

## NEMZETKÖZI ÁTTEKINTÉS A KARSZTOK SÉRÜLÉKENYSÉ- GÉNEK MINŐSÍTÉSI MÓDSZEREIRŐL

LÓCZY DÉNES

Pécsi Tudományegyetem, Földrajzi Intézet, Természetföldrajzi Tanszék  
7624 Pécs, Ifjúság útja 6. loczyd@gamma.ttk.pte.hu

*Abstract: With aggravating human impact, the vulnerability of karst areas is an increasingly important research topic in land evaluation. In the international literature three fundamental approaches prevail: 1, mapping (GIS application); 2, parametric systems; 3, systems-based hydrological models. The paper enumerates the best-known approaches and describes and evaluates the DRASTIC and the British Columbia methods as examples.*

### Bevezetés

A Föld minden kontinensén megtaláljuk a sajátos természetföldrajzi feltételekkel jellemezhető karsztvidékeket (*VERESS* 2004):

1. Felszíni vízhalózatuk ritka. A mélybe jutó vizek az üregesedést segítik, a felszín rendszerint fennsíkként konzerválódik.
2. A felszínen sok, nagyrészt lefolyástalan mikroforma alakulhat ki.
3. Mivel a karsztosodás lényege az oldódás, a felhalmozódásos formák elsősorban oldatból csapódnak ki, leginkább a rés- és barlangrendszerekben, ill. azok kijárataiban.
4. A nem karsztosodó kőzettel, ill. talajjal való borítottság erősen befolyásolja a karszt fejlődését, így közvetve sérülékenységet is.

Más tájakhoz hasonlóan a karsztvidékek is változatos funkciókat tölthetnek be (*LÓCZY* 2002), így tájértékelésük is többféle megközelítésből történhet (*1. ábra*). Magyarországon is nagy hagyományai vannak, pl. a karsztok természetvédelmi (*MÓGA-HORVÁTH* 2004), talaj- és növényzeti (*HOYK* 1999), átfogó tájökológiai (*KEVEINÉ BÁRÁNY* 2002) minősítésének. A karsztvidékek többféle alkalmazott, *gyakorlati* szempontú értékelése közül a vízellátási, rekreációs, erdő- és mezőgazdasági, mérnökgeológiai jelentőségük (beépítési potenciál) alapján végzett vizsgálatokat lehet kiemelni (*HASHIMOTO et al.* 1982). A változatos lehetőségek közül a jelen tanulmány talán a legfontosabbat, a karsztvidékek sérülékenységi vizsgálatát (vulnerability assessment – *CHATWIN* 1999) emeli ki, amely a karsztok antropogén terhelésének megnövekedésével az ilyen vidékek tájértékelésének legfontosabb feladatává vált. Mivel ennek eljárásai Magyarországon még alig ismertek, s a Karsztfejlődés konferenciák témái között sem szere-

peltek, egy hazai kutatás megkezdése előtt hasznos áttekinteni a nemzetközi előzményeket.



1. ábra Karsztvidékek tájértékelésének megközelítései  
 Fig. 1: Approaches to the land evaluation of karst regions

### A sérülékenység fogalma

A sérülékenység az angol és a francia nyelvű irodalomban ugyan már elég egységesen értelmezett fogalom (VRBA-ZAPOROZEC 1994), de más nyelvekben (így a magyar szaknyelvben is) csak mostanában honosodik meg. A Környezet- és Természetvédelmi Lexikon új, átdolgozott kiadásában (LANG 2002) sérülékenység helyett egy más jellegű fogalom, a „talajok környezeti érzékenysége” szerepel. Bár a szerzők hangsúlyozzák a pontos definíció szükségességét, ebben a témakörben mégsem fogalmazznak következetesen. A legutóbbi évekig hasonló volt a helyzet külföldön is. Egy mértékadó német tájértékelő monográfia (BASTIAN-SCHREIBER 1999) sem említi meg a sérülékenységet, szintén csupán „káros hatásokra való érzékenységgént” (Empfindlichkeiten gegenüber Beeinträchtigungen) írja körül.

