

AZ M44-ES GYORSFORGALMI ÚT VONALAS LÉTESÍTMÉNYEN LEHATÁROLT FELSZÍNI VIZEK ÖSSZEGYÜLEKEZÉSI HELYEINEK ELEMZÉSE

Kerezi György – Túri Norbert – Kajári Balázs – Körösparti János – Bozán Csaba

MATE Környezettudományi Intézet (KÖTI), Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpont (ÖVKI)

KIVONAT

Az M44-es gyorsforgalmi út hatását értékeltük a felszíni vizek összegyülekezési helyeire. A műszaki létesítményekkel összefüggő vízrendezési problémák megoldása különleges feladat. Ezek a létesítmények nagy értékűek, országos vagy legalábbis regionális jelentőségűek, a káros vizektől való fokozott védelmük indokolt. A szárazföldi közlekedési vonalas létesítmények többnyire töltéseken kerülnek kialakításra, mesterséges terepakadályt képezhetnek. A létesítmény tömörített töltésalapja hidrológiai akadályt képezhet a felszíni (esetlegesen a felszín alatti) víz lefolyásában, a belvív-veszélyeztetettség nőhet az összegyülekezési oldalon, míg a pályatest másik oldalán a „vízgyűjtő” terület csökkentésével alacsonyabb lehet. A vonalas létesítmények tervezésénél a morfológiai viszonyok mellett a belvív-veszélyeztetettséget befolyásoló egyéb tényezőkre is figyelemmel kell lenni. Az M44-es gyorsforgalmi út hatásának értékelésében először kivettük a vizsgálat szempontjából nem releváns területeket (pl. belterületet, ártereket, víztesteket, mellékutakat stb.). Majd a lejtőkitettség által lehatárolt összegyülekezési helyeket számszerűsítettük, amit összehasonlítottunk egy egyszerű elöntéskockázati térképezéssel. Az eredmények azt mutatják, hogy a két módon lehatárolt útszakaszok azonos helyeket jelölnek ki, de különböző útszakasz hosszúságon.

KULCSSZAVAK: vonalas létesítmény, összegyülekezési típusú belvív, út, elöntés, antropogén hatás

BEVEZETÉS

Lényeges, gyakran döntő hatást gyakorol az ország összegyülekezési és levezetési folyamataira az ember tevékenysége. Közvetlenül (erdőirtások; legeltetés, gyepfeltörés; ár- és belvízmentesítés; intenzív növénytermesztés: gépesítés, kemikália-használat, öntözés, vízrendezés, melioráció) és közvetett stresszhatásaival (talajszennyezés, tájrombolás, más irányú földhasználat) egyaránt (Várallyay, 2002). Egy gyorsforgalmi út esetében a közvetlen hatásterület alatt, a vonatkozásában a tervezett út teljes építési területét értjük, beleértve a csapadékvíz elvezető árkokat, a felvonulási és depónia területeket és az esetlegesen kialakított anyagnyerőhelyeket. Az út és a kapcsolódó járulékos létesítmények (padka és árok) területein, azaz a kisajátítási területen belül, a földtani adottságtól függő vízellátási viszonyok (beszivárgás) változnak meg, amely belvízelöntés esetén talajdegradációs folyamatokat indítanak be (Kun et al., 2012). Ennek közvetett hatásaként a felszín alatti víz utánpótlódásában eredményeznek módosulást.

A domborzatilag zárt, síkvidéki belvízöblözetek közül 13-at (Élővízcsatornai-, Mezőberényi-, Dögös-kákafoki-, Körös-Tisza-Maros közti-, Fegyvernek-Mesterszállási-, Tizsakürti-, Köröszugi-, Tizsakécskei-, Tassi-éri-, Peitsiki-, Körös-éri-, Észak-Duna-völgyi-, Alpár-Nyárlőrinci öblözetet) érint az M44-es gyorsforgalmi út. Az utak- és a vasútvonalak építése megzavarhatja a vízfolyások felé irányuló természetes vízlefolyást és megváltoztathatja a talajvizek áramlását, ami az infrastruktúrák mentén lineáris törésekben belterületi többletvizek kialakulásához vezet (Barta & Szatmári, 2010; Barta et al., 2011; Kozák, 2011). Egy-egy belvízöblözetre lehulló csapadék összegyülekezési útjának módosulásával a belvív a lejtők hiányában olyan új helyeken jelenhet meg, ahol korábban nem volt jellemző. Ezekben a helyeken mesterséges csatornahálózával segíti a vízügyi szolgálat a területek vízlevezetését a befogadók irányába. Ezt a folyamatot befolyásolt összegyülekezésnek nevezzük. Az MI-10-451-1988-as műszaki irányelv a síkvidéki vízgyűjtők mértékadó fajlagos vízhozamának meghatározását írja le. A műszaki irányelv alapján az M44-es gyorsforgalmi út nagyobb műtárgynak számít, így legalább 4-5%-os valószínűségű vízhozam levezetésére kell méretezni, ami azt jelenti, hogy a 20-25 évente előforduló legnagyobb vízhozamokat veszik alapul.

A tervezés, kialakítás, kivitelezés, üzemeltetés és karbantartás során az utakra, a víz környezeti és építési korlátot jelenthet, amely jelentős mértékben befolyásolhatja az útburkolat teherbírást, a forgalom biztonságos működését, a közlekedést és nagymértékben befolyásolja az utak üzemeltetési költségeit (Priváczi-Juhász et al., 2020). Az utak hosszukból adódóan különböző vízjelenségekkel kerülnek kölcsönhatásba. Ezek a jelenségek a víz-út kölcsönhatása három csoportba sorolható:

- az út saját vize (az úttestre és a kapcsolódó padkára hulló csapadék következtében keletkező lefolyás),
- az út környezetében összegyűlő vizek (pl. egy lejtő átvágásból származó összegyülekezés és azok, amelyek az útpadka, vagy töltés felé áramlanak) és
- a távoli vizek feltöltődési területei (messze az úttól távol, de az út vonalát keresztezik pl. folyók, tavak, felszín alatti vizek, felszín alatti vízfolyás stb.).

