

A TALAJOK NITRÁT KIMOSÓDÁSRA VALÓ ÉRZÉKENYSÉGÉNEK NAGYLÉPTÉKŰ, TÉRINFORMATIKAI ALAPÚ MODELLEZÉSE

Németh Tamás¹, Pásztor László¹, Szabó József¹

Bevezetés

A talajokban lezajló nitrát kimosódás során a szennyező anyag (vagy annak egy része) a talajszelvényen átszivárgó vízzel elhagyja a gyökérszót és a mélyebb talajszintekbe, esetenként a talajvízbe jut. Ez a folyamat függ a csapadék mennyiségétől, megoszlásától és intenzitásától; a talaj fizikai féleségétől, vízgazdálkodási tulajdonságaitól; a szennyező anyag koncentrációjától és az adszorpciós viszonyoktól, mely utóbbit a talaj szervesanyag és agyagásványtartalma erősen meghatároz. A nitrátnak a gyökérszótól történő kimosódásával, mélységi felhalmozódásával, eloszlásával és a talajvízbe jutásával foglalkozó modellek az egyszerű, tömegmérleg számításra alapulóktól a legbonyolultabb elméleti feltételezéseken alapuló matematikai szimulációkig terjednek ([Addiscott et al., 1991](#); [Németh 1996](#)). A modellek eredményeinek térbeli kiterjesztése szintén nagy kihívást jelent. A térinformatikai alapú modellezés ezen a ponton léphet be ([Heidtke and Auer, 1993](#); [Boumans et al. 1999](#)). A térinformatika eszközkészlete egyszerű háttérrel biztosít környezeti érzékenységi térképek készítéséhez ([Batjes and Bridges, 1997](#); [Pásztor et al., 1998a, 2001](#); [Várallyay et al., 2000](#)). A térinformatika az adatok térbeli-időbeli kezelésének igen hatékony eszköze, mely kiváló háttérrel biztosít mind környezeti, mind agrárgazdálkodási problémák kezeléséhez. A földrajzi környezet számítógépes, térbeli modellezésének és elemzésének megkönnyítésére kifejlesztett Földrajzi Információs Rendszerek egyre szélesebb körű elterjedése magával hozta ezek elméletének kialakulását. A GIS betűszó eredetileg a Geographic Information System (Földrajzi Információs Rendszer) rövidítése. A rövidítés ma már Geographic Information Science-t (Földrajzi Információs Tudományt) jelent, a jövő pedig magával hozza a Geographic Information Service (Földrajzi Információs Szolgáltatás) eljövételét. Rendszer-Tudomány-Szolgáltatás: mindezt magában foglalja a magyar térinformatika terminus ([Longley et al., 1999](#)). A helyhez kötött információk feldolgozására használt rendszereket általánosan térinformatikai rendszereknek nevezik, a konkrét megvalósításokat, pedig

térinformatikai alkalmazásoknak. A térinformatika egyrészt a technikát képviseli, amely az adatok térbelileg kezelhető tárolását biztosítja, másrészt a tárolt adatok széleskörű térbeli elemzését. A térinformatika alapját a szakértelem-adat-szoftver-hardver négyes egysége képezi.

Adatok különböző léptékben állhatnak rendelkezésre (lokális, regionális, országos szint), adott feladat elvégzéséhez azonban mindig az annak megfelelő léptékben és tematikus részletességben, illetve feldolgozottsági fokon beszerezhető információkat szabad felhasználni. Az vidék- és területfejlesztés karakterisztikus és meghatározó léptéke (az országoshoz képest nagyléptékűnek számító) térségi szint, ami a magyarországi térképi alapú adatok esetében az 1:50.000 – 1:25.000 méretarányt jelenti.

