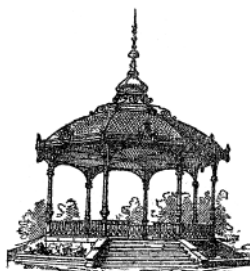


## IRODALOM

- Fónagy Zoltán (2003): Széchenyi István. In: Fónagy Zoltán – Dobszay Tamás: *Széchenyi és Kossuth*. Kossuth, Budapest
- Gazda István (2010): Széchenyi betegségei naplója tükrében – Ein Blick. In: *Három orvostörténetész köszönetése. Tanulmánykötet Birtalan Ákos, Karasszon Dénes és Szállási Árpád köszöntésére*. Johan Béla Alapítvány–Magyar Orvostörténelmi Társaság, Semmelweis Orvostörténelmi Múzeum, Könyvtár és Levéltár–Magyar Tudománytörténelmi Intézet, Budapest
- Gergely András (2006): *Széchenyi István (1791–1860)*. Kalligram, Pozsony
- Grünwald Béla (1890): *Az új Magyarország. Gróf Széchenyi István*. Franklin Társulat, Budapest
- Kosáry Domokos (1981): *Széchenyi Döbblingben*. Magvető, Budapest
- Környei István (1983): Széchenyi István lelki alkata és elmebetegsége. *Orvostörténelmi Közlemények*. 102–104, 9–43.

- Krafft-Ebing, Richard (1886): *Psychopathia sexualis. Eine klinisch-forensische Studie*. Verlag von Ferdinand Enke, Stuttgart
- Kretschmer, Ernst (1922): *Medizinische Psychologie. Ein Leitfaden für Studium und Praxis*. Georg Thieme Verlag, Leipzig
- Lackó Mihály (2001): *Széchenyi eljúl. Pszichotörténelmi tanulmányok*. L'Harmattan, Budapest
- Oplatka András (2005): *Széchenyi István*. Osiris, Budapest
- Rózsa Sándor – Kállai J. – Osváth A. – Bánki M. Cs. (2005): *Temperamentum és karakter: Cloninger pszichobiológiai modellje. A Cloninger-féle temperamentum és karakter kérdőív felhasználói kézikönyve*. Medicina, Budapest
- Salgó Jakab (1890): Politikai pszichiátria. *Budapesti Szemle*. 62, 160, 152–160.
- Schaffer Károly (1923): *Gróf Széchenyi István idegrendszere szakorvosi megvilágításban*. MTA, Budapest
- Vekerdy Tamás (2002): *Széchenyi*. Holnap, Budapest



# Tanulmány

## NÉHÁNY GONDOLAT AZ AJKAI VÖRÖSISZAPÖMLÉS OKOZTA KATASZTRÓFÁRÓL

Szépvölgyi János

az MTA doktora, igazgató,  
MTA Kémiai Kutatóközpont Anyag- és Környezetkémiai Intézet  
szepvol@chemres.hu

2010. október 4-én, 12 óra 30 perckor Ajkán, a MAL Zrt. területén átszakadt a X. számú vörösiszap-tározó nyugati gátja. A tározóból rövid idő alatt 600–700 ezer m<sup>3</sup> vizes-izapos zagy zúdult ki, és elöntötte a közelben fekvő három települést, Kolontárt, Devecsert és Somlóvásárhelyt, valamint mintegy 1000 hektáron a környező mezőgazdasági területeket. A vidéken átzúduló híg izapáradat tíz ember életét követelte, nagymértékben rombolta az épített környezetet, és jelentős károkat okozott a természeti környezetben is.

A kárelhárítás és kármentesítés a katasztrófa bekövetkezése után azonnal megindult. Az ezt irányító Kormányzati Koordinációs Bizottság és a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatósága rövid időn belül megkereste az MTA elnökét, és kérte, hogy egy szakértői bizottság felállításával segítse a katasztrófavédelmi munkákat. Az MTA rendkívül gyorsan reagált a felkérésre, és 2010. október 5-én 10 órára összeállított egy vegyész-mérnökökből, földtani és talajtani szakemberekből, valamint

ökológusokból álló bizottságot. A bizottság tagjai: Anton Attila és Szabó József (MTA TAKI), Demjén Attila és Sípos Péter (MTA GKI), Bíró Péter és Vörös Lajos (MTA BLKI), Szépvölgyi János és Kótai László (MTA KK AKI) és Podani János (ELTE). Az MTA elnöke e sorok íróját bízta meg a bizottság vezetésével.

