

# **A Tatárülés-kunmadarasi földgázmező hidrodinamikai csapdázódási modellje**

TDK dolgozat

Készítette: Várkonyi Enikő

Témavezető: Zentainé Dr. Czauner Brigitta



Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet

Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék

Budapest, 2014

## **Tartalomjegyzék**

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Bevezetés.....                                                                        | 2  |
| 2. Olajhidrogeológiai elméleti háttér.....                                               | 3  |
| 2.1 Migrációs folyamat.....                                                              | 3  |
| 2.2 Csapdázódás .....                                                                    | 3  |
| 2.3 Hidraulikus szénhidrogén migráció hidrogeológiai következményei .....                | 4  |
| 2.4 Szénhidrogén migrációhoz és felhalmozódáshoz köthető hidrogeológiai jelenségek ..... | 5  |
| 2.5 Szénhidrogén kutatás olajhidrogeológiai megközelítése.....                           | 5  |
| 3. Az „UVZ” módszer .....                                                                | 6  |
| 3.1 A felszín alatti víz mozgása.....                                                    | 7  |
| 3.2 Az UVZ módszer elmélete .....                                                        | 8  |
| 3.2.1 Migráció rezervoár kőzetekben .....                                                | 9  |
| 3.2.2 A hajtóerő, mint vektormennyiség .....                                             | 10 |
| 3.3 Az UVZ módszer alkalmazása .....                                                     | 16 |
| 3.3.1 Térképek .....                                                                     | 16 |
| 3.3.2 Szelvények.....                                                                    | 19 |
| 4. A vizsgálati terület bemutatása.....                                                  | 22 |
| 4.1 A vizsgálati terület lehatárolása.....                                               | 22 |
| 4.2 Földtani felépítés .....                                                             | 22 |
| 4.2.1 Paleozoikum, mezozoikum.....                                                       | 23 |
| 4.2.2 Kainozoikum.....                                                                   | 23 |
| 4.3 Szerkezetföldtani felépítés.....                                                     | 25 |
| 4.4 A felszín alatti vízáramlási rendszerek.....                                         | 26 |
| 4.5 A Tatárülés-kunmadarasi földgázmező .....                                            | 29 |
| 5. Adatfeldolgozás.....                                                                  | 29 |
| 6. Eredmények.....                                                                       | 31 |
| 6.1 Térképek .....                                                                       | 31 |
| 6.2 Szelvények.....                                                                      | 41 |
| 7. Diskusszió.....                                                                       | 46 |
| 8. Összefoglalás.....                                                                    | 47 |
| 9. Irodalomjegyzék.....                                                                  | 48 |
| 10. Mellékletek.....                                                                     | 51 |

## **1. Bevezetés**

Napjainkban a szénhidrogén telepek kutatása a készletek fogyatkozó száma, és társadalmunk energiahordozók iránti növekvő igénye miatt egyre inkább előtérbe kerül és egyre nagyobb kihívásokat jelent. Nagy konvencionális felhalmozódások felfedezésére már nem igen lehet számítani, az olajcégek mind inkább a nem konvencionális telepek kutatására koncentrálnak.

Az olajhidrogeológiai kutatás lehetőséget nyújt új telepek kutatására és a felfedezett telepek pontosabb lehatárolására is. Ennek ellenére az eljárás alkalmazására világszerte is igen kevés publikált példa van, míg ilyen jellegű vizsgálat Magyarországon eddig nem történt. A legismertebb és legjobban dokumentált esettanulmányok az Amerikai Egyesült Államokból (Texas, Wyoming) származnak.

Ezt a módszert alkalmaztam Berekfürdő, Kunmadaras térségére. A területen korábban történt hidrogeológiai célú értelmezések nyomán TDK munkám során olajhidrogeológiai vizsgálatokat végeztem. Ehhez az úgynevezett „UVZ” módszert alkalmaztam.

A területen két potenciális rezervoár réteg van: a Szolnoki Formáció, és az Algyői Formáción belül egy homokosabb, jó vízvezető réteg. Az értelmezés az utóbbi rétegre készült, melyhez rezervoár tető térképet és különböző potenciáltérképeket készítettem. A módszer ugyanis a szénhidrogének potenciál minimumainál jelöli ki a legvalószínűbb felhalmozódási helyeket.

Munkám során célom, hogy a korábban felállított hidrogeológiai modellt potenciál térképekkel is alátámasszam, a földgázmező elhelyezkedését olajhidrogeológiai vizsgálatokkal magyarázzam, ezzel az UVZ módszer alkalmazhatóságát vizsgáljam.

## **2. Olajhidrogeológiai elméleti háttér**

Az olajhidrogeológia hidrogeológiai módszerekkel kutat szénhidrogének után. Így segítséget nyújt a felszín alatti vízáramlás okozta szénhidrogén migráció vizsgálatában, hidrodinamikus közegben a szénhidrogén csapdázódás megértésében.

### **2.1 Migrációs folyamat**

A szénhidrogének a felszín alatt külön fázisként, vagy a vízzel együtt is mozoghatnak. Elkülönült fázisként is azonban vizes kőzeteken haladnak keresztül, így mindkét esetben mozgásukat jelentősen befolyásolják a környező felszín alatti víz dinamikai viszonyai. A szénhidrogének 6 különböző állapotban képesek migrálni. Olaj-, vagy gázbuborékok formájában; folyamatos olaj-, vagy gázfázisban; kolloidális, vagy micelláris oldatokként; valódi molekuláris oldatokként; kőolajként, szerves anyag vázban; oldható szerves anyagként (Tóth, 1988).

A szénhidrogének migrációját különböző hajtóerők idézik elő. Ezek a hajtóerők nem egymást kölcsönösen kizárók, önmagukban és együtt is működhetnek, jelentőségük időben és térben változik egy fejlődő medencében. A hajtóerők energiájának forrása lehet: a kőzetek kompaksiója és rugalmas tágulása; a felhajtóerő; a gravitáció fedett tározó rétegekben, vagy vízvezetőkben, vagy regionálisan fedetlen kőzetegységekben; a gáztágulás; a folyadékok hőtágulása; a szénhidrogének molekuláris diffúziója; ozmózis (Tóth, 1988).

### **2.2 Csapdázódás**

A legfontosabb tényezők, melyek a szénhidrogének csapdázódását előidézhetik: a pórusméret, hőmérséklet és/vagy nyomás csökkenés, valamint a pórusvíz sótartalmának növekedése. Az áramlás irányában történő pórusméret csökkenés mechanikai szűrést okozhat, vagy a kapilláris nyomás megváltozása révén okozhatja a szénhidrogének csapdázódását. A szénhidrogének oldatban maradásában a nyomásnak és a hőmérsékletnek nagy szerepe van, éppen ezért ha a migráció során ezek a paraméterek csökkennek az az olaj és a gáz víztől való szételegyedését okozhatja. Ilyen szituációk általában ott jönnek létre, ahol a laterális áramlás felfelé irányulóvá válik. A szénhidrogének szételegyedésének másik lehetséges oka a pórusvíz sótartalmának növekedése. Ez leggyakrabban konvergáló áramlások esetén fordul elő, melyek általában feláramlási zónákhoz kapcsolódnak (Tóth, 1988).

A fluidum csapdázódás alapvető dinamikai feltétele a folyadékpotenciál minimum megléte (Hubbert, 1953). Ez három fő esetben alakulhat ki: ha nincs vízáramlás, hidrosztatikusak a körülmények; egyirányú vízáramlás esetén; és ellentétes irányú áramlások esetén. Statikus állapotban az egyetlen hajtóerő, ami a fluid részecskékre hat, a felhajtóerő. Ennek minimuma egy durvaszemcsés összlet felső határán lesz, így ahhoz, hogy a feljebb levő finomszemcsés rétegeken keresztülhaladjanak a folyadékok más hajtóerők is szükségesek lennének, így a fluidumok csapdázódni fognak. A konvergáló majd irányt változtató áramlások hatására kialakuló csapdákat soroljuk a hidraulikai csapdák közé. Ilyen ellentétes irányú áramlások esetén fluid-potenciál minimumok szerkezetek nélkül is kialakulhatnak valamilyen szűrő mechanizmus (kapilláris nyomás; pórusméret, T és/vagy p csökkenés; sótartalom növekedés) segítségével. A hidrodinamikai csapdázódás létrejöttéhez egyirányú áramlás is elegendő. A sűrűségkülönbségből fakadóan a gáz és az olaj áramlási iránya a víztől eltérő lesz. Ennek következtében, ha az áramlási útvonalon valamilyen csapdázódásra alkalmas szerkezet vagy kisebb permeabilitású szakasz található, akkor a szénhidrogéneknek potenciál minimuma alakulhat ki, így felhalmozódhatnak, míg a víz továbbhalad (Tóth, 1980).

Kiáramlási területeken, különböző áramlási rendszerek találkozásánál az áramvonalak összetartanak, a víz által szállított szénhidrogének laterálisan nem szabadulhatnak el. A víz felfelé áramlása a rétegek pórusméret csökkenése esetén is lehetséges (Tóth, 1995), azonban az ilyen szituációk a membránfiltráció és a kapillaritás miatt a szénhidrogéneknek akadályt jelentenek, így a csapdázódásukat idézik elő. Beáramlási területeken a fluid-potenciál sugárirányban kifelé csökken. A lefelé áramló víz különböző fáciesű rétegeken halad keresztül. Előfordulhat az a szituáció, hogy a vízben jelen levő szénhidrogének nem képesek legyőzni azt az ellenállást, melyet ez a változás okoz, és a lefelé áramló víz egyes ágai közt felhalmozódnak. Ez a fajta felhalmozódás sokkal ritkább, mint a konvergáló fluidumok esetén (Tóth, 1988).

Hidraulikai csapda kialakulhat, egy szárazföldi eredetű gravitációs áramlás, és egy kontinens felé irányuló kompációs áramlás találkozásánál is (Tóth, 1988).

### **2.3 Hidraulikus szénhidrogén migráció hidrogeológiai következményei**

A hidraulikus szénhidrogén migráció alapja, hogy a felszín alatti vizek az üledékes medencékben lokális, intermedier és regionális áramlási rendszerekben mozognak. Az

áramlási rendszerek különböző szakaszain a felszín alatti víz különböző tulajdonságokkal bír, és az egyes részekre jellemző jelenségeket okoz. Bizonyos jelenségek a szénhidrogén migrációs útvonalakhoz és a felhalmozódásokhoz köthetők. Maguk a szénhidrogén felhalmozódások pedig a felszín alatti vízáramlások megnyilvánulásai.

A felszín alatti vizek a szénhidrogén molekulákat már meglevő felhalmozódásokba szállíthatják, de a meglevő akkumulációkat el is moshatják. A részecskéket a felszín közelbe szállíthatják és így a felszínen mikroszivárgásokat, olajforrásokat, kátránygödröket alakíthatnak ki (Tóth, 1988).

#### **2.4 Szénhidrogén migrációhoz és felhalmozódáshoz köthető hidrogeológiai jelenségek**

A szénhidrogén migrációhoz és felhalmozódáshoz köthető hidrogeológiai jelenségek lehetnek direktek és indirektek. Indirektek azok a jelenségek, melyeket olyan folyamatok alakítottak ki, melyek a szénhidrogének csapdázódását is előidézhetik. Direkt jelenségek azok, melyek közvetlenül szénhidrogén felhalmozódások jelenlétére utalnak (pl. olajszivárgás) (Tóth, 1988).

Indirekt jelzők: Olyan fluid-potenciál, vagy nyomás viszonyok, vagy az áramlási rendszerek olyan tulajdonságai, melyek kiáramlási területre, hidraulika, vagy hidrodinamikai csapdára utalnak. Pozitív geotermális anomáliák; mocsarak, sós talajok, sós vízkiáramlások; pórusvíz sótartalmának növekedése; felszín közeli redukció; váltakozó talajok; szulfid ércek; radiometrikus és elektrotellurikus anomáliák (Tóth, 1988).

Egyes medencékben a felszín alatti vizek áramlása olyan erőteljes lehet, hogy a szénhidrogén felhalmozódások nem csak elmozdulnak az áramlás irányába, hanem teljesen el is mosódhatnak, és távolabbi helyeken felhalmozódhatnak. Ilyen esetben a rezervoár kőzetben, a felhalmozódás korábbi helyén maradhatnak olajnyomok, melyek félrevezetőek lehetnek és csak azt bizonyítják, hogy a területen korábban volt szénhidrogén telep. Egy potenciális szénhidrogén kutatási területen a fűrés megkezdése előtt az UVZ módszer hatékony lehet a lehetséges felhalmozódás áthelyeződések vizsgálatában is (Dahlberg, 1985).

#### **2.5 Szénhidrogén kutatás olajhidrogeológiai megközelítése**

Az olajhidrogeológia módszertana, azaz a szénhidrogén kutatás hidrogeológiai megközelítése két alapvető összefüggésen alapul. Az első, hogy a felszín alatti vizek a szénhidrogén

molekulákat olyan fluid-dinamikai szempontból kedvező helyekre szállíthatják, ahol azok csapdázódhatnak, felhalmozódhatnak. A második, hogy a felszín alatti vizek felhalmozódások meglétét jelezhetik azzal, hogy direkt vagy indirekt jeleket szállítanak az akkumulációktól, olyan helyekre ahol azok detektálhatók. Indirekt módszer esetén olyan felszín alatti régiókat keresnek a kutatók, melyek hidraulikai és hidrodinamikai tulajdonságai kedvezőek a szénhidrogének felhalmozódására. A direkt módszer a direkt indikátorokon alapul, és megpróbálja felismerni és értelmezni a felszín alatti vízhez kötődő jelenségeket és tényleges felhalmozódásokat (Tóth, 1988).

A hidrogeológiai megközelítést 4 problémára szokták alkalmazni a szénhidrogén kutatásban (Tóth, 1988):

1. Olyan területek felderítésére, ahol hidraulikailag kedvezőek a feltételek a szénhidrogének felhalmozódására.
2. A potenciálisan migrált szénhidrogének térfogat becslésére.
3. A hidraulikai és hidrodinamikai csapdák helyének meghatározására, a már ismert felhalmozódások kiterjedésének megadására, és a felhalmozódások közti kapcsolatok vizsgálatára.
4. A direkt hidrogeológiai indikátorok felmérése és értelmezése alapján a szénhidrogén felhalmozódások közvetlen keresésére.

### **3. Az „UVZ” módszer**

Az UVZ módszer a hidrodinamikai csapdázódás vizsgálatának olajhidrogeológiai módszere. Ez Hubbert (1953) alapelvei és matematikai egyenletei alapján próbálja feltérképezni a különböző geológiával és hidrogeológiával rendelkező területeken a szénhidrogén csapdázódási potenciált, előtérbe helyezve azt, hogy az olaj- és a gázrészecskék a vízzel együtt mozognak, áramlási irányuk azonban a sűrűségükben levő különbség miatt eltér. A módszer alapegyenleteinek megértése érdekében először a felszín alatti víz mozgásának törvényszerűségeit kell tisztázni.

### 3.1. A felszín alatti víz mozgása

Azt a munkát, ami egységnyi tömegű víz egy tetszőleges pontból a mérési pontba való szállításához szükséges a víz potenciáljának nevezzük (Hubbert, 1940). A kiindulási pontban az eleváció  $z_0$ , a víznyomás  $p_0$ . A mérési pontban, melyre a folyadékpotenciált vonatkoztatjuk az eleváció  $z$ , a víznyomás  $p$ .

Így egy egységnyi tömegű víz potenciálja (Hubbert, 1940):

$$\phi = g(z - z_0) + \frac{p - p_0}{\rho}, \text{ ahol} \quad (1)$$

$\phi$ : folyadékpotenciál ( $\text{m}^2/\text{s}^2$ )

$g$ : gravitációs állandó ( $\text{m}/\text{s}^2$ )

$z$ : végpont elevációja (m)

$z_0$ : kiindulási pont elevációja (m)

$p$ : víznyomás a vonatkoztatási pontban (Pa)

$p_0$ : víznyomás a kiindulási pontban (Pa)

$\rho$ : vízsűrűség ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

Mivel a kiindulási pont tetszőlegesen megválasztható az egyszerűség kedvéért ezt a tengerszinten levőnek tekinthetjük, így  $z_0 = 0$  -val helyettesíthetünk:

$$\phi = gz + \frac{p - p_0}{\rho}. \quad (2)$$

Ha  $p_0$  az atmoszferikus nyomás, vagy viszonyító nyomás, akkor:

$$\phi = gz + \frac{p}{\rho}. \quad (3)$$

A folyadékpotenciál értéke a mérési pontra vonatkozóan a gravitációs állandó és a mérési pontban jellemző hidraulikus emelkedési magasság ( $h$ ) segítségével is kifejezhető:

$$\phi = gh \left( = gz + \frac{p}{\rho} \right), \text{ vagyis} \quad (4)$$

$$h = z + \frac{p}{\rho g}. \quad (5)$$

A vízáramlás a nagyobb potenciálú hely felől a kisebb felé történik.

### **3.2. Az UVZ módszer elmélete**

A módszer megértéséhez elsőként az olaj- és gázrészecskék felszín alatti környezetben való viselkedésének tanulmányozása szükséges Hubbert (1953) alapján.

Az olaj- és a gázrészecskék kezdeti diszpergált állapotukban egy víztelített pórusterben nem folytonos térfogati elemekként vannak jelen. Mint ilyen részecskék, mechanikus energiával rendelkeznek, melyek egységnyi tömegre vonatkoztatott értékei alatt a folyadékok potenciálját értjük. Víz esetén egy adott fluidum potenciálján azt a munkát értjük, ami ahhoz szükséges, hogy ennek a folyadéknak egy egységnyi tömegét a standard állapotból egy meghatározott pontba szállítsa. Ez tartalmazza a gravitáció és a nyomás ellenében végzett munkát, valamint a határfelületi energiát a szénhidrogén, a víz és a kőzetváz között. Egy adott kőolajrészecske potenciálja ( $\phi_o$ ) egy adott pontban a következő egyenlettel fejezhető ki:

$$\phi_o = gz + \frac{p}{\rho_o} + \frac{p_c}{\rho_o}, \quad (6)$$

ahol  $p$  a környező víz nyomása az adott pontban,  $p_c$  a kapilláris nyomás (víznedves rendszerben az olaj nyomásának többlete a vízéhez képest),  $\rho_o$  pedig az olaj sűrűsége.

Gáz esetén a potenciál ettől különbözni fog, mivel további energia lesz szükséges a gáz összenyomásához, a standard és a végső állapot közti nyomáskülönbségből fakadó térfogatváltozás miatt. A gázra vonatkozó potenciálegyenlet:

$$\phi_g = gz + \int_0^p \frac{dp}{\rho} + \int_p^{p+p_c} \frac{dp}{\rho}, \quad (7)$$

ahol  $\rho$  a gáz változó sűrűsége az összenyomás során.

A hajtóerő, ami egy olaj vagy gáz részecskére hat egy adott pontban, az illető elem potenciáljának negatív gradiense lesz:

$$E_o = -grad \phi_o = g - (1/\rho_o)grad p - (1/\rho_o)grad p_c, \quad (8)$$

$$E_o = -grad \phi_g = g - (1/\rho_g)grad p - (1/\rho_g)grad p_c, \quad (9)$$

ahol  $\rho_o$ , az olaj,  $\rho_g$  a gáz sűrűsége egy referenciapontban.

Ezek vektoriális egyenletek, melyek kifejezik, hogy egy részecskére három különböző erő hat. Egy a gravitáció miatt, egy a környező víz nyomásváltozása miatt, egy pedig a pontról pontra változó kapilláris nyomás miatt.

### **3.2.1 Migráció rezervoár kőzetekben**

A rezervoár kőzetek nagy általánosságban nézve durvaszemcsés rétegek, finomabb szemcsés összletek között, melyek vízzel telítettek, és bennük általában a rétegzéssel párhuzamos vízáramlás zajlik.

A migráló kőolajrészecskék ilyen környezetben is rendelkeznek egy  $\phi_o$  potenciállal, mely a rezervoár kőzeten belül függeni fog a pozíciótól és a környezettől, azonban a határfelületek kivételével a kapilláris erőktől viszonylag független lesz. A rezervoár kőzet határán, a durvább szemcsés kőzetből a finomabbba történő migrálás során nagy potenciálnövekedés jellemző a kapillaritásnak köszönhetően. Ennek következtében erre a határfelületre a rezervoár irányából az olaj szempontjából áthatolhatatlanként tekinthetünk. A kőolajrészecskék tehát addig fognak a hajtóerő ( $E_o = - \text{grad } \phi_o$ ) irányába migrálni, amíg el nem érnek egy ilyen határt. A határon az  $E_o$  legnagyobb tangenciális komponensének irányába térítődnek el, míg olyan pozícióba nem kerülnek, ahol ez a komponens megszűnik. Ez általában egy olyan pont, ahová a tér minden irányából a tangenciális komponens konvergál. Ennek következtében ez egy olyan hely lesz, ahová az olaj minden irányból migrál, de kiszabadulni onnan nem tud, vagyis csapdázódik. Azok a helyek, melyek felé a hajtóerő komponensek konvergálnak a potenciálmínimumok helyei.

Tehát egy ilyen közegben, ahol a kapilláris erő elhanyagolható, egy adott kőolaj részecske potenciálja:

$$\phi_o = gz + \frac{p}{\rho_o}, \quad (10)$$

és a rá ható hajtóerő:

$$E_o = -\text{grad } \phi_o = g - (1/\rho_o)\text{grad } p. \quad (11)$$

Annak ellenére, hogy a nyomás az egyik legkönnyebben mérhető paraméter a kutakban, az egyenlet megoldásához ennek térbeli eloszlása szükséges, melynek mérése nagyon nehéz. Ennek következtében egyszerűbb, ha a  $\phi_o$  és  $E_o$  értékeket a jobban kezelhető  $\phi_w$  és  $E_w$  értékekhez, a környező víz potenciáljához és hajtóerejéhez viszonyítjuk:

$$\phi_w = gz + \frac{p}{\rho_w}, \quad (12)$$

$$E_w = -grad \phi_w = g - (1/\rho_w) grad p. \quad (13)$$

Ha megoldjuk az első egyenletet  $p$ -re és behelyettesítünk az olajpotenciál egyenletébe a következőt kapjuk:

$$\phi_o = \frac{\rho_w}{\rho_o} \phi_w - \frac{\rho_w - \rho_o}{\rho_o} gz, \quad (14)$$

amely kifejezi az olajpotenciált minden pontban, egy adott pontban, adott eleváción mért vízpotenciál szempontjából.

Hasonló eljárással adható meg a víz hajtóerejével és a gravitációval kifejezett olajra ható hajtóerő is:

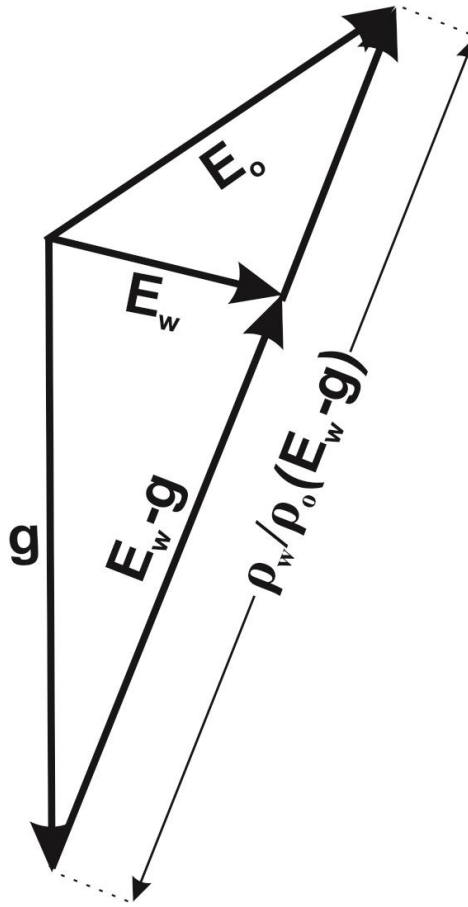
$$E_o = g + \frac{\rho_w}{\rho_o} (E_w - g). \quad (15)$$

A 14-es egyenlet segítségével megadhatjuk az olaj ekvipotenciál felszíneket, melyek negatív gradiense a hajtóerő vektor ( $E_o$ ) lesz, vagy a 15-ös egyenlet segítségével közvetlenül is meghatározhatjuk  $E_o$ -t, melyre az ekvipotenciál felszínek merőlegesek lesznek.

### **3.2.2 A hajtóerő, mint vektormennyiség**

Az olaj részecskékre ható  $E_o$  hajtóerő, mint az a 15-ös egyenletből is látszik a  $g$  és  $E_w$  vektorok függvénye. Az első, a gravitációs gyorsulás vektor függőlegesen lefelé, míg a második ( $E_w$ ), az egységnyi tömegű vízre ható teljes hajtóerő, mely az áramlás irányába mutat.

Ha ezt a két vektort grafikusán ábrázoljuk,  $g$  és  $E_w$  ugyanabból a pontból indulnak, de eltérő irányúak. E két vektor különbsége az  $E_w - g$  vektor lesz. A  $\frac{\rho_w}{\rho_o}(E_w - g)$  vektor ezzel egybe fog esni, de  $\frac{\rho_w}{\rho_o}$ -val nagyobb lesz. Végül az  $E_o = g + \frac{\rho_w}{\rho_o}(E_w - g)$  vektor kiindulópontja meg fog egyezni a  $g$  és  $E_w$  vektorokéval, végpontja pedig a  $\frac{\rho_w}{\rho_o}(E_w - g)$  vektorával esik egybe (1. ábra).



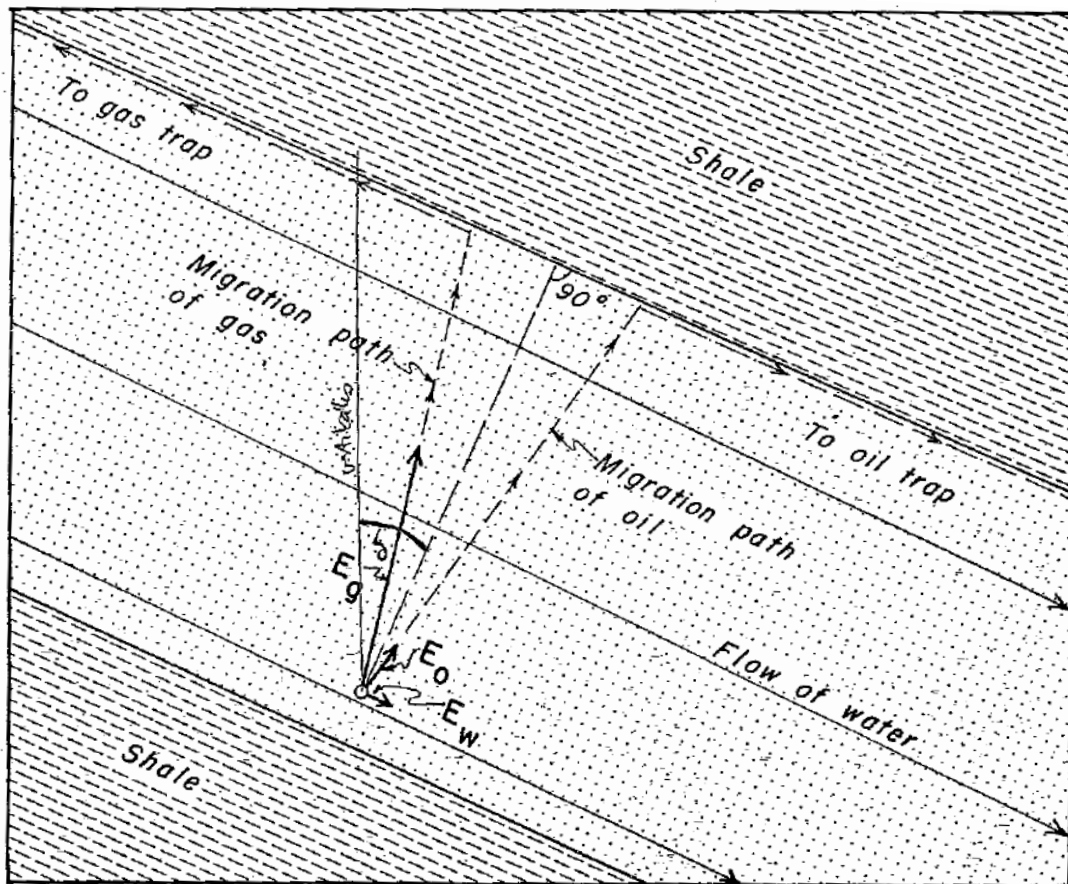
1. ábra Egy olajrészecskére hidrodinamikus környezetben ható erők vektori ábrája (Hubbert, 1953)

Mivel  $g$  állandó érték, az  $E_o$  vektor elsősorban  $\rho_o$  és  $E_w$  függvénye lesz. Rögzített  $\rho_o$  esetén, ha  $E_w$  zérus, vagy vertikális,  $E_o$  is vertikális lesz, vagy  $E_w$  nagyságától és irányától függően akár nulla is lehet. Minden más esetben, mikor  $E_w$  nem zérus és nem vertikális  $E_o$  a horizontális komponens felé fog kitérni.

Tehát egy dinamikus felszín alatti vízáramlással jellemezhető területen, ahol az áramlási irány nem vertikális, különböző nagyságú és irányú erők fognak hatni az olaj- és gázrészecskékre, melynek következtében ezek különböző irányokba fognak migrálni.

12

vertikálistól. Ugyanígy  $E_w$  nagyságától és a sűrűségkülönbségektől függően  $E_o$  és  $E_g$  is el fognak térni a vertikálistól a rétegdőlés irányába,  $E_o$  nagyobb szöggel, mint  $E_g$ . A sűrűségkülönbségek és  $E_w$  egy bizonyos értéktartományában  $E_o$  nagyobb, míg  $E_g$  kisebb, mint  $\delta$  szöggel fog eltérni a vertikálistól. Ennek következtében, mikor az olajrészecskék elérik a rezervoár réteg felső impermeábilis határát a mentén lefelé, míg a gáz részecskék felfelé fognak migrálni. Így egy olyan impermeábilis réteghatár jöhet létre, mely mentén az olaj- és gázrészecskék ellentétes irányban fognak áramlani.



