

A városökológia - település és környezete kapcsolata

Alföldi Tanulmányok, 1998/99 Békéscsaba, p.74-93

Mezősi G. - Mucsi L. - M. Tóthné Farsang A. - Rakonczai J.
JATE Természeti Földrajzi Tanszék 6722 Szeged, Egyetem u.2.

Bevezetés

A Föld a gyors urbanizáció évszázadában él. Az ENSZ előrejelzése szerint 2025-ben a népesség 60 %-a él majd városi területeken szemben az 1950-es 29 %-kal. Ez is indokolhatja a szélesebb körű társadalmi érdeklődést a téma iránt. A városökológia fogalma két jellemző irányból közelíthető meg. Egyfelől a tervezés (politikum) irányából, másfelől természettudományos szempontból vázolni szeretnénk azt is, milyen lehetőségünk van arra, hogy e két megközelítést összekapcsoljuk. Annál is inkább, mert a környezetpolitika reális és sokoldalú információt igényel a településen belüli kulcskérdések megválaszolásához, pl. az optimális terület-felhasználás tervezéséhez, a közlekedés fejlesztéséhez stb.

A városökológia ma két kihívásra keresi leginkább a választ. Az egyik a **fenntartható városfejlődés** gondolatának alkalmazása. Ez a fogalom a fenntartható fejlődés általános értelmezéséhez kapcsolódik, de annak átemelése a településre vonatkozóan nem egyértelmű. Különösen akkor szembetűnő ez, ha összevetjük az európai és amerikai városokat a fenntarthatóság és a fejlődés lehetőségei szerint. Az amerikai városok lazán szervezettek, sok energiát és területet igényelnek. A kompaktabb európai városok esetében megfelelőbb egy kevesebb energiafelhasználásra alapuló fejlődési koncepció alkalmazása. A fenntarthatóságnak talán épp a sokszínűség miatt nagyon sokfajta megközelítése van. Deelstra, T. (1998) idézéseiből csak kettőt emelnénk ki: Kim-Gon Kim (Korea) szerint a fenntarthatóság az emberek a ma és a jövő generációja közötti egyenlőséget jelenti, míg H. Sukopp (Németország) a városfejlődés környezettel való kompatibilitását érti ugyanezen. Látható, hogy ezen kérdések természettudományi, mérnöki-tervezési és társadalomtudományi szempontból is elemezhetők, amelyek mind-mind különféle összefüggéseket tárnak fel, s eltérő fejlettségi szinten nagyon szerteágazó módszeregyüttest használnak. A fenntartható városi fejlődés gyakorlati feladatainak megoldására több stratégia is ismert, pl. a tervezési szinten új, high-tech-et alkalmaznak az ivóvíz takarékoságban, ami további ipari és informatikai fejlesztéseket igényel, vagy szervezeti szinten pl. egy kisebb, mesterséges tö fenntartását iskolás gyerekekre, vagy idős emberekre bízák.

A másik lényegi kérdés talán az, hogy miképp lehet ezen **elveket a tervekbe integrálni**. Részletesebben: miként fognak ezen tervek hatni, pl. egy jobb és környezetbarát terv hogyan javítja az emberek életminőségét, hogyan hat ez az ott élő emberekre, milyen természeti, társadalmi és gazdasági indikátorokat használhatunk fel a monitoringhoz, stb. A tanulmányunk második felében ilyen technikákat mutatunk be.

A városökológia és a földrajz kapcsolata

A városökológiai kutatásokba való intenzív bekapcsolódás a földrajz új, perspektivikus feladata lehet. A regionális környezetvédelem, a területi tervezés, a tudományos, kvantifikált alapú döntés-előkészítés felértékelődésével a földrajz szerepe - integratív jellege miatt - potenciálisan megnövekedhet. A településkutatási tapasztalatok, az újabb geotudományi módszerek alkalmazása lehetőséget teremthet, hogy a földrajz gyakorlati feladatmegoldó képességét bizonyítsa. A városökológia problémaköre szövevényesen

összetett rendszer. Fontos kísérlet lehet a természeti földrajz szerepének, lehetőségeinek elemzése ezen a téren.

Tanulmányunk célja elsősorban (természet)földrajzi szemszögből áttekintést adni a városökológia legfontosabb eredményeiről, kutatási lehetőségeiről, és bemutatni azon fontosabb alkalmazások némelyikét, amelyek Szeged példájára készültek a JATE Természeti Földrajzi Tanszékén.

A városökológia fogalma, fontosabb kutatási feladatai

A társadalom és földrajzi környezete közötti konfliktusok jellegzetes találkozási pontja a település. Épp ezért nem véletlen a városökológia növekvő térhódítása, megállapításait sok helyen az életminőség méréséhez is használják.

A városökológia fogalma nagyon összetett, legalább három különböző megközelítésből tárgyalható. Mindenekelőtt *ökológiai* szempontból pl. a Greenpeace szociál-utópista „Ökováros” koncepciója¹. A második megközelítés - lehet, hogy fontossága miatt ez előre kívánczozna - a *politikai*. Európa-szerte ismert, hogy a politikusok pártállástól függetlenül, szívesen használnak ilyen jellegű információkat - épp az itteni konfliktuspontok miatt. A harmadik irányzat *gyakorlatinak* nevezhető azzal, hogy ebben az (ökológiai) várostervezéstől a szaktudományos megközelítésekig minden helyet kaphat. Ha tágabban közelítjük a kérdést világos, hogy ha „ökológiai problémáról” beszélünk, az mindig nagyon gyakorlati problémát jelent.

A városökológia, illetve a vele az építészeti, tervezői (Hahn, E. 1984) és politológiai irodalomban szinonimként kezelt településökológia gyakorlata azokat a törekvéseket is megtestesíti, amelyek hatására a századelőn az amerikai Davis, a 68-as európai társadalmi mozgalmak hatására pedig pl. a svéd Järna, ill. az indiai Auroville települések szerveződtek.² A 80-as évek elejétől az építészetben divatos lett a „blockrecycling” (*tömbrehabilitáció*) és az „ökotectur” fogalmak használata, amit építészeti-tervezői körben városökológiának hívtak. Lichtenberger (1993) szerint a városökológia egy triád része (1. ábra), melynek további elemei az ökológiai várostervezés és a szociálgeográfiai³ városkutatás. A triádot külső, globális hatások keretezik. Hibásnak tűnik a városklimatológia, városi talajkutatás, stb. besorolása, ezek nyilván az ökológiai tervezés és a városökológia között helyezkednek el. Vizsgálatainkkal épp azt szeretnénk bizonyítani, hogy nem merev e két kategória közötti határ, az a „gyakorlatiasság” függvényében egyik, vagy másik irányba eltolódik.

Jól behatárolható a városökológiában az a 2-3 kutatási irány, amely - legalábbis Európában - kitüntetett szerepet kap:

- ember és környezet kapcsolatrendszer elemzése e sajátos térségben,
- a természetvédelmi gondolkodás „urbanizálása” (pl. hogyan lehet egy hegyvidéki természetvédelmi programot a település példáján alkalmazni),
- prediktív (előrejelző) elemzések a modellezés és szimuláció (pl. Forrester-féle dinamikus szimuláció) eszköztárával.

¹ Tartozunk az igazságnak, hogy megvalljuk, ez az irányzat többnyire nem segít a város belső, gazdasági, társadalmi problémáinak megoldásában.

