

Állatorvostudományi Egyetem
Ökológia tanszék



**A talajvízszint és a mikrodomborzat hatása a rákosi vipera
(*Vipera ursinii rakosiensis*) élőhelyválasztásának szezonálisára**

**Effects of groundwater level and microrelief on the seasonality of habitat
selection by the Hungarian meadow viper (*Vipera ursinii rakosiensis*)**

készítette:
SZARVAS RENÁTA

Témavezetők:
dr. Korsós Zoltán
egyetemi docens
ÁTE, Ökológiai Tanszék

Mizsei Edvárd
doktorjelölt
Debreceni Egyetem, Ökológiai Tanszék
projekt és monitoring koordinátor
Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság, LIFE HUNVIPHAP

Budapest, 2022

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	1
1. Bevezetés	2
1.1. A gyepek szárazodásának hatása a flórára, faunára	2
1.2. A gyepek szárazodásának hatása a hüllőkre	2
1.3. A rákosi vipera (<i>Vipera ursinii rakosiensis</i>)	3
1.4. Mire van hatással a szárazodás a Kiskunságban?	4
2. Célkitűzések	6
3. Anyag és módszer	7
3.1 Vizsgálati terület	7
3.2 Talajvizadatok	7
3.3 Domborzati adatok	8
3.4 Rákosi vipera előfordulási adatok	9
3.5 Elemzések	9
4. Eredmények	12
4.1 Hosszú távú időbeli és közepes felbontású térbeli elemzés	12
4.2 Rövid távú időbeli és nagy felbontású térbeli elemzés	15
5. Következtetések	16
6. Összefoglalás	19
7. Summary	20
Hivatkozások	21
Köszönetnyilvánítás	26

1. Bevezetés

A füves élőhelyek globálisan a legveszélyeztetettebb ökoszisztémák közé tartoznak [1]. Ezek Európa legfajgazdagabb élőhelyközösségei, az itteni endemikus szövetes (edényes) növényfajok (Tracheophyta) közel 20%-a található füves biomokban [1]. Az emberi tevékenységek (legeltetés, mezőgazdaság, csatornázás) általi terület-átalakítások azonban jelentős veszteségeket okoztak: az európai füves területek fragmentációját és degradációját, amit a fajok diverzitásának és abundanciájának csökkenése követte, köztük lokális és globális kihalások is. A megváltozott élőhelyek helyreállítása a természetvédelem központi célja lett [2].

1.1. A gyepek szárazodásának hatása a flórára, faunára

A félszáraz és száraz élőhelyek kifejezetten érzékenyek a vízzel kapcsolatos földhasználatra, és a jelenlegi gyors népesedési és társadalmi-gazdasági változások miatt kiemelten veszélyeztetettek [3]. A 2000-es évek közepe óta ismert, hogy léteznek talajvíztől függő ökoszisztémák (Groundwater Dependent Ecosystems, GDE), amelyek különösen érzékenyek az olyan emberi tevékenységekre, mint a túlzott öntözés és a víztöbblettel rendelkező területek lecsapolása [3, 4]. A világ azon részein, ahol a felszín alatti vizek erősen elapadtak, szennyezettek vagy akár mind a két hatás érvényesül, ezek a tevékenységek súlyos és gyakran visszafordíthatatlan következményekkel jártak a biológiai sokféleségre, a természeti és mezőgazdasági termelékenységre, valamint az emberi életre [5]. Az utóbbi évtizedben megsokszorozódott azon publikációk száma, amely a talajvízszint és az élőhelyek védelmével foglalkozik [6].

1.2. A gyepek szárazodásának hatása a hüllőkre

A hüllőket különösen veszélyezteti az élőhelyek elvesztése, romlása és feldarabolódása, az invazív fajok betelepítése, a szennyezés, a kórokozók és az éghajlatváltozás, ami a populációk globális csökkenéséhez vezet [7].

A Földön több mint 11 ezer hüllőfajt ismerünk [8], amelynek globálisan közel 20%-a veszélyeztetett [9], Európában az előforduló hüllőfajok szintén 20%-a [7]. A fajok 42%-a csökkenő, 42%-a stabil populációlétszámot mutat és csupán 3%-uk növekszik, a fennmaradó 13% helyzete ismeretlen. Európán belül 151 hüllőfaj fordul elő, ebből 73 endemikus, így sürgősen cselekedni kell a védelmük érdekében [7].

A hüllők állományait veszélyeztető tényezők közül a szárazodás egyre gyakoribbá és intenzívebbé válik a klímaváltozás hatására, ami az egyedek direkt pusztulásához és

reprodukciós sikertelenségéhez vezethet, ami a populáció csökkenését, és szélsőséges esetben populációk kihalását okozhatja [10]. Az állatok jellemzően fiziológiájuk, viselkedésük vagy mindkettő megváltoztatásával reagálnak a környezeti változásokra [11]. Az ektoterm élőlények viselkedésükkel próbálják optimalizálni a hőszabályozásukat, éppen ezért különösen érzékenyek a mikroklimatikus viszonyokra. A megnövekedett testhőmérséklet fokozott vízvesztést (párologtatást) és ventilációt okozhat, ami fiziológiailag károsíthatja az állatot. Az áspisvipera (*Vipera aspis*) esetében azt találták, hogy a fiziológiai állapot befolyásolja a kígyó párolgási vízveszteségét és a mikroklima-preferenciáját, vagyis élőhelyválasztásával tudja befolyásolni a hőháztartását [11].

Az élőhelyek szárazodása közvetlenül és közvetve is befolyásolhatja a hüllőket, különösen a reprodukciójuk során [12]. Indirekt módon hathat a fajok közötti interakciók és az élőhely megváltozása, ami főleg a táplálék-ellátottságban nyilvánul meg a szaporodási időszakot megelőzően és alatta. A direkt hatásait kevésbé vizsgálták eddig, de a keresztes vipera (*Vipera berus*) esetében kimutatták, hogy a vízmegvonás a nőstényeknél jelentős dehidratáltságot, fiziológiai stresszt és izomtömeg-veszteséget okoz, ami megnövekedett embrió-mortalitáshoz vezetett [12].

1.3. A rákosi vipera (*Vipera ursinii rakosiensis*)

1.3.1. A rákosi vipera általános jellemzése

A tudomány számára elsőként 1893-ben leírt rákosi vipera taxonómiai helyzete sokáig bizonytalan volt, azonban végül a parlagi vipera (*Vipera ursinii*) egyik alfajaként azonosították (*Vipera ursinii rakosiensis* Méhely, 1893). Ismert elterjedési területei a Kárpát-medencében voltak: Ausztriában, Magyarországon, Romániában. Mára már Ausztriából kihalt, Magyarországon két előfordulási területen maradt fenn a Fertő-Hanságban és a Kiskunságban, illetve Erdélyben található még egy kisebb méretű populáció [13, 14].

1.3.2. Természetvédelmi szerepe

Magyarországon a rákosi vipera az 1950-es évekig még nagy számban fordult elő, azonban fokozódó ritkasága miatt 1974-ben védetté vált. 1993-ra a rákosi vipera becsült állománya kevesebb volt mint 500 egyed, ekkor kezdődtek el a védelmi munkálatok a fajjal kapcsolatban, s ekkor vált a rákosi vipera az egyik legritkább és legveszélyeztetettebb gerinces állattá Magyarországon [15]. 2004-ben létrejött a tenyésztési program, amely azóta is működik [16], de az aktív természetvédelmi beavatkozások ellenére sem sikerült a populációk denzitását kimutatható módon növelni, amelynek egyik lehetséges oka az

élőhelyminőség kedvezőtlen változása. A rákosi vipera 1996 óta szerepel az IUCN vöröslistáján, mint veszélyeztetett alfaj [17].

1.4. Mire van hatással a szárazodás a Kiskunságban?

A rákosi vipera elterjedésének fontos területe a Kiskunság, ami a Duna-Tisza között elterülő nagy kiterjedésű mozaikos vegetációjú terület. Az antropogén hatások (ármentesítés, monokultúrás termesztés, urbanizáció) és a talajvízszint-süllyedés hatására napjainkra igen gyorsan alakul át. A 20. század eleje óta Magyarországon éghajlatváltozás figyelhető meg, az 1980-as évektől kezdődően pedig intenzív melegedés kezdődött az országban (Országos Meteorológiai Szolgálat – met.hu). A melegedési tendenciát leginkább a nyarak hőmérséklete tükrözi, az utóbbi 36 évben csaknem 2°C-al emelkedett a nyári középhőmérséklet, a hóhullámos napok száma a Duna-Tisza közén és a Dél-Alföldön egyre jellemzőbbé váltak, így a Kiskunságban is.

A talajvíz jelenléte folyamatos, a csapadékviszonyok változásaira csak lassabban reagál, így akár több hónapos csapadékhiány esetén is elérhető, legfeljebb mélyebben. A Duna-Tisza közén az 1970-es évek óta a talajvízszint soha nem tapasztalt süllyedése következett be. A talajvíz a vegetációk legfontosabb vízforrása a Kiskunságban, így a csökkenése veszélyezteti a növényközösségeket, ezáltal a terület állatvilágát is. A Duna-Tisza közeli hátság a klímaváltozásra érzékeny, mivel a talajvízkészlete szinte csak a csapadékból tud táplálkozni [18].