Anyag és módszer

A módszertan

A talajok nitrát kimosódással szembeni érzékenysége térképezése során nem a konkrét transzport folyamat modellezését vállaltuk fel, hanem a rendelkezésre álló térképi alapú információk alapján a talajoknak egy esetleges szennyezéssel/terheléssel szembeni viselkedését próbáltuk meg feltérképezni. Ennek kapcsán a következő, főbb lépéseket definiáltuk:

1. releváns faktorok kiválasztása
2. adatok felkutatása
3. adatharmonizáció
4. származtatott faktorok levezetése
5. érzékenységi modell(család) felállítása
6. relatív érzékenységi térképek elkészítése
7. érzékenységi zonalizáció

Az első három lépés magában majd, ettől nem teljesen függetlenül, a továbbiakkal együtt is egy szukcesszív approximációs iterációs eljárást indukál. Elsőként az adott problémakör szempontjából fontos hatótényezőket kell megtalálni, definiálni. Ezek után következik az egyes faktorokra vonatkozó információk beszerezhetősége, melynek eredménye a következő lépéssel együtt (mely szerint az összeálló adatrendszer önkonzisztens-e, avagy megfelelő

harmonizáció révén azzá tehető-e) visszacsatolódik a kezdő lépéshez. A nyers adatok még egy optimálisan felépített adatrendszer (térinformatikai adatbázis) esetében sem feltétlenül megfelelőek eredeti mivoltukban a modell kereteibe való illesztésre, szükség lehet tehát származtatott faktorok levezetésére. Ezek alapján következhet a modell felállítása, lett legyen az determinisztikus, vagy sztochasztikus; és amely akár egy egész modellcsalád generálását is jelentheti ([Linhart H., W. Zucchini, 1986](#)). A modell futtatásának eredményeként adódnak az érzékenységi értékek (kategória, vagy numerikus változók), amelyek térbeli megjelenítése eredményezi magát az érzékenységi térképet. Numerikus érzékenységi értékek esetén is szükségessé válhat azok kategorizálása, ami a térbeli eloszlásuk figyelembe vételével ötvözve képezi az érzékenységi tulajdonságok zonalizációját.

Mintaterületek kiválasztása

A nagy felbontású nitrát érzékenységi térképezés módszertanának gyakorlati megvalósítására két mintaterületet jelöltünk ki. A mintaterületek kiválasztásakor a következő szempontok lebegtek előttünk.

- A nitrát kérdés valós problémaként jelentkezzen az adott területen.
- A regionális szintű modellezéshez megfelelő mennyiségű és minőségű adat álljon rendelkezésre.
- Egyenként fiziográfiailag lehetőleg jól értelmezhető egységet képezzenek (pl. vízgyűjtő).
- A kiválasztott területek eltérő jellegűek legyenek:
 - fiziografiájukban,
 - területhasználatukban,
 - veszélyeztetettségükben,
 - a beszerezhető adatok összetételében.

A két kiválasztott mintaterület esetén mindegyik feltétel teljesült. Mind a Csepel-sziget, mind a Tetves-patak vízgyűjtője jól definiált fiziográfiai egységek. A Csepel-sziget területe 248 km², a Tetves-patak vízgyűjtőjéé 120 km². A Csepel-szigeten a dunai vízbázisok, védőterületek (Budapest!) szempontjából, a Tetves-patak völgyében, a Balaton vízgyűjtőjének részeként, a Balaton vízminőségének szempontjából bír jelentőséggel a nitrát problémakör. Ami a talajtani adatokat illeti, mindkét területre rendelkezésre állt 1:25.000-es méretarányban

információ, a kiegészítő adatok hozzáféréseivel kapcsolatban viszont az ország bármely egyéb területén ugyanazon problémákkal szembesültünk volna. Végül, de nem utolsó sorban, sikerült két, jellegében erősen különböző területet kijelölnünk:

	Csepel-sziget	Tetves-patak
fiziográfia:	sík, sziget	dombvidék, vízgyűjtő
domináns területhasználat:	szántó	erdő, legelő
veszélyeztetettség:	ivóvízbázis	Balaton
talaj adat:	PemeTIR	Kreybig
talajvíz adat:	részletes, elérhető	hiányos, levezetett