² Itt tisztán ökológiai elvek alapján - az első esetben pl. a energia-felhasználás racionalizálására - utópisztikus településeket szerveztek. Hasonló törekvések ismertek Svájtól (Dörfli) Kínáig.

³ inkább szociológiai lenne indokolt

A városökológia és a városok ökológiai elemzése között célszerű különbséget tenni. Az első inkább nevezhető lenne a városi környezet komplex elemzésének, az utóbbi pedig a városi ökoszisztéma biológiai (ökológiai⁴) vizsgálata. A biológiai alapú városökológia a városi talajokat, a levegőt, a vizeket stb. mint az ökorendszer „termőhelyi tényezőit” vizsgálja, általában egymástól elkülönítve, kapcsolódásaikat figyelmen kívül hagyva.

Mi akkor valójában a városökológia?

A városökológiának sok megközelítése, sok „arca” ismert. Megítélésünk szerint a földrajznak fontos kutatási és alkalmazási területe lehet a városökológia. Természeti földrajzi alapállásból kiindulva szerintünk a városökológia fogalma legegyszerűbben a tájökológiából vezethető le. *A város sajátos prototípusa a urbán-ipari ökorendszereknek pontosabban az ökorendszer-komplexumnak, amely az emberi tevékenység hatása alatt áll és sajátos funkcióval rendelkezik*⁵. A városökológia neve a Park-féle szociológiai iskolából ered (1926).

A városökológiai kutatás leginkább európai sajátosság, még helyesebb, ha közép-európai specialitásnak mondjuk. Ezek után az már csak kis megszorításnak tűnik, hogy a városökológia mindig nagyvárosokra vonatkozik. Szükséges ugyanis bizonyos nagyságú terület, hogy a sajátos városi jelleg, pl. az éghajlatban, az ökológiai mintázatban kialakulhasson (Wentz 1976). A nagyváros az irodalom alapján kb. 50.000-es várost jelent. Ez az a városméret, amit túllépve mérhető összefüggések vannak a városméret és az életminőség között. Ezek alapján szerencsésebb a város, mint a településökológia fogalmának használata.

Az ökológus Adam (1988) szerint a városökológiának a városi ökorendszer alábbi részeinek elemzésére kell összpontosítania:

- a városökológiai paraméterek (klíma, vízháztartás, vegetáció, zaj, légszennyezés, stb.) analízise és értékelése,
- környezeti kataszter felállítás („multifaktorális” értékelés),
- az ökológiai alapú városfejlesztéshez javaslatok kidolgozása.

Megítélésünk szerint *a városökológia* - az általunk is használt szélesebb fogalomkörben - kiemelt *feladata a város környezeti konfliktusainak, azok helyeinek a feltárása, ill. ezek között is kiemelten a városi terület-felhasználással kapcsolatos döntések széleskörű tudományos megalapozása.*

Ezek szerint, kiegészítve a Lichtenberger-féle triádot, *a városökológiai vizsgálatnál célszerű a biogén és abiogén természeti tényezőkön túl a társadalmi, szociális és politikai elemeket is figyelembe venni, hiszen az egész gondolatmenetnek humánökológiai alapról kell kiindulnia.*⁶

⁴ Sukopp (1993) szerint a városökológia a városok bioszféráját vizsgálja ökológiai módszerekkel, éppúgy mint az erdőket, vagy a tengereket. Szerinte a város ökológiai szempontból három megközelítésben jellemezhető: 1 - történetileg, 2 - strukturálisan és 3 - funkcionálisan.

⁵ Nehéz helyzetbe kerül azonban az, aki ezek alapján az angol nyelvű irodalomban az „urban ecology” címszó alatt keres forrásanyagot. Az angol nyelvterületen ugyanis a városökológia nem igazán természettudományi fogalom, hanem történeti okok miatt jellemzően - és elég merev határokkal - társadalom-tudományi, pontosabban szociológiai fogalomkörbe tartozik. Használják persze a városökológiát is, de az jellemzően az élővilág városi jelenlétével foglalkozik elsősorban. Nagyobb sikerrel járunk, ha urban planning, urban architecture alatt kíséreljük meg a keresést.

⁶ Röviden a városökológia nemcsak azt jelenti, hogy a természet (értsd vegetáció) miként van jelen a városban.

Ezek alapján a városökológia természettudományi szempontból a geo- és/vagy bioökológiai funkciók összefüggéseit, kapcsolódásait vizsgálja a városi ökológiai rendszerben (élettérben), melynek sajátos abiogén és biogén⁷ tényezői vannak. Társadalomtudományi oldalról a városökológia a városon belüli társadalmi összefüggéseket elemzi.

A város, mint ökológiai rendszer

A városökológiai elemzésnél elsősorban a humánökológiai aspektusokra megkíséreltünk válaszokat adni. Olyan, városrészenként sajátosan alakuló összefüggéseket vizsgáltunk, mint pl. a beépítettség, zöldfelületi ellátottság, stb.

Az már régóta ismert, hogy a természeti-környezeti tényezők különböző pufferekapacitásúak az emberi hatásokkal szemben. Első megközelítésben, pl. a geológiai felépítés, a globális klímakarakterek a „stabil elemek” csoportjába, a talajok, a vegetáció, a mikroklíma a „labilis”, könnyen módosuló elemek közé tartoznak. A városi ökológiai rendszerben az emberi tényező a meghatározó ökológiai faktor. Az ökológiai paraméterek tekintetében a városi ökológiai rendszereket nagyobb terhelés éri, mint a városkörnyéki területeket.

A nagyváros ökoszférájában bekövetkező változások szemléltetésére 1973 óta ismert Sukopp, H. modellje (3. ábra), amelyben „catena”-szerűen szemlélteti az egyes hatótényezők térbeli, a területhasznosítástól függő változását. Ahhoz, hogy a város tényleges hatását meg tudjuk ítélni, figyelembe kell venni a topográfiai helyzetet, az ipari tevékenység intenzitását, a beépítettség mértékét, az energia-felhasználás szerkezetét, stb. is.

A városok ökológiai tagolása

Általában ismert az a törvényszerűség, hogy az emberi behatás a város központjától a város pereme felé csökken (lásd 3. ábra). Ez csak akkor logikus feltételezés, hogyha az ökológiai városfelosztáshoz koncentrikus városmodellből indulunk ki. Wittig (1991) például a következő koncentrikusan elrendeződő városzónákat különíti el: zárt beépítés zónája, hézagos beépítés zónája, belső peremi zóna, külső peremi zóna.

A Wittig-féle koncentrikus városmodellhez (4. ábra) megállapítható, hogy a zónák teljesen koncentrikus elhelyezkedése egyetlen városmaggal nem létezik a valóságban. Minden városnak elővárosai vannak, amelyekben szintén kialakul a zárt beépítésű zóna. Ezek Európában tipikusnak tekinthetők. Az ilyen típusú, többközpontú városokra a centrumok és a zónák sajátos eltolódása és egymásra épülése jellemző⁸.

