

A relatív horizontális gradiensek alkalmazása a Bouguer-anomáliák értelmezésében¹

KIS KÁROLY², KLOSKA KÁROLY³, WITTMANN GÉZA⁴

A Bouguer-anomáliák x és y változók szerinti deriváltjaiból meghatározhatók a Bouguer-anomáliák horizontális gradiense. A relatív horizontális gradienseket a kutatási területen meghatározott maximális amplitúdójú horizontális gradienssel történt normálás szolgáltatja. A horizontális gradiensek értelmezése nyolc magyarországi kutatási területen kerül bemutatásra.

K. KIS, K. KLOSKA, G. WITTMANN: Interpretation of Bouguer anomalies using relative horizontal gradients

The horizontal gradients are derived from derivatives of the Bouguer anomalies with respect to the variables x , and y . The relative horizontal gradients are obtained by normalizing of maximum amplitude of the horizontal gradients. The suggested method is applied for the interpretation of the Bouguer anomalies of eight Hungarian prospecting areas.

Bevezetés

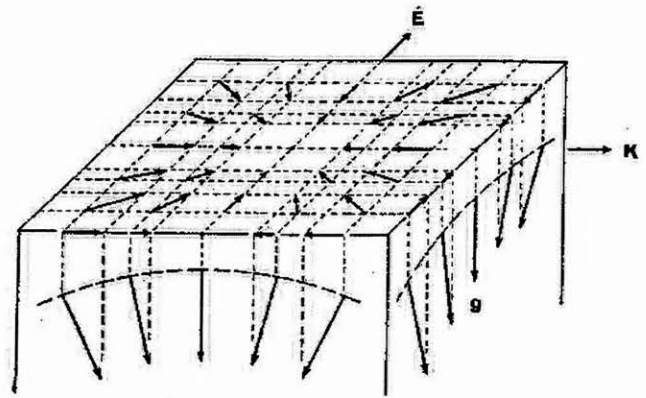
A nehézségi potenciáltér második deriváltjainak, a nívófelületi gradiens összetevőinek meghatározására vásárosnaményi báró EÖTVÖS Loránd, a XIX–XX. század kiemelkedő fizikusa fejlesztett ki mérési eljárást. EÖTVÖS műszere a horizontális variométer volt, amely EÖTVÖS munkásságát követően Eötvös-inga néven vált világszerte ismertté. Meg kell említeni, hogy az Eötvös-inga méréseiből a nehézségi potenciáltér görbületi eltérését is meg lehet határozni. Jelen tanulmány a potenciáltér horizontális gradienseinek numerikus meghatározására és értelmezésére korlátozódik, ezért a görbületi eltérésre vonatkozó eljárást nem tárgyaljuk. Az Eötvös-inga működését és a mérések értelmezését mind a ma már klasszikusnak tekinthető szakirodalom [HEILAND 1946; JAKOSKY 1950; EGYED 1956], mind a jelenlegi [DEHLINGER 1978; TORGE 1989] részletesen tárgyalja.

Gömb alakú nehézségi ekvipotenciális felületet és annak ekvipotenciális ortogonális trajektóriáit, azaz a nehézségi potenciáltér gradienseit (\mathbf{g} -vel jelölt vektorok) ábrázolja az 1. ábra. A gradiens meghatározására vonatkozó jól ismert összefüggés a

$$\mathbf{g} = -\text{grad}U = (\mathbf{i}U_x, \mathbf{j}U_y, \mathbf{k}U_z), \quad (1)$$

ahol U jelenti a nehézségi erőter potenciálját, U_x , U_y , és U_z a potenciál x , y és z változó szerinti deriváltjait (amennyiben olyan Descartes-féle koordináta-rendszert használunk, amelynek az x tengelye az északi, y tengelye a keleti irányba mutat, z tengelye pedig függőlegesen lefelé irányul), a tengelyek irányába mutató egységvektorok rendre \mathbf{i} , \mathbf{j} , és \mathbf{k} . A gradiens komponenseire rendszerint teljesülnek az $U_x \ll U_z$

és az $U_y \ll U_z$ relációk. Így gyakran a $\mathbf{g} \approx U_z$ -t tekintik egyenlőségnek a gravitációs nyersanyagkutatásban.



1. ábra. A gömb alakú nehézségi potenciálfelület ekvipotenciális ortogonális trajektóriái, azaz a \mathbf{g} -vel jelölt nehézségi erőter vektorai [JAKOSKY 1950]

Fig. 1. The spherical equipotential surface its orthogonal trajectories that is the gravity vectors \mathbf{g} [JAKOSKY 1950]

Válasszunk ki egy P -vel jelölt tetszőleges pontot és annak környezetében azt a h irányú vízszintes távolságot, amely mentén a \mathbf{g} vektor változása a legnagyobb! Ezen irány mentén vegyük a \mathbf{g} vektor differenciálhányadosát, ekkor a horizontális vagy nívófelületi gradienst kapjuk, azaz

$$\frac{dg}{dh} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{|\mathbf{g}(P)| - |\mathbf{g}(P+h)|}{h}. \quad (2)$$

Ezt a differenciálhányadosot a nehézségi erőter U potenciáljával kifejezve a következő kifejezést kapjuk:

$$\frac{dg}{dh} = \frac{\partial^2 U}{\partial z \partial h} = U_{zh}. \quad (3)$$

A nehézségi erőter gradiense általánosan az Eötvös-tenzorral (nehézségi gradiens tenzorral) írható le:

¹ Beérkezett: 2003. március 31-én

² MTA–ELTE Geofizikai és Környezetfizikai Kutatócsoport, H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.

³ Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23.

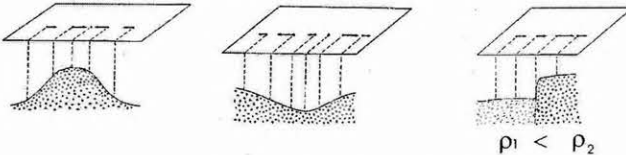
⁴ MOL Magyar Olaj- és Gázipari Rt., Kutatás–Termelés, Mélyfúrási és Geofizikai Felügyelet, 1039 Budapest, Batthyány u. 45.

$$\text{grad } \mathbf{g} = \text{grad} (-\text{grad } U) = \begin{pmatrix} U_{xx} & U_{xy} & U_{xz} \\ U_{yx} & U_{yy} & U_{yz} \\ U_{zx} & U_{zy} & U_{zz} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

amely szimmetrikus és öt független komponense van. A nívófelületi gradiensek az északi és keleti irányú összetevőit (az Eötvös-tenzor két elemét) a következő összefüggések szolgáltatják:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = U_{xz}, \quad \text{illetve} \quad \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} = U_{yz}. \quad (5)$$

A 2. ábrán három jellegzetes földtani szerkezet: antiklinális (felboltozódás), szinklinális (medence) és vető felett, szelvény mentén kialakuló nívófelületi gradiens vektorok vázlatos elrendeződése látható. A nívófelületi gradiensek akkor mutatják az ábra szerinti elrendezést az antiklinális szerkezet esetében, ha a nagyobb sűrűséggel rendelkező földtani test kerül a felszínhez közelebbi helyzetbe; szinklinális szerkezet vonatkozásában a nagyobb sűrűséggel jellemzett földtani test kerül a felszíntől távolabbi helyzetbe; a vető fölött akkor következik be az ábra szerinti elrendezés, ha a magasabb pozícióban lévő földtani test rendelkezik nagyobb sűrűséggel. Antiklinális szerkezet felett a horizontális gradiensek irányai a felboltozódás legmagasabb pontja felé mutatnak. A boltozat legmagasabb pontja felett a nívófelületi gradiens értéke nulla. Szinklinális vonatkozásában a nívófelületi gradiensek irányai a szerkezet legmélyebb pontjától kifelé irányulnak. A legmélyebb pont felett a nívófelületi gradiens vektor értéke szintén nulla. Amennyiben a szerkezetek nem szimmetrikusak, akkor a gradiensek is aszimmetrikus eloszlást mutatnak. Vető felett a nívófelületi gradiens maximális értékét az elvetési pont felett veszi fel, iránya a magasabb pozícióban lévő földtani test irányába mutat. Ezek a megállapítások modellszámításokkal is egyszerűen igazolhatók.



