

TELEKI PÁL TUDOMÁNYOS MÓDSZEREINEK ALKALMAZÁSA A 21. SZÁZADI SZEMLELETFORMÁLÁS ÉS KÖRNYEZETI FENNTARTHATÓSÁG TÜKRÉBEN

HERNÁDI BENCE¹, DEMÉNY KRISZTINA²

DOI: 10.12700/PK.2026.356

¹Pannon Egyetem Mérnöki Kar, ESG mesterszak

²Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Környezetmérnöki és
Természettudományi Intézet

hernadi.bence87@gmail.com; demeny.krisztina@rkk.uni-obuda.hu

ABSZTRAKT

Gróf Teleki Pál munkássága a földrajztudomány, a pedagógia és a politika metszetében egyaránt kiemelkedő jelentőségű. A híres „Carte Rouge” térképe és elemzési módszerei a mai térinformatikai eszközök (Geographic Information Systems, távérzékelés) előfutáraitként értelmezhetők. A környezetmérnöki gyakorlatban ezek alkalmazása elengedhetetlen a szennyezett területek feltérképezésétől a klímaváltozás térbeli modellezéséig. Emellett interdiszciplináris megközelítése, amely a fizikai tér mellett társadalmi, etnikai és gazdasági tényezőket is integrált, napjaink fenntarthatósági kihívásaihoz is kulcsfontosságú útmutatást kínál. A komplex rendszerszintű gondolkodás előtérbe helyezése segíti a környezeti problémák ok-okozati viszonyainak mélyebb megértését. Pedagógiai munkásságában hangsúlyos szerepet kapott a természetközpontú, élményalapú nevelés. Az ilyen szemléletű oktatási módszerek, mint például terepgyakorlatok, közösségi szolgálatok, ökológiai lábnyom csökkentését célzó iskolai programok – ma is relevánsak a környezeti attitűdformálás szempontjából. Az előadás továbbá kitér arra is, hogyan illeszthető be ez a szemlélet a környezetmérnöki tananyagba: a téralapú gondolkodás fejlesztésétől kezdve a komplex projektfeladatokon át egészen az etikai és társadalmi felelősség hangsúlyozásáig. Azon képessége, hogy tudományos elemzéseit stratégiai szintű politikai döntések szolgálatába állította, ma is aktuális üzenettel bír. A globális környezeti válságok: klímaváltozás, biodiverzitás csökkenése, erőforráshiány, nem csupán technikai vagy tudományos, hanem politikai és társadalmi kihívások is. A Teleki-féle stratégiai gondolkodásmód hozzájárulhat a tudományalapú, mégis társadalmilag érzékeny környezetpolitikai döntéshozatalhoz.

KULCSSZAVAK: fenntarthatóság, szemléletformálás, térinformatika

BEVEZETŐ

A tanulmány kitűzött célja a Gróf Teleki Pál által bevezetett tudományos módszerek ismertetése és vizsgálata, majd ezt követően összevetése a 21. századi aktuális tudományos módszertanok jó gyakorlataival. Ezen módszertanokat a dolgozat során a környezetmérnöki képzésre vetítve vizsgálva, elsősorban az Óbudai Egyetem gyakorlatában.

1. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

A Learning to Think Spatially című tanulmány azt vizsgálja, miként építhető be a térbeli gondolkodás az alap és középfokú oktatásba és számos példán keresztül mutatja be a térinformatika használatát – mint képességfejlesztő eszköz – a földrajz, matematika és természettudományos tantárgyakban. A szerzők kiemelik a GIS mint „support system” szerepét, és strukturált ajánlásokat fogalmaznak meg az oktatási programok, tanári képzések és fejlesztési stratégiák számára. (National Research Council, 2006)

A térinformatikai rendszerek (GIS) oktatásba történő integrálásával foglalkozik Arlinghaus et al. (2019), különös tekintettel a térbeli gondolkodás fejlesztésére. A mű a térbeli elemzés képességeit, például az adatok térképi reprezentációját, a változások időbeli követését kulcsfontosságúnak tartja a földtudományok, a környezetmérnöki, de még a történelem vagy a társadalomtudományok tanításában is. Több esettanulmánnyal támasztja alá miként alkalmazhatók térképezési projektek az osztályteremben, valamint miként értékelhetők a tanulói eredmények. (Arlinghaus, Kerski, Ann, & Matthew, 2019)