A szűkebb értelemben vett sérülékenységi vizsgálatoknak nem célja, hogy megállapítsák, milyen mértékű a szennyeződés kockázata, hiszen az utóbbi összetettebb fogalom. A sérülékenység (vulnerability) csupán arra vonatkozik, hogy bizonyos külső hatás (elsősorban valamilyen szennyeződés) könnyen terjed-e a rendszerben, milyen mértékű károkat okoz a vizsgált közegben. A veszélyforrás (hazard) fogalma arra vonatkozik, milyen fajta és mértékű ez a hatás. A sérülékenységi térkép azt mutatja be, hogy az érintett népesség vagy környezet mennyire érzékeny a szóban forgó veszélyforrásra, a kockázattérkép (risk map) pedig számszerűsíti annak a valószínűségét, hogy valamilyen típusú és intenzitású, kárt okozó esemény be is következik (McCALL-MARKER 1989). Magát a kockázat mértékét ( $R$ ) a veszély valószínűségéből ( $H$ ), a sérülékenységből ( $V$ ) és a veszélyeztetett elemekből ( $E$ ) számítják ki (VARNES-IAEG 1984):

$$R = HVE.$$

A legegyszerűbben fogalmazva: a veszélyforrás tehát valamilyen kedvezőtlen környezeti hatás, a sérülékenység a várható következmények súlyossága, a kockázat a nem kívánatos események eshetősége, a természeti csapás, katasztrófa (disaster) pedig ezek bekövetkezése.

### **A karsztos vízbázisok sérülékenysége**

Felvetődik a kérdés: miért érzékenyebbek a karsztok, ill. a bennük tározott vízkészlet a szennyeződésre, tehát miért sérülékenyebb, mint más vízbázisok (Kentucky Geological Survey, 2005)? A karsztok sérülékenysége az alábbiakból fakad:

1. A tározó kőzetbe víznyelőkön át részben közvetlenül jut be a csapadékvíz, nem szivárog át „talajszűrőn”.
2. Arra sincs lehetőség, hogy az esetleges szennyező anyagok a járatokban áramló vízből kiszűrődjenek, megkötődjenek.
3. A szennyező anyagok mozgását nem lehet olyan könnyen megfigyelni, mint a felszíni vízfolyásokban.
4. Terjedési pályáik nem állapíthatók meg egyszerűen a felszín domborzatából.
5. A karsztos víztározóban jóval gyorsabban áramlik a víz, mint a szemcsés tározókőzetben, ezért havária esetén kevés idő van az érintett felhasználók riasztására.
6. A vízvezető járatok összetartó rendszert alkotnak, ezért a szennyeződés nem oszlik el, nem hígul fel.

A fenti sajátosságoknak megfelelően a karsztok sérülékenységi értékelésére a nemzetközi szakirodalomban a más felszíneken megszokottaktól némileg eltérő módszereket javasolnak (ZWAHLEN 2003). A kiterjedt karsztvidékekkel büszkélkedhető Franciaországban, pl. már jó három évtizeddel ezelőtt hidrogeológiai és geomorfológiai térképezés segítségével tárták fel a sérülékenység területi különbségeit, és ebből a szempontból rangsorolták a karsztvidékeket (ALBINET-MARGAT 1970). A („szemcsés” és résvízartó) vízbázisok sérülékenységi vizsgálatára kidolgozott eljárásokat három csoportba szokás sorolni (I. táblázat).

1. térképezési (manapság GIS) eljárások;
2. paraméterrendszerű (analitikus) rendszerek;
3. rendszerszemléletű hidrológiai modellek.

I. táblázat  
Table I.

Néhány a legismertebb sérülékenységi minősítő rendszerek közül  
Major vulnerability assessment systems: a selection

