

Zsigmond Andreea-Rebeka – Kökösi Judit – May Zoltán

KÚTVIZEK KÉMIAI MINŐSÍTÉSE ILLYEFALVA (ILIENI, KOVÁSZNA MEGYE, ROMÁNIA) KÖZSÉG TELEPÜLÉSEIN

1. Bevezetés

Hazánkban sok olyan település létezik, ahol az ivóvíz-ellátottságot részben vagy kizáróan a kutak biztosítják. Ilyen településeken tekintettel kell lenni a talajvíznek a különböző emberi tevékenységek (állattartás, szeméttárolás, mezőgazdasági tevékenységek) által kiváltott elszennyeződésére. A Kovászna megyében levő Illyefalva községhez tartozó három település (Sepsiszentkirály, Illyefalva és Aldoboly) lakossága az ivóvizet elsősorban a kutakból nyeri. Illyefalván néhány utcába bevezették a vezetékes ivóvízrendszert, de a településen jelen pillanatban is a lakosság túlnyomó része az udvarokban levő kutak vizét használja ivóvízként. A településeken mezőgazdasági tevékenységek folynak, több gazdaságban pedig állatot is tartanak. A mezőgazdasági tevékenységek magukba foglalják a földek trágyázását és/vagy műtrágyázását, valamint rovarirtó- és növényvédő szerek használatát, melyek bemosódva a talajba foszfáttal, nitráttal, káliummal, illetve egyes nehézfémekkel (Cd, Cu, Cr) szennyezhetik azokat. Az istállók és illemhelyek közelében levő kutak vize a trágyaléből származó ammónium-, nitrit-, nitrátsókkal szennyeződhet. A foszfát kevésbé mobilis összetevője a talajvíznek, mint a nitrát, ezért nagyobb mennyiségben várhatóan csak a szennyező forráshoz közel levő kutak vizében fordulhat elő.¹ Az ammóniumion csak erősen redukzív vizekben fordul elő, kevésbé redukzív vizekben nitríté, illetve nitráttá alakul. A nitrition és a nitrátion a talajszemcséken kevésbé kötődnek meg, ezért esőzésekkor kimosódnak és a talajvízzel együtt áramlanak a talajban. A nitrátion a szennyező forrástól távol elhelyezkedő, de a talajvíz áramlási irányában levő kutak vizében is megjelenhet.² Egyes tanulmányok kimutatták, hogy a viszonylag száraz területeken is, ahol kisebb mértékű mezőgazdasági tevékenységek folynak, jelentős a nitrát bemosódása a vizekbe.³ A községben a kútvizek kémiai minősítésére jelen pillanatig nem történt

semmilyen intézkedés, ezért célul tűztük ki a három település talajvizének kémiai elemzését, illetve kémiai minősítését az ivóvízre szóló romániai jogszabály által előírt követelmények szerint.⁴ Ugyanakkor célunk volt a talajvíz áramlási irányának meghatározása az esetleges szennyezőanyagok terjedési irányának megállapítása érdekében.

2. A község földrajzi jellemzése

A község Sepsiszentgyörgytől 8 km-re délre terül el, a Keleti-Kárpátok kanyarulatánál a Baróti-hegység és az Olt árterülete között. Területe közel 35 km². A felszín lépcsőzetesen lejt nyugat-kelet irányba a nyugati alacsony hegységtől (600–700 m) az Olt széles szárazföldi deltájáig (501–515 m).⁵ A község folyója az Olt, ami észak-dél irányban szeli át a területet. A község keleti felét átszelő folyó a Feketeügy, amely Aldoboly és Illyefalva közötti területen ömlik az Oltba. Az Illyefalvát nyugat-kelet irányban átszelő és az Oltba ömlő patakja az Illye-patak.

3. Anyag és módszer

A mintavételre 2013 októberében került sor, egy hosszabb csapadékmentes időszak után. A három településről 40 mintát gyűjtöttünk a kutakból, illetve 3–3 mintát az Olt folyóból és az Illye-patakából. A kutak esetében a mintavételi pontokat egy mintavételi háló segítségével jelöltük ki, a háló négyzet alakú egységeinek mérete pedig 300 × 300 m² volt. Minden egységből egy mintát gyűjtöttünk. Minden kút esetében rögzítettük a GPS koordinátákat és a tengerszint feletti magasságot (*1. táblázat*), valamint egy nehezéssel ellátott zsinór segítségével a víztükör tengerszint feletti magasságát is meghatároztuk. A kutak tulajdonosaitól információkat gyűjtöttünk a kútvíz felhasználásáról, a talajvizet feltehetően befolyásoló mezőgazdasági tevékenységekről, állattartásról, a szemét tárolásáról, valamint az illemhelyiség állapotáról

¹ GACHTER, René at alii 2004.

² PRAKASA, Rao E.V.S. – PUTTANNA, Kavi 2000.

³ PATRA, K. Ashok – REGO, J. Thomas 1997; PAWAR, N. Jagannath – SHAIKH, I. J. 1995.

⁴ LEGEA Nr. 458 din 8 iulie 2002 privind calitatea apei potabile.

⁵ TÖRÖK, János 1998.

és elhelyezéséről. A vizek kémhatását és fajlagos vezetőképességét hordozható multiméter segítségével a helyszínen határoztuk meg.

Az anionok, az ammóniumion, valamint a kémiai oxigénigény (KOI) meghatározásához műanyag PET palackba 2 liter vízmintát vettünk, a fémionok meghatározásához pedig 50 ml-es, csavarmentes dugóval ellátott műanyag edénykéket használtunk. Az utóbbiakhoz 0,5 ml 65%-os analitikai tisztaságú HNO_3 -oldatot (Merck & Co.) adtunk, a minták pH-ja így 2–3 értékre csökkent. A mintákat laboratóriumba szállítottuk, és elemzésig 4°C -on, sötétben tároltuk.

A kémiai oxigénigényt permanganometriás titrálással, a bikarbonát-koncentrációt acidimetriás titrálással, a kloridion mennyiségét pedig potenciometriás titrálással határoztuk meg. A nitrit- és ammóniumion-koncentrációt molekulaabszorpciós spektrofotometriás módszerrel, a szulfátion mennyiségét pedig turbidimetriás módszerrel határoztuk meg. A fémionok meghatározását ICP-OES technika alkalmazásával végeztük el.

A vízkémiai fációsok jól azonosíthatók, ha a fő kationok (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ és K^+) és anionok (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}) százalékos egyenérték-arányait feltüntetjük Piper-diagrammon.⁶ A vízkémiai fációsok olyan felszín alatti vízrendszerek, amelyeknek a kation- és anion-koncentrációjuk ugyanazon meghatározott összetételű kategóriába tartozik. Közvetetten tükrözik a felszín alatti vízáramlást és az adott régió litológiáját.⁷

A 40 kút esetében meghatározott talajvízszint értékek alapján SURFER 9 programcsomag segítségével megszerkesztettük a talajvízszint kontúrtérképét, valamint a nitrát-koncentráció adatai alapján megszerkesztettük az izokoncentrációs görbéket.

Az adatok statisztikai feldolgozását a PAST programcsomaggal végeztük. Vizek kémiai elemvizsgálásánál két statisztikai tesztet alkalmaztunk: a klaszteranalízist (CA) és a főkomponens-analízist (PCA).⁸

4. Eredmények

4.1. Helyszíni mérések

A helyszínen meghatározott fiziko-kémiai paraméterek értékeit az 1. táblázat tartalmazza. Az adatok alapján elmondhatjuk, hogy a kútvezetek kémhatása nem mutat nagy ingadozásokat, és megfelel az ivóvízminőségnek (az ivóvízre előírt pH-tartomány: 6,5–9,5). A kutak vizének pH-ja 6,63–7,60 között változott. A maximális pH érték 7,60 volt, a sepsiszentkirályi sz7-es kútvezetékben. A patak és az Olt vizében mért pH értékek 7,60–8,05 között változtak.