1.4.1. A növényzet átalakulása

A természetes élőhelyek mennyiségi és minőségi értelemben is károsodtak a 20. század óta, mióta a Duna-Tisza közén ár- és belvízmentesítések történnek [19]. A talajok víz- és sótartalmának a változása a természetes növényzetet teljesen átformálta, a területek felszántása, mezőgazdasági művelés alá vonása pedig nagy mértékben csökkentette a természetes élőhelyeket.

A talajvízszint-csökkenés hatására egyes növényfajok számára szinte elérhetetlenné vált a víz, és a területen olyan más fajok jelentek meg, amelyek gyökérzete mélyebbre képes lehatolni, mint például az egyes cserje- és fafajok. A cserjésedés hatására a szukcessziós folyamatok felgyorsultak, így veszélybe sodorva a zárt gyepek élőközösségét.

A szárazodás kifejezetten kedvezhet egyes özönnövényfajok számára, például a selyemkórónak (*Asclepias syriaca*), ami a Duna-Tisza közének leggyakoribb invazív növénye [20]. A selyemkóró kifejezetten jól tűri a szárazságot és a laza homokos talajokat,

és a Duna-Tisza köze, mint hazánk egyik legintenzívebben szárazodó, jellemzően homoktalajú térsége kifejezetten kedvező adottságú e faj számára. Terjedése veszélyezteti az élőhelyek diverzitását és közvetlen veszélyt jelent az őshonos gyepvegetációkra.

1.4.2. A fauna átalakulása

A talajvízszint-süllyedés miatt azok a fajok, amelyek erősen kötődnek a vizenyős élőhelyekhez, fokozatosan elvesztik az alkalmas életterüket, így az elterjedésük visszaszorul. Ilyen faj például a kis termetű lápréti sáska (*Pseudochorthippus montanus*), amely az alacsony Orthoptera biomasszatömegű lápréteken honos, így jelenléte kiemelten fontos lenne a táplálékhálózat szempontjából [21, 22].

1.4.3. A mikroklíma és a tájkép változása

A mikrodomborzat és a vízviszonyok, a napsütéses órák száma együttesen sajátos mikroklímát hoznak létre. A mikroklimatikus viszonyok megváltozása végérvényesen megváltoztathatják a Duna-Tisza köze vegetációjának összetételét, ami a rákosi vipera számára akár végzetes is lehet [23].

1.4.4. A gyepek szárazodásának hatása a rákosi viperára

A rákosi vipera a kiszáradó láprétek és homoki legelők mozaikjából kialakult gyepeken fordul elő, ahol a viszonylag változatos domborzati és fűborítottsági viszonyok nagy zsákmánybőséget és többféle mikroklimatikus lehetőséget biztosítanak a számukra.

Egy 1995-ös rádiótelemetriás vizsgálat során vizsgálták a rákosi vipera napi és szezonális aktivitását [24]. A vizsgált egyedek júliusban a dombhátak területéről az alacsonyabb fekvésű élőhelyekre mozogtak. Feltételezésük szerint a rákosi vipera az évszakos változást követve a növekvő nappali hőmérséklet hatására a magasabb fekvésű élőhelyekről (száraz homokpusztagyep) a mélyebb fekvésű élőhelyekre (láprét) mozog át.

Egy másik vizsgálatban a gyóni élőhelyen a talajvízszint alakulását vizsgálták a viperaélőhelyeken 1999 november és 2000 május között [25]. A mélyebben fekvő rákosivipera-élőhelyek jelentős része víz alá került, feltételezésük szerint így a telelőüregek is víz alá kerültek, ami a rákosi viperák fulladásához vezethetett. Nyár végén és ősszel fogott 32 egyedből 24-et azon a területen fogtak, amelyet később víz borított. Elhullott viperát nem találtak, azonban a következő évben megvizsgálták a terület gyíkdensitását, amelyek a viperához hasonlóan üregekben töltik a telet. A mélyebb fekvésű területeken kevesebb gyíkot észleltek a tavaszi hónapokban, mint a magasabb fekvésű területeken, így azt a

következtetést vonták le, hogy számos egyed elpusztulhatott a területen, és szorgalmazták a terület vízborításának elvezetését a rákosi vipera védelmében.

Az 1950-es évektől való egyedcsökkenésük az élőhelyül szolgáló gyepek méretének csökkenése és a maradványterületek gépesített kaszálása miatt következett be, ezért a faj fennmaradása szempontjából az élőhelyek rekonstrukciója kiemelten fontos [26]. A Kiskunság területén tapasztalt talajvízszint-süllyedés és a szárazodás szinten tartása és/vagy megfordítása előtt azonban meg kell vizsgálni a veszélyeztetett élőközösségek várható reakcióját a tervezett természetvédelmi kezelésre. Mivel a korábbi szakirodalom ellentmondásos, nem mondható ki egyértelműen, hogy a vipera számára egy vizesebb, párásabb vagy egy szárazabb, többletvízhatástól mentes élőhely a megfelelő, ezért kutatásunk egyik fő célja, hogy megvizsgáljuk a talajvízszint és a rákosi vipera élőhelyválasztásának kapcsolatát.

2. Célkitűzések

Kutatásunkat „A rákosi vipera természetvédelmi helyzetének javítása a Pannon régióban” (LIFE18 NAT/HU/000799) című pályázat keretében végeztük, amelynek egyik alapvető célja a rákosi vipera élőhelyek rekonstrukciója bizonyíték-alapú természetvédelmi intézkedések megvalósítása által. Ennek megfelelően vizsgálataink célja a talajvízszint hatásának tanulmányozása a rákosi vipera élőhelyválasztására, amit az alábbi kérdések megválaszolásával kívánunk elérni:

- (1) Milyen tendenciát mutat a talajvízszint a rákosi vipera felső-kiskunsági élőhelyein az elmúlt 80 évben?
- (2) Milyen hatása van a rákosi vipera élőhelyválasztására a talajvízszintnek?
- (3) Van-e szezonális mintázat a rákosivipera-előfordulások magasságában a hosszú távú adatsorok alapján a talajvízszint függvényében?
- (4) Van-e szezonális mintázat a rákosivipera-előfordulások magasságában 2020-2021-ben a talajvízszint függvényében?

3. Anyag és módszer

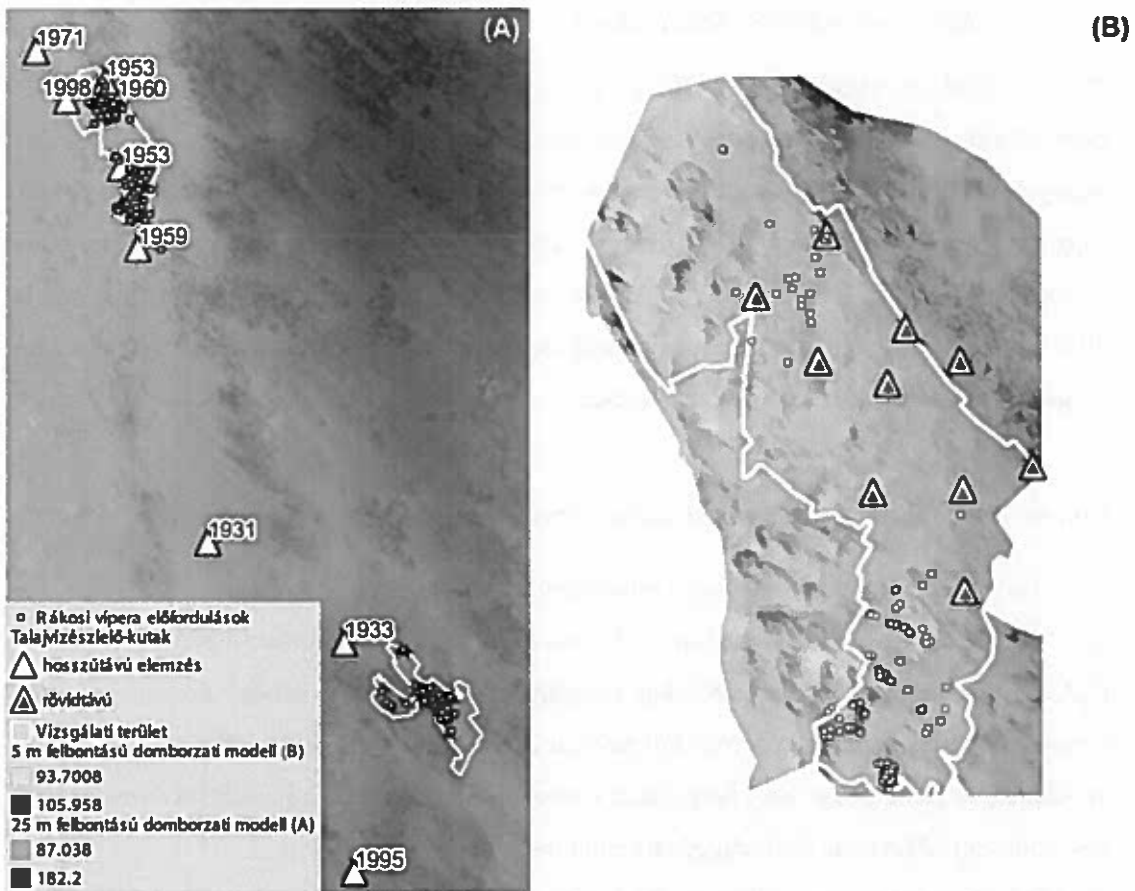
3.1 Vizsgálati terület

Kutatásunk során az egyik vizsgálati terület a Felső-kiskunsági Turjánvidék (HUKN20003) volt, amely körülbelül 14 000 hektáron terül el. Másik kiskunsági viperaélőhely, ahol vizsgáltuk a talajvízszint hatását a Bócsa-Bugaci Homokpuszta (HUKN20024) volt, ami egy 11 500 hektáros terület. Mindkettő különleges természetmegőrzési terület a Natura 2000 hálózaton belül, illetve tájvédelmi körzet, országos jelentőségű védett terület, fokozottan védett terület és ex lege védett területek is vannak bennük, számtalan védett és veszélyeztetett fajnak adnak otthont. Bugaci vidék fő élőhelytípusa a pannon homoki gyepek, illetve a homoki borókás-nyárasok. A Turjánvidék domináns élőhelytípusa a pannon homoki gyepek és a kékperjés láprétek, mindkettő fontos rákosi vipera élőhely [16]. Az 1-2-3 kérdések vizsgálata kiterjedt a teljes vizsgálati területre (1. ábra A), míg a 4. kérdés csak a Felső-kiskunsági Turjánvidék adott részét érintette (1. ábra B).