A szakértői bizottság azonnal a helyszínre utazott, és még október 5-én délután megfogalmazta ajánlásait a kárelhárítással kapcsolatban. A fontosabb javaslatok:

- alaposan ellenőrizni kell a zagy-tározó gátjainak állapotát;
- lokalizálni kell a vörösiszap-szennyezést, meg kell akadályozni a tovaterjedését;
- részletesen meg kell vizsgálni a kiömlött vörösiszap fizikai, kémiai és ökotoxikológiai sajátságait, és meg kell oldani az érintett lakosság közegészségügyi felmérését;
- folyamatosan ellenőrizni kell a felszíni vizek és a talajvíz minőségét, és gondoskodni kell a vizek szükség szerinti védelméről;

- a lakott területeken minél előbb meg kell kezdeni a vörösiszap összegyűjtését és biztonságos helyre szállítását, különös tekintettel a kiszáradás okozta esetleges kiporzás elkerülésére;
- a lakó- és egyéb épületekben, amennyiben statikailag nem sérültek, alapos külső és belső tisztításra van szükség; visszaköltözni csak e munkálatok szakszerű elvégzése után lehet;
- a mezőgazdasági területeken a helyben történő semlegesítés a legfontosabb feladat; eközben különösen figyelni kell arra, hogy a talajt és a környezetet ne terheljük tovább;
- meg kell állapítani, hogy a mezőgazdasági területek és a kertek talaja milyen mértékben károsodott; a későbbiekben meg kell kezdeni a talaj rehabilitációját, a talajvíz minőségének folyamatos monitorozása mellett;
- a legsürgősebb kárelhárítást követően folyamatosan figyelni kell a talaj mikrobiális tevékenységét és a vízfolyások élővilágának alakulását.

Ajánlásainkat továbbítottuk az MTA főtitkárnak, aki azokat rövid úton eljuttatta az illetékes kormányzati szervekhez, és azokat a katasztrófavédelem irányítói még október 5-én elfogadták. A bizottság a későbbiekben is folytatta tevékenységét, immár a Pannon Egyetem, a Károly Róbert Főiskola, a Nyugat-Magyarországi Egyetem és a Magyar Állami Földtani Intézet szakértőivel kiegészülve. A kibővített szakértői kör tevékenységét az MTA főtitkára, Németh Tamás, és főtitkárhelyettese, Csépe Valéria koordinálják.

Talán nem tűnik szerénytelenségnek, hogy a katasztrófa bekövetkezése után több mint egy hónappal elmondhatjuk: ajánlásaink a mai napig helytállóak és érvényesek, és úgy

véljük, segítettek mind az érintett térségben élőket, mind a katasztrófa következményeinek elhárításában résztvevőket a kialakult helyzet kezelésében.

Az MTA és Kormányzati Koordinációs Bizottság Tudományos Tanácsa 2010. október 28-án hozta nyilvánosságra a vörösiszap-katasztrófa elhárításáról, a kármentesítésről és a teendőkről készített összefoglalót.<sup>1</sup> Fontosabb következtetései az alábbiak:

- a szerencsétlenség során radioaktív anyag nem került a környezetbe;
- a vörösiszap veszélyes, de nem toxikus;
- a környezeti károknak és a katasztrófát elszenvedő lakosság sérülésének oka a területet elárasztó vörösiszap magas pH-értéke, azaz a folyadék erősen lúgos kémhatása;
- a környezeti kár, elsősorban a talajszennyezés egy jól elhatárolható területet érint. A szakszerű és szervezett kárelhárítás folyamatos;
- az elöntött területen kívüli régiót környezeti károk nem érték, a beszárado iszaptól származó szállópor nem mutatható ki;
- a katasztrófában érintett területen a felporzásból származó porszennyezés mértéke nem haladta, és nem haladja meg a veszélyes mértéket;
- a katasztrófa által sújtott területeken kívül eső régióban folytatott gazdasági tevékenységet nem érintik a történetek;
- a lakosság testi épségére vonatkozó hosszú távú kockázati tényezők elemzése szakszerű irányítással zajlik.