A pH értékek alapján elmondható, hogy a szerves szén uralkodó formája a vizsgált vizekben a HCO_3^- , a karbonát-ion teljességgel hiányzik, a H_2CO_3 részaránya pedig elenyészően kicsi. A fajlagos vezetőképesség értékei alapján elmondható, hogy a vizek oldott ásványianyag-tartalma mérsékelt, és megfelel az ivóvízminőségnek.

A talajvízszint értékei alapján elkészítettük a talajvíz áramlási térképét (1. ábra). Sepsiszentkirályban magasabb a talajvízszint (526–564 m), mint Illyefalván (500–525 m) és Aldobolyban (502–522 m). A község területén a talajvíz Ény–DK irányba áramlik.

4.2. Szerves szennyezők vizsgálata

A három település kútvezeiben, valamint az Illyepatakából és az Oltból származó mintákban kimutatható határ alatt volt az ammóniumion- és nitritkoncentráció. A másik három kémiai szennyezőre (nitrát, foszfát és kémiai oxigénigény) kapott koncentrációértékeket a három településre külön táblázatokban tüntettük fel (2., 3. és 4. táblázat).

Sepsiszentkirályban a kilenc kút közül mindössze három (sz1, sz4 és sz5), mintegy 30% felel meg az ivóvíz minőségi követelményeinek. A KOI egy kút esetében sem haladta meg az oxigénre maximálisan megengedett 5 mg/l értéket, a foszfáttartalom öt kút esetében, a nitráttartalom pedig 6 kút esetében haladta meg a romániai jogszabály által előírt határértékeket (0,5 mg/l PO_4^{3-} és 50 mg/l NO_3^-). A sz6, sz7 és sz9 kutak nitráttartalma kétszeresen, a sz3 kút esetében pedig négyszeresen meghaladta a maximálisan megengedett koncentrációt. A sz3-as kút vizének nitráttartalma a három település összes kútvizét alapul véve a legmagasabbnak bizonyult. Az sz3-as kút közelében, ugyanabban az udvarban álló van, melyben több állatot is tartanak. Az sz9-es kúttól körülbelül 200 méterre ÉK irányba és 10–15 m-rel magasabban egy lovarda fekszik. Feltételezzük, hogy az sz9-es kút vizének kiugró szennyezettségét részben a lovarda okozza. A nitrátkoncentráció alapján elkészített kontúrtérképen nem mutatható ki a talajvíz áramlásának tulajdonítható elszennyeződése a kutaknak, a magasabb nitrátkoncentrációk lokálisan jelentkeznek (2. ábra).

Illyefalván a 18 kút közül 8, a vizsgált kutaknak 44%-a felel meg az ivóvíz minőségi követelményeinek. A KOI egy kút (i17) esetében, a foszfáttartalom egy kút (i17) esetében, a nitráttartalom pedig 8 kút esetében haladta meg a romániai jogszabály által előírt határértékeket. Az i2, i3 és i13 kutak nitráttartalma kétszeresen, az i17 és i18 kút esetében pedig háromszorosan meghaladta a maximálisan megengedett értéket.

⁶ GOLDEN, Msilimba – ELIJAH, M. M. Wanda 2013.

⁷ MÁDLNÉ SZÖNYI Judit – CZAUNER, Brigitta 2013.

⁸ DENZER, Klaus 2007; MOYO, A. G. Ngoni 2013; MRAZOVAC, Sanja et alii 2013; SALMAN, Abeer et alii 2014.

gedett koncentrációt. Az i17-es kútvíz KOI értéke, kálium- és a foszfáttartalma a nitráttartalomhoz hasonlóan kiugróan magas, ami a kútvíz nagyfokú szennyezettségét jelzi.

Illyefalva nyugati részén levő kutak szennyezettebbek a többinél. Ezek a kutak közvetlenül ki vannak téve a települést határoló domboldalon folyó mezőgazdasági munkálatok hatásának. A szántóföldeket trágyázzák, ill. műtrágyázzák, aminek következtében mind az Illye-patak vize, mind az i1, i2, i3, i16, i17 és i18-as kutak vizében magas koncentrációban vannak jelen egyes szennyezőanyagok. A település keleti oldalán sokkal alacsonyabb mértékű a kutak (i5, i7, i8, i9 és i10-es kutak) szennyezettsége. Az i3, i13 és i16-os kutak szennyezettségét részben a közeli istállók okozhatják.

A mezőgazdasági tevékenységek szennyező hatása jól kimutatható a talajvízbe bejutó és azzal együtt áramló nitrátion kutakban mért koncentrációértékei alapján megszerkesztett kontúrtérkép segítségével (3. ábra). Az ábrán a sötétebb rész jelzi a magasabb nitrát-koncentrációt, a hajlított vonalak pedig az adatok alapján extrapolációval megszerkesztett izokoncentrációs görbéket jelölik. Egyértelmű a nitrátion koncentrációjának csökkenése a talajvízben Ny–K irányban.

Aldobolyban a 13 megvizsgált kútvíz közül 6 felel meg az ivóvíz minőségi követelményeinek, ami 46%-ot jelent. A d11-es kút az Aldobolyban vizsgált kutak közül a legmagasabb nitrát-koncentrációt mutatta (180,0 mg/l), hasonlóan magas volt a d10 és a d13 kutak vizének nitráttartalma is. A d11 és d13 kutak a település északi részén találhatóak. A nitrát-koncentráció alapján elkészített kontúrtérkép (4. ábra) alátámasztja azt a feltevést, hogy a település ÉK-i határában levő szántóföldek nitráttal szennyezik a talajvizet, ami a településen É–D irányban áramlik. A nitrát-koncentráció a kutakban É–D irányban csökken.

A d11 pontban kaptuk a legmagasabb KOI értéket is (4,60 mg/l), ami megközelíti az 5 mg/l maximálisan megengedett koncentrációt. A foszfát-koncentráció és a KOI egyetlen kútvízben sem haladta a maximálisan megengedett értéket.

4.3. Az elemanalízis eredményei

Az elemanalízis során 35 elem koncentrációját határoztuk meg ICP-OES módszerrel. Ezek közül 19 elem jelenlétét mutattuk ki: Al, B, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, S, Si, Sr, Ti, V és Zn (5. táblázat). Az összes vízmintában kimutatási határ alatt volt a következő elemek koncentrációja: Ag, As, Au, Be, Cd, Ce, Co, Cr, Hg, La, Mo, Nb, Pb, Sb,

Sn és Zr. Az ivóvízre érvényes 458/2002-es törvény értelmében, egyes kútvezekben a Fe- és Mn-koncentráció meghaladta a maximálisan megengedett értéket (0,2 mg/l Fe, ill. 0,05 mg/l Mn). Ezek a kutak a következők voltak: d8, d10, i7, i8, i13, i16, sz4, sz8, sz9. A kútvezek nem szennyezettek arzénnel, kadmiummal és ólommal. Az Olt vizében minden mintavételi helyen magas volt a vas- és mangánkoncentráció, ami magyarázatot ad a tisztább i7, i8 és d8 kutak magas vas-, ill. mangántartalmára.

4.4. A talajvíz hidrológiai jellemzése

A hidrogeológiai jellemzés szempontjából fontos kationok és anionok koncentrációértékei az 6. táblázatban láthatók. Az anionok százalékos megoszlását tekintve a három település talajvizéről elmondható, hogy hidrogén-karbonát-klorid-szulfát típusú anionfácies jellemző rájuk (a hidrogén-karbonát részaránya nagyobb 50%-nál). A Na⁺ és K⁺ együttesen 10–30%-át teszik ki az összkation-tartalomnak, a Ca²⁺ és Mg²⁺ pedig a 70–90%-át, ezért a települések talajvize a kalcium-nátrium kationfáciesnek felel meg. A kation-anion százalékos megoszlását Piper-diagramon ábrázoltuk (5. ábra). A települések talajvize tehát egy intermedier rendszer részét képezik.

Két kútveznél eltérést tapasztaltunk a kation- és anionfáciesnél. Az egyik a sepsiszentkirályi sz1 kút, ami lokális jelleget mutatott a kalciumos és hidrogén-karbonátos fáciesek alapján. Feltételezhetően a lokális jellege miatt bizonyult az sz1 a legtisztább vizű kútnak a településen. A másik kút, amelynél eltérést tapasztaltunk az illyefalvi i17-es kút volt, aminek vize nagymennyiségű káliumot tartalmazott. Ez az anomália a közeli domboldal mezőgazdasági területként való felhasználásával magyarázható, ahonnan műtrágya mosódhat be a talajvízbe.