3.2 Talajvizadatok

A vizsgálati területeken és azok közelében kilenc talajvízszint-észlelő kút (1. ábra A) adatait közérdekű adatigénylés keretében kaptuk meg a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság (KNPI) ADUVIZIG-től és KDVVIZIG-től, amit az igazgatóság az elemzés elvégzéséhez a rendelkezésünkre bocsátott. Az automata talajvízszint-észlelő kutak mérőműszere havonta rögzített adatot, 1931-2021 között üzemeltek. A kutak talpmélysége a terepszint alatt 6 m volt. Az 1-2-3 kérdések vizsgálata során ezeket, a hosszú időintervallumot és nagy területet lefedő adatokat használtuk fel.

2020-tól a Felső-kiskunsági Turjánvidéken 10 új talajvíz monitorozó kút rögzített 4 óránként, így minden egyes nap ötször mérték talajvízszintet a műszerek, 3 tizedes pontossággal. A kutak talpmélysége a terepszint alatt 6 m volt. A KNPI a Natura 2000 területen az új kutakat hosszú távú megfigyelés, valamint adatszolgáltatás céljából telepíttette a LIFE18 NAT/HU/000799 kódszámú, „A rákosi vipera természetvédelmi helyzetének javítása a Pannon régióban” című pályázat keretében belül. 2021 őszén további 19 kút került telepítésre, azonban ezek a kutak az én szakdolgozatom szempontjából már nem szolgáltatnak releváns adatokat.



1. ábra A vizsgálati területek domborzati modellje felülnézetből
 (A) A Kiskunsági Turjánvidék (bal felső) és a Bócsa Bugaci Homokpuszta (jobb alsó) viperaélőhelyei – hosszútávú elemzés, az ábrán a kút jele mellett az év szerepel, amelytől kezdődően üzemelték
 (B) Kiskunsági Turjánvidék viperaélőhelyei (Peszéradacsi-rétek) – rövidtávú elemzés

3.3 Domborzati adatok

Az 1-2-3 kérdések megválaszolásához az egész vizsgálati területet lefedő 25×25 m raszter méretű felszíni digitális domborzati modell adatait használtuk (1. ábra A), ami az EU-DEM (Digital Elevation Model over Europe) projektből [27] származott, ami egy 3D raszteres adatkészlet, amelynek magassági adatait 1 másodpercenként vagy körülbelül 30 méterenként rögzítettek, a magasság értékek megbízhatósága átlagosan ± 7 m.

A 4. kérdés vizsgálatához a Felső-kiskunsági Turjánvidék Peszéradacsi-rétek nevű részét lefedő nagy felbontású DDM5 nevű, 5×5 m raszter felbontású domborzati modellt alkalmaztuk, amit a KNPI bocsátott rendelkezésemre (1. ábra B). Ez a domborzati modell a 1:10000 topográfiai térképek szintvonalak digitalizálásával lett előállítva, amiben a magasság értékek megbízhatósága átlagosan $\pm 0,7$ m [28].

3.4 Rákosi vipera előfordulási adatok

Az 1-2-3 kérdések vizsgálatához felhasznált rákosi vipera előfordulási adatok az 1993-2019 évek közötti időszakból, a KNPI biotikai adatbázisából származtak (n = 502, 1. ábra A), amelyek közül n = 432 adatpont esetében volt az elemzéshez elégséges pontosságú dátum rögzítve a KNPI biotikai adatbázisban (év, hónap). A 4. kérdés vizsgálatához felhasznált előfordulási adatok a LIFE HUNVIPHAB projekt monitoringtevékenysége keretében, 2020-2021 során gyűjtött rákosi vipera megfigyelések képezték (n = 158, 1. ábra B). 2021-ben én magam is részt vettem a terepi adatgyűjtésben.

3.5 Elemzések

Minden elemzéshez az R 4.1.1 statisztikai környezetet alkalmaztuk.

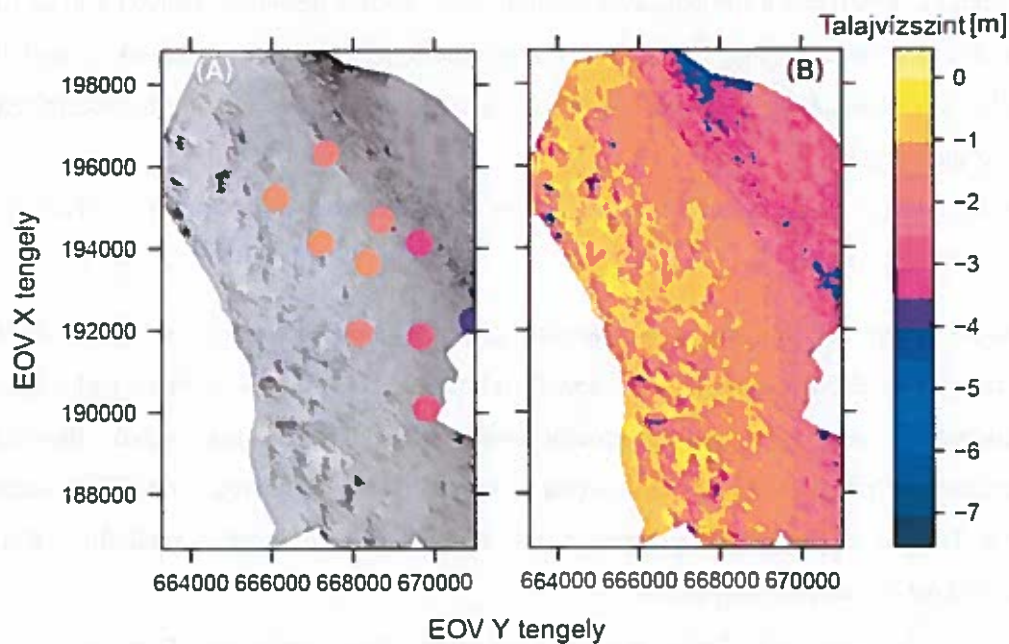
3.5.1 Hosszú távú időbeli és közepes felbontású térbeli elemzés

Az 1931-2021 közötti talajvízszint változást (1. kérdés) általánosított additív modellel (GAM – Generalized Additive Model) vizsgáltuk, ami a lineáris modell nemparaméteres verziója. Kilenc talajvízmonitorozó kút havonta mért értékeit feltérképeztük GAM modellel, ami lehetővé teszi, hogy összefüggéseket keressünk nem lineáris kapcsolatok között is, és egy ábra segítségével az összefüggés trendjét meg tudjuk állapítani.

A GAM illesztése során a talajvízszint méterben kifejezett értéke volt a függő változó, a mérések évét és hónapját „lágú trend”-ként (smooth term - s) határoztuk meg, és a kút azonosítóját (id) faktoros, parametrikus magyarázó változóként szerepeltettük. A modell illesztéséhez az mgcv csomag gam funkcióját használtuk [29].

```
m1=gam(mérés~s(év)+s(hónap)+faktor(id),data=kutak1931-2021)
```

A talajvízszintnek a rákosi vipera előfordulására gyakorolt hatásának vizsgálatához (2. kérdés) a talajvízszintet minden egyes vipera előfordulási koordinátánál krigeléssel becsültük (2. ábra). A krigelés (kriging) a geostatistikában elterjedt lineáris becslési eljárás, azaz interpoláció [30]. Segítségével variogramokat (függvényeket) használva, kiszámolható valamely paraméter tetszőleges helyen várható értéke, vagyis ez egy olyan matematikai közelítő módszer, amely egy függvény nem ismert értékeire az ismert értékek alapján ad közelítést.



2. ábra A krigelés a referenciapontok (A) alapján az egész területre becsüli a talajvízszintet (B) referenciapontok: 2020. júliusában a 10 talajvízmonitorozó kút átlagos talajvízszintje m-ben

Minden egyes rákosivipera-észleléshez tartozó hónap alapján leválogattuk a hozzá tartozó talajvízszint értékeket, és variogram modellt illesztettünk a közepes térbeli felbontású domborzati modell (DEM) segítségével, amelyben a talajvízszint volt a függő változó és a felszínmagasság a magyarázó változó. A gstat csomag [31] segítségével a krige funkcióval az egész vizsgálati területre becsültük a talajvízszintet, végül az extract funkcióval leolvastuk a rákosivipera-észlelés koordinátájánál becsült talajvízszint értéket. Minden egyes vipera megfigyeléshez kiszámítottuk a relatív magasságot (vip.mag), amelynek középpontja a talajvízkutak átlagos magassága volt.