A nitrát érzékenységet meghatározó tényezők

A felszínközeli első vízáradó rétegek nitrát szennyeződése a talajba jutó, ott a talaj tulajdonságaitól, a környezeti feltételektől és a szennyezőanyag fizikai és kémiai viselkedésétől függően átalakuló, megkötődő, illetve a mélyebb rétegekbe vagy a talajvízbe mosódó szennyezőktől függ. Ezekben a folyamatokban a talajok, valamint az altalaj horizontális és vertikális inhomogenitásából adódó különbségeknek jelentős szerepük van. Magyarország különböző területeinek az egy-egy növénytermesztési ciklusban feleslegesen maradt nitrát mélységi bemosódására való érzékenységének modellezése során azzal a feltevéssel éltünk, mely szerint a nitrát bemosódással szembeni érzékenységet alapvetően három földrajzi jellemző határozza meg:

- csapadékviszonyok,
- talajvíz viszonyok,
- a talajnak a bemosódással szembeni fizikai ellenállása.

Természetes körülmények között a csapadék fejt ki nitrát bemosó hatását. A talajvíz jellemzői adják meg, hogy a szennyezésnek mekkora utat kell megtennie, a felszín közeli első vízáradó rétegek eléréséig. A talaj kémia és fizikai ellenállása pedig a szennyezéssel szembeni puffer kapacitást jellemzi.

A fent definiált tényezőknek a következő reprezentációjukra vonatkozó információkat tekintettük jelen kontextusban elérhetőnek:

csapadékviszonyok: az éves csapadék mennyisége:

Az éves csapadék mennyisége első közelítésben jól jellemzi a bemosódásra való indukciót. Pontosításhoz érdemes lenne a csapadék éves eloszlását, továbbá a nem természetes vízbevitel (öntözés) mértékét is figyelembe venni.

talajvíz viszonyok: a talajvíz átlagos mélysége:

A talajvíz átlagos mélysége a talajvíz elérésének nehézségét jellemzi. Pontosításhoz szintén érdemes lenne az éves ingadozást is figyelembe venni.

a talajnak a bemosódással szembeni fizikai ellenállása: a terület talajainak vízgazdálkodási tulajdonságait meghatározó talajfizikai jellemzők, illetve a talaj szervesanyag készletei:

A talaj fizikai félesége, valamint a vízmegtartás szempontjából fontos humusz komplexek mennyisége a talaj vízgazdálkodásának legfőbb faktorai, a hidrológiai transzport folyamatok sebességének, a talaj víznyelő, víztartó és vízáteresztő képességének meghatározói. Pontosításukhoz szelvény szintenkénti figyelembevételelük lenne szükséges.

A mintaterületek térinformatikai rendszerének felépítése

Az éves csapadék mennyiségére vonatkozóan mindkét mintaterületre rendelkezünk azonos forrásból származó adattal, de, jobb híján, meg kellett elégednünk annak gyenge térbeli felbontásával. Az AGROTOPO számítógépes adatbázison belül (amely 1:100.000-es méretarányú megfelelő térbeli felbontásban homogén agroökológiai egységekre vonatkozóan a termőhelyi talajadottságokat meghatározó főbb talajtani paraméterek tartalmazza) a talajtani adatokat kevésbé részletes, 1:1.000.000 méretarányú, szintén országos szintű meteorológia adatok egészítik ki: (átlagos évi csapadék, hőségnapok száma, fagyos napok száma, első fagy átlagos napja, utolsó nap átlagos napja). A csapadék éves mennyiségére vonatkozóan innen merítettünk információt.