	módszer	hivatkozás	jellemzők		
			talaj	hidrológiai	egyéb
térképező módszerek	BRGM	ALBINET, M. & MARGAT, J. 1970	víztározás	vadózus öv hatása; víztükör mélysége; karsztvíz jellemzői; vezetőképesség	-
	USGS	BERG, R.C. & al. 1984	szövet; fizikai, kémiai tul.	vízutánpótlás; víztükör mélysége; karsztvíz jellemzői	domborzat
	Minnesota	Geologic Sensitivity WG 1991	szövet	víztükör mélysége; karsztvíz jellemzői;	-
	AVI	STEMPVOORT, D. van & al. 1993	szövet; vízáteresztés	vadózus öv hatása; vezetőképesség	-
paraméterrendszerek	PESTANS	ENFIELD, C.G. & al. 1982	hézagterefogat; vízáteresztés; sűrűség	vízutánpótlódás	szennyeződés jellemzői
	PRZM	CARSEL, R.F. & al. 1985	telítettség	vízutánpótlódás; víztükör mélysége	-
	DRASTIC	ALLER, L. & al. 1987	szövet	vízutánpótlódás; vadózus öv hatása; víztükör mélység; karsztvíz jellemzői; vezetőképesség	domborzat; tározóközet jellege
	VULPEST	VILLENEUVE, J.P. & al. 1987	szövet; szerves anyag; hézagterefogat; vízáteresztés; sűrűség	vízutánpótlódás	növ.borítottság; szennyeződés jellemzői
	EVARISK	BANTON, O. & al. 1997	szövet; szerves anyag; telítettség; egyéb fizikai, kémiai tul.	víztükör ingadozása; vízutánpótlódás; vadózus öv hatása	növ.borítottság; hőmérséklet; domborzat

	módszer	hivatkozás	jellemzők		
			talaj	hidrológiai	egyéb
	EPIK	DOERFLIGER, N. & al. 1999	-	vadózus öv hatása	epikarszt; növényborítottság; karsztfejlettség
	SINTACS	CIVITA, M. & DE MAIO, M. 2000	szövet; víz tározás	vízutánpótlódás; vadózus öv hatása; vízűkör mélysége; karsztvíz jellemző; vízvezetés	domborzat; lefolys-sűrűség
modellelés	SCAM	ZAPOROZEC, A. 1985	szövet; szerves anyag; vízáteresztés; egyéb fizikai, kémiai tul.	vadózus öv hatása	-
	WISM	SCHMIDT, R.R. 1987	szövet; telítettség; vízáteresztés	vadózus öv hatása; vízűkör mélysége	-
	GOD	FOSTER, S.S.D. 1987	szövet	vadózus öv hatása; vízűkör mélysége; karsztvíz jellemző	-
	Minnesota Model	TROJAN, M.D. & PERRY, J.A. 1988	vízáteresztés	vízutánpótlódás; vadózus öv hatása; vízűkör mélysége; karsztvíz jellemző	vegyi tulajdonságok, kiválások; domborzat
	SEEPAGE	MOORE, J.S. 1990	szövet; szerves anyag; vízáteresztés; egyéb fizikai, kémiai tul.	vadózus öv hatása; vízűkör mélysége; karsztvíz jellemző	domborzat; távolság a szennyeződéshelyétől
	FAVA	ARTHUR, J.D. & al. 2005	vízáteresztés	vízűkör mélysége; karsztvíztározó közettani jellemzői	domborzat; zárt felszíni mélyedések; lefolysási viszonyok környezetföldtani jellemzők

Magyarországon a Keszthelyi-hegységre készült sérülékenységi vizsgálat (SZŐNYI-MÁDL-FÜLE 1998), amelyben a beszivárgásra (domborzat, vízutánpótlódás, a felszíni és a felszín alatti vizek kapcsolata, karsztüregek, vezető tektonikai elemek), a vadózus övre (talajborítás, a karsztvízűkör mélysége, ingadozása), ill. a karsztvíztározóra vonatkozó (vízvezető képesség, vízmozgás iránya, felszín alatti vízvásztók stb.) paramétereket vettek figyelembe.

### Példa paraméterrendszerű eljárásra: a DRASTIC index

A szakértők számára kézenfekvőnek tűnik, hogy a karsztvidékekre olyan mutatót kell alkalmazni, amely a felszín alatti vizek sérülékenységének osztályozásában máshol már „bevált”. Annak megállapítására, hogy a rétegvizek milyen mértékben érzékenyek a különböző eredetű szennyeződésekre, a

legelfogadottabb talán a DRASTIC betűszóval jelölt amerikai módszer használata (ALLER *et. al.* 1987). Kanadában, Izraelben, Ausztráliában, majd az Európai Unió több országában is elterjedt (elsőként Portugáliában alkalmazták – LOBO-FERREIRA-OLIVEIRA 1997). Magyarországon is történtek erre kísérletek (TÓZSA 2001). A módszert nagy pórustérfogatú szemcsés, tehát nem karsztos víztartó kőzetek sérülékenységi elemzésére dolgozták ki. A hét tényezőt, amelyekből a mutató összetevődik, nem a névben szereplő betűsorrendben, hanem logikusan átrendezve érdemes tárgyalni:

- a. A helyzeti tényezőt a talajvíztükör felszín alatti mélysége (D) adja.
- b. A domborzat (T) adatait digitális terepmodellből nyerik, elsősorban a lejtés szögére van szükség.
- c. A rendszer dinamikájára utal a vízutánpótlódási faktor (R).
- d. Anyagi tulajdonságokat fejez ki a tározókőzet (az adott esetben a karsztos kőzet) jellege (A),
- e. vízáteresztése (C),
- f. a vadózus öv hatása (I) és a
- g. talajtípus (S).

Az index kiszámításakor a fenti faktorok különböző súlyokat kapnak: a D és az I 5-öt, az R 4-et, az A és a C 3-at, az S 2-t, a T pedig 1-et. A módszer karsztokra történő alkalmazásában módosításokat kell tenni. A D tényező semmiképpen sem lehet olyan jelentős, mint az eredeti változatban, hiszen szűrőhatással, a szivárgási távolsággal történő fokozatos „*lecsengésével*” nem számolhatunk, ezért a víztükör mélységét valamilyen, a karsztos vízvezető formák sűrűségére vonatkozó paraméterrel szokás helyettesíteni. Ennek a feltételnek a tükrében lehet meghatározni a C tényező valós értékét is, mivel az ebben az esetben nem tekinthető a kőzet-repedezettség és -rétegzettség egyszerű függvényének. A DRASTIC módszer előnye, hogy a földtani térképezéskor általánosan alkalmazott, s így földrajzi információs rendszerbe jól beépíthető, egyszerű, könnyen összegezhető paramétereken alapul.

### **Példa távérzékelés és információs rendszer alkalmazására a karsztok sérülékenységi vizsgálatában: a brit-columbiai módszer**

Kanada legszebb karsztvidékei a Sziklás-hegységben, Brit-Columbia tartományban található. A tartományi Környezetvédelmi Minisztérium az 1990-es években bizottságot hozott létre a természeti erőforrások katasztrofizálására. Ebben azokra a gazdag tájértékelési hagyományokra is alapoztak, amelyek Kanadában az 1960-es évek óta alakultak ki (LÓCZY 2002). A bizottságon belül a karsztvidékek „*feltározására*” külön csoport szerveződött.

Zárójelentése (BC Ministry of Forestry 2003) világszerte az egyik legrészletesebb és legkorszerűbb módszertani dokumentum, tuajdonképpen kézikönyvként is használható. Térképezési egységenként, poligononként állapítja meg az általános sérülékenység mértékét. Először a karsztosodás mértékének jellemzésére kidolgozott paramétereket közlik (*II. táblázat*).

*II. táblázat  
Table II.*

*A kanadai vizsgálatban felhasznált karsztosodási paraméterek és relatív jelentőségük. P = elsődleges jelentőségű tulajdonság (BC Ministry of Forestry 2003 nyomán, egyszerűsítve)  
Karstification parameters and their relative significance in the Canadian system. P = primary property (after BC Ministry of Forestry 2003)*

<i>paraméter</i>	1.	2.	3.	4.	5.	
<i>az epikarszt fejlettsége</i>	ismeretlen (u), nem látható (n)	gyengén fejlett (s) – ritkán (>2 m-re) sekély (<0,5 m mély) oldódásos formák	közepesen fejlett (m) – közepes táv.-ban (<2 m) 0,5-1 m mély formák	jól fejlett (h) – sűrűn (<0,5 m), mély (1- 2 m) formák	erősen fejlett (i) – nagyon sűrűn (<0,25 m), mély (>2 m) formák	P
<i>a felszíni karsztfarmák sűrűsége (forma/ha)</i>	nincs megfigyelt v. feltételezett forma	kicsi (1-5)	közepes (5-10)	nagy (10-20)	igen nagy (>20)	P
<i>a felszín alatti karszt fejlettsége</i>	felszíni vízhálózat, üreg nem feltételezhető	nincs barlangbejárat, de bűvópatak van a közzethatáron	ismert barlangbejárat, bűvópatakok, források	-	-	P

A karsztos felszínformákat az alábbi csoportokba osztják:

- barlangnyílások;
- pozitív formák (pl. humok);
- negatív formák (pl. töbrök, hasadékkarrok);
- vonalas elemek (pl. peremek, szurdokok);
- laterális formák (pl. sziklaívek, -hidak);
- a vizek eltűnésének és felbukkanásának helyei (víznyelők, ill. karsztforrások).