Az egyes vipera-előfordulásoknál és megfigyelési években a talajvízszintnek a viperek relatív magasságára gyakorolt hatásának bemutatására GAM-ot illesztettünk, amelyben a függő változó a rákosivipera-észlelés relatív magassága és a magyarázó változó az észleléshez becsült talajvízszint (becs.mérés) és az észlelés éve volt.

```
m2=gam(vip.mag~s(becs.mérés)+s(év), data=vipera1993-2021)
```

A talajvízszint hatásának a tesztelésére pedig lineáris kevert modellt (LMER – Fit Linear Mixed-Effects Model) illesztettünk, az lmerTest csomag segítségével [32], amelyben a függő változó a rákosivipera relatív magassága volt és a magyarázó változó a becsült talajvízszint az egyes vipera előfordulásoknál.

A térbeli és időbeli autokorreláció kontrollálása érdekében a vizsgálati területet 200 és 1000 m-es négyzetekre osztottuk fel (kiskvadr,nagykvadr), amelyet beleágyasztunk a modellbe véletlen faktorokként (nested random factor). Mivel az éveket is random hatásként tettük bele az elemzésbe.

```
m3=lmer(vip.mag~becs.mérés+(1|factor.év/nagykvadr/kiskvadr),  
data=vipera1993-2019)
```

A rákosi vipera előfordulások magasságának szezonálisát (3. kérdés) egy LMER-modell illesztésével értékeltük, amelyben a viperák relatív magassága volt a függő változó, és a megfigyelések napjának sorszáma az adott évben (yday) cirkuláris magyarázó változóként használtuk. A térbeli és időbeli autokorreláció kontrollálása érdekében a vizsgálati területet 200 és 1000 m-es négyzetekre osztottuk fel, amelyet beleépítettünk a modellbe véletlen faktorokként (nested random factor).

```
m4=lmer(scale(vip.mag)~sin(rad(yday))+(1|nagykvadr/kiskvadr),  
data=vipera1993-2019)
```

Az összefüggés szemléltetésére két GAM-ot illesztettünk külön-külön a két vizsgálati régióra.

```
m5=gam(vip.mag~s(yday)+I(becs.mérés)+factor(év),  
data=vipera1993-2019)
```

3.5.2 Rövid távú időbeli és nagy felbontású térbeli elemzés

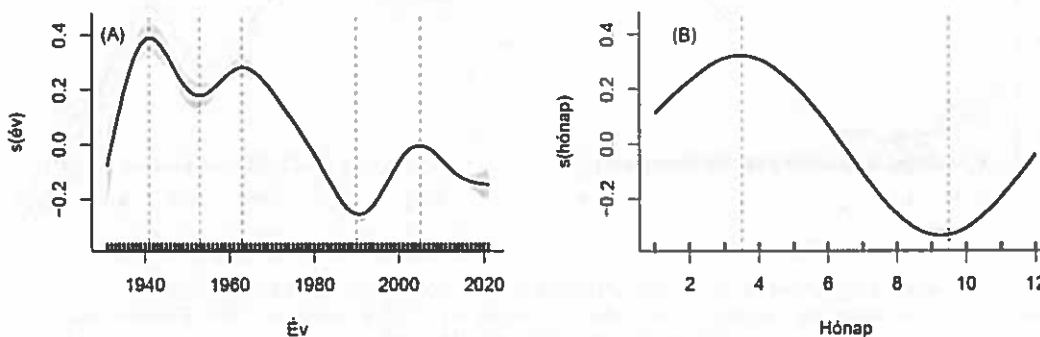
2020-2021-ben a rákosi vipera szezonális élőhelyválasztását (4. kérdés) hasonlóképpen LMER-rel vizsgáltuk, mint a 3. kérdést, azzal a különbséggel, hogy itt már nem havi talajvízmélység adatokkal dolgoztunk, hanem napi értékekkel. A GAM esetében nem 2 területet vizsgáltunk, hanem a két évet külön-külön.

```
m6=gam(vip.mag~s(yday)+I(becs.mérés)+, data=vipera2020)  
m7=lmer(scale(vip.mag)~sin(rad(yday))+(1|nagykvadr/kiskvadr),  
data=vipera2020)
```

4. Eredmények

4.1 Hosszú távú időbeli és közepes felbontású térbeli elemzés

A talajvízszint változása a vizsgált közel 100 év alatt nem lineáris természetű volt. A talajvízszint változását szignifikánsan magyarázták a trend időszakok faktorai, mint parametrikus változók, és az év ($edf=8,939$, $F=143,0$, $p < 0,0001$) valamint a hónap ($edf=6,126$, $F=365,5$, $p < 0,0001$) „smooth term” változók (1. kérdés). A GAM eredményei alapján egymást követő emelkedő és csökkenő tendenciájú időszakok követték egymást, azonban a vizsgált időszakban a csökkenő trendet mutató időszakok voltak jellemzőbbek (3. ábra A).



3. ábra A talajvízszint hosszútávú trendje az évek (A) és a hónapok (B) szerint
y tengely: az év, mint „smooth term változó” alapján az eltérések mértéke m-ben a kutak induló talajvízmélységétől

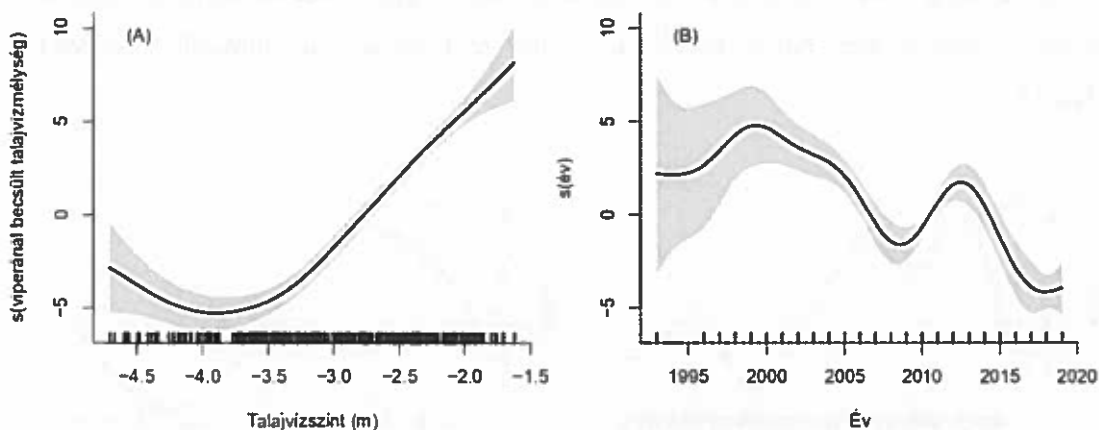
A GAM modell ábrája (3. ábra A) alapján látható, hogy az összefüggés az évek és a talajvízszint között több évtizedes szakaszokra osztható. 1941-et megelőzően a talajvízszint növekedése volt megfigyelhető, majd 1953-ig csökkent, ezután 1963-ig ismételt kis növekedés figyelhető meg. 1964-től meredeken csökkent a kutakban mért vízszint egészen 1990-ig, amit pár évig tartó növekedés követett. 2005-től egészen 2021-ig ismételt csökkenést jelez a GAM.

Szemben az évek közötti tendenciával, az éven belüli talajvízszint változás (3. ábra B) nagyon szabályos szinuszos S görbét követett.

Kút id	Kutak induló talajvíz-mélysége (m)
1156	-1,734
1301	-3,855
1158	-4,506
1159	-4,784
1160	-5,361
1183	-3,724
1414	-4,689
3868	-5,48

1. táblázat A GAM ábrához (3. ábra) segítség az értelmezéshez:
Például 1156-os kútnál a talajvízmélység 1941-ben:
 $-3,855 \text{ m} + 0,4 \text{ m} \approx -3,455 \text{ m}$

A rákosi vipera előfordulási pontok tengerszint feletti magasságát, a GAM eredményei alapján szignifikánsan befolyásolta az észlelési pontra becsült talajvízszint ($edf=3,671$, $F=83,33$, $p < 0,0001$) és a megfigyelés éve ($edf=7,543$, $F=17,83$, $p < 0,0001$) (4. ábra, 2. kérdés). Ezt az LMER eredménye is megerősítette, a talajvízszint szignifikáns pozitív hatása a rákosi vipera előfordulás tengerszint feletti magasságára (becslés= $2,6 \pm 0,22$ SE, $df=329,3$, $t=11,77$, $p < 0,0001$, 2. kérdés).