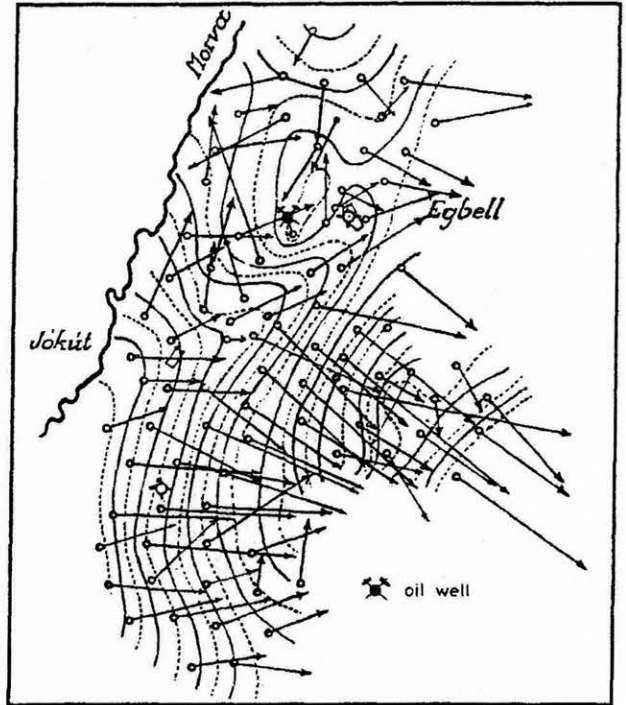
2. ábra. A nívófelületi gradiens vektorának vázlatos kialakulása antiklinális, szinklinális és vető szerkezet következtében [JAKOSKY 1950]

Fig. 2. Arrangement of the horizontal gradients across an anticline, syncline, and fault structures [JAKOSKY 1950]

Az Eötvös-ingával történő terepi mérések EÖTVÖS személyes irányításával a XIX. század kilencvenes éveiben kezdődtek el [EÖTVÖS 1896; 1906]. A XX. század első harmadában a világszerte végzett Eötvös-ingás mérések több olajmező és sódom feltárását tették lehetővé [HEILAND 1946; JAKOSKY 1950]. Az Eötvös-ingás mérések első olyan alkalmazása történt Egbell környékén 1916-ban, amely már ismert kőolajmező földtani szerkezetét mutatta ki. A 3. ábrán bemutatott nívófelületi gradiensek iránya jól indikálja azt az Egbell környéki antiklinális szerkezetet, amelynek közei szénhidrogént tartalmaztak.

Meg kell említeni, hogy Magyarországon 1933 és 1943 között jelentős gravitációs kutatások folytak. Ezek 20 000

Eötvös-ingával és 12 000 graviméterrel történt mérést jelentettek [MOLNÁR 2002]. A magyarországi Eötvös-ingás mérések kőolajkutatói céllal 1963-tól még néhány évig folytatódtak [MOLNÁR, KLOSKA 2002].



3. ábra. Az Egbell környékén végzett Eötvös-ingás mérések alapján a nívófelületi gradiensek elhelyezkedése [SZABÓ 1998]

Fig. 3. Horizontal gradient map in the region of Egbell determined by Eötvös torsion ballance [SZABÓ 1998]

Magyarország Bouguer-anomáliáinak globális gradienstérképét készítette el SZABÓ és PÁNCSICS [1999a, 1999b]. A Bouguer-anomáliák gradienseit lineamensek formájában mutatták be. A globális gradienstérképek jól tükrözik a legfontosabb tektonikai irányokat.

Az x és y változók szerinti deriváltak meghatározása

A Bouguer-anomáliák deriváltjai a deriválási műveletek tulajdonságainak megfelelően jól indikálják a földtani szerkezetben bekövetkező változásokat. A továbbiakban bemutatott eljárást és annak értelmezését jelen szerzők már 1989-ben publikálták [KIS et al. 1989]. Ebben a tanulmányban az eljárás továbbfejlesztett változata kerül bemutatásra.

A Bouguer-anomáliák x és y változók szerinti deriváltjainak meghatározására szolgáló eljárás alapját a deriválási műveletek átviteli függvényének felhasználása képezte. Az x változó szerinti deriválási művelet átviteli függvénye:

$$S_{dx}(f_x, f_y) = j2\pi f_x, \quad (6)$$

az y változó szerinti deriválási művelet átviteli függvénye:

$$S_{dy}(f_x, f_y) = j2\pi f_y, \quad (7)$$

ahol f_x és f_y az x és az y tengely irányú térfrekvenciákat jelölik, míg j a képzetes egységet jelenti [BLAKELY 1995]. A Bouguer-anomáliák g_h -val jelölt horizontális gradiense-

nek amplitúdóját és annak az x tengelytől mért θ szögét a következő összefüggések szolgáltatják:

$$g_h(x, y) = \sqrt{U_{xz}^2 + U_{yz}^2} \quad \text{és} \quad \theta = \arctg \frac{U_{yz}}{U_{xz}}. \quad (8)$$

Az egyes kutatási területek horizontális gradiensei a következő módon normalizáltak: a maximális amplitúdójú horizontális gradiens értékére normáltak, ezek adják meg a relatív horizontális gradienseket. A relatív horizontális gradiensek használata az áttekinthetőbb skálázást szolgálják.

A kutatási területek Bouguer-anomália adatainak feldolgozása

A kifejlesztett módszert nyolc magyarországi kutatási terület (Balmazújváros-Ny, Egyek, Kunszentmárton, Ölbő, Nagykőrű, Nova, Pusztamonostor, Vése) (4. ábra) Bouguer-anomália adatainak értelmezésére használtuk fel. A kutatási területek anomália adatai az ELGI méréseiből származnak, amelyek úthálózat menti, 500 m-es mintavételei távolsággal készültek. Ezekből az adatokból szerkesztett térképet 1 km-es mintavételei távolsággal digitalizálva nyertük a jelen feldolgozás adatait.



4. ábra. A kutatási területek elhelyezkedése

Fig. 4. Location of the prospection areas

A kutatási területek feldolgozása azok geológiai felépítésének összefoglalásával kezdődik. A földtani összefoglalás BÉRCZI István és JÁMBOR Áron szerkesztésében megjelent könyvben foglaltakon alapul [BÉRCZI, JÁMBOR 1998].

A geológiai összefoglalást követi a térképek értelmezése. A térképek értelmezéséről a következő általános megállapítások tehetők:

- a relatív horizontális gradiensek ábrázolása során megtartottuk az Eötvös-féle jelölést, a relatív horizontális gradienseket nagyságukkal arányos nyilakkal jelenítettük meg;
- a kutatási területeken meghatározott földtani szerkezetek relatív horizontális gradiensei több esetben jellegzetesen délnyugat-északkelet irányultságot mutatnak;
- a gradiensek irányítottasága alapján kijelölhetők a földtani szerkezetek legmélyebben elhelyezkedő részei (ezeket kifelé mutató gradiensek indikálják, az ábrákon pontozással jelölt területek) és a kiemeltebb helyzetű területei (ezeket befelé mutató gradiensek jellemzik, az ábrákon négyzetes raszterrel jelölt területek);

- gyakran a rendelkezésre álló adatok nem fedik le teljes egészében a vizsgált földtani szerkezetet.