Számolni kell azzal, hogy a víz útját keresztező vonalas létesítmények a levonulást időben és vízhozamban egyaránt szaggatottá tehetik és ennek következtében viszonylag sekély és kis sebességű előntések helyett nagy dinamikai hatású sebes vízlökések támadhatják az öblözet védendő objektumait. Ilyen belvízi előntéseket okozott 2010–11-ben az M43-as autópálya Algyő és Maroslele közötti szakasza (Kun et al., 2012), amely régi elhagyott folyómedreket vág ketté, meggátolva a meder magasabban elhelyezkedő szakaszáról történő természetes lefolyást.

Az előntés veszéllyel kapcsolatos aggodalmak miatt a felmerült az igény, hogy kvantitatív veszélyességi modelleket és módszereket dolgozzanak ki az utak közelében zajló, bonyolult tényezők elegyét magában foglaló környezeti folyamatok közötti kölcsönhatások tanulmányozására (Bozan et al., 2021). Az ilyen módszerek alkalmasak az előntés-veszélyes területek térbeli feltérképezésére. Használatuk lehetőséget teremt a terület és infrastruktúra fejlesztő hatóságok és a vízügyi szolgálat számára, hogy a kritikus területekről információt gyűjtve, feldolgozva és szolgáltatva a tervezés során figyelembe vehessék a vízveszélyes területeken alkalmazott gyakorlatokat (pl. célzott karbantartás).

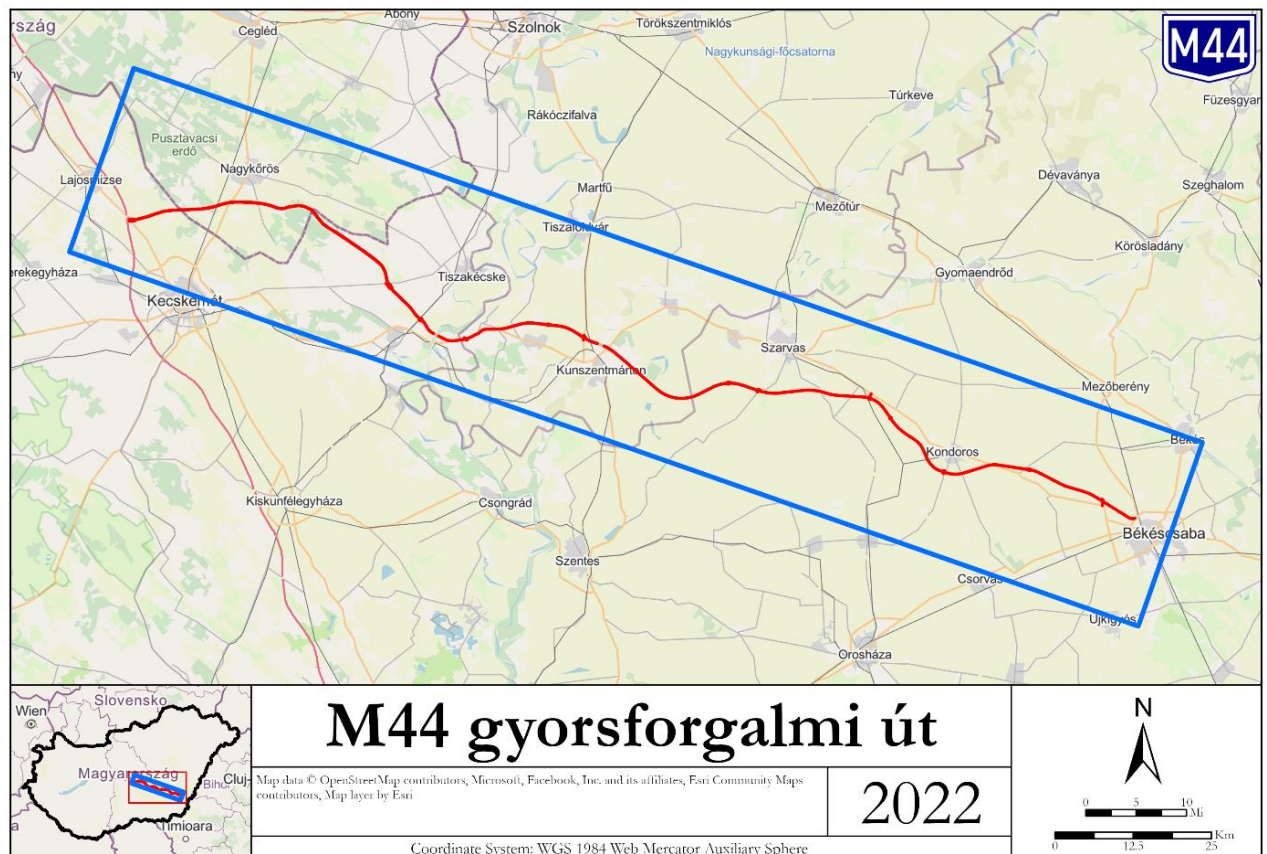
A térbeli előrejelzés iránti igény kielégítése érdekében az eddigi megközelítések közül sokan digitális terepmodell (DTM) adatait használták a különböző táji tulajdonságok térbeli előrejelzéséhez (Gallant & Wilson, 1996). Ezek a DTM-adatok kvantitatív topográfiai jellemzők előállítására használhatók (Moore et al., 1993). A domborzati jellemzők és más tájjellemzők integrálása a térinformatikai rendszer (GIS) elemzésével ideális eszközkészletet biztosít a különböző veszélyek (pl. földcsuszamlások és/vagy árvizek) statisztikai módszereken alapuló gyors térbeli előrejelzéséhez. A statisztikai módszerek viszonylagos egyszerűsége (például a fejlettebb, hidrológiai modellen alapuló módszerekhez képest) vonzó, ha gyors, minimális költséggel járó vizsgálatra van szükség, mint ahogyan az gyakran előfordul a nagy területekre kiterjedő előntésveszély becslések esetében (Gorsevski et al., 2006). Az ilyen megközelítések meghatározzák az előntés előfordulása és a különböző környezeti változók közötti kapcsolatot. A statisztikai módszerrel meghatározott összefüggések ezután alkalmazhatók nagyobb területekre vonatkozó térbeli előrejelzésre és előntés-veszélytérképek létrehozására, azonban az ilyen módszerek függnek a rendelkezésre álló adathalmaztól és a konkrét fizográfiai környezettől, amelyre kifejlesztették őket.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Mintaterület

Az M44-es gyorsforgalmi út teljes és tervezett (Békéscsabától egészen a még épülő Lajosmizse alatt becsatlakozó) szakaszára kiterjedt az elemzésünk (1. ábra).

