontról készült szerkezeti időtérképen (18. ábra) már nem látjuk ennek a nyomait. Ezen a térképen ugyanis valamilyen újabb hatás miatt a korábbi almedencék É–D irányban összeállnak, és egységes mélyületként jelentkeznek. Ebből arra következtethetünk, hogy a területen ható, Ny–K-i csapású jobbos oldaleltolódás kora az oligo-miocén horizont koránál idősebb, vagyis késő oligocén. (Az említett újabb hatás feltehetően a 7. tektonikai fázis, amelyet balos transzpresszióként értelmeztünk, és a következőkben részletezünk.)

*Az Etesi-árok NyÉNy–KDK-i csapásiránya magyarázhatóvá válik a Ny–K csapású (késő oligocén korúnak becsült) jobbos transztenziós fázis feltételezésével, ugyanis ha a fő eltolódási zónában található egy elhajlás a Ny–K-i irányból a NyÉNy–KDK-i irány felé, és az eltolódás jobbos, akkor „pull apart” medence alakul ki a hajlat mentén, ami létrehozhatta az Etesi-árkot.*

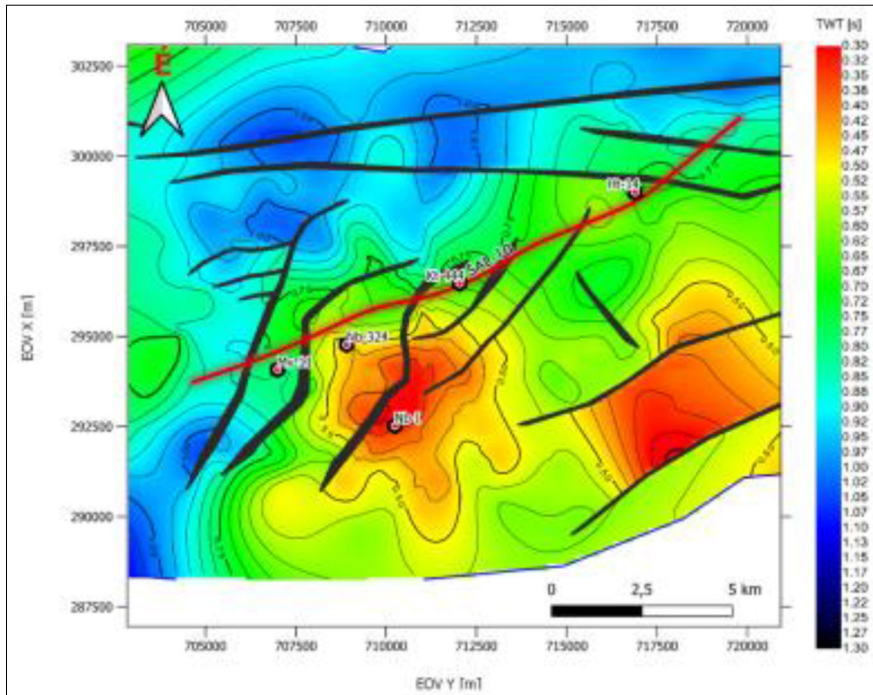
Ismerve a területtől délre húzódó, közel Ny–K csapású Balaton-vonal menti jelentős, késő oligocén – kora miocén korú jobbos oldaleltolódást (Kázmér, Kovács 1985, Balla, Dudko 1989, Csontos et al. 1992, Fodor et al. 1998), az is elképzelhető, hogy ennek a tektonikai fázisnak a megnyilvánulásaival találkozunk a kutatási területen is.

### 5.3.4. Zagyva-árok

Az általunk vizsgált területen a Zagyva-árok északi része található (6. ábra). Az árok, egy ÉÉK–DDNy-csapású, extenzióval társuló vetőrendszer nyugat felé vetett oldalán jelenik meg az összes értelmezett felületen. Az alábbiakban bemutatott szelvénybeli és térképi jegyek arra



**19a. ábra** | A SAL–10 jelű szeizmikus időszelvény, amely a Zagyva-árok vetőrendszerét hegyesszögben metszi (kétszeres idő, s). *Jelmagyarázat:* színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők  
**Figure 19a** | Seismic time section: SAL–10 (TWT, s) crossing the strike directed faults of Zagyva-trough with sharp angle; *Legend:* colored lines: interpreted horizons; black lines: faults



19b. ábra A SAL–10 szelvény nyomvonala (pirossal jelezve) a Kiscelli Agyag tető időtérképén – részlet (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05s)

Figure 19b Trace of SAL-10 seismic section (marked with red line) presented in the time contour map of Top Kiscelli Clay (TWT, contour interval: 0.05 s)

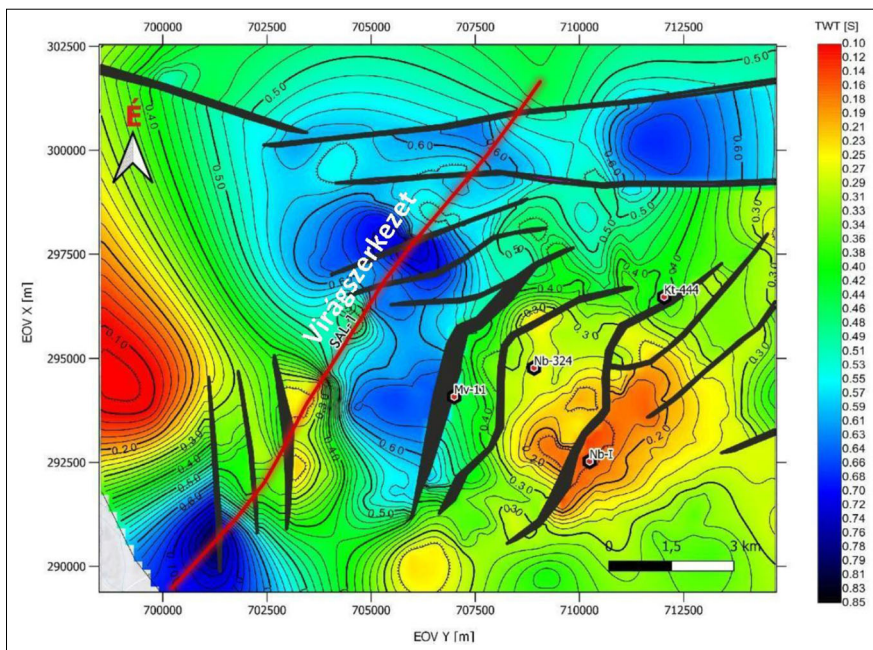
engednek következtetni – és egyben alátámasztják azokat a korábbi megállapításokat – melyek szerint a Zagyva-árkot a középső miocén extenzió mint a Pannon-medencét kialakító fő tektonikai esemény: szin-rift fázis (Horváth, Royden 1981) hozta létre, amely a vizsgált területre eső részen, véleményünk szerint, egy jobbos oldaleltolódással is kombinálódott (6. tektonikai fázis). Megjegyzendő, hogy Fodor (2010) a Zagyva-árok kialakulását az általa D10-zel jelölt késő szin-rift fázisra tette, amikor a riftesedés első szakaszához hasonló tágulós deformáció a középső miocén fiatalabb részében tovább folytatódott.

A térképezett vetőrendszerben 5 fő vetőt azonosítottunk, amelyek mindegyike NyÉNy felé dől, ahogy ezt a SAL–10 szelvény (19a. ábra) és a szelvény nyomvonalát feltüntető Kiscelli Agyag tető kétszeres időtérképe (19b. ábra) alapján megállapíthatjuk. (A szelvény keleti szélén látható, virágszerkezet formára emlékeztető vetőket feltehetően egy fiatal oldaleltolódás hozta létre.) A térképi nézet tanúsága szerint a szelvény nyomvonala a vetőket hegyes szögben metszi, ezért is látszanak a szelvényen lapos szögűeknek. A vetők mentén lefelé haladva az elvetés nem egyenletes, hanem meglehetősen hektikus elvetési magasságokat találunk, ez azt sugallja, hogy az extenzió oldaleltolódással társulva működhetett. A Zagyva-árokhoz kötődően Püspöki et al. (2014) szintén 5 normál vetőről tesz említést a Nógrádi-medencében végzett szerkezetföldtani vizsgálati alapján. A SAL–5 jelű szelvény (4. ábra) nyomvonala NyÉNy–KDK irányú (5. ábra) vagyis merőleges a normál vetők csapásirányára, így valós dőléssel képezi le azokat (eltekintve a szelvény túlmagasításától). A SAL–5 szelvényen (4. ábra) az oligo-miocén

(sötét sárga), és az alsó miocén (pink) horizontokban összszenyomósos jelenségek tapasztalhatók, amelyek kompressziós fázisok létrejöttére utalhatnak (feltevéseink szerinti 5. és 7. tektonikai fázisok).

A vetőrendszert legteljesebben az oligocén tetőről készült időtérkép mutatja meg (20. ábra), amelyen jól megfigyelhető az árok extenziós karaktere. A középső miocénben jellemző feszültségtér éppen egy ilyen, NyÉNy–KDK-i irányú extenzió működésének kedvezett, erre merőleges, ÉÉK–DDNy csapásirányú vetőket létrehozva (Fodor 2019).

Az extenzió a Zagyva-árokban feltehetően társult egy ÉÉK–DDNy-i csapású jobbos oldaleltolódással is, transzteniós elmozdulásokat előidézve. Az extenziós komponens egyértelműen látszik minden szelvényen, az oldaleltolódásra és annak jobbos jellegére pedig a vetők térképi megjelenése utal (20. ábra). A térképezett 5 fővető ÉÉK–DDNy-i csapásirányához mint fő eltolódási irányhoz kapcsolódik egy KÉK–NyDNy irányú alrendszer, amely konjugált Riedel-alrendszernek tekinthető. Ez a térképen a levetett részen jelenik meg (20. ábra), ahol a virágszerkezetet alkotó vető alágakhoz kötődően a szintvonalak balos értelemben mutatnak néhány km-es eltolódást, igazolva a főzóna jobbos jellegét (20. ábra) (a virágszerkezet szelvénybeni képe a SAL–1 szelvényt bemutató 21. ábra közepén látható). A középső miocén extenziót létrehozó feszültségtér óramutató járásának (CW) megfelelő kicsi elfordulása valóban eredményezhet a meglévő, ÉÉK–DDNy-i irányú gyengeségi zóna mentén egy jobbos értelmű transzteniót.