Balmazújváros–Ny kutatási terület

A kutatási terület a Szolnoki Flis öv területén helyezkedik el. A Szolnoki Flis korábbi mezozoós takarérendszerre települ. A zóna csapása délnyugat-északkelet irányú, és Szolnok térségétől mintegy 150 km hosszúságban a romániai Nagykárolyig követhető. A zóna szélessége ritkán haladja meg a 20–30 km-t. A Szolnoki Flis vertikálisan meglehetősen nehéz lehatárolni. Felfelé történő lehatárolása, a neogén felé a flis nagyon erősen tektonizálttá válik, gyakran széteső, tektonikus breccsát képez, települése általában meredekebb, szemben a kevésbé tektonizált, viszonylag szintes településű neogénnel. Lefelé történő elhatárolását az akadályozza, hogy a flis lényegében sehol sem fúrták át. Szeizmikus adatok alapján a Szolnoki Flis vastagsága minimálisan 1000–1500 m lehet. Biosztratigráfiai vizsgálatok nyomán általánosan megállapítható, hogy a Szolnoki Flis ma ismert rétegsora nem folyamatos. Ennek egyik oka az lehet, hogy képződése a korábbi elképzelések ellenére sem volt folyamatos, hanem diszkrét időintervallumokban történt. Másrészt további lehetőség, hogy a kompressziót szenvedett és erősen erodálódott rétegsornak nagy része lepusztult és ezért nem lehet ma már bizonyos rétegtani szinteket megtalálni.

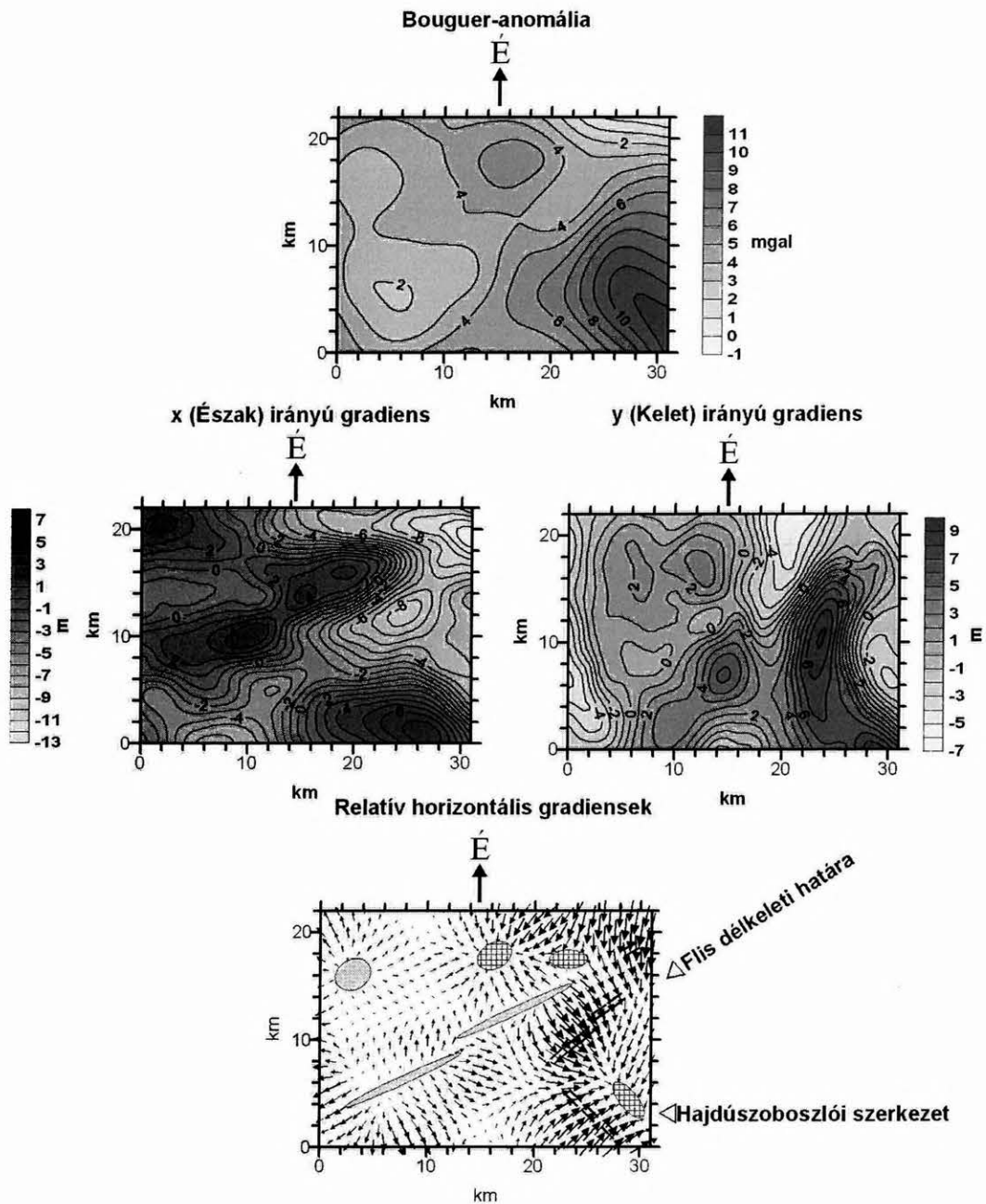
Flis öv alkotja a középső miocéntől kezdődően kialakult Pannóniai süllyedék aljzatát. A fedő neogén képződmények vastagsága általában 2–3 km között változik. A térségben mélyített kutatófúrások több esetben elérték a flis összletet, más helyeken torton vulkáni összleteket harántoltak, vagy abban álltak meg.

A kutatási terület Bouguer-anomália-térképe és annak x és y változók szerinti deriváltjai, továbbá relatív horizontális gradiensei az 5. ábrán láthatók.

A kutatási terület délkeleti részén helyezkedik el a Hajdúszoboszlói szerkezet, illetve azon kívül is folytatódik, amely jelentős mennyiségű gázt tárol. A szerkezetet nagy gradiensű zóna határolja. A szerkezet gradiensekkel meghatározott határait kettős szaggatott vonal jelöli. Ez a szerkezet elkülönül a Szolnoki Flis övtől. A terület többi részén a relatív horizontális gradiensek kis amplitúdóval jelentkeznek. Ez valószínűleg azzal magyarázható, hogy a flis összlet jelentősen csökkenti a sűrűség hirtelen változásából eredő hatásokat. A terület közepén kifelé mutató kis amplitúdójú gradiensek a flisben előforduló, délnyugat-északkelet irányú medence jellegű szerkezeteket indikálnak. A terület északi részén kisebb kiterjedésű kiemeltebb helyzetű szerkezet mutatható ki.

Egyek kutatási terület

A kutatási terület az Alföld egyik részmedencéjének, a Jászsági süllyedéknek a területére esik. A süllyedék aljzatát bizonytalan korú és kifejlődésű kőzetek alkotják. Rétegtani–sedimentológiai vizsgálatok alapján többféle litostratigráfiai egység is elkülöníthető a neogén medencék területén. Egyek térségében az Újfalui Formáció extrém kivastagodása figyelhető meg, amely egyébként általánosan elterjedt az Alföldön. Az Egyek–1 fúrás térségében ez az összlet több mint 1400 m vastag, amely jól kitölti a süllyedéket.