3. ábra Az olaj és a gáz különböző irányú migrációja hidrodinamikus környezetben (Hubbert, 1953)

Az olajcsapdázódási helyek lehatárolásához a skaláris potenciálok a legalkalmasabbak. A vízre vonatkoztatott olajpotenciált a korábban már levezetett 14-es egyenlet adja meg:

$$\phi_o = \frac{\rho_w}{\rho_o} \phi_w - \frac{\rho_w - \rho_o}{\rho_o} g z. \quad (16)$$

Ha  $\phi_o = g h_o$  és  $\phi_w = g h_w$  –vel helyettesítünk, majd g-vel osztunk, a következő egyenletet kapjuk:

$$h_o = \frac{\rho_w}{\rho_o} h_w - \frac{\rho_w - \rho_o}{\rho_o} z, \quad (17)$$

melyben minden tag hosszúság dimenziójú. Ha  $h_w$  és  $z$  a tér minden pontjában ismertek, akkor  $h_w$ =konstans és  $z$ =konstans felületeket szerkeszthetünk és ezekből meghatározhatjuk a számunkra szükséges  $h_o$ =konstans felületeket.

A  $z$ =konstans eleváció felületek horizontálisak, míg a  $h_w$ =konstans felületek az ekvipotenciálok. A két felület metszéspontja egy horizontális görbe mentén lesz, melyen mivel  $h_w$  és  $z$  is konstans a 17-es egyenlethől következően  $h_o$  is az lesz. Geológiai szempontból a  $h_w$ =konstans és  $h_o$ =konstans felületek dőlése erősen különbözhet, azonban csapásuk mindig azonos. Egyszerű grafikus ábrázoláshoz a legalkalmasabb a 17-es egyenlet. Ha bevezetjük, hogy:

$$\frac{\rho_w}{\rho_o} h_w = u \quad \text{és} \quad \frac{\rho_w - \rho_o}{\rho_o} z = v, \quad \text{akkor} \quad (18)$$

$$h_o = u - v, \quad (19)$$

melyben változatlanul minden tag hosszúság dimenziójú. Az  $u$ =konstans és  $v$ =konstans görbék segítségével a  $h_o$ =konstans görbét közvetlenül ábrázolhatjuk, melyekre az olajmigráció merőleges lesz és a csökkenő értékek felé fog irányulni. Ebből következően, ha ezen görbék egy csoportja zárt, és alacsony potenciálú, vagy  $h_o$ -jú területet zárnak közre, akkor ez a terület egy csapdát fog jelenteni az olaj számára, mivel az a kisebb potenciálú hely felől a nagyobb felé nem fog tudni áramlani. A teljesen záródó potenciál minimum görbéken kívül a nagy gradienssel rendelkező területek is potenciális csapdák lehetnek, mivel kisebb permeabilitású zónákat jeleznek.

Egy rezervoár réteg tetejére rajzolt  $z$ =konstans görbék egyszerűen a szerkezeti kontúrok, míg a  $h_w$ =konstans görbék a potenciometrikus felszínek kontúrjai. Ezen két görbecsalád térképeiből a 18-as egyenlet segítségével megszerkeszthetjük az  $u$ =konstans és  $v$ =konstans

görbékét. Az első a potenciometrikus, a második a szerkezeti kontúrokkal lesz párhuzamos, de a görbék közti távolság és a kontúr intervallumok mindkét esetben eltérőek lesznek.

Hubbert ezen levezetését követően A. S. Dickinson és J. J. McMahon rámutattak (Hubbert, 1953), hogy az előző eljárást kissé módosítva egy további egyszerűsítéshez juthatunk. Ha a 17-es egyenlet minden tagját  $\frac{\rho_w - \rho_o}{\rho_o}$ -val osztjuk, akkor a következő egyenletet kapjuk:

$$\frac{\rho_o}{\rho_w - \rho_o} h_o = \frac{\rho_w}{\rho_w - \rho_o} h_w - z, \quad (20)$$

mely egyenlet minden tagja szintén hosszúság dimenziójú. Ha a korábbi  $u$  és  $v$  meghatározásokat módosítjuk:

$$\frac{\rho_o}{\rho_w - \rho_o} h_o = u \quad \text{és} \quad \frac{\rho_w}{\rho_w - \rho_o} h_w = v, \quad (21)$$

és a 20-as egyenletbe behelyettesítünk, akkor megkapjuk az úgynevezett **UVZ módszer alapegyenletét**:

$$u = v - z. \quad (22)$$

Itt az  $u$ =konstans felületek az olaj ekvipotenciálokkal, a  $v$ =konstans felületek pedig a víz ekvipotenciálokkal esnek egybe. Egy rezervoár réteg tetejére vonatkoztatva a  $z$ =konstans görbék a szerkezeti kontúrok lesznek. Az  $u$  görbékét grafikusán meghatározhatjuk, a  $v$  és  $z$  görbék segítségével. Az  $u$  görbék által közrezárt, potenciál minimummal jellemezhető területek fogják reprezentálni az olajcsapdákat. Ennek a módszernek két nagy előnye van, az eredeti Hubbert (1953) féle elképzeléshez képest. Itt a szerkesztés során közvetlenül a szerkezeti kontúrtérképet használhatjuk, továbbá az  $u$  értékeknek geometriai és energetikai jelentősége is van.

Gáz esetére ez az elmélet összetettebb számolásokat igényelne, mivel a gáz potenciálja tartalmazza a kompresszióval szemben végzett munkát is, azonban mivel számunkra egy adott ponton mérhető abszolút potenciál érték nem jelentős, elhanyagolható hibát vétünk, ha a gázt egy állandó sűrűségű folyadékként kezeljük. Így gáz esetén is alkalmazhatjuk az előzőekben leírt módszert, azonban a sűrűség értékek eltérése miatt a  $h_g$  görbék különbözni fognak a  $h_o$  görbékétől.

Az előzőekben leírtak alapján abban az esetben, mikor egy felszín alatti környezetben nincs vízáramlás a  $h_o$ =konstans görbék egybe fognak esni a  $z$ =konstans görbékkel és az olajcsapdázódási helyek csak szerkezeti meghatározottságúak lesznek. Mikor azonban a felszín alatti víz mozgásban van ezek nem fognak egybe esni, és az olaj- és gázcsapdázódási helyek sem fogják teljesen fedni egymást, sőt akár teljesen el is különülhetnek.

### **3.3. Az UVZ módszer alkalmazása**

#### **3.3.1 Térképek**

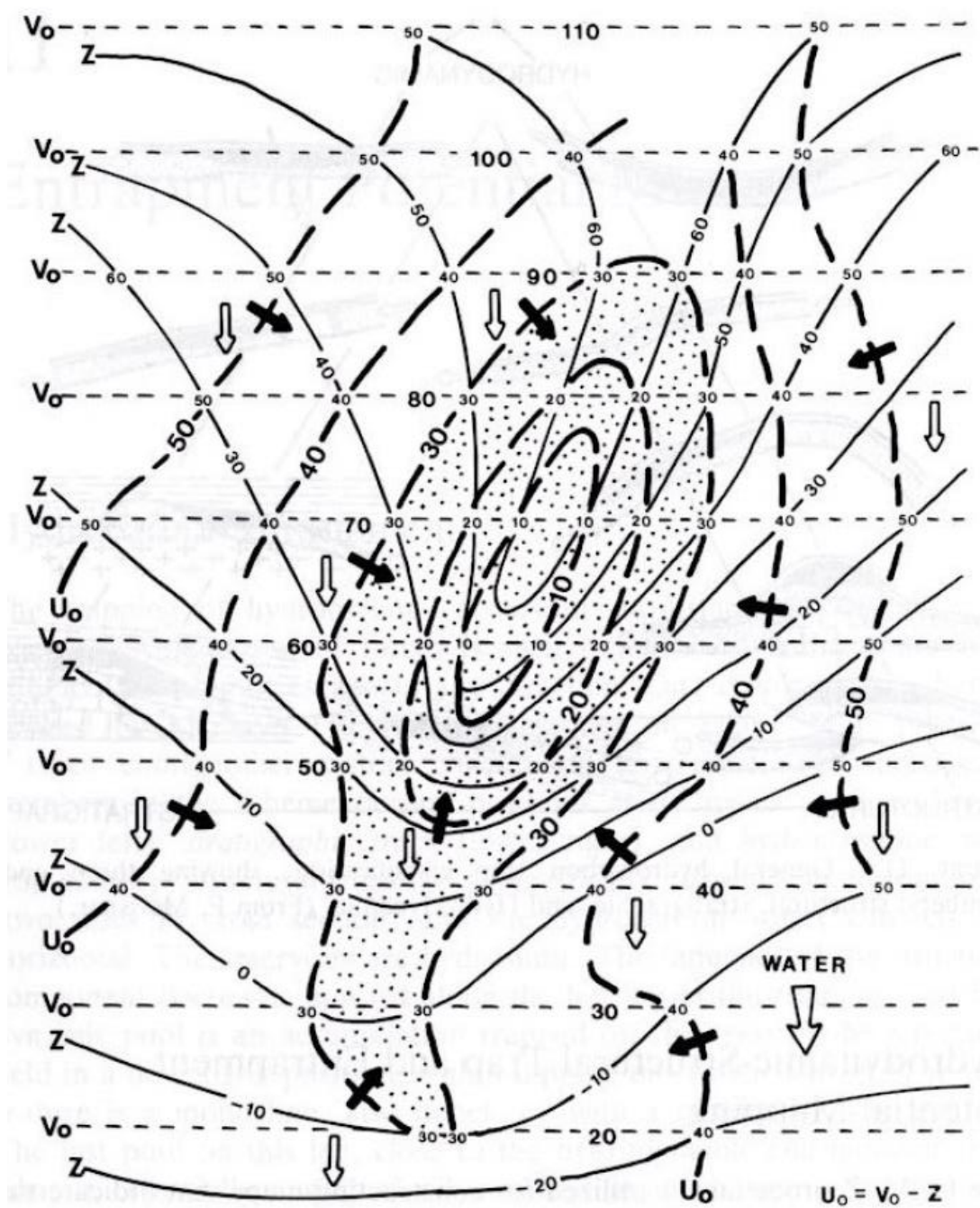
Az UVZ módszer alapvetően grafikus úton keresi a szénhidrogének csapdázódására alkalmas területeket. Az alapegyenlet alapján az első feladat egy „z” térkép készítése, mely a gyakorlatban egy lehetséges rezervoár réteg tetejének az eleváció térképét jelenti. Ez már önmagában is utalhat lehetséges csapdázódási helyekre. A v térkép gyakorlatilag a szénhidrogének vízre vonatkoztatott potenciál értékeinek a térképe. Ez a gyakorlatban annyit jelent, hogy a mért hidraulikus emelkedési magasság értékeket  $\rho_w/(\rho_w - \rho_o)$ -val (olaj esetén) szorozzuk, ahol  $\rho_w$  a víz,  $\rho_o$  az olaj sűrűsége. A kapott értékekből izovonalas térképet készítünk, melyet a rezervoár tető térképpel fedésbe hozunk, majd a v és z vonalak metszéspontjainál kiszámoljuk az u (v-z) értékeket. Az így kapott pontokból újabb izovonalas térképet készítünk, mely már megadja az adott szénhidrogén potenciáltérképét melyen a minimum értékek jelzik a lehetséges csapdázódási helyeket.

A 4. ábrán az eleváció kontúrok egy keskeny délről, nyugatról és keletről záródó, azonban észak felé nyitott szerkezetet rajzolnak ki. Statikus körülmények között ebben a szerkezetben sem olaj, sem gáz nem csapdázódhatna, mivel a felhajtóerő őket észak felé tovább szállítaná. A Vo kontúrok – melyek lényegében csak átskálázott víz ekvipotenciálok – alapján a területen északról délre áramlik<sup>1</sup> a víz, ezt mutatják a fehér nyilak. A V és Z kontúrok segítségével szerkesztett U térképen látszik, hogy az olaj potenciál görbék záródnak. A minimum érték a Z térképen is kirajzolódó szerkezet középpontjában van, vagyis a területen lehetséges az olaj csapdázódása. A fekete nyilak az olaj migráció irányát mutatják, a területen minden olajrészecske a potenciál minimum értéke felé fog migrálni. A lehetséges maximális olaj felhalmozódás a legnagyobb záródó potenciál görbe által bezárt területtel lesz egyenlő. A

---

<sup>1</sup> A dolgozatban mindehol áramlási irányt említek, valójában azonban hajtóerő irányt határozok meg a hidraulikus gradinsek alapján, mivel nem veszem figyelembe a hidraulikus vezetőképességet.

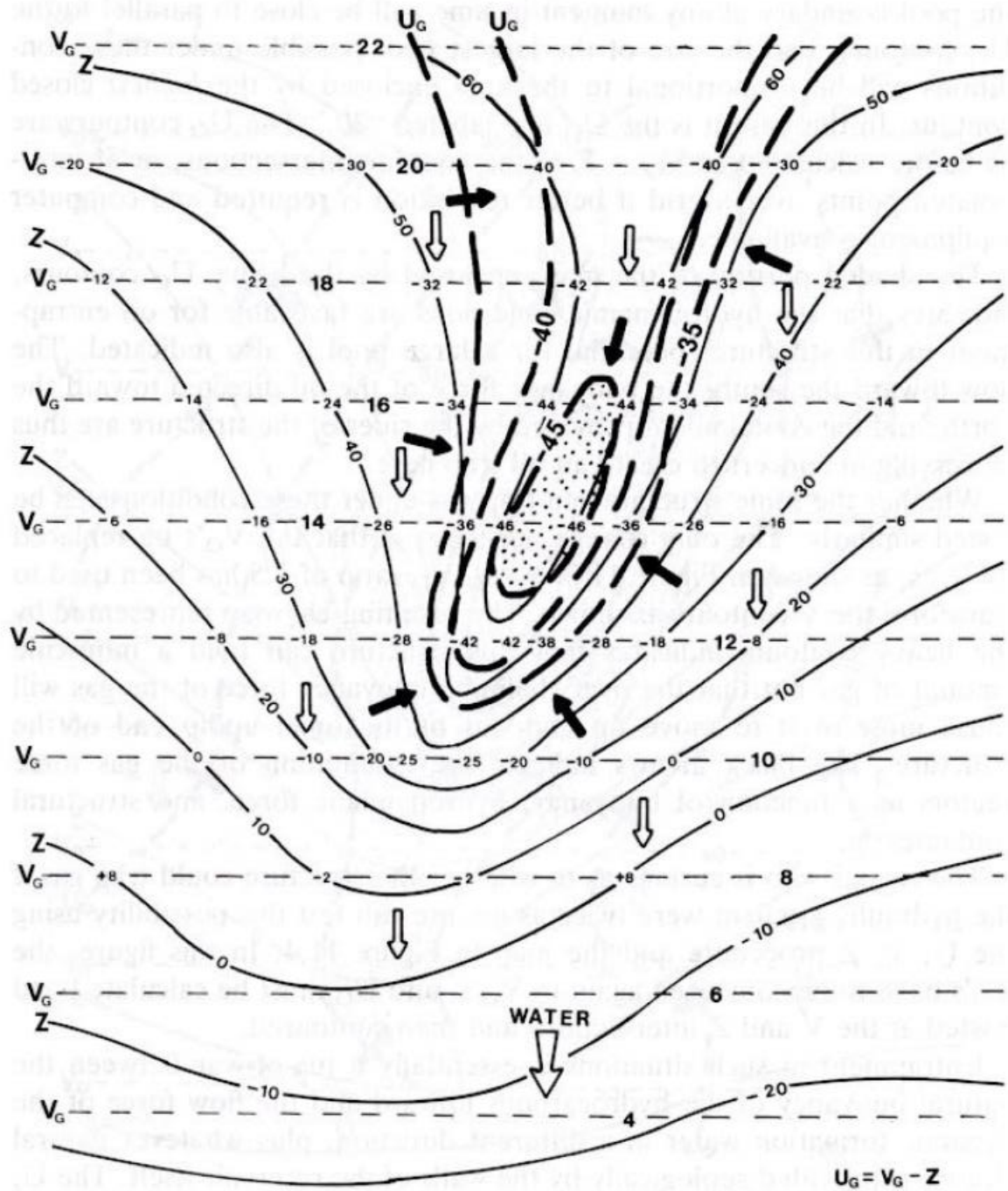
dél felé irányuló vízáramlás, az olajra ható felhajtóerő, és a szerkezet által biztosított részleges záródás együtt teszik lehetővé az olaj csapdázódását.



4. ábra Egy nem teljesen záródó szerkezet potenciális olaj csapdázódási térképe (Dahlberg,, 1985)

Az 5. ábrán a lehetséges gázcsapdázódást láthatjuk ugyanarra a szerkezetre, ugyanazokkal a feltételekkel. Az  $U$  térkép eltérő lesz, mivel a gáz sűrűsége jóval kisebb az olajénál. Látszik,

hogy ez a szerkezet a gázra ható jelentősen nagyobb felhajtóerő miatt csak csekély mennyiségű gáz csapdázására alkalmas, a gáz a szerkezet nyitott részén észak felé elmigrál.



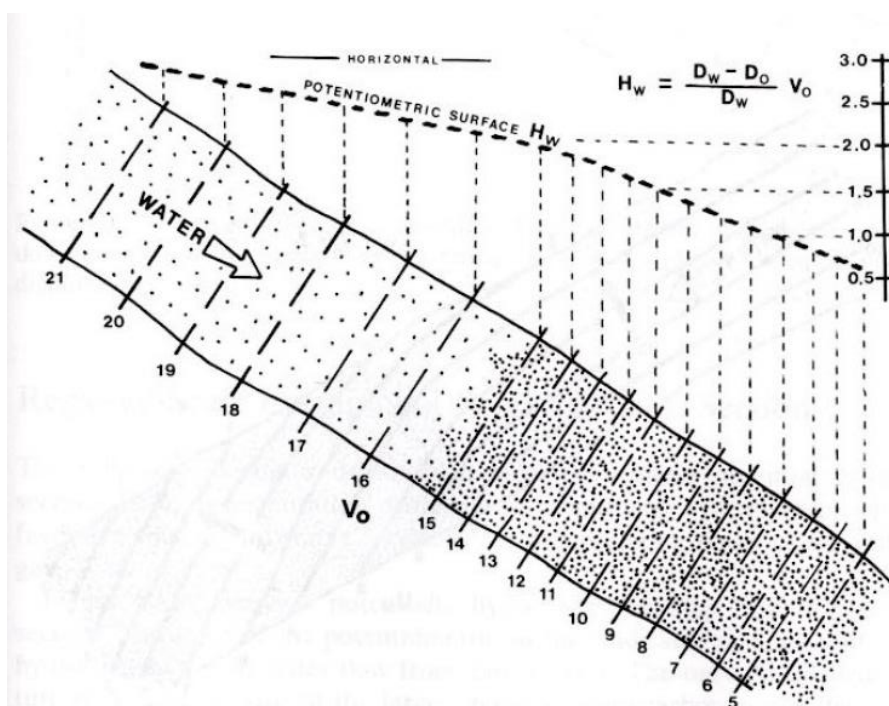
5. ábra Gáz csapdázódási potenciál egy nem záródó szerkezetben (Dahlberg, 1985)

Ebben a szituációban a csapdázódást a szénhidrogénekre ható természetes felhajtóerő és a vízáramlás küzdelme határozza meg, valamint a szerkezeti elem jelenléte is fontos, de nem szükségszerű tényező. Az UVZ módszer minden esetben ezeknek a faktoroknak az összesített hatását vizsgálja.

### 3.3.2 Szelvények

Egy sztratigráfiai csapdában a szénhidrogének felhalmozódása elsősorban a litológiai változásoktól és a hidrogeológiai környezettől függ, a szerkezetnek ezeknél sokkal kisebb szerepe van. Az olaj- és gáztelepek ott lesznek, ahol ezeknek a faktoroknak az összetett hatása kedvező.

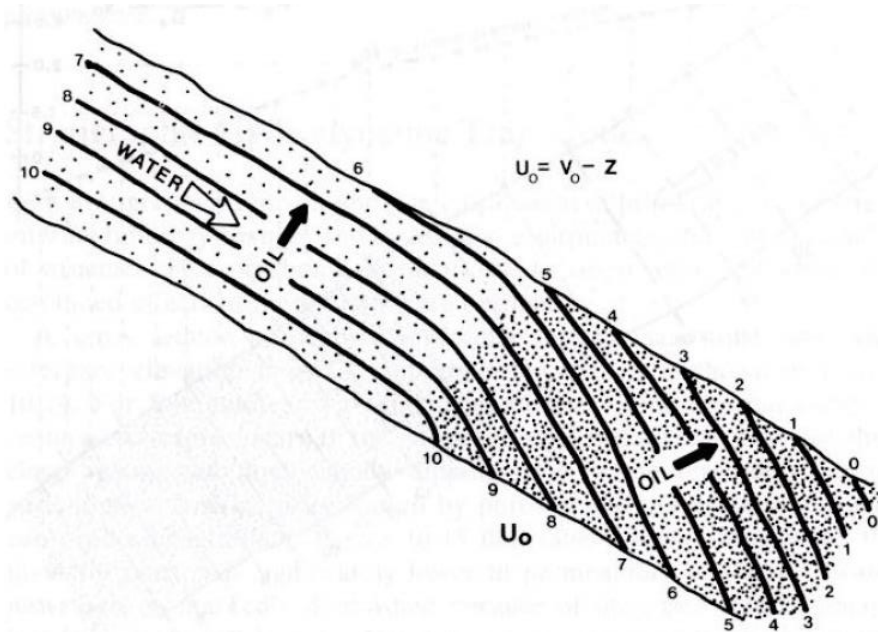
Az UVZ módszer a térképi alkalmazáson kívül szelvény menti vizsgálatokra is alkalmas. A 6. ábrán egy egyenletesen dőlő homokréteg látható. Egy ilyen rétegben szükséges valamilyen



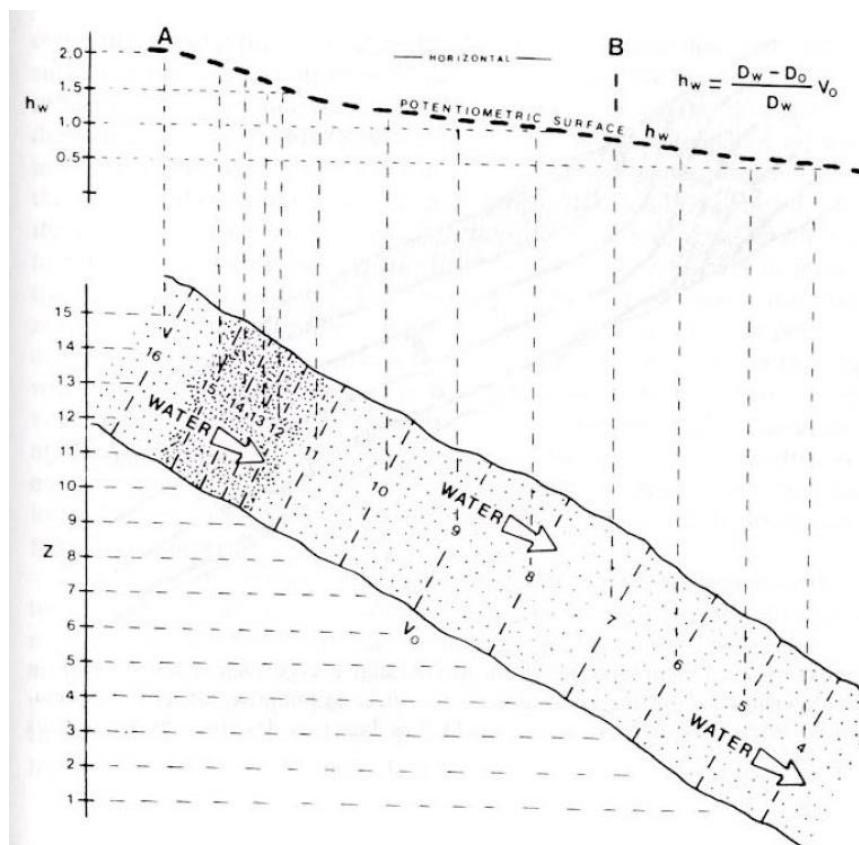
6. ábra A vízre vonatkoztatott olaj potenciál ( $V_o$ ) vonalak és a helyi potenciometrikus felszín ( $H_w$ ) (Dahlberg, 1985)

tényező, mely deformálódást idéz elő az olaj izopotenciál felületekben. Ebben az esetben a homokréteg mélyebben levő része kisebb permeabilitású, ennek következtében a vízáramlás intenzitása itt erősen lecsökken, a hidraulikus gradiens pedig megnő (besűrűsödnek az ekvipotenciálok). Az UVZ módszer segítségével erre a rétegre számolt olaj izopotenciálok láthatók a 7. ábrán. Ez alapján a kisebb permeabilitású részben elhajlás jelentkezik a potenciál görbékben. A 8. ábrán gyakorlatilag ugyanez a homokréteg látható nagyobb kiterjedésben.

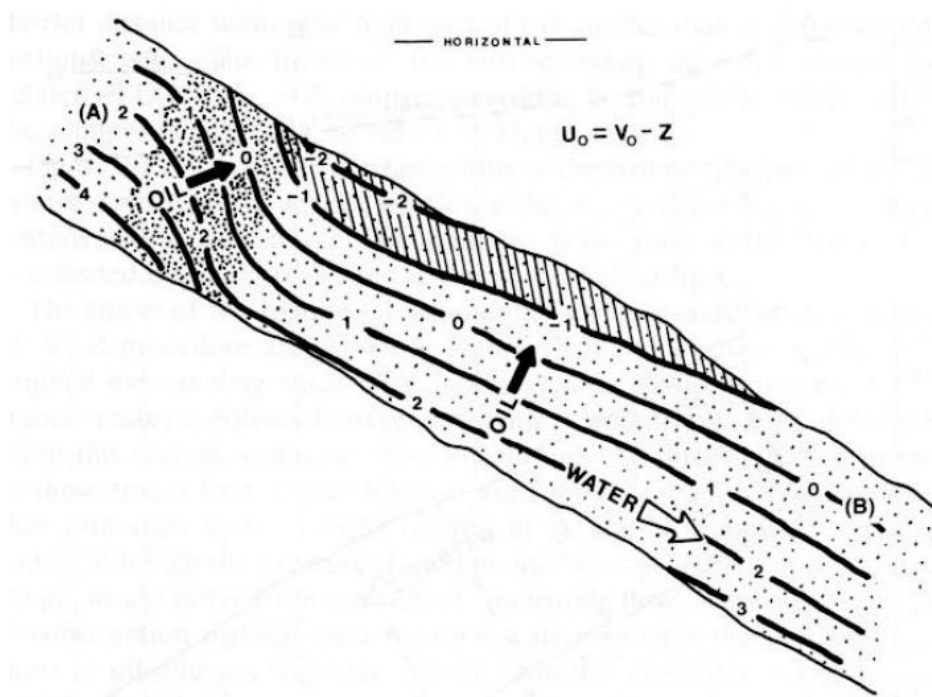
Látható, hogy a kisebb permeabilitású rész a víz potenciál értékekben is gradiens növekedést okoz. A szelvény olaj potenciál szelvényén (9. ábra) látszik, hogy az ennek eredményeként elhajló olaj ekvipotenciáloknak köszönhetően egy egyenletesen dőlő homokrétegben is kialakulhat olaj potenciál minimum és így felhalmozódás is (Hubbert, 1953). Az A és B pontokban mélyített fúrásokban (8. ábra) nem találnánk szénhidrogéneket, ugyanakkor a nyomás értékek eltérőek lennének, jelezve a vízáramlást.



7. ábra. Az olajpotenciál kontúrok a kisebb permeabilitású részben a réteg alja felé hajlanak (Dahlberg, 1985)



8. ábra A homokréteg kis permeabilitású része alatti  $V_o$  kontúrok (Dahlberg, 1985)

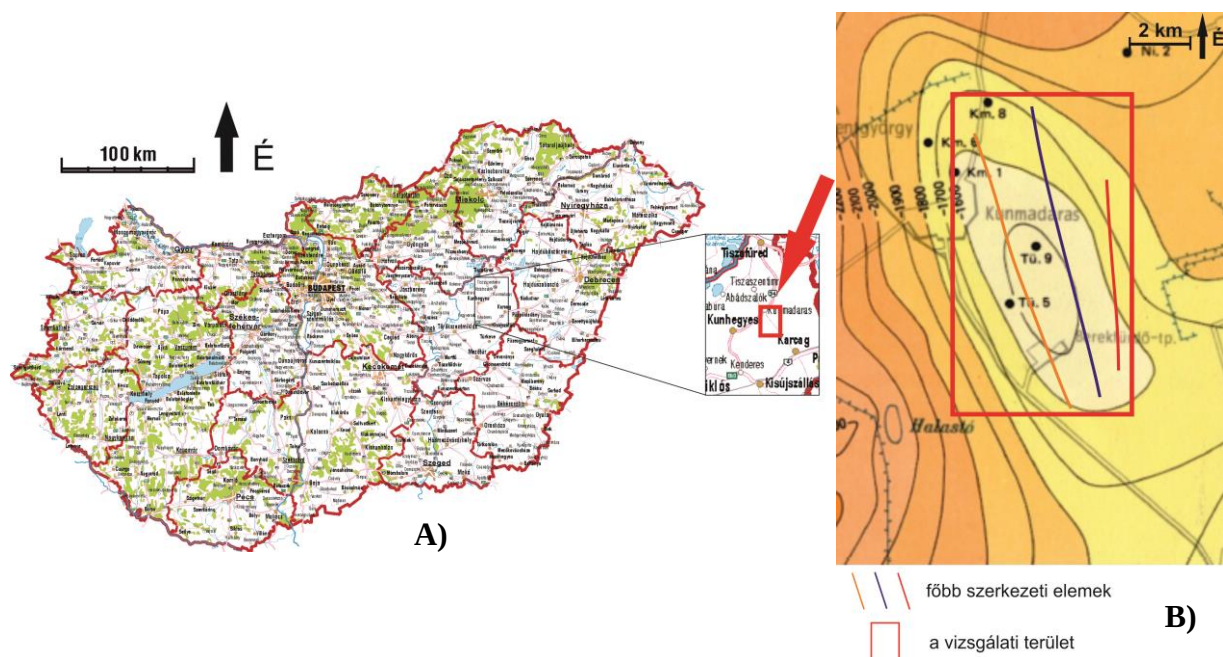


9.ábra. Az olaj izpotenciálok meghajlásának köszönhetően az egyenletesen dőlő, szerkezeti nélküli rétegben is lehetséges olajcsapdázódás (Dahlberg, 1985)

## 4. A vizsgálati terület bemutatása

### 4.1 A vizsgálati terület lehatárolása

A vizsgálati terület egy 10 x 6,5 km-es terület Kunmadaras és Berekfürdő térségében (10. ábra). A területen Tóth és Almási (2001) egy az aljzattól a felszín közeli rétegekig terjedő potenciál csóvát mutatott ki. Ezt a jelenséget Czauner (2008) és Czauner és Mádl-Szőnyi (2011) két az aljzattól a felszín közeléig kiterjedő vetőzónával magyarázza, melyek a túlnyomósan mélyebb helyzetű vizeket a felszín közelébe szállítják.