Csepel-sziget

A korábbi magyarországi talajtani kutatások eredményeképpen a Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete nagy mennyiségű térképi és leíró adattal rendelkezik, melyek ma is aktuálisak, mert bár gyűjtésük, illetve szerkesztésük korábban történt, a térképezett talajtulajdonságok legnagyobb részének időbeli változása nem jelentős (megjegyezzük, hogy gyors változások esetén viszont éppen ellenkezőleg, ezen archiv térképek adatai referenciaként szolgálhatnak az ember által okozott környezeti hatások részletes vizsgálatához). Az MTA TAKI archivumként őrzi ezen térképeket és jó gazdaként megpróbálja felvállalni a kor követelményeinek megfelelő (eurokonform stb.) reambulációjukat, térinformatikai adaptálásukat. Pest megye egyes területeire elkészült az üzemi genetikus talajtérképek felhasználásával szerkesztett, 1:25.000 méretarányú talajtérkép-sorozat és a hozzájuk tartozó talajszelvények adatainak egységes (digitális térinformatikai) rendszerbe szervezése (PemeTIR adatbázis).

A PemeTIR adatbázis területi, pontszerű és pontszerű mélységi jellegű adatokból építkezik. Az adatbázis foltjai a genetikai talajtípust, a fizikai féleséget, a humusztartalmat, illetve a humuszos réteg vastagságát jellemző kartogramok metszeteként alakultak ki. Az adatbázis tartalmaz továbbá talajszelvény szintű adatokat a szelvényre egészére, továbbá genetikai rétegenkénti bontásban a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaira vonatkozóan. A talajvíz mélységére vonatkozó adatokhoz **Dr. Rónai András** 1961-es *"Az Alföld talajvíztérképe"* Csepel-szigetre vonatkozó részének digitalizálása révén jutottunk. Ez méteres tematikus felbontásban, 1:200.000-es térbeli felbontásban ábrázolja a terület talajvíz viszonyait.

Tetves-patak

A Kreybig-féle átnézetes talajismereti térképsorozat - a mindmáig egyetlen, az országot teljes egészében lefedő ilyen jellegű nagyléptékű térképsorozat - talajtermékenység és talajértékelés szempontú reambulációja és térinformatikai adaptációja szintén elkezdődött a Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében. Ahhoz, hogy ezen komplex, akár többévtizedes információkból a mai kor követelményeit kielégítő, korszerű rendszert lehessen kialakítani megfelelő módszertanra van szükség, melynek jelentőségét csak az annak alapján megvalósított 1:25.000 méretarányú talaj-térinformatikai rendszer szempontjából lehet értékelni. Az MTA TAKI hosszú távú terveiben szereplő talaj-térinformatikai rendszer alkalmas lesz a földhasználattal összefüggő községi, illetve nagygazdaság szintű döntések támogatására. Mivel az ország talajainak mintegy felére nem

készült 1:25.000-es méretarányánál részletesebb talajtérkép ezeken a területeken ez új információforrás lesz. Országosan lehetőséget biztosíthat a részletes területhasznosítási és fejlesztési programokhoz. A mezőgazdasági termelésen kívül egyéb szakterületek számára is nélkülözhetetlen alapinformációt szolgáltat. Jelenleg az ország különböző mintaterületein nyíltak "digitális Kreybig-ablakok" (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye, Tokaj-Hegyalja, Sajó-Hernád völgye, Duna-Tisza köze, Tisza-tó környéke, Tetves-patak, Burnót-patak, Kéki-patak völgye, Hevesi-sík, Marcal-medence, Szentendrei-sziget, Ormánság, Órség, Turjánvidék, valamint Keszthely-, Zirc-, Sümeg-, Szeged-, Martonvásár-, Orfű-, Szeged környéke).

A Kreybig adatbázis területi, pontszerű és mélységi jellegű adatokból építkezik. Az adatbázis feltjai egyrészt területhasználati kategóriákat képviselnek (erdő, település, vizenyős területek, stb.), másrészt a mezőgazdaságilag hasznosítható területekre talajfizikai, talajkémiai és a termőrétegre vonatkozó információkat nyújtanak. Az adatbázis tartalmaz továbbá talajszelvény szintű adatokat a szelvény egészére, továbbá genetikai rétegenkénti bontásban a talaj fizikai, kémiai és tápanyag utánpótlási tulajdonságaira vonatkozóan. A Kreybig adatrendszer különlegessége az ún. reprezentatív talajszelvények használata.