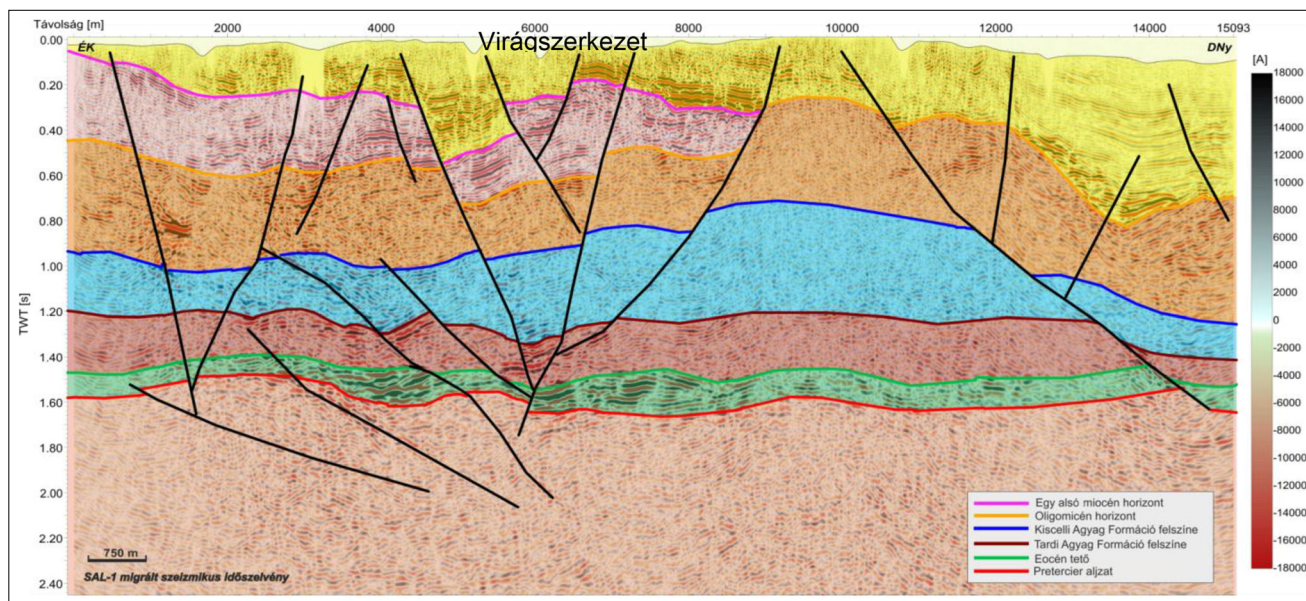


20. ábra Az oligocén tetőt közelítő oligo-miocén horizont szerkezeti időtérképe a Zagyva-árok északi részén (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,02 s), piros vonallal a SAL-1 szelvény (21. ábra) nyomvonalát jelöltük

Figure 20 Structural time contour map of an oligo-miocene horizon nearby the Top Oligocene situated in the northern part of Zagyva-trough (TWT, contour interval: 0.02 s), the trace of SAL-1 seismic profile (Figure 21) is indicated by red line

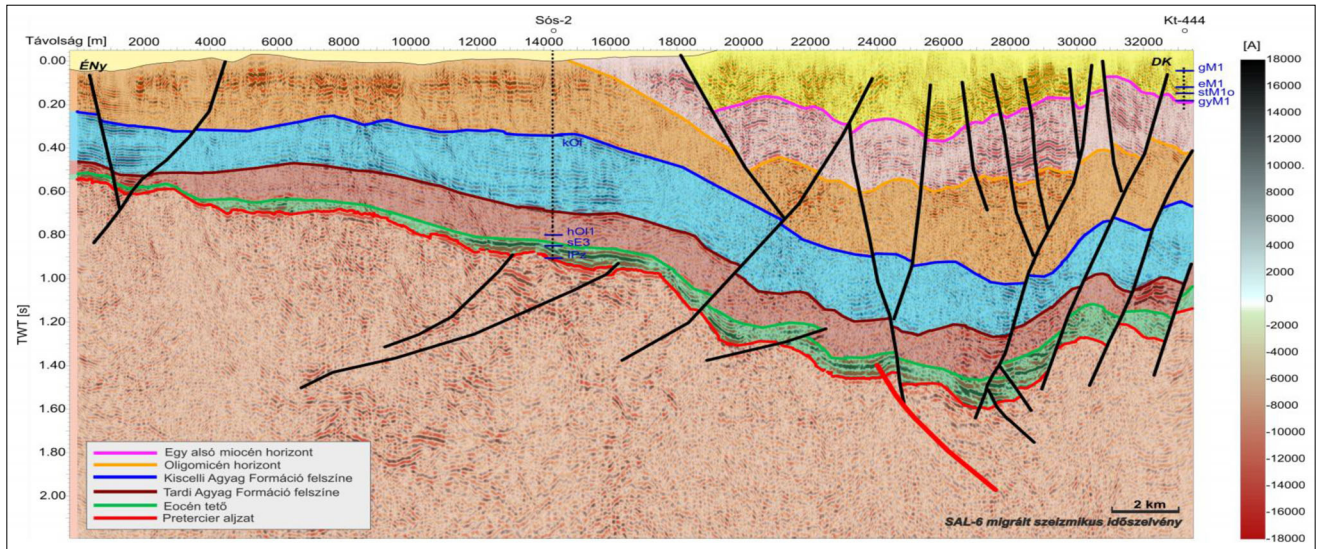
Az Etesi- és a Zagyva-árkokkal foglalkozó fejezetek összefoglalásaképpen bemutatunk egy olyan szeizmikus szelvényt, amely mindkét területet átszeli. A 22a. ábrán látható SAL-6 szeizmikus szelvény ÉNY-i része az Etesi-árokraól délre, a vető által még nem érintett, kiemelt részén húzódik (ill. a nagy peremvetőnek éppen a szélét metszi a szelvény eleje, ahol annak már alig van elvetése),

míg a DK-i vége a Zagyva-árkot keresztezi. A kettő között pedig ott található a Magyarország prekainozoos földtani térképén (Haas et al. 2010) (1. ábra) jelölt, általunk is meghatározott, Diósjenő-Ógyalla-vonal É felé vergáló rátolódása (a 22. ábrán piros vastag vonallal jelölve), a hozzá kapcsolódó jellegzetes, fiatal oldaleltolódásos vetőpárral együtt.



21. ábra SAL-1 szeizmikus időszelvény (kétszeres idő, s) (nyomvonal a 20. ábrán látható). Jelmagyarázat: színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők

Figure 21 Seismic time section: SAL-1 (TWT, s) (its trace is displayed in Figure 20). Legend: colored lines: interpreted horizons; black lines: faults

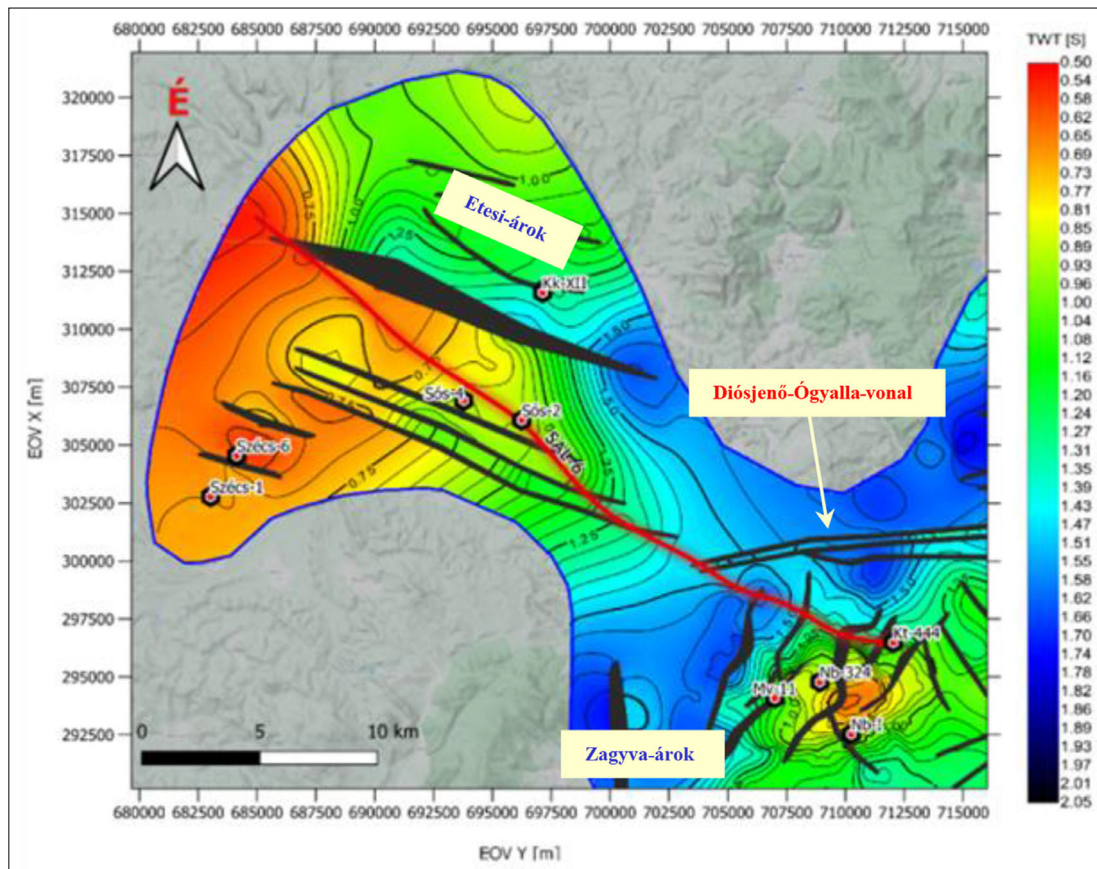


22a. ábra | SAL-6 jelű szeizmikus időszelvény (kétszeres idő, s). *Jelmagyarázat:* színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők, piros vastag vonal: Diósjenő-Ógyalla-vonal

Figure 22a | Seismic time section: SAL-6 (TWT, s). *Legend:* colored lines: interpreted horizons; black lines: faults; red thick line: Diósjenő-Ógyalla-line

Ez a szelvény egyértelműen igazolja a kompressziós (inverziós) komponens megjelenését. A SAL-6 szelvényen (22a. ábra) a 24000 m-nél induló vető minden értelmezett

horizontban kompressziós jellegű, míg ugyanez a vető a SAL-9 szelvényen (a 15. ábrán 16000 méternél) még extenziós karakterrel jelentkezik. Ugyanígy a Zagyva-árok-



22b. ábra | A SAL-6 szelvény nyomvonala (pirossal jelezve) a pretercier aljzatidőtérképén – részlet (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05 s)

Figure 22b | Trace of SAL-6 seismic section (marked with red line) presented in the time contour map of pre-Tertiary basement – detail (TWT, contour interval: 0.05 s)

ban is kompressziós jelenségeket tapasztalunk az árkokat kialakító vetők mentén, a kiscelli tető és az afölött értelmezett horizontokban (SAL-5 jelű szelvény, 4. ábra), így az alsó miocénben is. Mivel az ennél fiatalabb képződmények leerodálódtak a területen, így a szeizmikus kép alapján nem tudjuk elkülöníteni, hogy a kora miocén 5. fázis, vagy a késő miocén 7. fázis okozta-e a kompressziós hatást. Nagy valószínűség szerint mindkettő működött, az 5. fázis a Darnó-vonal mentén bizonyított (Fodor et al. 2005), a 7. fázis igazolására pedig a következőkben a vastagságtérképek összehasonlítása alapján teszünk kísérletet.

A kutatási területen elvégzett részletes tektonikai analízis alapján az Etesi-árok és a Zagyva-árok fejlődéstörténetével kapcsolatban az alábbi következtetést lehet levonni. Míg az Etesi-árkot alapvetően a 4. fázis K–Ny csapásirányú, késő oligocén, jobbos transztenziója alakította ki, addig a Zagyva-árok a 6. fázisban, az ÉÉK–DDNy-i csapású, középső miocén extenzió (transztenzió) következtében jött létre. Így a Nógrádi-medence modellezésével foglalkozó Maros et al. (2015) jelentés, „Tektonikai megállapítások” fejezet 1. pontjában – a két árok egymáshoz viszonyított kialakulásával kapcsolatban – Püspöki Zoltán által megfogalmazott 4 lehetőség közül, a negyediket gondoljuk a legvalószínűbbnek, vagyis, hogy az Etesi-árok és a Zagyva-árok eltérő időben és eltérő feszültségtér hatására jött létre (úgy, hogy a Zagyva-árok a fiatalabb).

Szintén egy korábbi munka eredményére hivatkozva Kovács és Gyuricza (2015) jelentéséből idézzük a terület neogén medencefejlődésével kapcsolatos megállapításokat. „A Paleogén-medence vitatott kompressziós, illetve transzpressziós „pull apart” jellegű szerkezetfejlődésére a középső miocéntől a Pannon-medence extenziós jellegű szerkezeti eseménysora szuperponálódik. A kialakuló süllyedékek fő szerkezeti elemei az Etesi- és a Zagyva-árok. Jóllehet e fiatal szerkezeti árkok esetén alapvetően a neogén szerkezeti mozgásokra helyeződik a hangsúly, de a Zagyva-árok és a tőle kelere eső területek oligocén képződményei közötti eltérés oligocén szerkezeti eseményekre utal.”