10. ábra A) A vizsgálati terület elhelyezkedése Magyarországon (Zentai, 2000 nyomán), B) A pannóniai medence aljzatának szintvonalas térképe a vizsgálati területen (Rónai et al., 1975) a főbb szerkezeti elemekkel (Czauner és Mádl-Szőnyi, 2011)

Azért ezt a területet választottam TDK dolgozatom témájaként, mivel az itt megfigyelt hidrogeológiai és szerkezeti jellemzők szoros kapcsolatban állnak a Tatárülés-kunmadarasi földgázmező létrejöttével, melyet már az 1950-es évek közepén feltártak és Kunmadaras térségében termelésbe állítottak.

### 4.2 Földtani felépítés

Kutatási területem a Tiszai-egység részét képezi, ezen belül is a Tisztántúlhoz, az Alföldhöz tartozik. Mivel az Alföld a neogén Pannon-medence része, így a neogénnél idősebb

képződményeket a medencealjzathoz soroljuk (Kőrössy, 1985). Munkám során neogénnél idősebb képződményeket nem vizsgáltam, így a földtani felépítés ismertetésénél is elsősorban a neogén bemutatására koncentráltam.

Mivel a medencealjzatot aránylag kevés fúrás érte el és ezek eloszlása is kedvezőtlen, ezért annak felépítése nagy bizonytalanságokkal terhelt (Kőrössy, 1985).

#### **4.2.1 Paleozoikum, mezozoikum**

A Tiszai-egység pre-alpi polimetamorf kristályos aljzata a variszkuszi orogenezis során forrt össze kisebb terrénumokból (Szederkényi, 2001). A terrénumok közül területem a Kunsági- (Mecsek-Villány-Bihar) terrénum és azon belül a Mórággyi-szubterrénium részét képezi, mely egy metamorf komplexum (Szederkényi, 2001).

A triász és jura képződmények ÉK-DNy irányú sávos lefutása az alpi orogenezis során lezajlott takaróképződés és pikkelyeződés eredménye (Bércziné Makk, 1998). Területem a mezozoós fáciesövek közül a Mecseki egységhez tartozik. Az egység tiszántúli részén triász formációk nem ismertek, a jurát egy pélites, mélyvízi képződmény képviseli a területen (Bércziné et al., 1996). Az alsó-kréta képződmények közül a legjelentősebb a Mecsektől a Nyírségig követhető Mecsekjánosi Bazalt Formáció (Kőrössy, 1985). A felső-kréta képződmények elsősorban az alpi orogenezishez köthetők. A Tisztántúl nyugati részén pelágikus márga, míg keleti részén flis jellegű homokkő jellemző (Haas, 1998).

#### **4.2.2 Kainozoikum**

##### **Pre-pannóniai**

A flis tengertől eltekintve a felső-kréta végén és a paleogénben az Alföld területe kiemelkedett és nagymértékben lepusztult. A paleogén végére az Alföld területének nagy része a Magura-óceán bezárulásával szárazulattá vált. (Kőrössy, 1985). A kora-miocénben a Tiszántúl még mindig szárazulatot képezett, azonban a középső-miocénben süllyedésnek indult, melynek következtében árkok és mélymedencék keletkeztek (Royden, 1988). Ebben a környezetben a kárpátiban szárazföldi, majd tengeri üledékek képződtek. A bádeniben bekövetkezett transzgresszió következtében mészkövek, agyagok, agyagmárgák képződtek (Kőrössy, 1985). Ezen kívül a Tiszántúlon nagy vastagságban megtalálható a középső-bádeni

Mátrai Andezit Formáció. Mindeközben az árkok és medencék közt kiemelt helyzetben maradt területeken nem folyt üledékképződés, mint ahogy az általam vizsgált területen sem (Kőrössy, 1985).

### Pannóniai-pliocén

A pannóniai korszakot a Pannon-medence erőteljes süllyedése és feltöltődése határozta meg. A medence peremén fokozatosan emelkedő Alpokból és Kárpátokból származó törmelék szolgáltatja az anyagot a feltöltődéshez, helyenként 7000-8000 m vastag üledékrétegek is létrejöttek (Bérczi et al., 1988). A feltöltést ÉNy-i és ÉK-i irányból érkező hatalmas deltarendszerek végezték, ezek előrehaladásával egyre sekélyebb vízi képződmények rakódtak le.

A rétegsor kezdő tagja az abráziós partmenti konglomerátumokból és homokkőből álló Békési Formáció, fekszik mindig a preneogén aljzat (Juhász, 1992).

Erre az Endrődi Formáció következik, mely elsősorban mészmárgából, agyagmárgából álló nyíltvízi képződmény, az alföldi szénhidrogének jelentős anyakőzete (Juhász, 1992). A mészmárga tartalmazhat konglomerátum és homok gazdag rétegeket is, melyek a szinrift üledékek lepusztulásából származnak, teljes vastagsága a legmélyebb árkokban (Makói-árkok) akár 1000-1500 m is lehet (Sztanó et al., 2013).

Az Endrődi Formáció fedője a Szolnoki Formáció, melyet a part közeledése miatt turbidites rétegsor jellemez. Felszíne követi az aljzatmorfológiát, a peremeken azonban kiékelődik (Juhász, 1992). A formáció alsó részét a turbiditek disztális része alkotja, ezért itt a pélitek részaránya jóval nagyobb, míg a rétegsorban felfelé a proximális részen a homokkő rétegek vastagsága és gyakorisága is megnő (Juhász, 1998). Ezek a homoklebenyek átlagosan 50-150 méter vastag, felfelé durvuló összletek, 5-10 m vastag agyagrétegekkel elválasztva (Sztanó et al., 2013). Ezek a masszív homoktestek a terület legfontosabb rezervoárjai.

A delták folyamatos üledékbehordásának köszönhetően a lejtő elérte a dél-alföldi területeket is. Az Algyői Formációt a lejtőn lerakódott pélites üledékek alkotják. Uralkodó közettípusa az agyagmárga és az aleurolit, de helyenként gravitációs tömegmozgások eredményeként homokkőtestek is települhetnek a rétegsorba. Vastagsága 900 m is lehet, azonban az aljzatkiemelkedések fölött és a medenceperemek irányában elvékonyodik (Juhász, 1998). A Szolnoki Formáció vastag, masszív homoktestjeihez képest az Algyői Formáció alsó részében

előfordulók mindössze 10-40 m vastagok, 10-20 méter vastag hosszán követhető agyagrétegekkel elválasztva (Sztanó et al., 2013).

A delta előrenyomulása következtében megjelennek a parti, partközeli üledékek, melyek igen változatosak. Az itt képződött finom- és közepesemű homokkő rétegek agyagmárgával és alurolittal közberétegezve építik fel az Újfalui Formációt.

Fedője az alluviális síkságon képződött Zagyvai Formáció. Ártéren, folyómedrekben, mocsarakban, sekély tavakban lerakódott aleurolit-agyagmárga-homokkő sűrű váltakozásából áll (Juhász, 1998).

Fedője az Alföldön a Nagyalföldi Formáció, mely fektetéséhez hasonlóan alluviális síkságon létrejött képződményeket tartalmaz, azonban a klíma szárazabbá válása következtében itt a tarkaagyag rétegek már gyakoribbak (Juhász, 1998). A delta típusú üledékképződés a pannóniai végéig folytatódott.

A negyedidőszakban a medence arculatát az erős kéregmozgások és éghajlatváltozások alakították. Kis kiterjedésű, helyi süllyedékek alakultak ki és töltődtek fel, pl. a Nagykunság és a Hortobágy (Rónai, 1985).

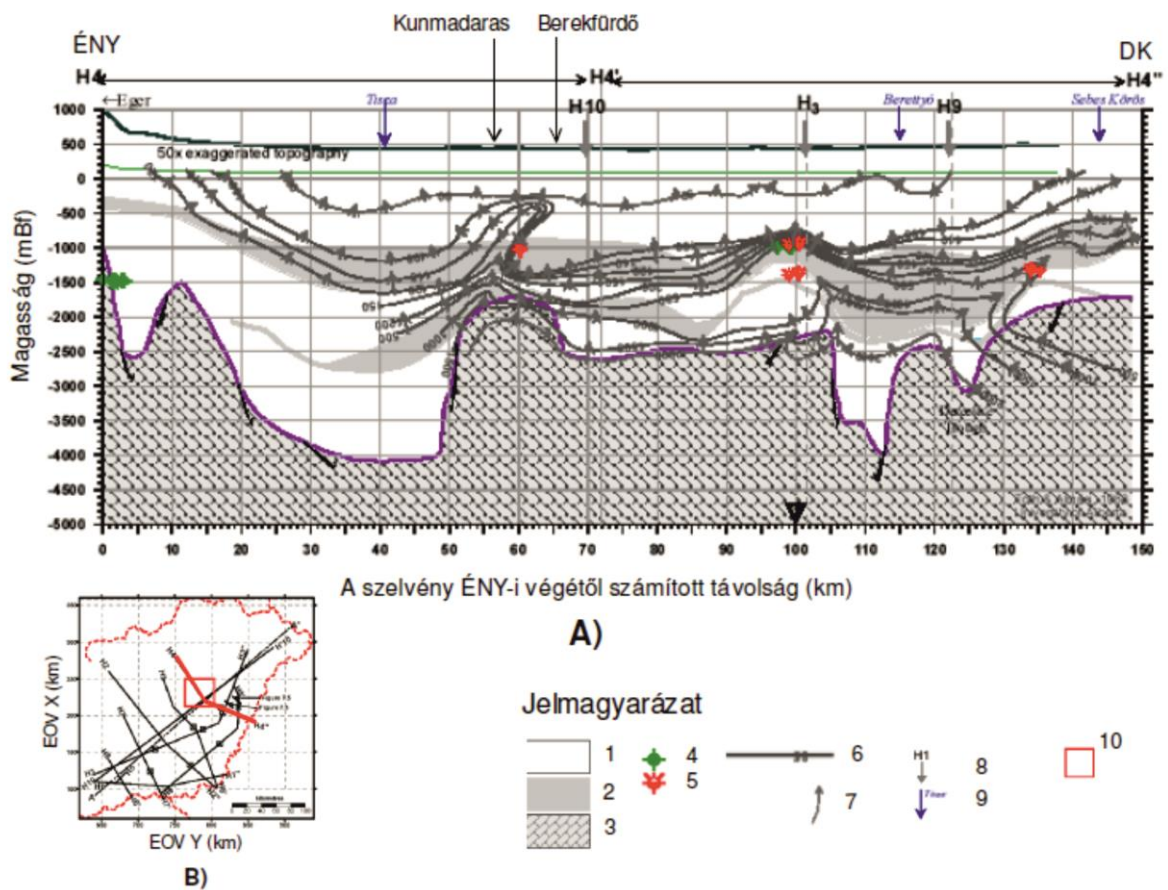
#### **4.3 Szerkezetföldtani felépítés**

Tágabb vizsgálati területemet elsősorban az ÉK-DNy irányú szerkezeti elemek jellemzik. Ezek közül a terület D-i peremén húzódik a posztrift, balos oldaleltolódással jellemezhető Orgovány-Kisújszállási vetőzóna (Pogácsás et al., 1989). Ezen kívül a területen jelentős szerkezeti elem a Kunmadaras-Berekfürdő vonalában húzódó ÉÉNy-DDK irányú normálvető (Fodor et al., 2005). A szűkebb területet szerkezeti szempontból elsősorban a markáns oldaleltolódási zónák jellemzik. Czauner és Mádl-Szőnyi (2011) két fő vetőzónát és ezekhez kapcsolódó 3 jelentős szerkezeti elemet mutatott ki, melyek É-D-i csapásúak és aljzati normálvetőkhöz kapcsolódnak.

A szénhidrogén felhalmozódás szempontjából igen fontos a területen található medencealjzat felboltozódás. Az Alföldön a preneogén medencealjzat akár 3000 méternél is mélyebben lehet, azonban Berekfürdő és Kunmadaras térségében 1600 méternél is sekélyebb mélységbe emelkedik (Rónai et al., 1975). A Czauner és Mádl-Szőnyi (2011) által kimutatott két vetőzóna a magaslat K-i és Ny-i oldalán húzódik, majd a D-i peremen összefut.

#### 4.4 A felszín alatti vízáramlási rendszerek

Tóth és Almási (2001) az Alföldön két regionális áramlási rezsimet különített el, egy felső, regionálisan nyitott, gravitáció (topográfia) által vezérelt, és egy alsó, fedett, regionálisan túlnyomósos rendszert. A gravitációs áramlási rendszer tekintetében az általam vizsgált terület kiáramlási területnek számít. A mélyebb áramlási rendszer túlnyomása adódhat a betemetődési kompaktióból és a laterális tektonikai kompresszióból is. A vizsgálati területen Kunmadaras és Berektüdő térségében egy jelentős anomália figyelhető meg a potenciáltérben, mely egy nagy vastagságú vízfogó réteget harántolva felnyúlik egészen a Nagyalöldi vízvezetőbe (11. ábra).



11. ábra. A) H4 jelű hidraulikai keresztelvény B) A H4 szelvény nyomvonala (Almási, 2001)  
 1: neogén vízvezető 2: neogén vízfogó 3: pre-neogén aljzat 4: olaj felhalmozódás 5: gáz felhalmozódás 6: potenciál vonal 7: áramlási irány 8: metszet másik keresztelvényvel 9: metszet folyóval 10: a dolgozatban vizsgált terület (a felszíni topográfia 50-szeresen túlmagyasított)

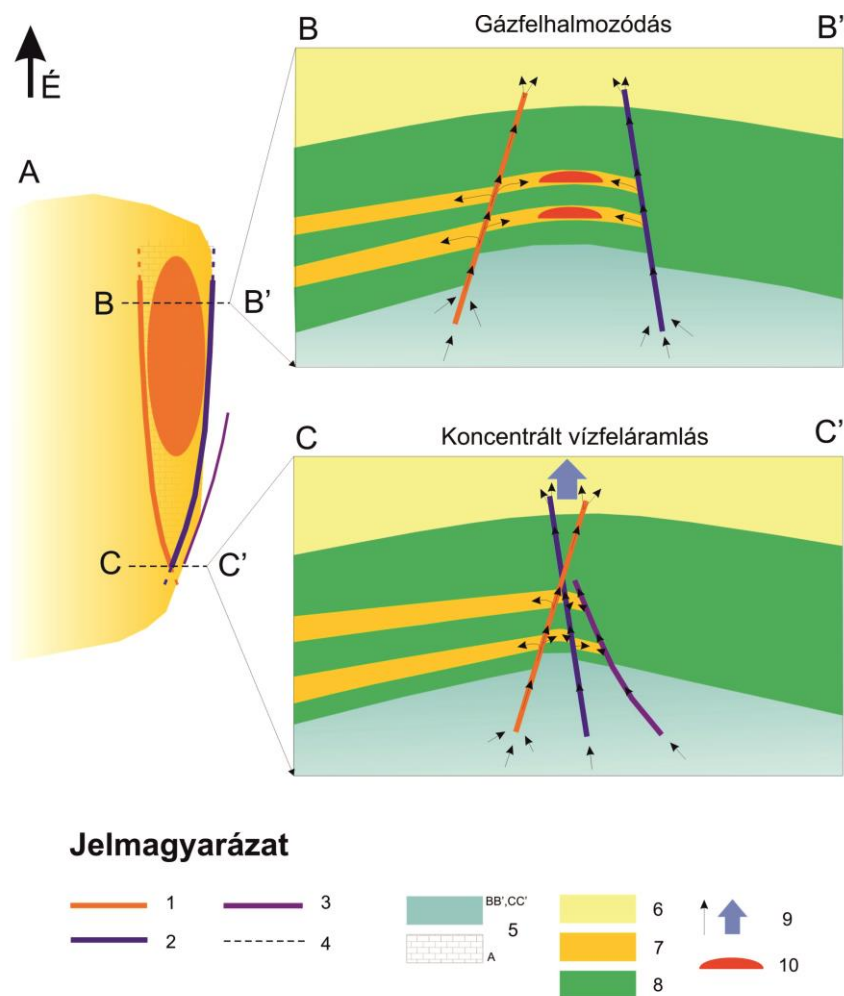
Az Alföldön előforduló pannóniai képződmények hidrosztratigráfiai beosztását Tóth és Almási (2001) végezte. Az általam vizsgált területre vonatkozó további finomítást Czauner és Mádl-Szőnyi (2011) készítette el (12. ábra). A korábbi hidrosztratigráfiai beosztást két új egységgel bővítette, a Szolnoki és az Algyői Formációk közt egy vízvezető és egy vízfogó réteget különített el.

| Időszak     | Kor            | A vizsgálati terület<br>litosztratigráfiai egységei<br>(Juhász, 1992) | Az Alföldön azonosított<br>hidrosztratigráfiai egységek<br>(Tóth és Almási, 2001,<br>Mádlné Szőnyi és Tóth, 2007) K (m/s) | A vizsgálati terület<br>hidrosztratigráfiai beosztása |
|-------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Neogén      | Holocén        | <b>Kvarter</b><br><br><b>képződmények</b>                             | <b>Nagyalföldi vízvezető</b><br><br><b>10<sup>-5</sup></b>                                                                | <b>Nagyalföldi</b><br><br><b>vízvezető</b>            |
|             | Pleistocén     |                                                                       |                                                                                                                           |                                                       |
|             | Pliocén        | Zagyvai Formáció                                                      |                                                                                                                           |                                                       |
|             |                | Újfalui Formáció                                                      |                                                                                                                           |                                                       |
|             | Felső-miocén   | Algyői Formáció                                                       | Algyői vízfogó 10 <sup>-8</sup> - 10 <sup>-7</sup>                                                                        | Algyői vízfogó                                        |
|             |                | Szolnoki Formáció                                                     | Szolnoki vízvezető 10 <sup>-7</sup> - 10 <sup>-6</sup>                                                                    | homokos vízvezető *                                   |
|             |                |                                                                       |                                                                                                                           | agyagos vízfogó *                                     |
|             |                |                                                                       |                                                                                                                           | Szolnoki vízvezető                                    |
|             |                | Endrődi Formáció                                                      | Endrődi vízfogó 10 <sup>-9</sup>                                                                                          | Endrődi vízfogó                                       |
|             | Középső-miocén | Prepannóniai képződmények                                             | Prepannóniai vízvezető<br><br>10 <sup>-6</sup>                                                                            | Prepannóniai vízvezető                                |
| Üledékhézag |                |                                                                       |                                                                                                                           |                                                       |
| Paleogén    | Oligocén       | <b>Preneogén</b><br><br><b>képződmények</b>                           | <b>Preneogén vízvezető</b><br><br><b>10<sup>-8</sup> - 10<sup>-7</sup></b>                                                | <b>Preneogén vízvezető</b>                            |
| Paleozoikum | Eocén          |                                                                       |                                                                                                                           |                                                       |
| Mezozoikum  |                |                                                                       |                                                                                                                           |                                                       |

12. ábra A vizsgálati terület hidrosztratigráfiai tagolása(Czauner, 2008; Juhász, 1992; Tóth és Almási, 2001; és Mádlné Szőnyi és Tóth, 2007 alapján)

A Tóth és Almási (2001) által kimutatott potenciál csóva helyzete egyértelműen az aljzatmagaslathoz és a Czauner és Mádl-Szőnyi (2011) által kimutatott két vetőzónához kapcsolódik. A lokális vizsgálati területen csak ezen zónák vetői nyúlnak fel az aljzattól a felszín közeléig. Czauner és Mádl-Szőnyi (2011) szerint a két vetőzóna vertikálisan a folyadékok szempontjából vezetőként viselkedik, a folyadékokat a túlnyomásos

medencealjzatból a felszín közelébe vezeti. Horizontálisan azonban mindkét vetőzóna zárónak tekinthető. Az aljzatmagaslattól keletre levő vető esetén ezt a vető két oldalán eltérő permeabilitású kőzetek okozzák. A magaslattól nyugatra levő vetőn keresztül a Szolnoki és az e fölött levő vízvezető réteg is folytonosnak tekinthetők, így a vető mentén feláramló mélységi víz áramlása a vetőtől elfelé irányul, ezzel a keresztirányú áramlást megakadályozva (13. ábra).



13. ábra A vizsgálati területen értelmezett jelenségek sematikus rajza (Czauner, 2008)  
A: A vizsgálati terület felülnézete BB': Keresztszelvény a vizsgálati terület É-i részéről  
CC': Keresztszelvény a lokális vizsgálati terület D-i részéről  
1-3: fő szerkezeti elemek 4: keresztszelvény nyomvonala 5: preneogén aljzat 6-7: vízvezető egységek 8:  
vízfogó egységek 9: folyadékok áramlási iránya 10: földgáztelep

#### **4.5 A Tatárülés-Kunmadarasi földgázmező**

Tatárülés környékén az aljzat-kiemelkedést 1957-ben fedezték fel felszíni geofizikai módszerekkel. A talált gáz jó minőségűnek bizonyult, egy É-D-i lefutású antiklinális szerkezetben halmozódott fel, ez volt a szűk értelemben vett tatárülési földgázmező. A területtől északra, hasonló szerkezetekben, alsó- és középső-pannóniai homokkő rezervoároknak számos gázfelhalmozódást fedeztek fel 1962-ben. Ez a kunmadarasi mező. A homokkő rezervoárok általában kapcsolódnak, 3-5 méter vastagok, porozitásuk 18-25% (Dank, 1985). Vándorfi (1965) szerint a földgáz sztratifikai és litológiai csapdáknak halmozódott fel.

A korábbiakban vázolt szerkezetföldtani, rétegtani, hidrogeológiai, jellemzők mind szerepet játszhattak a gázmező felhalmozódásában. A földgázt tartalmazó rétegek az aljzatmagaslat felett boltozatot formálnak, kelet felé kivékonyodnak, nyugat felé mélyebbre süllyednek, kivastagodnak és elvizesednek (Vándorfi, 1965; Dank, 1990). A gázfelhalmozódások így a boltozat felett, a két fő vetőzóna közt jöttek létre, a Szolnoki Formációhoz és a Czauner (2008) által kimutatott vízvezető réteghez kapcsolódnak. Czauner és Mádl-Szőnyi (2011) a mező oldalirányú lehatároltságát a fő vetők menti áramlási irányokkal, míg a déli határt a Berekfürdőnél levő vetőkeresztződés okozta intenzívebb vízfeláramlással magyarázták.

### **5. Adatfeldolgozás**

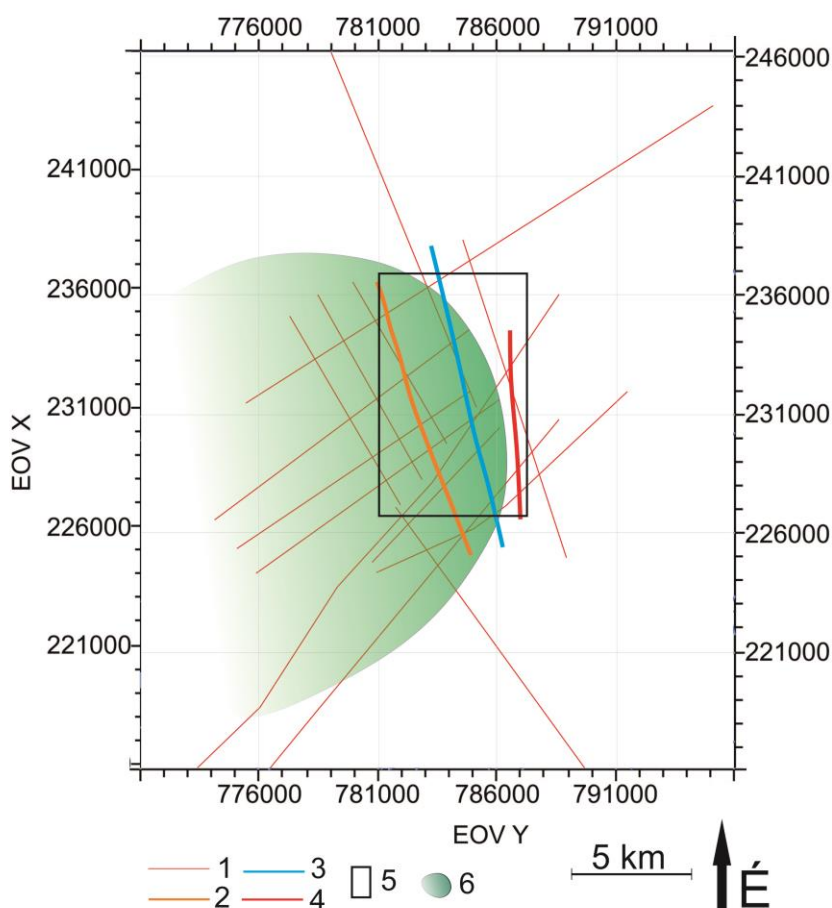
Az UVZ módszer alkalmazása során rezervoár tető térképet (Z), víz potenciál térképet és hidraulikus keresztshelvényt ( $H_w$ ), vízre vonatkoztatott gáz potenciál térképeket és keresztshelvényeket (V), valamint gáz potenciál térképeket és shelvényeket (U) készítettem.

A térképeket a 3 fő vetőzóna közti területre készítettem el, egyrészt mivel az azon kívül eső kutak meddőnek bizonyultak (Czauner, 2008), másrészt mivel hidraulikai adat is csak erről a területről áll rendelkezésemre (ld. később).

A térképeket eredetileg a két gáztároló rétegre szerettem volna elkészíteni, azaz a Szolnoki Formációra és az Algyői Formációban található homoklencséből álló rétegre. A Szolnoki Formációra azonban bár a rezervoár tető térkép elkészült, adatok hiányában már a vízpotenciál térképet sem tudtam megcsinálni, mely a további munka alapja lett volna, így ezzel a réteggel a továbbiakban nem foglalkoztam.

A szelvény síkjába eső vertikális és laterális áramlásviszonyok vizsgálata céljából a keresztaszelvény nyomvonalát (14. ábra) úgy választottam meg, hogy a fő vízáramlási iránnyal párhuzamos legyen, lehetőleg minél több meglévő hidraulikus emelkedési magasság adat a vonalra essen, végül a térképek eredményeit is figyelembe vettem (ld. 6. fejezet).

A továbbiakban vizsgált, az Algyői Formációban található rezervoár tető eleváció térképét (15. ábra) Czauner (2008) értelmezett szeizmikus szelvényei alapján (14. ábra), krigeléses interpolációval készítettem Surfer programmal (az adatpontok a 2. mellékletben találhatók). A rezervoár keresztaszelvény menti tető profilját (22. ábra) a tető eleváció térképe (15. ábra) alapján szerkesztettem meg, majd a réteget egységesen 200 m vastagságúnak vettem Czauner és Mádl-Szőnyi (2011) alapján.



14. ábra A szeizmikus szelvények és a rezervoár réteg elterjedése a vizsgálati területen  
1: szeizmikus szelvények nyomvonala 2-4: fő szerkezeti elemek 5: a vizsgálati terület 6: a rezervoár réteg elterjedése (Czauner, 2008)

A vízre vonatkozó (kiindulási) potenciáltérkép (16. ábra) és hidraulikus keresztmetszvény (23. ábra) elkészítéséhez mindössze 4 hidraulikus emelkedési magasság adat állt rendelkezésemre (1. melléklet) (forrás: Czauner, 2008).

A „V” és az „U” térképek és szelvények a vízre vonatkozó potenciál térkép (16. ábra) és hidraulikus keresztmetszvény (23. ábra) adatainak segítségével készültek szintén Surferrel (adatokat ld. 3-6. mellékletek), a módosításokat CorelDRAW programmal végeztem. Mivel pontos gáz sűrűség adat nem állt rendelkezésre, ezért  $0,1 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,4 \text{ g/cm}^3$  és  $0,6 \text{ g/cm}^3$  sűrűségértékekkel is elkészítettem a térképeket és szelvényeket. A vízsűrűséget a számolások során egységesen  $1 \text{ g/cm}^3$ -nek vettem.

A gázsűrűségeket a rezervoárban levő körülményeknek (p, T) megfelelően határoztam meg, a  $0,6 \text{ g/cm}^3$ -es adat már átmenetet jelent az olaj felé.

A megértés és egyszerűbb követhetőség érdekében a térképek és szelvények elkészítésének menetét részletesebben – lépésről lépésre az eredmények bemutatásával együttesen tárgyalom a következő (6.) fejezetben.