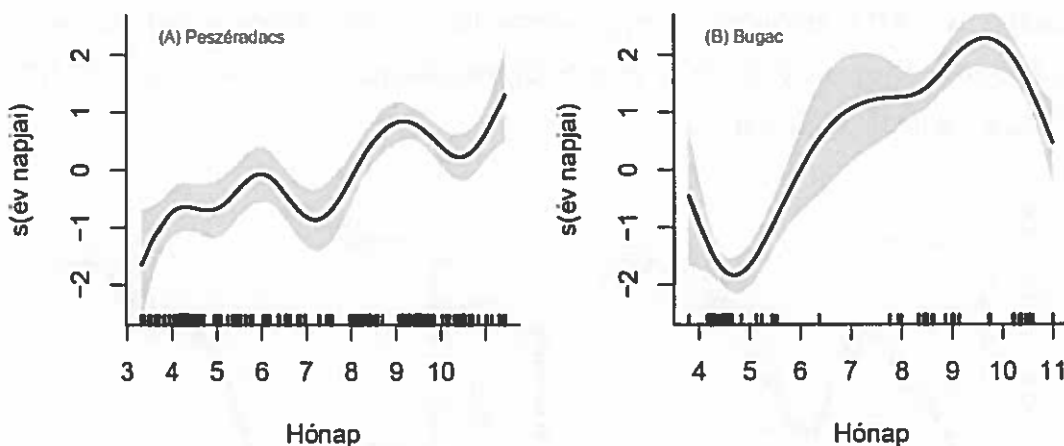


4. ábra A talajvízszint (A) és az évek (B) hatása a rákosi vipera előfordulások magasságára
y tengely: vipera előfordulások magassága, mint „smooth term változó” alapján a vipera észlelések átlagos relatív magasságától való eltérés mértéke m-ben

A GAM (4. ábra A) alapján úgy tűnik, hogy ha nagyon alacsony volt a talajvízszint, akkor a viperák tengerszint feletti magassága ezzel szemben nőtt, de mivel nagyon kevés az adat erre az időszakra és a 95%-os konfidenciaintervallum is nagyon széles, így nem feltétlen bizonyítható ez az összefüggés statisztikailag, nem megbízható. Ahol viszont rengeteg adat állt rendelkezésünkre, ott az látható, hogy minél mélyebben van a talajvízszint, a viperák is annál mélyebben helyezkednek el. A kapcsolat között szinte linearitás áll fenn.

A vipera észlelések magasságára meglepő módon az éveknek is szignifikáns hatása volt (4. ábra B), habár a hatás nem lineáris, de úgy tűnik, hogy nagyjából a viperák egyre mélyebb területeken fordultak elő az évek során. A kevés vipera észlelési adat és a széles konfidenciaintervallum miatt nem figyelhető meg megbízható összefüggés a 2000-es éveket megelőző időszak alatt. Az azt követő pár évben trendbeli növekedés látható, körülbelül 2013 óta pedig csökken a viperák tengerszint feletti magassága.

A rákosi vipera előfordulási pontok szezonális előfordulását a GAM eredményei alapján szignifikánsan befolyásolta az észlelés napja az éven belül mind a Peszéradacsi-réteken (edf=7,856, F=8,645, $p < 0,0001$), mind a bugaci területeken (edf=7,543, F=17,83, $p < 0,0001$) (5. ábra, 3. kérdés). Az LMER eredménye is megerősítette, hogy a rákosi vipera élőhelyválasztása nem független a nap sorszámától az éven belül (becslés= $0,0321 \pm 0,00923$ SE, df=342,182, $t=3,48$, $p = 0,000567$, 3. kérdés).



5. ábra A rákosi vipera szezonális előfordulása a talajvízszint alapján (hosszútávú adatsorok) y tengely: az év napjai, mint „smooth term változó” alapján a vipera észlelések átlagos relatív magasságától való eltérés mértéke m-ben

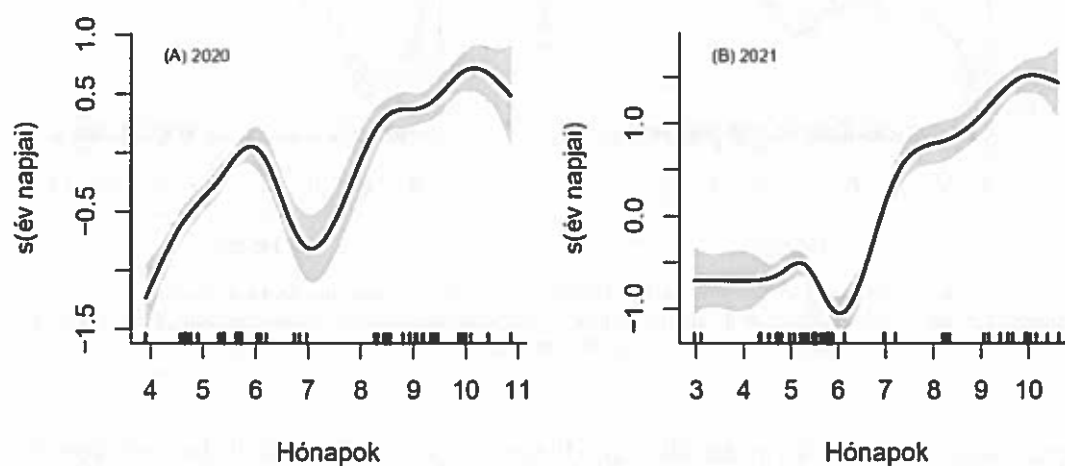
A Kiskunsági Turjánvidék viperaélőhelyein (Peszéradacs) a GAM modell ábrája (5. ábra A) alapján a viperák tavasszal tartózkodtak a legmélyebb területeken, és fokozatosan egyre nőtt a vipera észlelések magassága. Júniustól körülbelül július közepéig megváltozott a trendje az adatoknak, és csökkenés figyelhető meg, vagyis a viperák mélyebb területeken fordultak elő abban az időszakban. Ezt a csökkenést egy növekedés követte, az elemzés alapján a rákosi viperák a telelési szezon előtt tartózkodtak a legmagasabb fekvésű területeken, amit egy, a nyárinál visszafogottabb csökkenés előzött meg október közepe fele.

Bugaci Homokhátságon ezzel szemben a szezonális nem mutatkozott meg ilyen szakaszosan, a GAM modell alapján (5. ábra B) egyértelműbb a trend lefutása. Április elején megfigyelhető egy észlelési magasságbeli csökkenés, de mivel viszonylag kevés vipera találat van abból az időszakból, és az adatok szórása nagyon nagy, így nem biztos, hogy valós a trend. Viszont az egyértelműen kijelenthető, hogy április közepétől egészen októberig nő a rákosi vipera előfordulások tengerszint feletti magassága. Júniustól augusztusig a konfidenciaintervallum nagyon kiszélesedik az adatok szórása miatt, így abban az időszakban nem lehetünk

biztosak, hogy mi is a valós trend, de jelenleg úgy tűnik, hogy a bugaci területeken nem figyelhető meg a nyáron a szezonális élőhelyválasztás.

4.2 Rövid távú időbeli és nagy felbontású térbeli elemzés

A rákosi vipera előfordulási pontok szezonális előfordulását 2020-2021-ben a GAM eredményei alapján szignifikánsan befolyásolta az észlelés napja az éven belül mind 2020-ban (edf=8,203, F=23,53, $p < 0,0001$), mind 2021-ben (edf=8,356, F=58,02, $p < 0,0001$) (6. ábra, 4. kérdés). Az LMER eredménye is megerősítette, hogy a rákosi vipera élőhelyválasztása nem független a nap sorszámától az éven belül (becslés=0,265±0,0634 SE, df=137,123, $t=4,201$, $p < 0,0001$, 4. kérdés).



6. ábra A rákosi vipera szezonális előfordulása a talajvízszint alapján 2020 (A) és 2021-ben (B) y tengely: az év napjai, mint „smooth term változó” alapján a vipera észlelések átlagos relatív magasságától való eltérés mértéke m-ben

Látható, hogy a vipera szezonálisan különböző tengerszint-feletti magasságokban fordul elő 2020-ban is és 2021-ben is, ám a két év között nagy különbségeket lehet észrevenni. 2020-ban áprilistól június elejéig a GAM modell illesztése alapján (6. ábra A) a viperák fokozatosan magasabb élőhelyen fordulnak elő, majd júniustól augusztusig a mélyebben fekvő élőhelyeken voltak, ezt követően egészen év végéig egyre nagyobb tengerszint feletti magasságnál fordultak elő a viperák, és csak az év végén volt csökkenő a trend, de a széles konfidenciaintervallum miatt és a kevés adat miatt ez nem egyértelmű. 2021-ben (6. ábra B) egészen május közepéig szinte vízszintesként írható le a trendje az adatoknak, amit egy rövid ideig tartó csökkenés követ. Júniustól egészen év végéig fokozatosan nő a rákosi viperák észlelési magassága.

5. Következtetések

Kiskunságban tapasztalt szárazodás [14] a vizsgálati területen nem egyértelműen mutatkozott meg, hiszen a talajvízadatok alapján az 1931 és 2021 közötti időszak során a talajvíz csökkenése (1942-1953, 1964-1990, 2006-2021) mellett a talajvízszint emelkedése (1931-1941, 1954-1963, 1991-2005) is tapasztalható volt (3. ábra A). Ha nem is egyenletesen, de összességében a talajvízszint csökkenése figyelhető meg a területen, ami negatívan hathat a Felső-Kiskunsági Turjánvidék és a Bócsa Bugaci Homokpuszta ökoszisztémájára, mivel a mikroklímatis viszonyok megváltozása befolyásolhatja a Duna-Tisza köze vegetációjának összetételét, az állatfajok elterjedését, amit a tájkép megváltozása követhet [23]. Különösen a 2005 utáni talajvízszint csökkenése aggasztó a terület jövőjének szempontjából, mivel úgy tűnik, jelenleg is egy csökkenő periódusban van a talajvízszint trendje, és az utóbbi közel 40 évben a talajvízszint jóval alacsonyabban található a talajban, mint az azt megelőző pár évtizedben. Azonban úgy tűnik, hogy a kiskunsági rákosi vipera élőhelyeken nem olyan drasztikus mértékű a talajvízszint csökkenése, mint ahogy arról más területeken beszámoltak az akár több méteres talajvízszint süllyedésről [33], azonban ez nem jelenti azt, hogy ne lenne az ökoszisztémára nézve veszélyesen mélyen a talajvíz szintje. Míg a talajvízmélység változása az évek során nem mutatott állandó trendet, addig az éveken belül a talajvízszint változása sokkal egyértelműbben mutatkozott meg (3. ábra B). Március közepétől egészen szeptemberig tartott a vízszint csökkenése, így ténylegesen feltételezhető, hogy ha a rákosi vipera élőhelyválasztására hatással van a talajvízszint csökkenése, akkor abban egyfajta szezonális várható.