Az interdiszciplinaritás jegyében különböző szakmák és érdekcsoportok bevonásával modellezik a tájhasználati forgatókönyveket, hogy elősegítsék a közös döntéshozatalt. A térképek, modellek és digitális vizualizációk révén a komplex környezeti problémák könnyebben érthetővé válnak a résztvevők számára, így növelve a társadalmi elfogadottságát és a fenntartható döntések minőségét. Ez a munka jól illeszkedik a térbeli gondolkodás fejlesztéséhez és a participatív módszerek környezeti nevelésben történő alkalmazásához. Különösen hasznos lehet környezetmérnöki szakemberek és tervezők számára, akik integrált, közösségi alapú megközelítést alkalmaznak. (Tress & Tress, 2003)

A téralapú gondolkodáshoz és a térinformatikai rendszerek áttekintéséhez szükséges emellett a térbeli intelligencia készsége is, amelynek fejlesztését Stoltzfus (2011) könyve tárgyalja az oktatás kontextusában, és külön hangsúlyt fektet a georeprezentációk (térképek, modellek, diagramok) tanulást támogató szerepére. A szerző szerint a térbeli intelligencia fejlesztése különösen fontos a jövő mérnökei, tervezői és környezeti döntéshozói számára. (Stoltzfus, 2011)

Ezen kérdéskörrel foglalkozik Kolb (1984) is, aki klasszikus művében elsőként definiálta az élményalapú tanulás (experiential learning) elméletét, amely a tanulási folyamatot egy négyfázisú ciklusként írja le: (1) konkrét tapasztalat, (2) reflektív megfigyelés, (3) absztrakt modellalkotás, (4) aktív kísérletezés. Ezt a ciklust nemcsak mint a tanulás mechanizmusát, hanem mint a tudás mélyebb internalizációját szolgáló modellt tekinti. Kolb emellett kidolgozta a tanulási stílusok tipológiáját (diverging, assimilating, converging, accommodating), amely meghatározza, hogy az egyének hogyan preferálják a tanulás egyes fázisait. (Kolb, 1984)

Kolbhoz hasonlóan Suiter is egy olyan tanulmányt dolgozott ki később 2021-ben, amely átfogó kézikönyv lett. A természettudományos oktatásban alkalmazott élményalapú tanulás elméletét és gyakorlatát tárgyalja. A szerkesztők és szerzők célja, hogy tudományosan megalapozott módszerekkel támogassák az élményközpontú tanítási stratégiák beépítését az oktatási rendszerekbe. A könyv kiemeli, hogy a tanulók számára a valódi tapasztalatok (pl. terepgyakorlatok, laboratóriumi kísérletek) hogyan járulnak hozzá a hosszú távú ismeretszerzéshez és a mélyebb tudományos gondolkodáshoz. (Suiter, 2021)

A pedagógia tekintetében kiemelendő Orr könyve (1992), amely az ökológiai tudatosság és a fenntartható nevelés fontosságát hangsúlyozza a modern oktatásban. Ezek az elvek kiemelten fontos szerepet játszanak a környezetmérnöki oktatásban és gondolkodásmódban is. Ez az ökológiai műveltség – vagyis ecological literacy – elengedhetetlen a környezeti válságok kezeléséhez.

Az írás különösen fontos a környezetmérnöki és pedagógiai szakemberek számára, mert átfogó keretet ad a fenntartható fejlődés oktatásának megtervezéséhez és kivitelezéséhez. Orr munkája ma is meghatározó a környezeti nevelés filozófiai és gyakorlati alapelveinek megértésében (Orr, 1992). Ezt az interdiszciplinaritást ültette át Sterling tanulmánya keretében transzformatív tanulás néven a fenntarthatóság érdekében az oktatási mechanizmusába. A mű ugyanis a transzformatív tanulás elméletét helyezi összefüggésbe a fenntartható fejlődés oktatásával. Az írás központi gondolata, hogy a fenntarthatóság érdekében nem elég pusztán ismereteket közvetíteni, hanem a tanulók világlátásának, értékrendjének és cselekvési képességeinek mélyreható átalakítása szükséges. (Sterling, 2010)