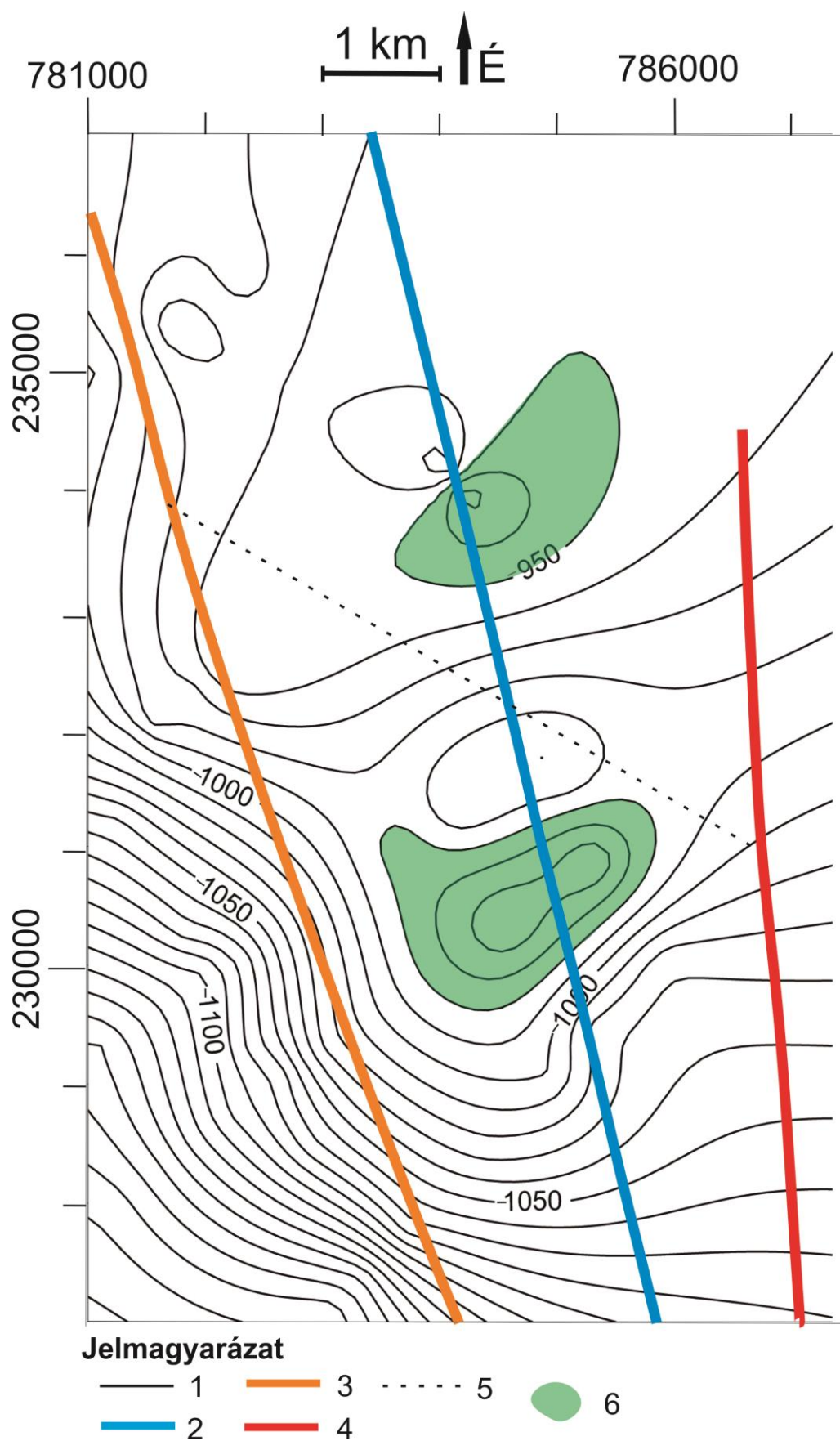
## **6. Eredmények**

### **6.1 Térképek:**

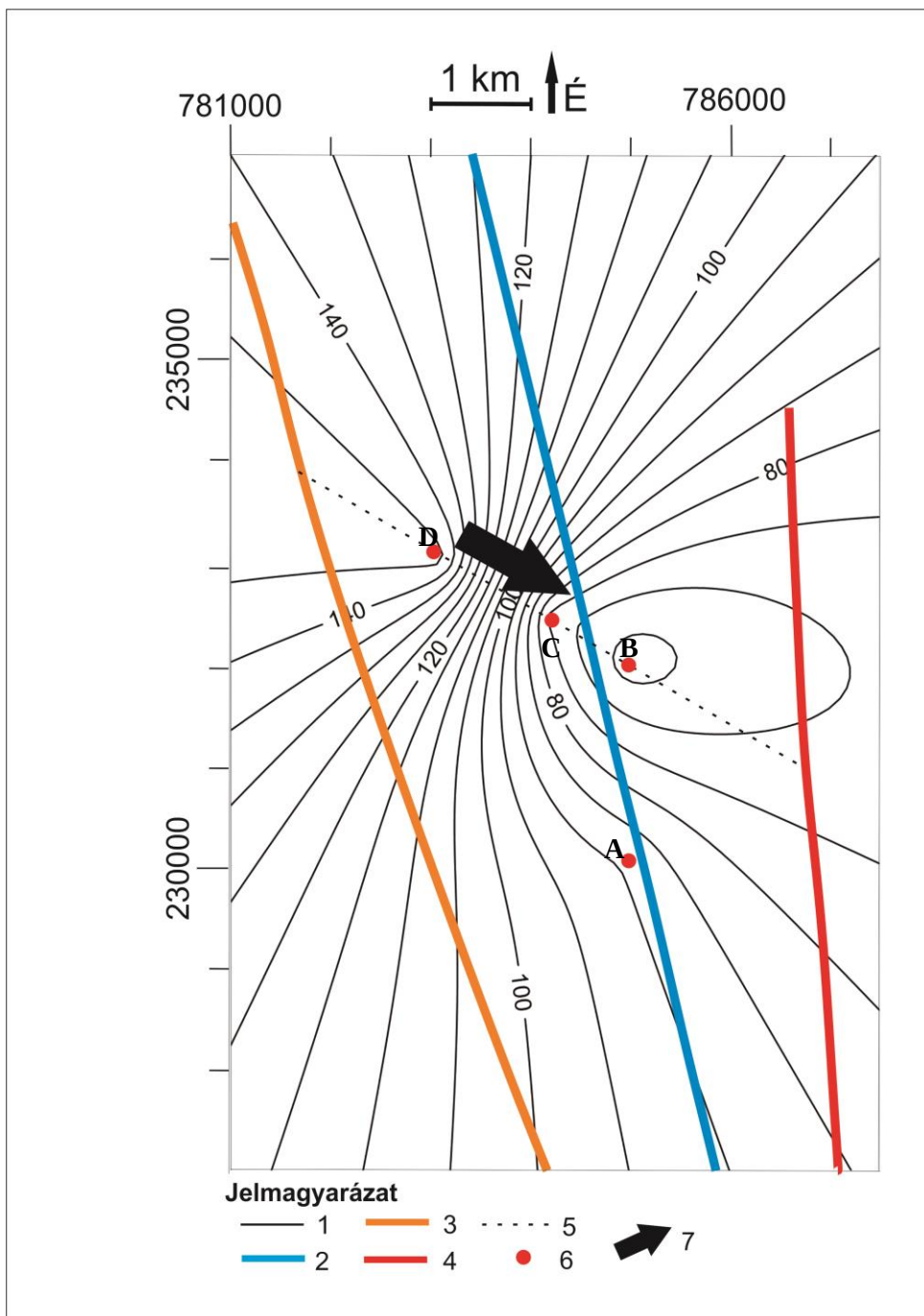
Munkám során az UVZ módszer alkalmazásához rezervoár tető térképeket (Z), víz potenciál térképeket ( $H_w$ ), vízre vonatkoztatott gáz potenciál térképeket (V) és gáz potenciál térképeket (U) készítettem.

Az Algyői Formációban található jó vízvezető réteg tető térképe és a főbb szerkezeti elemek láthatók az 15. ábrán. A színezett részek az antiklinális szerkezeteket jelölik, melyek fontosak lehetnek a szénhidrogén csapdázódás szempontjából.

A víz potenciál térkép készítéséhez mindössze 4 hidraulikus emelkedési magasság adat állt rendelkezésemre, de ezek szerencsére a fő vízáramlási irányban lettek mérve, így a hajtóerő irány meghatározására ez az egyszerű térkép is alkalmas, valamint ez a 4 adat éppen a számomra lényeges, vetők közti területre esik. A térképen jól látszik, hogy a fő áramlási irány Ny-ról K-re mutat (16. ábra).



15. ábra Az Algyői Formációban levő jó vízvezető réteg tető térképe a vizsgálati területen  
 1: szintvonalak 2-4: fő szerkezeti elemek 5: szelvény (23-29. ábra) nyomvonala 6: antiklinális  
 szerkezetek

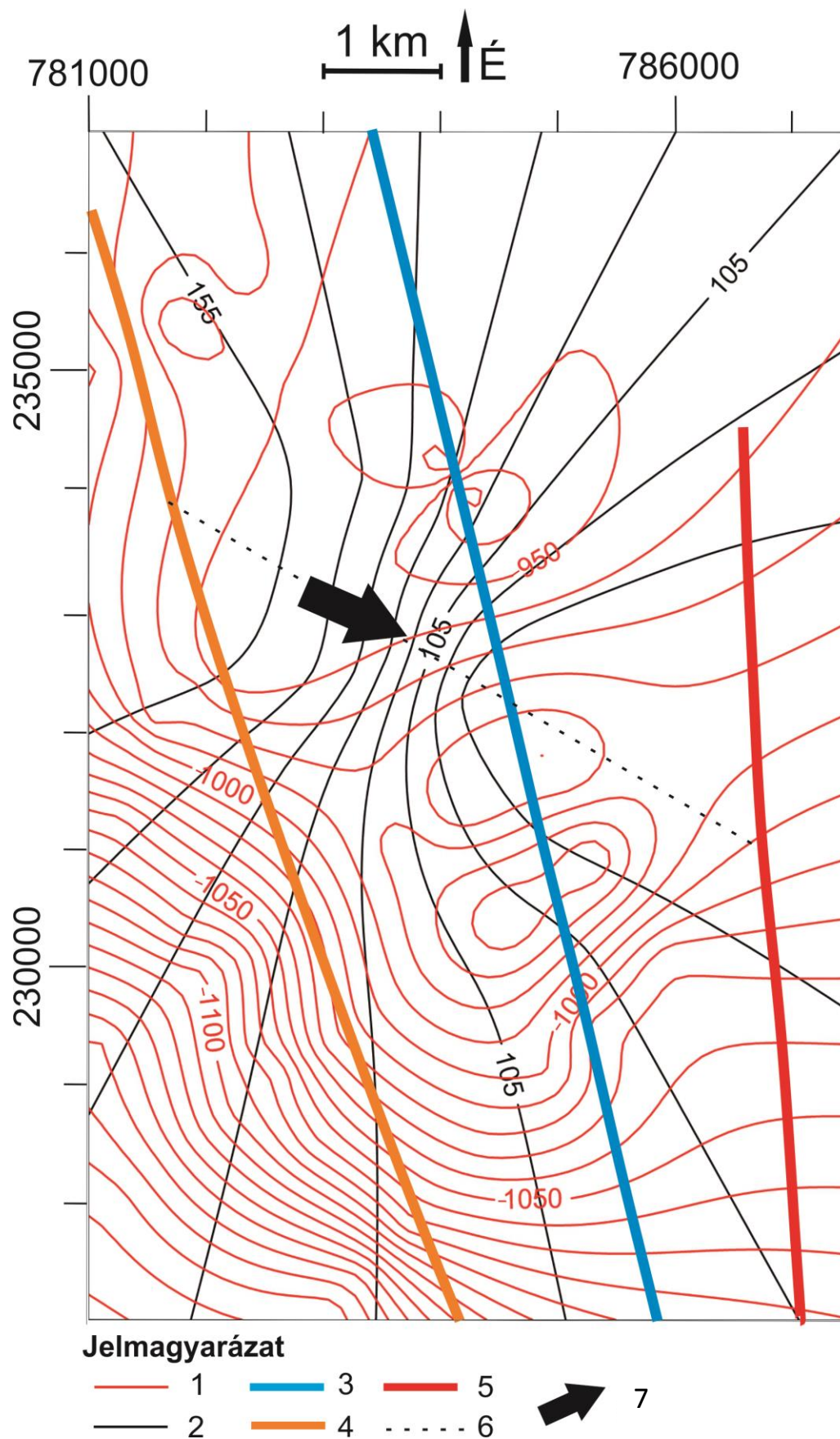


16. ábra A vizsgálati terület vízpotenciál térképe, a fő áramlási irány megjelölésével  
 1: ekvipotenciálok 2-4: fő szerkezeti elemek 5: szelvény nyomvonala 6: rendelkezésre  
 álló hidraulikai adatok mérési helye 7: fő áramlási irány

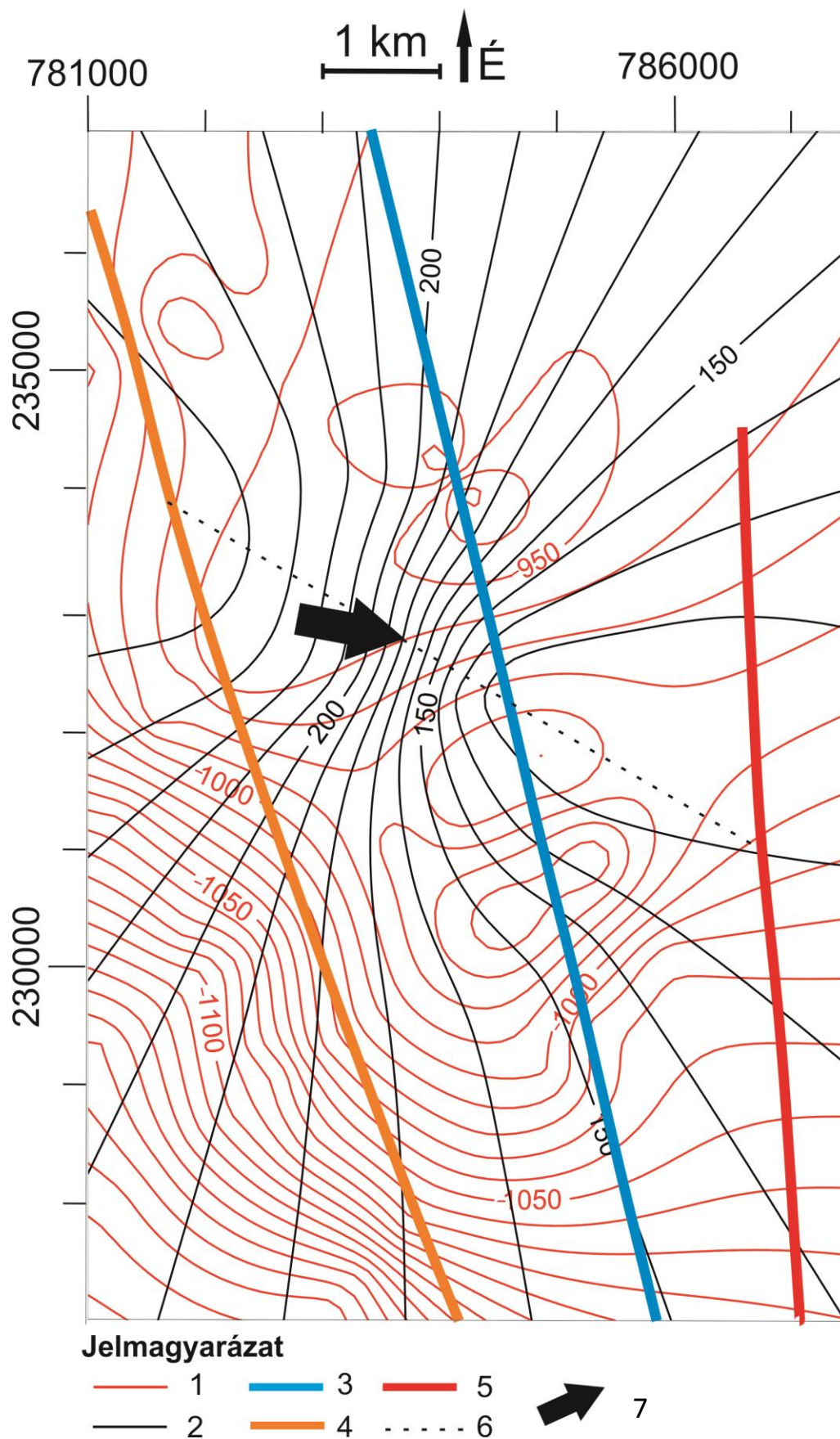
A vízre vonatkoztatott gáz potenciál térképeket a vízpotenciál térképek adataiból készítettem.

Ehhez a vízpotenciál értékeket  $\frac{\rho_w}{\rho_w - \rho_g}$  -val szoroztam, és így készítettem új térképeket.

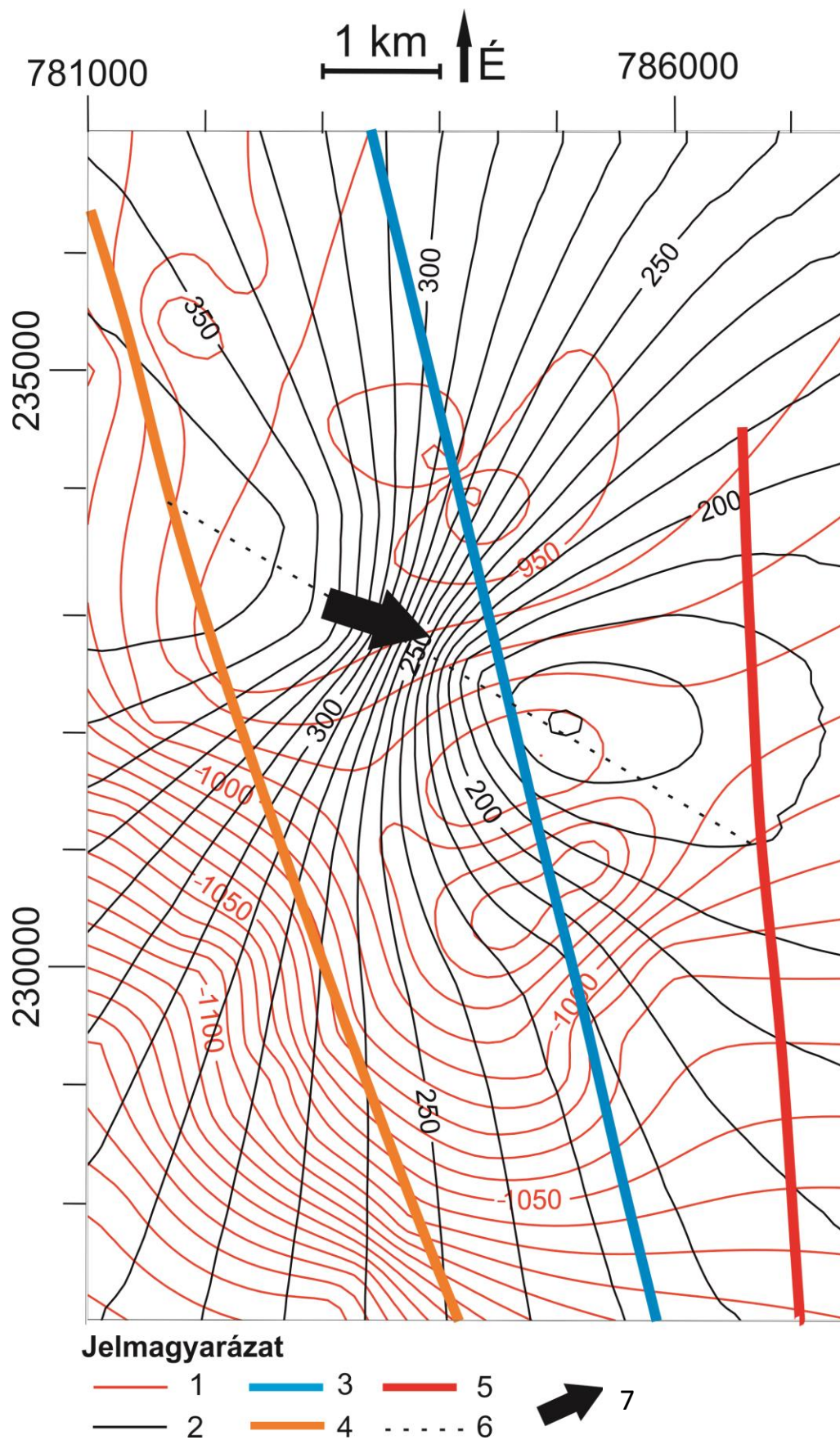
Mivel pontos gáz sűrűség adat nem állt rendelkezésre, ezért  $0,1 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,4 \text{ g/cm}^3$  és  $0,6 \text{ g/cm}^3$  sűrűségértékekkel is elkészítettem a térképeket (17-19. ábra). Ezek a térképek a vízpotenciál térképtől csak az ekvipotenciálok értékében különböznek, így ahhoz hasonlóan egy NY-K-i potenciálérték csökkenést mutatnak. A három különböző sűrűség adattal készült térkép közt az izovonalak sűrűségében nagy különbség van. Ez alapján a legnagyobb gradiensű a  $0,6 \text{ g/cm}^3$ -es sűrűséggel számolt, legkisebb a  $0,1 \text{ g/cm}^3$ -es sűrűséggel számolt térkép.



17. ábra A  $0,1 \text{ g/cm}^3$  sűrűséghez tartozó vízre vonatkoztatott gázipotenciál ( $V_g$ ) térkép a szerkezeti kontúrokkal  
 1: szerkezeti kontúrok 2: vízre vonatkoztatott gázipotenciál görbék 3-5: fő szerkezeti elemek 6: szelvény nyomvonala  
 7: a potenciál csökkenés fő iránya



18. ábra A  $0,4 \text{ g/cm}^3$  sűrűséghez tartozó vízre vonatkoztatott gázipotenciál ( $V_g$ ) térkép a szerkezeti kontúrokkal  
 1: szerkezeti kontúrok 2: vízre vonatkoztatott gázipotenciál görbék 3-5: fő szerkezeti elemek 6: szelvény nyomvonala  
 7: a potenciál csökkenés fő iránya



19. ábra A  $0,6 \text{ g/cm}^3$  sűrűséghez tartozó vízre vonatkoztatott gázipotenciál ( $V_g$ ) térkép a szerkezeti kontúrokkal

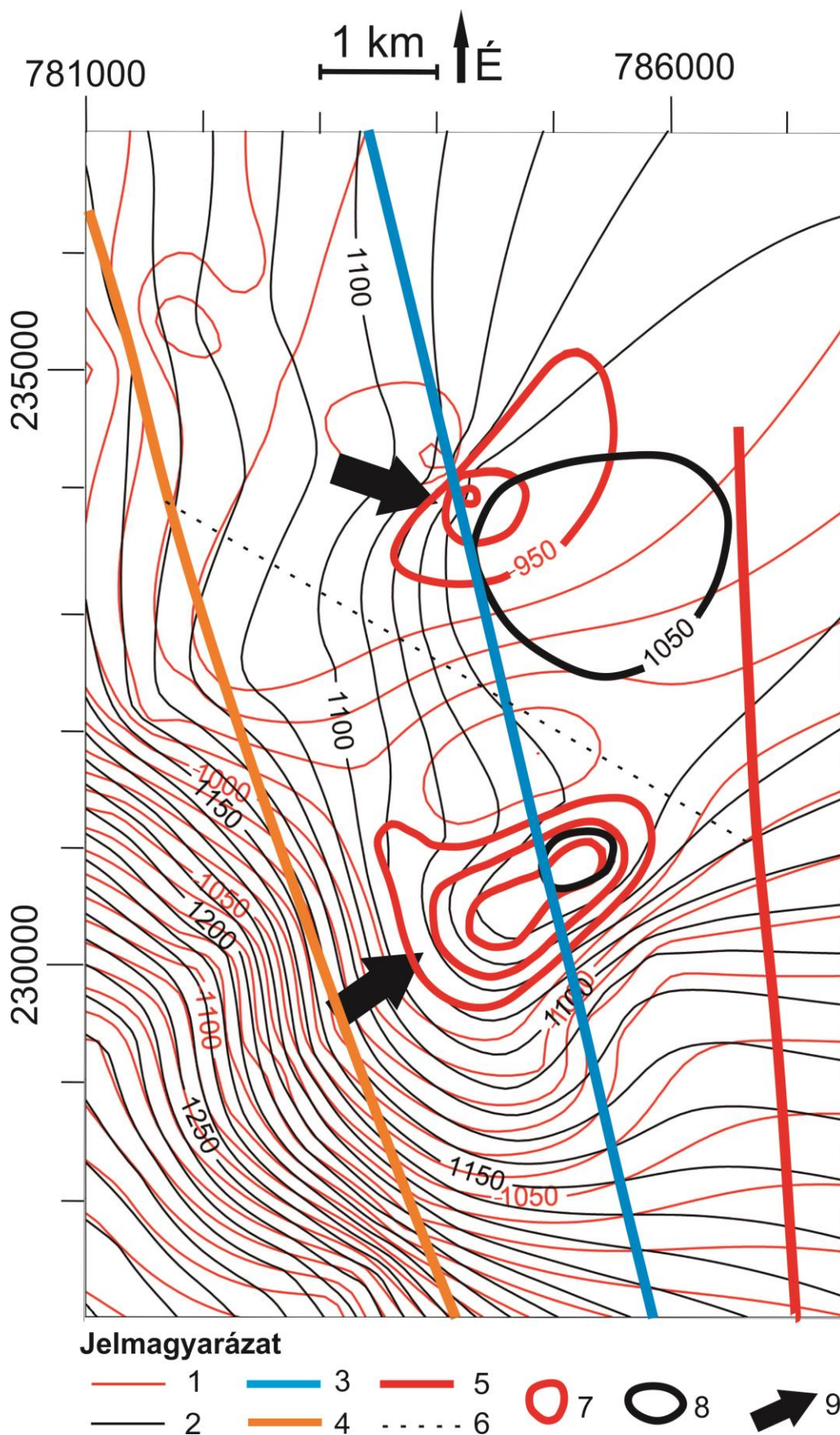
1: szerkezeti kontúrok 2: vízre vonatkoztatott gázipotenciál görbék 3-5: fő szerkezeti elemek 6: szelvény nyomvonal 7: a potenciál csökkenés fő iránya

A gázipotenciál térképek a V és a Z térképek alapján készültek. Ehhez először fedésbe hoztam a rezervoár tető térképét az egyes vízre vonatkoztatott gáz potenciál térképekkel, majd a kontúrjaik metszéspontjánál U értékeket számítottam az  $U = V - Z$  egyenlet alapján. Ezen pontok felhasználásával készítettem minden sűrűség értékre a gázipotenciál térképet. Mindhárom térkép hasonló képet mutat, a hasonló V térképeknek köszönhetően. A piros kontúrok a rezervoár réteg tetejének kontúrjai, míg a fekete görbék a gáz potenciál izovonalai.

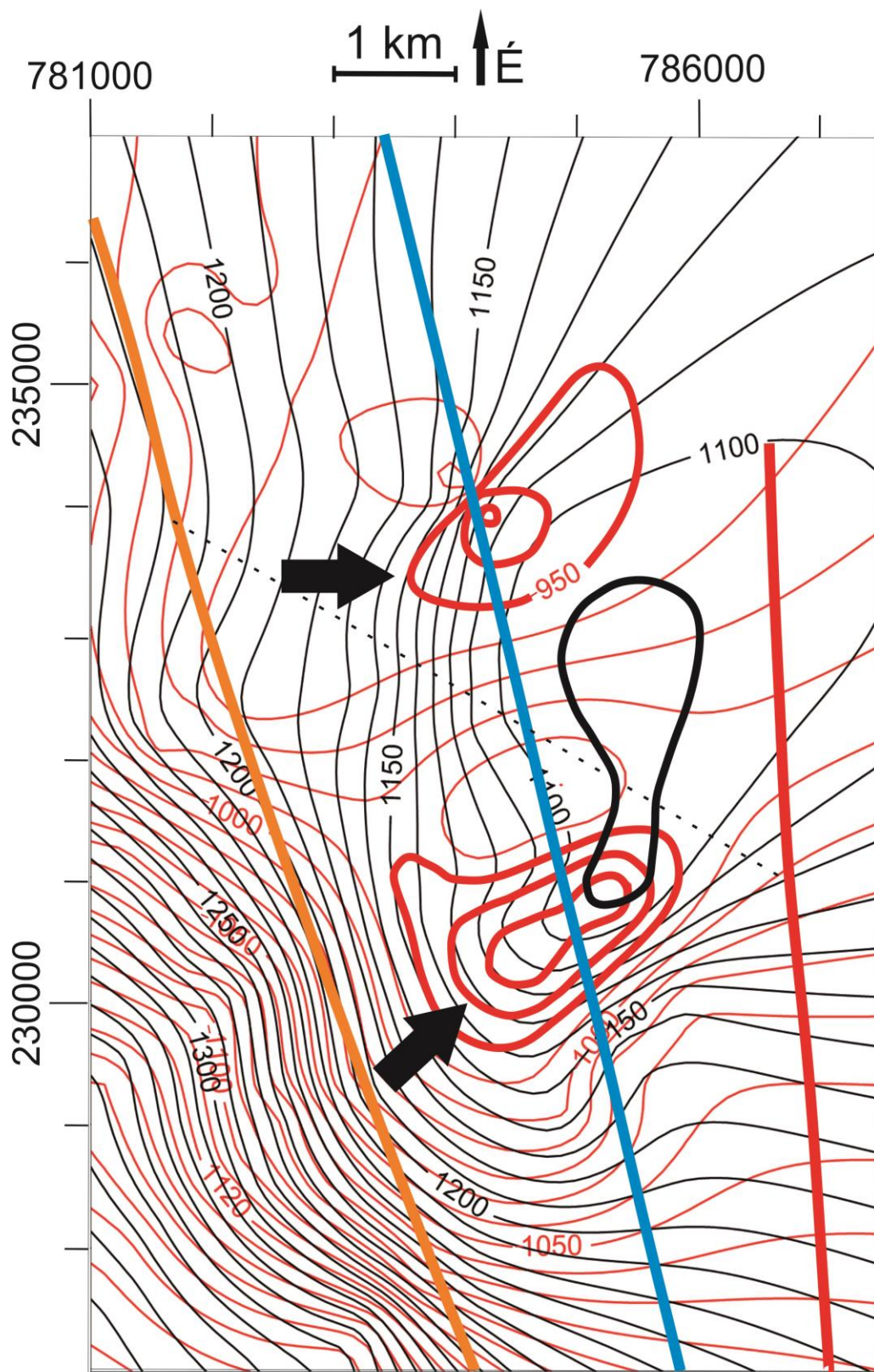
A csapdázódás szempontjából legkedvezőbb helyzet az, mikor egy záródó szénhidrogén potenciál minimum görbe egybeesik egy jó csapdасzerkezettel, ez azonban igen ritka eset. A gyakorlatban már a szerkezet nélküli potenciál minimum területek és a nagy szénhidrogén potenciál gradienssel fedésbe hozható szerkezetek is további kutatásra érdemesek lehetnek, a módszert ennek ellenére nagyon kevesen alkalmazzák.

A gáz potenciál térképeken (20-22. ábra) a potenciál csökkenés és így a gáz áramlás iránya Ny-ról K-re illetve D-DNy-ról É-ÉK-re történik. A három térképen rendre megfigyelhető egy záródó potenciál minimum a K-i szélén, a területről gyakorlatilag mindenhol ide történik a szénhidrogén áramlása. A görbe D-i részén részben átfed egy antiklinális szerkezettel, mely így igen kedvező lehet a felhalmozódás szempontjából. Elképzelhető azonban az is, hogy az eredetileg ebben a szerkezetben felhalmozódott szénhidrogén eredeti helyzetéből kimozdult és a potenciál minimummal jellemezhető területen halmozódott fel. A különböző sűrűség értékek között csak a zárt potenciál minimum görbe nagyságában van különbség.

Egy másik lehetséges csapdázódási helyet mutat a terület É-i részén található nagy hidraulikus gradiensű rész, mely egy antiklinális szerkezettel társul. Ebben az esetben a sűrűség értéknek jelentős szerepe lehet, ugyanis a három közül a legnagyobb hidraulikus gradiens a  $0,6 \text{ g/cm}^3$ -es sűrűséggel számolt térképen látszik.