5. ábra. A Balmazújváros–Ny kutatási terület Bouguer-anomália-térképe, izovonalak egysége mgal; a kutatási terület x és y irányú gradiense, izovonalak egysége eötvös; a relatív horizontális gradiensek nyílal ábrázolva

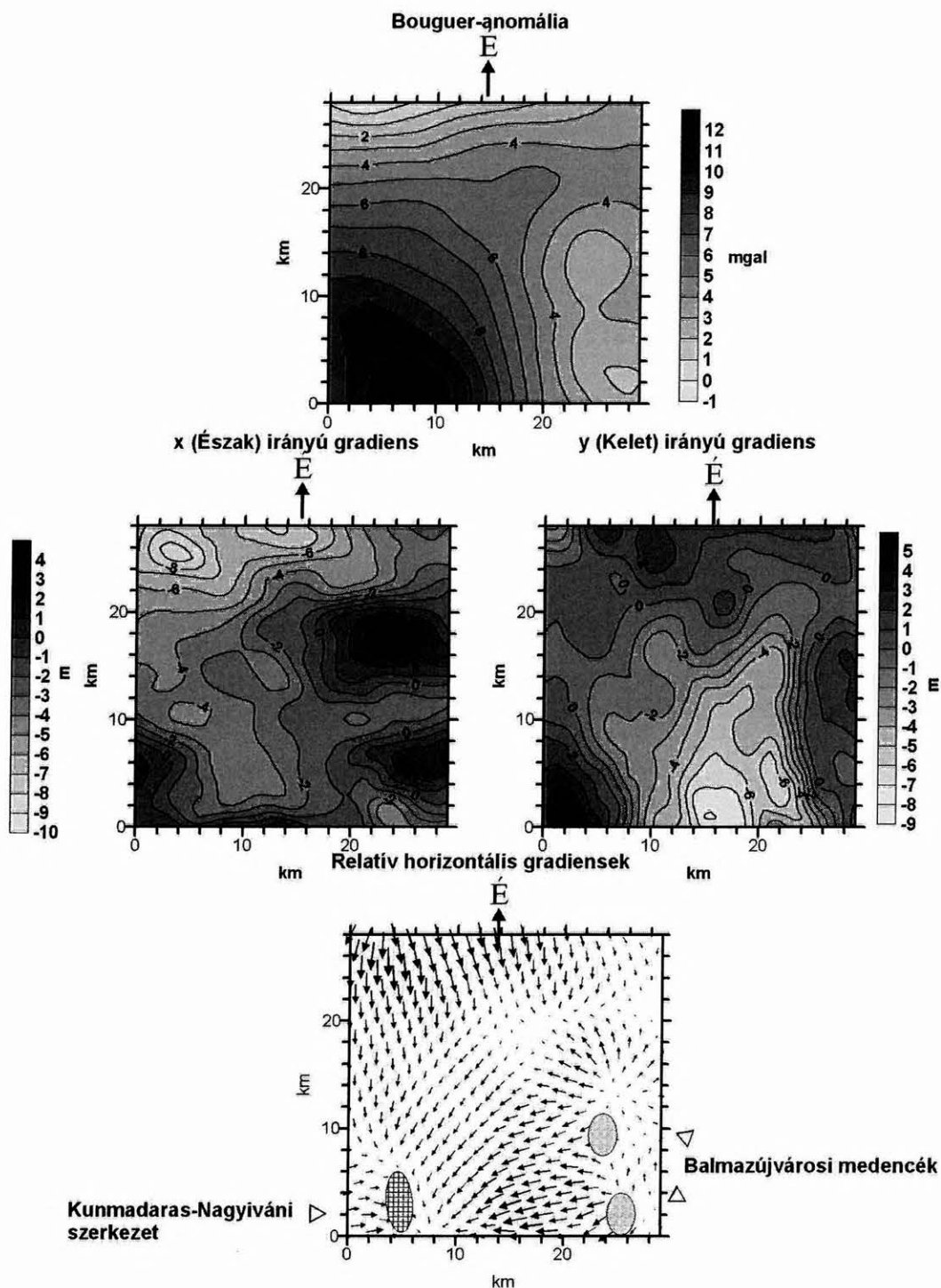
Fig. 5. Bouguer anomaly field over the Balmazújváros–Ny prospecting area, anomalies are contoured in mgal unit; derivatives of the Bouguer anomalies with respect to the variables x and y , isolines are contoured in eötvös unit; relative horizontal gradients indicated by arrows

A kutatási terület Bouguer-anomália-térképe és annak x és y változók szerinti deriváltjai, továbbá relatív horizontális gradiensei a 6. ábrán láthatók.

A terület délnyugati részén a Kunmadaras–Nagyiván térségében található szerkezet tetővidéke detektálható. A délkeleti részen a Balmazújváros környékén található medence jellegű szerkezetek jelenléte ismerhető fel. A horizontális gradiensek alapján a terület déli részén, keletről nyugati irányban az aljzat emelkedést mutat. Szintén emelkedő jelleg ismerhető fel a terület északnyugati részén északról déli irányban haladva. A terület középső részének a homogén gradiensei az itt elhelyezkedő vulkáni összletnek tulajdoníthatók.

Kunszentmárton kutatási terület

A kutatási terület az Alföld középső részén helyezkedik el és a Tisza egység Mecseki zónájába tartozik, a terület földtani viszonyainak értelmezésében sok megoldatlan kérdés vetődik fel. Az aljzatot ebben a térségben Mecseki típusú valangini–barrémi korú vulkáni és vulkanoszediment képződmények alkotják. A területre a Hidasvölgyi Márga Formáció megjelenése a jellemző. E térségben a vulkáni képződmények mellett megfigyelhető márga, agyagmárga és mészkő rétegek váltokozása.



6. ábra. Az Egyek kutatási terület Bouguer-anomália-térképe, izovonalak egysége mgal; a kutatási terület x és y irányú gradiense, izovonalak egysége eötvös; a relatív horizontális gradiensek nyílal ábrázolva

Fig. 6. Bouguer anomaly field over the Egyek prospecting area, anomalies are contoured in mGal unit; derivatives of the Bouguer anomalies with respect to the variables x and y , isolines are contoured in eötvös unit; relative horizontal gradients indicated by arrows

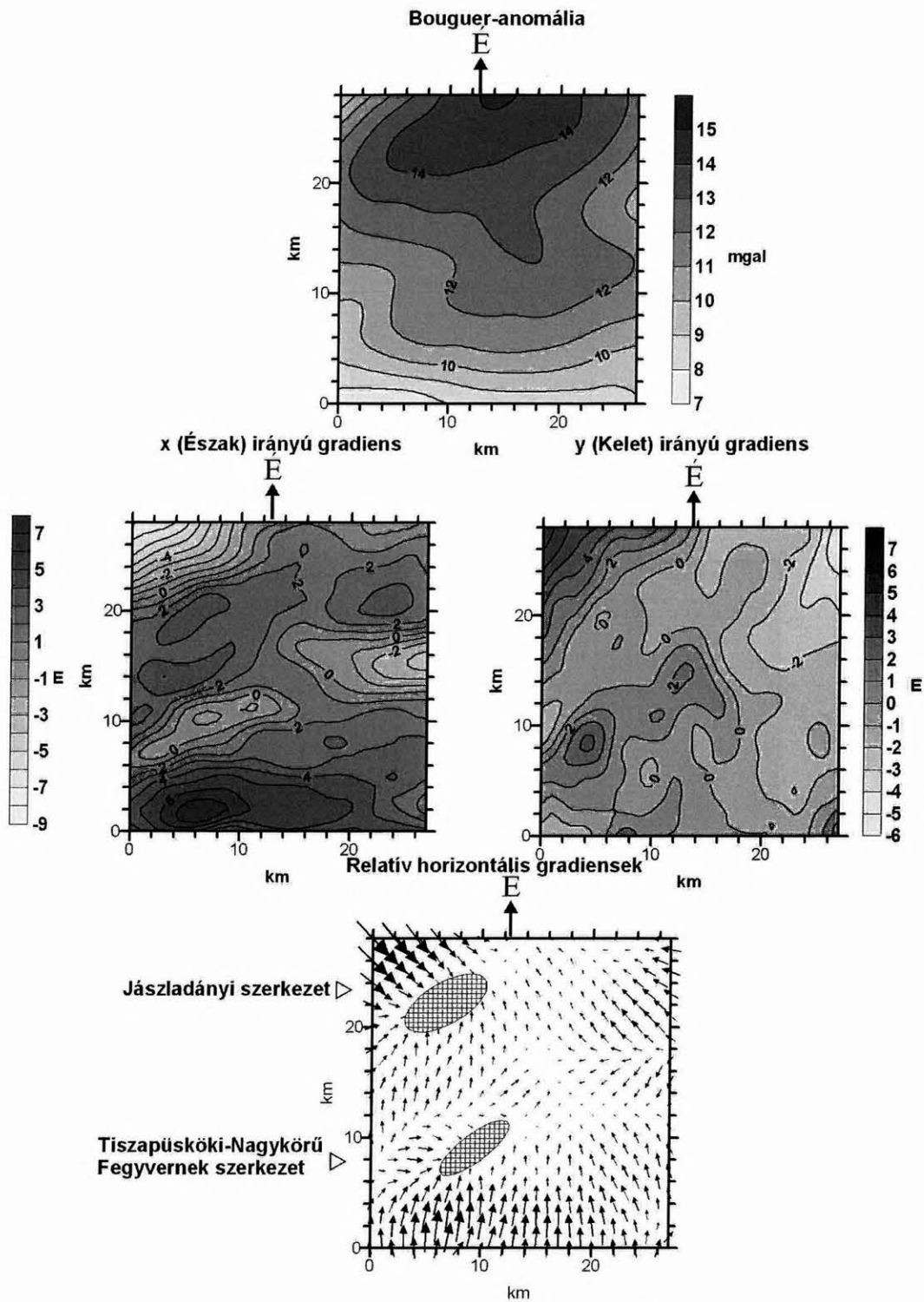
A kutatási terület Bouguer-anomália-térképe és annak x és y változók szerinti deriváltjai, továbbá relatív horizontális gradiensei a 7. ábrán láthatók.