4.5. A statisztikai tesztek alkalmazása

A 40 kútvez alapján, 10 nyomelemre elvégzett klaszteranalízis (6. ábra) a legszorosabb korrelációt mutatta a vizek Li- és B-tartalmára (R = 0,67), ill. a Fe- és Mn-tartalomra (R = 0,57). Ugyanakkor korreláció áll fenn a Sr- és Si-tartalom között is. A vas és mangán közötti hasonlóság magyarázata ásványtani lehet, ugyanis a mangán gyakran szennyez ferromagnéziumos ásványokat (olivin, piroxén, amfibol, biotit) melyek jelen vannak a Sepsiszentgyörgytől 35 km-rel északabbra levő andezitekben, és megjelenik agyagos kőzetekben is. A Li és B nagyobb mennyiségben fordulnak elő a vulkáni eredetű kőzeteken áthaladó vizekben, a stroncium pedig általában a szilikátásványokban fordul elő.⁹ Négy klasztert azono-

⁹ DINELLI, Enrico et alii 2010; DINELLI, Enrico et alii 2012.

sítottunk: Ba, Fe, Mn csoportja, Si és Sr, Zn és V, valamint B, Li, Ni csoportja. Az Al és Cu esetében nem mutatható ki kapcsolat a többi elemmel.

Főkomponens-analízis segítségével kísérletet tettünk a települések területi szétválasztására a talajvíz néhány nyomelemének mennyiségi eloszlása alapján. Ennek érdekében csak azokat a nyomelemeket vettük alapul, amelyeknél nem tapasztaltunk szennyezést jelző magas koncentrációértékeket (pl. a Fe, Mn), illetve amelyeknek az eloszlása a 40 kútvízben megközelítően normális volt. Dobozdiagramok segítségével azonosítottuk a kiugró értékeket. Mindössze két nyomelem mutatott normális eloszlást: a Si és V. A Li és B esetében egy kiugró értéket, a Ba és Sr esetében pedig két kiugró értéket kaptunk, a többi nyomelemnél pedig háromnál több kiugró érték volt. Figyelembe véve a klaszteranalízisnél azonosított csoportokat, az elemeket úgy választottuk ki, hogy minimális mintavételi pont kihagyásával minden csoport képviselve legyen 1–1 elemmel. A főkomponens-analízist tehát a B, Ba, Si és V alapján végeztük el, kihagyva a d13, i16 és i17 kutakat (7. ábra). A vizsgálatot standardizált értékekkel végeztük, ami két főkomponens eredményezett 1-nél nagyobb sajátértékkel, s amelyek együttesen a teljes variancia 70%-át magyarázzák. Az első főkomponens a legnagyobb mértékben a V határozta meg (együtthatója 0,825), legkevésbé pedig a Ba (együtthatója 0,251). A második főkomponens a legnagyobb mértékben a Si (együtthatója 0,773), legkisebb mértékben pedig a V (együtthatója 0,040) határozta meg. Az első két főkomponens által meghatározott síkban az egymástól távol levő Sepsiszentkirály és Aldoboly kútviizei szétválnak egymástól. Az illyefalvi kútviizek mindkét település kútviizeivel részlegesen átfednek, de nagyobb hasonlóságot mutatnak a sepsiszentkirályi, mint az aldobolyi kútviizekkel.

5. Összefoglalás és következtetések

Illyefalva község három településének talajvizét 40 kútból származó minta alapján mértük fel. Három fontosabb szennyező alapján (NO_3^- , PO_4^{3-} és

össz-szervesanyag-tartalom) elmondhatjuk, hogy a kutaknak 54–67%-a nem felel meg a romániai jogszabály által előírt ivóvízminőségnek. Ugyanakkor kilenc kútban a vas- és mangántartalom is meghaladta az ivóvízre maximálisan megengedett értékeket. A három településre külön-külön elkészített kontúrtérképek a nitrát-koncentrációk alapján Illyefalva és Aldoboly esetében világosan mutatják, hogy a szennyezésért a nyugati domboldalon folyó intenzív mezőgazdasági munkálatok felelősek. Sepsiszentkirályban a szennyezés inkább lokális jellegű. Lokális szennyezőforrásokként főleg a kutak közelében levő istállók, illemhelyek, kertek tekinthetők.

A fő anionok és kationok százalékos megoszlását tekintve a három település talajvizéről elmondható, hogy hidrogén-karbonát-klorid-szulfát típusú anionfácies és kalcium-nátrium típusú kationfácies jellemző rájuk, amelyek azt jelzik, hogy a község talajvize egy intermedier rendszernek a részét képezi.

A nyomelemekre kapott adatok statisztikai feldolgozása során négy klasztert azonosítottunk: Ba, Fe, Mn csoportja, Si és Sr, Zn és V, valamint B, Li, Ni csoportja, az Al és Cu esetében pedig nem mutatható ki kapcsolat a többi elemmel. A főkomponens-analízist előre átgondoltan négy elemmel végeztük el (B, Ba, Si és V), amelyekkel két főkomponenshez jutottunk. Ezek segítségével sikerült területileg szétválasztani a sepsiszentkirályi és az aldobolyi kutakat, míg az illyefalvi kutak részleges hasonlóságot mutatnak mindkét településsel. A négy elem koncentrációjának ismerete elégséges ahhoz, hogy főkomponens-analízissel azonosítani lehessen a sepsiszentkirályi és az aldobolyi kutakat.

Köszönetnyilvánítás

A kútviizek elemösszetételének meghatározását, az adatbázis elkészítését, az adatok kiértékelését és a tudományos publikáció előkészítését a Magyar Tudományos Akadémia *Domus Hungarica Scientiarum et Artium* ösztöndíja tette lehetővé (DOMUS S2014-33 számú pályázat). Támogatásukat ezúttal is köszönjük.

Zsigmond Andreea-Rebeka, Kökösi Judit – *Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Természettudományi és Művészeti Kar, Tordai út 2–14., 400193 Kolozsvár; zsigmond.andrea@kv.sapientia.ro*

May Zoltán

– *Magyar Tudományos Akadémia, Természettudományi Kutatóközpont, Magyar tudósok körútja 2., 1117 Budapest; may.zoltan@ttk.mta.hu*

Irodalom

- DENZER, Klaus
2007 Analytical Chemistry. Theoretical and Metrological Fundamentals, *Springer*, Berlin.
- DINELLI, Enrico – LIMA, Annamaria – ALBANESE, Stefano – BIRKE, Manfred – CICCHELLA, Domenico – GIACCIO, Lucia – VALERA, Paolo – De VIVO, Benedetto
2012 Comparative study between bottled mineral and tap water in Italy, *Journal of Geochemical Exploration*, 112, 368–389.
- DINELLI, Enrico – LIMA, Annamaria – De VIVO, Benedetto – ALBANESE, Stefano – CICCHELLA, Domenico – VALERA, Paolo
2010 Hydrogeochemical analysis on Italian bottled mineral waters: Effects of geology, *Journal of Geochemical Exploration*, 107, 317–335.
- MÁDLNÉ SZÓNYI Judit – CZAUNER, Brigitta
2013 *Hidrogeológia*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest.
- GACHTER, René – STEINGRUBER, M. Sandra – REINHARDT, Miriam – WEHRLI, Bernhard
2004 Nutrient transfer from soil to surface waters: Differences between nitrate and phosphate, *Aquatic Sciences*, 66, 117–122.
- GOLDEN, Msilimba – ELIJAH, M. M. Wanda
2013 Microbial and geochemical quality of shallow well water in high-density areas in Mzuzu City in Malawi, *Physics and Chemistry of the Earth, Part A/B/C*, 66, 173–180.
- MOYO, A. G. Ngoni
2013 An analysis of the chemical and microbiological quality of ground water from boreholes and shallow wells in Zimbabwe, *Physics and Chemistry of the Earth, Part A/B/C*, 66, 27–32.
- MRAZOVAC, Sanja – VOJINOVIĆ-MILORADOV, Mirjana – MATIĆ, Ivan – MARIĆ, Nenad
2013 Multivariate statistical analyzing of chemical parameters of groundwater in Vojvodina, *Chemie der Erde – Geochemistry*, 73, 217–225.
- PATRA, K. Ashok – REGO, J. Thomas
1997 Measurement of nitrate leaching potential of a vertisol using bromide as a tracer under rainfed conditions of the indian semi-arid tropics, *Soil Science*, 162, 656–665.
- PAWAR, N. Jagannath – SHAIKH, I. J.
1995 Nitrate pollution of ground waters from shallow basaltic aquifers, Deccan Trap Hydrologic Province, India, *Environmental Geology*, 25, 197–204.
- PRAKASA, Rao E.V.S. – PUTTANNA, Kavi
2000 Nitrates, agriculture and environment, *Current Science*, 79, 9, 1163–1169.
- SALL, Mamadou – VANCLOOSTER Marnik
2009 Assessing the well water pollution problem by nitrates in the small scale farming systems of the Niayes region, Senegal, *Agricultural Water Management*, 96, 1360–1368.
- SALMAN, Abeer – AL-QINNA, Mohammed – AL KUISI, Mustafa
2014 Spatial analysis of soil and shallow groundwater physicochemical parameters in El-Mujib Basin-central Jordan, *Journal of Asian Earth Sciences*, 79, 366–381.
- TÖRÖK János
1998 *Illyefalva község* (Rövid földrajzi és történelmi vázlat).