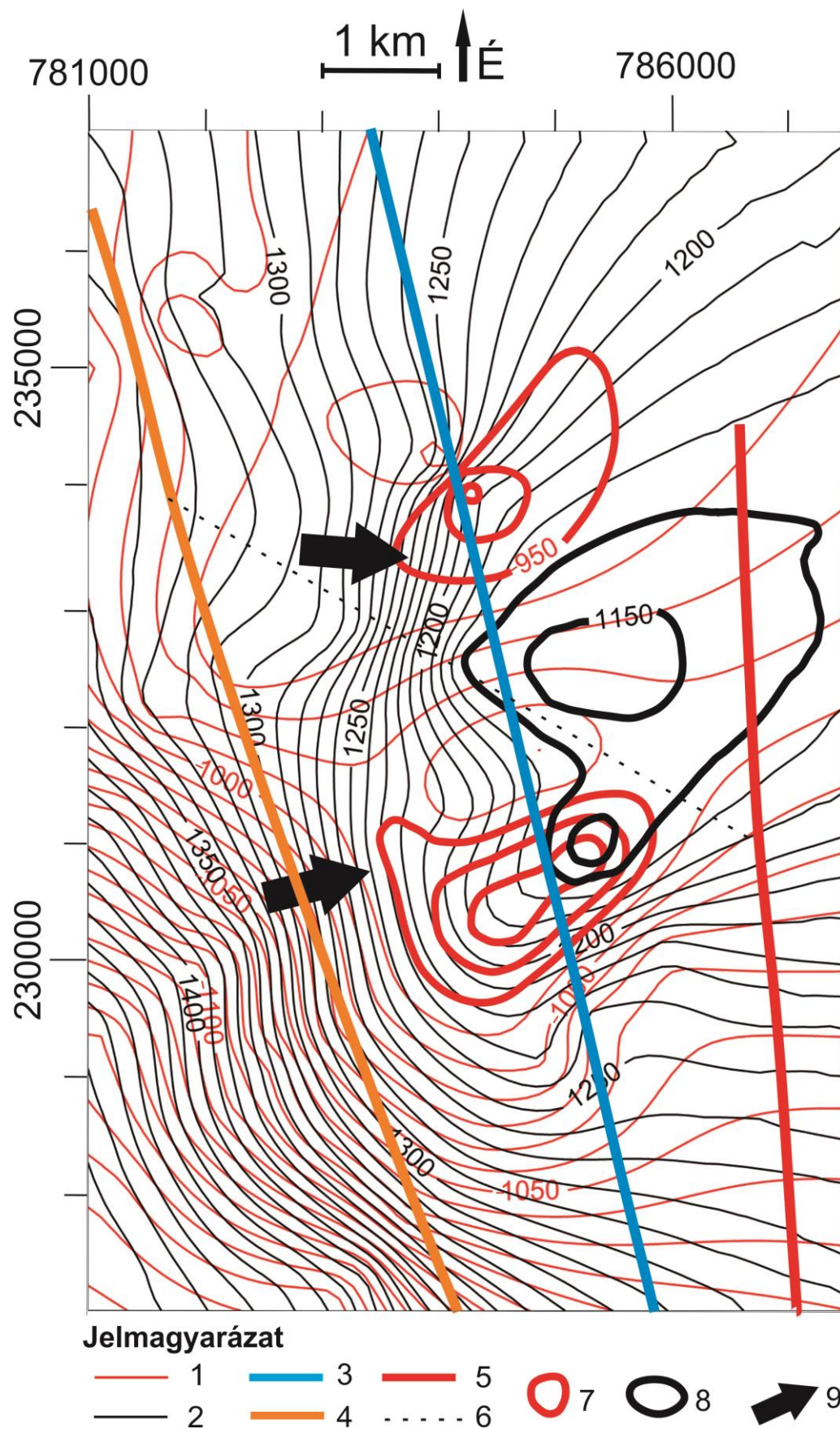
20. ábra Gázpotenciál térkép  $0,1 \text{ g/cm}^3$ -es gázsűrűséggel számolva  
 1: szerkezeti kontúrok 2: gázpotenciál görbék 3-5: fő szerkezeti elemek  
 6: szelvény nyomvonala 7: antiklinális szerkezetek 8: potenciál minimum területek  
 9: fő gázáramlási irány



### Jelmagyarázat

- |     |     |         |     |     |     |
|-----|-----|---------|-----|-----|-----|
| — 1 | — 3 | — 5     | ○ 7 | ○ 8 | ➔ 9 |
| — 2 | — 4 | - - - 6 |     |     |     |

21. ábra Gázpotenciál térkép 0,4 g/cm<sup>3</sup>-es gázsűrűséggel számolva  
 1: szerkezeti kontúrok 2: gázpotenciál görbék 3-5: fő szerkezeti elemek  
 6: szelvény nyomvonala 7: antiklinális szerkezetek 8: potenciál minimum területek  
 9: fő gázáramlási irány



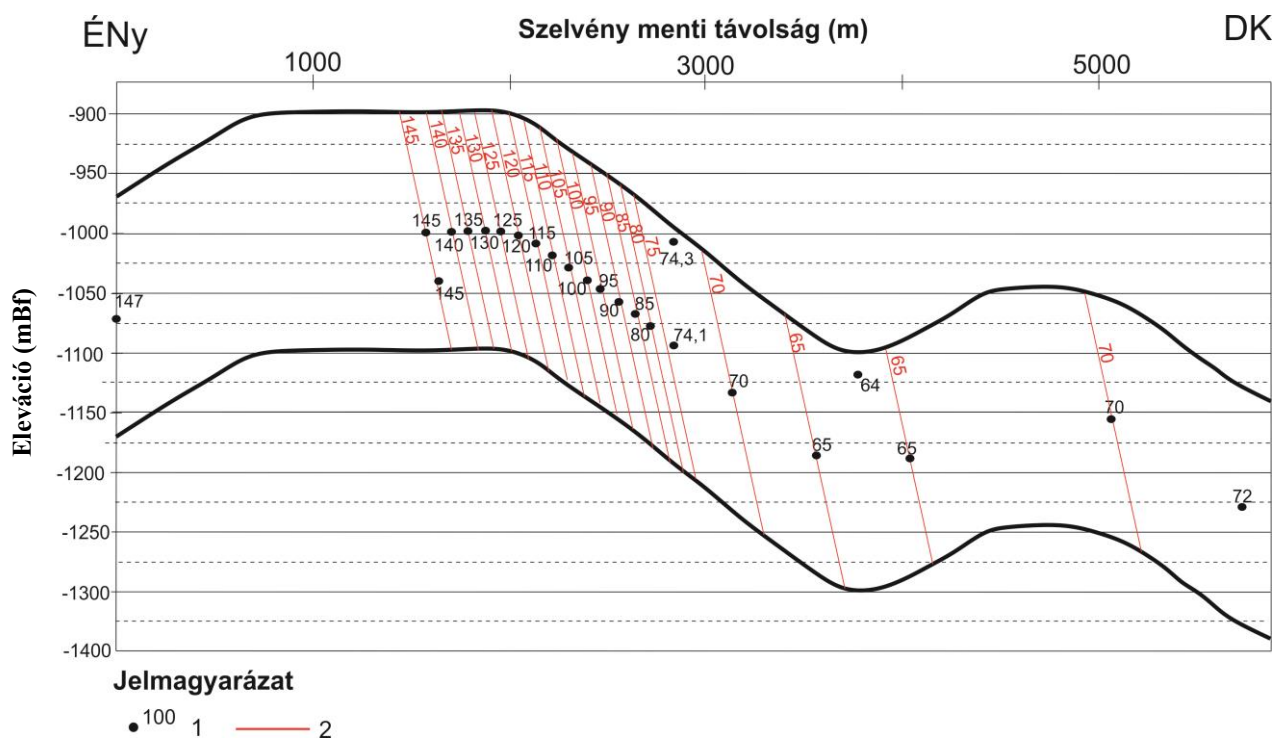
22. ábra Gázpotenciál térkép 0,6 g/cm<sup>3</sup>-es gázsűrűséggel számolva  
 1: szerkezeti kontúrok 2: gázpotenciál görbék 3-5: fő szerkezeti elemek  
 6: szelvény nyomvonala 7: antiklinális szerkezetek 8: potenciál minimum területek  
 9: fő gázáramlási irány

## 6.2 Szelvények

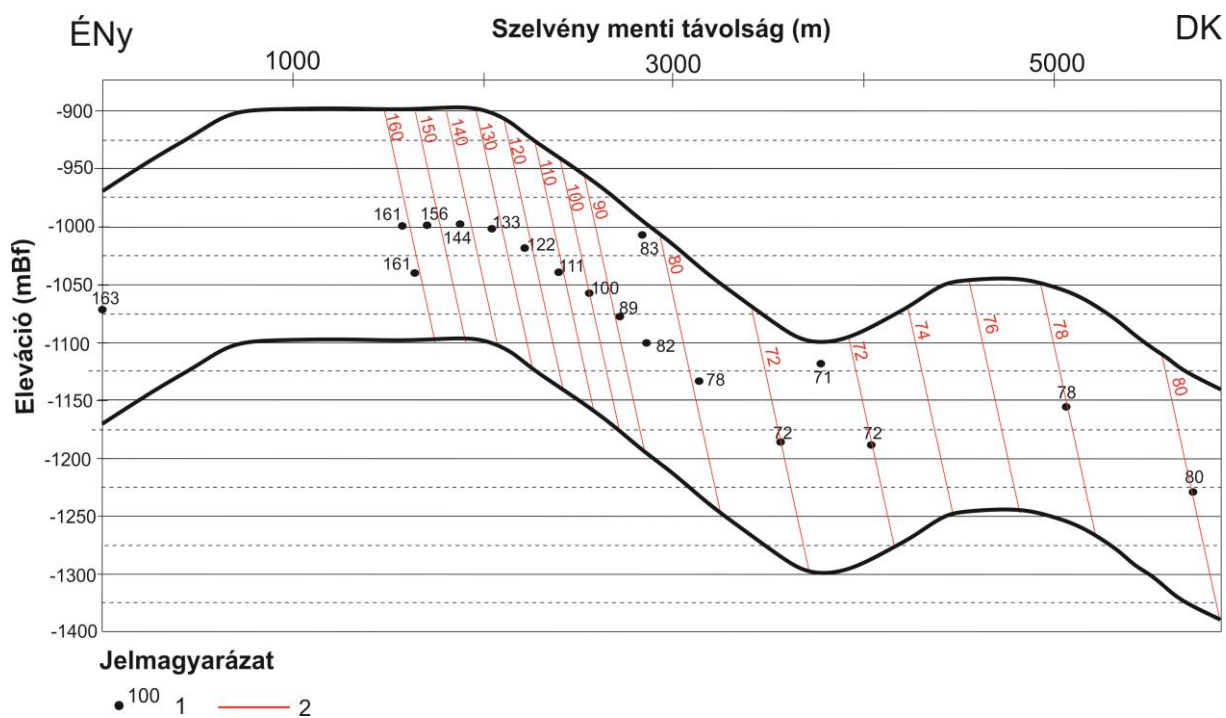
A térképeken jelölt nyomvonal mentén ÉNy-DK-i irányú szelvényeket is készítettem, minden sűrűségértékre. A szelvényeken szintén a záródó potenciál minimum görbék jelzik a legkedvezőbb szénhidrogén csapdázódási helyeket. A szelvények erősen túlmagasítottak az értelmezés megkönnyítése érdekében.

A szelvény nyomvonalát a korábbiakban (ld. 5. fejezet) már említetteken túl úgy választottam meg, hogy lehetőleg minden különböző sűrűséggel készült térképen érintse a záródó gázpotenciál minimum görbét.

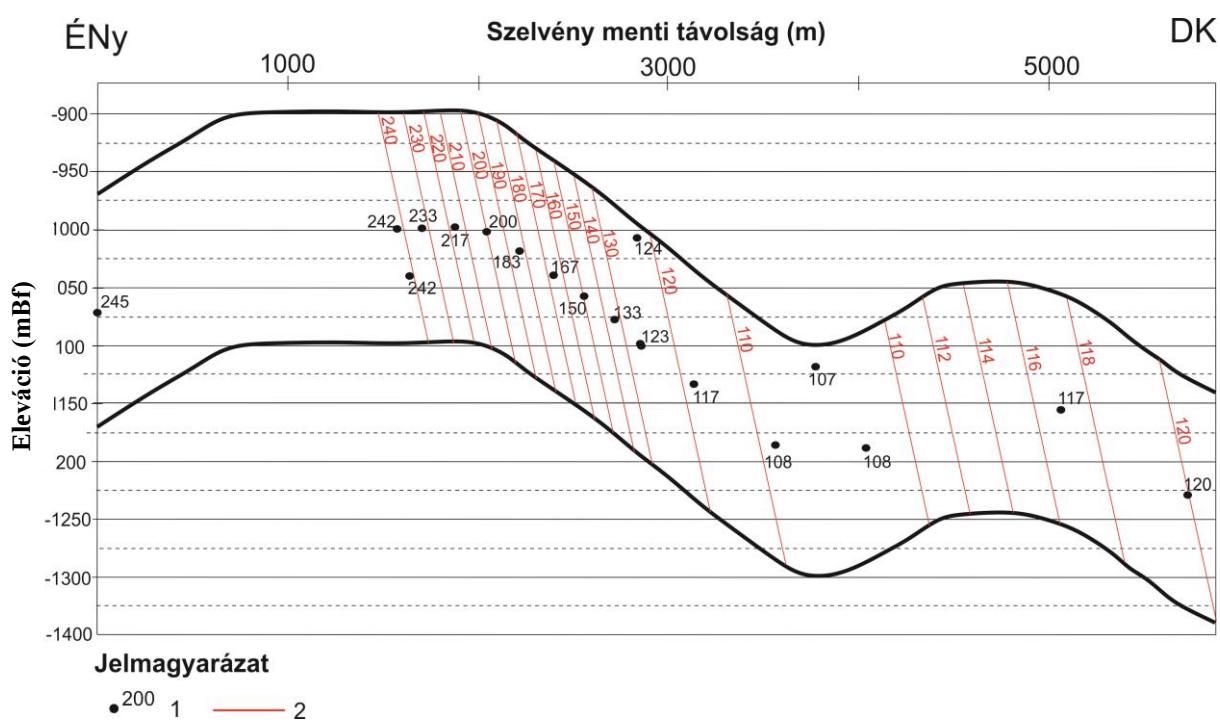
A kontúrok megrajzolásához először a vízpotenciál térképről leolvasott, a szelvényt metsző ekvipotenciál értékeket vetítettem be a szelvény közepébe. A szelvény nyomvonalába három mért hidraulikus emelkedési magasság érték esett, melyekhez mélység adataim is voltak és melyek megkönnyítették az ekvipotenciálok berajzolását (23. ábra). Ezeket az értékeket a térképekhez hasonlóan vízre vonatkoztatott gázpotenciál értékekké számoltam át a  $\frac{\rho_w}{\rho_w - \rho_g} h_w = v$  képlet segítségével. Ezt követően ezekkel az értékekkel újabb izovonalas szelvényt készítettem (24-26. ábra).



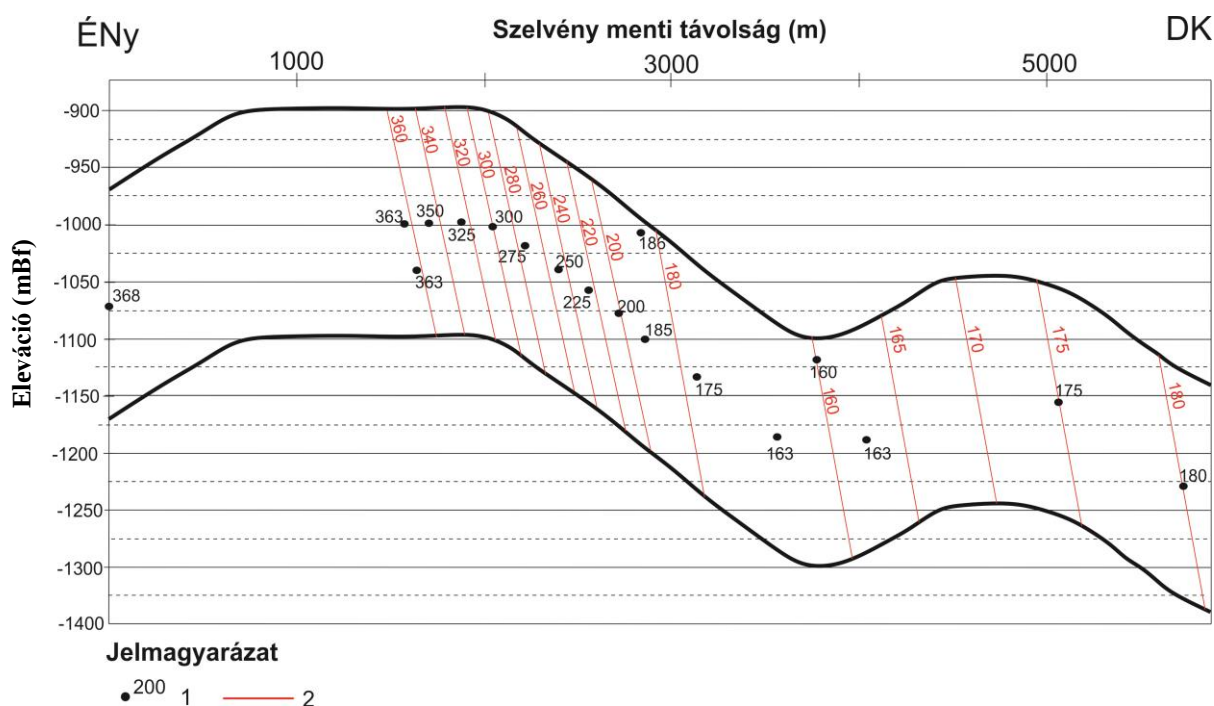
23. ábra Vízre vonatkozó hidraulikus keresztaszelvény  
1: víz hidraulikus emelkedési magasság értékek 2: ekvipotenciálok



24. ábra A  $0,1 \text{ g/cm}^3$ -es sűrűséggel számolt vízre vonatkoztatott gáz ekvipotenciálok  
 1: vízre vonatkoztatott gázpotenciál értékek 2: vízre vonatkoztatott gáz ( $V_g$ ) ekvipotenciálok



25. ábra A  $0,4 \text{ g/cm}^3$ -es sűrűséggel számolt vízre vonatkoztatott gáz ekvipotenciálok  
 1: vízre vonatkoztatott gázpotenciál értékek 2: vízre vonatkoztatott gáz ( $V_g$ ) ekvipotenciálok

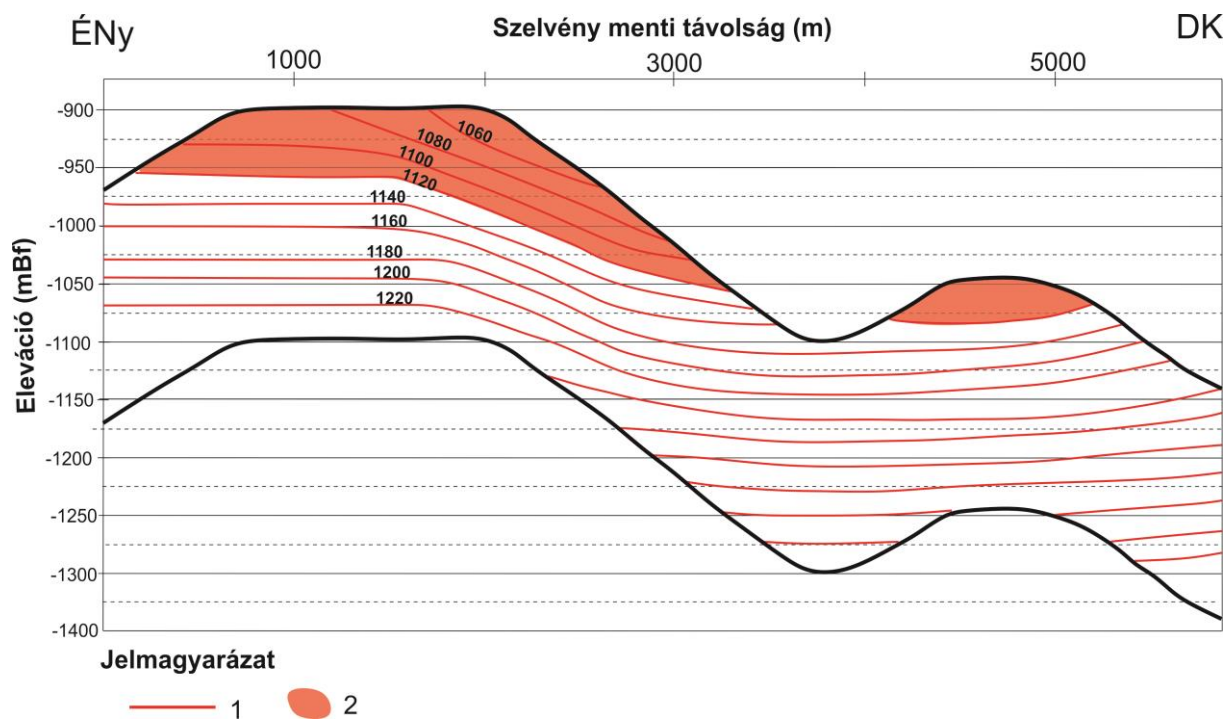


26. ábra A  $0,6 \text{ g/cm}^3$ -es sűrűséggel számolt vízre vonatkoztatott gáz ekvipotenciálok  
1: vízre vonatkoztatott gázpotenciál értékek 2: vízre vonatkoztatott gáz ( $V_g$ ) ekvipotenciálok

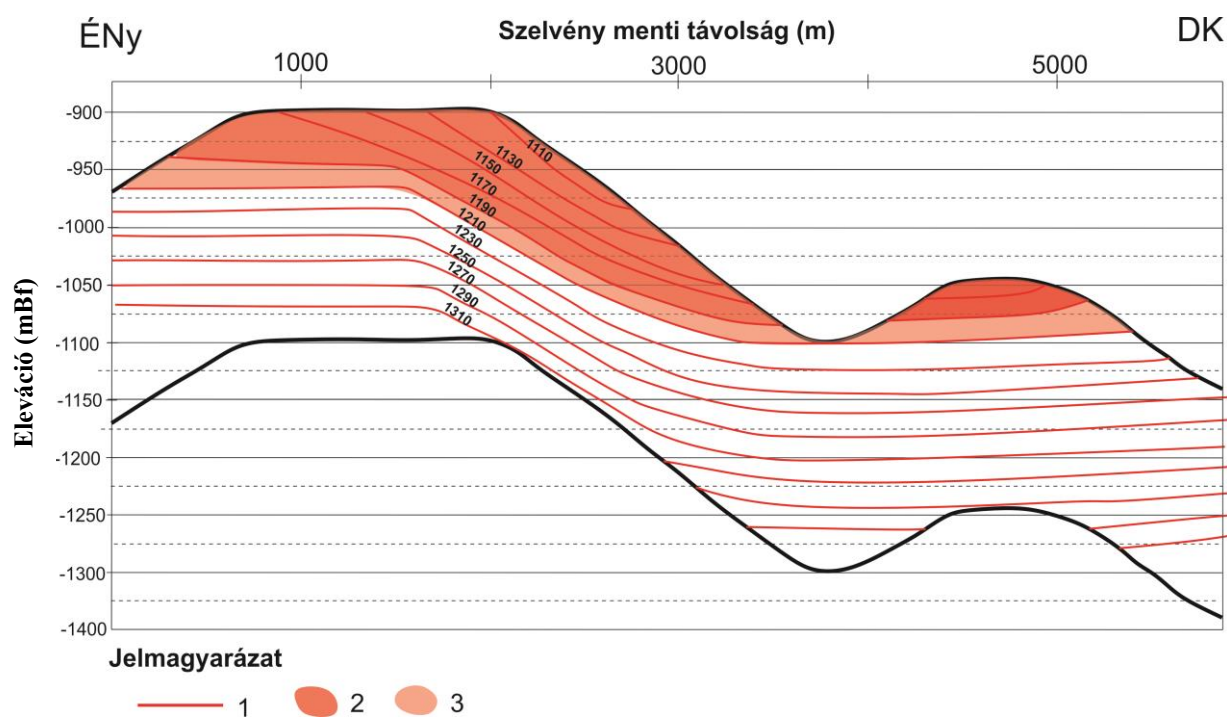
A  $V$  kontúrok és az egyes eleváció szintek metszésénél ismét az  $U = V - Z$  képlet segítségével gázpotenciál értékeket számítottam, majd ezek alapján rajzoltam be a gázpotenciál kontúrokat.

A szelvényeken az erős narancssárga részek a gáz csapdázódás szempontjából legkedvezőbb helyeket mutatják. A világosabb narancssárga részek pedig a még biztosan záródó kontúrokat jelzik, melyekben a felhalmozódás lehetséges, az csak a szénhidrogének mennyiségétől függ. Az alsóbb kontúrok is lehetnek záródók, de ezekről ÉNy és/vagy DK felől már nincs információnk.

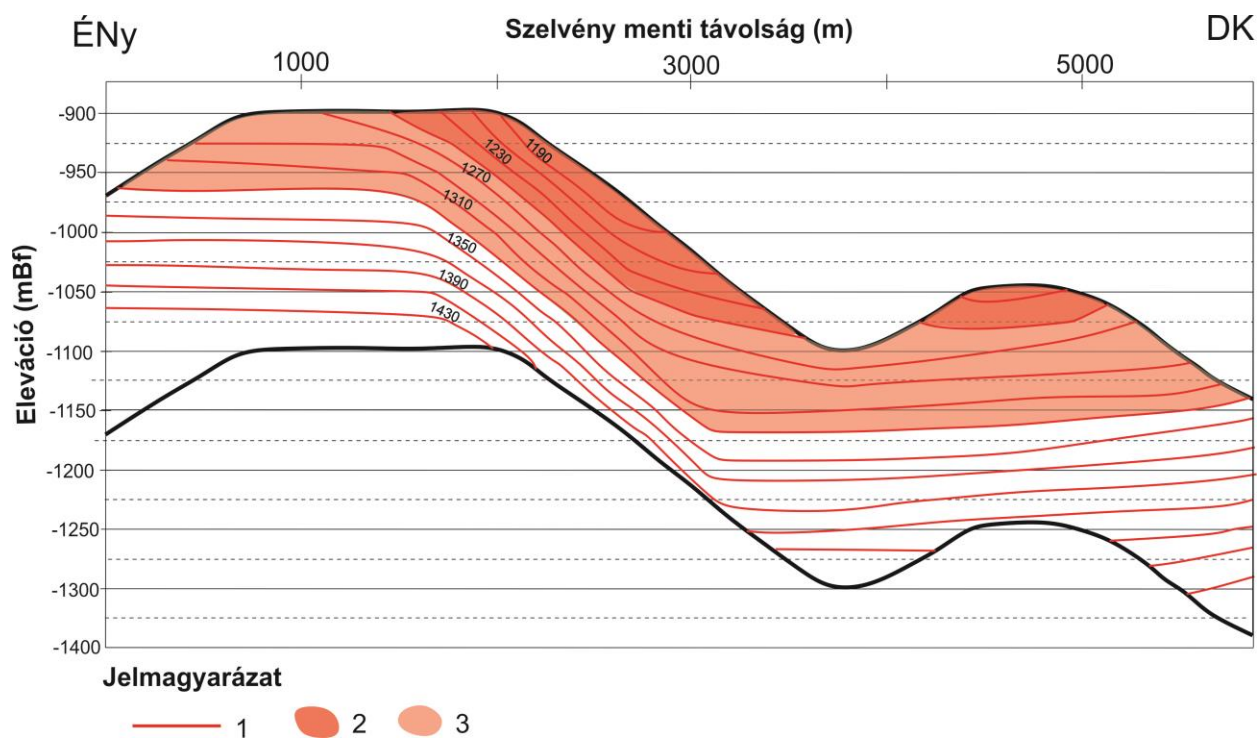
A három sűrűségérték közül egyértelműen a  $0,6 \text{ g/cm}^3$ -es (29. ábra) mutatja a legnagyobb csapdázódási lehetőséget. A  $0,1 \text{ g/cm}^3$ -es (27. ábra) és a  $0,4 \text{ g/cm}^3$ -es sűrűségértékkel készült (28. ábra) szelvényeken körülbelül azonos a lehetséges felhalmozódási hely. A szelvényekben igen feltűnő, hogy az egyre nagyobb sűrűség értékek felé haladva a gázpotenciál minimumok egyre erőteljesebben elmozdulnak DK-i irányban, azaz a sűrűségkülönbség csökkenésével közelítenek a víz ekvipotenciálokhoz.



27. ábra A  $0,1 \text{ g/cm}^3$ -es sűrűséggel számolt gáz izopotenciálok  
1: gáz izopotenciálok 2: legkedvezőbb csapdázódási helyek



28. ábra A  $0,4 \text{ g/cm}^3$ -es sűrűséggel számolt gáz izopotenciálok  
1: gáz izopotenciálok 2: legkedvezőbb csapdázódási helyek



29. ábra A  $0,6 \text{ g/cm}^3$ -es sűrűséggel számolt gáz izopotenciálok  
 1: gáz izopotenciálok 2: legkedvezőbb csapdázódási helyek 3: lehetséges csapdázódási hely

## **7. Diszkusszió**

Munkám során a Kunmadaras, Berekfürdő térségében levő aljzat felboltozódáshoz kapcsolódó Tatárülés-kunmadarasi földgázmező hidrodinamikai csapdázódási feltételeit vizsgáltam.

A korábbi  $p(z)$  profilok és hidraulikus keresztshelvények (Czauner és Mádl-Szőnyi, 2011) mellé víz- és gázpotenciál térképeket készítettem, melyek szerint a 3 vetőzóna közti területen a vizsgált rezervoárban a vízáramlás Ny-K-i irányú és a gáz csapdázódására is hatással van. Az áramlás irányából és abból, hogy a vetőket Czauner és Mádl-Szőnyi (2011) horizontálisan zárónak írja le arra lehet következtetni, hogy a két fő vetőzóna közül a nyugatabbi mentén erősebb a feláramlás és ez okozza a Ny-K-i horizontális áramlást.

A gázpotenciál térképek és shelvények alapján kimutattam, hogy a területen a gáz csapdázódása hidrodinamikailag lehetséges, a shelvényeken és a térképeken is jól látszanak a záródó potenciál minimum görbék.

A shelvényeken továbbá a hidrodinamikus közeg szénhidrogén felhalmozódásokra gyakorolt hatása is észrevehető. Ez abban nyilvánul meg, hogy az ÉNy-i nagyobb antiklinális esetén a gázpotenciál minimuma, vagyis a legvalószínűbb csapdázódási hely nem az antiklinális csukló zónájában, hanem annak DK-i oldalán kibíllent helyzetben van. Ez azt is bizonyítja, hogy az itt 1957-ben felfedezett gázmező nagyobb kiterjedésű is lehetett, egy része már a letermelés előtt K, KDK-i irányban elmosódhatott. Ez alapján ilyen irányban akár az elszállított szénhidrogének újra felhalmozódása is lehetséges.