Az idézett szöveg utolsó mondata a szerzők egy feltevését tartalmazza, amelyet jelen tanulmány igazolni látszik.

#### 5.4. A terület szerkezetföldtani fejlődésének bemutatása vastagságtérképek (m) alapján

A vastagságtérképeket az alábbi összefüggés alapján állítottuk elő:

$$(TWT_{\text{alsó horizont}} - TWT_{\text{felső horizont}}) / 2v_{\text{int}} = \text{vastagság},$$

ahol

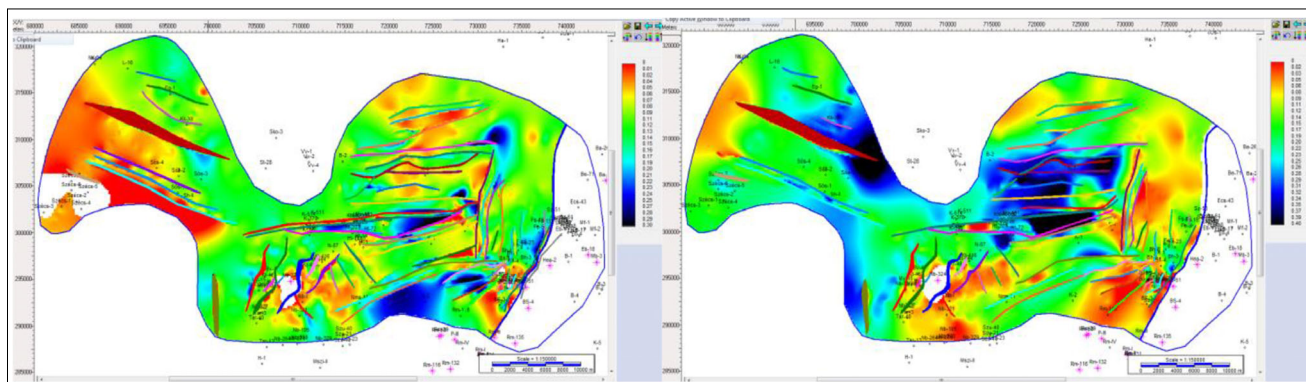
$TWT_{\text{horizont}}$  – az adott felület időértékei kétszeres időben megadva (s),

$v_{\text{int}}$  – intervallumsebesség, egy becsült sebességérték a két felület által közrefogott összletre.

A sebességek becslésekor figyelembe vettük, hogy felfelé haladva – a csökkenő kompaktió miatt – csökkennek az összletre jellemző intervallumsebességek is. A becsült intervallumsebességek a következők voltak. Az eocén rétegsorban: 4000 m/s, a Tardi Agyagban: 3800 m/s, a Kiscelli Agyagban: 3600 m/s, a felső oligocén rétegsorban: 3400 m/s és az alsó miocén rétegsorban: 3000 m/s.

A vastagságtérképek segítségünkre lehetnek a terület fejlődéstörténetének megismerésében. Ennek oka előállításuk folyamatában rejlik, ugyanis – amint az a fenti összefüggésből is kiderül – létrehozásuk első lépéseként az adott összletet alulról határoló időfelületből kivonjuk a felülről határoló időfelületet. Ez egyenértékű azzal, mint ha a felső felületre normálnánk az alsó határfelületet (vagyis annak az alsó felületre gyakorolt hatását elimináljuk). Ily módon a vastagságtérkép egyfajta paleo tetőtérképként is értékelhető, amely megmutatja, hogy az alsó felületnek milyen lehetett a morfológiája akkor, amikor a felső felület volt a felszínen, vagyis amikor még nem érintették azt a kialakulását követő tektonikai hatások.

Öt összlet vastagságtérképét mutatjuk be, melyeken a kék szín jelzi a nagy vastagságot (analog módon az időtér-

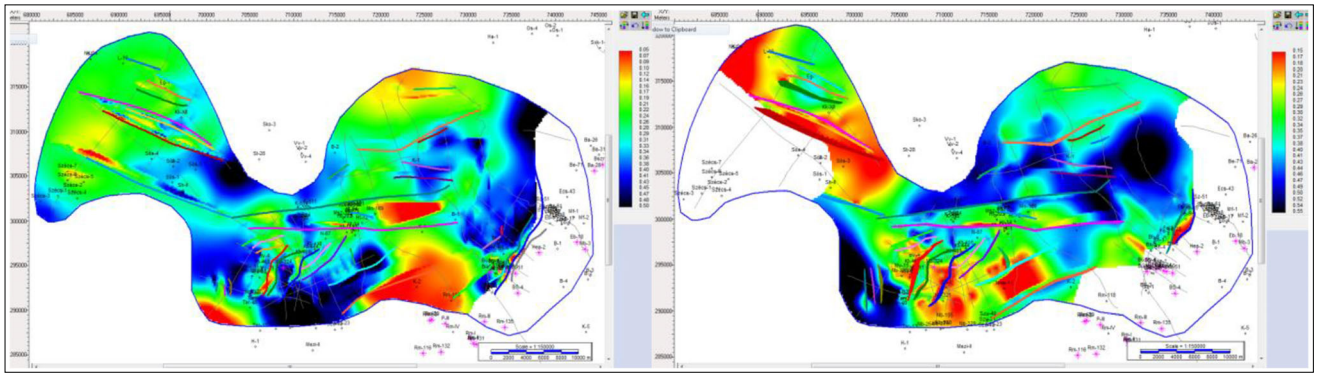


23a. ábra | Eocén vastagságtérkép (méter) (paleo-pretercier aljzat az eocén tető korában)

Figure 23a | Eocene thickness map (m) (paleo-pre-Tertiary basement in the age of top Eocene)

23b. ábra | Tardi Agyag vastagságtérkép (méter) (paleo-eocén tető a tardi tető korában)

Figure 23b | Thickness map of Tardi Clay (m) (top paleo-Eocene in the age of top Tardi)

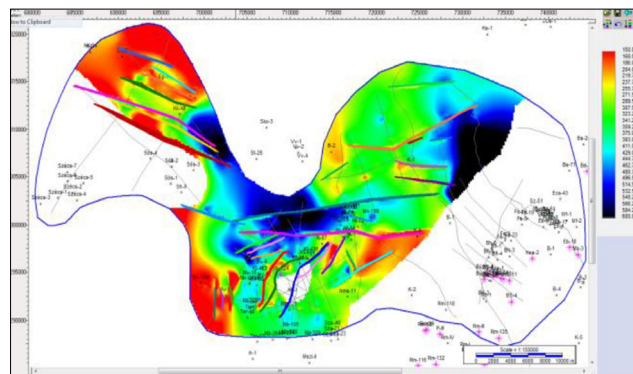


23c. ábra Kiscelli Agyag vastagságtérkép (méter) (paleo-tardi tető a kiscelli tető korában)

Figure 23c Thickness map of Kiscelli Clay (m) (top paleo-Tardi in the age of top Kiscelli)

23d. ábra Felső oligocén vastagságtérkép (méter) (paleo-kiscelli tető az oligocén tető korában)

Figure 23d Thickness map of Upper-Oligocene (m) (top paleo-Kiscelli in the age of top Oligocene)



23e. ábra Alsó miocén vastagságtérkép (méter) (paleo-oligocén tető az alsó miocén horizont korában)

Figure 23e Thickness map of Lower-Miocene (top paleo-Oligocene in the age of horizon Lower-Miocene)

23. ábra Öt egymás feletti összlet vastagságtérképe (méter), ahol a sötétkék szín jelzi a nagy vastagságot

Figure 23 Thickness map of five identified formations displayed from bottom to top, where the dark blue marks the thick parts of the formation

képekkel, ahol a feltöltődésre alkalmas mély zónákat jelöltük kékkel).

Az egyes térképek színezése nem egységes a skála kezdeti és végértékét tekintve. Igyekeztünk az adott térkép sajátosságait a legjobban kiemelni, s ez egy egységes intervallumon belül mozgó skálával nem lett volna lehetséges. Így a vastagságértékekre nézve a térképek összehasonlítása – abszolút értelemben véve – nem ad felvilágosítást, viszont nagyon is alkalmas arra, hogy az adott térképen belüli vastagságeloszlást vagy szerkezeti jellegeket meghatározzuk.

Az öt vastagságtérképet összehasonlítva (23a.–e. ábra) megállapíthatjuk, hogy az egyes összletek különböző helyeken jelennek meg nagy vastagságban. Míg az eocén gyakorlatilag sehol nem vastagszik ki számottevően, addig a Tardi Agyag a Salgótarjáni-medencében halmozódik fel, a Kiscelli Agyag pedig – a többi összlethez viszonyítva – sokkal több helyen mutat kivastagodást. Nemcsak a Salgótarjáni-medencében, hanem az Etesi-árok-

ban, a Zagyva-árokban és attól keletre, a kiemeltebb részekben is megjelenik a kiscelli agyag, de legszembetűnőbb, hogy a Darnó-vető előterében is jelentős vastagságot képvisel ellentétben a tardival. A felső oligocén képződmények szintén a Zagyva-árokban, a Salgótarjáni-medencében és a Darnó-vető előterében érnek el nagyobb vastagságot, míg az alsó miocén összletek az Etesi-árok és a Salgótarjáni-medence találkozásánál és a Salgótarjáni-medence keleti részén a legvastagabbak. *Egyfajta tendencia tűnik kirajzolódni, mintha a fiatalodás sorrendjében az összletek egyre keletebbre vastagodnának ki.* Korábbi tanulmányokból tudjuk, hogy a Paleogén-medence, számos rétegtani adattal alátámasztott sajátossága a depocentrum időben elhúzódó (középső eocéntől kora miocénig tartó), több szakaszban történő vándorlása ÉK felé (Tari et al. 1993, Kovács et al. 2020). *Feltehetően ennek az üledékképződési depocentrum-vándorlásnak a nyomait látjuk a kutatási területen is.*



A vastagságtérképeken a szerkezeti irányokban történő változás egyrészt alátámasztja néhány tektonikai fázisra vonatkozó feltételezésünket, másrészt új felismeréshez is vezet. Összehasonlítva a 23b.-d. ábrán lévő vastagságtérképeket (a tarditól felfelé a felső oligocénig haladva), azt látjuk, hogy míg a tardi egy egységes medencében (Salgótarjáni-medence) rakódott le azt egyenletesen kitöltve, addig a felső oligocén már egy kettészakadt, ÉK–DNy irányú almedencékre szabdalt süllyedékben halmozódott fel. Az irányított jobbos irányú, kulisszás (*en echelon*) elrendeződésű szinklinálisok létére utal, amint ezt az Etesiarok fejlődéstörténetét taglaló részben, a 4. fázis leírásánál is megállapítottuk.

A vastagságtérképek paleo tetőtérképként történő értelmezése alapján a fenti észrevételek úgy is megfogalmazhatók, hogy a paleo-eocén tető (23b. ábra) még egy egységes medence volt, amely a paleo-tardiban (23c. ábra) már változást mutat, a paleo-kiscelli tetőtérképen (23d. ábra) pedig megjelennek a jobbos eltolódásra utaló kulisszás almedencék. A paleo-tető- (vagy vastagság-) térképeken a kulisszás elrendeződés még karakterisztikusabban látszik, mint a tetőtérképeken (17a.,b. ábra), s ez megerősíti azt a feltevésünket, hogy a 4. fázis, egy Ny–K-i csapás mentén végbemenő jobbos oldaleltolódás lehetett.