Eddig a „hivatalos” információk. A következőkben nem elsősorban szakmai részletekről szeretnék írni, hanem néhány, a magyar ipartörténet eddigi talán legnagyobb kárese-

<sup>1</sup> Lásd: <http://www.mta.hu>

ményéhez kötődő gondolatokat szeretném megosztani az olvasóval.

Amikor mintegy négy héttel ezelőtt a *Magyar Tudomány* szerkesztősége felkért, hogy – mint az eseményeket közelről követő szakember – írjak a folyóiratba a vörösiszap-katasztrófával kapcsolatos tapasztalataimról, nem akartam elfogadni a felkérést. Vonakodásom legfőbb oka az volt, hogy csak néhány nap telt el a katasztrófa bekövetkezése óta, és túlságosan lefoglaltak a kárelhárítással kapcsolatos feladatok is, így nem tudtam volna kellő távolságtartással és tárgyilagossággal írni az eseményről. Azóta eltelt négy hét (most november 10-ét írunk), sok minden történt a helyszínen, és újabb tapasztalatokkal is gazdagodtam. Ezek birtokában újból átgondoltam a felkérést, és végül nekiláttam e szabálytalan „dolgozat” megírásának, továbbra is vállalva a szubjektív megközelítés ódiumát.

#### *A vörösiszapról*

A vörösiszap a bauxitból kiinduló alumíniumgyártás első fázisának, a timföld előállításának mellékterméke. Nevét jellegzetes vörös színéről kapta, amelyet a benne levő vas-oxid okoz. A jelenlegi EU-szabályozás (European Waste Catalogue, 2002) szerint a vörösiszap nem minősül veszélyes anyagnak. Az EU eme gyakorlata mögött az a megfontolás áll, hogy a vörösiszap elnevezés – szigorúan véve – a bauxit Bayer-technológiában nem oldható alkotóiból álló maradéokra vonatkozik. Az ezzel együtt technológiai okokból megjelenő, erősen lúgos és emiatt maró hatású nátriumhidroxid-oldat, melynek mennyisége a feldolgozási maradék utókezelési és lerakási módszereitől függően változik, nem a szilárd maradék alkotója. Ezért az angol nyelvű szakirodalomban a vörösiszapot egyre gyakrabban nem *red mud*-nak, hanem *bauxite*

*residue*-nak hívják. Ugyanakkor mind a hazai szakmai, mind a szélesebb közvélemény vörösiszap alatt a Bayer-technológiából kikerülő, mintegy 30% szilárd anyagot tartalmazó, erősen lúgos, híg zagyot érti. Ezért amikor a vörösiszap környezeti hatásairól beszélünk – aminek az ajkai katasztrófa különös aktualitást ad – akkor együtt, egymással összefüggésben jelennek meg a magas lúgtartalom (az erősen lúgos jelleg) miatti egészségügyi és környezeti kockázatok és a szilárd feltárási maradék fémtartalmára vonatkozó aggályok. A fő probléma, hogy e két lehetséges kockázati tényező (ti. a lúgos jelleg és a fémtartalom) sokszor még a katasztrófához kapcsolódó szakmai kommunikációban sem különül el egymástól, nem is beszélve a nem szakmai indíttatású állásfoglalásoktól. Ez számos téves megnyilatkozáshoz és félreértéshez vezetett az elmúlt időszakban.

#### *A vörösiszapömlés okozta környezetszennyezésről*

Végezzünk egy közelítő számítást a vörösiszapömlés okozta környezetszennyezés mértékére. Az ajkai X. tározóból mintegy 700 ezer m<sup>3</sup> olyan lúgodat zúdult ki, amelynek szárazanyag- (vörösiszap) tartalma – konzervatív becslések szerint – 10% volt. A lúgos-iszapos folyadék közelítőleg 1000 hektár<sup>2</sup> területet öntött el. Ha feltételezzük, hogy a híg zagyból a szilárd anyag teljes tömegében és egyenletesen kiülepedett az érintett területen (ami természetesen nem igaz, de ahhoz, hogy némi „szemmértékünk” legyen a környezetterhelésről, fogadjuk el ezt a hipotézist) akkor a fenti számokból következően 1 hektárnyi területre kb. 8,5 kg vörösiszap jut, és ez mintegy 0,4–0,5 cm vastagságban borítja be az

<sup>2</sup> 1 ha = 100 × 100 m = 10 000 m<sup>2</sup>

adott területet. Ezen becslés, a kiömlő folyadék erősen lúgos jellege, valamint a vörösiszap jellemző összetételi és kioldódási értékeinek ismeretében<sup>3</sup> nem meglepő azon megállapítás, amelyet a katasztrófát követően végzett nagyszámú mérés is bizonyított, nevezetesen, hogy a vörösiszapömlés egészségügyi és környezeti hatásai és az okozott károk nem magának a bauxit feltárási maradékának, hanem a vele együtt tárolt lúgos oldatnak tulajdoníthatók. Az MTA szakértői bizottságának tagjai kezdetől fogva ezt kommunikálták, és ez tükröződik az október 28-i összefoglaló jelentésben is.