A talajvíz mélységére vonatkozóan, dombvidékről lévén szó, nagyon nehéz volt felhasználható információhoz jutni. Magunk származtattunk tehát talajvízmélység térképet a területre rendelkezésre álló digitális terepmodell, a topográfiai térképekről leolvasott hidrológiai adatok, illetve a terület genetikai talajjellemzőinek figyelembe vételével. A származtatott térkép 100 ha felbontású grid adatokat tartalmaz, megbízhatósága a vízgyűjtő különböző részein eltérő.

Eredmények

A topológiai felépített, geometriailag illesztett és tematikai adatsűrűségükben normalizált digitális térképi állományokból álló adatbázis képezte a térbeli elemzés értelmezési tartományát.

Először is a nyers adatokból két levezetett faktort képeztünk. Egyrészt egy, a szervesanyag térfogati mennyiségére jellemző adatot generáltunk a humusztartalom és a humuszréteg vastagság térképeinek szorzata révén. Másrészt ordinális skálán kvantáltuk a talajok fizikai

féleségét a bemosódási folyamatokkal szembeni ellenállásuk szempontjából, annak jellemzésére.

Rendelkezésünkre állt tehát négy numerikus típusú változó, bár négyen négyféle skálán jellemezve az érzékenység egyes faktorait. Normalizáltuk tehát az egyes változókat, hogy összevethetőek legyenek. Feltételeztük továbbá, hogy lineáris modellel megfelelően le tudjuk írni a nitrát bemosódási jelenségkörét, ezért további transzformációt nem végeztünk a változóinkon.

Adott tehát négy térbeli változó, amelyek a nitrát bemosódási érzékenység szempontjából döntő jelentőségűek. Kérdés azonban, hogy négyük közül melyik mennyire. Azonos súllyal esnek-e latba, avagy van, amelynek szerepe mégis csak dominánsabb, mint a többié. Itt nem vállaltuk a döntés ódiúmát. Egy lineáris modellcsalád bevezetése mellett döntöttünk. Az általános modell szerint a nitrát érzékenység meghatározható a következő formában:

$$E = \sum_{i=1}^4 w_i * F_i \quad , \text{ ahol}$$

E az érzékenység (m)értéke, F_i az i -ik faktor, w_i pedig a hozzátartozó súly. A mellékletben található térképen a $w_i=1 \quad \forall i$ esetén. Röviden ez azt jelenti, hogy az 1-es modell szerinti nitrát érzékenységi térkép a megfelelően levezetett és standardizált térképek aritmetikai összegeként jön létre. Az eredmények az [1.](#) és [2. ábra](#) térképein láthatók.

Következtetések

A módszertani fejlesztés első etapjának zárásaként a továbblépésnek három irányát látjuk szükségesnek és kivitelezhetőnek:

1. A módszertan ismertetését a determinisztikus, paraméterezhető modellcsaládok bevezetésével zártuk le. A modellcsaládból azonban szükséges az adott feladat szempontjából optimális tag kiválasztása. Ezen probléma megoldása azonban túlmutat a jelen tanulmány keretein, bár megoldását nem tartjuk kivitelezhetetlennek. Munkánk végeztével a következők körvonalazódnak előttünk ezzel a problémakörrel kapcsolatban:

- szükségesnek látszik a súlyozás által adódó modellek összehasonlíthatóságának kidolgozása;
- fontolóra kellene venni lineárison túlmutató modellek bevezetését is;
- az egyes, optimálisnak tetsző modellek eredményének verifikálásához szükség lehet terepi felvételezésekre és laboratóriumi mérésekre.

2. Szükségesnek látjuk, természetesen a releváns faktorok számának bővítését, ami a modell pontosságát, de egyben bonyolultságát is növeli. A pontosítás lehetőségeire már a “A nitrát érzékenységet meghatározó tényezők” fejezetben is tettünk javaslatokat.