A relatívgradiens-térkép középső részén jellegzetes emelkedett helyzetű szerkezeti egységet mutat. Ezt közel köralakban a kiemeltebb szerkezeti egységtől kifelé mutató gradiensek határolják. Ezek dél felől a kunsági mély zónát,

észak felől a Tizsakürt–Cibakháza–Öcsöd vonal mentén közel kör alakú, mélyebb helyzetű zónát indikálnak.

Nagykörü kutatási terület

A kutatási terület a Szolnoki flis övben, a Tisza egység területén helyezkedik el. A terület általános jellemzői a Balmazújváros–Ny kutatási területre vonatkozóan kerültek



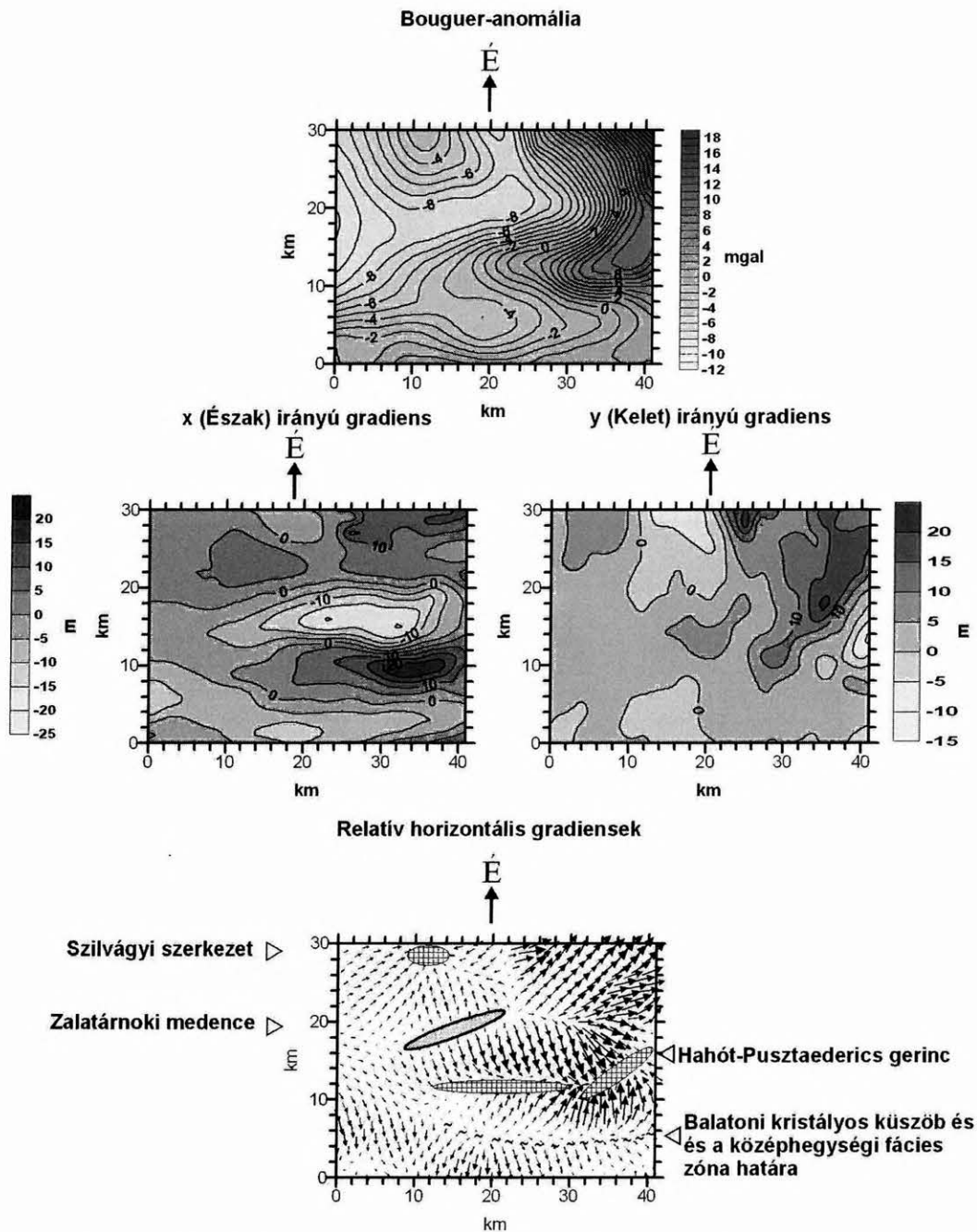
8 ábra. A Nagykorú kutatási terület Bouguer-anomália-térképe, izovonalak egysége mGal; a kutatási terület x és y irányú gradiense, az izovonalak egysége eötvös; a relatív horizontális gradiensek nyílal ábrázolva

Fig. 8. Bouguer anomaly field over the Nagykorú prospect area, anomalies are contoured in mGal unit; derivatives of the Bouguer anomalies with respect to the variables x and y , isolines are contoured in eötvös; relative horizontal gradients indicated by arrows

A kutatási terület Bouguer-anomália-térképe és annak x és y változók szerinti deriváltjai, továbbá relatív horizontális gradiensei a 8. ábrán láthatók.

A kutatási terület relatív horizontális gradienseinek eloszlásából megállapítható a terület emelkedése délkeleti

irányból északnyugati irányba. A terület északnyugati részén a nagyobb mélységben elhelyezkedő, kissé kiemelt helyzetű Jászladányi szerkezet detektálható. A terület déli részén nagyobb amplitúdójú relatív horizontális gradiensű zóna mutatja a Tiszapüsköki–Nagykorú–Fegyvernek terü-



9. ábra. A Nova kutatási terület Bouguer-anomália-térképe, izovonalak egysége mgal; a kutatási terület x és y irányú gradiense, az izovonalak egysége eötvös; a relatív horizontális gradiensek nyíllal ábrázolva

Fig. 9. Bouguer anomaly field over the Nova prospecting area, anomalies are contoured in mGal unit; derivatives of the Bouguer anomalies with respect to the variables x and y, isolines are contoured in eötvös unit; relative horizontal gradients indicated by arrows

letére eső, a flis övbe tartozó, kissé kiemelt helyzetű szerkezetet.