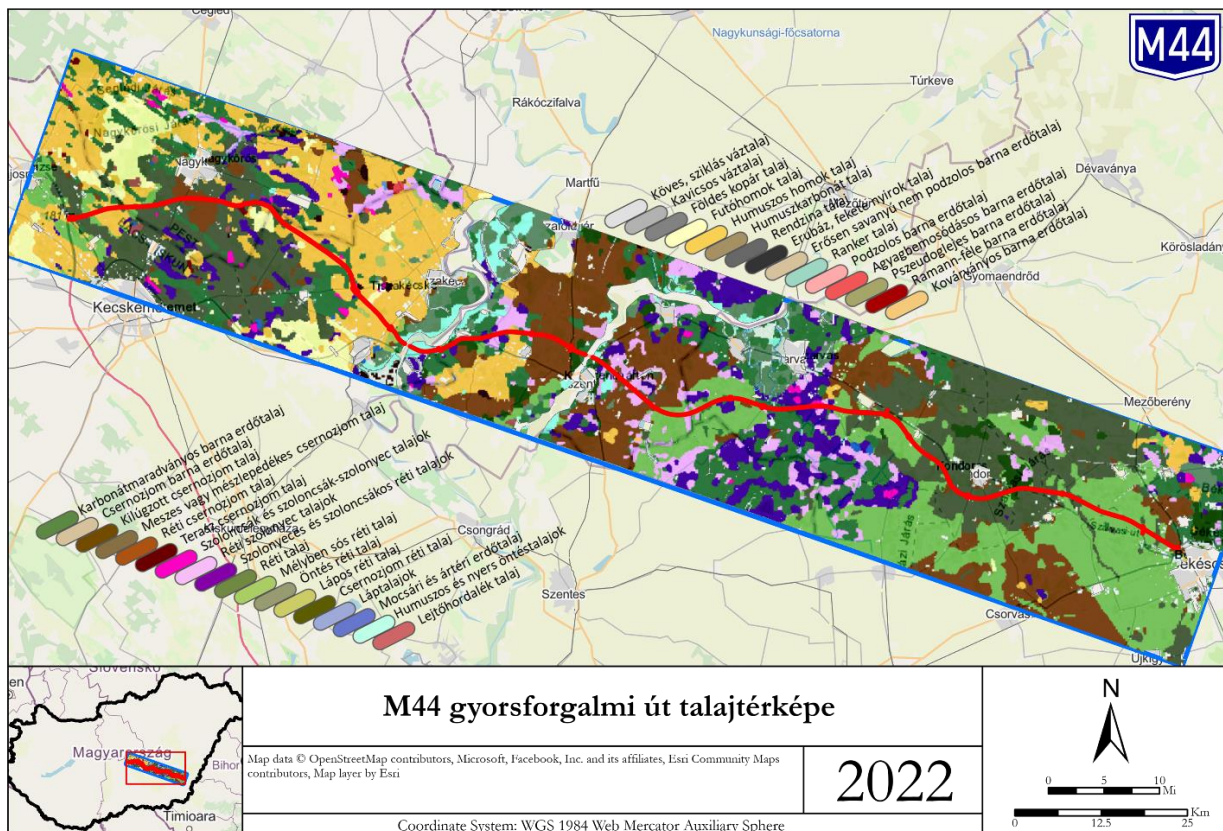
A terület talajvíz térképe alapján a felszín alatti víz szintje a térségben 2-4 m mélyen húzódik (MBFSZ).



1. ábra. Az M44-es gyorsforgalmi út körül lehatárolt mintaterület térképe.

A terület talaja Békéscsaba előtt, Kétsopronyig mélyben sós réti talaj, majd Kardosig meszes vagy mészlepedékes csernozjom, Kardos és Csabacsúd között csernozjom réti talaj és réti talaj van. Szarvas alatt szoloncsák és szoloncsák-szolonyec, szolonyeces és szoloncsákos réti talajok találhatóak. Békésszentandrás alatt mélyben sós réti talaj, Kunszentmárton után, Cserkeszlőig réti csernozjom talaj, Cserkeszlő felett, Tizsakürtig változatos, humuszos homok talajjal indul, majd szolonyeces és szoloncsákos réti talaj; szoloncsák és szoloncsák-szolonyec talajok váltakoznak. Tiszaugig különböző réti talajok, és majd Tizsakécske környezetében humuszos homok talajok valamint foltokban réti talaj található. Nagykovács alatt réti csernozjom talaj és meszes vagy mészlepedékes csernozjom talaj alakult ki, amelyet Lajosmizse alatt ismét a humuszos homok talaj követ (2. ábra).

A terület legmagasabb pontja Lajosmizse környékén található (180 m tszf.) és legalacsonyabb része Békésszentandrás-Szarvas között van (76 m tszf.).



2. ábra. A terület talajtani térképe (Pásztor et al., 2017.)

Adatbeszerzés és -előkészítés

Vektorállomány

A gyorsforgalmi út vonalvezetését, vektoros állományát az OpenStreetMap (OSM) adatbázisából ArcGIS Pro 2.9.2. verziójában használt OSMQuery Python Toolboxsal töltöttük le. A részben vagy egészben bevont útkategóriák a következők voltak: construction, trunk, link, proposed és service. Vagyis a letöltött vonal shape attribútum táblájából, ezek fedték le az úttestet (Pl. construction jelentette a még épülő úttestet és a trunk, a főútvonalat, stb.). A letöltött OSM állományt SQL lekérdezéssel válogattuk le.