A gáz potenciál térképeken elsősorban a záródó potenciál minimum görbéket jelöltem meg potenciális csapdázódási lehetőségként, azonban a shelvényeken a térképinél nagyobb értékű görbék is csapdázódási lehetőséget mutatnak. Ez alapján a térképen a lehetséges felhalmozódási helyek kibővíthetők Ny-i irányban. Így a különböző sűrűségértékekkel készített térképeken egészen a legnyugatabbi vetőig lehetséges a csapdázódás.

A Tatárülés-Kunmadarasi földgáztelep a preneogén aljzatmagaslat felett települt boltozat vizsgálata során lett feltárva. Az UVZ módszer alapján készített térképekkel és shelvényekkel az akkumuláció helye pontosabban meghatározható, illetve lehatárolható lett volna. Ebben a konkrét esetben ugyan a területen levő szénhidrogéneket már megtalálták és letermelték, de

eredményeim alapján ez egy jól működő megközelítés lehet új telepek kutatásában és lehatárolásában is.

## **8. Összefoglalás**

Munkám során a Berekfürdő térségi aljzat kiemelkedéshez kötődő Tatárülés-kunmadarasi földgázmezőt vizsgáltam. A területen korábban már történt hidrogeológiai célú értelmezés, melyhez most olajhidrogeológiai vizsgálatokat végeztem. A mezőt már az 1950-es évek közepén feltárták és Kunmadaras térségében termelésbe állították. Célom az volt, hogy a mező elhelyezkedését olajhidrogeológiai vizsgálatokkal magyarázzam, és ennek alapján a módszer hatékonyságát alátámasszam.

Ennek megvalósítása érdekében a hidrodinamikai csapdázódás vizsgálatának olajhidrogeológiai módszerét, az „UVZ” módszert alkalmaztam. Ennek során víz- és gázpotenciál térképeket és szelvényeket készítettem különböző sűrűség adatokkal a vizsgálati területre vonatkozóan. Ezeken a záródó potenciál minimum görbéket és a nagy gradiensű területeket kerestem melyek a legalkalmasabbak a gáz csapdázódására.

A területre a vízpotenciál térkép alapján Ny-K-i áramlást állapítottam meg, mely a területen a szénhidrogének migrációját és csapdázódását is befolyásolja. Ezt jól mutatják a szelvények, melyeken a fő felhalmozódási helyek nem a csapdaszerkezetek központi részén találhatók, hanem az áramlás irányában kibillentett helyzetben. Az UVZ módszer segítségével olyan záródó potenciál minimum görbéket és nagy hidraulikus gradiensű területeket tudtam kimutatni, melyek jelentős gázcsapdázódási helyek lehetnek. A legvalószínűbb csapdázódási lehetőség a terület keleti oldalán található, ahol egy záródó potenciál minimum görbe és egy antiklinális szerkezet fedésben vannak. A szelvények alapján a térképekről leolvasható csapdázódási helyek kibővíthetők nyugati irányban a nyugati peremvetőig. A különböző sűrűség értékekkel készült térképek közt nincs jelentős különbség, a szelvényeken azonban jól látszik, hogy a nagyobb sűrűségű szénhidrogének viselkedése egyre inkább közelít a vízéhez.

Eredményeim alapján a Tatárülés-kunmadarasi földgázmező hidrodinamikai csapdában halmozódott fel. Az UVZ módszer segítségével lehetséges volt a csapdázódási helyek pontosabb lehatárolása, mely így más területek felhalmozódásainak kutatásában és lehatárolásában is eredményes módszer lehet.

## ***Köszönetnyilvánítás***

Szeretném megköszönni mindenkinek, aki segítségével hozzájárult a diákköri munkám elkészítésének megkönnyebbítéséhez, elsősorban témavezetőmnek, Zentainé Czauner Brigittának, aki a dolgozat elkészítése alatt folyamatosan ellátott tanácsaival, és akihez mindig fordulhattam kérdéseimmel.

## **9. Irodalomjegyzék**

BÉRCZI, I., PHILLIPS, R. L., 1985: Processes and depositional environments within the Neogene delta lacustrine sediments, Pannonian Basin, SE Hungary. *Geophysics Transactions*, 31/1-3, 55-74.

BÉRCZINÉ MAKK, A., 1998: Az Alföld és a Tokaji hegység triász és jura képződményeinek rétegtana – in BÉRCZI, I., JÁMBOR, Á. (szerk.): Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana, MOL Rt. és a MÁFI Kiadványa, 281-298.

BÉRCZINÉ MAKK, A., CSÁSZÁR, G., NUSSZER, A., 1996: A Mecseki Zóna közép-alföldi mezozoos aljzatának sztratigráfiai értékelése és fejlődéstörténeti vázlata. *Földtani Közlöny*, 126/2-3, 185-207.

CZAUNER, B., MÁDL-SZÖNYI, J., 2011: The function of fault sin hydraulic hydrocarbon entrapment: Theoretical considerations and a field study from the Trans-Tisza region, Hungary. *AAPG Bulletin*, V. 95, No. 5, pp. 795-811.

CZAUNER, B., 2008: Vetők hidraulikai viselkedésének komplex vizsgálata Berekfürdő térségében. Diplomamunka, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, Budapest, pp. 166.

DAHLBERG, E.C., 1995: Applied hydrodynamics in petroleum exploration. Spring-Verlag, New York, 165-229.

DANK, V., 1985: Hydrocarbon exploration in Hungary – *in* Neogene mineral resources, Historical studies on their utilization, Hungarian Geological Survey, Budapest, pp. 213.

DANK, V., 1990: Kőolajföldtan. Tankönyvkiadó, Budapest, 113, 174, 378-379, 438-443.

FODOR, L., BADA, G., CSILLAG, G., HORVÁTH, E., RUSZKICZAY-RÜDIGER, ZS., PALOTÁS, K., SÍKHEGYI, F., TIMÁR, G., CLOETHING, S., HORVÁTH, F., 2005: An outline of neotectonic structures and morphotectonics of the western and central Pannonian Basin. *Tectonophysics*, 410, 15-41. RÓNAI, A., BOCZÁN, B., KÖRÖSSY, L., URBANCSEK, J., 1975: Az Alföld földtani atlasza – Tiszafüred, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 18.

HAAS, J., 1998: Az Alföld és Észak-Magyarország felső-kréta képződményeinek rétegtana – *in* BÉRCZI, I., JÁMBOR, Á. (szerk.): Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana, MOL Rt. és a MÁFI Kiadványa, 379-388.

HUBBERT, M. K. 1940: The theory of ground-water motion. *The Journal of Geology* 48:785-944

HUBBERT, M. K., 1953: Entrapment of petroleum under hydrodynamic conditions. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, Vol. 37, No. 8, pp. 1954-2026

JUHÁSZ, GY., 1992: A pannóniai (s.l.) formációk térképezése az Alföldön: elterjedés, fácies és üledékes környezet. *Földtani Közöny*, 122/2-4, 133-165.

JUHÁSZ, GY., 1998: A Magyarországi neogén mélymedencék pannóniai képződményeinek litosztratigráfiája. – *in* BÉRCZI, I., JÁMBOR, Á. (szerk.): Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana, MOL Rt. és a MÁFI Kiadványa, 469-483.

KÖRÖSSY, L., 1985: Az Alföld földtörténete a negyedidőszakig – *in* RÓNAI A., 1985: Az Alföld negyedidőszaki földtana. *Geologica Hungarica*, Series Geologica 21, 57-66.

POGÁCSÁS, GY., LAKATOS, L., BARAVTZ, A., VAKARCS, G., FARKAS, CS., 1989: Pliocén-kvarter oldaleltolódások a Nagyalföldön. *Általános Földtani Szemle*, 24, 149-169.

RÓNAI, A., 1985: Az Alföld negyedidőszaki földtana. *Geologica Hungarica*, Series Geologica 21, 66-204, 303-305, 342-364.

ROYDEN, L.H., 1988: Late Cenozoic Tectonics of the Pannonian Basin System – The Pannonian Basin (A Study In Basin Evolution). *AAPG Memoir*, 45, 27-49.

SZEDERKÉNYI, T., 2001: Tisza Mega-unit, Pre-Alpine Evolution – in HAAS, J. (ed.): *Geology of Hungary*, Eötvös University Press, Budapest, 148-161.

SZTANÓ, O., SZAFIÁN, P., MAGYAR, I., HORÁNYI, A., BADA, G., HUGHES, D. W., HOYER, D. L., WALLIS, R. J., 2013: Aggradation and progradation controlled clinotherms and deep-water sand delivery model in the Neogene Lake Pannon, Makó Through, Pannonian Basin, SE Hungary. *Global and Planetary Change* 103, 149-167.

TÓTH, J., 1980: Cross-formational gravity-flow of groundwater: A mechanism of the transport and accumulation of petroleum (The generalized hydraulic theory of petroleum migration) – in ROBERTS WH, CORDELL RJ (eds.) *Problems of Petroleum Migration*. AAPG Studies in Geology, no. 10, Tulsa, Oklahoma, USA, pp. 121-167

TÓTH, J., 1988: Ground water and hydrocarbon migration. *The Geology of North America*, Vol. 0-2, Hydrogeology, The Geological Society of America

Tóth, J., 1995: Hydraulic continuity in large sedimentary basins. *Hydrogeology Journal* 3(4):4-16

TÓTH, J., ALMÁSI, I., 2001: Interpretation of observed fluid potential patterns in a deep sedimentary basin under tectonic compression: Hungarian Great Plain, Pannonian Basin. *Geofluids*, 1, 11-36.

VÁNDORFI, R., 1965: Az alföldi szénhidrogén-telepek és azok földtani jellemzése. *Földtani Közlöny*, 95/2, 164-182.

## 10. Mellékletek

### 1. számú melléklet - Rendelkezésre álló hidraulikai adatok

| kút | mérési pont<br>elevációja (mBf) | h (m)    |
|-----|---------------------------------|----------|
| A   | -1017.4                         | 88.94905 |
| B   | -1068.5                         | 62.78086 |
| C   | -1019.5                         | 73.34432 |
| D   | -1044                           | 146.4939 |

### 2. számú melléklet – A rezervoár réteg tetőpontjainak koordinátái

| adatpont | EOV X  | EOV Y  | Z     |
|----------|--------|--------|-------|
| 1        | 782300 | 235760 | -975  |
| 2        | 781720 | 235370 | -950  |
| 3        | 781480 | 235220 | -975  |
| 4        | 781100 | 235000 | -1000 |
| 5        | 784210 | 234000 | -925  |
| 6        | 783730 | 233640 | -950  |
| 7        | 783220 | 233270 | -950  |
| 8        | 782200 | 232500 | -950  |
| 9        | 781870 | 232290 | -975  |
| 10       | 781550 | 232080 | -975  |
| 11       | 781390 | 231930 | -1000 |
| 12       | 781000 | 231660 | -1025 |
| 13       | 784860 | 231780 | -1000 |
| 14       | 784450 | 231510 | -1000 |
| 15       | 784170 | 231320 | -1000 |
| 16       | 783660 | 231000 | -975  |
| 17       | 782830 | 230430 | -1025 |
| 18       | 782560 | 230230 | -1050 |
| 19       | 782330 | 230050 | -1075 |
| 20       | 782000 | 229930 | -1100 |
| 21       | 781520 | 229600 | -1125 |
| 22       | 781110 | 229330 | -1150 |
| 23       | 785320 | 230880 | -950  |
| 24       | 784560 | 230330 | -950  |
| 25       | 783950 | 229990 | -975  |
| 26       | 783470 | 229630 | -1000 |
| 27       | 783050 | 229360 | -1025 |

|    |        |        |       |
|----|--------|--------|-------|
| 28 | 782820 | 229230 | -1050 |
| 29 | 782650 | 229090 | -1075 |
| 30 | 782200 | 228760 | -1100 |
| 31 | 781900 | 228540 | -1125 |
| 32 | 781610 | 228330 | -1150 |
| 33 | 781210 | 228000 | -1175 |
| 34 | 783480 | 235550 | -950  |
| 35 | 784060 | 234160 | -975  |
| 36 | 785090 | 231620 | -1000 |
| 37 | 785960 | 230070 | -1025 |
| 38 | 785820 | 229930 | -1025 |
| 39 | 785330 | 229440 | -1025 |
| 40 | 784960 | 229080 | -1000 |
| 41 | 784380 | 228460 | -1025 |
| 42 | 783730 | 227790 | -1075 |
| 43 | 783330 | 227370 | -1150 |
| 44 | 783070 | 227080 | -1175 |
| 45 | 781280 | 231230 | -1050 |
| 46 | 781820 | 230290 | -1075 |
| 47 | 782410 | 229330 | -1075 |
| 48 | 782900 | 228470 | -1075 |

### 3. számú melléklet – A 0.1 g/cm<sup>3</sup>-es sűrűséghez tartozó V és U értékek

| adatpont | EOV X    | EOV Y    | Z        | V   | U        |
|----------|----------|----------|----------|-----|----------|
| 1        | 781348   | 232643.1 | -979.699 | 160 | 1139.699 |
| 2        | 781934.8 | 232771.7 | -959.416 | 160 | 1119.416 |
| 3        | 782377   | 234049.9 | -959.89  | 160 | 1119.89  |
| 4        | 781436.4 | 235086.9 | -979.536 | 160 | 1139.536 |
| 5        | 781348   | 236614.3 | -979.894 | 155 | 1134.894 |
| 6        | 782087.6 | 235392.4 | -960.226 | 155 | 1115.226 |
| 7        | 782594   | 234524.2 | -959.945 | 155 | 1114.945 |
| 8        | 782103.6 | 232410   | -958.851 | 155 | 1113.851 |
| 9        | 781476.6 | 232136.7 | -980.204 | 155 | 1135.204 |
| 10       | 781203.3 | 232024.1 | -1001.15 | 155 | 1156.147 |
| 11       | 781098.8 | 231389.1 | -1041.67 | 150 | 1191.667 |
| 12       | 781388.2 | 231590   | -1019.9  | 150 | 1169.905 |
| 13       | 781629.4 | 231758.8 | -999.757 | 150 | 1149.757 |
| 14       | 781983.1 | 232000   | -979.158 | 150 | 1129.158 |
| 15       | 782457.3 | 232297.4 | -959.332 | 150 | 1109.332 |
| 16       | 782762.8 | 235094.9 | -960.09  | 150 | 1110.09  |
| 17       | 783012   | 235738   | -959.7   | 145 | 1104.7   |
| 18       | 783229.1 | 234741.2 | -960.081 | 145 | 1105.081 |
| 19       | 783349.7 | 234122.2 | -959.972 | 145 | 1104.972 |

|    |          |          |          |     |          |
|----|----------|----------|----------|-----|----------|
| 20 | 782843.2 | 232345.7 | -960.068 | 145 | 1105.068 |
| 21 | 782280.5 | 231863.3 | -980.162 | 145 | 1125.162 |
| 22 | 781983.1 | 231606.1 | -999.76  | 145 | 1144.76  |
| 23 | 781766   | 231389.1 | -1019.62 | 145 | 1164.617 |
| 24 | 781557   | 231188.1 | -1040.04 | 145 | 1185.035 |
| 25 | 781315.8 | 230971   | -1060.31 | 145 | 1205.315 |
| 26 | 781042.5 | 230697.7 | -1080.64 | 145 | 1225.637 |
| 27 | 781050.6 | 229934   | -1120.66 | 140 | 1260.662 |
| 28 | 781275.6 | 230215.4 | -1099.99 | 140 | 1239.988 |
| 29 | 781468.6 | 230472.6 | -1079.68 | 140 | 1219.683 |
| 30 | 781653.5 | 230713.8 | -1060.87 | 140 | 1200.873 |
| 31 | 781846.4 | 230963   | -1041.07 | 140 | 1181.07  |
| 32 | 782031.3 | 231204.2 | -1021.23 | 140 | 1161.231 |
| 33 | 782248.3 | 231469.4 | -1000.42 | 140 | 1140.418 |
| 34 | 782521.7 | 231766.9 | -981.023 | 140 | 1121.023 |
| 35 | 783140.6 | 232450.2 | -960.325 | 140 | 1100.325 |
| 36 | 783558.7 | 234033.8 | -960.202 | 140 | 1100.202 |
| 37 | 783502.4 | 234837.7 | -960.068 | 140 | 1100.068 |
| 38 | 783325.5 | 236759   | -960     | 140 | 1100     |
| 39 | 783783.7 | 234869.9 | -959.999 | 135 | 1094.999 |
| 40 | 783719.4 | 233993.6 | -959.715 | 135 | 1094.715 |
| 41 | 783301.4 | 232530.6 | -960.245 | 135 | 1095.245 |
| 42 | 782738.7 | 231726.7 | -980.118 | 135 | 1115.118 |
| 43 | 782481.5 | 231348.9 | -1000.27 | 135 | 1135.267 |
| 44 | 782304.6 | 231059.5 | -1019.7  | 135 | 1154.704 |
| 45 | 782143.8 | 230778.1 | -1040.21 | 135 | 1175.209 |
| 46 | 782135.8 | 230778.1 | -1040.5  | 135 | 1175.497 |
| 47 | 781958.9 | 230520.9 | -1060.14 | 135 | 1195.142 |
| 48 | 781830.3 | 230231.5 | -1080.12 | 135 | 1215.119 |
| 49 | 781709.7 | 229998.3 | -1100.49 | 135 | 1235.487 |
| 50 | 781540.9 | 229708.9 | -1119.7  | 135 | 1254.697 |
| 51 | 781331.9 | 229323.1 | -1140.59 | 135 | 1275.587 |
| 52 | 781259.6 | 227602.8 | -1180.57 | 130 | 1310.572 |
| 53 | 781492.7 | 228205.7 | -1158.96 | 130 | 1288.955 |
| 54 | 781629.4 | 228551.4 | -1141.05 | 130 | 1271.052 |
| 55 | 781822.3 | 229041.7 | -1119.23 | 130 | 1249.23  |
| 56 | 782031.3 | 229636.6 | -1100.34 | 130 | 1230.336 |
| 57 | 782200.1 | 230062.7 | -1080.79 | 130 | 1210.787 |
| 58 | 782296.6 | 230319.9 | -1060.46 | 130 | 1190.456 |
| 59 | 782401.1 | 230585.2 | -1040.53 | 130 | 1170.533 |
| 60 | 782521.7 | 230842.4 | -1022.34 | 130 | 1152.339 |
| 61 | 782682.4 | 231212.2 | -1000.55 | 130 | 1130.551 |
| 62 | 782931.6 | 231678.4 | -980.015 | 130 | 1110.015 |
| 63 | 783438.1 | 232619   | -959.762 | 130 | 1089.762 |
| 64 | 783896.3 | 234033.8 | -960.811 | 130 | 1090.811 |

|     |          |          |          |     |          |
|-----|----------|----------|----------|-----|----------|
| 65  | 784033   | 234805.5 | -959.877 | 130 | 1089.877 |
| 66  | 784217.8 | 234516.1 | -959.754 | 125 | 1084.754 |
| 67  | 784097.3 | 234106.2 | -959.186 | 125 | 1084.186 |
| 68  | 783582.8 | 232667.2 | -960.103 | 125 | 1085.103 |
| 69  | 783076.3 | 231638.3 | -980.193 | 125 | 1105.193 |
| 70  | 782859.3 | 231059.5 | -1000.49 | 125 | 1125.486 |
| 71  | 782770.9 | 230633.4 | -1020.22 | 125 | 1145.222 |
| 72  | 782666.4 | 230295.8 | -1039.87 | 125 | 1164.874 |
| 73  | 782553.8 | 229805.4 | -1060.47 | 125 | 1185.466 |
| 74  | 782409.1 | 229202.5 | -1080.35 | 125 | 1205.353 |
| 75  | 782296.6 | 228663.9 | -1099.76 | 125 | 1224.755 |
| 76  | 782192.1 | 228286.1 | -1122.61 | 125 | 1247.613 |
| 77  | 782151.9 | 227988.6 | -1139.96 | 125 | 1264.956 |
| 78  | 782055.4 | 227634.9 | -1160.1  | 125 | 1285.096 |
| 79  | 781918.7 | 227136.5 | -1180.24 | 125 | 1305.24  |
| 80  | 782730.7 | 227369.7 | -1160.82 | 120 | 1280.825 |
| 81  | 782778.9 | 227659.1 | -1139.95 | 120 | 1259.954 |
| 82  | 782811.1 | 227908.3 | -1119.79 | 120 | 1239.792 |
| 83  | 782835.2 | 228149.4 | -1100.64 | 120 | 1220.638 |
| 84  | 782867.3 | 228438.8 | -1079.4  | 120 | 1199.402 |
| 85  | 782915.6 | 228864.9 | -1059.3  | 120 | 1179.3   |
| 86  | 782931.6 | 229234.7 | -1040.78 | 120 | 1160.778 |
| 87  | 783004   | 230159.1 | -1019.89 | 120 | 1139.887 |
| 88  | 783076.3 | 230770.1 | -1000.34 | 120 | 1120.344 |
| 89  | 783253.2 | 231630.2 | -979.874 | 120 | 1099.874 |
| 90  | 783687.3 | 232715.5 | -959.962 | 120 | 1079.962 |
| 91  | 784121.4 | 233664   | -939.179 | 120 | 1059.179 |
| 92  | 784298.2 | 234106.2 | -938.746 | 120 | 1058.746 |
| 93  | 784531.4 | 234138.3 | -939.643 | 115 | 1054.643 |
| 94  | 784209.8 | 233559.5 | -939.755 | 115 | 1054.755 |
| 95  | 783799.8 | 232739.6 | -960.329 | 115 | 1075.329 |
| 96  | 783438.1 | 231654.3 | -980.285 | 115 | 1095.285 |
| 97  | 783373.8 | 229901.9 | -1000.65 | 115 | 1115.648 |
| 98  | 783446.1 | 229098   | -1019.88 | 115 | 1134.881 |
| 99  | 783462.2 | 228655.9 | -1040.59 | 115 | 1155.586 |
| 100 | 783478.3 | 228270   | -1061.21 | 115 | 1176.214 |
| 101 | 783470.2 | 227972.6 | -1081.03 | 115 | 1196.031 |
| 102 | 783470.2 | 227771.6 | -1097.45 | 115 | 1212.45  |
| 103 | 783478.3 | 227538.5 | -1120.45 | 115 | 1235.454 |
| 104 | 783462.2 | 227337.5 | -1140.25 | 115 | 1255.246 |
| 105 | 784225.9 | 227281.2 | -1100.26 | 110 | 1210.256 |
| 106 | 784201.8 | 227594.7 | -1079.94 | 110 | 1189.937 |
| 107 | 784161.6 | 227868.1 | -1062.18 | 110 | 1172.182 |
| 108 | 784121.4 | 228237.8 | -1041.15 | 110 | 1151.151 |
| 109 | 784073.1 | 228688   | -1019.65 | 110 | 1129.648 |

|     |          |          |          |     |          |
|-----|----------|----------|----------|-----|----------|
| 110 | 783968.6 | 229202.5 | -999.996 | 110 | 1109.996 |
| 111 | 783590.8 | 230721.8 | -979.932 | 110 | 1089.932 |
| 112 | 783566.7 | 231147.9 | -979.997 | 110 | 1089.997 |
| 113 | 783590.8 | 231799   | -980.063 | 110 | 1090.063 |
| 114 | 783888.3 | 232787.8 | -959.793 | 110 | 1069.793 |
| 115 | 784346.5 | 233535.4 | -939.688 | 110 | 1049.688 |
| 116 | 784708.2 | 234066   | -939.835 | 110 | 1049.835 |
| 117 | 784764.5 | 233792.7 | -940.275 | 105 | 1045.275 |
| 118 | 784603.7 | 233623.8 | -939.729 | 105 | 1044.729 |
| 119 | 784000.8 | 232795.8 | -960.396 | 105 | 1065.396 |
| 120 | 783751.6 | 231919.6 | -980.679 | 105 | 1085.679 |
| 121 | 783775.7 | 231123.8 | -980.343 | 105 | 1085.343 |
| 122 | 784426.9 | 229620.5 | -980.082 | 105 | 1085.082 |
| 123 | 784619.8 | 229025.6 | -1000.26 | 105 | 1105.257 |
| 124 | 784732.3 | 228567.4 | -1020.68 | 105 | 1125.682 |
| 125 | 784828.8 | 228205.7 | -1039.26 | 105 | 1144.262 |
| 126 | 784909.2 | 227795.7 | -1060.04 | 105 | 1165.044 |
| 127 | 784997.6 | 227361.6 | -1080.44 | 105 | 1185.44  |
| 128 | 785914   | 227233   | -1080    | 100 | 1180.003 |
| 129 | 785688.9 | 227852   | -1060.32 | 100 | 1160.319 |
| 130 | 785471.9 | 228414.7 | -1039.98 | 100 | 1139.979 |
| 131 | 785295   | 228961.3 | -1021.27 | 100 | 1121.271 |
| 132 | 785053.9 | 229596.4 | -1000.21 | 100 | 1100.206 |
| 133 | 784909.2 | 229926   | -978.889 | 100 | 1078.889 |
| 134 | 784668   | 230143   | -960.621 | 100 | 1060.621 |
| 135 | 784354.5 | 230464.6 | -958.847 | 100 | 1058.847 |
| 136 | 784057.1 | 230987.1 | -980.598 | 100 | 1080.598 |
| 137 | 783864.1 | 232032.2 | -980.227 | 100 | 1080.227 |
| 138 | 784129.4 | 232828   | -960.366 | 100 | 1060.366 |
| 139 | 787296.7 | 235046.7 | -960.06  | 95  | 1055.06  |
| 140 | 784266.1 | 232876.2 | -959.796 | 95  | 1054.796 |
| 141 | 783984.7 | 232088.4 | -980.965 | 95  | 1075.965 |
| 142 | 784290.2 | 230979.1 | -979.724 | 95  | 1074.724 |
| 143 | 784587.6 | 230633.4 | -959.504 | 95  | 1054.504 |
| 144 | 784893.1 | 230400.3 | -960.012 | 95  | 1055.012 |
| 145 | 785198.6 | 230191.3 | -979.337 | 95  | 1074.337 |
| 146 | 785375.4 | 229958.1 | -1000.66 | 95  | 1095.662 |
| 147 | 785544.2 | 229700.9 | -1020.62 | 95  | 1115.625 |
| 148 | 786002.5 | 228937.2 | -1040.47 | 95  | 1135.474 |
| 149 | 786500.9 | 228012.8 | -1060.6  | 95  | 1155.595 |
| 150 | 787031.4 | 227088.3 | -1080.15 | 95  | 1175.154 |
| 151 | 786557.1 | 229307   | -1040.07 | 90  | 1130.068 |
| 152 | 785849.7 | 230062.7 | -1020.11 | 90  | 1110.105 |
| 153 | 785640.7 | 230231.5 | -999.874 | 90  | 1089.874 |
| 154 | 785447.8 | 230392.2 | -980.353 | 90  | 1070.353 |

|     |          |          |          |    |          |
|-----|----------|----------|----------|----|----------|
| 155 | 785118.2 | 230601.2 | -959.884 | 90 | 1049.884 |
| 156 | 784909.2 | 230754   | -959.923 | 90 | 1049.923 |
| 157 | 784555.5 | 231043.4 | -978.574 | 90 | 1068.574 |
| 158 | 784089.2 | 232168.8 | -980.446 | 90 | 1070.446 |
| 159 | 784547.4 | 232924.5 | -960.3   | 90 | 1050.3   |
| 160 | 786404.4 | 233993.6 | -959.93  | 90 | 1049.93  |
| 161 | 784193.7 | 232233.1 | -980.082 | 85 | 1065.082 |
| 162 | 784788.6 | 231155.9 | -979.132 | 85 | 1064.132 |
| 163 | 785094.1 | 230938.9 | -959.981 | 85 | 1044.981 |
| 164 | 785439.7 | 230786.1 | -960.508 | 85 | 1045.508 |
| 165 | 785697   | 230657.5 | -979.882 | 85 | 1064.882 |
| 166 | 785986.4 | 230520.9 | -999.202 | 85 | 1084.202 |
| 167 | 786476.7 | 230223.4 | -1020.36 | 85 | 1105.361 |
| 168 | 786581.3 | 230955   | -1000.04 | 80 | 1080.039 |
| 169 | 785865.8 | 231051.4 | -980.44  | 80 | 1060.44  |
| 170 | 785118.2 | 231292.6 | -979.83  | 80 | 1059.83  |
| 171 | 784394.7 | 232305.5 | -980.352 | 80 | 1060.352 |
| 172 | 787409.2 | 232811.9 | -980.122 | 80 | 1060.122 |