Miután a koncentrikus városi modell a sok módosító tényező miatt a gyakorlatban nehezen alkalmazható, az újabb városökológiai munkák ezt figyelmen kívül hagyják és helyette inkább a hasznosítási típusok szerinti városökológiai beosztást szorgalmazzák. Ezzel

⁷ Egy biotóp és a hozzá tartozó élő együttes - a biocönózis - együttesen, mint ökológiai rendszer értelmezhető. A városi ökológiai rendszer sajátosságának tekinthető, hogy benne az ökológiai faktorok mellett ökonomiai-társadalmi faktorok is fontos szerepet kapnak. Ha a városökológia (biológiai) ökológiai értelmezésénél maradunk, akkor az elemzés középpontjában a város flórájának és faunájának átfogó elemzése áll

⁸ A modellszerű képet egyedivé tesszük a városelőteri sajátos területhasznosítási formák (tavak, erdőmaradványok, bevásárló központok, ipari területek, kiskertek, repülőtér, temetők, parkok), melyek szigetszerű elhelyezkedésűek. Emellett vannak ún. azonális formatípusok, amelyek több kevesebb városi zónát átmetszenek és általában a város környéki területen egy másik, hasonló városi formatípussal kapcsolódhatnak össze. Ilyenek, pl. vasúti pályák, autópályák, csatornák.

egy finomabb várostagolás érhető el, amelyre persze többnyire igazak a koncentrikus városmodellben jelzett sajátosságok. Sukopp (1993) az alábbi hat fő hasznosítási csoportot és azok ökológiai jellemzőit definiálta, amelyekben természetes alcsoportok is értelmezhetők:

csoport	alcsoport
1, <i>beépített területek</i> (kivéve az ipari területeket)	a. sűrű beépítés b. részleges beépítés kerttel
2, <i>ipari területek</i>	
3, <i>közlekedési felületek</i>	a. utak, terek b. vasút c. vízi utak, kikötők
4, <i>belső hézagos (laza) beépítésű felszín</i>	
5, <i>ellátó területek</i>	a. szemétkerakó b. szennyvízüzleplítők
6, <i>zöldfelületek</i>	a. parkok és rekreációs célú területek b. temetők

A városok sajátos klímatulajdonságai (pl. városi hősziget kialakulása), talajai fizikai, kémiai jellemzői (nehézfém-szennyezés, feltöltés, túl magas humuszosodás, stb.) a városi topográfia klíma és ökológiai módosító hatásai miatt a városi területeket nem tekinthetjük egységes ökológiai felszínnek. Sőt a különböző biotóp típusok mozaikja fedezhető fel a területhasznosítás változása szerint. Ezek a biotópok tisztán elkülönülnek és önmagukban homogéneknek tekinthetők. A „természetes” ökológiai feltételek elvesztik súlyukat és módosulnak a területhasznosítás szerint. Emiatt a városökológiai térképezés gyakran a területhasznosítási típusok térbeli kijelölésén alapul.

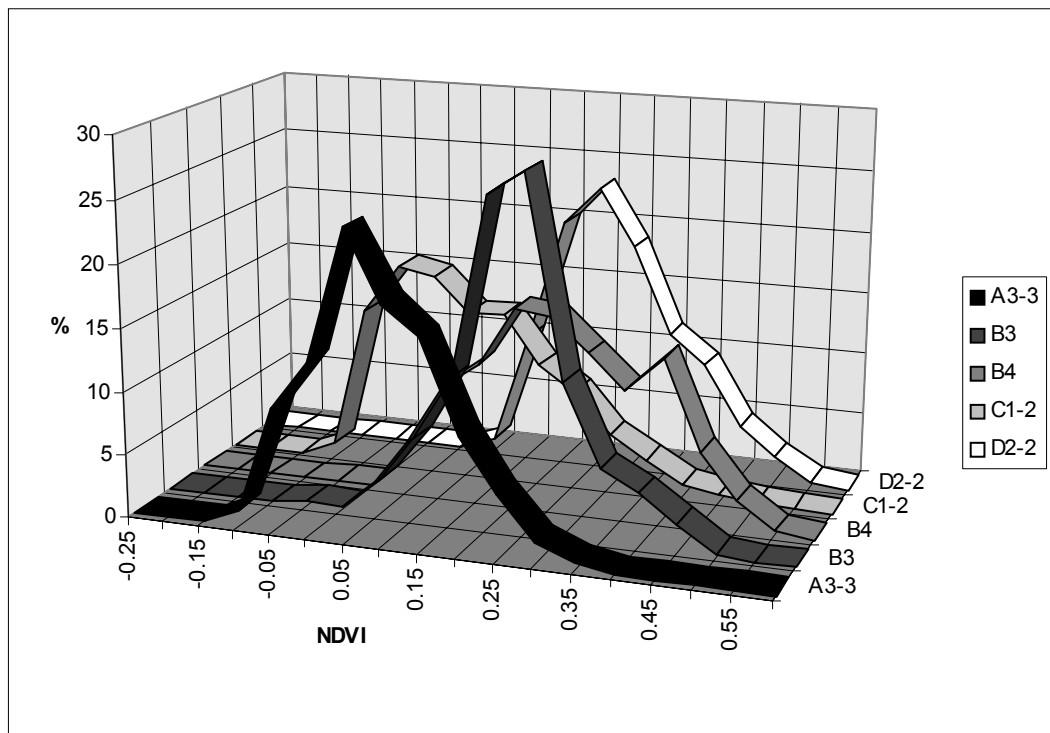
A területhasznosítás, a beépítés típusainak távérzékeléses módszerekkel történő meghatározására két módszert használtunk:

a, vegetációs index számítás és tipizálás

A sűrűn beépített Belvárosban a zöldfelületek aránya nem éri el a körzet területének a 2-3 %-át. Az 5. ábrán látható aggregált körzet (A3-3 jelű, a Tisza L. körút, a Kossuth L. sgt., a Nagykörút és a Kálvária sgt. által határolt terület) esetén a 0,3-nél nagyobb NDVI⁹ értékű felszín (zöldfelületek) a körzet mindössze 2,2 %-át fedik. Ugyanakkor a (B3) rókusi, nyílt beépítésű - családi házas -, valamint (D2-2) Újszeged - kertvárosi zónájában a zöldfelületek aránya eléri a 35-40 %-ot. Az átlagos NDVI érték is 0,25 szemben az A3-3 zónában mért 0,07-es értékkel, amely igen sűrű beépítésre utal. A nyílt beépítésű területek esetében a telekméret és a telek beépítése (családi ház elő- és hátsókerttel) eredményezi, hogy a Landsat felvételek 30*30 m-es felszín lefedő rasterlemei a zöldfelületeknél valamivel alacsonyabb, de a mesterséges felszínre vonatkozó NDVI értéknél jóval magasabb vegetációs index értékkel rendelkeznek.

⁹ A vegetációs index számítását a korrigált, a legközelebbi szomszéd elvével átmintázott Landsat TM ürfelvételen végeztük el az ismert képlet $(IR-R)/(IR+R)$ szerint, ahol az IR az infravörös, míg R a vörös reflektanciát jelenti az adott területre vonatkozóan. Az aggregált népszámlálási körzetekre vonatkozóan kifejeztük a vegetációs indexből kialakított tematikus osztályok (-0,7 és 0,7 közötti 0,05 szélességű osztályok) térbeli eloszlását a körzet területének százalékában. Az 5. ábra 5 ilyen jellegzetes beépítettségű körzet vegetációs index eloszlását mutatja. Az alacsony NDVI érték a mesterséges felületeket, vagy vízfelszíneket jelenti, míg a növekvő NDVI érték a klorofilltartalommal összefüggésben a zöldfelületeket mutatja.