A téri intelligencia szerepe a felsőoktatásban című tanulmányában azt vizsgálja, hogy a térbeli gondolkodás, vagyis a téri intelligencia milyen mértékben befolyásolja a STEM (természettudomány, technológia, mérnöki és matematikai) területeken tanuló hallgatók teljesítményét és problémamegoldó képességét a felsőoktatásban. A szerző rámutat, hogy a térben való tájékozódás és a térbeli kapcsolatok megértése elengedhetetlen feltétele a műszaki és mérnöki munkának, ezért a képesség fejlesztése kulcsfontosságú a sikeres tanulási folyamat szempontjából. A kutatás a Debreceni Egyetem mérnökhallgatóin végzett empirikus vizsgálatokat összegzi, és bemutatja, milyen típusú feladatokkal mérhetők és fejleszthetők a téri intelligencia különböző komponensei, megemlítve az egyes nemi különbségeket és a problémamegoldási aspektusokat is. (Nagyné Kondor, 2024)

2. PROJEKTEK ISMERTETÉSE

A környezetmérnök alapszakos képzés mintatervében kötelező tárgyként szerepel a Térinformatika, a választott szakiránytól függetlenül valamennyi nappali és levelező tagozatos hallgató számára. A kurzus keretében a jelentkezők megtanulnak alapvető térkép értelmezési és kiértékelési eljárásokat, továbbá viszonyítási alapot biztosítanak a távolságok méretezése vagy éppen más szimulálható tevékenységek tekintetében. A kurzus teljesítéséhez a hallgatóknak (többek között) projektfeladatokat kellett készíteniük a félév során, amelynek benyújtása jelentős hatással bírt a kialakuló tanulmányi eredményeikre.

A kurzus során a projektek elkészítéséhez a QGIS 3.4 programot használták a hallgatók. Egy nyílt forráskódú térinformatikai szoftvert, amely világszerte az egyik legnépszerűbb GIS-alkalmazás a kutatásban, oktatásban és gyakorlati környezetvédelmi, várostervezési vagy geostratégiai döntéshozatal során. Mivel ingyenesen hozzáférhető, és számos bővítménnyel rendelkezik, különösen alkalmas oktatási célokra és olyan multidiszciplináris alkalmazásokra is, amelyek Gróf Teleki Pál téralapú gondolkodását és komplex rendszerlátását tükrözik. A program segítségével különböző típusú téradatok (raszteres, vektoros, térképi) kezelhetők, elemezhetők és vizualizálhatók. Az egyik erőssége, hogy könnyedén alkalmas tájelemek elemzésére és kiértékelésére. A domborzati modellek (DTM, DEM), földhasználati térképek, felszínborítási rétegek vagy vízrajzi hálózatok különböző térbeli elemzésekkel (pl. lejtés, expozíció, vízgyűjtő-analízis) vizsgálhatók.

A georeferálás szintén fontos funkció a QGIS-ben, amely során történelmi térképek, légifelvételek vagy kézzel rajzolt ábrák illeszthetők be a mai koordinátarendszerbe. Ennek segítségével például Teleki Pál Carte Rouge térképének modern koordinátarendszerre vetítése is megvalósítható lenne, így lehetőség nyílik a történelmi és jelenkori földrajzi viszonyok összevetésére.

A georeferált rétegek ezután további térbeli elemzések kiindulópontjai lehetnek, például változások követésére az etnikai térszerkezetben, földhasználatban vagy vízhálózatban.

2.1 Felszínborítás adatelemzés és kiértékelés

A hallgatók egy meghatározott területen egy térkép alapján azonosították be a különböző tájelemeket. Minden egyes tájelem egyedi kódot – és egyedi színezést kapott, így jól körül határolhatóvá váltak szabad szemmel is a projektmunka során.

A hallgatók az elektronikus rajzolás segítségével felvették a tájelemeket a rendszerbe, majd ezt követően különböző elemzéseket és számításokat végeztek el a kapott adatok felhasználásának segítségével (1. ábra):

ID	Felszínborítás megnevezése	Terület (m ²)	Kerület (m)	Terület (%)	Kerület (%)
1	Erdőt területek	1989107,31	107645,01	17,07	21,17
2	Rét, legelő	2163978,14	65514,79	18,57	12,88
3	Antropogén terület	2475116,39	77594,61	21,24	15,26
31	Kertvárosi terület	870780,68	52067,11	7,47	10,24
32	Belvárosi	1700,74	166,45	0,01	0,03
4	Kert és gyümölcsös	575951,18	48686,25	4,94	9,57
41	Szőlő	535017,28	47390,00	4,59	9,32
5	Vizenyős terület	153123,06	17309,23	1,31	3,40
6	Szántó	2887834,24	92167,05	24,78	18,12
	SUM	11652609,02	508540,50	100,00	100,00