A hosszú távú időbeli és közepes felbontású térbeli elemzés eredményei alapján a rákosi-vipera-előfordulási pontok tengerszint feletti magassága szignifikánsan követi a talajvíz mélységét: magas talajvízszintkor a magasabb fekvésű területeken, míg mélyebben húzódó talajvíz idején a mélyebb fekvésű gyepekben fordultak elő (4. ábra A), ám úgy tűnik, hogy ha a talajvízszint extrém mélyen található, akkor a viperák tengerszint feletti magassága nő, de mivel kevés vipera észlelés történt ilyen alacsony talajvízszintkor, így az eredmény nem egyértelmű.

A trend változása az éveken belül szezonálisan is megmutatkozik a Peszéradacsi-réteken, a vipera alacsonyabb fekvésű területeket keres fel, mikor a talajvízszint a legmélyebben van (5. ábra A). A bugaci viperaélőhelyekkel kapcsolatban nem sikerült bizonyítanunk (5. ábra B), feltételezhetőleg azért, mert a Peszéradacsi-rétekre jellemző mélyebb fekvésű láprétek hiányoznak erről a területről.

A rövid távú időbeli és nagy felbontású térbeli elemzés során a viperák tengerszint feletti magassága szignifikánsan függött a talajvíztől, és mindkét évben látható a talajvízszint szezonális hatása (6. ábra), ám a két év során máskor voltak a viperák a legmélyebben a nyári nagy melegben, 2020-ban júliusra tehető ez a szezonális élőhelyváltás, 2021-ben pedig júniusra, így ezek az eredmények jelzik a számunkra, hogy érdemes különbséget tenni a különböző évek trendje között ilyen rövid időintervallum alatt, és nem érdemes egy elemzésben vizsgálni, mert akkor a szezonális trendek kiolthatják egymást.

Hipotézisünket támogatják az eredmények, vagyis a legnagyobb szárazság idején (június-augusztus) a rákosi vipera egyedek alacsonyabban lévő élőhelyeken vannak. Feltételezésünk szerint a szezonális élőhelyválasztás lehetséges oka az, hogy a vipera már fiziológiailag igényli a párasabb környezetet a növekvő nappali hőmérséklet hatására, így elkerülve a hőség negatív hatásait, mint ahogy azt más viperafajokkal kapcsolatban már kimutatták [10, 11]. Korábbi vizsgálatok alapján a rákosi viperák a nyáron (szeptembert is beleértve) alacsonyabb fekvésű területeken helyezkednek el [17, 24]. A gyóni élőhelyen végzett kutatás [24] hipotézise alapján a rákosi viperák számára ez hátrányos, ugyanis feltételezésük szerint már nem mozognak át magasabb fekvésű területekre telelni, és így a telelőüregük víz alá kerülhet, ami a viperák fulladását okozhatja, így szorgalmazták a terület vízborításának elvezetését. Az eredményeink alapján azonban ez nem állja meg a helyét, mert a vipera magasabb fekvésű területeken fordul elő október-november között mielőtt elvonulnak a téli hideg elől. Ott feltételezhetően a talajvízszint már nem okozhatja az állatok elhullását, így a hipotézisük nem állja meg a helyét.

A Peszéradacsi-réteken és a Bugaci Homokhátság vipera élőhelyeken folytatódni fog a kutatás a továbbiakban is annak érdekében, hogy minél többet meg lehessen tudni a rákosi vipera és a talajvízszint összefüggéséről. 2021 végén 19 új kutat telepítettek a meglévő 10 mellé, és a bugaci vipera élőhelyeken is újabb monitoring kutakat fognak létesíteni a Kiskunsági Nemzeti Park jóvoltából. Így egy sokkal részletesebb képet lehet majd alkotni a területek vízháztartásáról. Illetve a területről készülő újabb domborzati modell nagyobb felbontású, részletgazdagabb lesz, mint amivel jelenleg dolgoztunk.

A rákosi vipera fennmaradása szempontjából az élőhelyek rekonstrukciója kiemelten fontos. A Kiskunság területén tapasztalt talajvízszint-süllyedés és szárazodás szinten tartása és/vagy megfordítása előtt azonban tovább kell vizsgálni a veszélyeztetett élőközösségek várható reakcióját a tervezett természeti kezelésre. Mivel a korábbi szakirodalom ellentmondásos volt [17, 24],

nem volt egyértelmű, hogy a vipera számára melyik élőhely a megfelelőbb, a vízezebb vagy a szárazabb. Így kutatásunk egyik fő célja az volt, hogy megvizsgáljuk, van-e a rákosi vipera élőhelyválasztásának összefüggése a talajvízszinttel és mikrodomborzattal a Kiskunságban. Az eredmények alapján a mély fekvésű, általában időszakos többletvízhatásnak kitett gyepek elérhetősége fontos a rákosi vipera számára, így valószínűsíthető, hogy a Kiskunság szárazodása negatívan hat az állományaira. Aktív természetvédelmi beavatkozásokkal (például vízmegtartással) ez a folyamat mérsékelhető vagy akár vissza is fordítható.

6. Összefoglalás

A nyílt füves élőhelyek globális szinten veszélyeztetettek, amelyek egyik jelentős veszélyeztető tényezője a szárazodás és annak hatása az ökoszisztémára. Míg általában a szárazodás hatását a növénytársulások esetében vizsgálják, a talajvízszint hatással van az élőhelyek mikroklimájára, így annak faunájára is, például a hüllőkre. A Kárpát-medencében endemikus rákosi vipera (*Vipera ursinii rakosiensis*) a 20. század közepéig még nagy számban fordult elő a régió füves élőhelyein, azóta azonban egykori elterjedési területének jelentős részéről kipusztult. A 2004 óta tartó fajmegőrzési tevékenységek ellenére sem sikerült a populációk denzitását kimutatható módon növelni, amelynek egyik lehetséges oka az élőhelyminőség kedvezőtlen változása. Korábbi vizsgálatok alapján feltételeztük, hogy a rákosi vipera az évszakai változást követve a növekvő nappali hőmérséklet hatására a magasabb fekvésű élőhelyekről (száraz homokpusztagyep) a mélyebb fekvésű élőhelyekre (láprét) mozog át. Kutatásom célja a talajvízszint hatásának vizsgálata a rákosi vipera élőhelyválasztására. A Kiskunsági Turjánvidéket és a Bócsa Bugaci Homokpusztát magába foglaló kutatási területen 1931-2021 között 9 és a Peszéradacsi rákosi vipera élőhelyeken 2020-2021 között 10 talajvízszintészlelő kút adatait használtuk fel, amely alapján térbeli interpolációval az rákosi vipera-észlelések koordinátáihoz rendeltük talajvízszintértékeket a mikrodomborzat figyelembevételével, így vizsgálva annak az éves és szezonális (hónapos, napos) hatását. Az 1-2-3 kérdések megválaszolásához az egész vizsgálati területet lefedő 25×25 m raszter méretű felszíni digitális domborzati modell adatait használtuk fel, a 4. kérdés vizsgálatához pedig egy nagy felbontású, 5×5 m raszter felbontású domborzati modellt.

Az eredmények alapján a rákosi vipera előfordulási pontok tengerszint feletti magassága szignifikánsan követi a talajvíz mélységét: magas talajvízszintkor a magasabb fekvésű területeken, míg mélyebben húzódó talajvíz idején a mélyebb fekvésű gyepekben fordultak elő. Az eredmények alapján a mély fekvésű, általában időszakos többletvízhatásnak kitett gyeppek elérhetősége fontos a rákosi vipera számára, így valószínűsíthető, hogy a Kiskunság szárazodása negatívan hat az állományaira. Aktív természetvédelmi beavatkozásokkal (pl. vízmegtartás) ez a folyamat mérsékelhető vagy visszafordítható.

7. Summary

Open grasslands are globally threatened, with aridification and its impact on the ecosystem being a major threat. While the impact of aridification is usually considered in the context of plant communities, groundwater levels affect the microclimate of habitats, including their fauna and flora, i.e. reptiles. The Pannonian Basin's endemic reptile subspecies, the Hungarian meadow viper (*Vipera ursinii rakosiensis*), was abundant in the region's grasslands until the mid-20th century, but has since become extinct in much of its former range. Despite ongoing conservation efforts since 2004, there has been no detectable increase in population density, which may be due to adverse changes in habitat quality. Based on previous studies, it has been assumed that the Hungarian meadow viper moves from higher elevation habitats (sandy grassland) to lower elevation habitats (marsh grassland) as a result of seasonal changes and increasing daytime temperatures.

In the study area including the Kiskunsági Turjánvidék and the Bócsa Bugaci Homokpuszta between 1931-2021, 9 and in the Peszéradacs Hungarian meadow viper habitats between 2020-2021, 10 groundwater monitoring wells were used to spatially interpolate groundwater level values to the coordinates of the Hungarian meadow viper observations, taking into account microrelief, to investigate its annual and seasonal (monthly, daily) effects. To answer questions 1-2-3, we used data from a 25×25 m raster surface digital elevation model covering the entire study area, and to answer question 4, we used a high-resolution 5×5 m raster elevation model.