Ezen képelemek, az ilyen beépítésű zónák 75-85 %-át fedik. Jellemzőes B4-es jelű, rókusi új lakótelep kétcsúcsú NDVI eloszlási görbéje, mutatva a nagy felszínt lefedő épületek magas arányát és a köztük lévő zöldfelületek jelenlétét. A zöldfelületi csúcs értéke alacsonyabb mint a mesterséges felszínre utaló csúcs jelezve, hogy a zöldfelületek aránya az összterülethez viszonyítva lényegesen alacsonyabb



5. ábra Aggregált népszámlálási körzetek beépítettségi viszonyai vegetációs index alapján

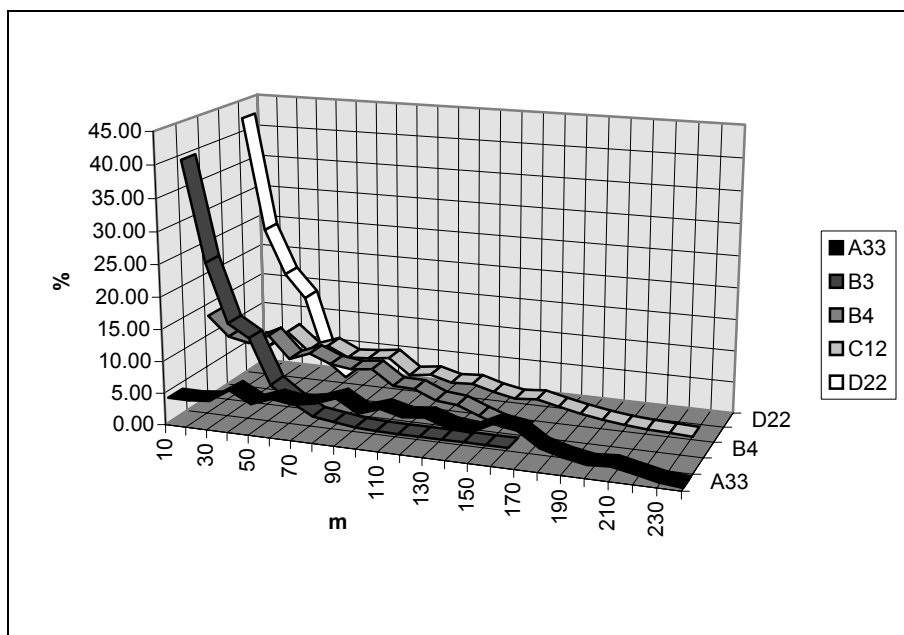
A3-3 Belváros - sűrű beépítés zónája, B3 Rókus, nyílt beépítés - családi házak, B4 - Rókus nyílt beépítés - lakótelep, C1-2 - iparterület, D2-2 Újszeged - Kertváros nyílt beépítés zónája,

Azt is figyelembe kell venni, hogy ezek a zöldfelületek a nemrégén épített lakótelepek esetén többnyire füves területek kevés fával¹⁰. Az ipari területen (C1-2) a nagy beépített felületek mellett jelen vannak a zöldfelületek is, de ezek sok esetben olyan nem gondozott területek, melyeken burjánzik a gyom, pl. a parlagfű.

A körzeten belüli zöldfelületi eloszlás a terület lehatárolása miatt nem fejezi ki hűen a zöldfelületek elérhetőségét. A szomszédos körzet zöldfelületei közvetlenül határosak lehetnek a vizsgált körzettel, de ezek értékei az éles elhatárolás miatt nem vehetők figyelembe a vizsgált körzet elemzésekor. Ezért alkalmaztunk egy másik térinformatikai eszközt, a távolságmérést, amely kifejezi bármely képelemre a legközelebbi objektumtól, jelen esetben a zöldfelülettől mért távolságot. A 6. ábrán látható, az előzőekben elemzett 5 körzet 30*30 m-es területegységeire vonatkozó zöldfelület távolságok eloszlási görbéje. Az A3-3 belvárosi zóna a környező területek szintén sűrű beépítése miatt igen kedvezőtlen helyzetben van. Ezt mutatja, hogy a zóna 80 %-ról a zöldfelületek elérhetősége legalább 100-200 m. A műholdkép elemzésével meghatározott foltok sem jelentős zöldfelületek, hiszen ezek a Rákóczi-, és a Bartók-tér betonfelületéből kiemelkedő néhány fa, valamint a zárt, Zsinagóga körüli templomkert. A nyílt beépítésű rókusi és újszegedi zónákban, elsősorban a kertek miatt, a zöldfelületi elérhetőség kedvező, a közparkok területe azonban itt is alacsony. A lakótelep és

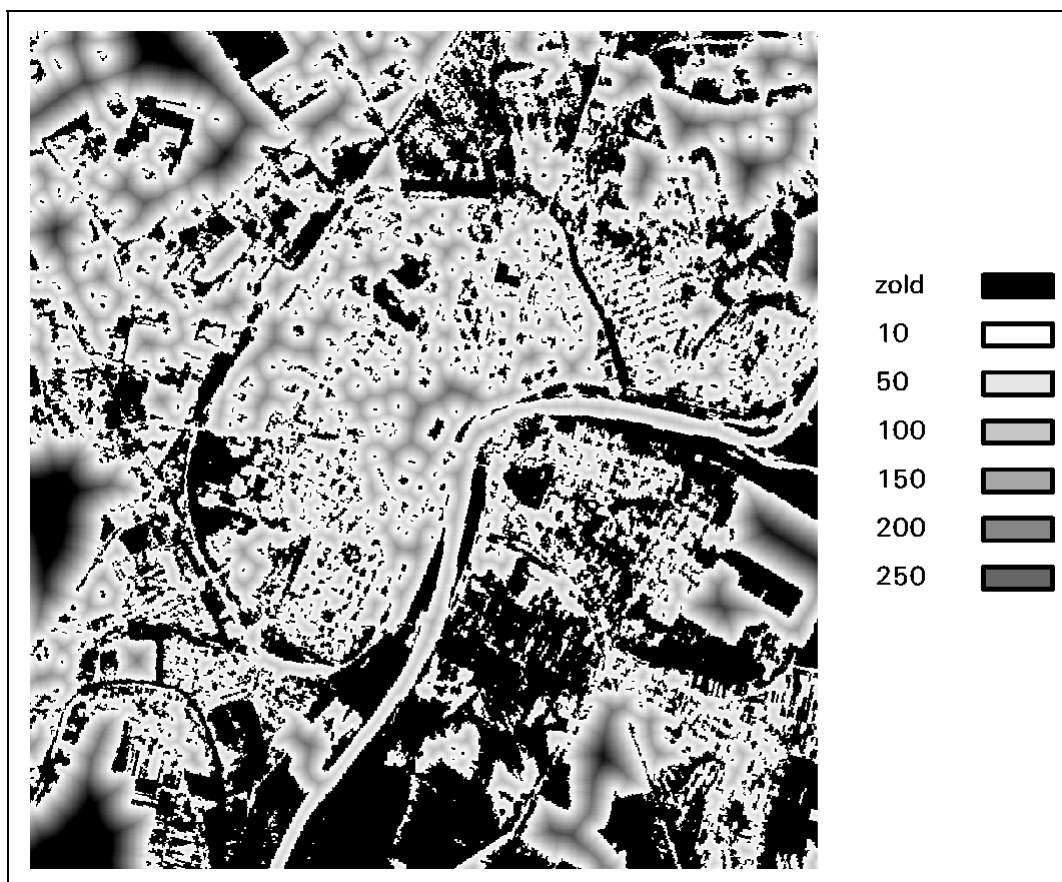
¹⁰ Ezen területek a nyári, nyárvégi szárazabb időszakban lényegesen alacsonyabb NDVI értéket mutatnak.

az iparterület helyzete kedvezőtlen, ezt főleg a lakótelep esetében jelent humánökológiai problémát. A rókusi lakótelep esetében a Körtöltés és a mögötte húzódó keskeny erdősáv jelent zöldfelületet, de ezek állapota nem felel meg a kiránduló erdő követelményeinek, bár kétségtelen kedvező esztétikai hatása.