Az állományból kivettük az elemzésre nem releváns területeket (pl. belterületet, ártereket, víztesteket) ehhez a belterületek és árterek vektoros állományt használtuk.

Raszterállomány

A domborzat elemzéséhez 5x5 m térbeli felbontású digitális terepmodellt használtunk.

A felszínborítottság kiértékeléséhez a Sentinel-2 Land Use/ Land Cover Downloader ingyenes 2021-es állományát alkalmaztuk. Ez az online adatbázis hozzáférést biztosít az Esri, a Microsoft és az Impact Observatory által készített Sentinel-2 Land Use/Land Cover térképi állományához, amely 10 méteres térbeli felbontású GeoTIFF állományban letölthető fájlokat jelent. A térkép az ESA Sentinel-2 képeiből származik. 2017 és 2021 között 9 osztályra vonatkozó földhasználati/földborítási előrejelzéseket szolgáltat. A következő kategóriákat tartalmazza: víztestek; fák;

előntött vegetáció; gazdasági növények; beépített területek; csupasz talajfelszín; hó/jég; felhők (kitakart terület); legelőterület. A 2021-es évre elkészült felszínborítottsági térképet használtuk. A csapadék adatokat a Kaliforniai Egyetem Irvine-i Hidrometeorológiai és Távérzékelési Központja (Center for Hydrometeorology and Remote Sensing CHRS) által kifejlesztett, jelenleg működő PERSIANN (Precipitation Estimation from Remote Sensed Information using Artificial Neural Networks) neurális hálózati funkciók osztályozási/közelítési eljárásait alkalmazó rendszerének adatbázisából töltöttük le. A csapadékarány becslését a geostacionárius műholdak által szolgáltatott hosszúhullámmú infravörös képekből és a nappali látható hullámhosszú képekből számolják (Nguyen et al. 2019). A csapadékadatnak $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ (kb. 27.75 km-es) térbeli felbontása van. A csapadék feldolgozásához 2010.05.01-2010.06.30-a közötti kumulált időszakot vizsgáltunk, mert ekkor 160-210 mm közötti csapadék érkezett a vizsgált területre. A csapadék adatokhoz azért ezt az időszakot adtuk meg, mert az M44 gyorsforgalmi út nagyobb műtárgynak számít, így legalább a 20-25 évenete előforduló vízhozamok levezetésére kell méretezni, mint amilyen a 2010-es év is volt.

A terület talajának vizsgálatára a DOSoReMI.hu (Digital, Optimized, Soil Related Maps and Information in Hungary; azaz Digitális, Optimalizált, Általános Talajtérképek és Térbeli Információk) adatbázisát vettük igénybe.

Szoftverhasználat

Az elemzéshez az ArcGIS Pro 2.8 térinformatikai szoftver térelemző csomagját használtuk.

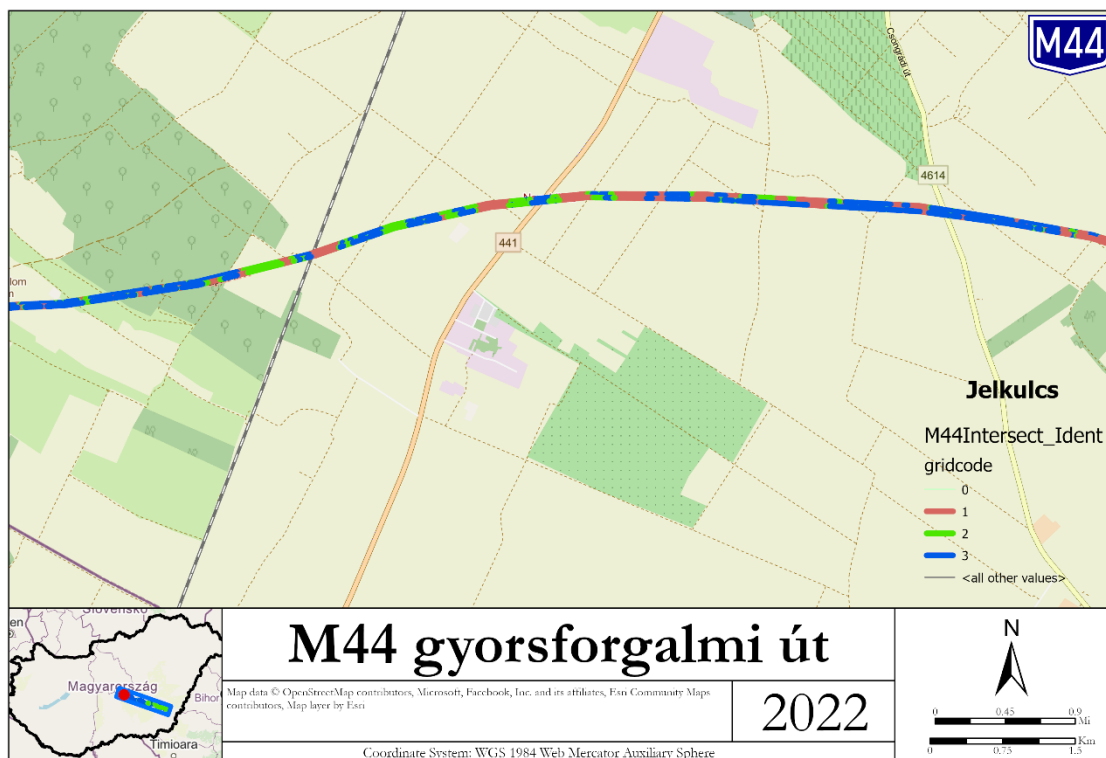
A potenciálisan veszélyes lejtők azonosítása az utakon (1)

Az úthálózatot a lejtőkitettsége alapján kategóriákba sorolhatjuk. A terület lejtőkitettsége folytán omlás vagy csuszamlás, stb. veszélyesnek (pl. domb- és hegyvidéki területeken) kategorizálható, vagy lefolyástalan vagy mélyfekvésű tehát valószínűleg előntésnek kitett területről beszélhetünk.