The results show that the elevation of the Hungarian meadow viper occurrences significantly followed the depth of groundwater: they occurred in higher-lying areas during periods of high groundwater, and in deeper-lying grasslands during periods of deeper groundwater. The results suggest that the availability of low-lying grasslands, which are generally subject to intermittent excess water, is important for the Hungarian meadow viper, and that it is likely that the aridification in the Kiskunság is having a negative impact on its populations. This process can be mitigated or reversed by active conservation measures (e.g. appropriate water management).

Hivatkozások

1. Habel JC, Dengler J, Janišová M, Török P, Wellstein C, Wiezik M (2013) European grassland ecosystems: Threatened hotspots of biodiversity. *Biodivers Conserv* 22:2131–2138 . <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0537-x>
2. Hölzel N, Haub C, Ingelfinger MP, Otte A, Pilipenko VN (2002) The return of the steppe - Large-scale restoration of degraded land in southern Russia during the post-Soviet era. *J Nat Conserv* 10:75–85 . <https://doi.org/10.1078/1617-1381-00009>
3. Elmore AJ, Manning SJ, Mustard JF, Craine JM (2006) Decline in alkali meadow vegetation cover in California: The effects of groundwater extraction and drought. *J Appl Ecol* 43:770–779 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01197.x>
4. Eamus D, Froend R (2006) Groundwater-dependent ecosystems: the where, what and why of GDEs. *Aust J Bot* 54:91–96 . <https://doi.org/10.1071/BT06029>
5. Mammola S, Cardoso P, Culver DC, Deharveng L, Ferreira RL, Fišer C, Galassi DMP, Griebler C, Halse S, Humphreys WF, Isaia M, Malard F, Martinez A, Moldovan OT, Niemiller ML, Pavlek M, Reboleira ASPS, Souza-Silva M, Teeling EC, Wynne JJ, Zagamajster M (2019) Scientists' warning on the conservation of subterranean ecosystems. *Bioscience* 69:641–650 <https://doi.org/10.1093/biosci/biz064>
6. Boulton AJ (2020) Conservation of groundwaters and their dependent ecosystems: Integrating molecular taxonomy, systematic reserve planning and cultural values. *Aquat Conserv Mar Freshw Ecosyst* 30:1–7 . <https://doi.org/10.1002/aqc.3268>
7. Cox NA, Temple HJ (2009) European red list of reptiles. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
8. Uetz P, Cherikh S, Shea G, Ineich I, Campbell PD, Doronin I V., Rosado J, Wynn A, Tighe KA, McDiarmid R, Lee JL, Köhler G, Ellis R, Doughty P, Raxworthy CJ, Scheinberg L, Resetar A, Sabaj M, Schneider G, Franzen M, Glaw F, Böhme W, Schweiger S, Gemel R, Couper P, Amey A, Dondorp E, Ofer G, Meiri S, Wallach V (2019) A global catalog of primary reptile type specimens. *Zootaxa* 4695:438–450 . <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4695.5.2>

9. Böhm M, Collen B, Baillie JEM, Bowles P, Chanson J, Cox N, Hammerson G, Hoffmann M, Livingstone SR, Ram M, Rhodin AGJ, Stuart SN, van Dijk PP, Young BE, Afuang LE, Aghasyan A, García A, Aguilar C, Ajtic R, Akarsu F, Alencar LRV, Allison A, Ananjeva N, Anderson S, Andrés C, Ariano-Sánchez D, Arredondo JC, Auliya M, Austin CC, Avci A, Baker PJ, Barreto-Lima AF, Barrio-Amorós CL, Basu D, Bates MF, Batistella A, Bauer A, Bennett D, Böhme W, Broadley D, Brown R, Burgess J, Captain A, Carreira S, Castañeda M del R, Castro F, Catenazzi A, Cedeño-Vázquez JR, Chapple DG, Cheylan M, Cisneros-Heredia DF, Cogalniceanu D, Cogger H, Corti C, Costa GC, Couper PJ, Courtney T, Crnobrnja-Isailovic J, Crochet PA, Crother B, Cruz F, Daltry JC, Daniels RJR, Das I, de Silva A, Diesmos AC, Dirksen L, Doan TM, Dodd CK, Doody JS, Dorcas ME, Duarte de Barros Filho J, Egan VT, El Mouden EH, Embert D, Espinoza RE, Fallabrino A, Feng X, Feng ZJ, Fitzgerald L, Flores-Villela O, França FGR, Frost D, Gadsden H, Gamble T, Ganesh SR, Garcia MA, García-Pérez JE, Gatus J, Gaulke M, Geniez P, Georges A, Gerlach J, Goldberg S, Gonzalez JCT, Gower DJ, Grant T, Greenbaum E, Grieco C, Guo P, Hamilton AM, Hare K, Hedges SB, Heideman N, Hilton-Taylor C, Hitchmough R, Hollingsworth B, Hutchinson M, Ineich I, Iverson J, Jaksic FM, Jenkins R, Joger U, Jose R, Kaska Y, Kaya U, Keogh JS, Köhler G, Kuchling G, Kumlutaş Y, Kwet A, La Marca E, Lamar W, Lane A, Lardner B, Latta C, Latta G, Lau M, Lavin P, Lawson D, LeBreton M, Lehr E, Limpus D, Lipczynski N, Lobo AS, López-Luna MA, Luiselli L, Lukoschek V, Lundberg M, Lymberakis P, Macey R, Magnusson WE, Mahler DL, Malhotra A, Mariaux J, Maritz B, Marques OAV, Márquez R, Martins M, Masterson G, Mateo JA, Mathew R, Mathews N, Mayer G, McCranie JR, Measey GJ, Mendoza-Quijano F, Menegon M, Métrailer S, Milton DA, Montgomery C, Morato SAA, Mott T, Muñoz-Alonso A, Murphy J, Nguyen TQ, Nilson G, Nogueira C, Núñez H, Orlov N, Ota H, Ottenwalder J, Papenfuss T, Pasachnik S, Passos P, Pauwels OSG, Pérez-Buitrago N, Pérez-Mellado V, Pianka ER, Pleguezuelos J, Pollock C, Ponce-Campos P, Powell R, Pupin F, Quintero Díaz GE, Radder R, Ramer J, Rasmussen AR, Raxworthy C, Reynolds R, Richman N, Rico EL, Riservato E, Rivas G, da Rocha PLB, Rödel MO, Rodríguez Schettino L, Roosenburg WM, Ross JP, Sadek R, Sanders K, Santos-Barrera G, Schleich HH, Schmidt BR, Schmitz A, Sharifi M, Shea G, Shi HT, Shine R, Sindaco R, Slimani T, Somaweera R, Spawls S, Stafford P, Stuebing R, Sweet S, Sy E, Temple HJ, Tognelli MF, Tolley K, Tolson PJ, Tuniyev B, Tuniyev S, üzüm N, van Buurt G, Van Sluys M, Velasco A, Vences

- M, Veselý M, Vinke S, Vinke T, Vogel G, Vogrin M, Vogt RC, Wearn OR, Werner YL, Whiting MJ, Wiewandt T, Wilkinson J, Wilson B, Wren S, Zamin T, Zhou K, Zug G (2013) The conservation status of the world's reptiles. *Biol Conserv* 157:372–385 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.07.015>
10. Marquis O, Massot M, Le Galliard JF (2008) Intergenerational effects of climate generate cohort variation in lizard reproductive performance. *Ecology* 89:2575–2583 <https://doi.org/10.1890/07-1211.1>
 11. Dupoué A, Stahlschmidt ZR, Michaud B, Lourdais O (2015) Physiological state influences evaporative water loss and microclimate preference in the snake *Vipera aspis*. *Physiol Behav* 144:82–89 . <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.02.042>
 12. Dezetter M, Le Galliard JF, Guiller G, Guillon M, Leroux-Coyau M, Meylan S, Brischoux F, Angelier F, Lourdais O (2021) Water deprivation compromises maternal physiology and reproductive success in a cold and wet adapted snake *Vipera berus* . *Conserv Physiol* 9: . <https://doi.org/10.1093/conphys/coab071>
 13. Korsós Z (1994) A parlagi vipera (*Vipera ursinii rakosiensis* Méhely, 1893) száz éve. *Állattani Közlemények* 78:31–38
 14. Ghira I (2007) Rediscovery of *Vipera ursinii rakosiensis* in Transylvania. *Herpetol Rom* 1:77–81
 15. Korsós Z (1992) Európa legveszélyeztetettebb mérgeskígyója a parlagi vipera (*Vipera ursinii rakosiensis*). *Természetvédelmi Közlemények* 1:83–88
 16. Péchy T, Halpern B, Sós E, Walzer C (2015) Conservation of the Hungarian meadow viper *Vipera ursinii rakosiensis*. *Int Zoo Yearb* 49:89–103 <https://doi.org/10.1111/izy.12088>
 17. European Reptile & Amphibian Specialist Group (1996) *Vipera ursinii* ssp. *rakosiensis*. IUCN Red List Threat Species 1996 e.T23003A9407721.en <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T23003A9407721.en>