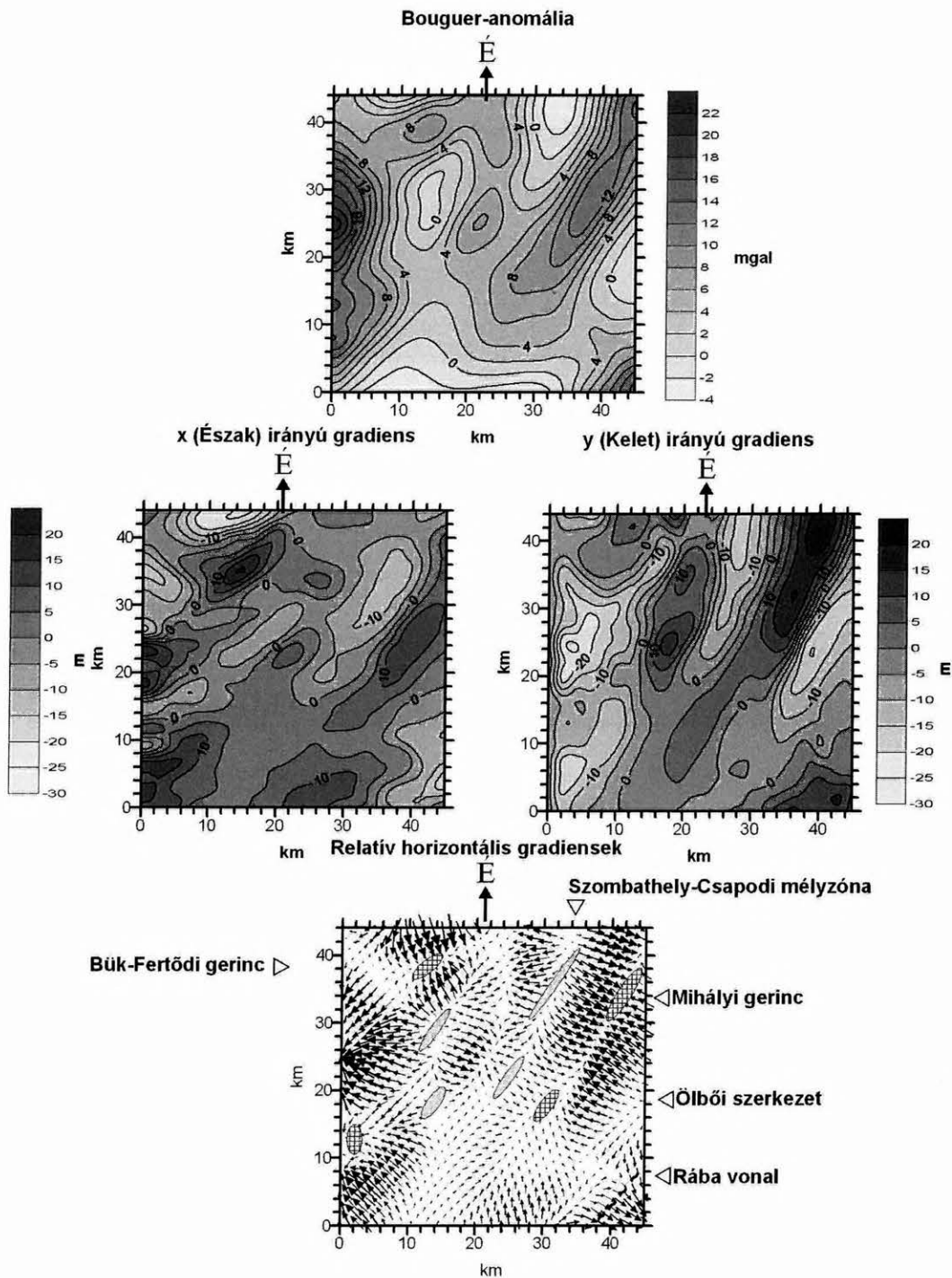
Nova kutatási terület

A kutatási területen az alaphegység két szerkezeti egységből áll: a Balatoni kristályos küszöböl és a közephegységi fácies övből, amelyek a kutatási területen érintkeznek.

A Balatoni kristályos küszöb a kutatási terület déli részén található meg, amelynek mélyfúrásokkal elért prekambriumi kőzetek: csillámpala, gránit, granodiorit és kvarcporfir. A szerkezeti egység legnagyobb része

paleozoós: ordovicium–szilur korú metamorf kőzetek, karbon korú gránit és perm kvarcporfir. Ezek a paleozoós kőzetek az Ortaháza–Puszttaederics–Kilimán vonal mentén kiemelt hátságot alkotnak. A hátságtól északra és délre ezek a kőzetek nagyobb mélységben találhatóak meg.

A közephegységi kristályos fácies öv a kutatási terület északi részén található meg. Itt a késői paleozoós és mezozoós időszakban jelentős mennyiségű üledék halmozódott fel. A triász korú dachsteini mészkő és dolomit formáció előfordulása az egész területre jellemző. Jura korú törmelékeny összlet fordul elő a terület nyugati részén (Bárszentmihályfától és Kehidától nyugatra). A liász-dogger



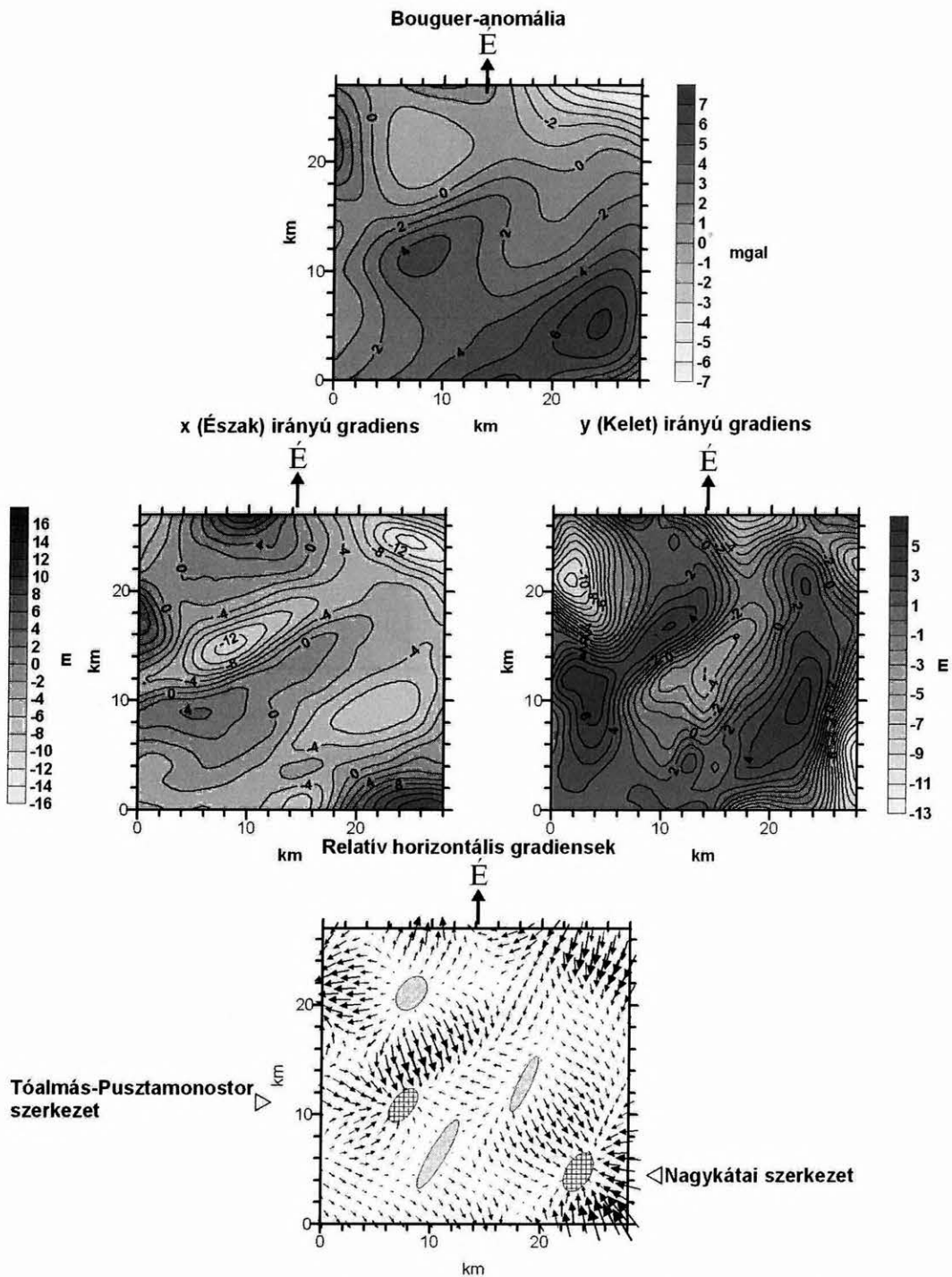
10. ábra. Az Ölbő kutatási terület Bouguer-anomália-térképe, izovonalak egysége mgal; a kutatási terület x és y irányú gradiense, az izovonalak egysége eötvös; a relatív horizontális gradiensek nyíllal ábrázolva