ArcGIS szoftverkörnyezetben legegyszerűbben ezt úgy demonstrálhatjuk, hogy először a domborzati modellből lejtőkitettséget számítunk, majd ezt újra osztályozzuk. A geometriai intervallum módszert használtuk az újra osztályozásra. Ez az osztályozási séma osztálytöréseket hoz létre olyan osztályintervallumok alapján, amelyeknek geometriai sorozata van. Ennél a statisztikai osztályozó módszernél a geometriai együttható egyszer változhat (az inverzére), hogy optimalizálja az osztálytartományokat. Az algoritmus geometriai intervallumokat hoz létre az egyes osztályok elemszámának négyzetösszegének minimalizálásával. Ez biztosítja, hogy minden osztálytartomány megközelítőleg ugyanannyi értéket tartalmazzon minden osztályhoz viszonyítva, és hogy az intervallumok közötti változás konzisztens legyen.

A raszteres állományt ezután vektoros formátumba konvertáljuk (Raster to Polygon). Az így kapott poligon fájlt az „Identity (Analysis)” eszközzel a vonalas (úthálózat stb.) vektor állományra azonosítjuk.

Az eredmény egy kategóriákra osztott úthálózat állomány, amely kijelöli a potenciálisan veszélyes szakaszokat (3. ábra).



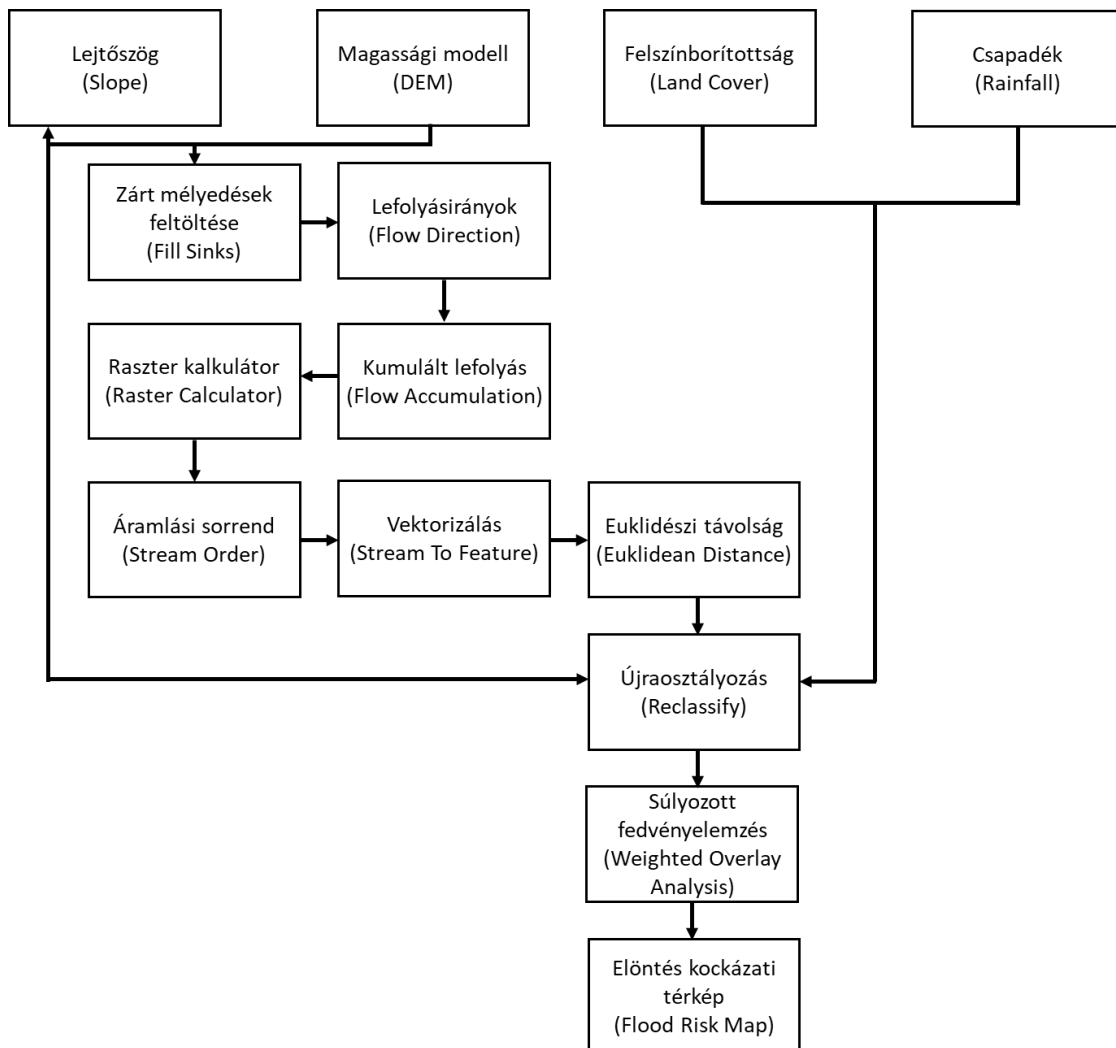
3. ábra. Az utak kategorizálása, az 1-es kategória jelöli az útvonal mentén lehatárolt mélyfekvésű összegyülekezési típusú belvizes területeket.

Elöntésre hajlamos útszakaszok lehatárolása (2)

Az elöntésre hajlamos útszakaszok egy másik, az elöntéskockázati térképezési megközelítésének folyamatábráját a 4. ábra szemlélteti. Először a domborzati terepmodellből (DTM) lejtőkiettséget számoltunk, ezután a zárt mélyedéseket töltöttük fel (Fill sinks; Fill). A DTM előkezelése nélkül a vízfolyások csak kis darabokból állnak, nem lesz összefüggő a vízhálózat. Ennek az az oka, hogy a DTM-ek gyakorlatilag minden esetben tele vannak „gödrökkel” (más néven nyelőkkel; angolul pit, sink). Ezek olyan cellák, melyek az összes szomszédjuknál alacsonyabban, ezért a víz innen nem folyik tovább. Ezek a gödrök lehetnek a valóságban is létezők (pl. karsztvidékek töbrei, jégcsiszolta terepek mélyedései), ilyen esetekben valóban nincs összefüggő vízhálózat, de a legtöbb síkvidéki területek esetében a DTM valamilyen hibájáról van szó. Ez a hiba lehet adathiba, lehet az interpoláció eredménye vagy előfordulhat, hogy a felbontás gyengesége miatt egy szűk kijárat nincs reprezentálva a DTM-ben (Telbisz et al. 2013). Ezért az előkezelés részeként ezeket a lyukakat fel kell tölteni a DTM-ben.