#### A kárelhárításról

A kárelhárítási és kármentesítési munkálatokat irányító Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság és az őket segítő szervezetek munkatársai és mindenki, aki részt vett a károk felszámolásában, sokszor emberfeletti munkát végeztek, és ezért minden tisztelet megérdemelnék. Tevékenységüknek köszönhetően a térségben lassan konszolidálódnak a viszonyok, és az élet kezd visszatérni a korábbi mederbe. Ugyanakkor még nagyon sok a teendő, például a megfelelő lakhatási feltételek biztosításában, a mezőgazdasági területek rehabilitációjában vagy az ott élő embereket sújtó sokkhatás kezelésében.

Ismét bebizonyosodott, hogy katasztrófa helyzetben milyen erős a társadalmi szolidaritás. A károsultak nagyon sok segítséget kaptak életük továbbviteléhez, önkéntes felajánlások és adományok révén.

A kárelhárítás kapcsán érdemes szólni a Katasztrófavédelmi Főigazgatóság kommu-

<sup>3</sup> Terjedelmi okokból itt nem közlünk ilyen adatokat, de például az MTA, vagy a Közép-Dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség honlapján ezen adatok egy része hozzáférhető.

nikációjáról. A kezdeti, néhány órás bizonytalanság után professzionális módon, tényszerűen és körültekintően tájékoztatták a helyi lakosságot és az ország közvéleményét az aktuális helyzetről és a várható fejleményekről. Ez a kommunikáció nagyban hozzájárult a valós helyzetkép kialakításához és a lakosság megnyugtatásához.

#### A „katasztrófakommunikációról”

A fentiek nem mondhatók el a környezetvédelem kormányzati irányítóinak megnyilvánulásairól. Ezekre inkább a permanens veszélyhelyzet és fenyegetettség hangsúlyozása, mintsem a szakmailag alátámasztott és a helyzet kellő átgondolásán és mérlegelésén alapuló tájékoztatás volt jellemző. Kezdetben volt a „sugárveszély”, ezt követte a „nehézfémveszély”, majd a „porveszély”.

Tévedés ne essék, nem arról van szó, hogy fontos vagy akár mellékes információkat el kell hallgatni, vagy a potenciális veszélyeket alá kell becsülni. Mindkettő súlyos hiba volna. De ezzel összemérhető hiba az is, hogy amikor a vörösiszapról rendelkezésre álló korábbi mérési adatok és a helyszínen vett mintákon végzett friss mérések is arra utalnak, hogy például a vörösiszapban levő nehézfémek az adott körülmények között csak nagyon kis mértékben mobilizálódnak, és koncentrációjuk már rövidebb idővel az áradat átvonulása után mind a felszíni vizekben, mind a talajokban a jogszabályokban előírt határérték alatt van, még napokig a lakosság egészségét veszélyeztető nehézfémterhelésről beszélünk. Ugyanez érvényes a sugárveszéllyel és porterheléssel kapcsolatos megnyilvánulásokról is. Az érintett térségben a vörösiszapömlés után órákon belül mérni kezdték a sugárterhelést és a levegő porterhelését is, és a méréseket azóta is folyamatosan végzik. Nagyon

rövid időn belül megállapították, hogy a vörösiszap kifolyásából eredő sugárterhelés mértéke elhanyagolható, és ez a mai napig érvényes. A porszennyezés pedig Kolontár, Devceser és Somlóvásárhely térségében, egy-két kiugró értéktől eltekintve, az október 4. óta eltelt időszakban nem érte el az egészségügyi határértéket.