#### 4. számú melléklet – A 0.4 g/cm<sup>3</sup>-es sűrűséghez tartozó V és U értékek

| adatpont | EOV X    | EOV Y    | Z        | V   | U        |
|----------|----------|----------|----------|-----|----------|
| 1        | 781417.5 | 234069.5 | -980.088 | 245 | 1225.088 |
| 2        | 782123.5 | 233543.4 | -959.805 | 245 | 1204.805 |
| 3        | 782012.8 | 233308.1 | -960.005 | 245 | 1205.005 |
| 4        | 781286   | 233328.9 | -980.101 | 245 | 1225.101 |
| 5        | 781265.3 | 236208.1 | -979.962 | 235 | 1214.962 |
| 6        | 782524.9 | 234367.1 | -959.987 | 235 | 1194.987 |
| 7        | 782012.8 | 232491.4 | -960.161 | 235 | 1195.161 |
| 8        | 781431.4 | 232290.7 | -980.087 | 235 | 1215.087 |
| 9        | 781085.3 | 232166.1 | -1000.34 | 235 | 1235.337 |
| 10       | 782774.1 | 235066.1 | -959.972 | 225 | 1184.972 |
| 11       | 782441.9 | 232283.8 | -959.802 | 225 | 1184.802 |
| 12       | 781978.2 | 231986.2 | -979.871 | 225 | 1204.871 |
| 13       | 781618.2 | 231750.8 | -1000.66 | 225 | 1225.662 |
| 14       | 781389.8 | 231584.7 | -1020.26 | 225 | 1245.262 |
| 15       | 781113   | 231404.8 | -1040.27 | 225 | 1265.271 |
| 16       | 783092.5 | 236055.9 | -959.973 | 215 | 1174.973 |
| 17       | 783314   | 234782.4 | -960.064 | 215 | 1175.064 |
| 18       | 783417.8 | 234076.4 | -959.917 | 215 | 1174.917 |
| 19       | 782967.9 | 232387.6 | -960.122 | 215 | 1175.122 |
| 20       | 782372.7 | 231833.9 | -980.095 | 215 | 1195.095 |
| 21       | 782082   | 231550.1 | -1000.37 | 215 | 1215.372 |
| 22       | 781860.5 | 231328.6 | -1019.95 | 215 | 1234.953 |

|    |          |          |          |     |          |
|----|----------|----------|----------|-----|----------|
| 23 | 781645.9 | 231114.1 | -1040.59 | 215 | 1255.591 |
| 24 | 781438.3 | 230885.7 | -1060.24 | 215 | 1275.24  |
| 25 | 781196   | 230629.6 | -1080.21 | 215 | 1295.214 |
| 26 | 781196   | 229480.7 | -1140.44 | 205 | 1345.44  |
| 27 | 781389.8 | 229799   | -1120.03 | 205 | 1325.029 |
| 28 | 781556   | 230069   | -1100.3  | 205 | 1305.297 |
| 29 | 781694.4 | 230297.4 | -1080.62 | 205 | 1285.62  |
| 30 | 781867.4 | 230574.2 | -1060.22 | 205 | 1265.223 |
| 31 | 782047.4 | 230844.1 | -1040.12 | 205 | 1245.12  |
| 32 | 782213.5 | 231100.2 | -1020.7  | 205 | 1225.702 |
| 33 | 782414.2 | 231384   | -1000.4  | 205 | 1205.399 |
| 34 | 782670.3 | 231743.9 | -980.174 | 205 | 1185.174 |
| 35 | 783279.4 | 232519.1 | -960.266 | 205 | 1165.266 |
| 36 | 783666.9 | 234007.2 | -960.077 | 205 | 1165.077 |
| 37 | 783680.8 | 234872.3 | -959.957 | 205 | 1164.957 |
| 38 | 784026.9 | 234803.1 | -959.995 | 195 | 1154.995 |
| 39 | 783902.3 | 234014.1 | -959.538 | 195 | 1154.538 |
| 40 | 783466.2 | 232622.9 | -959.953 | 195 | 1154.953 |
| 41 | 782926.4 | 231695.5 | -979.542 | 195 | 1174.542 |
| 42 | 782691   | 231211   | -1000.35 | 195 | 1195.348 |
| 43 | 782531.9 | 230871.8 | -1020.56 | 195 | 1215.555 |
| 44 | 782400.3 | 230581.1 | -1040.79 | 195 | 1235.786 |
| 45 | 782303.5 | 230325   | -1059.84 | 195 | 1254.844 |
| 46 | 782199.6 | 230062   | -1080.86 | 195 | 1275.857 |
| 47 | 782033.5 | 229612.2 | -1100.28 | 195 | 1295.281 |
| 48 | 781812   | 229030.8 | -1120    | 195 | 1315.003 |
| 49 | 781632.1 | 228574   | -1140.24 | 195 | 1335.238 |
| 50 | 781479.8 | 228186.4 | -1160.12 | 195 | 1355.117 |
| 51 | 781265.3 | 227625.7 | -1180.07 | 195 | 1375.067 |
| 52 | 782158.1 | 227044.4 | -1180.05 | 185 | 1365.046 |
| 53 | 782255   | 227528.8 | -1160.11 | 185 | 1345.107 |
| 54 | 782331.1 | 227854.1 | -1140.74 | 185 | 1325.737 |
| 55 | 782400.3 | 228165.6 | -1119.77 | 185 | 1304.769 |
| 56 | 782455.7 | 228490.9 | -1099.68 | 185 | 1284.675 |
| 57 | 782559.5 | 229010   | -1079.89 | 185 | 1264.892 |
| 58 | 782642.6 | 229383.8 | -1059.56 | 185 | 1244.561 |
| 59 | 782753.3 | 230075.9 | -1039.82 | 185 | 1224.825 |
| 60 | 782836.4 | 230546.5 | -1020.16 | 185 | 1205.158 |
| 61 | 782940.2 | 230975.6 | -1000.22 | 185 | 1185.225 |
| 62 | 783147.8 | 231633.2 | -979.991 | 185 | 1164.991 |
| 63 | 783618.5 | 232678.3 | -960.192 | 185 | 1145.192 |
| 64 | 784089.1 | 233882.6 | -939.488 | 185 | 1124.488 |
| 65 | 784442.1 | 234145.6 | -939.957 | 175 | 1114.957 |
| 66 | 784172.2 | 233571.1 | -939.97  | 175 | 1114.97  |
| 67 | 783763.8 | 232740.6 | -960.006 | 175 | 1135.006 |

|     |          |          |          |     |          |
|-----|----------|----------|----------|-----|----------|
| 68  | 783369.3 | 231633.2 | -980.097 | 175 | 1155.097 |
| 69  | 783237.8 | 230421.9 | -1000.22 | 175 | 1175.22  |
| 70  | 783265.5 | 229252.2 | -1020.38 | 175 | 1195.382 |
| 71  | 783265.5 | 228830.1 | -1040.57 | 175 | 1215.572 |
| 72  | 783258.6 | 228449.4 | -1060.62 | 175 | 1235.619 |
| 73  | 783258.6 | 228144.8 | -1080.42 | 175 | 1255.415 |
| 74  | 783244.7 | 227902.6 | -1100.2  | 175 | 1275.2   |
| 75  | 783237.8 | 227695   | -1119.84 | 175 | 1294.844 |
| 76  | 783224   | 227501.2 | -1140.29 | 175 | 1315.287 |
| 77  | 783210.1 | 227252   | -1160.45 | 175 | 1335.453 |
| 78  | 784220.6 | 227286.6 | -1100.09 | 165 | 1265.092 |
| 79  | 784186   | 227598.1 | -1080.05 | 165 | 1245.054 |
| 80  | 784165.3 | 227902.6 | -1059.89 | 165 | 1224.888 |
| 81  | 784109.9 | 228255.6 | -1040.39 | 165 | 1205.389 |
| 82  | 784061.5 | 228677.8 | -1020.39 | 165 | 1185.394 |
| 83  | 783971.5 | 229196.9 | -1000.18 | 165 | 1165.177 |
| 84  | 783611.6 | 230643.4 | -980.068 | 165 | 1145.068 |
| 85  | 783556.2 | 231141.8 | -979.968 | 165 | 1144.968 |
| 86  | 783583.9 | 231792.4 | -980.046 | 165 | 1145.046 |
| 87  | 783888.4 | 232782.1 | -959.941 | 165 | 1124.941 |
| 88  | 784359.1 | 233515.8 | -940.242 | 165 | 1105.242 |
| 89  | 784719   | 234076.4 | -940.145 | 165 | 1105.145 |
| 90  | 784033.8 | 232816.7 | -960.036 | 155 | 1115.036 |
| 91  | 783777.7 | 231965.4 | -980.189 | 155 | 1135.189 |
| 92  | 783867.7 | 231044.9 | -979.863 | 155 | 1134.863 |
| 93  | 784601.3 | 229667.5 | -980.172 | 155 | 1135.172 |
| 94  | 784815.9 | 229058.5 | -999.941 | 155 | 1154.941 |
| 95  | 784933.5 | 228636.3 | -1020.08 | 155 | 1175.083 |
| 96  | 785044.3 | 228227.9 | -1040.08 | 155 | 1195.075 |
| 97  | 785168.9 | 227784.9 | -1060.57 | 155 | 1215.569 |
| 98  | 785293.4 | 227314.3 | -1080.05 | 155 | 1235.047 |
| 99  | 786207.1 | 227978.7 | -1059.99 | 145 | 1204.994 |
| 100 | 785833.3 | 228753.9 | -1040.04 | 145 | 1185.043 |
| 101 | 785418   | 229598.3 | -1020.29 | 145 | 1165.287 |
| 102 | 785279.6 | 229861.3 | -1000.65 | 145 | 1145.651 |
| 103 | 785134.3 | 230103.6 | -980.668 | 145 | 1125.668 |
| 104 | 784843.6 | 230325   | -959.976 | 145 | 1104.976 |
| 105 | 784483.7 | 230601.9 | -959.725 | 145 | 1104.725 |
| 106 | 784206.8 | 230968.7 | -979.879 | 145 | 1124.879 |
| 107 | 783930   | 232083.1 | -980.119 | 145 | 1125.119 |
| 108 | 784220.6 | 232858.2 | -960.05  | 145 | 1105.05  |
| 109 | 786393.9 | 233965.6 | -960.073 | 135 | 1095.073 |
| 110 | 784545.9 | 232927.5 | -960.188 | 135 | 1095.188 |
| 111 | 784068.4 | 232166.1 | -980.183 | 135 | 1115.183 |
| 112 | 784539   | 231058.7 | -979.73  | 135 | 1114.73  |

|     |          |          |          |     |          |
|-----|----------|----------|----------|-----|----------|
| 113 | 784898.9 | 230754.2 | -960.063 | 135 | 1095.063 |
| 114 | 785148.1 | 230601.9 | -960.128 | 135 | 1095.128 |
| 115 | 785452.6 | 230394.3 | -980.499 | 135 | 1115.499 |
| 116 | 785646.4 | 230221.2 | -1000.78 | 135 | 1135.781 |
| 117 | 785826.4 | 230048.2 | -1019.95 | 135 | 1154.947 |
| 118 | 786151.7 | 230608.8 | -1000.76 | 125 | 1125.756 |
| 119 | 785771   | 230768   | -980.077 | 125 | 1105.077 |
| 120 | 785452.6 | 230906.4 | -959.982 | 125 | 1084.982 |
| 121 | 785217.3 | 231003.3 | -959.602 | 125 | 1084.602 |
| 122 | 784871.2 | 231204.1 | -979.853 | 125 | 1104.853 |
| 123 | 784220.6 | 232242.2 | -980.174 | 125 | 1105.174 |
| 124 | 786400.9 | 232387.6 | -979.996 | 115 | 1094.996 |
| 125 | 784608.2 | 232373.7 | -980.14  | 115 | 1095.14  |

**5. számú melléklet – A 0.6 g/cm<sup>3</sup>-es sűrűséghez tartozó V és U értékek**

| adatpont | EOV X    | EOV Y    | Z        | V   | U        |
|----------|----------|----------|----------|-----|----------|
| 1        | 781268.3 | 235263.6 | -984.629 | 360 | 1344.629 |
| 2        | 781431.5 | 235066.5 | -980.105 | 360 | 1340.105 |
| 3        | 781567.4 | 234937.3 | -974.693 | 360 | 1334.693 |
| 4        | 781764.6 | 234719.7 | -970.088 | 360 | 1330.088 |
| 5        | 782063.8 | 234400.1 | -965.026 | 360 | 1325.026 |
| 6        | 782383.4 | 234053.4 | -959.858 | 360 | 1319.858 |
| 7        | 782689.3 | 233706.6 | -954.941 | 360 | 1314.941 |
| 8        | 782091   | 232781.9 | -954.759 | 360 | 1314.759 |
| 9        | 781921   | 232761.5 | -959.868 | 360 | 1319.868 |
| 10       | 781778.2 | 232727.5 | -964.829 | 360 | 1324.829 |
| 11       | 781621.8 | 232713.9 | -969.92  | 360 | 1329.92  |
| 12       | 781458.7 | 232686.7 | -975.459 | 360 | 1335.459 |
| 13       | 781336.3 | 232659.5 | -980.007 | 360 | 1340.007 |
| 14       | 781207.1 | 232625.5 | -985.287 | 360 | 1345.287 |
| 15       | 781084.7 | 232618.7 | -990.266 | 360 | 1350.266 |
| 16       | 781315.9 | 236480.7 | -980.024 | 350 | 1330.024 |
| 17       | 781533.5 | 236133.9 | -974.829 | 350 | 1324.829 |
| 18       | 781683   | 235923.2 | -969.973 | 350 | 1319.973 |
| 19       | 781785   | 235746.4 | -965.049 | 350 | 1315.049 |
| 20       | 781887   | 235576.4 | -960.091 | 350 | 1310.091 |
| 21       | 782145.4 | 235154.8 | -959.998 | 350 | 1309.998 |
| 22       | 782573.7 | 234481.7 | -959.986 | 350 | 1309.986 |
| 23       | 782968.1 | 233801.8 | -954.969 | 350 | 1304.969 |
| 24       | 782138.6 | 232462.3 | -954.858 | 350 | 1304.858 |
| 25       | 782057   | 232428.4 | -960.189 | 350 | 1310.189 |

|    |          |          |          |     |          |
|----|----------|----------|----------|-----|----------|
| 26 | 781975.4 | 232401.2 | -965.246 | 350 | 1315.246 |
| 27 | 781907.4 | 232360.4 | -969.744 | 350 | 1319.744 |
| 28 | 781594.6 | 232244.8 | -974.976 | 350 | 1324.976 |
| 29 | 781465.5 | 232190.4 | -979.569 | 350 | 1329.569 |
| 30 | 781383.9 | 232163.2 | -985.031 | 350 | 1335.031 |
| 31 | 781091.5 | 232040.8 | -1004.96 | 350 | 1354.956 |
| 32 | 781132.3 | 231544.5 | -1029.98 | 340 | 1369.978 |
| 33 | 781349.9 | 231687.2 | -1014.88 | 340 | 1354.88  |
| 34 | 781533.5 | 231802.8 | -1000.14 | 340 | 1340.14  |
| 35 | 781751   | 231932   | -985.133 | 340 | 1325.133 |
| 36 | 782016.2 | 232088.4 | -975.104 | 340 | 1315.104 |
| 37 | 782138.6 | 232149.6 | -969.679 | 340 | 1309.679 |
| 38 | 782227   | 232204   | -965.226 | 340 | 1305.226 |
| 39 | 782356.2 | 232285.6 | -959.831 | 340 | 1299.831 |
| 40 | 783029.3 | 232673.1 | -955.103 | 340 | 1295.103 |
| 41 | 783172.1 | 233808.6 | -955.059 | 340 | 1295.059 |
| 42 | 782723.3 | 234978.1 | -959.991 | 340 | 1299.991 |
| 43 | 782512.5 | 235460.8 | -964.973 | 340 | 1304.973 |
| 44 | 782417.4 | 235658   | -970.11  | 340 | 1310.11  |
| 45 | 781853   | 236997.4 | -974.898 | 340 | 1314.898 |
| 46 | 782791.3 | 235943.6 | -965.003 | 330 | 1295.003 |
| 47 | 782920.5 | 235488   | -960.078 | 330 | 1290.078 |
| 48 | 783138.1 | 234685.7 | -960.049 | 330 | 1290.049 |
| 49 | 783260.5 | 234189.4 | -959.96  | 330 | 1289.96  |
| 50 | 783348.8 | 233788.2 | -954.895 | 330 | 1284.895 |
| 51 | 783267.3 | 232788.7 | -955.13  | 330 | 1285.13  |
| 52 | 782730.1 | 232306   | -960.345 | 330 | 1290.345 |
| 53 | 782512.5 | 232149.6 | -965.093 | 330 | 1295.093 |
| 54 | 782288.2 | 231979.6 | -974.61  | 330 | 1304.61  |
| 55 | 782186.2 | 231898   | -980.132 | 330 | 1310.132 |
| 56 | 781819   | 231598.8 | -1004.66 | 330 | 1334.664 |
| 57 | 781479.1 | 231313.3 | -1035.64 | 330 | 1365.643 |
| 58 | 781173.1 | 231054.9 | -1060.26 | 330 | 1390.263 |
| 59 | 781057.5 | 230313.8 | -1100.12 | 320 | 1420.12  |
| 60 | 781166.3 | 230449.8 | -1090.24 | 320 | 1410.242 |
| 61 | 781349.9 | 230647   | -1074.76 | 320 | 1394.755 |
| 62 | 781506.3 | 230837.3 | -1060.17 | 320 | 1380.167 |
| 63 | 781676.2 | 231014.1 | -1044.8  | 320 | 1364.797 |
| 64 | 781866.6 | 231238.5 | -1025.03 | 320 | 1345.031 |
| 65 | 782084.2 | 231469.7 | -1004.79 | 320 | 1324.79  |
| 66 | 782349.4 | 231728   | -985.41  | 320 | 1305.41  |
| 67 | 782621.3 | 232020.4 | -969.852 | 320 | 1289.852 |
| 68 | 782764.1 | 232156.4 | -965.071 | 320 | 1285.071 |
| 69 | 783042.9 | 232421.6 | -960.03  | 320 | 1280.03  |
| 70 | 783382.8 | 232843.1 | -955.056 | 320 | 1275.056 |

|     |          |          |          |     |          |
|-----|----------|----------|----------|-----|----------|
| 71  | 783498.4 | 233808.6 | -955.155 | 320 | 1275.155 |
| 72  | 783464.4 | 234053.4 | -959.907 | 320 | 1279.907 |
| 73  | 783382.8 | 234801.3 | -960.114 | 320 | 1280.114 |
| 74  | 783308.1 | 235311.2 | -954.944 | 320 | 1274.944 |
| 75  | 783246.9 | 235685.2 | -954.991 | 320 | 1274.991 |
| 76  | 783165.3 | 236276.7 | -959.954 | 320 | 1279.954 |
| 77  | 783573.2 | 236188.3 | -954.922 | 310 | 1264.922 |
| 78  | 783614   | 235195.6 | -954.977 | 310 | 1264.977 |
| 79  | 783627.6 | 234862.5 | -960.029 | 310 | 1270.029 |
| 80  | 783634.4 | 234481.7 | -965.085 | 310 | 1275.085 |
| 81  | 783627.6 | 234257.3 | -965.079 | 310 | 1275.079 |
| 82  | 783634.4 | 234005.8 | -959.911 | 310 | 1269.911 |
| 83  | 783620.8 | 233835.8 | -955.254 | 310 | 1265.254 |
| 84  | 783464.4 | 232870.3 | -955.14  | 310 | 1265.14  |
| 85  | 783240.1 | 232516.7 | -959.919 | 310 | 1269.919 |
| 86  | 782981.7 | 232197.2 | -965.037 | 310 | 1275.037 |
| 87  | 782845.7 | 232020.4 | -969.621 | 310 | 1279.621 |
| 88  | 782723.3 | 231870.8 | -974.986 | 310 | 1284.986 |
| 89  | 782492.1 | 231571.6 | -990.016 | 310 | 1300.016 |
| 90  | 782267.8 | 231279.3 | -1009.67 | 310 | 1319.669 |
| 91  | 782023   | 230952.9 | -1035.2  | 310 | 1345.198 |
| 92  | 781723.8 | 230477   | -1069.88 | 310 | 1379.879 |
| 93  | 781499.5 | 230177.8 | -1095.38 | 310 | 1405.376 |
| 94  | 781336.3 | 229919.4 | -1115.07 | 310 | 1425.074 |
| 95  | 781193.5 | 229688.3 | -1130.65 | 310 | 1440.649 |
| 96  | 781030.3 | 229443.5 | -1145.63 | 310 | 1455.628 |
| 97  | 781105.1 | 228430.4 | -1165.04 | 300 | 1465.04  |
| 98  | 781166.3 | 228566.4 | -1160.08 | 300 | 1460.078 |
| 99  | 781302.3 | 228838.4 | -1149.82 | 300 | 1449.819 |
| 100 | 781424.7 | 229096.7 | -1140.33 | 300 | 1440.333 |
| 101 | 781594.6 | 229436.7 | -1125.81 | 300 | 1425.813 |
| 102 | 781805.4 | 229865   | -1105.32 | 300 | 1405.316 |
| 103 | 781995.8 | 230266.2 | -1074.44 | 300 | 1374.442 |
| 104 | 782125   | 230524.6 | -1054.79 | 300 | 1354.792 |
| 105 | 782267.8 | 230782.9 | -1035.39 | 300 | 1335.386 |
| 106 | 782383.4 | 231000.5 | -1019.92 | 300 | 1319.917 |
| 107 | 782512.5 | 231231.7 | -1004.71 | 300 | 1304.713 |
| 108 | 782614.5 | 231401.7 | -994.705 | 300 | 1294.705 |
| 109 | 782668.9 | 231483.3 | -990.284 | 300 | 1290.284 |
| 110 | 782736.9 | 231592   | -985.01  | 300 | 1285.01  |
| 111 | 782804.9 | 231714.4 | -979.921 | 300 | 1279.921 |
| 112 | 782906.9 | 231850.4 | -974.939 | 300 | 1274.939 |
| 113 | 783015.7 | 232034   | -969.692 | 300 | 1269.692 |
| 114 | 783151.7 | 232251.6 | -965.028 | 300 | 1265.028 |
| 115 | 783389.6 | 232584.7 | -960     | 300 | 1260     |

|     |          |          |          |     |          |
|-----|----------|----------|----------|-----|----------|
| 116 | 783552.8 | 232917.9 | -954.867 | 300 | 1254.867 |
| 117 | 783682   | 233319   | -949.99  | 300 | 1249.99  |
| 118 | 783736.4 | 233645.4 | -949.954 | 300 | 1249.954 |
| 119 | 783763.6 | 233876.6 | -954.859 | 300 | 1254.859 |
| 120 | 783784   | 233999   | -959.821 | 300 | 1259.821 |
| 121 | 783790.8 | 234121.4 | -965.051 | 300 | 1265.051 |
| 122 | 783838.4 | 234590.5 | -964.998 | 300 | 1264.998 |
| 123 | 783858.8 | 234862.5 | -960.004 | 300 | 1260.004 |
| 124 | 783879.2 | 235182   | -955.091 | 300 | 1255.091 |
| 125 | 783994.8 | 236718.7 | -954.963 | 300 | 1254.963 |
| 126 | 784144.4 | 235114   | -955.067 | 290 | 1245.067 |
| 127 | 784076.4 | 234767.3 | -960.019 | 290 | 1250.019 |
| 128 | 784035.6 | 234508.9 | -965.156 | 290 | 1255.156 |
| 129 | 784001.6 | 234332.1 | -970.136 | 290 | 1260.136 |
| 130 | 783967.6 | 234155.4 | -970.33  | 290 | 1260.33  |
| 131 | 783954   | 234094.2 | -965.052 | 290 | 1255.052 |
| 132 | 783933.6 | 234033   | -960.187 | 290 | 1250.187 |
| 133 | 783920   | 233958.2 | -954.84  | 290 | 1244.84  |
| 134 | 783899.6 | 233842.6 | -950.101 | 290 | 1240.101 |
| 135 | 783763.6 | 233278.3 | -949.886 | 290 | 1239.886 |
| 136 | 783641.2 | 232931.5 | -955.077 | 290 | 1245.077 |
| 137 | 783498.4 | 232625.5 | -960.211 | 290 | 1250.211 |
| 138 | 783328.4 | 232319.6 | -965.259 | 290 | 1255.259 |
| 139 | 783172.1 | 232068   | -969.774 | 290 | 1259.774 |
| 140 | 783056.5 | 231850.4 | -974.833 | 290 | 1264.833 |
| 141 | 782968.1 | 231673.6 | -979.914 | 290 | 1269.914 |
| 142 | 782893.3 | 231530.9 | -984.867 | 290 | 1274.867 |
| 143 | 782825.3 | 231408.5 | -989.89  | 290 | 1279.89  |
| 144 | 782736.9 | 231184.1 | -1000.01 | 290 | 1290.013 |
| 145 | 782621.3 | 230912.1 | -1015.15 | 290 | 1305.147 |
| 146 | 782492.1 | 230599.4 | -1035.63 | 290 | 1325.626 |
| 147 | 782397   | 230320.6 | -1055.37 | 290 | 1345.368 |
| 148 | 782329   | 230130.2 | -1070.27 | 290 | 1360.267 |
| 149 | 782240.6 | 229865   | -1084.58 | 290 | 1374.582 |
| 150 | 782063.8 | 229375.5 | -1100.04 | 290 | 1390.038 |
| 151 | 781961.8 | 229076.3 | -1110.12 | 290 | 1400.122 |
| 152 | 781866.6 | 228804.4 | -1120.43 | 290 | 1410.431 |
| 153 | 781791.8 | 228586.8 | -1130.48 | 290 | 1420.475 |
| 154 | 781669.4 | 228240   | -1150.13 | 290 | 1440.129 |
| 155 | 781560.6 | 227934.1 | -1164.84 | 290 | 1454.844 |
| 156 | 781472.3 | 227668.9 | -1174.64 | 290 | 1464.64  |
| 157 | 781397.5 | 227498.9 | -1180.04 | 290 | 1470.036 |
| 158 | 781329.5 | 227315.3 | -1184.7  | 290 | 1474.698 |
| 159 | 782036.6 | 227240.5 | -1175.51 | 280 | 1455.514 |
| 160 | 782063.8 | 227383.3 | -1170.09 | 280 | 1450.087 |

|     |          |          |          |     |          |
|-----|----------|----------|----------|-----|----------|
| 161 | 782111.4 | 227607.7 | -1159.86 | 280 | 1439.859 |
| 162 | 782186.2 | 227872.9 | -1144.7  | 280 | 1424.699 |
| 163 | 782254.2 | 228178.8 | -1125.5  | 280 | 1405.502 |
| 164 | 782356.2 | 228593.6 | -1099.91 | 280 | 1379.906 |
| 165 | 782444.5 | 229008.3 | -1084.75 | 280 | 1364.749 |
| 166 | 782505.7 | 229321.1 | -1070.29 | 280 | 1350.293 |
| 167 | 782573.7 | 229674.7 | -1060.03 | 280 | 1340.026 |
| 168 | 782648.5 | 229987.4 | -1049.96 | 280 | 1329.96  |
| 169 | 782723.3 | 230334.2 | -1034.77 | 280 | 1314.771 |
| 170 | 782811.7 | 230708.1 | -1015.2  | 280 | 1295.196 |
| 171 | 782900.1 | 231027.7 | -1000.08 | 280 | 1280.078 |
| 172 | 782981.7 | 231299.7 | -989.84  | 280 | 1269.84  |
| 173 | 783042.9 | 231449.3 | -985.001 | 280 | 1265.001 |
| 174 | 783117.7 | 231646.4 | -979.795 | 280 | 1259.795 |
| 175 | 783206.1 | 231864   | -974.919 | 280 | 1254.919 |
| 176 | 783328.4 | 232115.6 | -970.081 | 280 | 1250.081 |
| 177 | 783457.6 | 232387.6 | -965.19  | 280 | 1245.19  |
| 178 | 783593.6 | 232673.1 | -960.074 | 280 | 1240.074 |
| 179 | 783729.6 | 232951.9 | -955.069 | 280 | 1235.069 |
| 180 | 783838.4 | 233237.5 | -950.054 | 280 | 1230.054 |
| 181 | 783947.2 | 233550.2 | -945.154 | 280 | 1225.154 |
| 182 | 784076.4 | 233978.6 | -945.137 | 280 | 1225.137 |
| 183 | 784096.8 | 234033   | -949.449 | 280 | 1229.449 |
| 184 | 784103.6 | 234094.2 | -956.501 | 280 | 1236.501 |
| 185 | 784212.3 | 234434.1 | -960.127 | 280 | 1240.127 |
| 186 | 784348.3 | 234889.7 | -955.008 | 280 | 1235.008 |
| 187 | 784375.5 | 234318.5 | -949.801 | 270 | 1219.801 |
| 188 | 784327.9 | 234175.8 | -944.383 | 270 | 1214.383 |
| 189 | 784293.9 | 234121.4 | -940.261 | 270 | 1210.261 |
| 190 | 784280.3 | 234060.2 | -934.189 | 270 | 1204.189 |
| 191 | 784253.1 | 233985.4 | -929.239 | 270 | 1199.239 |
| 192 | 784212.3 | 233910.6 | -930.069 | 270 | 1200.069 |
| 193 | 784171.6 | 233788.2 | -934.698 | 270 | 1204.698 |
| 194 | 784103.6 | 233652.2 | -939.857 | 270 | 1209.857 |
| 195 | 784028.8 | 233455   | -944.788 | 270 | 1214.788 |
| 196 | 783920   | 233223.9 | -949.919 | 270 | 1219.919 |
| 197 | 783804.4 | 232972.3 | -954.938 | 270 | 1224.938 |
| 198 | 783688.8 | 232713.9 | -960.011 | 270 | 1230.011 |
| 199 | 783573.2 | 232455.5 | -964.962 | 270 | 1234.962 |
| 200 | 783457.6 | 232183.6 | -970.046 | 270 | 1240.046 |
| 201 | 783355.6 | 231904.8 | -975.126 | 270 | 1245.126 |
| 202 | 783260.5 | 231619.2 | -980.057 | 270 | 1250.057 |
| 203 | 783192.5 | 231354.1 | -984.736 | 270 | 1254.736 |
| 204 | 783138.1 | 231109.3 | -990.074 | 270 | 1260.074 |
| 205 | 783097.3 | 230946.1 | -994.962 | 270 | 1264.962 |

|     |          |          |          |     |          |
|-----|----------|----------|----------|-----|----------|
| 206 | 783076.9 | 230776.1 | -1000.16 | 270 | 1270.156 |
| 207 | 783042.9 | 230477   | -1010.17 | 270 | 1280.169 |
| 208 | 782995.3 | 230150.6 | -1020.63 | 270 | 1290.63  |
| 209 | 782988.5 | 229899   | -1024.83 | 270 | 1294.834 |
| 210 | 782961.3 | 229552.3 | -1030.07 | 270 | 1300.07  |
| 211 | 782920.5 | 229062.7 | -1050.53 | 270 | 1320.532 |
| 212 | 782879.7 | 228648   | -1069.4  | 270 | 1339.395 |
| 213 | 782845.7 | 228280.8 | -1090.76 | 270 | 1360.763 |
| 214 | 782811.7 | 227974.9 | -1114.69 | 270 | 1384.691 |
| 215 | 782764.1 | 227668.9 | -1139.63 | 270 | 1409.635 |
| 216 | 782716.5 | 227294.9 | -1165.34 | 270 | 1435.339 |
| 217 | 783376   | 227281.3 | -1150.55 | 260 | 1410.551 |
| 218 | 783389.6 | 227655.3 | -1114.72 | 260 | 1374.717 |
| 219 | 783389.6 | 228042.9 | -1080.73 | 260 | 1340.734 |
| 220 | 783396.4 | 228355.6 | -1059.89 | 260 | 1319.887 |
| 221 | 783396.4 | 228811.2 | -1035.52 | 260 | 1295.519 |
| 222 | 783382.8 | 229035.5 | -1025.29 | 260 | 1285.291 |
| 223 | 783376   | 229416.3 | -1009.91 | 260 | 1269.91  |
| 224 | 783362.4 | 229654.3 | -1004.77 | 260 | 1264.771 |
| 225 | 783321.6 | 230137   | -1000.29 | 260 | 1260.291 |
| 226 | 783308.1 | 230497.4 | -995.035 | 260 | 1255.035 |
| 227 | 783314.8 | 230748.9 | -989.944 | 260 | 1249.944 |
| 228 | 783321.6 | 231068.5 | -985.164 | 260 | 1245.164 |
| 229 | 783410   | 231653.2 | -980.024 | 260 | 1240.024 |
| 230 | 783505.2 | 231986.4 | -975.163 | 260 | 1235.163 |
| 231 | 783573.2 | 232244.8 | -970.145 | 260 | 1230.145 |
| 232 | 783661.6 | 232496.3 | -965.029 | 260 | 1225.029 |
| 233 | 783777.2 | 232741.1 | -960.103 | 260 | 1220.103 |
| 234 | 783892.8 | 232979.1 | -955.076 | 260 | 1215.076 |
| 235 | 784008.4 | 233203.5 | -949.988 | 260 | 1209.988 |
| 236 | 784103.6 | 233393.8 | -945.091 | 260 | 1205.091 |
| 237 | 784198.7 | 233550.2 | -940.128 | 260 | 1200.128 |
| 238 | 784273.5 | 233693   | -935.015 | 260 | 1195.015 |
| 239 | 784429.9 | 234026.2 | -934.267 | 260 | 1194.267 |
| 240 | 784504.7 | 234148.6 | -939.981 | 260 | 1199.981 |
| 241 | 784579.5 | 234298.1 | -944.761 | 260 | 1204.761 |
| 242 | 784892.3 | 234930.5 | -949.983 | 260 | 1209.983 |
| 243 | 785327.4 | 235100.4 | -949.993 | 250 | 1199.993 |
| 244 | 784831.1 | 234338.9 | -945.083 | 250 | 1195.083 |
| 245 | 784674.7 | 234094.2 | -939.862 | 250 | 1189.862 |
| 246 | 784545.5 | 233890.2 | -934.839 | 250 | 1184.839 |
| 247 | 784443.5 | 233713.4 | -935.102 | 250 | 1185.102 |
| 248 | 784307.5 | 233523   | -940.071 | 250 | 1190.071 |
| 249 | 784219.1 | 233366.6 | -944.977 | 250 | 1194.977 |
| 250 | 784110.4 | 233183.1 | -950.234 | 250 | 1200.234 |