Térképi jelölésükre a Nemzetközi Barlangtani Unió (IUS) által javasolt jelkulcs módosított változatát használják (IUS 2005). A felszíni karsztfarmák sűrűségét a távérzékeléses forrásanyagokból a felszín érdekessége alapján is meg lehet becsülni. A terület jellemzését további – közettani és domborzati – paraméterek egészítik ki (*III. táblázat*). Külön figyelmet szentelnek a karsztos kisformák felszíni eloszlásának (*IV. táblázat*).

III. táblázat  
Table III.

A Brit-Columbia-i karsztok felmérésében és sérülékenységi vizsgálatában felhasznált kőzet- és domborzati paraméterek. S = másodlagos; T = harmadlagos (BC Ministry of Forestry 2003 nyomán, egyszerűsítve)  
Rock and topographic parameters in the vulnerability assessments of karsts in British Columbia. S = secondary; T = tertiary property (after BC Ministry of Forestry 2003)

paraméter	1.	2.	3.	4.	5.	
oldódó kőzetek megnevezése	köcs (kód: s)	gipsz (g)	dolomit (d)	mészkö (ls)	-	S
oldódó kőzetfajták aránya a poligonban (%)	<10 (X-1)	10-20 (X-2)	20-50 (X-3)	50-80 (X-4)	>80 (X-5)	S
a felszíni kőzet vastagsága (cm), az alapkőzet felszínre bukkánása	2-20, gyakori (x)	20-50, többszöri (s)	50-100, kevés	100-200, ritka	>200, nincs	S
felszínalakító folyamat	hólavina (-A)	folyó oldalazó eróziója (-B, -E <sup>A</sup> ), parterózió (-I, -J)	szélerózió (-D)	csuszamlás (-F), törmelékfolyás (-V)	karsztos süllyedések (-K, -P)	T
lejtőkategória(°)	igen meredek (>25)	meredek (15-25)	közepes (10-15)	enyhe lejtő (5-10)	sík (<5)	T
lefolyásviszonyok	kítűnő	jó	közepes	gyenge	-	T
sérülékenység általános foka	kicsi (L)	közepes (M)	nagy (H)	nagyon erős (V)	-	
a terepi megkutatottság mértéke (%)	teljes – 75-100	nagy – legalább kétszer felvételezett poligon – 50-75	közepes – egyszer felvételezett poligon – 20-50	kicsi – csak interpoláció v. műholdkép adat – <20	-	