A vörösiszap-katasztrófával kapcsolatos kommunikáció kapcsán szeretnék kitérni az általam *Greenpeace-jelenségnek* nevezett média-megnyilvánulásra is. Fontos leszögezni: független civilszervezetek működésére, az általuk végzett szakmai ellenőrzésre, felelős véleménynyilvánításukra és emberi segítségükre minden társadalomnak szüksége van. Ez azonban nem jogosítja fel e szervezeteket arra, hogy a minél szélesebb érdeklődés felkeltése érdekében a tárgyilagosságot és adott esetben a szakmai szempontokat háttérbe szorítsák nyilvános megjelenéseikben. Ez hosszabb távon nekik sem érdekük.

A Greenpeace Magyarország 2010. október 8-án tartott sajtóértekezletén a szervezet vezetői elmondták, hogy a munkatársaik által október 5-én, a Kolontár belterületén levő vízvezető árokból vett vízmintákban lite-renként 0,25 mg arzén található, ami huszontötször nagyobb, mint az ivóvízre megengedett egészségügyi határérték. Továbbá, hogy az ugyancsak Kolontár belterületén vett vörösiszapmintákban egy osztrák intézet mérései szerint 110 mg/kg arzén, 660 mg/kg króm és 1,3 mg/kg higany található. Az arzéntartalom-ból arra következtettek, hogy a vörösiszap által elöntött területekre összesen 50 tonna arzén került ki.

Melyek azok a szakmai problémák, amelyek a Greenpeace sajtóértekezletével és az ott elhangzottakkal kapcsolatban felmerülnek? Három ilyen problémát látok, ezek a követke-

zők: (1) a mintavétel megfelelősége és reprezentatív jellege, (2) a mérési eredmények értelmezése és (3) az eredményekből olyan következtetések levonása, amelyek azokból nem következnek.

Ad (1) A Greenpeace munkatársai a vizsgálatok alapjául szolgáló két mintát október 5-én délután vették Kolontár belterületén. A vörösiszapmintát egy nyitott vízvezető árok mellől, a vízmintát, ami valójában híg iszapos-agyagos zagy volt, pedig magából az árokból. A mintavételt rögzítő videofelvétel a Greenpeace honlapján<sup>4</sup> megtekinthető. A felvételen jól látszik, hogy a mintavételi helyek környékén az áradat által elsodort tárgyak találhatók. Nagyon valószínű, hogy maga a vörösiszapmintát és a vízmintát is szennyeződött részben talajjal, részben a lúgáram által elragadott más anyagokkal. Szakmai protokollok alapján ezek a minták semmiképpen nem tekinthetők jellemző átlagmintáknak.

Ad (2) Egy lakott területen belüli, útmenti vízvezető ároknál általában nem várjuk el, hogy abban ivóvíz minőségű víz folyjék. Különösen indokolatlan ez az elvárás 2010. október 5-én délután, Kolontár belterületén. Ezért a mért arzéntartalmat az ivóvízre megadott 0,01 mg/l határértékhez viszonyítani, és az eredményt ennek megfelelően értelmezni, szakmailag legalábbis kérdéses. Ráadásul október 8-án, a sajtóértekezlet időpontjában már rendelkezésre álltak az érintett térség más pontjairól, ugyancsak október 5-én gyűjtött minták elemzési adatai is, és ezek a Greenpeace által közöltnél alacsonyabb, 0,035–0,045 mg/l-es arzénkoncentrációt mutattak.

Ad (3) Egyetlen pontszerű, ráadásul reprezentatív több okból sem tekinthető mintavétel adataiból egy 1000 hektáros terület

<sup>4</sup> <http://www.greenpeace.hu>

arzénszennyezettségére (lásd 50 tonna arzén kikerülése) nem szabad következtetéseket levonni. Ez sem a szakma, sem a korrekt tájékoztatás szempontjából nem megengedhető.

#### Az MTA szerepéről

Amint utaltam rá, az MTA vezetése gyorsan reagált a Katasztrófavédelmi Főigazgatóság megkeresésére, és órák alatt felállította szakértői csapatát. Azért tehette ezt meg, mert az MTA intézeteiben és a hazai egyetemeken végzett korábbi és most is folyó kutatások eredményeként rendelkezésre álltak azok a szakmai ismeretek és gyakorlati tapasztalatok, amelyek a hatékony szakértői munkához szükségesek voltak. Remélhetően nemcsak a tragikus esemény kapcsán, hanem a későbbiekben, jóval „szelídebb” körülmények között is igényt tartanak az illetékesek az MTA kutatóinak közreműködésére például környezetvédelmi, gazdasági vagy társadalmi problémák megoldásában.