Calitatea chimică a apelor de fântână din comuna Ilieni (județul Covasna, România) (Rezumat)

În țara noastră există multe localități în care apa potabilă este asigurată în parte sau în întregime de fântâni. În aceste localități ar trebui menținută calitatea bună a apei freatică având în vedere factorii de poluare ale acesteia. Cei mai importanți factori ar fi: activitățile agricole, creșterea animalelor, depozitarea deșeurilor. Comuna Ilieni din județul Covasna este formată din trei sate: Sâncraiu, Ilieni și Dobolii de Jos. În aceste așezări apa potabilă este asigurată de fântâni cu excepția unor străzi din Ilieni care sunt conectate la rețeaua de apă. Populația se ocupă cu creșterea animalelor și cultivarea terenurilor agricole din vecinătatea așezărilor.

Au fost analizate 40 de fântâni din cele trei localități. Accentul s-a pus pe determinarea concentrației unor poluanți majori, precum azotații, fosfații, metale grele și s-a determinat cerința chimică de oxigen. S-a constatat că 54–67% din fântâni (raportat la fiecare așezare în parte) nu corespund cerințelor legale impuse pentru apa potabilă. Hărțile întocmite pe baza concentrației de NO_3^- arată clar efectul acitivităților agricole asupra poluării apei freatică cu acest component anorganic, care are un puternic caracter mobil în sol. Concentrații mari s-au găsit în fântânile care erau aproape de terenurile agricole. Apa freatică nu este contaminată cu As, Pb și Cd, dar în nouă fântâni s-au determinat concentrații mari de Fe și Mn.

Prelucrarea statistică a datelor a rezultat în identificarea a patru clustere de elemente la nivel de urmă. Acestea au fost: I (Ba, Fe, Mn), II (Si, Sr), III (Zn, V), IV (B, Li, Ni). Elementele Al și Cu nu au prezentat caracteristici comune cu nici o grupă. Prin analiza componentilor principali am reușit o separare între fântânile din Sâncraiu și Dobolii de Jos pe baza a patru elemente de origine geologică: B, Ba, Si și V. Fântânile din Ilieni au prezentat caracteristici comune cu fântânile ambelor localități.

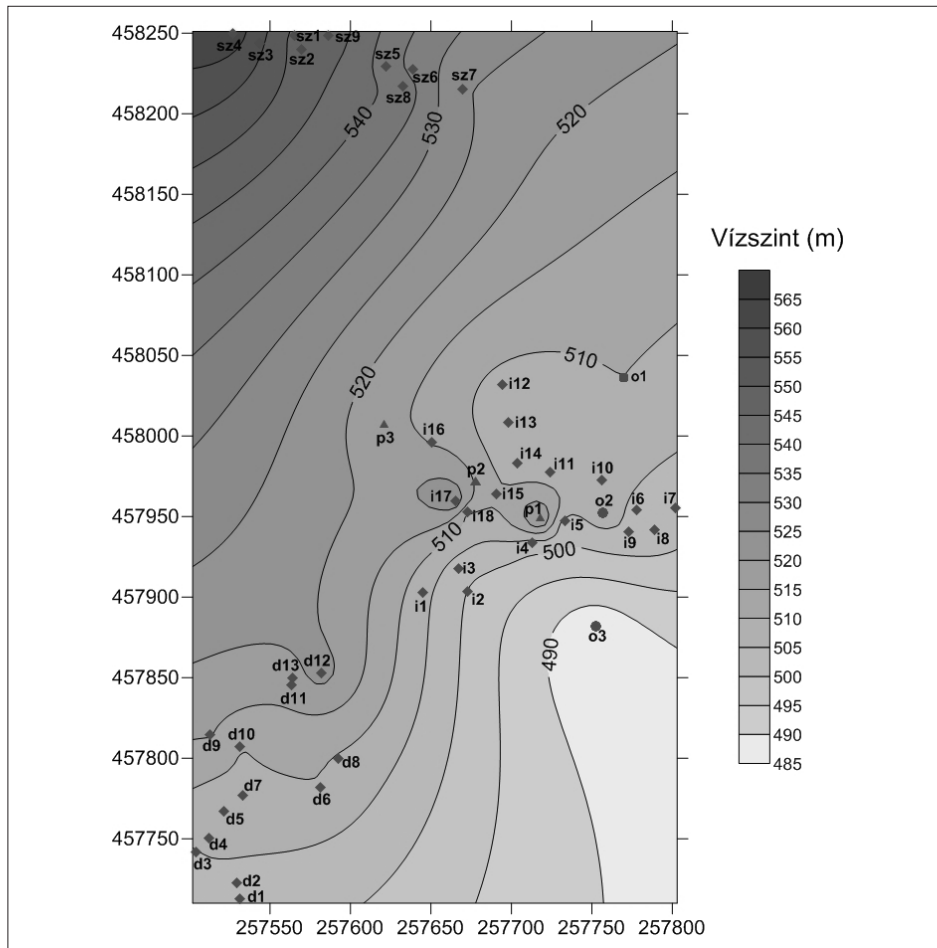
Chemical quality assessment of well-water in Ilieni (Covasna County, Romania) (Abstract)

There are many settlements in our country where the well-water is partially or the only potable water supply. The main factors which contribute to the pollution of groundwater are the agricultural activities, raising livestock and refuse disposal. The studied communal area consists of three villages: Sâncraiu, Ilieni and Dobolii de Jos. The well-water is the main potable water source.