6.ábra Zöldfelülettől mért távolságok területi arányai az aggregált népszámlálási körzeten belül - A3-3 Belváros - sűrű beépítés zónája, B3 Rókus, nyílt beépítés - családi házak, B4 - Rókus nyílt beépítés - lakótelep, C1-2 - iparterület, D2-2 Újszeged - Kertváros nyílt beépítés zónája,

A 7.ábrán Szeged belterületére vonatkozó, a zöldfelületektől mért távolságok térképe látható. A Körtöltésen belül a legrosszabb helyzetben lévő területek: a Nagyállomás környéke, a Nagykörút környéke annak teljes hosszában, a nyugati Iparterület, a Felsőváros és Rókus új lakótelepei, a Alsóváros ipari területei (Pick). A fekete foltok a 0.3-nél nagyobb NDVI értékű felszíneket mutatják, a fehér szín a zöldfelületekhez legközelebb eső felszíneket jelzi és a szürke átmenet szerint kijelöltük a zöldfelületektől egyre távolabb eső terület egységeket.



7. ábra Zöldfelületektől mért távolság (m) Szegeden és környékén

b, EUROSTAT nomenklatúra szerinti analóg térképezés

Az EU által támogatott program (EUROSTAT) keretében az európai agglomerációk területi lehatárolását távérzékeléses módszerekkel végezték el számos¹¹ mintaterületen. Az űrfelvételek elemzésével készítettek területhasznosítási térképeket a harmonizált statisztikai nomenklatúra (CLUSTER) szerint, majd e térképek eredményeként kijelölték az un. *városi morfológiai zónákat* (urban morphological zones), majd a kijelölt zónán belüli körzetekre vonatkozóan térinformatikai eszközökkel adtak meg statisztikai adatokat.

A multispektrális űrfelvételek pixelenkénti osztályozásához felhasználták a külső adatbázisokat, majd elemezték a képek radiometrikus és texturális sajátosságait. statisztikai nomenklatúra¹² első főosztálya tartalmazza az ember által létrehozott felszíneket, ill. azokat a felszíneket, melyet rekreációs célra alakítottak ki. A részletes leírás pontosan meghatározza¹³ mindegyik alosztály jellemző tulajdonságát, pl. a beépítés típusát.

¹¹ Ezt a nomenklatúrát alkalmazták a FÖMI-ben is Budapest agglomerációjának elemzésekor. A digitális űrfelvételen manuálisan, azaz az összefüggőnek vélt terület kézi körülrajzolásával különítették el a különböző területhasznosítású felszíneket.

¹² A nomenklatúra az első szinten 6 főosztályt, a negyedik szinten 60 alosztályt tartalmaz (EUROSTAT, 1997)

¹³ Az EUROSTAT programjában a nomenklatúra csak az alosztályok általános tulajdonságait adja meg, melyek nem, vagy csak nehezen értelmezhetők, azonosíthatók spektrális tulajdonságokként, pl. az A114 jelű osztály - az izolált lakott terület - definíció szerint izolált lakóépületeket, vagy lakóépületek laza hálózatait jelenti minden további meghatározás nélkül.

Ezen osztályozás szerint elkészítettük Szeged beépítettségi térképét. A városban az 1879-es árvíz utáni újjáépítés lehetővé tette a teljesen új, körutas-sugárutas településszerkezet kialakítását a. Az, *nagy sűrűségű, folyamatos beépítésű terület* (a Wittig-féle zárt beépítés zónája) a Nagykörút és a Tisza által határolt terület, mely helyenként átnyúlik a körúton túlra, pl. a Kossuth Lajos sugárút mentén (A101 kódú terület a 8.ábrán) Ezt a zónát szinte teljes egészében körbeveszi a *közepes sűrűségű, folyamatos beépítésű terület* (Wittignél ez a hézagos beépítés zónája), melyet földszintes, vagy egyemeletes családi házak és a 80-as évektől a 2-3 szintes társasházak jellemeznek (A102 kód). Alsóváros, Móraváros, Rókus és Felsőváros egymástól az Iparterülettel elválasztva alkotja ezt a gyűrűt. Jellemző, hogy a társasházi beépítés a korábbi fedett- (épület, járda, hátsóépületek), nyíltfelület (kert, talajfelszín) arányt (kb. 2:5) jelentősen megváltoztatja (6:1), vagyis a jövőben a kertek, nyílt talajfelszínek további, rohamos csökkenésével kell számolnunk. Az egykori városhatárt jelzik a közepes sűrűségű, folyamatos beépítésű terület külső határán lévő temetők (Alsóvárosi-, Rókusi-, Dugonics-, Gyevi-temető). A Körgáton belül a korábban beépítetlen területeken és a leromlott állapotú családi házas városrészekben - *kertes, szuburbán jellegű lakóterületeken* - (Felsőváros) épültek a 70-es évek elejétől kezdve a lakótelepek - *blokkjellegű lakóterület* (A105)-(Tarján, Északi városrész, Makkosháza, Rókus), majd a 90-es években benzinkutak, napjainkban a bevásárlóközpontok - *kereskedelmi felhasználású terület* (A203).

A város kelet-nyugati tengelyében található az Iparváros - *egyéb, nem nehézipari, ipari tevékenység*, mely a rókusi városrésztől nyugatra elnyúlik egészen Kiskundorozsma határáig. Ezt a zónát zárja le a Szegedi Repülőtér területe (A323)A belső peremi zónában találjuk még a *vasúthálózatot és létesítményeit* (Nagyállomás, Rókusi pályaudvar, Rendező - A322), a tavakat (Sancer-tavak, Búvár-tó, Vértó, stb.), valamint a nagyobb zöldfelületeket, *kezelt zöldterületek* (Vadaspark, a Körgátat borító erdőfoltok, A503). Jelentősek a város szabadidős területei, a *sport- és a kulturális-létesítmények* (A502, A501) A Körgáton kívüli ún. telepek mind családi házas, kertes részei a városnak, inkább falusias jelleggel, ezek a *nem-folyamatos beépítésű lakóterületek* (A104). Újszegeden hiányzik ez a szerkezeti jelleg, kisebb jellegzetes területek azonban elhatárolhatók, pl. az Odessza városrész lakótelepe, a Népliget közparkja, a kertes, családi házas övezet, a kiskertek a Fűvészkerttel, valamint ipari területek, pl. a Kendergyár (Mucsi L. 1996b, 8. ábra).