1. ábra: Tájelemek felvett adatai

A szabadkézi rajzzal felvett tájelemeket ezt követően a bevitelükkor megadott kódok alapján kategorizálták. Ezen adatokból kiszámíthatóvá váltak a tájelemek abszolút területi és kerületi értékei. Azonban ezek az értékek abban az esetben minősültek „beszédesnek” a laikusok számára, amennyiben viszonyítási alapként is tudtak szolgálni. Ezért az összesített kerület és terület is kiszámításra került a vizsgálati térképen – innen pedig a hozzávetőleges tájelemenkénti eloszlások is láthatóvá váltak.

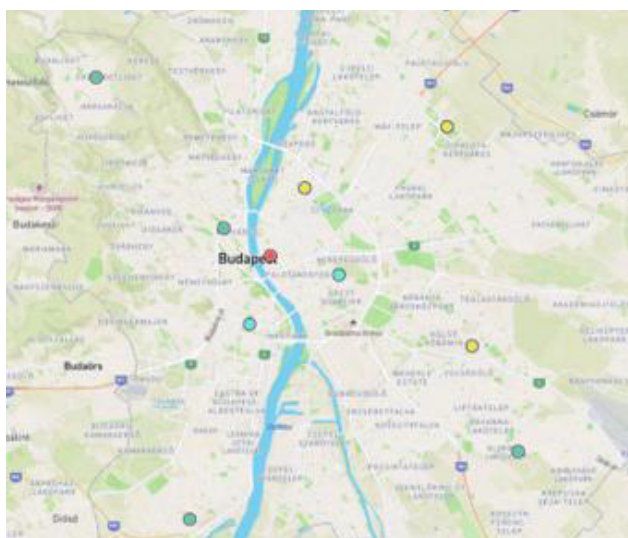
Az 1. ábrában foglalt adatok alapján az alábbi következtetések vonhatóak le:

Az erdő területek a vizsgált terület 17%-át teszik ki, míg az antropogén területek 21%-ban vannak jelen. → jelentős urbanizáció kimutatható
A rét, legelő (vagyis a természetes legeltetésre alkalmas terület) 18%, a szántóföld (mezőgazdasági termesztésre alkalmas terület) pedig 24%-ban található meg. → a mezőgazdaság térhódítása kiszorítja az élőlényeket legelőikről
A néhány folyó mentén a vizenyős területek összesen 1%-ot tesznek ki, míg a kert és gyümölcsös 5% és a szőlő további 4%. → a kiskertek csak elszórva figyelhetőek meg
Az antropogén területek túlnyomó része kertvárosi (7%), míg a belvárosi területek száma elenyésző (0,01%). → az adott területen kisebb a népsűrűség, kevesebb a belvárosi lakás

2.2 Georeferálás urbanisztikai térkép alapján

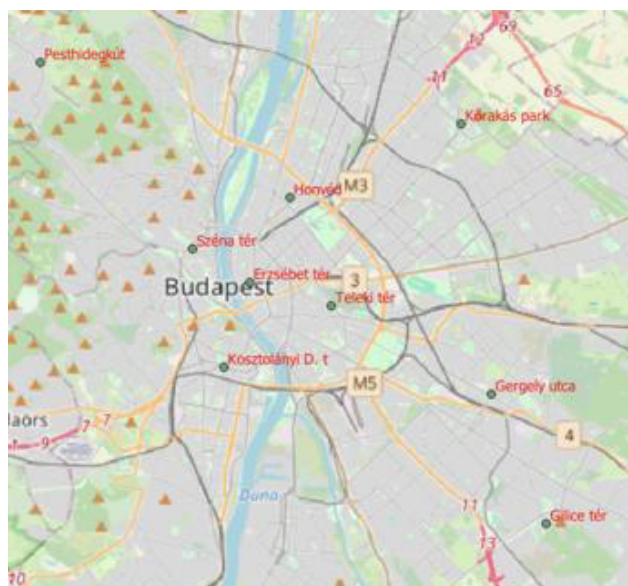
A kurzus során ezt követően Gógh Zsolt segítségével a hallgatók megismerkedhettek a georeferálás módszertanával és annak felhasználási lehetőségeivel. Itt az volt a feladat, hogy Budapest területén végezzenek el egy térképpel georeferálást. A módszer lényege, hogy párhuzamosan több rétegen dolgozva és összeegyeztetve „háromszögelés” módszer segítségével – vagyis mindkét térképen kijelölve három támpontot, amely alapján összefésülhető a két réteg, egy eredmény térképet kapunk.