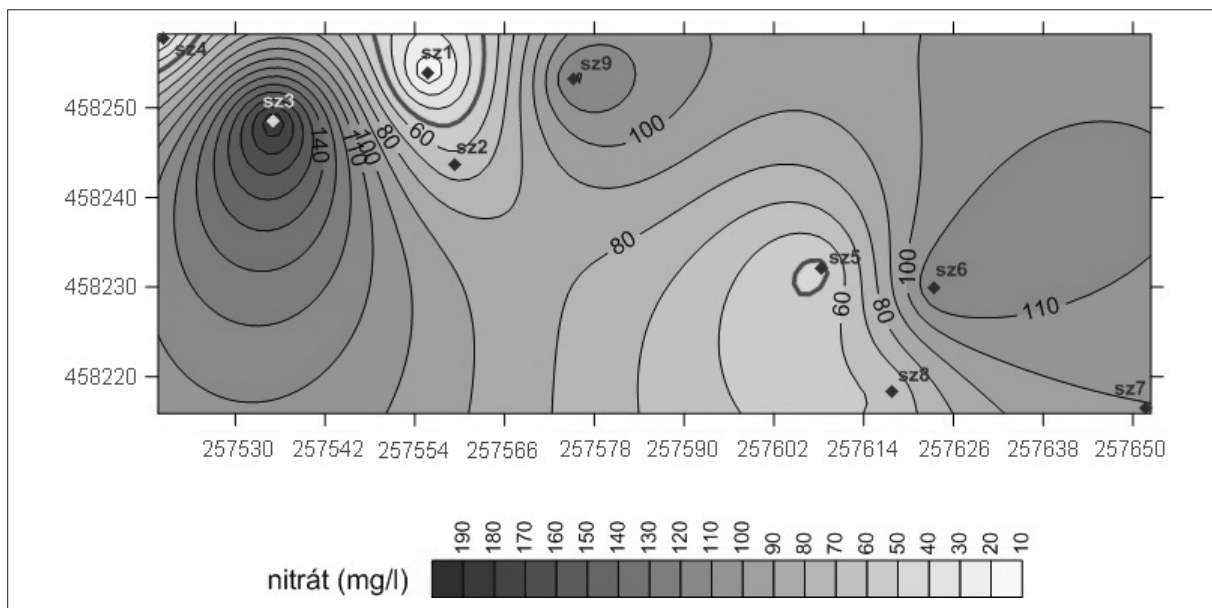
There were analyzed 40 wells. The concentration of the major pollutants (nitrate, phosphate, heavy metals and the total organic compounds as COD) were determined, as well as 35 major and minor elements by ICP-OES technique. The 54–67% of the wells did not match the quality of potable water as claimed by the Romanian legislation. The contour maps designed by the nitrate concentrations for each village showed clearly the polluting influence of the agricultural sites. The nitrate is a mobile component in the soil being easily leached by water. High concentrations of nitrate exhibited the wells closest to the agricultural fields. The groundwater was not polluted with As, Cd and Pb, but nine wells exhibited high concentrations of Fe and Mn.

The statistical data processing helped to establish four clusters of the minor elements, which were: I (Ba, Fe, Mn), II (Si, Sr), III (Zn, V), IV (B, Li, Ni). The Al and Cu did not match with either of the elements. The PCA analyses was carried out in order to separate the wells according to the three villages. The wells from Sâncraiu and Dobolii de Jos were successfully separated based on four elements with geologic origin (B, Ba, Si and V), but the wells from Ilieni partially interfered with both.

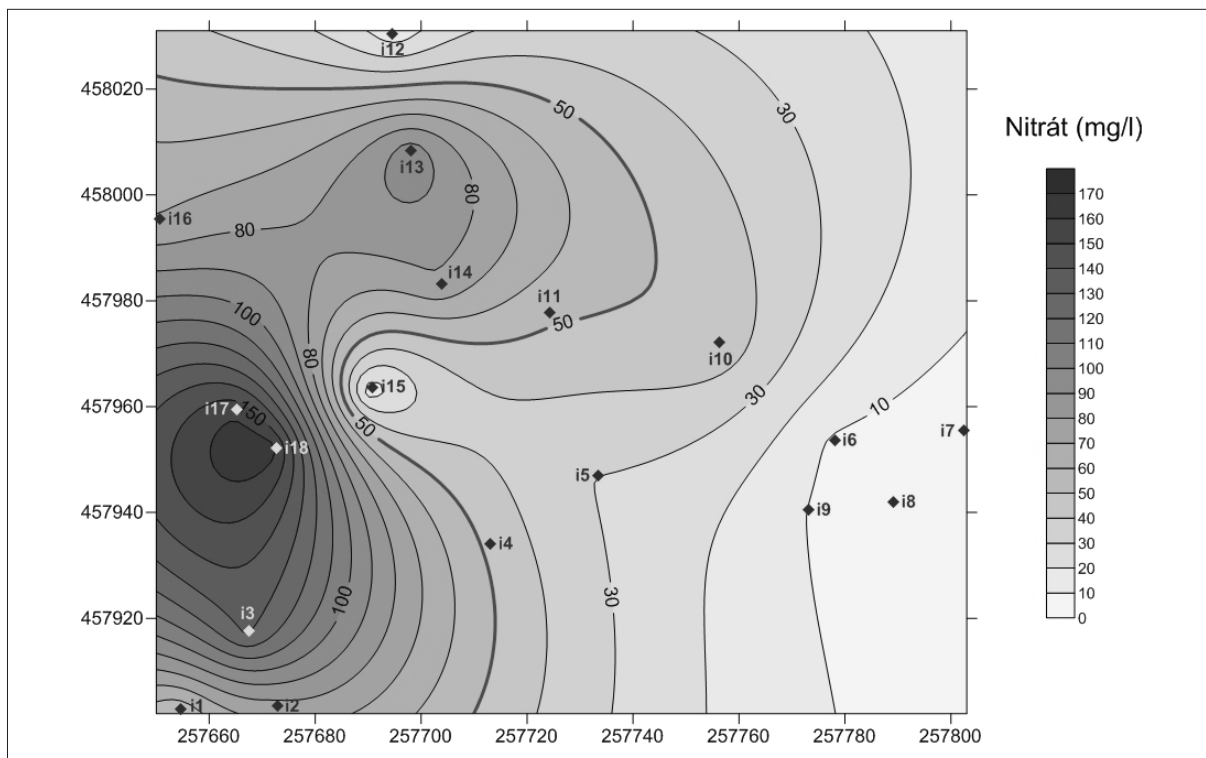
Mellékletek



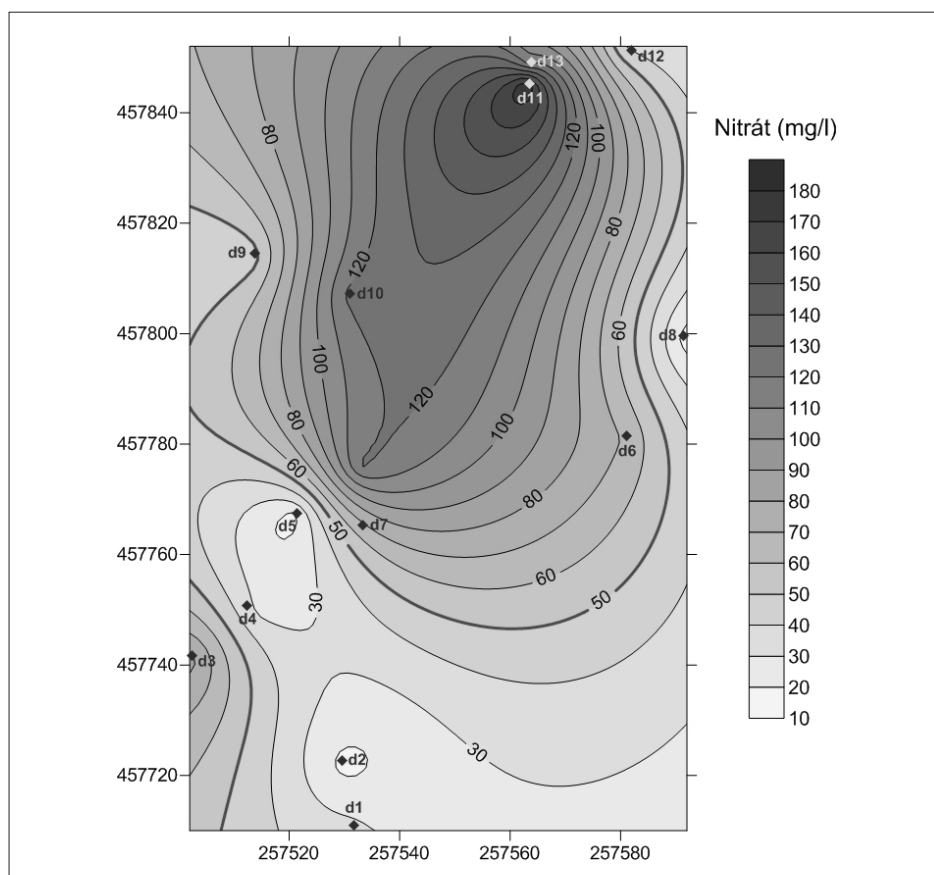
1. ábra A települések talajvizének áramlási térképe