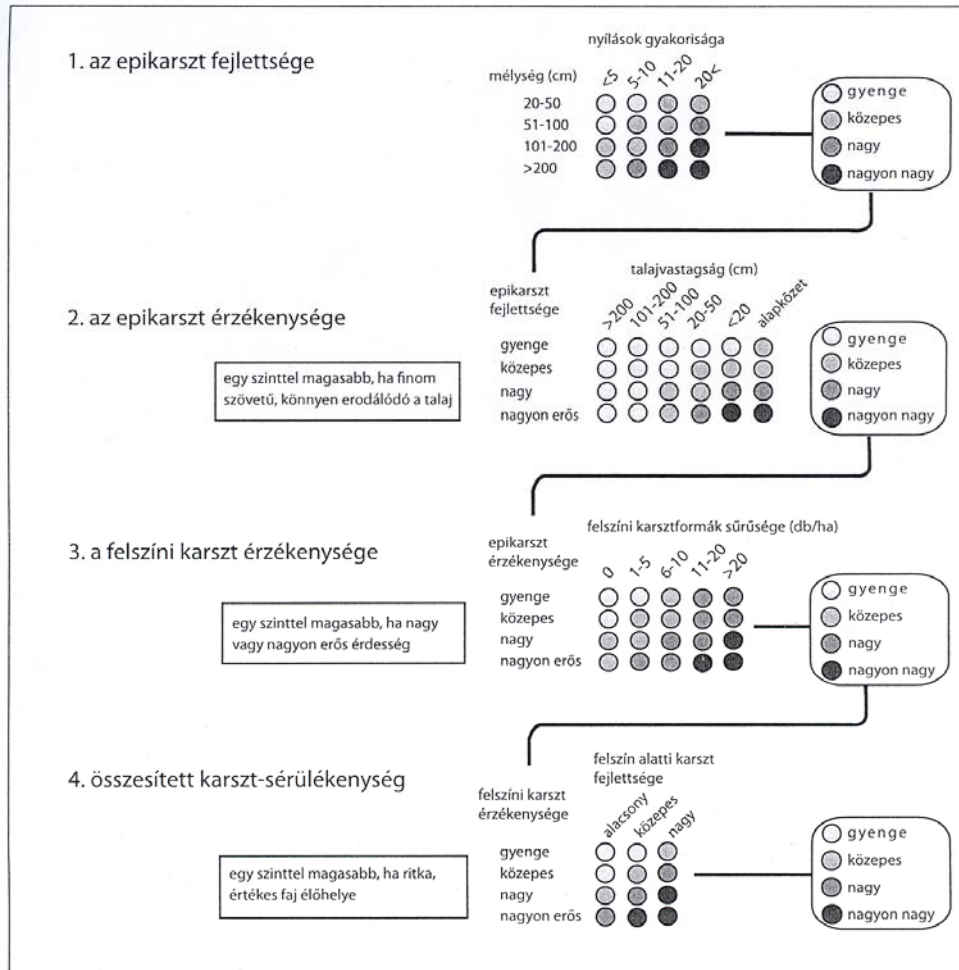
A sérülékenység értékelése négy lépésben történik (2. ábra). A karsztvidék jellemzőit relatív jelentőségük (P, S vagy T) szerinti sorrendben minősítik – természetesen számos további kiegészítő táblázat felhasználásával. Először az epikarszt fejlettségét, majd – a fedő talaj alapján – érzékenységét, majd a felszíni, végül pedig a felszín alatti karszt érzékenységét minősítik.

IV. táblázat  
Table IV.

A karsztos mikroformák (másodlagos tulajdonság, S) térképezése  
Mapping karstic microfeatures (secondary property, S)

kód	a mikroformák és elhelyezkedésük leírása
kc	humok és mélyedések sűrű hálózata (<50 m táv. a humok között, >10 m magasságkülönbség)
kh	közepesen sűrű hálózat (50-100 m, 5-10 m magasságkülönbség)
kw	ritka hálózat (>100 m, <5 m magasságkülönbség)
kb	karsztos párkányok, lépcsők (<50 m szélesek, nem térképezhetők)
ki	sok mélyedéssel (pl. dolinák) erősen tagolt karsztos felszín
km	kevésbé tagolt karsztos felszín helyenként mélyedésekkel
ks	kissé tagolt karsztos felszín





2. ábra A sérülékenység értékelésének négy lépése (forrás: BC Ministry of Forestry 2003)  
 Fig. 2: Four steps in vulnerability assessment (source: BC Ministry of Forestry 2003)

A módszer előnye, hogy

- a lehető legjobban kihasználja a karsztvidékek térképezéséből kialakított adatbázist, amely természetesen földrajzi információs rendszerként is kezelhető,
- egyszerű, jól áttekinthető minősítési rendszert alkalmaz.

Szembetűnő hátránya viszont, hogy

- még mindig több nehezen számszerűsíthető paramétert tartalmaz,
- a sérülékenység egyes paraméterekkel, pl. a felszín lejtésével gyengén korrelál,

- a helyi tényezők (formaegyüttesek) lényegesen befolyásolhatják a minősítés eredményét.

A sérülékenység mértékét erősen befolyásolhatja, hogy milyen jellegű a szennyezés, amely a karsztos víztározót éri. Egy adott víztározó kőzettest sérülékenysége eltérhet aszerint, hogy pl. mezőgazdasági eredetű nitráatterhelésről, egyéb tápanyagok, szerves anyagok bemosódásáról vagy éppen nehézfémekről vagy patogén organizmusokról van-e szó (FOSTER 1987).