Jelen projektfeladat esetében egy légszennyezettségi térképet kellett elkészíteni a megadott térképek és a kihelyezett mérőállomások, valamint azok adatainak segítségével. A projekt kezdetén letöltöttük a kiválasztott intervallum - 2021. március 4. mérési adatait a Budapesten található 10 db különböző területén elhelyezett automata mérőállomásokról (2. ábra).



2. ábra: Automata mérőállomások helyzete Budapesten

Ezt követte a georeferálás Budapest városi térképével összevetve, a 10 mérőállomást kijelölve és piros színnel feltüntetve a helységneveiket (3. ábra):



3. ábra: Mérőállomások helyzete a georeferálást követően

Erről a térképről már leolvashatóak voltak a mérőállomások helységnevei és könnyedén beazonosíthatóvá váltak valamennyi ember számára. Leolvasható továbbá, hogy az égtájaknak megfelelő szórásban, illetve a centrumban helyezkednek el ezek a pontok.

A kiválasztott nap átlagaként az automata rendszer az alábbi adatokat rögzítette (4. ábra):

Állomás	PM ₁₀
Budatétény	38
Erzsébet tér	69
Gergely utca	63
Gilice tér	60
Honvéd	69
Kosztolányi D. tér	55
Kőrakás park	70
Pesthidegkút	27
Széna tér	70
Teleki tér	53

4. ábra: Napi átlagaként rögzített adatok (2021.03.04.)

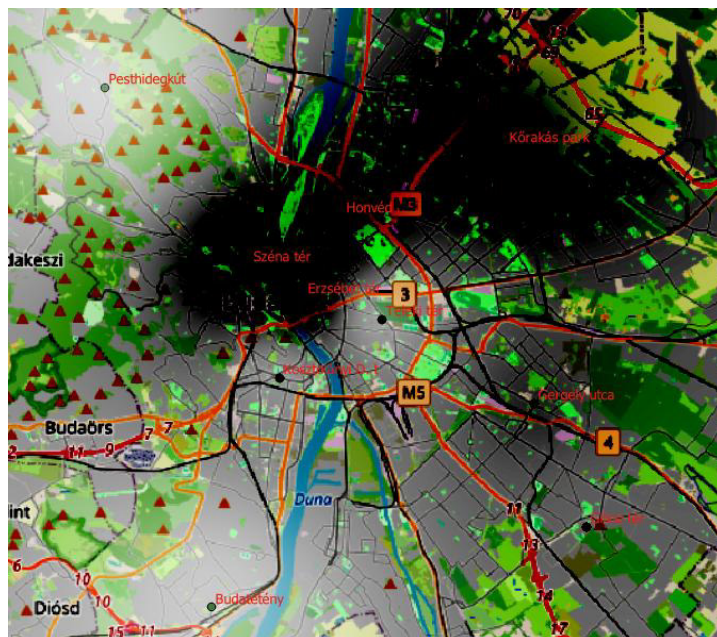
Ezen adatok felhasználásával készült el egy légszennyezettségi eloszlási-térképet, az interpoláció funkció használatával. A QGIS-ben az interpoláció egy térinformatikai eljárás, amellyel pontszerű adatokat (pl. magasságmérések, szennyezésértékek) használunk arra, hogy folytonos felszínt hozunk létre, például domborzatmodellt vagy hőtérképet. Az interpoláció során a program a meglévő pontok értékei alapján becsüli meg a köztes pontok értékeit, így hozva létre egy raszteres vagy vektoros felületet.

A QGIS-ben elérhető interpolációs módszerek például:

- IDW (Inverse Distance Weighted) – a közeli pontok nagyobb súllyal számítanak,
- TIN (Triangulated Irregular Network) – háromszögelés alapú módszer (a projekt során használt módszer)
- Kriging – statisztikai alapú, térbeli korrelációkat is figyelembe vevő módszer.