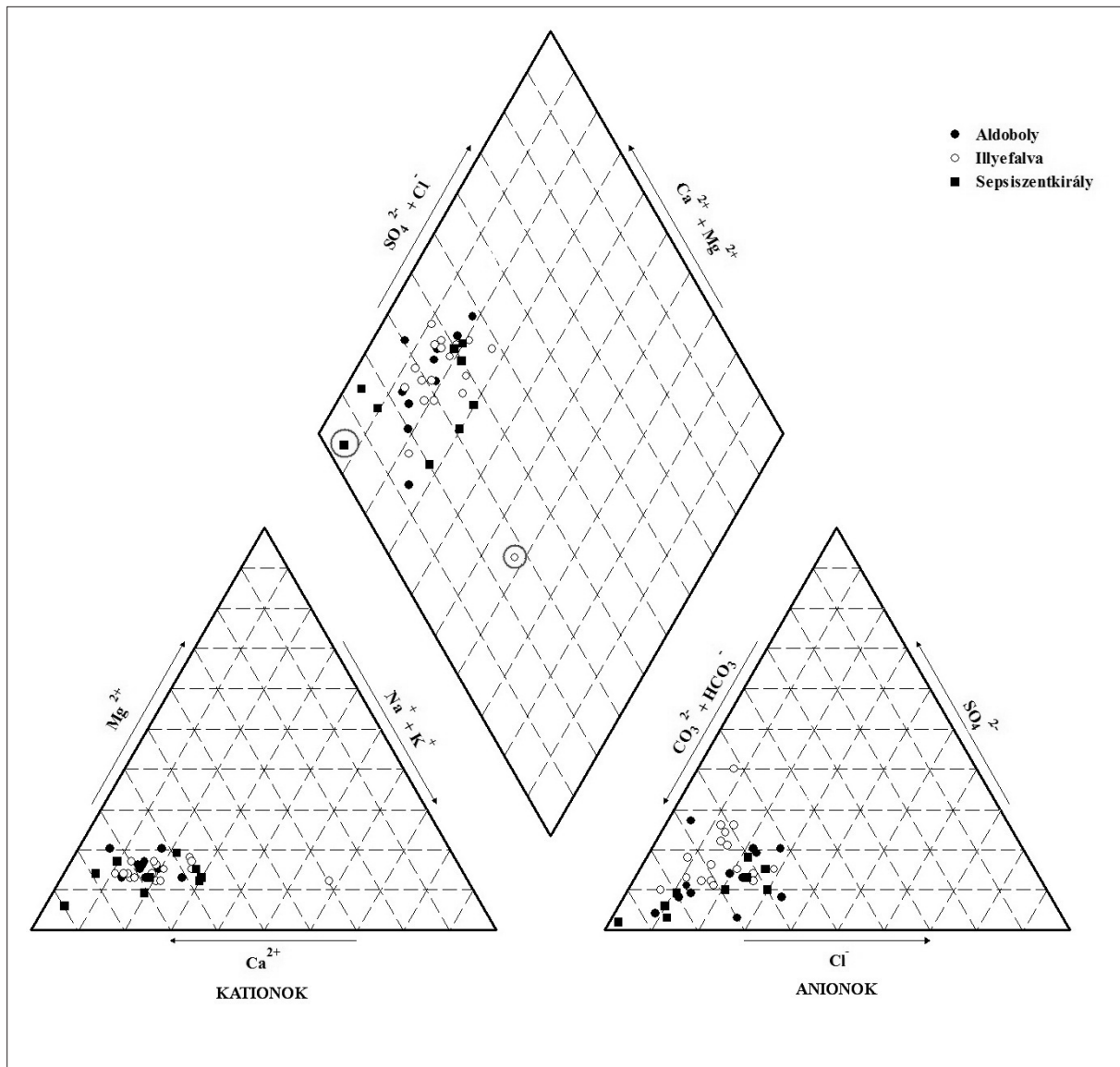
2. ábra Sepsiszentkirály kútvizének nitrát-koncentrációja alapján készült kontúrtérkép



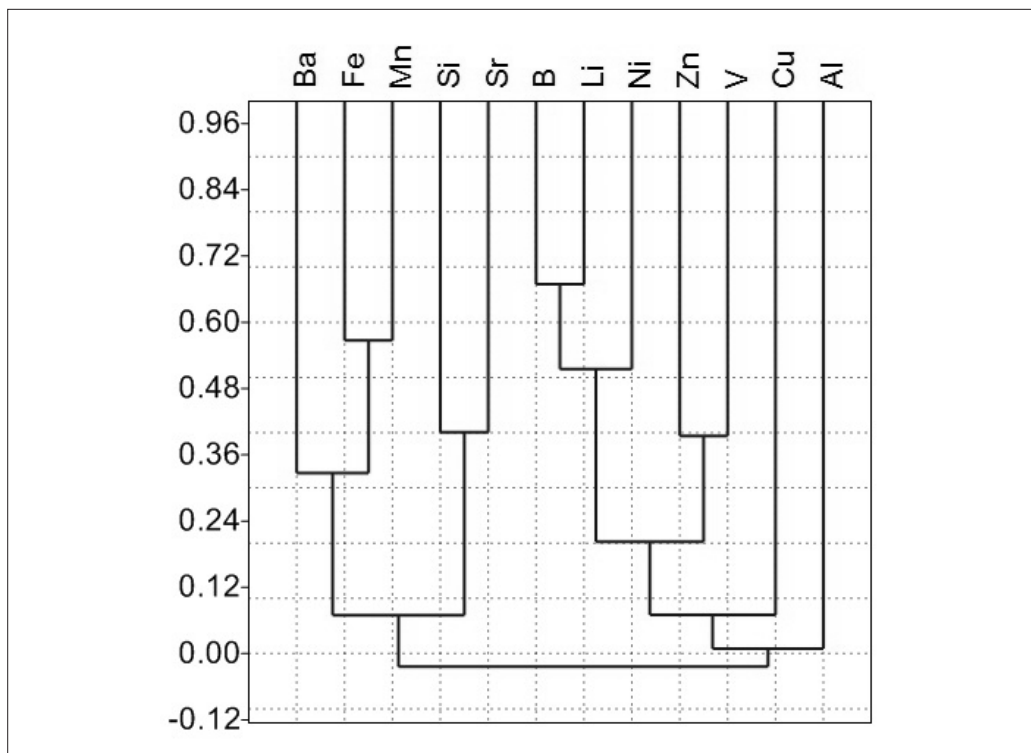
3. ábra Illyefalva kútveinek nitrát-koncentrációja alapján készült kontúrterkép