18. Rakonczai J (2021) A globális változások Magyarországi hatásai. In: Elfogyasztott jövőnk? Globális környezeti és geopolitikai kihívásaink. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, pp 271–315
19. Iványosi Szabó A (1994) A Duna-Tisza közti hátságon bekövetkezett talajvízszint-süllyedés hatása természetvédelmi Területeinkre. In: A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái. pp 77–85
20. Szilassi P, Tobak Z, Van Leeuwen B, Szatmári J, Kitka D (2017) A szárazodással kapcsolatos földrajzi tényezők és egy özönnövény terjedése közti kapcsolat vizsgálata a Dél-alföldi régió területén. In: Földrajzi Közlemények. pp 30–43
21. Szövényi G (2007) Egyenesszárnyú rovarok és együtteseik tér-időbeli változásai a rákosi vipera kiskunsági élőhelyén. *Rosalia* 3:167–183
22. Szövényi G (2018) Egyenesszárnyú rovarok a duna-tisza közti Turjánvidéken (Orthoptera)-The Orthoptera fauna of the Turjánvidék in the Danube-Tisza Interfluve. *Rosalia* 10:473–508
23. Farkas JZ, Hoyk E, Rakonczai J (2017) Geographical analysis of climate vulnerability at a regional scale: The case of the southern great plain in Hungary. *Hungarian Geogr Bull* 66:129–144 . <https://doi.org/10.15201/hungeobull.66.2.3>
24. Újvári B, Korsós Z (1997) Thermoregulation and movements of radio-tracked *Vipera ursinii rakosiensis* in Hungary. In: *Herpetologia Bonnensis. Societas Europaea Herpetologica, Bonn*, pp 367–372
25. Péchy T, Halpern B (2003) A rákosi vipera (*Vipera ursinii rakosiensis*) gyóni élőhelyén a vízszint alakulása 1999. november és 2000. május közötti időszakban és ennek feltételezett hatása a terület viperaállományára. *Természetvédelmi Közlemények* 10:93–99
26. Halpern B, Péchy T (2018) A felső turjánvidék viperaélőhelyei. *Rosalia* 10:915–928
27. European Environment Agency (EEA) (2017) Digital Elevation Model over Europe (EU-DEM) — European Environment Agency

28. Tudásközpont L Domborzatmodell (DDM5)
<https://lechnerkozpont.hu/oldal/domborzatmodell>
29. Wood SN (2021) Mixed GAM Computation Vehicle with Automatic Smoothness Estimation
30. Ahmadi SH, Sedghamiz A (2008) Application and evaluation of kriging and cokriging methods on groundwater depth mapping. *Environ Monit Assess* 138:357–368 . <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9803-2>
31. Gräler B, Pebesma E, Heuvelink G (2016) Spatio-temporal interpolation using gstat. *R J* 8:204–218 . <https://doi.org/10.32614/rj-2016-014>
32. Kuznetsova A, Brockhoff PB, Christensen RHB (2017) lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *J Stat Softw* 82:1–26 .
<https://doi.org/10.18637/JSS.V082.I13>
33. Kertész Á, Papp S, Sántha A (2001) Az aridifikáció folyamatai a Duna – Tisza közén
Aridification processes on the Danube – Tisa Interfluve. *Foldr Ert* 115–126

Köszönetnyilvánítás

A dolgozat megírásában való segítségért hálás köszönet témavezetőimnek, dr. Korsós Zoltánnak, illetve Mízsei Edvárdnak.

Köszönettel tartozom a LIFE HUNVIPHAB projektnek, ami lehetővé tette, hogy egy számomra igen kedves fajjal dolgozhassak, a rákosi viperával.

Köszönöm Szabi, a barátaim és a családom támogatását, nélkülük soha nem jöhetett volna létre ez a dolgozat.

Témavezetői nyilatkozat

Alulírott ...dr. Korsós Zoltán... igazolom, hogy Szarvas Renáta: „A talajvízszint és a mikrodomborzat hatása a rákosi vipera (*Vipera ursinii rakosiensis*) élőhelyválasztásának szezonálisára” ... című diplomamunkáját ismerem, azt beadásra és védésre alkalmasnak tartom.

Budapest, 2022. április 29.



.....
dr. Korsós Zoltán

egyetemi docens

Állatorvostudományi Egyetem

Ökológiai Tanszék

Alulírott Mizsei Edvárd Igazolom, hogy

Szarvas Renáta (a hallgató neve) „A talajvízszint és a mikrodomborzat hatása a rákosi vipera (*Vipera ursinii rakosiensis*) élőhelyválasztásának szezonálisára” című diplomamunkát ismerem, azt beadásra és védésre alkalmasnak tartom.

Kunpeszér, 2022.04.29



Mizsei
Edvárd

Digitálisan aláírta:
Mizsei Edvárd
Dátum: 2022.04.29
19:32:53 +02:00

.....
a témavezető neve és aláírása

Debreceni Egyetem, Ökológiai Tanszék

Kiskunsági Nemzeti Parki Igazgatóság, LIFE

HUNVIPHAB

ELHELYEZÉSI MEGÁLLAPODÁS ÉS SZERZŐI JOGI NYILATKOZAT*

Név: SZARVAS RENATA
 Elérhetőség (e-mail cím): rni.sarvas@gmail.com
 A feltöltendő mű címe: A városi újság elhelyezése a melindamagyar
 ...és...talajművelés...alapján
 A mű megjelenési adatai:
 Az átadott fájlok száma:

Jelen megállapodás elfogadásával a szerző, illetve a szerzői jogok tulajdonosa nem kizárólagos jogot biztosít a HuVetA számára, hogy archiválja (a tartalom megváltoztatása nélkül, a megőrzés és a hozzáférhetőség biztosításának érdekében) és másolásvédett PDF formára konvertálja és szolgáltatssa a fenti dokumentumot (beleértve annak kivonatát is).

Beleegyeznek, hogy a HuVetA egynél több (csak a HuVetA adminisztrátorai számára hozzáférhető) másolatot tároljon az Ön által átadott dokumentumból kizárólag biztonsági, visszaállítási és megőrzési célból.

Kijelenti, hogy az átadott dokumentum az Ön műve, és/vagy jogosult biztosítani a megállapodásban foglalt rendelkezéseket arra vonatkozóan. Kijelenti továbbá, hogy a mű eredeti és legjobb tudomása szerint nem sérti vele senki más szerzői jogát. Amennyiben a mű tartalmaz olyan anyagot, melyre nézve nem Ön birtokolja a szerzői jogokat, fel kell tüntetnie, hogy korlátlan engedélyt kapott a szerzői jog tulajdonosától arra, hogy engedélyezhesse a jelen megállapodásban szereplő jogokat, és a harmadik személy által birtokolt anyagrészt mellett egyértelműen fel van tüntetve az eredeti szerző neve a művön belül.

A szerzői jogok tulajdonosa a hozzáférés körét az alábbiakban határozza meg (egyetlen, a megfelelő négyzetben elhelyezett x jellel):

- engedélyezi, hogy a HuVetA-ban -ban tárolt művek korlátlanul hozzáférhetővé váljanak a világhálón,
- az Állatorvostudományi Egyetem belső hálózatára (IP címeire) korlátozza a feltöltött dokumentum(ok) elérését,
- a Könyvtárban található, dedikált elérést biztosító számítógépre korlátozza a feltöltött dokumentum(ok) elérését,
- csak a dokumentum bibliográfiai adatainak és tartalmi kivonatának feltöltéséhez járul hozzá (korlátlan hozzáféréssel),

Kérjük, nyilatkozzon a négyzetben elhelyezett jellel a helyben használatról is:



Engedélyezem a dokumentum(ok) nyomtatott változatának helyben olvasását a könyvtárban.

Amennyiben a feltöltés alapját olyan mű képezi, melyet valamely cég vagy szervezet támogatott illetve szponzorált, kijelenti, hogy jogosult egyetérteni jelen megállapodással a műre vonatkozóan.

A HuVetA üzemeltetői a szerző, illetve a jogokat gyakorló személyek és szervezetek irányában nem vállalnak semmilyen felelősséget annak jogi orvoslására, ha valamely felhasználó a HuVetA-ban engedéllyel elhelyezett anyaggal törvénysértő módon visszaélne.

Budapest, 2022. év07.....hó01...nap

aláírás
szerző/a szerzői jog tulajdonosa

A HuVetAMagyar Állatorvos-tudományi Archívum – Hungarian Veterinary Archive az Állatorvostudományi Egyetem Hutýra Ferenc Könyvtár, Levéltár és Múzeum által működtetett egyetemi és szakterületi online adattár, melynek célja, hogy a magyar állatorvos-tudomány és -történet dokumentumait, tudásvagyonát elektronikus formában összegyűjtse, rendszerezze, megőrizze, kereshetővé és hozzáférhetővé tegye, szolgálta, a hatályos jogi szabályozások figyelembe vételével.

A HuVetA a korszerű informatikai lehetőségek felhasználásával biztosítja a könnyű, (internetes keresőgépekkel is működő) kereshetőséget és lehetőség szerint a teljes szöveg azonnali elérését.

Célja ezek révén

- *a magyar állatorvos-tudomány hazai és nemzetközi ismertségének növelése;*
- *a magyar állatorvosok publikációira történő hivatkozások számának, és ezen keresztül a hazai állatorvosi folyóiratok impakt faktorának növelése;*
- *az Állatorvostudományi Egyetem és az együttműködő partnerek tudásvagyonának koncentrált megjelenítése révén az intézmények és a hazai állatorvos-tudomány tekintélyének és versenyképességének növelése;*
- *a szakmai kapcsolatok és együttműködés elősegítése,*
- *a nyílt hozzáférés támogatása.*