Az ökológiai alapú várostervezés

A városökológia egyik alapkérdése, hogy a környezeti információkat hogyan integráljuk a vizsgálatokba. Erre a legmegfelelőbb választ az ökológiai várostervezés adja. Ennek célja általában kettős. Egyrészt szolgálnia kell az ember városi környezet viszony harmonikus keretek között tartását /pl. városi életminőség/, másrészt biztosítania kell a települések fenntartható fejlődését¹⁴,

A települések ökológiai tervezése két nagyobb logikai csoportba sorolható. Az elsőbe a *problémaorientált tervezés* módszerei és irányzatai sorolhatók. Itt a fő törekvés lehetőleg minden káros környezeti hatás feltárása, amely gondot okozhat. Ebben az esetben még nagyon precíz adatokra sincs szükség inkább koncepcionális modellre. Sok környezeti feladat már ezzel a módszerrel, ill. ha ezt egy nagyobb stratégiai tervezés első lépésének tekintjük, akkor már ebben a fázisban megoldható. Ilyen logikai alapú a magyar környezetvédelmi törvény települések számára előírt környezeti terve.

¹⁴ Ennek körvonalát a Rio-ban, a településekre megfogalmazott Local Agenda 21 kerete is kijelöli.

Egy ilyen tervezéskor azt vesszük pl. figyelembe, hogy a káros hatások megnyilvánulása attól is függ, hogy az adott felszín, ahol hatás jelentkezik, mennyire érzékeny¹⁵. A 9. ábrán a holland Zwolle példáján mutatjuk ezt be. A kérdés az, hogy miképp vessük össze a negatív hatásokat és a felszínnek eltérő érzékenységet. Újra hangsúlyozni szeretnénk, hogy itt nem precíz adatokra van szükség. Egy megoldás pl. úgy képzelhető el, hogy lajstromozzuk a káros környezeti hatásokat (Streefkerk, N. 1998, 1.táblázat) és aszerint, hogy kevésbé érzékeny, érzékeny vagy nagyon érzékeny felszínt érintenek hatásfokukat rendre 1, 2, 3 ponttal értékeljük. Ezt a logikát tetszés szerinti hatásra alkalmazhatjuk (lásd 1. táblázat) és így konfrontációs területeket relatív súlyokkal láthatjuk el. Ezt a problémaorientált tervezési eredményt továbbvihetjük, s egyfajta településkörnyezeti zonációt készíthetünk el.

káros hatások száma	kevésbé érzékeny	érzékeny	nagyon érzékeny	összes pont
nincs hatás	0	0	0	0 - jó
1 hatás	1	2	3	1 2 3
2 hatás	1,1 1 1	2 2,2 2	3 3 3,3	2 3 4 4 5 6 - romló

1. táblázat A káros környezeti hatások számának és a felszínérzékenység mértékének együttes értékelése (Streefkerk, N., 1998)

A másik irányzat a *célorientált tervezés*. Itt a káros hatások valós problémákat okoznak, amelyek nagyobb apparátus, speciális információk (adatbázis, modell stb.) alkalmazása nélkül nem oldhatók meg.

A célorientált tervezés egyik kulcskategóriája a környezethasználat kockázatának számítása. Egy ilyen példát mutatunk be az alábbiakban. A probléma a város (Szeged) talajainak nehézfém szennyezése, különösen az emberek által használt területeké. A cél pedig annak megállapítása, hogy és milyen mértékben és ütemben kell beavatkozni, hogy a használati kockázat lehetőség szerint csökkenjen.

Az összehasonlító kockázatelemzés a különböző környezeti hatásoknak az emberi egészségre, az ökológiai állapotra és az életminőségre gyakorolt hatását igyekszik megbecsülni egy adott területen. A relatív kockázat azt az információt adja a döntéshozóknak, hogy mi a legsürgetőbb megoldásra váró feladat. A kockázatot a káros környezeti hatás típusának megfelelően vagy:

- kárértékben (pl. rezgés okozta kár)
- az érintett népességszám %-ában (pl. porszennyezés)
- vagy életet követelő kockázatok évenként halálozásban (pl. toxikus, radioaktív szennyezés) szokták mérni.

¹⁵ Az érzékenység a településen általában a természetesség fokával nő. (Ha a cél a városi ökorendszer állapotának javítása.) A városi terület felhasználása és funkciója alapján felvázolható egy érzékenységi skála.

A kockázatbecslésnek egyik feladata, hogy útba igazítson, pl. a média által közölt, olykor súlyozatlan információk között. Ez szolgálhat alapul a kárelhárítási, megelőzési prioritások kijelölésében is. A másik feladata tulajdonképp az, hogy jusson túl ez az információ a döntéshozókra, mert nemcsak a politikusok és szakértők feladata a sok információban való eligazodás, hanem a számos környezeti felelős között kohéziót kell teremteni és a kockázatbecslés lehet az egyik közös nyelv¹⁶.

Nagyon hangsúlyozottan szólni kell arról is, hogy a kockázatbecslés az utóbbi években nagyon népszerű gyakorlat lett és főként emiatt egyszerűsített formái már a problémaorientált tervezésben is használatosak.

Szennyezett talaj használati kockázatának vizsgálata

A városökológiai vizsgálatok során elkerülhetetlen az egyes ökológiai rendszerek, mint pl. a klíma, levegő, talaj, hidrológia, topográfia stb. értékelése. Fontos ez több szempontból is, de elsősorban azért, mert az ott élők életminőségét ezek állapota jelentősen befolyásolja. Ezzel magyarázható az is, hogy a talajok kockázatelemzési vizsgálatai a mezőgazdaságilag művelt területek után elsősorban a városi talajok szennyezettségével és ezek lakosságot érintő kockázatával foglalkoznak¹⁷. A talajra adott határértékek jelzik, hogy meghaladásuk esetén veszély jelentkezik az adott hasznosítási módnál (pl. játszótér, vagy haszonkert), s utalnak az emberi egészség akut és krónikus károsodásának lehetőségére¹⁸.

A városi ökoszisztémák talajának szennyezettség vizsgálata sok esetben a forgalmas útvonalak menti talajszennyezettség felmérésére szorítkozik. Ezen vizsgálatok eredményeként megállapítható, hogy a közlekedésből származó nehézfém-szennyezés az úttól mintegy 50-100 m távolságig, és 20-25 cm mélységig jelentkezik legerőteljesebben (Árkosi, Buna 1990). Ezen vonalas elrendeződésű területek talajai azonban hasznosításukat tekintve a lakosság egészségügyi veszélyeztetésében nem játszik nagy szerepet. Más a helyzet a pihenőparkok, játszótérek, városi zöldterületek talajainak nehézfém-tartalmával. Igaz, hogy az itt begyűjtött minták többnyire 1.5-4-szer kevesebb szennyezést tartalmaznak a feltalajban, mint a közvetlenül utak mellől gyűjtött minták, ugyanakkor az expozíciós utakat vizsgálva kiderül, hogy ez esetben az emberig való eljutásra sokkal nagyobb esély van: szél által szállított porszemcsék belélegzésével, homokozók, játszótérek talajának közvetlen érintésével, gyerekek játék közbeni kéz és talaj szájba vételével¹⁹, városi kiskertek művelésével, haszonnövények elemfelvételével.

A szegedi parkok, zöldterületek talajainak szennyezettsége a vizsgált 7 nehézfém esetében változatos képet mutat (2. táblázat). Míg az Pb, Zn, Cr, Ni²⁰ csak 2-3 esetben, addig a Cu esetében minden minta elemtartalma meghaladja a „megengedhető maximális

¹⁶Az is biztos, hogy a környezeti kockázatbecslés nem egyedüli módszere a környezeti döntéshozatalnak és nem is vége a folyamatnak, hisz pl. a megszületett prioritási rend, ágazati integráció tovább él a tervekben

¹⁷ Az egészségre ugyanis nemcsak az akut hatások jelenthetnek veszélyt, hanem a kis mennyiségben történő folyamatos terhelés is, melyek csak hosszú évek múltán okoznak esetleg különböző megbetegedéseket.