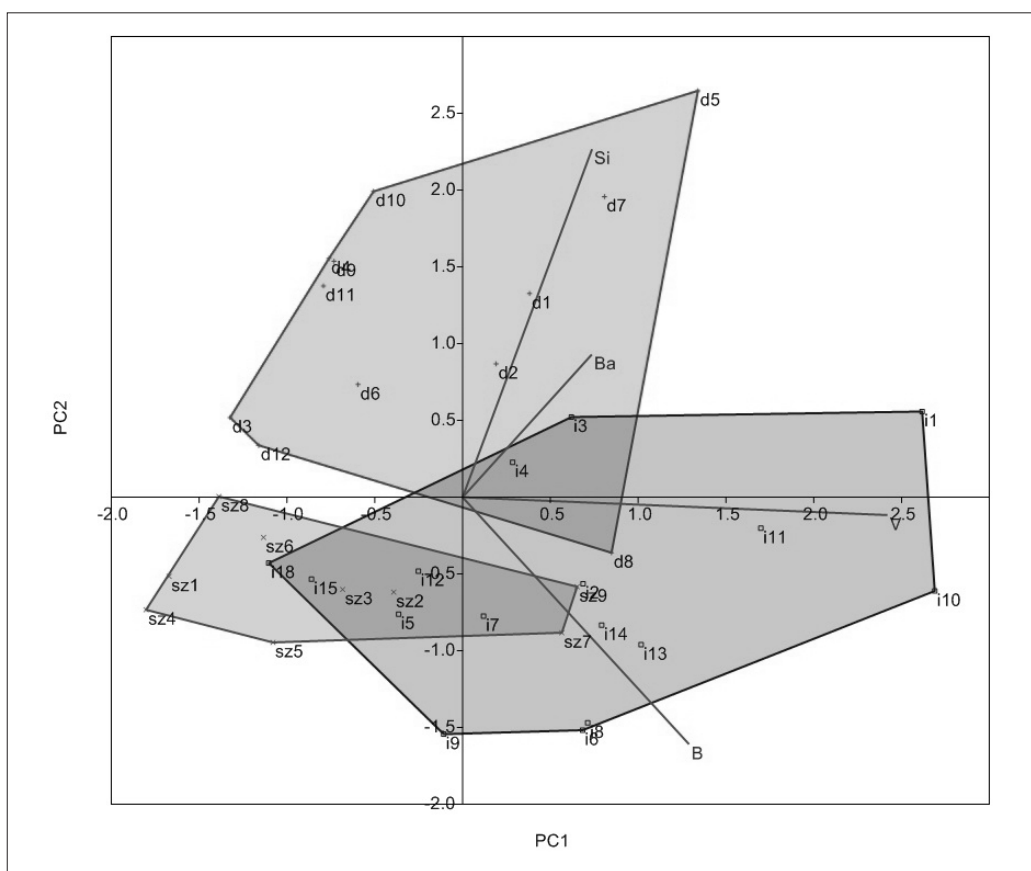
4. ábra Aldoboly kútveinek nitrát-koncentrációja alapján készült kontúrterkép



5. ábra A község talajvizének Piper-diagramja



6. ábra Klaszteranalízis a nyomelemekre korreláció alapján



7. ábra Főkomponens analízis négy elem alapján (B, Ba, Si, V)

1. táblázat A vízminták helyszínen meghatározott paramétereit

Víz minta	Földrajzi koordináta		Vízszint (m)	pH	λ (μS/cm)
	Északi	Keleti			
d1	25,7531	45,771	502	7,09	534
d2	25,753	45,7722	503	7,16	431
d3	25,7502	45,7741	504	6,63	505
d4	25,7515	45,775	507	7,06	561
d5	25,7521	45,7767	507	7,05	562
d6	25,7581	45,7781	510	7,10	476
d7	25,7533	45,7776	509	7,02	560
d8	25,7592	45,7799	509	7,03	650
d9	25,7513	45,7814	515	6,94	651
d10	25,7531	45,7807	510	7,20	476
d11	25,7563	45,7845	517	6,75	667
d12	25,7581	45,7852	522	7,04	462
d13	25,7563	45,7849	517	6,97	504
i1	25,7654	45,7902	504	6,87	812
i2	25,7672	45,7903	500	7,13	474
i3	25,7667	45,7917	502	6,96	420
i4	25,7713	45,7933	502	7,06	472
i5	25,7733	45,7946	502	7,02	463
i6	25,7778	45,7953	503	7,07	486
i7	25,7803	45,7955	502	7,28	312
i8	25,7789	45,7941	504	7,41	756
i9	25,7773	45,794	504	7,06	551
i10	25,7756	45,7972	508	7,06	508
i11	25,7724	45,7977	507	6,77	649
i12	25,7695	45,8031	508	7,04	482
i13	25,7698	45,8008	506	7,16	462
i14	25,7703	45,7983	506	6,94	414
i15	25,769	45,7963	510	6,94	725
i16	25,765	45,7995	515	6,67	590
i17	25,7665	45,7959	525	7,04	569
i18	25,7672	45,7952	504	6,78	586
sz1	25,7565	45,8248	549	7,16	484
sz2	25,7569	45,8239	548	6,96	473
sz3	25,7543	45,8243	556	6,76	544
sz4	25,7526	45,8251	564	7,15	430
sz5	25,7622	45,8229	538	6,76	775
sz6	25,7638	45,8227	533	6,89	623
sz7	25,767	45,8215	526	7,60	550
sz8	25,7632	45,8217	539	6,87	438
sz9	25,7586	45,8248	549	6,85	518
o1	25,7769	45,8036	486	8,05	462
o2	25,7757	45,7952	510	7,98	403
o3	25,7752	45,7881	509	7,87	422
p1	25,7718	45,7948	527	7,63	575
p2	25,7718	45,7948	522	7,60	603
p3	25,7621	45,8006	516	7,78	607

d – Aldoboly, i – Illyefalva, sz – Szentkirály, o – Olt, p – Illye-patak

2. táblázat Egyes kémiai szennyezők koncentrációi a sepsiszentkirályi kutakban

Minta	KOI (mg/l O ₂)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)
sz1	0,95	< 0,002	9,95
sz2	3,51	1,00	63,13
sz3	2,37	1,08	191,3
sz4	2,61	< 0,002	12,35
sz5	2,61	< 0,002	45,99
sz6	2,75	0,99	120,7
sz7	1,95	2,12	99,12
sz8	1,28	< 0,002	62,23
sz9	4,08	1,37	122,4

3. táblázat Egyes kémiai szennyezők koncentrációi az illyefalvi kutakban

Minta	KOI (mg/l O ₂)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)
i1	1,99	< 0,002	49,20
i2	3,37	0,202	75,04
i3	1,80	0,199	131,0
i4	1,90	< 0,002	48,2
i5	1,80	< 0,002	29,7
i6	2,71	< 0,002	8,21
i7	2,28	< 0,002	3,75
i8	1,80	< 0,002	4,76
i9	1,42	< 0,002	9,80
i10	2,52	< 0,002	47,6
i11	1,52	0,135	51,6
i12	1,71	< 0,002	11,9
i13	1,61	0,188	96,5
i14	2,09	< 0,002	78,2
i15	2,09	< 0,002	14,2
i16	3,32	< 0,002	71,0
i17	6,17	5,204	158,0
i18	2,18	< 0,002	164,0
O1	4,08	0,133	13,08
O2	4,56	0,063	11,38
O3	4,08	0,063	10,85
p1	6,93	< 0,002	9,44
p2	7,21	< 0,002	9,08
p3	8,54	0,268	8,61

Kútvezek kémiai minősítése Illyefalva (Ilieni, Kovászna megye, Románia) község településsein

4. táblázat Egyes kémiai szennyezők koncentrációi az aldobolyi kutakban

Minta	KOI (mg/l O ₂)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)
d1	2,71	< 0,002	33,15
d2	1,47	< 0,002	16,90
d3	2,09	< 0,002	84,03
d4	1,85	< 0,002	26,66
d5	1,90	0,116	16,90
d6	2,23	0,097	68,68
d7	1,90	0,102	120,8
d8	3,18	0,293	15,05
d9	2,14	0,144	43,82
d10	2,04	< 0,002	123,0
d11	2,52	< 0,002	180,0
d12	1,90	< 0,002	38,77
d13	4,60	0,011	117,0

5. táblázat Fontosabb nyomelemek koncentrációja (mg/l)