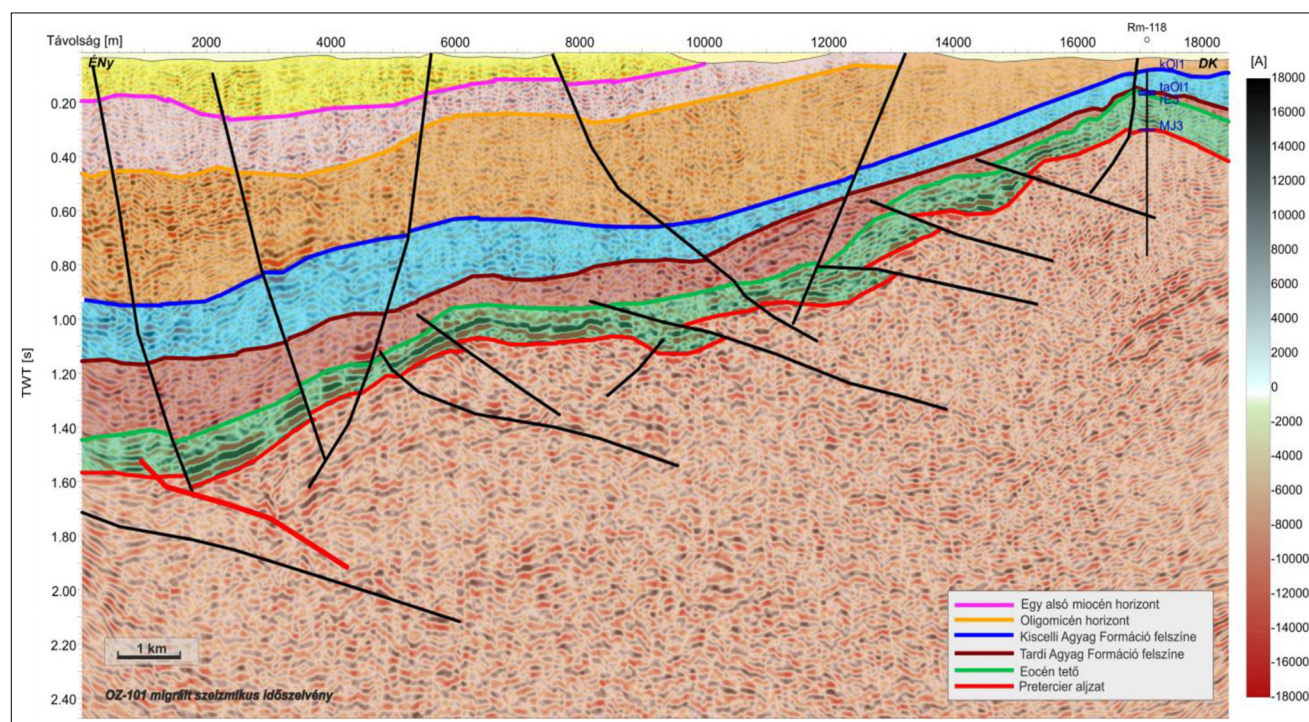
A 23e. ábra a térképezett alsó miocén összlet vastagságát mutatja, egyben a paleo-oligocén tető morfológiáját tükrözi. Az ábra középső részén, a sötétkéssel jelzett kivastagodó összletben, a Ny–K-i csapású vető mentén balos irányú eltolódás figyelhető meg. Ez arra utal, hogy a korábbi (késő oligocén) jobbos oldaleltolódásos rendszer

a kora miocén folyamán vagy azt követően balosra váltott, ugyanazon Ny–K-i csapás mentén. Tekintve, hogy a Kárpáti-ív mentén, az óramutató járásának megfelelő irányban, a kárpátitól a pliocén-kvarterig forgó orogén (kompressziós) vektor (Jiricek 1979) iránya a Ny–K-i csapás menti balos eltolódást csak ÉK-i helyzetbe jutva (késő miocénben) vagy azon túlfordulva tudja létrehozni, ezért feltételezhetjük, hogy a balos eltolódás kora késő-miocén (7. tektonikai fázis).

#### 5.5. A 2020-ban mért két szeizmikus szelvény (OZ-101 és OZ-102) ismertetése

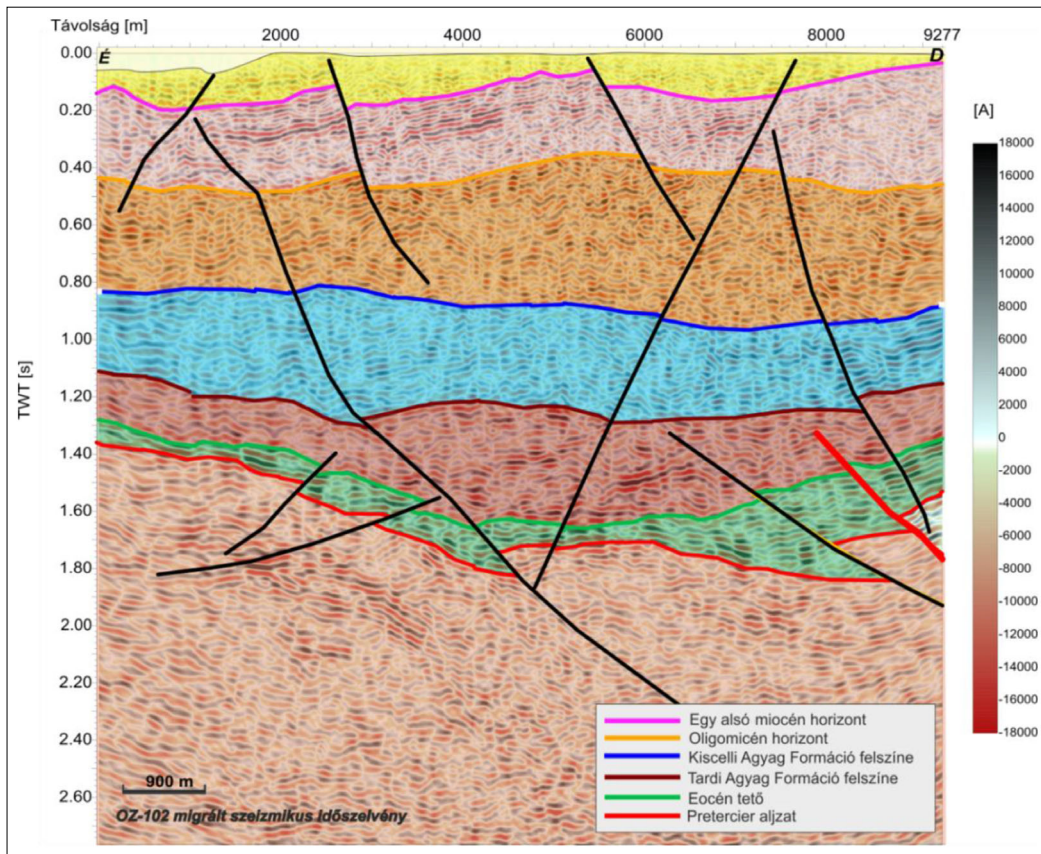
Az MBFSZ által 2020-ban lemért, közel 30 km összhosszúságú két reflexiós szeizmikus időszelvény vibrátoros jelgerjesztéssel készült, 10–100 Hz közötti sweep alkalmazásával, 7,5 méteres CDP-közellel és 2 ms-os mintavétellel (Bauer, Lőrincz 2020). A mérések nehéz terepi körülmények között folytak, a nyomvonalak dombok közötti völgyekben haladtak, az OZ-101 esetében dombtetőt is keresztezett. A vonalak menti tengerszint feletti magasságkülönbség mindkét szelvénynél meghaladja a 100 métert.

A reflexiós adatfeldolgozás a ProMAX (Landmark Graphics Corporation, 2001) programcsomaggal történt. A felszíni egyenetlenségek kiküszöbölését a szelvények mentén készült, kisrefrakciós mérések alapján számított statikus korrekció tette lehetővé, melynek segítségével a szeizmikus csatornák a tengerszint feletti 250 méteres vízszintes felületre (vonatkoztatási szintre) lettek korri-



24. ábra OZ-101 szeizmikus időszelvény (kétszeres idő, s). Jelmagyarázat: színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők; piros vastag vonal: Diósjenő–Ógyalla-vonal

Figure 24 Seismic time section: OZ-101 (TWT, s). Legend: colored lines: interpreted horizons; black lines: faults; red thick line: Diósjenő–Ógyalla-line



25. ábra Az OZ-102 szeizmikus időszelvény (kétszeres idő, s). *Jelmagyarázat:* színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők, piros vastag vonal: Diósjenő-Ógyalla-vonal

Figure 25 Seismic time section: OZ-102 (TWT, s). *Legend:* colored lines: interpreted horizons; black lines: faults; red thick line: Diósjenő-Ógyalla-line

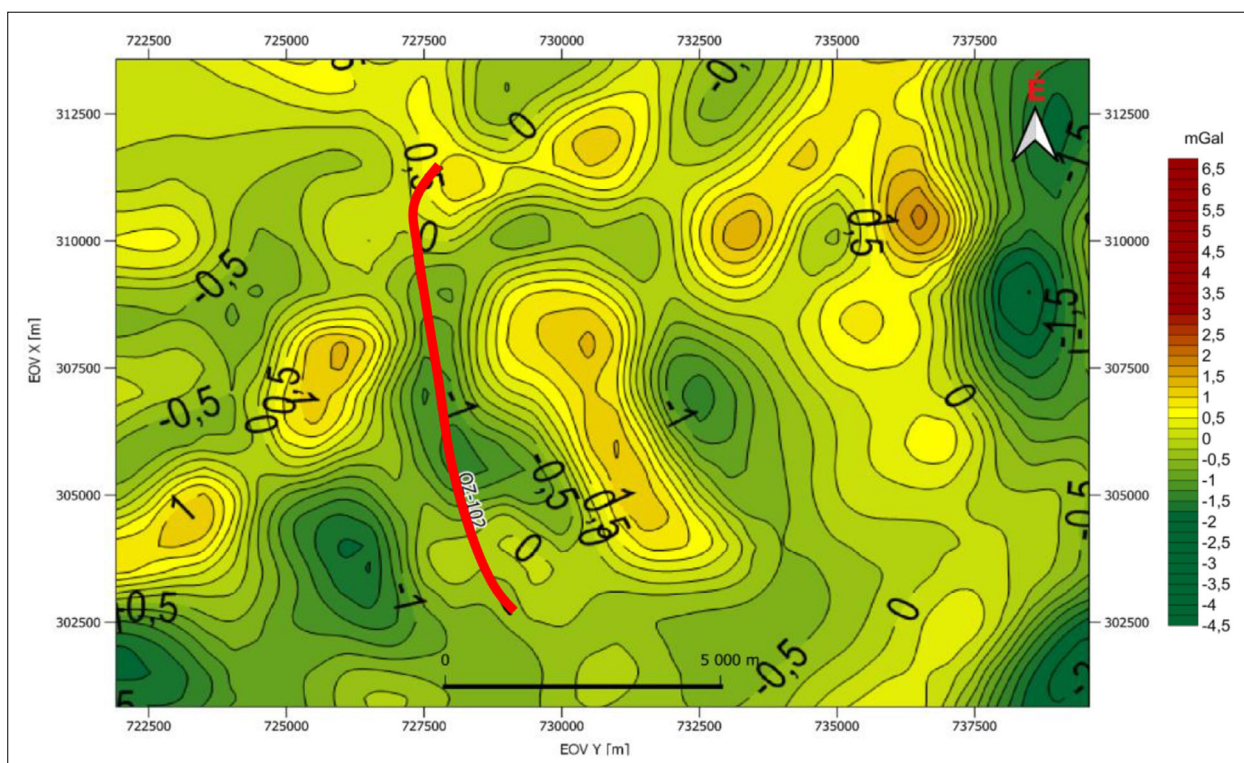
gálva. Mivel a dombsági-hegységi környezetben nagyon erős felszíni hullámok léptek fel, amelyek a visszaverődések miatt a teljes jeltartományt keresztették, különleges zajeltávolító módszerekre volt szükség. Egyik ilyen a felszíni zavarhullám eltávolítása (a ProMAXban: Surface Wave Noise Attenuation), amely alacsony frekvenciájú csatornatömbök létrehozásával szűri a felszíni hullám keltette zajt. Ezenkívül használtunk levegő-hanghullám-eltávolítást (Air Blast Attenuation), amely bármilyen lineáris hullám, így a felszíni zavarhullám szűrésére is alkalmazható. A földtani rétegsorban haladó rugalmas hullámok gyors energiacsökkenésének ellensúlyozására automatikus erősítés szabályozást (AGC) végeztünk, majd a felbontóképesség növelése érdekében minimum fázisú jósló dekonvolúciót alkalmaztunk. A megmaradt felszíni hullámok fenti módszerekkel történő újbóli szűrése, majd a további szokásos feldolgozási lépések (sebességanalízis, normál kilépési korrekció (NMO), csatornák szerkesztése, automatikus statikus korrekció) végrehajtása után a csatornákat összegeztük (*stacking*), s végül az összegszelvényen, a Kirchhoff-féle időmigráció alkalmazását követően, F-X dekonvolúció és időben, ill. térben változó sávszűrés történt.