¹⁸ A jelenleg használt határérték-rendszerek azonban, mint pl. a holland lista, berlini lista, vagy az Eikmann-Kloke-féle határértékek szigorúan véve toxikológiailag nem indokolhatók (Kádár 1998). A veszélyeztetettség, elsősorban a talajhasználatról és a talaj tulajdonságaitól (kötöttség, pH, agyagásvány tartalom és milyenség, szervesanyag tartalom) függően, alacsonyabb vagy magasabb értékeknél egyaránt előfordulhat.

¹⁹ Játszótereken végzett kísérletek alapján megállapítható, hogy 2 év körüli gyerekek percenként 1.5-2-szer érintik szájukhoz földes kezüket (Ruck, 1988).

²⁰ A talajok feltárása királyvízes feltárással, mérése atomabszorpciós spektrométerrel láng technikával történt.

menyiséget”²¹. Mindezen vizsgálati eredményeket azonban csak az egyéb talajtulajdonságokkal összefüggésben értelmezhetjük²².

A szegedi talajokban mért elemtartalmakat számos egyéb referencia értékhez is hasonlíthatjuk (3. táblázat). Az antropogén terheléstől mentes talajokra vonatkozó értékekkel a mért értékeket összevetve megállapítható, hogy Szeged zöldterületi talajainak terheltsége, azaz a város „háttérszennyezettsége” igen jelentős. Az egyes mintavételi helyeket figyelembe véve szembetűnő a 38, 39 mintavételi helyek minden fém esetében a határértéket meghaladó nehézfém-tartalma. Ezen mintavételi pontok (Szőregi út menti játszótér, Belvárosi-híd újszegedi felhajtója) régóta nagy autóforgalmat bonyolító közlekedési csomópontok közelében vannak, és nincs olyan természetes vagy mesterséges létesítmény (bokor vagy fasáv, épület), mely annak hatását leárnyékolná. Számos országban (pl. Németország) - ellentétben a hazai gyakorlattal - a határértékek megállapításánál differenciálnak a talajhasználat függvényében. Az ezen lista által a gyerekjátszóterekre vonatkozó határértékeket (3. táblázat) Szeged város játszótereinek talajai számos esetben meghaladják. Nem ritka az ezen határérték rendszerben megadott C érték (toxikus érték: károsodik a védendő objektum (növény, állat, ember), beavatkozás szükséges) túllépése sem (pl. Cd: 38, 39 minta; Cu: 1, 32, 35, 38, 39, 43 minta). Ezen adatok a város bizonyos részeinek fokozott háttérszennyezettségére hívják fel a figyelmet.

Minta kód	C org	pH	Cd-össz.	Co-össz.	Cr-össz.	Cu-össz.	Ni-össz.	Pb-össz.	Zn-össz.
1	7,07	7,91	3,02	64,19	15,48	509,04	30,72	53,45	159,35
2	6,38	7,30	1,07	45,46	10,52	238,79	27,39	27,27	60,53
5	5,02	7,54	1,79	54,62	11,32	254,46	26,68	22,15	66,70
6	6,85	7,29	1,39	34,34	15,92	230,93	16,92	29,86	81,87
9	6,73	7,23	1,61	54,49	22,32	281,11	41,29	56,65	141,87
10	2,62	7,33	1,97	56,43	11,76	263,65	25,69	42,02	98,93
20	7,39	7,25	1,48	48,72	15,01	260,34	27,31	124,02	104,33
21	6,46	7,23	1,75	56,79	12,34	255,34	26,17	23,95	66,92
27	9,20	7,26	1,52	51,60	9,97	258,00	16,70	49,10	53,84
30	5,57	7,21	3,76	45,27	17,81	253,32	33,89	58,38	166,98
32	4,46	7,52	1,12	55,86	20,20	300,03	44,89	32,92	118,46
33	5,50	7,35	1,27	65,62	19,76	290,30	48,79	27,81	109,53
34	6,63	7,32	0,94	62,06	24,72	285,36	56,62	31,40	11,77
35	4,51	7,32	1,25	54,42	22,96	301,04	42,93	45,43	129,05
36	5,63	7,27	0,50	56,64	21,96	277,47	48,65	26,45	94,07
37	7,19	7,52	0,72	55,19	24,97	285,95	49,20	39,46	107,13
38	6,54	7,24	10,98	69,85	65,11	391,65	57,12	231,75	517,88
39	8,91	7,42	13,29	69,46	73,46	455,25	58,96	332,81	650,64
40	9,07	7,49	1,05	52,14	16,21	273,69	34,67	32,93	93,06
41	9,72	7,36	1,22	51,41	12,47	266,77	26,95	60,89	81,85
43	7,73	7,25	1,62	66,73	28,74	301,19	43,99	33,93	153,47
44	7,68	7,43	1,50	56,62	14,22	273,13	28,18	32,42	109,75
Átlag	6,50	7,35	1,77	46,79	17,47	270,39	30,16	47,04	109,82

2. táblázat Szeged zöldterületi talajainak kémhatása, szervesanyag- és nehézfém-tartalma néhány mintavételi pontban

²¹ Mezőgazdasági és élelmiszerügyi ágazati műszaki irányelv.

²² A vizsgált talajok vályog, agyagos-vályog fizikai minőségűek, kémhatásuk semleges (pH: 7.01 - 7.91). Szervesanyag tartalmuk jelentős (felső 10 cm), átlagosan 6.5 % (C_{org}: 10.6 - 2.62).

	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Városi talajok átlagos nehézfém tart. (0-10 cm) ¹ .	0,48	-	20	16,6	-	37,3	66
Antropogén terheléstől mentes talajok átl. Nehézfém tart. ² .	0,1-0,5	-	5-100	2-40	5-50	2-60	10-80
Javasolt határértékek a talajhasználat függvényében - gyermekjátszó ³ .	2	-	50	50	40	200	300
Szegedi zöldterületek talajainak átl. Nehézfém tart.	1,7	46,7	17,4	270,3	30,1	47,0	109,8
Megengedhető maximális mennyiség talajokban (T=15-25) ⁴ .	2	50	100	100	50	100	250

1. Fiedler, Rösler 1993, 2. Brümmer et al. 1991, 3. Klope 1980, 4. Mezőgazdasági és élelmiszerügyi ágazati műszaki irányelv 1991 jan.

3. táblázat Szeged város talajának nehézfém szennyezettsége (ppm)

A környezeti zonáció

A vizsgálataink eredményeként bemutatott földrajzi-térbeli adatokkal (zöldfelületi ellátottság, elérhetőség, talaj nehézfém terhelése) kiegészülő környezeti tervek a problémákat, vagy a célorientált tervezés eredményeit, területiségükben igyekeznek megragadni. Ehhez a Ny-i országok legtöbbjében már a környezeti zonációt alkalmazzák a városokra (Miller, D.-deRoo, G. 1998, Pearce, J. 1998). A környezeti zónák olyan területeket jelölnek, ahol az adott funkcióhoz meghatározott mértékű környezetszennyezés megengedhető. Az egész kérdéskör mögött az áll a háttérben, hogy vajon egy adott területen kevert vagy szeparált területhasználat indokolt-e? Ez annak a felismerése, hogy noha lakóterületet nem terveznek ipari övezetbe, de elkerülhetetlen bizonyos átlapoló területhasználat (pl. a lakást, iskolát az ipari zónát átszelő úton kell megközelíteni). Ez a fajta területi gondolkodásmód méri a környezetminőséget és szabályozza a környezetileg érzékeny tevékenységeket és környezetileg valamiféle optimumot igyekszik keresni a funkciók integrációja és szegregációja között. A kérdés nem ágazatilag fogalmazódik meg, azaz csökkentsük valahol az emissziót, hanem úgy kezeli, hogy azt a lehetséges mértékig már lecsökkentették és a környezetérzékeny területhasználatokat (is) kell szabályozni. Egy ágazati zonáció mentetét mutatja be a 10. ábra.