|     |          |          |          |     |          |
|-----|----------|----------|----------|-----|----------|
| 251 | 783981.2 | 232999.5 | -954.843 | 250 | 1204.843 |
| 252 | 783872.4 | 232768.3 | -960.174 | 250 | 1210.174 |
| 253 | 783750   | 232543.9 | -964.845 | 250 | 1214.845 |
| 254 | 783668.4 | 232292.4 | -970.312 | 250 | 1220.312 |
| 255 | 783607.2 | 232061.2 | -975.035 | 250 | 1225.035 |
| 256 | 783559.6 | 231762   | -980.189 | 250 | 1230.189 |
| 257 | 783512   | 231082.1 | -980.017 | 250 | 1230.017 |
| 258 | 783518.8 | 230905.3 | -979.958 | 250 | 1229.958 |
| 259 | 783661.6 | 230041.8 | -985.006 | 250 | 1235.006 |
| 260 | 783763.6 | 229640.7 | -989.843 | 250 | 1239.843 |
| 261 | 783831.6 | 229273.5 | -1000.44 | 250 | 1250.439 |
| 262 | 783906.4 | 228872.4 | -1015.27 | 250 | 1265.266 |
| 263 | 783933.6 | 228641.2 | -1025.21 | 250 | 1275.207 |
| 264 | 783954   | 228423.6 | -1035.31 | 250 | 1285.307 |
| 265 | 783988   | 228117.6 | -1050.42 | 250 | 1300.42  |
| 266 | 784008.4 | 227866.1 | -1064.84 | 250 | 1314.842 |
| 267 | 784028.8 | 227648.5 | -1080.19 | 250 | 1330.186 |
| 268 | 784042.4 | 227444.5 | -1095.54 | 250 | 1345.541 |
| 269 | 784049.2 | 227301.7 | -1105.57 | 250 | 1355.571 |
| 270 | 784069.6 | 227043.4 | -1120.23 | 250 | 1370.227 |
| 271 | 784769.9 | 227111.4 | -1095.46 | 240 | 1335.462 |
| 272 | 784729.1 | 227328.9 | -1085.53 | 240 | 1325.529 |
| 273 | 784695.1 | 227532.9 | -1075.23 | 240 | 1315.232 |
| 274 | 784647.5 | 227811.7 | -1060.23 | 240 | 1300.233 |
| 275 | 784586.3 | 228178.8 | -1039.99 | 240 | 1279.986 |
| 276 | 784531.9 | 228450.8 | -1025.45 | 240 | 1265.449 |
| 277 | 784484.3 | 228682   | -1014.6  | 240 | 1254.601 |
| 278 | 784436.7 | 228920   | -1004.79 | 240 | 1244.788 |
| 279 | 784307.5 | 229341.5 | -990.099 | 240 | 1230.099 |
| 280 | 784212.3 | 229654.3 | -979.804 | 240 | 1219.804 |
| 281 | 784151.2 | 229831   | -974.673 | 240 | 1214.673 |
| 282 | 783811.2 | 230626.6 | -974.811 | 240 | 1214.811 |
| 283 | 783682   | 231170.5 | -980.21  | 240 | 1220.21  |
| 284 | 783695.6 | 231891.2 | -980.192 | 240 | 1220.192 |
| 285 | 783716   | 232136   | -975.006 | 240 | 1215.006 |
| 286 | 783770.4 | 232353.6 | -970.174 | 240 | 1210.174 |
| 287 | 783845.2 | 232571.1 | -965.199 | 240 | 1205.199 |
| 288 | 783954   | 232802.3 | -959.882 | 240 | 1199.882 |
| 289 | 784083.2 | 233013.1 | -954.766 | 240 | 1194.766 |
| 290 | 784225.9 | 233189.9 | -950.014 | 240 | 1190.014 |
| 291 | 784334.7 | 233359.8 | -945.01  | 240 | 1185.01  |
| 292 | 784484.3 | 233543.4 | -940.122 | 240 | 1180.122 |
| 293 | 784776.7 | 233917.4 | -940.051 | 240 | 1180.051 |
| 294 | 785001.1 | 234223.3 | -944.919 | 240 | 1184.919 |
| 295 | 785490.6 | 234828.5 | -949.979 | 240 | 1189.979 |

|     |          |          |          |     |          |
|-----|----------|----------|----------|-----|----------|
| 296 | 785545   | 234461.3 | -950.029 | 230 | 1180.029 |
| 297 | 785062.3 | 233958.2 | -944.987 | 230 | 1174.987 |
| 298 | 784531.9 | 233407.4 | -944.64  | 230 | 1174.64  |
| 299 | 784355.1 | 233203.5 | -949.891 | 230 | 1179.891 |
| 300 | 784205.5 | 233013.1 | -955.197 | 230 | 1185.197 |
| 301 | 784069.6 | 232822.7 | -960.107 | 230 | 1190.107 |
| 302 | 783940.4 | 232611.9 | -965.091 | 230 | 1195.091 |
| 303 | 783872.4 | 232408   | -970.094 | 230 | 1200.094 |
| 304 | 783818   | 232210.8 | -974.74  | 230 | 1204.74  |
| 305 | 783797.6 | 231979.6 | -980.225 | 230 | 1210.225 |
| 306 | 783797.6 | 231734.8 | -985.057 | 230 | 1215.057 |
| 307 | 783865.6 | 231211.3 | -984.935 | 230 | 1214.935 |
| 308 | 783920   | 231020.9 | -980.128 | 230 | 1210.128 |
| 309 | 783988   | 230823.7 | -974.959 | 230 | 1204.959 |
| 310 | 784069.6 | 230640.2 | -969.724 | 230 | 1199.724 |
| 311 | 784158   | 230490.6 | -965.11  | 230 | 1195.11  |
| 312 | 784307.5 | 230266.2 | -959.835 | 230 | 1189.835 |
| 313 | 784395.9 | 230157.4 | -959.894 | 230 | 1189.894 |
| 314 | 784531.9 | 230014.6 | -964.729 | 230 | 1194.729 |
| 315 | 784599.9 | 229919.4 | -969.745 | 230 | 1199.745 |
| 316 | 784654.3 | 229817.4 | -975.213 | 230 | 1205.213 |
| 317 | 784729.1 | 229742.7 | -980.317 | 230 | 1210.317 |
| 318 | 784756.3 | 229661.1 | -984.202 | 230 | 1214.202 |
| 319 | 784810.7 | 229525.1 | -990.642 | 230 | 1220.642 |
| 320 | 784871.9 | 229327.9 | -996.79  | 230 | 1226.79  |
| 321 | 784926.3 | 229123.9 | -999.644 | 230 | 1229.644 |
| 322 | 785021.5 | 228913.2 | -1010.23 | 230 | 1240.228 |
| 323 | 785075.8 | 228716   | -1019.97 | 230 | 1249.968 |
| 324 | 785137   | 228484.8 | -1030.64 | 230 | 1260.641 |
| 325 | 785205   | 228274   | -1040.24 | 230 | 1270.238 |
| 326 | 785232.2 | 228151.6 | -1045.5  | 230 | 1275.497 |
| 327 | 785300.2 | 227920.5 | -1055.41 | 230 | 1285.406 |
| 328 | 785375   | 227682.5 | -1065.15 | 230 | 1295.146 |
| 329 | 785456.6 | 227417.3 | -1075.25 | 230 | 1305.252 |
| 330 | 785490.6 | 227274.5 | -1080.38 | 230 | 1310.385 |
| 331 | 785551.8 | 227138.6 | -1084.85 | 230 | 1314.848 |
| 332 | 786381.3 | 227179.3 | -1080.08 | 220 | 1300.084 |
| 333 | 786265.7 | 227390.1 | -1074.9  | 220 | 1294.904 |
| 334 | 786184.1 | 227566.9 | -1070.26 | 220 | 1290.262 |
| 335 | 786109.3 | 227764.1 | -1064.89 | 220 | 1284.892 |
| 336 | 786034.5 | 227934.1 | -1060.09 | 220 | 1280.087 |
| 337 | 785946.2 | 228104   | -1055.05 | 220 | 1275.049 |
| 338 | 785885   | 228274   | -1050.22 | 220 | 1270.224 |
| 339 | 785810.2 | 228450.8 | -1045.15 | 220 | 1265.152 |
| 340 | 785728.6 | 228634.4 | -1039.98 | 220 | 1259.982 |

|     |          |          |          |     |          |
|-----|----------|----------|----------|-----|----------|
| 341 | 785647   | 228811.2 | -1035.21 | 220 | 1255.21  |
| 342 | 785538.2 | 229042.3 | -1029.9  | 220 | 1249.903 |
| 343 | 785368.2 | 229436.7 | -1025.14 | 220 | 1245.143 |
| 344 | 785334.2 | 229531.9 | -1020.26 | 220 | 1240.259 |
| 345 | 785232.2 | 229722.3 | -1005.2  | 220 | 1225.203 |
| 346 | 785177.8 | 229865   | -995.028 | 220 | 1215.028 |
| 347 | 785143.8 | 229933   | -989.784 | 220 | 1209.784 |
| 348 | 785109.8 | 230007.8 | -984.287 | 220 | 1204.287 |
| 349 | 785089.4 | 230069   | -980.254 | 220 | 1200.254 |
| 350 | 785028.3 | 230123.4 | -974.794 | 220 | 1194.794 |
| 351 | 784878.7 | 230205   | -965.141 | 220 | 1185.141 |
| 352 | 784797.1 | 230259.4 | -960.255 | 220 | 1180.255 |
| 353 | 784695.1 | 230334.2 | -954.725 | 220 | 1174.725 |
| 354 | 784525.1 | 230470.2 | -954.817 | 220 | 1174.817 |
| 355 | 784423.1 | 230572.2 | -959.924 | 220 | 1179.924 |
| 356 | 784348.3 | 230667.4 | -964.817 | 220 | 1184.817 |
| 357 | 784273.5 | 230762.5 | -969.872 | 220 | 1189.872 |
| 358 | 784225.9 | 230857.7 | -974.489 | 220 | 1194.489 |
| 359 | 784178.4 | 230966.5 | -979.933 | 220 | 1199.933 |
| 360 | 784110.4 | 231075.3 | -985.108 | 220 | 1205.108 |
| 361 | 784056   | 231197.7 | -990.119 | 220 | 1210.119 |
| 362 | 783947.2 | 231626   | -990.367 | 220 | 1210.367 |
| 363 | 783913.2 | 231870.8 | -985.069 | 220 | 1205.069 |
| 364 | 783906.4 | 232068   | -980.093 | 220 | 1200.093 |
| 365 | 783906.4 | 232251.6 | -975.044 | 220 | 1195.044 |
| 366 | 783947.2 | 232441.9 | -970.115 | 220 | 1190.115 |
| 367 | 784028.8 | 232645.9 | -964.992 | 220 | 1184.992 |
| 368 | 784178.4 | 232849.9 | -960.021 | 220 | 1180.021 |
| 369 | 784355.1 | 233040.3 | -955.07  | 220 | 1175.07  |
| 370 | 784579.5 | 233237.5 | -950.307 | 220 | 1170.307 |
| 371 | 785449.8 | 234019.4 | -950.09  | 220 | 1170.09  |
| 372 | 786313.3 | 234712.9 | -955.06  | 220 | 1175.06  |
| 373 | 785878.2 | 233985.4 | -955.09  | 210 | 1165.09  |
| 374 | 784586.3 | 233094.7 | -954.96  | 210 | 1164.96  |
| 375 | 784348.3 | 232877.1 | -960.347 | 210 | 1170.347 |
| 376 | 784137.6 | 232673.1 | -965.213 | 210 | 1175.213 |
| 377 | 784028.8 | 232475.9 | -970.144 | 210 | 1180.144 |
| 378 | 783994.8 | 232292.4 | -975.23  | 210 | 1185.23  |
| 379 | 784001.6 | 232142.8 | -979.736 | 210 | 1189.736 |
| 380 | 784022   | 231952.4 | -985.368 | 210 | 1195.368 |
| 381 | 784049.2 | 231775.6 | -990.201 | 210 | 1200.201 |
| 382 | 784096.8 | 231571.6 | -995.215 | 210 | 1205.215 |
| 383 | 784232.7 | 231238.5 | -994.646 | 210 | 1204.646 |
| 384 | 784273.5 | 231170.5 | -990.502 | 210 | 1200.502 |
| 385 | 784327.9 | 231082.1 | -984.847 | 210 | 1194.847 |

|     |          |          |          |     |          |
|-----|----------|----------|----------|-----|----------|
| 386 | 784382.3 | 231000.5 | -979.64  | 210 | 1189.64  |
| 387 | 784423.1 | 230932.5 | -975.319 | 210 | 1185.319 |
| 388 | 784511.5 | 230850.9 | -969.7   | 210 | 1179.7   |
| 389 | 784586.3 | 230776.1 | -965.065 | 210 | 1175.065 |
| 390 | 784695.1 | 230667.4 | -959.77  | 210 | 1169.77  |
| 391 | 784953.5 | 230490.6 | -959.887 | 210 | 1169.887 |
| 392 | 785082.6 | 230415.8 | -964.891 | 210 | 1174.891 |
| 393 | 785177.8 | 230361.4 | -970.289 | 210 | 1180.289 |
| 394 | 785218.6 | 230300.2 | -974.813 | 210 | 1184.813 |
| 395 | 785341   | 230198.2 | -985.87  | 210 | 1195.87  |
| 396 | 785422.6 | 230109.8 | -995.019 | 210 | 1205.019 |
| 397 | 785504.2 | 230001   | -1005.26 | 210 | 1215.264 |
| 398 | 785592.6 | 229892.2 | -1015.05 | 210 | 1225.051 |
| 399 | 785640.2 | 229817.4 | -1020.25 | 210 | 1230.247 |
| 400 | 785708.2 | 229742.7 | -1025.13 | 210 | 1235.127 |
| 401 | 785789.8 | 229620.3 | -1029.97 | 210 | 1239.968 |
| 402 | 785939.4 | 229402.7 | -1035.22 | 210 | 1245.223 |
| 403 | 786122.9 | 229123.9 | -1039.94 | 210 | 1249.94  |
| 404 | 786320.1 | 228845.2 | -1044.97 | 210 | 1254.974 |
| 405 | 786462.9 | 229627.1 | -1035.14 | 200 | 1235.135 |
| 406 | 786177.3 | 229885.4 | -1030.18 | 200 | 1230.181 |
| 407 | 786000.5 | 230048.6 | -1025.32 | 200 | 1225.318 |
| 408 | 785919   | 230116.6 | -1020.36 | 200 | 1220.362 |
| 409 | 785864.6 | 230157.4 | -1015.56 | 200 | 1215.564 |
| 410 | 785810.2 | 230205   | -1010.18 | 200 | 1210.18  |
| 411 | 785769.4 | 230252.6 | -1005.26 | 200 | 1205.261 |
| 412 | 785715   | 230286.6 | -1000.49 | 200 | 1200.49  |
| 413 | 785653.8 | 230327.4 | -994.84  | 200 | 1194.84  |
| 414 | 785551.8 | 230409   | -984.729 | 200 | 1184.729 |
| 415 | 785449.8 | 230483.8 | -975.367 | 200 | 1175.367 |
| 416 | 785320.6 | 230558.6 | -965.946 | 200 | 1165.946 |
| 417 | 785218.6 | 230633.4 | -959.955 | 200 | 1159.955 |
| 418 | 784946.7 | 230796.5 | -960.237 | 200 | 1160.237 |
| 419 | 784837.9 | 230878.1 | -964.737 | 200 | 1164.737 |
| 420 | 784735.9 | 230946.1 | -969.738 | 200 | 1169.738 |
| 421 | 784661.1 | 230993.7 | -973.747 | 200 | 1173.747 |
| 422 | 784606.7 | 231075.3 | -979.131 | 200 | 1179.131 |
| 423 | 784518.3 | 231156.9 | -985.341 | 200 | 1185.341 |
| 424 | 784463.9 | 231204.5 | -988.903 | 200 | 1188.903 |
| 425 | 784416.3 | 231306.5 | -994.432 | 200 | 1194.432 |
| 426 | 784198.7 | 231687.2 | -995.247 | 200 | 1195.247 |
| 427 | 784158   | 231870.8 | -990.153 | 200 | 1190.153 |
| 428 | 784130.8 | 232027.2 | -985.341 | 200 | 1185.341 |
| 429 | 784096.8 | 232183.6 | -980.119 | 200 | 1180.119 |
| 430 | 784090   | 232346.8 | -974.969 | 200 | 1174.969 |

|     |          |          |          |     |          |
|-----|----------|----------|----------|-----|----------|
| 431 | 784124   | 232503.1 | -970.457 | 200 | 1170.457 |
| 432 | 784321.1 | 232727.5 | -965.109 | 200 | 1165.109 |
| 433 | 784640.7 | 232951.9 | -960.164 | 200 | 1160.164 |
| 434 | 786204.5 | 233781.4 | -960.105 | 200 | 1160.105 |
| 435 | 786252.1 | 233387   | -965.127 | 190 | 1155.127 |
| 436 | 784708.7 | 232822.7 | -965.126 | 190 | 1155.126 |
| 437 | 784246.3 | 232557.5 | -970.067 | 190 | 1160.067 |
| 438 | 784171.6 | 232374   | -975.221 | 190 | 1165.221 |
| 439 | 784198.7 | 232238   | -979.997 | 190 | 1169.997 |
| 440 | 784225.9 | 232095.2 | -984.902 | 190 | 1174.902 |
| 441 | 784280.3 | 231952.4 | -990.064 | 190 | 1180.064 |
| 442 | 784341.5 | 231768.8 | -995.658 | 190 | 1185.658 |
| 443 | 784586.3 | 231394.9 | -994.552 | 190 | 1184.552 |
| 444 | 784654.3 | 231313.3 | -989.996 | 190 | 1179.996 |
| 445 | 784810.7 | 231177.3 | -979.77  | 190 | 1169.77  |
| 446 | 784967.1 | 231075.3 | -970.292 | 190 | 1160.292 |
| 447 | 785062.3 | 231020.9 | -964.764 | 190 | 1154.764 |
| 448 | 785143.8 | 230966.5 | -959.71  | 190 | 1149.71  |
| 449 | 785245.8 | 230918.9 | -954.634 | 190 | 1144.634 |
| 450 | 785375   | 230857.7 | -955.042 | 190 | 1145.042 |
| 451 | 785463.4 | 230816.9 | -960.972 | 190 | 1150.972 |
| 452 | 785511   | 230782.9 | -964.916 | 190 | 1154.916 |
| 453 | 785585.8 | 230762.5 | -969.927 | 190 | 1159.927 |
| 454 | 785660.6 | 230728.5 | -975.213 | 190 | 1165.213 |
| 455 | 785735.4 | 230694.5 | -980.602 | 190 | 1170.602 |
| 456 | 785789.8 | 230667.4 | -984.357 | 190 | 1174.357 |
| 457 | 785878.2 | 230619.8 | -990.404 | 190 | 1180.404 |
| 458 | 785959.7 | 230585.8 | -995.316 | 190 | 1185.316 |
| 459 | 786041.3 | 230545   | -1000.02 | 190 | 1190.018 |
| 460 | 786136.5 | 230497.4 | -1004.97 | 190 | 1194.967 |
| 461 | 786238.5 | 230436.2 | -1009.81 | 190 | 1199.807 |
| 462 | 786408.5 | 230361.4 | -1015.09 | 190 | 1205.094 |
| 463 | 786340.5 | 230973.3 | -995.205 | 180 | 1175.205 |
| 464 | 786156.9 | 231000.5 | -990.216 | 180 | 1170.216 |
| 465 | 786000.5 | 231041.3 | -985.016 | 180 | 1165.016 |
| 466 | 785851   | 231061.7 | -979.942 | 180 | 1159.942 |
| 467 | 785708.2 | 231082.1 | -974.924 | 180 | 1154.924 |
| 468 | 785524.6 | 231136.5 | -970.162 | 180 | 1150.162 |
| 469 | 785368.2 | 231177.3 | -969.678 | 180 | 1149.678 |
| 470 | 785177.8 | 231231.7 | -974.771 | 180 | 1154.771 |
| 471 | 785082.6 | 231286.1 | -980.145 | 180 | 1160.145 |
| 472 | 784994.3 | 231333.7 | -984.856 | 180 | 1164.856 |
| 473 | 784892.3 | 231381.3 | -989.169 | 180 | 1169.169 |
| 474 | 784756.3 | 231483.3 | -995.099 | 180 | 1175.099 |
| 475 | 784484.3 | 231843.6 | -995.589 | 180 | 1175.589 |

|     |          |          |          |     |          |
|-----|----------|----------|----------|-----|----------|
| 476 | 784409.5 | 232013.6 | -990.069 | 180 | 1170.069 |
| 477 | 784368.7 | 232156.4 | -985.056 | 180 | 1165.056 |
| 478 | 784327.9 | 232292.4 | -979.974 | 180 | 1159.974 |
| 479 | 784368.7 | 232448.7 | -975.119 | 180 | 1155.119 |
| 480 | 784912.7 | 232727.5 | -969.876 | 180 | 1149.876 |
| 481 | 785980.1 | 232931.5 | -970.196 | 180 | 1150.196 |
| 482 | 784769.9 | 232408   | -980.085 | 170 | 1150.085 |
| 483 | 786095.7 | 232340   | -979.901 | 170 | 1149.901 |
| 484 | 786265.7 | 231877.6 | -984.996 | 170 | 1154.996 |
| 485 | 786054.9 | 231653.2 | -985.079 | 170 | 1155.079 |
| 486 | 785443   | 231517.3 | -984.861 | 170 | 1154.861 |
| 487 | 785259.4 | 231524.1 | -989.541 | 170 | 1159.541 |
| 488 | 785137   | 231551.3 | -994.722 | 170 | 1164.722 |
| 489 | 784674.7 | 231932   | -995.188 | 170 | 1165.188 |
| 490 | 784613.5 | 232088.4 | -990.002 | 170 | 1160.002 |
| 491 | 784613.5 | 232231.2 | -985.204 | 170 | 1155.204 |
| 492 | 784973.9 | 232129.2 | -990.013 | 160 | 1150.013 |
| 493 | 785232.2 | 232061.2 | -989.886 | 160 | 1149.886 |
| 494 | 785130.2 | 231891.2 | -995.131 | 160 | 1155.131 |
| 495 | 784912.7 | 231966   | -995.192 | 160 | 1155.192 |

## 6. számú melléklet - A szelvények V értékei

| adatpont | EOV X    | EOV Y    | h        | V (0.1 g/cm) | V (0.4 g/cm <sup>3</sup> ) | V (0.6 g/cm <sup>3</sup> ) |
|----------|----------|----------|----------|--------------|----------------------------|----------------------------|
| 1        | 781735.7 | 233853.9 | 146.9756 | 163.3333333  | 245                        | 367.5                      |
| 2        | 783107.3 | 233054.8 | 145.266  | 161.1111111  | 241.6666667                | 362.5                      |
| 3        | 783118.7 | 233038.9 | 144.7132 | 161.1111111  | 241.6666667                | 362.5                      |
| 4        | 783217.1 | 232996.2 | 140.0952 | 155.5555556  | 233.3333333                | 350                        |
| 5        | 783283.1 | 232945   | 135.6356 | 150          | 225                        | 337.5                      |
| 6        | 783371   | 232901   | 129.7821 | 144.4444444  | 216.6666667                | 325                        |
| 7        | 783444.2 | 232864.4 | 124.9705 | 138.8888889  | 208.3333333                | 312.5                      |
| 8        | 783502.8 | 232813.1 | 120.5119 | 133.3333333  | 200                        | 300                        |
| 9        | 783590.7 | 232776.5 | 114.872  | 127.7777778  | 191.6666667                | 287.5                      |
| 10       | 783664   | 232732.5 | 109.822  | 122.2222222  | 183.3333333                | 275                        |
| 11       | 783729.9 | 232688.6 | 105.1636 | 116.6666667  | 175                        | 262.5                      |
| 12       | 783810.5 | 232644.6 | 99.71194 | 111.1111111  | 166.6666667                | 250                        |
| 13       | 783876.4 | 232608   | 95.25363 | 105.5555556  | 158.3333333                | 237.5                      |
| 14       | 783949.7 | 232556.7 | 89.98273 | 100          | 150                        | 225                        |
| 15       | 784022.9 | 232505.4 | 84.9325  | 94.44444444  | 141.6666667                | 212.5                      |
| 16       | 784088.8 | 232476.1 | 80.66263 | 88.88888889  | 133.3333333                | 200                        |

|    |          |          |          |             |             |        |
|----|----------|----------|----------|-------------|-------------|--------|
| 17 | 784196.1 | 232431   | 74.31803 | 82.55555556 | 123.8333333 | 185.75 |
| 18 | 784206   | 232424.9 | 74.10811 | 82.33333333 | 123.5       | 185.25 |
| 19 | 784469.8 | 232263.7 | 69.96261 | 77.77777778 | 116.6666667 | 175    |
| 20 | 784843.3 | 232051.3 | 64.80624 | 72.22222222 | 108.3333333 | 162.5  |
| 21 | 784988.8 | 231961.5 | 63.42665 | 71.11111111 | 106.6666667 | 160    |
| 22 | 785260.9 | 231809.5 | 65.02305 | 72.22222222 | 108.3333333 | 162.5  |
| 23 | 786154.6 | 231296.8 | 70.03032 | 77.77777778 | 116.6666667 | 175    |
| 24 | 786738.9 | 230967.2 | 71.83247 | 80          | 120         | 180    |

## **1. Függelék**

Munkám során elsődleges célom a Tatárülés-Kunmadarasi földgázmező csapdázódási feltételeinek a vizsgálata volt. Legfontosabb célkitűzésem az volt, hogy meghatározzam a felszín alatti vízáramlás hatását a szénhidrogén telep elhelyezkedésére.

A kutatási területet témavezetőm jelölte ki számomra, mivel ezzel a területtel ő korábban már foglalkozott és tudta, hogy itt a vízáramlásnak jelentős szerepe lehet. A cél megvalósítása érdekében elsősorban meg kellett ismerkednem a dolgozatomban bemutatott UVZ módszerrel, ezért sok mintafeladatot megcsináltam melyek képzelt és valós szituációkon keresztül segítettek megérteni az eljárás menetét. Miután elsajátítottam a módszer használatát papíron, mindezt digitális formába ültettem át.

Ezek után a saját kutatási területemről származó adatok feldolgozására került sor, először az egyes rezervoár szintekbe tartozó hidraulikus emelkedési magasság adatok leválogatása volt a legfontosabb. Sajnos ennek eredményeként a terület egyik potenciális rezervoár rétegét adatok hiányában ki kellett zárunk a további munkából, valamint a TDK-ban feldolgozott rétegből is csupán néhány adat állt rendelkezésünkre. Ezekkel az adatokkal dolgoztam tovább, melyek felhasználásával, a Surfer szoftver segítségével különböző térképeket készítettem.

Munkám legfontosabb részét ezek a térképek jelentették. Elsőként a terület vízpotenciál térképét kellett elkészítenem, melyből meghatároztam a fő vízáramlási irányt. Ezt követően az UVZ módszer alkalmazásához szükséges további térképek elkészítésére került sor. A területen található két potenciális rezervoár réteg formáció tető térképét már korábban elkészítettem. Ezt, és a vízpotenciál térképet felhasználva vízre vonatkoztatott gázpotenciál, majd ennek segítségével gázpotenciál térképeket csináltam. Ezekhez a gáz sűrűségét tudnom kellett volna, pontos adat azonban nem állt rendelkezésemre, így a térképeket 3 különböző rezervoár körülmények közt érvényes értékkel is elkészítettem. A gázpotenciál térképek jól mutatták az UVZ módszer alapján legkedvezőbb csapdázódási helyeket. A munka kiegészítéseként CorelDraw program segítségével a térképek alapján keresztmetszelvényeket készítettem. Az ezeken kirajzolódó lehetséges csapdázódási helyek szintén jól mutatják a hidrodinamikus közeg szénhidrogén felhalmozódásokra gyakorolt hatását.

## **2. Függelék**

MSc szakdolgozatom témája a TDK dolgozattól teljesen eltér. Címe: Szénhidrogén képződés és migráció kapcsolata tektonikailag bonyolult területen. Témavezetőim: Milota Katalin és Palotai Márton.

Szakdolgozatomban a MOL Nyrt. egy közel-keleti kutatási területén fogom vizsgálni a tektonika, a szénhidrogén generálás és a szénhidrogén migráció kapcsolatát. A dolgozat fő célja hogy a területen jobban megértsük e három faktor egymásra hatását. Ennek érdekében szeizmikus szelvény kiegyenlítést fogok végezni a Move program segítségével, mely során a szénhidrogén rendszer szempontjából fontos horizontokra modellezem majd a tektonika hatását. Ezek után a szénhidrogén generálás modellezésére kerül majd sor a Petromod szoftver segítségével végül pedig a migráció modellezése következik a TecLink használatával.