A szeizmikus szelvényeket a 24. és 25. ábrán, nyomvonalait pedig a pretercier aljzatról készült kétszeres időtérképen mutatjuk be (27. ábra). A szelvények az általunk

tárgyalt részterületek közül a Darnó Deformációs Övet és a Salgótarjáni-medencét keresztezik, a Diósjenő-Ógyalla-vonallal együtt (27. ábra).

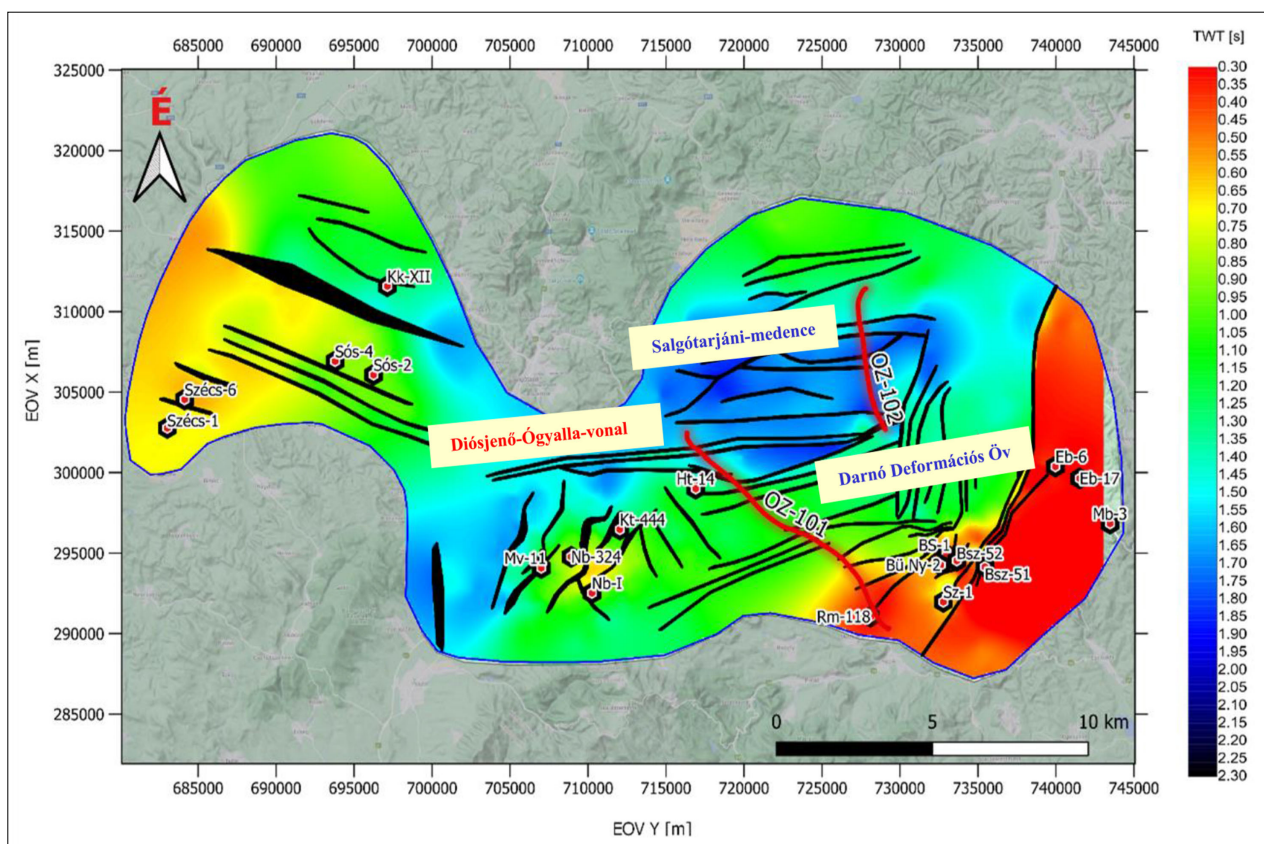
Az OZ-101 szelvény (24. ábra) a Darnó Deformációs Övben halad, abban alapvetően a KÉK-NyDNY irányú vetőket elmetesztve (27. ábra), amelyeket az 5.3.1.2. fejezetben részletesen elemeztünk. A szelvény északi vége – amint arra a 24. ábra is utal – feltárja a Ny-K-i csapású, jellegzetesen hosszú lefutású Diósjenő-Ógyalla-vonalat, amit irodalmi ismeretek alapján a 3. fejezetben, az ezzel kapcsolatos szeizmikus értelmezési eredményeket pedig az 5.3.2. fejezetben taglaltunk. A Diósjenő-Ógyalla-vonal északias rátolódással, a hozzá kapcsolódó fiatal oldaleltolódásra utaló virágszerkezettel együtt jelenik meg a szelvényen. Ettől délre a szelvény a Darnó Deformációs Övben azokat az É felé vergáló, NyDNY-KÉK-i csapású vetőket metszi, amelyek feltehetően egy alpi tektonizmus (1. fázis) által létrehozott gyengeségi zóna későbbi, ÉNy-i irányú – a Darnó Deformációs Övet is erőteljesen alakító – kompresszió hatására történt felújlásai (kora kiscelli – 3. fázis).

A szelvény közepén láthatunk egy másik fiatal vetőpárt is, szintén oldaleltolódásra utaló karakterrel. Korával kapcsolatban ugyanazt tudjuk megállapítani, mint a területen található összes, általunk fiatalnak nevezett vető esetében. Ez pedig a következő: mivel ezeket a vetőágakat a szeiz-



26. ábra | Gravitációs szűrt Bouguer-anomália-térkép ( $h = 1300$ ) (Kiss 2014), ahol piros vonal jelöli a szelvény nyomvonalát

Figure 26 | Filtered Bouguer anomaly map ( $h = 1300$ ) (Kiss 2014), the trace of OZ-102 seismic section is marked with red line



27. ábra | Az OZ-101 és OZ-102 szeizmikus szelvények nyomvonala (pirossal jelölve) a pretercier aljzat szerkezeti időtérképén (kétszeres idő, s)

Figure 26 | Traces of OZ-101 and OZ-102 seismic sections (marked with red line) in the structural sketch of pre-Tertiary basement (TWT, s)

mikus szelvények tetejéig lehet követni, így a legfelső térképezett horizont koránál, vagyis a kora miocénál biztosan fiatalabbak, de hogy mennyire, az a szeizmikus adathiány miatt nem állapítható meg, legfeljebb a Paleogén-medence mélyebb részeivel kapcsolatos irodalmi ismereteink alapján következtethetünk arra, hogy akár *pliocén-kvarter* korúak is lehetnek.

Az OZ–102 szeizmikus szelvény (25. ábra), a pretercier aljzat szerkezeti időtérképén feltüntetett nyomvonala szerint (27. ábrán) Ny–K-i csapású vetőket metsz, a Diósjenő–Ógyalla-vonaltól északra húzódik, a déli vége pedig még éppen eléri azt. Szerkezeti helyzetét a szűrt Bouguer-anomália-térkép ( $h = 1300$ ) (26. ábra) szemlélteti, mely szerint az OZ–102 vonal két gravitációs magaslat közötti völgyben húzódik, annak csapásirányával párhuzamosan, így a szelvény reflexiós oldalbeérkezéseket is tartalmazhat.

A szelvényen (25. ábra) látható kép arra utal, hogy ezek a vetők 3 különböző tektonikai fázis eredményei. A déli szélén találjuk a Diósjenő–Ógyalla-vonal északias aljzati rátolódását pirossal jelölve és egy hozzákapcsolódó fiatal vetőágot. (A Diósjenő–Ógyalla-vonalat részletesen taglaltuk a 3. és az 5.3.2. fejezetekben.) A szelvény északi részén D felé vergáló rátolódások jelennek meg, amelyek kialakulásával szintén az 5.3.2. fejezetben foglalkoztunk. Ezeket kora tardi korú (2. tektonikai fázis), Ny–K-i csapású, dél felé vergáló vetőkként írtuk le, Tari et al. (1993) nyomán flexurális rátolódásokként értelmezve. A szelvény közepén, annak legmélyebb részén egy fiatal oldaleltolódást látunk, amelynek korát – mint ahogy ezt az OZ–101 szelvény (24. ábra) ismertetésekor is megjegyeztük – a területen a középső miocén és annál fiatalabb üledékek hiányában nem lehet meghatározni, de az biztos, hogy az általunk térképezett legfelső, Gyulakeszi Riollittufa Formációhoz kötött – pink színű – alsó miocén horizontnál fiatalabb korúak. Ez a fiatal oldaleltolódás választja el a területen az északi és a déli irányba rátolódó Ny–K-i csapású vetők rendszerét. A két ellentétes dőlésű rendszert még teljesebben mutatja be az 5.3.2. fejezetben ismertetett ÉK–2 szelvény (11. ábra).

Az OZ–102 (25. ábra) szelvényt tanulmányozva szembeötlő, hogy az aljzat és a rátelepülő eocén összletek legmélyebb pontja a szelvény közepén található, a szelvény végpontjaiban ezek magasabb szerkezeti helyzetben vannak, amint erre a szűrt Bouguer-anomália-térkép (26. ábra) is utal. A barnával jelölt tardi tetőhorizontban viszont – és a felette lévőekben is rendre – kompressziós jegyeket lehet felfedezni. Ezek magyarázata az lehet, hogy a szelvény közepén észlelt vetők egy fiatal neotektonikus transzpressziós virágszerkezet ágait reprezentálják, vagyis a fiatal oldaleltolódás kompresszióval társult.

## 6. Összegzés

A Darnó Deformációs Övben és az attól Ny-ra található Észak-magyarországi Paleogén-medence részmedencéiben: a Salgótarjáni-medencében, a Zagyva-árok északi

részében és az Etesi-árokban elvégzett szeizmikus szerkezeti értelmezés eredményeit foglaljuk össze. A területen fellelhető, különböző módszerekkel mért és feldolgozott, régi és új szeizmikus szelvények egységes értelmezése során létrehoztunk egy olyan szerkezetföldtani modellt, amely a teljes vizsgált területre egészében és annak részeire nézve is igyekszik megmagyarázni a szeizmikusan leképezett szerkezeti jelenségeket.