Fig. 10. Bouguer anomaly field over the Ölbő prospecting area, anomalies are contoured in mGal unit; derivatives of the Bouguer anomalies with respect to the variables x and y, isolines are contoured in eötvös unit; relative horizontal gradients indicated by arrows

közetek rendszerint reverz vetők mentén találhatók meg. A felső kréta üledékképződés Ugodi mészkő és Polányi márga formájában jelenik meg. Az eocén közetek a mezozoós rétegek erodált felszínére települtek. A középső- és felső-eocén üledékek a medence süllyedésével párhuzamosan keletkeztek. A medence legmélyebb része a terület középső részén található meg. A kelet-nyugati irányú Zalatárnoki-árok több mint 1000 m vastag üledéket tartalmaz. A területre az eocéntól a miocénig eróziós időszak volt a jellemző.

A további üledékek képződése a bádeni korban kezdődött és rövid üledékképződési hézagokkal folytatódott a szarmatában és a pannonban. A bádeni-szarmata transzgressziós periódus regressziós feltöltődési ciklusra változott az alsó-pannonban, majd szárazföldi üledékek települtek a medencefejlődés utolsó szakaszában.

A kutatási terület Bouguer-anomália-térképe és annak x és y változók szerinti deriváltjai, továbbá relatív horizontális gradiensei a 9. ábrán láthatók.



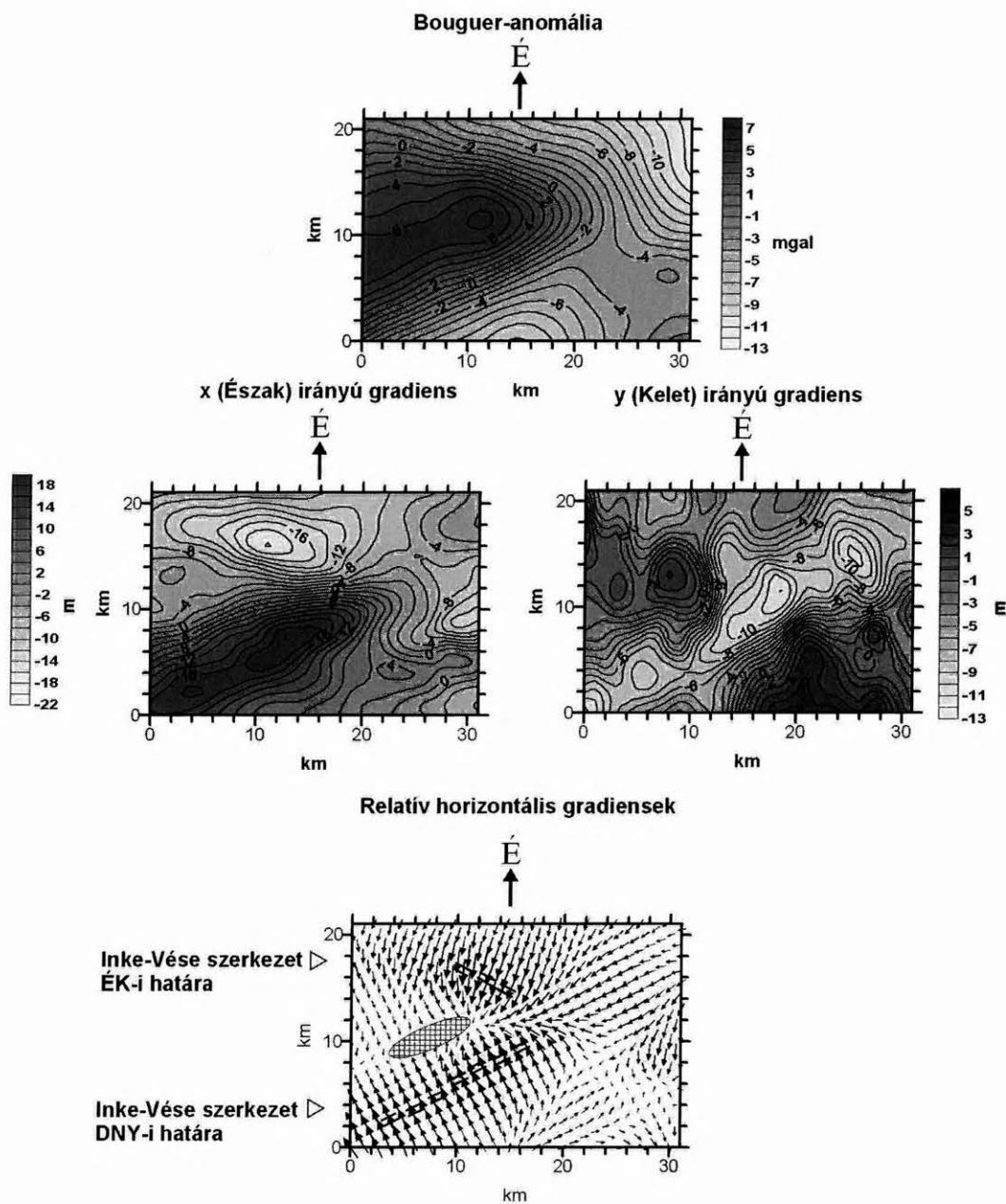
11. ábra. A Pusztamonostor kutatási terület Bouguer-anomália-térképe, izovonalak egysége mGal; a kutatási terület x és y irányú gradiense, az izovonalak egysége ötvös; a relatív horizontális gradiensek nyílal ábrázolva

Fig. 11. Bouguer anomaly field over the Pusztamonostor prospect area, anomalies are contoured in mGal unit; derivatives of the Bouguer anomalies with respect to the variables x and y , isolines are contoured in ötvös unit; relative horizontal gradients indicated by arrows

A kutatási terület relatív horizontális gradiensei markánsan indikálják a Pusztaderics–Hahót (kelet–nyugat) irányú kiemelt helyzetű gerincet. A gerincet délről a Balatoni kristályos küszöb és a középhegységi fácies zóna érintkezési helye (a térképen hullámvonallal ábrázolva), míg északról a Nova–Zalatárnok–Bak (kelet–nyugat) irányú Zalatárnoki-medence határolja. Ezt a medencét a térkép északnyugati részén a kiemeltebb helyzetű Szilvágyi egység zárja le.