### **Összegzés**

A növekvő antropogén terhelés miatt szükség van a karsztvidékek sérülékenységének területileg részletes felmérésére. Az újabb minősítő módszerek alkalmazása lehetővé teszi, hogy környezetük hasznosítását gondosan lehessen megtervezni, védelmük érdekében pedig meg lehessen tenni a kellő intézkedéseket. A földrajzi információs rendszerek alkalmazása a közeljövőben valószínűleg lehetővé teszi majd a módszerek egységesítését.

### **IRODALOM**

ALBINET, M.-MARGAT, J. (1970): Cartographie de la vulnérabilité a la pollution des nappes d'eau souterraine. – Bulletin BRGM, 2me series 3(4). p. 13–22.

ALLER, L.-BENNETT, T.-LEHR, J.H.-PETTY, R.J. (1987): DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. – U.S. Environmental Protection Agency, Ada OK. 123 p. (Report EPA/600/2-85/018)

ARTHUR, J.D.-BAKER, A.E.-CICHON, J.R.-WOOD, A.R.-RUDIN, A. (2005): Florida Aquifer Vulnerability Assessment (FAVA): Contamination potential of Florida's principal aquifer systems. – Division of Water Resource Management, Florida Department of Environmental Protection, Tallahassee, FA. 148 p.

[http://suwanneehi.ifas.ufl.edu/documents/FAVA\\_REPORT\\_MASTER\\_DOC\\_3-21-05.pdf](http://suwanneehi.ifas.ufl.edu/documents/FAVA_REPORT_MASTER_DOC_3-21-05.pdf)

BANTON, O.-POREL, G.-DELAY, F. (1997): Coupling of the Time Domain Random Walk Method with the Finite Fragment Method to Simulate Flow and Transport in 1-D Heterogeneous Media. – Journal of Hydrology 201.1/4. p. 49-61.

- BASTIAN, O.-SCHREIBER, K.-F.* (1999): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. – 2., neubearbeitete Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg-Berlin. p. 56-126.
- BC Ministry of Forestry (2003): Karst Inventory Standards and Vulnerability Assessment Procedures for British Columbia. – Version 2.0. Resources Information Standards Committee, Victoria, BC. 123 p. <http://srmwww.gov.bc.ca/risc> 2006. március 1.
- BERG, R.C.-KEMPTON, J.P.-CARTWRIGHT, K.* (1984): Potential for contamination of shallow aquifers in Illinois. – Department of Natural Resources Illinois State Geological Survey, Springfield, IL. 30 p. (Circular 532)
- CARSEL, R.F.-MULKEY, L.A.-LORBER, M.N.-BASKIN, L.B.* (1985): The pesticide root zone model (PRZM): A procedure for evaluating leaching threats to groundwater. – Ecological Modeling 30.1. p. 49-69.
- CHATWIN, S.* (1999): Karst vulnerability assessment procedure. – British Columbia Ministry of Forestry, Victoria, BC.
- CIVITA, M.-DE MAIO, M.* (2000): Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrico SINTACS R5. – Pitagora Editrice, Bologna. 226 p.
- DOERFLIGER, N.-JEANNIN, P.-Y.-ZWAHLEN, F.* (1999): Water vulnerability assessment in karst environments: a new method of defining protection areas using a multi-attribute approach and GIS tools (EPIK method). – Environmental Geology 39.2. p. 165-176.
- ENFIELD, C.G.-CARSEL, R.F.-COHEN, S.Z.-PHAN, T.-WALTERS, D.M.* (1982): Method for approximating pollutant transport to ground water. – Ground Water 8: p. 339–357.
- FOSTER, S.S.D.* (1987): Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. – Environmental Geology and Water Sciences 13. p. 39-43.
- Geologic Sensitivity Working Group (1991): Criteria and guidelines for assessing geologic sensitivity of groundwater resources in Minnesota. – Department of Natural Resources, Division of Waters, St. Paul, MN. 122 p.
- HASHIMOTO, T.-STEDINGER, J.R.-LOUCKS, D.P.* (1982): Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation. – Water Resources Research 18.1. p. 14-20.
- HOWES, D.E.-KENK, E.* (1988): British Columbia terrain classification system. – BC Ministry of the Environment, Lands and Parks, Victoria, BC.
- HOYK, E.* (1999): Soil and vegetation on karst terrains in the projected Protected Landscape of Western Mecsek, Hungary p. 31-39 – In: Bárány-