Ezután a lefolyási irányok meghatározása következett. A következő lépésben a kumulált lefolyás eszközzel a kimeneti raszter minden egyes lejtő alatti cellájába áramló összes cella összesített súlyaként kiszámítottuk a felhalmozott vizeket. Ha nincs megadva súlyraszter, akkor minden egyes cellára 1 súlyt alkalmaz, és a kimeneti raszter celláinak értéke az egyes cellákba áramló cellák száma. A nagy áramlási halmozódással rendelkező cellák koncentrált áramlású területek, és így felhasználhatók a vízfolyások azonosítására. Azok a cellák, amelyekben az áramlás felhalmozódása 0, helyi topográfiai magaslatok, és a gerincek azonosítására használhatók. A következő lépésben meghatároztuk az áramlási sorrendet, vagyis a vízfolyások hierarchiáját és a raszteres állományt vektorizáltuk (Stream To Feature eszköz).

Ezután az Euklideszi távolság eszközzel egy geometriai jellemzőből (a gyorsforgalmi út vektoros állománya) meghatározott távolságot származtattunk, és a kimenetet raszteres formátumban jelenítettük meg. Az eszközt az elöntésekre érzékeny hidrológia (folyóhálózat) meghatározott távolságának megjelenítésére használtuk.



4. ábra. A térinformatikai módszertani eszközök folyamatábrája

A súlyozott fedvényelemzés előtt, minden felhasznált réteget (csapadék, felszínborítottság, lejtőszög, Euklideszi távolsághidrológia) egységesen távolsággal fordítottan arányos súlyozással (IDW) 5 kategóriát állítottunk be és az IDW statisztikai módszer eredményeként kaptuk meg az kategória tartományokat. Az egységesítés után a súlyozott fedvényelemzés (Weighted Overlay Analysis) következett. Az eszköz több rasztert fed le egy közös mérési skála használatával, és mindegyiket a fontosságuk szerint súlyozza. Esetünkben a következő szerint adtuk meg a súlyozást:

- csapadék: 30;
- felszínborítottság: 20;
- lejtőszög: 30 és az
- Euklideszi távolsághidrológia: 20.

Azért, így határoztuk meg a súlyszázalékokat, mert az összegyülekezési típusú belvizek kialakulásában a csapadék és terepadottságok a leginkább meghatározóak (Barta et al., 2013).

EREDMÉNYEK

Az M44-es gyorsforgalmi úton két megközelítéssel lehatároltuk az útszakaszokat. Az összehasonlítás eredményét térképen ábrázolva az 5. ábra mutatja.

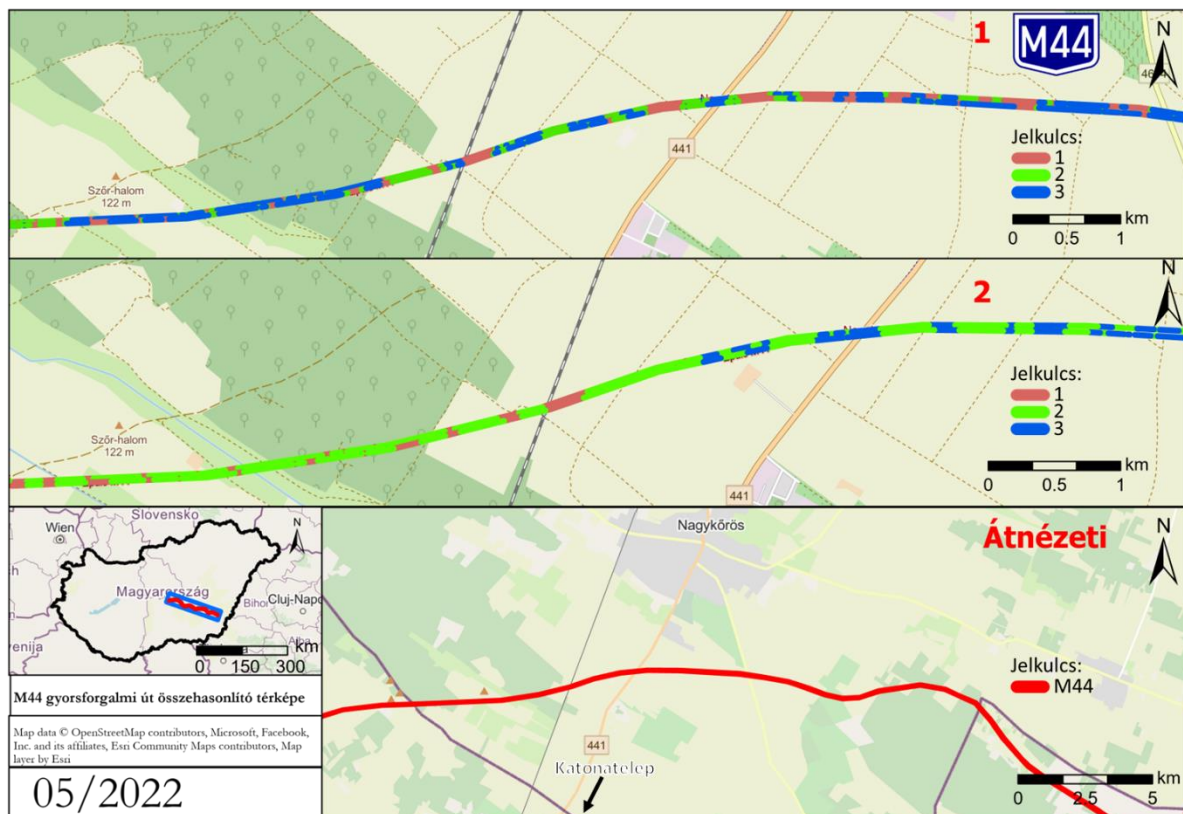
Kétféleképpen kijelölt útszakaszokat három kategóriába soroltuk.