Vizsgálataink során a mélyfúrású és az erőter-geofizikai adatokat is figyelembe véve, hat szeizmikus reflexiós időhorizontot térképeztünk (1. táblázat). A szeizmikus reflexiók – amelyekről tudjuk, hogy kváziizokrón felületek – réteghatárokkal vagy diszkordancia felületekkel esnek egybe. Ez utóbbiakat az üledékképződés hiánya vagy az erózió hozza létre, amelyek sok esetben tektonikai háterű vagy az által felerősített folyamatok, így a térképezett horizontok és a vetők kapcsolatrendszerének analízisa elvezethet a terület fejlődéstörténetének megismeréséhez, amire a tektonikai fázisok meghatározásával tettünk kísérletet. A vetők korolásában jelentős szerepe van annak, hogy megállapítsuk, melyik az a legfiatalabb szeizmikus horizont, amelyben még érvényesül az adott tektonikai elem hatása. A szerkezeti elemek jellegét pedig egyrészt szelvénybeni képük, másrészt térképi megjelenésük mutatja meg, csakúgy, mint a mozgás irányát (dőlésirány) és a vető térképi lefutását (csapásirány) is.

A szeizmikus horizontértelmezés és a vetőkkel szabdaltnak térképezett szintek vizsgálata alapján – figyelembe véve a területről az előzetes irodalmi ismereteket is – hét tektonikai fázist tudtunk azonosítani, amelyeket a 2. táblázatban foglaltunk össze. A tanulmányban egyenként vázoltuk az említett részterületek szerkezeti fejlődését, majd igyekeztünk egységes keretbe foglalni mindezt, a teljes területre levonható következtetésekkel. Ebben nagy segítségünkre voltak a térképezett összletek számított vastagságtérképei is, amelyek paleofelületek létrehozását teszik lehetővé. Ezek időbeni változása pedig gyakorlatilag a terület fejlődéstörténetét írja le.

A 2. táblázatban feltüntetett tektonikai fázisok ismérveit az alábbiakban foglaljuk össze.

A területen azonosítottunk néhány ÉNy-i vergenciájú rátolódást, amelyet a középső krétában az alpi orogenezis hozhatott létre (1. fázis). Ezek mint gyengeségi zónák gyakran későbbi felújulások kiindulási helyei, ezért az eredeti rátolódások nem térképezhetők. Nagy valószínűség szerint a számos ÉNy felé vergáló, kora kiscelli rátolódás is ennek a fázisnak a felújulása, mint ahogy arra a Darnó Deformációs Öv ismertetése során utaltunk.

A késő eocén – kora tardi kompressziót (2. fázis) a Salgótarjáni-medencében, már korábbi publikációkból is ismert (Püspöki, Szentpétery 2015, Kovács et al. 2020) déli vergenciájú rátolódások jelenítik meg, amelyek létrejötté megfeleltethető a Paleogén-medence kialakulására vonatkozó, a Nyugati-Kárpátok háterében az Európaitábla déli irányú szubdukciójával egy időben kialakuló kompressziós, visszatörölódásos-rövidülésszerű medence (*retroarc flexural basin*) modelljével (Tari et al. 1993).

2. táblázat | A tektonikai fázisok és paramétereik összefoglalása  
Table 2 | Summary of tectonic phases and their parameters

	Kor	Jelleg	Elmozdulás iránya	Csapásirány
1.	Középső kréta	takaróképződés	ÉNy, ill. ellenirányú rátolódások: DK felé	ÉK–DNy
2.	Késő eocén – kora tardi	Kompresszió (flexúrák)	D	Ny–K
3.	Kora kiscelli	transzpresszió, erős kompressziós jelleggel	balos, É–ÉNy irányú rátolódásokkal	ÉÉK–DDNy; É–D: Riedel- és ÉNy–DK: konjugált Riedel-alrendszerekkel
4.	Késő oligocén	transztenzió	jobbos	Ny–K, ill. a nyugati részen NyÉNy–KDK; a hajlás miatt „pull apart” kinyílás: Etesi-árok
5.	Kora miocén (ottnangi)	kompresszió	NyÉNy	ÉÉK–DDNy
6.	Középső miocén	extenzió, tarnsztenziós komponenssel	NyÉNy, jobbos eltolódással	ÉÉK–DDNy, amenti Riedel- és NyDNy–KÉK konjugált Riedel-alrendszerekkel
7.	Késő miocén	transzpresszió	balos	Ny–K

*Megjegyzés:* A „kora tardi” és a „kora kiscelli” kifejezések ugyan nem használatosak geológiai korok megjelölésére, de szemléletesen utalnak a megnevezett képződmény kialakulási idejére.

Más a helyzet a medence depocentrumában, ill. attól délre, ahol minden rátolódás észak felé vergál (Kovács et al. 2020) és amelynek a létrejötte már a Darnó Deformációs Öv menti mozgásokhoz kötődik. Ezek a vetők a tardi tető korában még működtek, a kiscelli tető korában pedig már nem (vö. 17a., b. ábra), ezért koruk kora kiscellire becsülhető (3. fázis).

Megállapítottuk, hogy az ellentétes irányú (északon dél felé, délen észak felé vergáló) rátolódásokat egy – a medence legmélyebb zónájában húzódó, hosszan követhető, a dőlésirányú szelvényeken virágszerkezet jelleget mutató – fiatal oldaleltolódás választja el egymástól (11. és 25. ábra). A Diósjenő–Ógyalla-vonalat is tipikus szeizmikus megjelenése alapján azonosítottuk: egy idősebb vetőhöz kapcsolódó két fiatalabb vetőág képezi le szisztematikusan (11., 22a. és 24. ábra). Értelmezésünk szerint az ábrákon pirossal jelölt Diósjenő–Ógyalla-vonal egy É felé vergáló, középső – késő kréta rátolódás (1. fázis) későbbi (késő eocén – kora tardi (2. fázis), netán kora kiscelli (3. fázis)) felújulása.

A Darnó-vonal menti térrészen, vagyis a Darnó Deformációs Övben (Fodor et al. 2005) minden bizonnyal a fővető, azaz a Darnó-vető menti mozgások voltak a meghatározóak. A fúrás adatok és a szeizmikus kép is azt támasztja alá, hogy a pretercier aljzat rátolódott az oligocén képződményekre. A Darnó-vető zónájában elhelyezkedő Bsz–51 fúrás inverz rétegsora szerint a jura korú Mónosbéli Formációba majdnem 600 méter vastag Kiscelli Aggyag Formáció csípődött be, ami arra utal, hogy az aljzati rátolódás a kiscelli képződmények korával egyidős vagy annál fiatalabb.

Korábbi tanulmányok egy része a Darnó-vonal mentén oldaleltolódásos komponens meglétét is feltételezi (irodalmi hivatkozások a 3. fejezetben). Tanulmányunkban erre nézve erős bizonyíték lehet, hogy a Darnó Deformációs Övben, a kiscellinél idősebb térképezett felületekben a vetők geometriája – fizikai modellkísérleti eredményekkel (Riedel 1929) összevetve – balos oldaleltolódás meglétére utal. Mivel a Riedel-rendszernek tekinthető Darnó Deformációs Öv – szelvényeken és térképeken tanulmányozható vetőinek mint Riedel-alrendszereknek – kialakulása kora kiscellire tehető, így a fő zóna, vagyis maga a Darnó-vető menti balos oldaleltolódás is kora kiscelli korúnak tekinthető.

A Darnó-vetővel és környezetével kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy a részletesen bemutatott 3. tektonikai fázis csak egy állomás lehetett szerkezetfejlődésében, hiszen ez a mozgás korábbi tektonikai hatások által létrehozott gyengeségi zónák mentén mehetett végbe (1. fázis), és későbbi korokban is felújulhatott, amint erre a Darnó-vonal értékelésekor kitértünk az 5. (kora miocén kompresszió) és 6. (középső miocén extenzió) tektonikai fázisokra történő utalásokkal, irodalmi hivatkozások alapján (Schréter 1951, Fodor et al. 2005), ill. a fúrás adatok és szeizmikus adatok összevetése nyomán.

Korábbi ismereteken is alapuló feltételezéseink szerint tehát, a Darnó-vonal és környezete jelenlegi struktúráját egy többszörösen felújuló tektonikai rendszer hozta létre. Ezt sugallja Fodor et al. (1999) tanulmánya is, melyben egy Ny–K-i tengelyű, ismétlődő, jobbos transzpressziót ír le az AlCaPa egységen belül, az eocén – kora miocén (ottnangi) során. Elképzelhető, hogy a Darnó-vonal menti balos transzpresszió beilleszthető ebbe a rendszerbe mint

annak egy antitetikus alrendszer. Összességében valószínűsíthető, hogy a teljes területen meghatározott *hét tektonikai fázis* mindegyike (részben vagy egészben) a Darnó Deformációs Övben is érvényesült, s mint ilyen, érintette a Darnó-vonalat is.

Ki kell térnünk a Darnó Deformációs Övben található NyDNy–KÉK-i csapású rátolódásokra, amelyek véleményünk szerint ugyanannak a feszültségtérnek a következményei lehetnek, mint az ÉÉK–DDNy irányú (Darnó-vető menti) balos rendszer É–D és ÉNy–DK irányú Riedelvetői (transzpressziós vetőágai), csak előbbi esetben a mozgás csapásirányát a már korábban meglévő, közel DNy–ÉK (NyDNy–KÉK) irányú gyengeségi zóna, az *1. fázis* takarófrontjai determinálhatták. Megvizsgálva a területen értelmezett szerkezeti időtérképeket a fiatalodás sorrendjében haladva (*16a.*, *b.*, *17a.*, *b.* és *18. ábra*), a medencék Ny–K-i irányú vetők menti egyre erőteljesebb szétcsúsztatása alapján egy ennek megfelelő csapású (Ny–K-i), késő oligocén korú, jobbos eltolódás képe rajzolódik ki (*4. tektonikai fázis*). (A legnagyobb szétcsúsztatás a Ny–K-i csapású vetők mentén a kiscelli tetőtérképen látható, amely nem folytatódik tovább az oligo-miocén térképen, ebből adódik a késő oligocén kor feltételezése.)

Kérdés, hogy az egymáshoz sok szempontból hasonló Etesi- és Zagyva-árok csapása miért közel merőleges egymásra. Az említett késő oligocén korú, Ny–K-i irányú, jobbos transzpressziós elmozdulás (*4. fázis*) – amelyet ÉK–DNy irányú minimális főfeszültség (extenzió) és ÉNy–DK irányú maximális főfeszültség (kompresszió) megléte feltételez – erre is magyarázatot adhat. Ugyanis, ha a Ny–K-i fő eltolódási zóna elhajlik az Etesi-árok területén látható NyÉNy–KDK-i irány felé, és az eltolódás jobbos, akkor „pull apart” medence alakul ki a hajlat mentén, ami létrehozhatta az Etesi-árkot. A Zagyva-árok ellenben az ÉÉK–DDNy-i csapású, középső miocén extenzió következtében jöhetett létre NyÉNy–KDK-i irányú extenzió hatására, amikor a feszültségtér főfeszültségirányai az óramutató járásának megfelelően (CW) már tovább fordultak. A Zagyva-árok – vizsgált területre eső – északi részén a térképezett horizontok szerkezeti képe a középső miocén extenzió transzpressziós, jobbos oldaleltolódással való kombinálására utal (netán felújulásként, a főfeszültségek további, kismértékű CW értelmű elfordulásának esetleges következményeként).

A kutatási területen elvégzett részletes tektonikai analízis alapján az Etesi-árok és a Zagyva-árok fejlődéstörténetével kapcsolatban tehát azt a következtetést lehet levonni, hogy míg az Etesi-árkot alapvetően a *4. fázis* Ny–K-i csapásirányú, késő oligocén jobbos transzpressziója alakította ki, addig a Zagyva-árok a *6. fázisban* az ÉÉK–DDNy-i csapású, középső miocén extenzió (transzpresszió) következtében jöhetett létre.