- Kevei, I.-Gunn, J. (szerk.): Essays in the Ecology and Conservation of Karst. Acta Geographica Szegediensis 36. Special Issue.
- IUS (2005): A proposition for karst surface symbols. – International Union of Speleology  
<http://www.sghbern.ch/surfaceSymbols/symbol1.html> 2006. március 4.
- Kentucky Geological Survey 2005. Groundwater Contamination in Karst. – University of Kentucky, Lexington, KT. 3 p.  
<http://www.uky.edu/KGS/water/general/karst/gwvulnerability.htm>
- KEVEINÉ BÁRÁNY I. (2002): Környezeti hatások a karsztökológiai rendszerben. – In: Mészáros R.-Schweitzer F.-Tóth J. (szerk.): Jakucs László. a tudós, az ismeretterjesztő és a művész. MTA FKI, Budapest – PTE, Pécs – SZTE, Szeged. p. 139–155.
- LÁNG I. (főszerk.) (2002): Környezet- és természetvédelmi lexikon I-II. – Második, átdolgozott, bővített kiadás. - Akadémiai Kiadó, Budapest. 664 + 588 p.
- LÓCZY D. (2002): Tájértékelés, földértékelés. – Dialóg Campus Kiadó, Budapest–Pécs. 307 p.
- MCCALL, J.-MARKER, B. (eds.) (1989): Earth science mapping for planning, development and conservation. – Graham & Trotman, London. 288 p.
- MÓGA J.-HORVÁTH G. (2004): The viewpoints of the indication of the surface protection areas connected to caves p. 89-106. – In: HORVÁTH G. (szerk.): Soil effect on karst processes. ELTE, Budapest.
- MOORE, J.S. (1990): SEEPAGE: A system for early evaluation of the pollution potential of agricultural groundwater environments. – USDA SCS, Northeast Technical Center, Chester, PA. (Geology Technical Note 5)
- SCHMIDT, R.R. (1987): Groundwater contamination susceptibility in Wisconsin. – Wisconsin Department of Natural Resources, PUBL-WR-177-87. 27 p. (Wisconsin's Groundwater Management Plan, report no. 5)
- STEMPVOORT, D. van, EWERT, L.-WASSENAAR, L. (1993): Aquifer vulnerability index. A GIS-compatible method for groundwater vulnerability mapping. – Canadian Water Resources Journal 18.1. p. 25-37.
- SZÓNYI-MÁDL, J.-FÜLE, L. (1998): Groundwater vulnerability assessment of the SW Trans-Danubian Central Range, Hungary. – Environmental Geology 35.1. p. 9-18.
- TÓZSA I. (2001): A térinformatika alkalmazása a természeti és a humán erőforrás-gazdálkodásban. – Aula Kiadó, Budapest. 190 p.
- TROJAN, M.D.-PERRY, J.A. (1988): Assessing hydrogeologic risk over large geographic areas. – Minnesota Agricultural Experiment Station,

University of Minnesota, St. Paul, MN. 65 p. (Station Bulletin 585-1988, Item No AD-SB-3421)

*VARNES, D.J.*- IAEG (1984): Landslide hazard zonation – a review of principles and practice. – Commission on Landslides and other Mass Movements, UNESCO, Paris. 63 p.

*VERESS M.* (2004): A karszt. – Berzsenyi Dániel Főiskola, Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely. 215 p.

*VILLENEUVE, J.P.-BANTON, O.-LAFRANCE, P.-BLANCHETTE, C.-DESCHÈNESS, A.* (1987): VULPEST version 2.0. Rapport INRS-Eau No. 234, Université du Québec, 88 p.

*VRBA, J.-ZAPOROZEC, A.* (1994): Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. – International Association of Hydrology, Hannover. 131 p. (International Contributions to Hydrology, Vol. 16)

*ZAPOROZEC, A.* (szerk.) (1985): Groundwater protection principles and alternatives for Rock County, Wisconsin. – Wisconsin Geological and Natural History Survey, Madison, WI. p. 34-36. (Special Report 8)

*ZWAHLEN, F.* (szerk.) (2003): Vulnerability and Risk Mapping for the Protection of Carbonate (Karst) Aquifers. – COST Action 620. Final Report. Neuchâtel. 297 p.

[http://capella.unine.ch/chyn/php/publica\\_intro.php](http://capella.unine.ch/chyn/php/publica_intro.php) 2006. március 14.