Korábbi felmérések szerint a Magyar Tudományos Akadémiát a hazai közvélemény az egyik legmegbízhatóbb és leghitelesebb intézménynek tartja. Ezért talán hihető, hogy szakértői munkánkat kizárólag szakmai szempontok alapján, a segítő szándék jegyében végezzük.

Az MTA a lehető legszélesebb együttműködésre törekszik a hazai kormányzati szervekkel és szereplőkkel, s az egyéb független szervezetekkel, környezetvédelmi kérdésekben például a Greenpeace-szel is. Ez magának az Akadémiának is, de vélhetően az érintett szervezeteknek is érdeke. Mindaz, amit a vörösiszap-katasztrófával kapcsolatban a fentiekben leírtam, nem a konfliktusok kielezésére, hanem a tanulságok levonására és a további együttműködés jobbá tételére irányul.

Kulcsszavak: *vörösiszap-ömlés, MTA, kárelhárítás, egészségügyi kockázat, környezetterhelés, kommunikáció*

#### IRODALOM

*European Waste Catalogue and Hazardous Waste List.* EPA Ireland, 2002 (ISBN 1-84905-083-8)



# HÉVIZEINK ÉS HASZNOSÍTÁSUK

Székely Ferenc

az MTA doktora,  
HYGECON Kutató és Szolgáltató Kft.  
fszekely@vnet.hu

#### 1. Bevezetés

Az utóbbi két évtizedben mind felhasználói, mind befektetői oldalról örvendetesen megnőtt a hévizek iránti érdeklődés. A fürdőfejlesztés látványos eredményei széles körben ismertek és megtapasztalhatók, a geotermikus hő hasznosításának előnyeit pedig a beruházás kockázatait is vállaló közösségek és vállalkozások élvezhetik. A fosszilis energiaforrások szűkülése és a kapcsolódó környezeti problémák fokozódása vonzóbbá tette az alternatív energiaforrások felhasználását (Vajda, 2001). Ezek között hazánkban jelentős szerepet játszhat a hévízkinccs. A hasznosítás megítélése során esetenként szélsőséges vélemények is napvilágot látnak. A hévizek területén dolgozó szakemberek ezen a területen megalapozott és jelentős fejlesztési lehetőségekkel számolnak (Mádlné Szőnyi et al., 2009).

A jelenlegi hazai szabályozás szerint hévíznek nevezzük a 30 °C-nál melegebb felszínalatti vizeket. Ez a hőmérsékleti határ országonként eltér, Magyarországon 1985 előtt 35 °C volt a határérték. A European Geothermal Energy Council (EGEC) meghatározása szerint geotermális energia a Föld felszíne alatt található hőenergia. A hévizek hasznosítása nemzetközi és hazai egyesületek (International Geothermal Association – IGA, European Geothermal Energy Council – EGEC, Ma-

gyar Geotermális Egyesület – MGE, Magyar Termál Energia Társaság – MTET) programjában szerepel. A témakört különböző értékelések és állásfoglalások (például a kisteleki deklaráció) elemzik.

Hévizeinkkel kapcsolatban számos kutatási eredmény született, és több publikáció látott napvilágot. Ezek összefoglaló értékelése nem lehet célja egy rövid dolgozatnak. Munkámban elsősorban hévizeink előfordulásának és hasznosításának kérdéseit igyekeztem a tájékozódni kívánó olvasó számára áttekinthető formában rendszerezni és néhány modelltanulmány ismertetésével bemutatni. A hazai hévizek állapotának és hasznosításának helyzetét a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Rt. (VITUKI) által, több közreműködő szakember bevonásával készített áttekinthető jelentés (Lorberer, 2004) adatain keresztül ismertetem.

#### 2. A földi hőáram, a napenergia és a kőzetek hőmérséklete közötti kapcsolat

Jelenlegi ismereteink szerint a Föld döntően radioaktív eredetű geotermikus teljesítménye 40 TW (Mádlné Szőnyi, 2006). A földfelszín napsugárzásból származó 76 PW energiafluxusa (Vajda, 2001) ezt közel kétezerszeresen meghaladja. A Föld felszíni hőmérsékletét alapvetően tehát a Nap elnyelt sugárzási energiája alakítja.