3. Módszertanunk utolsó lépéseként definiáltuk az érzékenységi kategóriák zonalizációját. Ezt a két mintaterületre nem végeztük el, annak ellenére, hogy, véleményünk szerint, ez képviseli a módszertan sarokpontját. Ennek indokai a következőkben foglalhatók össze:

- az általunk levezetett érzékenységi értékek numerikusak ugyan, azonban nem bírnak fizikai tartalommal;
- minimális és maximális értékük is csak egy relatív skálán értelmezhető, és direkt módon még a két mintaterület esetén sem összevethető;
- nem állnak rendelkezésre a fizikai értékekhez szükséges transzformációhoz referencia adatok;
- nem rendelkezünk határértékekkel az érzékenység különböző mértékeire vonatkozóan.

Megoldási javaslattal rendelkezünk erre a problémára is. Magyarország különböző területeinek az egy-egy növénytermesztési ciklusban feleslegesen maradt nitrát mélységi bemosódására való érzékenységének regionális szintű térképezésére sztochasztikus modellt dolgoztunk ki ([Németh et al. 1998; Pásztor et al 1998b](#)). A módszer sztochasztikus módon közelíti a talajok érzékenységének komplex problémakörét. Eredményül egy ötkategóriás tematikus térképet kaptunk, amelyen az egyes kategóriák területileg jól elkülönülő tartományokba kerültek. A földrajzilag jól magyarázható eloszlás megkönnyítette az érzékenységi kategóriák fizikai tartalommal való feltöltését. Az öt osztályt sikerült egy egyparaméteres rendszerbe sorolni a legérzékenyebbtől a legkevésbé érzékenyig. A módszer alkalmazását javasoljuk országos szintnél részletesebb felbontás esetén is.