Ezt követően ábráztuk interpoláció segítségével a szennyezési adatok eloszlási mértékét a térképen, amelynek első verziója egy a fotózásban ismert „negatív” lett.

Ezen a térképen ellenkező színre színezte a szennyezettségi fokokat, ezért meg kellett fordítani a beosztást az ellentétjére ahhoz, hogy egy jól látható képet kaphassunk (5. ábra).



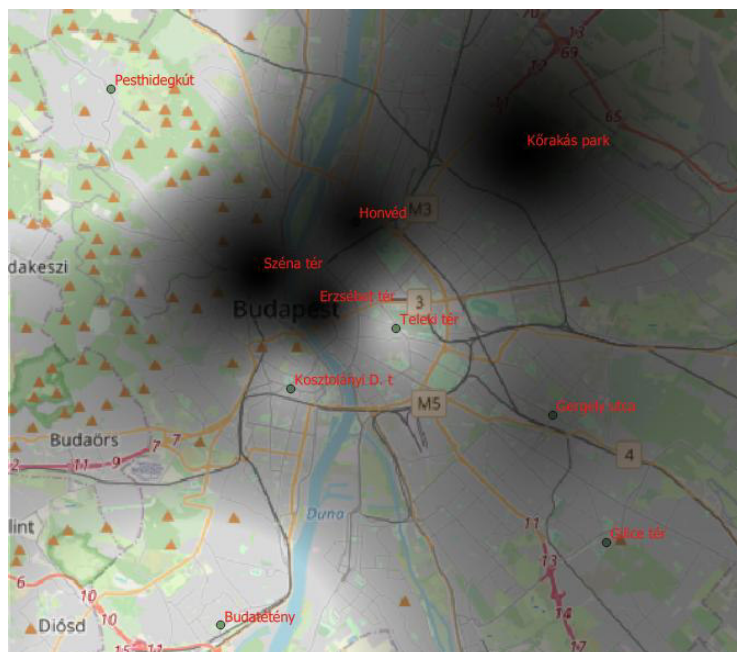
5. ábra: Interpolációt követő szennyezettségi térkép

A keletkezett térkép szennyezettségi „torzsága” emlékeztethet az 1952-es Londoni szmog ikonikus pillanatára. Jól látható, hogy a belvárosban a legmagasabbak az értékek a közösségi közlekedés miatt. Egyre több lakos számára elérhető a személyi gépjármű és éppen ezért magasabb az egy főre jutó szennyezések mértéke. A felverődő por koncentrációja is ezen okok miatt növekedett meg.

Ez a szennyezettségi mintázat, amely térben jól körül határolható, nem csupán várostervezési vagy közlekedéspolitikai kérdéseket vet fel, hanem – Teleki Pál tudományos örökségét idézve – a térbeli adatok gondos értelmezésére és oksági összefüggéseinek feltárására is ösztönöz. Teleki geográfusként hangsúlyt fektetett a kartográfiai módszerek és a társadalmi folyamatok közötti kapcsolat vizsgálatára, amely ma is releváns, amikor egy szennyezési térkép nem csupán adatábrázolás, hanem társadalmi-gazdasági és infrastrukturális dinamikák tükré is. A belvárosi szennyezettségi csúcsok nem önmagukban értelmezendők, hanem komplex összefüggések – mint a jövedelmi helyzet, közlekedési szokások és urbanizációs nyomás – tükröződéseként, amelyeket Teleki térképeinek szellemiségében ma is interdiszciplináris módon érdemes értelmeznünk.

Emellett a vizsgálat során láthatóvá vált, hogy a korábban megállapított $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es értesítési határérték felett mely mérőállomások napi átlag értékei szerepelnek.

A 6. ábra térképén pedig az figyelhető meg, hogy a zöld területeken jelentősen alacsonyabb a levegőminőség terhelése. A telepített parkok és erdők jótékony hatással bírnak a környezetre és a felhasznált levegőnk összetételére, hiszen a fák levelei a fotoszintézis során szűrik a környezeti levegőbe kerülő kártékony, üvegházhatású gázokat (pl.: szén-dioxid - CO_2 , szén-monoxid - CO , nitrogén oxidok - NO_x , kén-dioxid - SO_2 és a VOC – illékony szerves szennyezők).