(1)

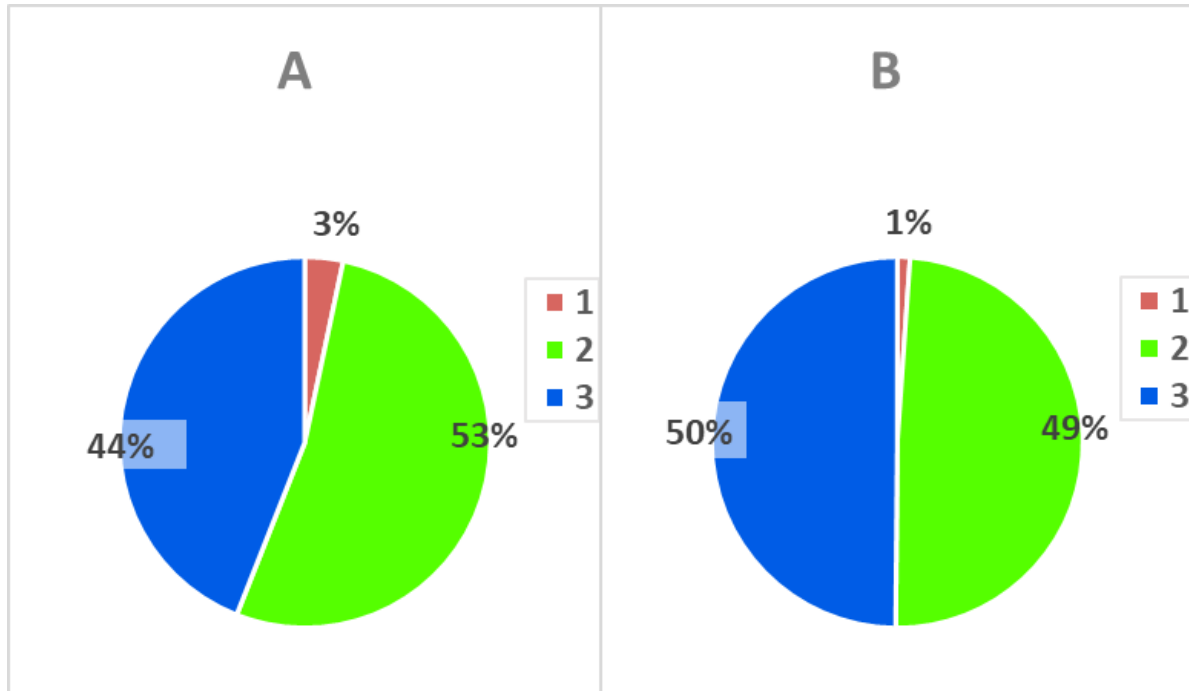
Az 5. ábra 1. részterképén a potenciálisan veszélyes lejtőjű útszakaszok melletti területeket mutatjuk be. A jelkulcson 1-es kategóriával és barna színnel jelölve a lefolyástalan helyeket ábrázoltuk. A 2-es kategóriát zöld színnel jelöltük és a közepes lejtőjű, közepesen kitett útszakaszokat mutatja. A 3-as kategória kékszínnel a nagyobb lejtőjű, vagyis nem kitett útszakaszokat ábrázolja.

(2)

Az 5. ábra 2. részterképe egy egyszerű elöntéskockázati térkép által létrehozott kategóriatérkép, amelyen alapult az útszakaszok melletti területek megkülönböztetése. A jelkulcson az 1-es kategória barna színnel szintén az elöntésre hajlamos területeket mutatja. A 2-es kategóriát zöld színnel jelöltük, ami a közepesen elöntésnek kitett útszakaszokat jeleníti meg. A 3-as kategórián kékszínnel az elöntésre nem veszélyes útszakaszokat ábrázoltuk.



5. ábra. (1) A potenciálisan veszélyes lejtőjű útszakaszok és (2) az elöntéskockázati térkép által leválogatott útszakasz részlete Nagyköröstől délre.



6. ábra. (A) A potenciálisan veszélyes lejtőű útszakaszok és (B) az előntéskockázati térkép által leválogatott útszakaszok százalékban megadva.

A 6. ábrán „A” betűvel jelöltük a lejtőkitettséget alapul véve az útszakaszok 3 %-án jelentkezik lefolyástalan terület. A jelkulcs az 5. ábra szerinti színeket és kategóriákat mutatja. A 6. ábrán az előntéskockázati megközelítésben „B” betűvel jelölve ugyanez az érték 1%-ot tesz ki. Bár a százalékos értékek eltérnek, de mindkét módszeren a Nagykörös település és Kecskemét, Kantonatelep településrésze között épülő útszakasz mentén jelentkeznek az előntésre hajlamos területek. Az elemzéseink alapján e szakaszok mentén az összegyülekezési típusú belvizek megjelenésére lehet számítani.