Ölbő kutatási terület

Az ölbői kutatási terület az Alpi típusú egységek felső kelet-alpi takarójához sorolható, amelynek aljzatát a Rába menti metamorfittal összlet, vagy más néven grazi paleozoikum alkotja. Kora szilur–devonra tehető. A metamorfózis miatt a területen az egyes fúrásokban különböző megjelenési formákat tapasztalhatunk, úgymint durva karbonát-breccsa, dolomitos kloritpala, szericitpala, mészpala, homok



12. ábra. A Vése kutatási terület Bouguer-anomália-térképe, izovonalak egysége mgal; a kutatási terület x és y irányú gradiense, az izovonalak egysége eötvös; a relatív horizontális gradiensek nyíllal ábrázolva

Fig. 12. Bouguer anomaly field over the Vése prospect area, anomalies are contoured in mGal unit; derivatives of the Bouguer anomalies with respect to the variables x and y, isolines are contoured in eötvös unit; relative horizontal gradients indicated by arrows

kőpala, metamorfizált dolomit, karbonát fillitek, karbonát kvarcfillitek, karbonátos metahomokkövek, szericit-karbonát-kloritpalák.

A Rába vonal északnyugati oldalán, a Mihályi hátságnak nevezett vonulatot túlnyomórészt a zöldpala fáciesbe tartozó képződmények építik fel.

A paleozoós–mezozoós alaphegységre diszkordánsan miocén üledékek települnek, amelyeknek keletkezési kora a felső-miocénre tehető, azonban belül a felső-bádeni emeletre. E sorozat bázisának litorális, abráziósparti képződményei a Rákosi Mészkö Formációba sorolhatók. Durvakavicsos, nagyblokkos, karbonátosan cementált bázistörmeléke a transzgresszió vonalában mutatható ki. Az aljzatmorfológia

tagoltságát mutatja, hogy a megelőzőleg kiemelt, a lajtai orogén ciklus következtében vízzel borított hátak környékén is kifejlődtek e kavicsos bázisképződmények, melyek kutatási területünk fúrásaiban is tapasztalhatóak voltak.

A kutatási terület Bouguer-anomália-térképe és annak x és y változók szerinti deriváltjai, továbbá relatív horizontális gradiensei a 10. ábrán láthatók.

A kutatási terület relatív horizontális gradiensei több szerkezetet indikálnak. A terület délnyugati sarkában húzódik a Rába vonal (a térképen hullámvonallal ábrázolva). Ettől északra a Mihályi gerinc, amelynek középvonalát befelé mutató gradiensek indikálják szignifikánsan. A Rába vonal és a Mihályi gerinc között található a kisalföldi

mélyzóna. A terület középső részén jelentkezik az Ölbői szerkezet, amely északnyugatról meredekebb emelkedésű. Az Ölbői szerkezettől északnyugatra indikálható a Szombathely–Csapodi mélyzóna, amelyet északnyugatra a Bük–Fertődi gerinc követ. A terület nyugati részét az Alpok előterének gravitációs anomáliái jellemzik.

Pusztamonostor kutatási terület

A kutatási terület az Alpi típusú egységek Bükk egység csoportjába sorolható. Erre újpaleozoós vagy mezozoós képződmények jellemzők általában. Bár térségében előfordulnak középső- és felső-triász sekélytengeri karbonátos képződmények, valamint jurakorú Szarvaskői Diabáz Formáció is, mélyfúrási adat nélkül nincs pontos információ a vizsgált ható pontosabb földtani felépítéséről.

A kutatási terület Bouguer-anomália-térképe és annak x és y változók szerinti deriváltjai, továbbá relatív horizontális gradiensei a 11. ábrán láthatók.

A terület délnyugati részén látható a Nagykátai szerkezet. A terület középső részén a Tóalmás–Pusztamonostori szerkezet ismerhető fel, amely északi irányból nézve meredekebb emelkedésű. A két szerkezet között délnyugat–északkelet irányú kifelé mutató kis amplitúdójú gradiensekkel jellemzett, valószínűleg mélyebben elhelyezkedő zóna található.

Vései kutatási terület

A kutatási terület az Alpi típusú egységek Középdunántúl egységébe sorolható. Felépítésére általában újpaleozoós és mezozoós képződmények jellemzőek, de a térségben tapasztalhatjuk paleozoós metamorf képződmények megjelenését is.

A kutatási terület Bouguer-anomália-térképe és annak x és y változók szerinti deriváltjai, továbbá relatív horizontális gradiensei a 12. ábrán láthatók.

Az Inkei szerkezet keleti fele a vései anomália, amelyet markáns gradiens zóna határol. Az Inkei szerkezet határait kettős szaggatott vonal ábrázolja. A szerkezet kiemelt helyzetű részét kis amplitúdójú horizontális gradiensek mutatják. Az Inkei szerkezetet északról a Zalaszentjakab–Csákány–Mesztegyő vonalában, míg délről a Mezőcsokonya–Nagybajom vonalában nagy amplitúdójú horizontális gradiens zóna határolja. A horizontális gradiensek amplitúdói a szerkezet meredek kiemelkedésére utalnak.

Összefoglalás

A számítások eredményeit összefoglalva megállapítható, hogy a relatív horizontális gradiensek jól indikálják a gravitációs mérések alapján meghatározható szerkezeteket. A detektálható földtani szerkezetek a különböző sűrűségű testek helyzetének változása következtében jönnek létre. A

vizsgált kutatási területeken a változások rendszerint az alaphegység közeiteiben, illetve azok helyzetében következnek be. A vizsgált példák azt mutatják, hogy a gerincek, illetve a legmélyebb helyzetű részek nyomvonala több esetben határozottan kijelölhető. A közel párhuzamos helyzetű relatív gradiensek elhelyezkedéséből vetőzónák jelenlétére lehet következtetni. A gradiensek hasonló irányultságából az aljzat emelkedése vagy süllyedése fejezhető ki.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmányba foglalt vizsgálatok az OTKA T 038008 nyilvántartási számú pályázat támogatásával készültek.

HIVATKOZÁSOK

- BÉRCZI I., JÁMBOR Á. (szerk.) 1998: Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana. (25 fős szerzői kollektíva). A MOL Rt. és a MÁFI kiadványa, Budapest
- BLAKELY R. J. 1995: Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications. Cambridge University Press
- DEHLINGER P. 1978: Marine Gravimetry. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York
- EGYED L. 1956: A Föld fizikája. Akadémiai Kiadó, Budapest
- EÖTVÖS L. 1896: Vizsgálatok a gravitáció és a földmágnesség köréből. Matematikai és Természettudományi Értesítő 14, 221–266
- EÖTVÖS L. 1906: Bestimmung des Gradienten der Schwerkraft und ihrer Niveauflächen mit Hilfe der Drehwage. Verhandl. d. allg. Konferenz der Internationale Erdmessung in Budapest
- HEILAND C. A. 1946: Geophysical Exploration. Prentice-Hall, Inc. New York
- JAKOSKY J. J. 1950: Exploration Geophysics. Trija Publishing Company
- KIS K., KLOSKA K., KOVÁCS F., TÓTH S. 1989: Interpretation of gravity and magnetic anomalies using relative horizontal and truncated vertical gradients. Acta Geod. Geoph. Mont. 3–4, 309–327
- Molnár K. 2002: A Geofizikai Szolgáltató Kft. elődeinek története 1993-ig. In: A felszíni geofizikai kutatás 50 éve a kőolajiparban, szerk. KÉSMÁRKY I. GES Kft., Budapest
- MOLNÁR K., KLOSKA K. 2002: Gravitációs és mágneses mérések (1963–1992). In: A felszíni geofizikai kutatás 50 éve a kőolajiparban, szerk. KÉSMÁRKY I. GES Kft., Budapest
- SZABÓ Z. szerk. 1998: Three Fundamental Papers of Eötvös Loránd. Eötvös Loránd Geophysical Institute of Hungary
- SZABÓ Z., PÁNCICS Z. 1999a: Bouguer anomaly map of Hungary corrected using variable density. Geophysical Transactions 42, 29–40
- SZABÓ Z., PÁNCICS Z. 1999b: Gravity map of Hungary corrected for basin effect. Geophysical Transactions 42, 41–54
- TORGE W. 1989: Gravimetry. Walter de Gruyter, Berlin, New York