6. ábra: Határértéknek megfelelően finomított szennyezettségi térkép

A módszer felhasználásával tehát feltárhatóvá vált egy olyan környezeti probléma, amelynek hatásvizsgálatával monitorozható a szennyeződések mértéke és terjedésének folyamati modellezése.

ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott tanulmány és projektalapú kutatás fókuszában Gróf Teleki Pál tudományos örökségének kortárs alkalmazhatósága áll. Arra vállalkozott, hogy a 20. század egyik legjelentősebb térképtudósának és földrajztudósának módszertani újításait, különösen a téralapú és interdiszciplináris gondolkodást integrálja a 21. századi környezetmérnöki oktatásba és szemléletformálásba.

A két kiemelt projekt világosan szemléltette, miként képezhet hidat a múlt nagy szellemi teljesítménye a jövő környezeti kihívásainak megértéséhez és megoldásához. Az első projektben a tájelemek térinformatikai alapú feltérképezése révén a hallgatók a QGIS szoftver segítségével vettek részt a felszínborítás elemzésében, kvantitatív mutatók (pl. terület, kerület, százalékos eloszlás) segítségével értékelték a vizsgált térség ökológiai állapotát. A második projekt a georeferálás gyakorlati alkalmazásán keresztül mutatta be, hogyan vetíthetők a különböző térképi rétegek egymásra – ebben az esetben Budapest légszennyezettségi adatai egy várostérképen vizualizálva. A hallgatók interpolációval készítettek szennyezési térképet, amely az egyes mérőállomások által rögzített PM_{10} értékek alapján jelölte ki a kritikus zónákat. A dolgozat emellett rámutatott, hogy a környezetmérnöki oktatásban – különösen a felsőoktatás projektalapú, tapasztalati tanulásra épülő kurzusain – Teleki Pál komplex, interdiszciplináris, térszerkezet-alapú gondolkodása nemcsak releváns, hanem stratégiaileg nélkülözhetetlen. A bemutatott projektek jól példázták azt is, hogyan válhatnak a hallgatók aktív tudásalkotókká, amikor történeti módszereket kapcsolnak össze modern technológiákkal (pl. GIS), és ezekből kiindulva környezeti problémákra keresnek választ.

Teleki Pál öröksége így nemcsak multidézésre alkalmas, hanem cselekvésre ösztönző jövőformáló eszköztárként is értelmezhető. A tanulmány bebizonyította, hogy a Teleki-féle módszertan időtálló és tovább örökíthető – különösen akkor, ha azt a fenntarthatóságra nevelés szolgálatába állítjuk.

IRODALOMJEGYZÉK

Kolb, D. (1984): *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*, Hoboken, NJ: Prentice-Hall, ISBN: 978-0132952611

Arlinghaus, S. L. & Kerski, J. J. & Ann, E. L. & Matthew, N. (2019): *Spatial Thinking in Environmental Contexts: Maps, Archives, and Timelines*, Boca Raton, FL: CRC Press, ISBN: 978-1138747319

National Research Council (2006): *Learning to Think Spatially: GIS as a Support System in the K–12 Curriculum*, Washington, DC: The National Academies Press, ISBN: 978-0309101021

Orr, D. (1992): *Ecological literacy: Education and the transition to a postmodern world*, Albany, NY: SUNY Press, ISBN: 978-0791413305

Sterling, S. (2010): *Transformative Learning and Sustainability: Sketching the Conceptual Ground*, Learning and Teaching in Higher Education, (5), 17-33, ISSN: 1812-9129

Stoltzfus, A. (2011): *Spatial Intelligence: Learning from Geo-Representation*, London: Routledge, ISBN: 978-1138850842

Suiter, E. (2021): *The Cambridge Handbook of Experiential Learning in Science Education*, Cambridge: Cambridge University Press, ISBN: 978-0521845540

Tress, B., & Tress, G. (2003): *Scenario Visualization for Participatory Landscape Planning – A Study from Denmark*, Landscape and Urban Planning, 64(3), 161-178, ISSN: 1873-5105

Nagyné Kondor, R. (2024): *A téri intelligencia szerepe a felsőoktatásban*, Repüléstudományi Közlemények, Budapest: Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Ludovika Campus, ISSN: 1788-8478