A kora miocén képződményekben kompressziós jelenségeket figyelhetünk meg (pl. SAL–5, SAL–9, SAL–6 szelvények: *4.*, *15.* és *22a. ábra*). Mivel a kora miocénnél fiatalabb képződmények leerodálódtak a területen, ezért a szeizmikus kép alapján nem lehet eldönteni, hogy a kora miocén

*5. fázis* vagy a késő miocén *7. fázis* okozta-e a kompressziós hatást. Nagy valószínűség szerint mindkettő működött, hiszen az *5. fázis* (kora miocén kompresszió) a Darnó-vonal mentén bizonyított (Fodor et al. 2005), a *7. fázis* (késő miocén transzpresszió) igazolására pedig a vastagságtérképek összehasonlítása alapján tettünk kísérletet.

A vastagságtérképeket az adott összletre vonatkozó becült intervallumsebesség alkalmazásával a kétszeres időhorizontok egymásból történő kivonása után hoztuk létre (az alsó felületből vontuk ki a felsőt). Ez a művelet éppen azzal egyenértékű, mintha a felső felületet vízszintesnek képelnénk, és ahhoz viszonyítva vizsgálánánk az alsó felület morfológiáját. Ez tehát abban a „paleo időpillanatban” mutatja meg az alsó horizont felszínét, amikor a felső felület – kvázivízszintes horizontként – a felszínen volt. Ezért gondoljuk a vastagságtérképeket paleo tetőtérképeknek is egyben, amelyek segítségünkre lehetnek a terület fejlődéstörténetének megismerésében.

A fiatalodó paleofelületek egymásutániságát tanulmányozva megállapítható, hogy a paleo–eocén tető (*23b. ábra*) még egy egységes medence volt, amely a paleo–tardiban (*23c. ábra*) már változást mutat, a paleo–kiscelli tetőtérképen (*23d. ábra*) pedig megjelennek a jobbos eltolódásra utaló kulisszás almedencék. A paleo tető- (vagy vastagság-) térképeken a kulisszás elrendeződés még karakterisztikusabban látszik, mint a tetőtérképeken (*16.*, *17.* és *18. ábra*), ami megerősíti azt a feltevésünket, hogy a *4. fázis*, egy Ny–K-i csapás mentén végbemenő jobbos oldaleltolódás lehetett.

Ennél több is állítható, ha figyelembe vesszük az alsó miocén összlet vastagságát mutató *23e. ábrát*, amely egyben a paleo–oligocén tető morfológiáját tükrözi. Ezen a Salgótarjáni-medence északi részében egy Ny–K-i csapású vető menti, balos irányú eltolódás figyelhető meg, a sötétkékekkel jelzett kivastagodó összletekben. Ez arra utal, hogy a kora miocén folyamán vagy azt követően a korábbi (késő oligocén) jobbos oldaleltolódásos rendszer balosra váltott ugyanazon Ny–K-i csapás mentén. Tekintve, hogy a Kárpáti-ív mentén, az óramutató járásának megfelelő irányban, a kárpátitól a pliocén-kvarterig forgó orogén (kompressziós) vektor (Jiricek 1979) iránya a Ny–K-i csapás menti balos eltolódást csak ÉK-i helyzetbe jutva (késő miocénben) vagy azon túlfordulva tudja létrehozni, ezért a balos eltolódás késő miocén korúra datálható (*7. tektonikai fázis*).

A területen, az MBFSZ által 2020-ban lemért 2 új szelvény: OZ–101 (*24. ábra*) és OZ–102 (*25. ábra*) könnyen beilleszthető a vázolt tektonikai modellbe, megerősítve általuk a régebbi szelvények értelmezése alapján levont következtetéseket.

## 7. Konklúziók

Vizsgálataink igazolták a terület korábbi, hasonló tárgyú kutatási eredményeinek egy jelentős részét, néhány korábbi kérdésre pedig választ találtunk, és új megállapításokat is tettünk.

Észleléseink alátámasztják a Salgótarjáni-medence aljzatában és eocén képződményeiben megjelenő, dél felé irányuló rátalódások kialakulásával kapcsolatos korábbi feltevézéseket, miszerint azok egy visszatalódásos-rövidülési flexurális medence kialakulása során jöhettek létre (Tari et al. 1993). A Diósjenő–Ógyalla szerkezeti vonal lefutásával kapcsolatban is megerősítő következtetésre jutottunk, hiszen az általunk térképezett vonal helyzete egyezést mutat a Magyarország prekainozoos földtani térképén (Haas et al. 2010) feltüntetettel. Értelmezésünk alapján viszont északi vergenciájú ez a vonal, amely késő eocén – kora tardi, esetleg kora kiscelli korúra becsülhető (ezek az elnevezések ugyan nem használatosak geológiai korok megjelölésére, de szemléletesen utalnak az adott képződmény kialakulási idejére.)

Igazolódott a Darnó-vonal többszörösen felújuló, többfázisú kialakulása is (Fodor et al. 2005), amely során – véleményünk szerint – egy kora kiscelli balos oldaleltolódásos rendszer volt a Darnó Deformációs Öv szerkezeti képét meghatározó fő tektonikai esemény. Ennek a fázisnak a meglétét részletesen bizonyítottuk a térképezett vetők és egy balos oldaleltolódást modellező fizikai kísérlet geometriájának összevetésével.

Új felismerésre jutottunk az Etesi-árok kialakulásával kapcsolatban. Ez az árok a szomszédos Zagyva-árokhoz nagyon hasonlónak tűnik, de annak lezökkenési irányával derékszöget bezáróan jöhetett létre, hiszen a peremvetők csapásiránya is egymásra merőleges. Már korábbi tanulmányok is foglalkoztak azzal a kérdéssel, hogy ez a két árok időben egymáshoz viszonyítva mikor és milyen feszültségtér hatására keletkezett (Püspöki, ld. Maros et al. 2015). Véleményünk szerint az Etesi-árok és a Zagyva-árok eltérő időben és eltérő feszültségtér hatására alakult ki, s úgy, hogy a Zagyva-árok a fiatalabb. Az Etesi-árok egy „pull apart” medencének tekinthető, amelyet egy késő oligocén, Ny–K-i csapásirányú, jobbos transzzenziós mozgás hozhatott létre. A Zagyva-árokban a vizsgált területre eső részen pedig, a NyÉNy–KDK irányú, középső miocén extenzió egyértelmű megléte mellett, a vetők ÉÉK–DDNy-i csapása menti, jobbos transzzenziós mozgás jegyei is megállapíthatók.

Egy másik korábbi felvetést, mely szerint „a Zagyva-árok és a tőle K-re eső területek oligocén képződményei közötti eltérés oligocén szerkezeti eseményekre utal” (Kovács, Gyuricza 2015), a késő oligocén korú tektonikai fázissal kapcsolatos elképzeléseink igazolni látszanak.

Egyfajta tendencia tűnik kirajzolódni a vastagságtérképek mint paleohorizontok – fiatalodás sorrendjében tett – vizsgálata alapján. Az látszik, hogy az összeteketések egyre keletebbre vastagodnak ki. Korábbi tanulmányokból tudjuk, hogy a Paleogén-medence számos rétegtani adattal alátámasztott sajátossága, a depocentrum időben elhúzódozó (középső eocéntől kora miocénig tartó), több szakaszban történő vándorlása ÉK felé (Tari et al. 1993, Kovács et al. 2020). Feltehetően ennek az üledékképződési depo-

centrum-vándorlásnak a nyomait látjuk a kutatási területen is.

## Köszönetnyilvánítás

Vizsgálataink az EHÁT/358-7/2020-ITM\_SZERZ nyilván tartási számú támogatási szerződés „Információbővítés koncessziós területkijelölés elősegítése érdekében” című II. részfeladat keretén belül valósultak meg. Köszönettel tartozunk a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságának és jogelődjének, a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálatnak, hogy a szeizmikus kutatást és a cikk elkészítését lehetővé tették.

Köszönet illeti munkatársainkat, akik a terepi mérés tervezésében, annak kivitelezésében és az adatok feldolgozásában részt vettek, név szerint: Csabafi Róbert, Cserkész-Nagy Ágnes, Gúthy Tibor, Markos Gábor, Török István és Virók András. Hálával tartozunk Hegedűs Endre és Kovács Attila Csaba szakértői tevékenységéért is. Köszönjük szépen Galambos Csillának, hogy gondos munkájával segítette az ábrák elkészítésében és nagyon köszönjük Takács Ernőnek a cikk lektorálása során tett építő javaslatait.

## A tanulmány szerzői

Lőrincz Katalin, Bauer Márton, Bereczki László, Kemény Márton.

## Hivatkozások

- Albu I., Braun L., Szalay I. (1985): Az Aggtelek–Rudabányai-hegység geofizikai előkutatása. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1984. évi jelentése, Budapest, pp. 29–33.
- Bada G., Fodor L., Székely B., Timár G. (1996): Tertiary brittle faulting and stress field evolution in the Gerecse Mountains, northern Hungary. *Tectonophysics*, 255, 269–289.
- Balla Z. (1989): A Diósjenői diszlokációs öv újraértékelése. (Re-evaluation of the Diósjenő dislocation zone.) A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1987. évi jelentése, pp. 45–57. (In Hungarian with English abstract)
- Balla Z., Dudko A. (1989): Large-scale Tertiary strike-slip displacements recorded in the structure of the Transdanubian Range. *Geophysical Transactions*, 35, 3–64.
- Bauer M., Lőrincz K. (szerk.), Bauer M., Bereczki László, Csabafi Róbert, Cserkész-Nagy Ágnes, Galambos Csilla, Gúthy Tibor, Hegedűs Endre, Kemény Márton, Kiss János, Kovács Attila Csaba, Kovács Zsolt, Lőrincz K., Markos Gábor, Takács Ernő, Török István (2020): Információbővítés koncessziós területkijelölés elősegítése érdekében. Jelentés, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat pp. 1–167.
- Báldi T., Royden L. H. (1986): Mid-Tertiary Stratigraphy and Paleogeographic Evolution of Hungary. Akadémiai Kiadó, Budapest, 201 p.
- Báldi T., Sztanó O. (2000): Gravitációs tömegmozgások a Darnó zóna tengeri oligo-miocén üledékeiben: a Dubicsány–31 fúrás értékelése. *Földtani Közöny*, 130, 673–694.
- Beke B., Fodor L., Millar L., Petrik A. (2019): Deformation band formation as a function of progressive burial: Depth calibration and mechanism change in the Pannonian Basin (Hungary). *Marine and Petroleum Geology*, 105, 1–16.