A zonáció egyik, máig megoldatlannak tekinthető kérdése, hogy miként tudjuk a különböző ágazati eredményeket integrálni. Az irodalomban ma nagyon gyakorlatias megoldásokkal találkozunk, amelyek olykor a tudományos értékelési kritériumokat nem teljesítik. A kockázat-számítás kvantitatív alapú egységei (pl. a népesség %-os érintettsége) ugyan alkalmasnak tűnnek az addícióra, de a kumulálódó hatások mérése nem képesek.

Befejezés

Az elméleti és a Szeged példáján bemutatott gyakorlati vizsgálatok eredményei bizonyítják a földrajz széleskörű lehetőségeit a városökológiai kutatásokon belül. Széles kapcsolódási sáv nyílik nemcsak más tudományterületek felé, hanem a települést irányító, s az ezzel kapcsolatos döntéseket előkészítő szakemberek és a döntéseket meghozó politikusok felé is. A településen belüli városökológiai feladatok megoldásakor szükség van a térbeli folyamatok együttértelmezésére és interpretálására, melyek megjelenhetnek a tervezés különböző fázisaiban, ill. a rendezési tervekben.

Irodalom

- Adam, K. 1988. Stadtökologie in Stichworten. Hirt Verlag p.179
- Árkosi I., Buna B. (1990): A közlekedésből származó nehézfémek (ólom) talaj- és növénysszennyező hatásának vizsgálata. Környezetgazdálkodási kutatások 3.
- Bárány-Kevei - L. Mucsi 1999. Einige Fragen zu den stadtökologischen Forschungen in Szeged (Ungarn) - Tübinger Geographische Studien (Hrsg. H. Forster) in press
- Breuste, J. - Feldmann, H. - Uhlmann, O. (eds) 1998. Urban ecology. Springer, Berlin p. 544
- Brümmer et al. (1991): Schwermetallbelastung von Böden Mitteilungen Dt. Bodenkundliche Gesellschaft 63.
- Deelstra, T. (1998):
- Farsang A. (1996): Talaj nehézfém tartalmának térbeli eloszlása. Ph.D. értekezés, Szeged
- Fiedler H.J., Rösler H.J. (szerk.) (1993): Spurelemente in der Umwelt Gustav Fischer Verlag, Jena - Stuttgart.
- Hahn, E. 1984. Siedlungsökologie. Müller, Karlsruhe p. 247
- Kádár I. (1998): Kármentesítési kézikönyv 2. A szennyezett talajok vizsgálatáról (Kármentesítési program). Budapest, Környezetvédelmi Minisztérium
- Kloke, A. (1980): Richtwerte 80' Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden Mitteilungen VDLUFA. Heft. 1/3.
- Kovács M. 1985. Nagyvárosok környezettana. Gondolat, Budapest
- Lichtenberger, E. 1993. Stadtökologie und Sozialgeographie. in: Sukopp-Wittig (eds): Stadtökologie. Gustav Fischer Verlag pp. 10-45
- Mezőgazdasági és élelmiszerügyi ágazati műszaki irányelv 1991 január.
- Miller, D. - DeRoo, G. (eds) 1998. Urban environmental planning. Ashgate, Aldershot - Brookfield p. 311.
- Mezősi G. - Mucsi L. 1994. Urban density and expansion study using GIS and RS methods EGIS94 Paris Proceedings vol.II. pp. 1354-1363.
- Mucsi, L. (1996a). Urban land use investigation with GIS and RS methods Acta Geogr. Szeg. Tom. XXV. pp. 111-119.
- Mucsi L. (1996b): Városökológia elmélete és gyakorlati alkalmazása Szeged példáján - PhD értekezés, Szeged
- Park, R. E. et al. 1926. The City. The University of Chicago Press, Chicago, p. 366
- Pearce, J. 1998. Integrated environmental zoning: a comparative studies of 12 countries in: Miller, D. - DeRoo, G. (eds) 1998. Urban environmental planning. Ashgate, Aldershot - Brookfield pp. 213-227.
- Sukopp, H. - Hejny S. (ed) 1990. Urban ecology. SPB Academic Publishing, Den Haag, p. 282
- Sukopp, H. - Wittig, R. (eds) 1993. Stadtökologie. G. Fischer, Stuttgart p. 402
- Wentz, E. N. 1976. A Survey of the Literature of Optimum City Size. Urban System Group Report, University of Virginia, Charlottesville
- Wittig, R. 1991. Ökologie der Grossstadtfloren. Gustav Fischer UTB 1587 p. 261

A zöldfelületi vizsgálathoz kapcsolódó mikroklima mérések a Unger János féle OTKA projekt támogatásával készültek.....

A talajvizsgálatok az F 024166, B-23/1997. és a T 17619-es pályázatok támogatásával készültek.

Ábraaláírások:

1. ábra A városökológia helye a városkutatás, várostervezés kapcsolatrendszerében (Lichtenberger, E. 1993 után)
2. ábra A városnagyság és az életminőség kapcsolata (Wentz 1976 szerint)
3. ábra Az ökoszféra változásai a nagyvárosokban (Sukopp 1993 alapján)
4. ábra Wittig-féle városmodell (1991)
5. ábra Aggregált népszámlálási körzet beépítettségi viszonyai vegetációs index alapján
6. ábra Zöldfelülettől mért távolságok területi arányai az aggregált népszámlálási körzeten belül
7. ábra Zöldfelületektől mért távolság (m) Szegeden és környékén
8. ábra Szeged területhasznosítási térképe
9. ábra A térbeli funkciók és érzékenységek (Miller, D. - deRoo, G. 1998 alapján) A: 1 - síkság, 2 - erdő, 3 - mezőgazdaság, 4 - rekreáció, 5 - lakóterület, 6 - iparterület B: 1 - többnyire talaj, vízborítás, ültetvények, 2 - többnyire emberek által használt, 3 - többnyire természetes és mesterséges anyagok C: 1 - kevésbé érzékeny, 2 - érzékeny, 3 - nagyon érzékeny
10. ábra A vízszennyezés kockázatának mértéke és a vízminőség ágazati zonációja A - területhasznosítási térkép 1 - (sűrűn beépített) település, 2 - ipari terület, 3 - erdő, 4 - (ritkán beépített) település, 5 - mezőgazdaság, 6 - parti területek, 7 - nem művelt területek, 8 - feltöltés és bánya, 9 - út, 10 - vízvédelmi terület, vízfolyás B - 1,2,3 egyre csökkenő szennyezési kockázati indexek C - Vízszennyezés ágazati zonációja 1 - fehér, 2 - szürke 1., 3 - szürke 2., 4 - fekete területek