SSz.	Al	B	Ba	Cu	Fe	Li	Mn	Si	Sr	V	Zn
kh	0.003	0.003	0.0006	0.001	0.0005	0.0001	0.001	0.03	0.0001	0.0012	0.0002
d1	< kh	0.010	0.104	0.029	< kh	0.011	< kh	17.251	0.511	0.0025	0.001
d2	0.059	< kh	0.118	< kh	0.081	0.007	0.006	14.296	0.822	0.0025	0.008
d3	< kh	< kh	0.044	0.006	< kh	0.006	< kh	13.988	0.342	< kh	0.066
d4	< kh	0.009	0.120	0.009	< kh	0.010	< kh	17.680	0.678	< kh	0.045
d5	0.023	0.006	0.170	< kh	0.044	0.019	< kh	22.304	0.604	0.0033	< kh
d6	< kh	0.067	0.135	0.012	0.040	0.035	< kh	14.980	1.495	< kh	< kh
d7	< kh	0.018	0.181	0.009	< kh	0.019	< kh	18.841	0.819	0.0025	0.066
d8	< kh	0.019	0.176	< kh	0.320	0.026	0.557	12.626	0.701	0.0017	< kh
d9	< kh	< kh	0.163	0.019	0.007	0.019	< kh	16.294	0.747	< kh	0.009
d10	< kh	0.004	0.184	< kh	0.237	0.016	0.002	18.227	0.902	< kh	< kh
d11	< kh	0.011	0.124	0.001	0.007	0.024	< kh	16.755	1.405	< kh	0.199
d12	0.029	0.015	0.097	< kh	0.093	0.020	0.034	12.298	0.710	< kh	< kh
d13	< kh	< kh	0.288	< kh	0.057	0.025	< kh	19.621	0.996	< kh	< kh
i1	< kh	0.095	0.219	0.003	0.020	0.012	0.014	13.639	0.778	0.0058	0.489
i2	0.014	0.139	0.121	< kh	0.004	0.022	0.006	11.265	0.794	0.0025	0.018
i3	< kh	0.065	0.160	< kh	< kh	0.018	< kh	13.553	0.753	0.0025	0.020
i4	< kh	0.092	0.155	0.003	< kh	0.015	0.022	12.929	0.405	0.0017	< kh
i5	< kh	0.069	0.077	0.002	< kh	0.010	< kh	9.086	0.458	0.0017	0.010
i6	< kh	0.263	0.058	< kh	0.018	0.033	< kh	11.705	0.654	0.0017	0.015
i7	< kh	0.243	0.130	< kh	0.007	0.025	0.167	12.907	0.677	< kh	< kh
i8	< kh	0.257	0.085	0.050	0.003	0.026	0.088	11.084	0.592	0.0017	0.028
i9	0.027	0.248	0.125	0.003	0.077	0.033	0.034	9.309	0.685	< kh	< kh
i10	< kh	0.199	0.097	0.002	0.009	0.041	0.014	13.867	0.797	0.0058	0.082

SSz.	Al	B	Ba	Cu	Fe	Li	Mn	Si	Sr	V	Zn
i11	< kh	0.160	0.086	0.019	0.199	0.019	0.002	14.761	0.975	0.0041	0.046
i12	< kh	0.063	0.105	< kh	0.036	0.009	0.015	9.642	0.574	0.0017	0.007
i13	0.065	0.139	0.142	0.003	0.261	0.014	0.011	8.860	0.695	0.0033	0.156
i14	0.054	0.127	0.058	0.001	0.108	0.013	0.007	11.143	0.725	0.0033	0.020
i15	< kh	0.066	0.204	0.012	< kh	0.006	0.005	6.907	0.488	< kh	0.010
i16	< kh	0.064	0.330	< kh	0.296	0.010	0.881	7.431	0.798	< kh	< kh
i17	< kh	0.333	0.062	0.002	< kh	0.053	< kh	6.979	0.258	0.0033	0.056
i18	< kh	0.059	0.099	0.015	0.007	0.021	< kh	9.731	0.994	< kh	0.096
sz1	< kh	0.008	0.015	0.005	< kh	0.013	< kh	9.712	0.523	< kh	0.086
sz2	< kh	0.004	0.061	< kh	0.135	0.006	0.003	8.257	0.564	0.0025	0.010
sz3	< kh	0.037	0.008	0.002	0.073	0.019	< kh	10.538	0.498	0.0017	0.002
sz4	< kh	< kh	0.012	< kh	0.193	0.009	0.066	8.447	0.236	< kh	0.002
sz5	< kh	0.068	0.160	< kh	< kh	0.008	0.002	5.932	0.635	< kh	< kh
sz6	< kh	0.034	0.140	< kh	< kh	0.008	0.004	8.818	0.527	< kh	0.027
sz7	0.030	0.084	0.097	< kh	0.046	0.010	< kh	8.640	0.391	0.0033	< kh
sz8	< kh	0.010	0.059	0.026	0.204	0.007	< kh	11.362	0.336	< kh	0.024
sz9	0.060	0.078	0.110	0.001	< kh	0.016	0.102	9.646	0.644	0.0033	< kh
o1	0.082	0.522	0.081	< kh	0.438	0.061	0.084	8.261	0.359	< kh	< kh
o2	0.078	0.539	0.082	< kh	0.432	0.062	0.081	8.454	0.364	< kh	< kh
o3	0.076	0.545	0.082	< kh	0.441	0.062	0.083	8.458	0.365	< kh	< kh
p1	0.004	0.006	0.103	< kh	0.304	0.006	0.071	6.093	0.504	< kh	< kh
p2	< kh	0.010	0.104	< kh	0.401	0.006	0.237	6.589	0.506	< kh	< kh
p3	0.025	0.015	0.110	0.001	0.100	0.007	0.025	6.550	0.503	< kh	< kh

kh – kimutatási határ, d – Aldoboly, i – Illyefalva, sz – Szentkirály, o – Olt, p – Illye-patak

Kútvizek kémiai minősítése Illyefalva (Ilieni, Kovászna megye, Románia) község településein

6. táblázat A fő kationok és anionok koncentrációja (mg/l)

Vízminta	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
d1	22.8	2.9	13.3	121.7	32.0	38.3	349.5
d2	14.2	2.7	10.3	88.7	10.5	85.5	268.2
d3	58.3	3.7	29.1	174.2	103.7	16.3	471.4
d4	39.4	4.2	25.6	128.1	113.6	35.2	333.2
d5	33.6	6.9	18.5	142.1	62.8	57.5	349.5
d6	64.1	4.9	37.3	256.6	174.5	261.2	447.0
d7	38.8	3.4	23.6	164.2	91.4	70.1	430.8
d8	61.1	17.5	19.6	145.4	37.1	23.5	642.1
d9	48.6	3.2	20.3	154.3	47.0	39.8	520.2
d10	57.2	3.6	23.9	167.9	82.0	94.9	365.7
d11	80.3	4.5	38.6	255.5	165.6	156.0	528.3
d12	39.7	3.6	22.4	150.9	50.9	48.4	495.8
d13	63.6	3.5	24.2	218.9	109.9	136.3	495.8
i1	74.3	5.1	29.6	150.2	114.6	84.4	479.5
i2	52.5	49.4	28.0	156.1	92.6	90.8	495.8
i3	27.2	13.3	25.8	169.0	66.4	54.0	455.2
i4	29.8	28.8	14.9	133.3	62.3	56.6	430.8
i5	31.1	12.9	15.3	143.1	72.4	59.5	479.5
i6	33.1	13.8	18.8	169.5	59.2	136.8	455.2
i7	24.7	6.2	17.4	157.5	46.5	130.2	406.4
i8	23.9	16.3	17.4	153.0	52.2	112.6	422.6
i9	39.9	11.2	20.7	182.4	76.8	135.3	520.2
i10	67.3	72.2	32.0	202.5	50.1	352.0	568.9
i11	62.0	10.9	32.6	212.9	91.1	207.7	593.3
i12	29.7	2.2	17.9	150.8	44.1	64.6	495.8
i13	48.1	4.9	24.4	158.7	58.1	84.0	471.4
i14	55.6	4.1	23.9	181.3	72.6	81.2	625.8
i15	45.3	17.2	15.6	144.9	28.2	50.8	568.9
i16	62.7	27.6	26.9	236.1	163.9	106.8	666.5
i17	73.3	258.8	24.0	101.0	42.4	121.0	609.6
i18	75.2	18.7	33.9	231.1	166.8	122.4	560.8
sz1	14.1	0.6	13.8	130.3	5.2	7.8	455.2
sz2	50.8	9.8	19.3	171.1	84.7	93.1	390.1
sz3	58.2	8.9	16.6	203.9	106.1	82.7	398.3
sz4	6.0	1.4	5.5	135.8	30.4	10.8	373.9
sz5	83.4	62.4	25.0	202.0	152.6	108.2	682.7
sz6	65.1	61.2	24.0	167.6	94.6	62.8	528.3
sz7	33.6	37.1	15.5	97.6	28.1	30.5	357.6
sz8	13.9	0.7	12.5	92.0	16.8	13.8	243.8
sz9	58.4	63.7	44.7	229.7	204.9	91.7	690.9

d – Aldoboly, i – Illyefalva, sz – Szentkirály, o – Olt, p – Illye-patak