- Boncz L., Sőreg V., Balázs E-né, Eszes I-né, Krusoczki T. Gy., Lux M., Pusztai J., Szabóné László A., Szászfai J., Tomcsányi T. (2012): Zárójelentés a 136. Bányaterenyre területen végzett szénhidrogén-kutatási tevékenységről. MOL Rt. Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, T.22518., p. 54.
- Braun L., Petrovics I., Szalay, I. (1989): A Szuha-völgye és a Darnó-öv reflexiók szerkezetkutatása. Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése az 1987. évről, Budapest, pp. 39–44.
- Cserkész-Nagy Á., Szalay I. (2016): Szécsény és környéke hévíz és CH szempontú geofizikai ismeretanyagának összeállítása és geofizikai szakvélemény elkészítése Szécsénytől az Etes-árokig. MFGI Kutatási jelentés p. 41.
- Csontos L. (1988): Structural analysis of the Uppony Mts. (in Hungarian). Manuscript, Eötvös University, Budapest
- Csontos L., Nagymarosy A., Horváth F., Kovács M. (1992): Tertiary evolution of the Intra-Carpathian area: A model. *Tectonophysics*, 208/1–3, 221–241.
- Fodor L. (2010): Mezozoos–kainozoos feszültségmezők és törérendszerek a Pannon-medence ÉNy-i részén – módszertan és szerkezeti elemzés. Kézirat, Akadémiai doktori értekezés, 167 p.
- Fodor L. (2019): Results, problems and future tasks of palaeostress and fault-slip analyses in the Pannonian Basin: the Hungarian contribution. *Földtani Közlöny*, 149/4, 297–326.
- Fodor L., Csontos L., Bada G., Györfi I., Benkovics L. (1999): Tertiary tectonic evolution of the Pannonian Basin system and neighbouring orogens: A new synthesis of palaeostress data. In: Durand, B., Jolivet, L., Horváth, F., Séranne, M. (eds): *The Mediterranean basins: Tertiary extension within the Alpine orogen*. Geological Society, London, Special Publications 156, 295–334. <https://doi.org/10.1144/gsl.sp.1999.156.01.15>
- Fodor L., Jelen B., Márton E., Skaberne D., Čar J., Vrabec M. (1998): Miocene–Pliocene tectonic evolution of the Slovenian Periadriatic Fault: Implications for Alpine–Carpathian extrusion model. *Tectonics*, 17, 690–709.
- Fodor L., Koroknai B. (2000): Ductile deformation and revised lithostratigraphy of the Martonyi Subunit (Torna Unit, Rudabánya Mts.), Northeastern Hungary. *Geologica Carpathica*, 51/6, 355–369.
- Fodor L., Radócz Gy., Sztanó O., Koroknai B., Csontos L., Harangi Sz. (2005): Post-Conference Excursion: Tectonics, Sedimentation and Magmatism along the Darnó Zone. *GeoLines*, 19, 142–162.
- Grill J., Kovács S., Less Gy., Réti Zs., Róth L., Szentpétery I. (1984): Az Aggtelek–Rudabányai-hegység földtani felépítése és fejlődéstörténete. *Földtani Kutatás*, 27/4, 49–56.
- Haas J., Budai T. (szerk.) (2014): Magyarország prekainozoos medencealjzatának földtana. Magyarázó „Magyarország prekainozoos földtani térképéhez” (1:500 000). (Geology of the pre-Cenozoic basement of Hungary, Explanatory book of the pre-Cenozoic geological map of Hungary 1:500 000.) Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest, 71 p.
- Haas J., Budai T., Csontos L., Fodor L., Konrád Gy. (2010): Magyarország pre-kainozoos földtani térképe 1:500 000 (Pre-Cenozoic geological map of Hungary, 1:500 000). Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest.
- Hajdú J., Balázs E., Bujdosó I., Czeller I., Eszes I-né, Nagy Gy-né, Pápa A., Soós S., Szentgyörgyi K-né, Vadász Gy-né (1997): Zárójelentés a 26. Ózdi medence területén végzett szénhidrogén-kutatási tevékenységről. MOL Rt., Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, T.20133., 25 p.
- Horváth F. (1995): Phases of compression during the evolution of the Pannonian Basin and its bearing on hydrocarbon exploration. *Marine and Petroleum Geology*, 12/8, 837–844. [https://doi.org/10.1016/0264-8172\(95\)98851-u](https://doi.org/10.1016/0264-8172(95)98851-u)
- Horváth F., Royden L. (1981): Mechanism for the formation of the Intra-Carpathian Basins: A review. *Earth Evolution Sciences*, 3–4, 307–316.
- Jaskó S. (1946): A Darnó-vonal. Beszámoló a MÁFI Vitaüléseiről 7, Budapest, pp. 63–77.
- Jiricek R. (1979): Tectogenetic development of the Carpathian arc in the Oligocene and Neogene. In: Machel, M. (ed.), *Tectonic profiles through the West Carpathians*. G.U.D.S., Bratislava, pp. 205–214.
- Kázmér M., Kovács S. (1985): Permian–Paleogene paleogeography along the Eastern part of the Insubric–Periadriatic Lineament system: Evidence for continental escape of the Bakony-Drauzug Unit. *Acta Geologica Hungarica*, 28, 71–84.
- Kiss J. (2014): Magyarország Bouguer-anómália-térképének frekvenciatarománybeli vizsgálata és értelmezése. *Magyar Geofizika*, 55/4, 163–178.
- Kiss J., Gulyás Á. (2006): Magyarország mágneses  $\Delta Z$  anomália térképe, M = 1:500 000. (Magnetic  $\Delta Z$  anomaly map of Hungary, 1:500 000.) A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet kiadványa, Budapest.
- Kitaibel P. (1829): *Hydrographia Hungariae*. Edit J. Schuster I–II. Pest, pp. 162–204.
- Kovács Zs., Angyal J., Cserkész-Nagy Á., Gulyás Á., Guthy T., Kiss J., Lukácsy J., Kovács A. Cs., Prádkalvi P., Püspöki Z., Szalay I., Szentpétery I., Vértesy L., Vad A., Vlasics P., Zilahi-Sebess L. (2015): A Salgótarján–Fedémes-Ózd paleogén-medencealjazat-térképének elkészítése szeizmikus mélységsvélvények és gravitációs mérési adatok felhasználásával. Kézirat, Zárójelentés, M2–8/2014 MBFH–MFGI együttműködés, MÁFBGA adattára, Budapest, 99 p.
- Kovács Zs., Gyuricza Gy. (szerk.), Barczikayné Szeiler R., Gál N., Gáspár E., Gulyás Á., Horváth Z., Jencsel H., Kerékgyártó T., Korbély B., Kovács G., Kovács Zs., Laczkóné Óri G., Lajtos S., Magincz J., Müller T., Németh A., Paszera Gy., Püspöki Z., Selmecei P., Szentpétery I., Szöcs T., Tolmács D., Tóth Gy., Ujháziné Kerék B., Varga R., Veres I., Végh H., Zilahi-Sebess L., Zsámbok I. (2015): Fedémes szénhidrogén-koncesszióra javasolt terület komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati jelentése. MBFH–MFGI–HOI–OVF, MBFSZ Bányászati, Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest, 269 p. <https://mbfsz.gov.hu/erzekenysegi-vizsgalat/fedemes>
- Kovács Zs., Cserkész-Nagy Á., Gulyás Á., Guthy T., Kiss J., Püspöki Z., Szentpétery I., Szalay I. (2020): A Salgótarjáni és Ózdi paleogén részmedence térképezése szeizmikus és gravitációs mérési adatok alapján, és az eredmények szénhidrogén-földtani vonatkozásai. *Földtani Közlöny*, 150/1, 103–128.
- Kósa L., Balázs E-né, Bartha A., Boncz L., Kovács A., Nagy Gy-né, Séllei Cs., Tóth L-né, Tóthné Medvei Zs., Török V-né (2003): Zárójelentés a 111. Salgótarján kutatási területen végzett szénhidrogén-kutatási tevékenységről. MOL Rt., Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, T.21124, 26 p.
- Kőrössy L. (2004): Az észak-magyarországi paleogén medence kőolaj- és földgázkutatásának földtani eredményei. *Általános Földtani Szemle*, 28, Budapest, 9–121.
- Less Gy., Grill J., Róth L., Szentpétery I., Gyuricza Gy. (1988): Az Aggtelek–Rudabányai-hegység földtani térképe 1:25 000. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.



- Majzon L. (1940): A bükkszéki mélyfúrások. A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve, 34/2, 275–386.
- Maros Gy. (szerk.) Bereczki L., Fűsi B., Kiss J., Markos G., Püspöki Z., Vértesy L. (2015): 6.1. Magyarország 1:500 000-es medence modellje – 3. A Nógrádi medence földtani geofizikai modellje. MFGI Jelentés.
- Pantó G. (1956): A rudabányai vasércvonalat földtani felépítése. A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve, 44/2, Budapest, 335–490.
- Petrik A., Beke B., Fodor L., Lukács R. (2016): Cenozoic structural evolution of the southwestern Bükk Mts. and the southern part of the Darnó Deformation Belt (NE Hungary). *Geologica Carpathica*, 67/1, 83–104. <https://doi.org/10.1515/geoca-2016-0005>
- Petrovics I., Szalay I. (1992): Reflexiós mérések az Ózd–Putnoki medencében. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1990. évi jelentése, Budapest, pp. 20–27.
- Püspöki Z., Hámorné Vidó M., Jencsel H., Lendvay P., Nagy A., Pálfi É., Paszera Gy. Ruzsnyák É., Vincellér D. (2014): 3/2014. Szénelőfordulások földtani és geofizikai adatrendszerének megalapozása. MFGI Jelentés, 57 p.
- Püspöki Z., Szentpétery I. (2015): A (Fedemes) terület földtani viszonyai. In: Kovács Zs., Gyuricza Gy (szerk.) (2015): Fedemes szénhidrogén-koncesszióra javasolt terület komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati jelentése. MBFH–MFGI–HOI–OVF, MBFSZ Bányászati, Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest, 269 p. <https://mbfsz.gov.hu/erzekenysegi-vizsgalat/fedemes>
- Riedel W. (1929): Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen. *Centralbl. f. Mineral. Geol. u. Pal., v.B*, p. 354–368.
- Schréter Z. (1951): Jelentés a további ásványolajfeltárások irányítása érdekében Bükkszék környékén végzett földtani vizsgálatokról. — A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1945–47. II, Budapest, 121–134.
- Schréter Z. (1952): Újabb földtani felvételek a sajtóvölgyi barnakőszén-medencében. (Nouvelles investigations géologiques dans le bassin de houille brune de la vallée du Sajó.) A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1949-ről, pp. 115–130. (In Hungarian with French abstract)
- Szalay I. (1998): Zárójelentés a Bükk hegység és előterei geofizikai kutatásáról 1986–1997. Kézirat, ELGI. Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, AD. 1679, p. 27.
- Szalay I., Zelenka T. (1979): A Darnó-vonal jelentősége Észak-Magyarország szerkezetfejlődésében. *Általános Földtani Szemle*, 13, 7–31.
- Szentpétery I. (1997): Sinistrial lateral displacement in the Aggtelek–Rudabánya Mts. (North Hungary) based on the facies distribution of Oligocene and Lower Miocene formations. *Acta Geologica Hungarica*, 40, 265–272.
- Sztanó O., Tari G. (1993): Early Miocene basin evolution in Northern Hungary: Tectonics and Eustasy. *Tectonophysics*, 226, 485–502. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(93\)90134-6](https://doi.org/10.1016/0040-1951(93)90134-6)
- Tari G., Báldi T. Báldi-Beke M. (1993): Paleogene retroarc flexural basin beneath the Neogene Pannonian Basin: A geodynamic model. *Tectonophysics*, 226, 433–455. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(93\)90131-3](https://doi.org/10.1016/0040-1951(93)90131-3)
- Tchalenko J. S. (1970): Similarities between shear zones of different magnitudes. *Geological Society of America Bulletin*, 81, 1625–1640.
- Telegdi-Roth K. (1937): Die neuesten Resultate der Petroleumschürfungen in Ungarn. *Festschr. Berg-Hüttenm. Jahrbuch Mot. Hochschule Leoben*, Wien, pp. 330–336.
- Telegdi-Roth K. (1951): A Bükkszéki ásványkutatás és termelés földtani tanulságai. Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve 40/2, Budapest, pp. 3–22.
- Tóth M. (1882): Magyarország ásványai. Budapest, 565 p.
- Vass D. (2002): Unique Cenozoic lithofacies in the northern part of the Darnó Fault Belt and its surroundings: An overview. *Acta Geologica Hungarica*, 45, 79–99.
- Völgyi L., Szerecz F., Hajdú D., Kurucz B., Mészáros L., Németh G., Földeák P.-né, Szentgyörgyi K.-né, Horváth R., Kovács Zs., Tormássyné Varga É., Dallos E.-né, Nagy M.-né, Szűcs L. (1985): Magyarország kőolaj- és földgázelőfordulásai 1935–1985. GEOS, Budapest, Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, ELGI AD.553, 1038 p.
- Zelenka T., Baksa Cs., Balla Z., Földessy J., Földessy-Jarányi K. (1983): The role of the Darnó Line in the basement structure of Northeast Hungary. *Geologický Zborník – Geologica Carpathica*, 34, 53–69.