KÖVETKEZTETÉSEK

Következtetésként megállapítható, hogy a belvíz kialakulásában a legfontosabb antropogén tényező a topográfiai viszonyok megváltoztatása és a lefolyás akadályozása. Az egyszerű előntés modellhez, a DTM-en kívül, a bemeneti adatokat ingyenesen elérhető adatbázisokkal határoztuk meg. Munkánkban arra a kérdésre kerestük a választ, hogy az épülő M44-es gyorsforgalmi út, mely szakaszán valószínűsíthető a belvizek várható megjelenése. Az elemzésbe talajtani adat nem lett bevéve, de fontosnak tartottuk röviden bemutatni a mintaterületen található talaj kategóriákat. Az elemzéshez ingyenes talajtérképi adatbázis megfelelő felbontásban nem állt rendelkezésre. Ezért ebbe az egyszerű modellbe nincs beépítve, mert az elemzés ingyenes adatbázisokra épült. A leginkább előntésnek kitett terület talaja jó vízgazdálkodású csernozjom réti talaj. A jövőben az elemzést a talajtani és esetleg egyéb adatbázisok figyelembevételével lehet finomítani. Az elemzésünk idején nem áll rendelkezésünkre az útvonalról összehasonlítható terv (pl. környezeti hatástanulmány stb.). Az elemzésünk alapján kijelölt útszakaszok a 2010-es csapadékokhoz hasonló események bekövetkezésekor, az útvonal mellett előforduló összegyülekezési típusú belvizek megjelenítését mutatja. Ezeket a helyeken a megfelelő műtárgyakkal (pl. szivárgók, átereszek, üzemi- vagy üzemi- vagy üzemi- művekbe vezetésekkel, stb.) gyűjthetjük össze és/vagy vezethetjük le többletvizeket.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Környezettudományi Intézet Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpont (MATE KÖTI ÖVKI) O14230 Mezőgazdasági vízgazdálkodás fejlesztését (öntözéses gazdálkodás, belvízgazdálkodás, földhasználat racionalizálás) célzó kutatások c. téma támogatta.

IRODALOMJEGYZÉK

- Barta, K., Bata, T., Benyhe, B., Brkić, M., Dogan, V., Dolinaj, D., Farsang, A., Gál, N., Henits, L., Juhász, L. 2013. Inland Excess Water – Belvíz – Suvišne Unutrašnje Vode Szeged, Magyarország, Újvidék, Szerbia : Szegedi Tudományegyetem, Újvidéki Egyetem (2013) , 154 p. DOI ISBN: 9789633062630 ISBN: 9788670313385
- Barta, K., Szatmári, J. 2010. Antropogén hatások a belvíz-képződésben. Esettanulmány az M5 autópálya szatymazi szakaszának talajvízáramlásban betöltött szerepéről. Hidrológiai Közöny 90 (2), 23–25.
- Barta, K., Szatmári, J., Post, A. 2011. A belvízképződés és az autópályák kapcsolata. Földrajzi Közlemények 135 (4), 379–387.
- Bozán, Cs., Körösparti, J., Túri N., Kerezi Gy., Kajári B. 2021. AKK Belvízi veszélyeztetettség felülvizsgálata Stratégiai forgatókönyvek , 144 p. Készült VIZITERV Environ Kft. megbízásából
- Gallant, J.C., Wilson, J.P., 1996. TAPES-G: a grid-based terrain analysis program for environmental sciences Comput. Geosci., 22, pp. 713-714
- Gorsevski, P.V., Gessler, P.E., Foltz, R.B., Elliot, W.J. 2006. Spatial prediction of landslide hazard using logistic regression and ROC analysis Transact. GIS, 10 pp. 395-415
- Kozák, P., 2011. Belvízi jelenségek az Alsó-Tiszai vízgyűjtőkön az 1955-2010 közötti időszakban, In: Rakonczai J. (ed.), Környezeti változások és az Alföld, A nagyalföldi Alapítvány kötetei 7, pp.127-136.
- Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Minisztérium Műszaki Irányelvek, MI-10-451-1988. SÍKVIDÉKI VÍZGYŰJTŐK MÉRTÉKADÓ FAJLAGOS VÍZHozAMÁNAK MEGHATÁROZÁSA
- Kun, Á., Barta, K., Katona, O. 2012. Az M43-as autópálya által indukált 2010–11-es belvíz talajtani hatásai. VI. Magyar Földrajzi Konferencia, kiadványkötet, Szeged, 483–494.
- Moore, I.D., Gessler, P.E., Nielsen, G.A., Peterson, G.A. 1993. Soil attribute prediction using terrain analysis Soil Sci. Soc. Am. J., 57, pp. 443-452
- Pásztor, L., Laborczi, A., Szatmári, G., Takács, K., Illés G.; Szabó, J., 2017. Mi várható a megújult hazai talaj téradat infrastruktúrától? In: Balázs, B (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII. = Theory meets practice in GIS Debrecen, Magyarország : Debreceni Egyetemi Kiadó 462 p. pp. 277-285. , 9 p.
- Priváczi-Juhászné, Hajdu, Zs., Varga, D., Bíró, T., Hubayné, Horváth, N., 2020. Tájhasználati változások hatása belvízvédelmi létesítményekre In: Szlávik, Lajos (szerk.) XXXVII. Országos Hidrológiai Vándorgyűlés dolgozatai Budapest, Magyarország : Magyar Hidrológiai Társaság (MHT) pp. 1-20. , 20 p.
- Telbisz, T., Székely, B., Timár, G. 2013. Digitális terepmodellek Budapest, Magyarország : ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet Természetföldrajzi Tanszék, 80 p. ISBN: 9789632843728
- Várallyay, Gy. 2002. A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai Budapest, Magyarország, Gödöllő, Magyarország : FVM Vízgazdálkodási Önálló Osztály

Adatbázisok

Digitális talajtérkép szolgáltatás (<https://uj.dosoremi.hu/en/maps/genetic-soil-types/>)

Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Magyarország talajvíztérképei, WMS szolgáltatások: <https://map.mbfisz.gov.hu/>

Nguyen, P., E.J. Shearer, H. Tran, M. Ombadi, N. Hayatbini, T. Palacios, P. Huynh, G. Updegraff, K. Hsu, B. Kuligowski, W.S. Logan, and S. Sorooshian. 2019. The CHRS Data Portal, an easily accessible public repository for PERSIANN global satellite precipitation data, Nature Scientific Data, Vol. 6, Article 180296, doi: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.296> A Kaliforniai Egyetem, Hidrometeorológiai és Távérzékelési Központjának adatbázisa (Center for Hydrometeorology and Remote Sensing (CHRS)<https://chrdata.eng.uci.edu/>

OpenStreetMap online alaptérkép (<https://www.openstreetmap.hu/letoltesek>)