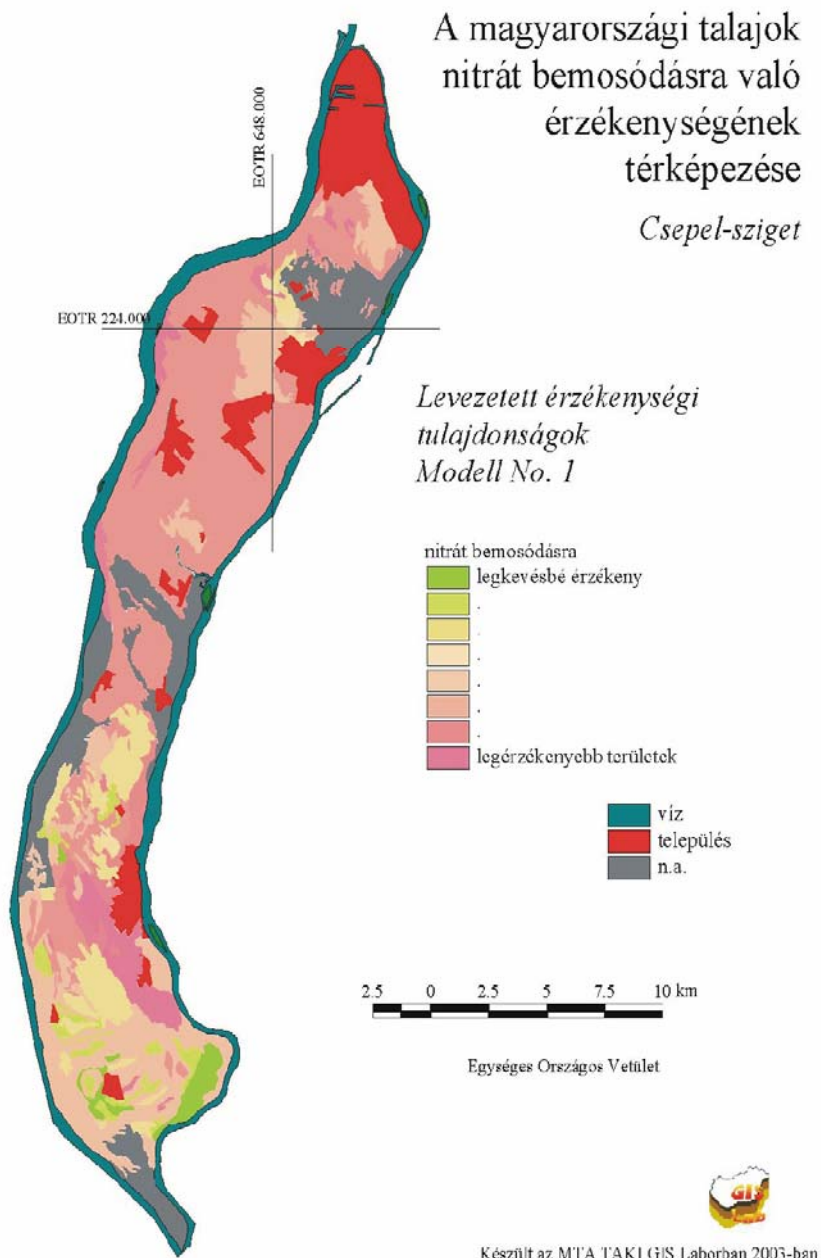
Köszönetnyilvánítás

Munkánkat a T033012 nyilvántartási számú OTKA téma támogatta.

Irodalomjegyzék:

- Addiscott, T.M.,- Whitmore, A.P. - Powlson, D.S. (1991):
Farming, Fertilizers and the Nitrate Problem. - *CAB International*.
- Batjes, N.H. - Bridges, - E.M. (eds.). (1997):
Implementation of a Soil Degradation and Vulnerability Database for Central and Eastern Europe. - *ISRIC, Wageningen*.
- Boumans, L. – Drecht, G. – Fraters, D. (1999):
Nitrate in shallow groundwater of the sandy regions of the Netherlands. - *In: Proc. of Conference Spatial Statistics for Production Ecology, Vol. 1. International Statistical Institute*.
- Heidtke, T.M. - Auer, M.T. (1993): Application of a GIS-based nonpoint source nutrient loading model for assessment of land development scenarios and water quality in Owasco Lake, New York. - *Water Science and Technology, 28, No.3-5,pp. 595-604*.
- Linhart, H. – Zucchini, W. (1986):
Model selection, *Wiley, New York*.
- Longley, - P.A. – Goodchild, M.F., - Maguire, D.J., - Rhind, D.W. (eds.) (1999):
Geographical Information Systems, Principles and Technical Issues. - *Wiley*.
- Németh T. (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. *MTA TAKI, Budapest*.
- Németh, T. – Pásztor, L. – Szabó, J., (1998b): Stochastic modeling of N-leaching using GIS and multivariate statistical methods. - *Water Science and Technology, 38, No.10,pp. 191-197*.
- Pásztor, L. - Suba, Zs. - Szabó, J. - Várallyay Gy. (1998): Land degradation mapping in Hungary. . *In: J.F.Dallemand, V. Perdigao (eds.) EUR 18050 – PHARE Multi-Country Environment Programme MERA Project Proceedings. European Commission, pp. 43-54*.
- Pásztor, L.- Szabó, J. – Németh, T. (1998a).
GIS-based stochastic approach for mapping soil vulnerability. - *Agrokémia és Talajtan, 47, No.1-4,pp. 87-96*.
- Pásztor, L. – Szabó, J. – Bakacsi, Zs. – Turner, S.T.D. – Tullner, T. (2000). Applicability of GIS tools in environmental conflict mapping: A case study in Hungary. - *In: Environmental Problem Solving with Geographic Information Systems 1999, EPA/625/R-00/010, CD-ROM, EPA*.

Várallyay, G. - Pásztor, L. - Szabó, J. - Bakacsi, Zs. (2000). Soil vulnerability assessments in Hungary. *In: Soil and Terrain Database, Land Degradation Status and Soil Vulnerability Assessment for Central and Eastern Europe. FAO Land and Water Digital Media Series 10, CD-ROM, FAO.*



1. ábra

A magyarországi talajok nitrát bemosódásra való érzékenységének térképezése

Tetves-patak völgye

*Levezetett érzékenységi tulajdonságok
Modell No. 1*

nitrát bemosódásra

legkevésbé érzékeny



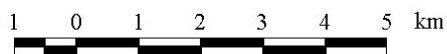
legérzékenyebb területek

Erdők

Tavak, nádasok és folyóvizek

Települések

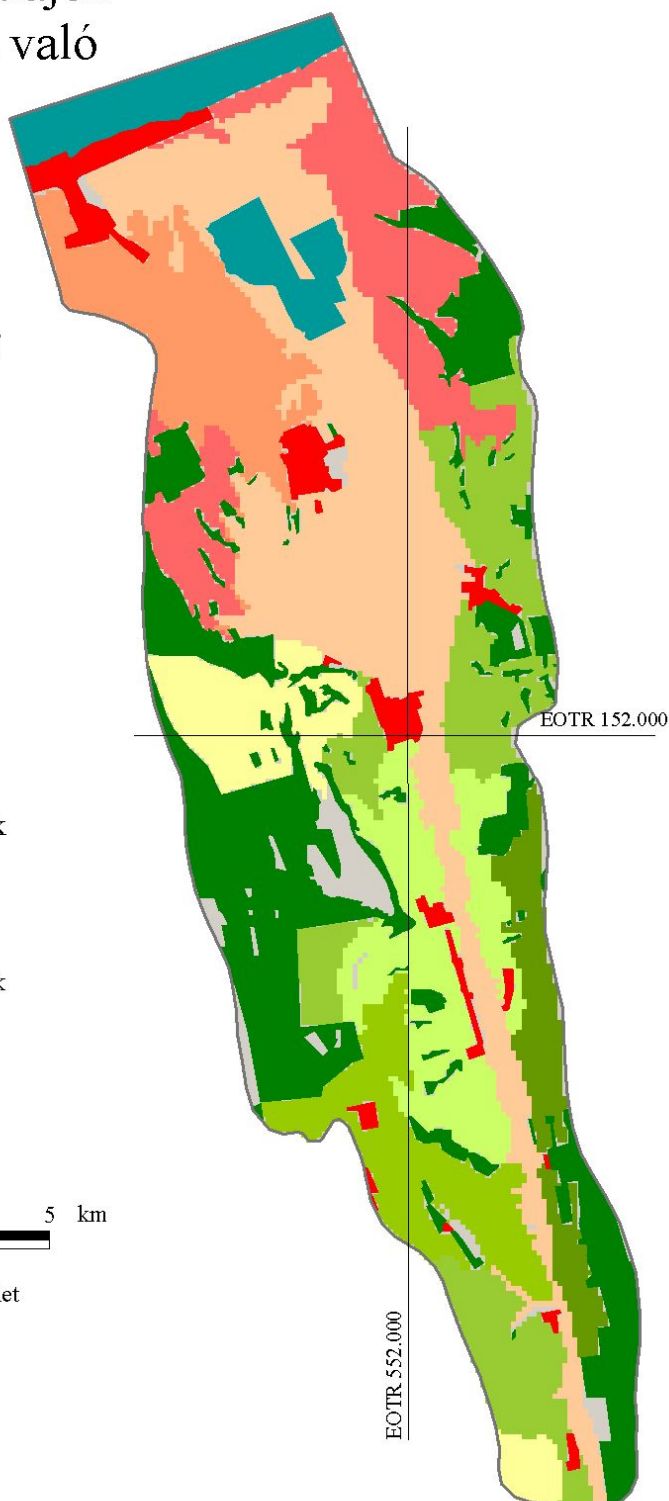
n.a.



Egységes Országos Vetület



Készült az MTA TAKI GIS Laborban 2003-ban



2. ábra

ⁱ Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, 1022 Budapest Herman O.u. 15.