

# **A kárpát-medencei földikutyák (Rodentia: Spalacinae) rendszertana, elterjedése és természetvédelmi helyzete**

## **Doktori értekezés**

Készítette:

**Németh Attila**

Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Természettudományi Kar  
Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék

Témavezetők:

**Dr. Farkas János, PhD**

Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék

**Dr. Csorba Gábor, PhD**

Magyar Természettudományi Múzeum, Állattár

**Zootaxonómia, Állatökológia, Hidrobiológia PhD Program**

Programvezető: Prof. Török János

**ELTE TTK Biológia Doktori Iskola**

Vezetője: Prof. Erdei Anna

**Eötvös Loránd Tudományegyetem**

**Budapest, 2011.**



# TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS .....	6
1.1. A földikutya bemutatása.....	6
1.2. A földikutyák rendszertana: rendszerezésük története, módszerei és problémái.....	7
1.2.1. A földikutyák helye a Rágcsálók (Ordo: Rodentia) között.....	8
1.2.2. A taxonómiai vizsgálatok története.....	8
1.2.3. A földikutyák rendszerezésének problémái.....	15
1.2.4. A földikutyák rendszerezése szempontjából releváns faj-koncepciók.....	15
1.2.5. Példák kromoszómaszám polimorfizmusra más kisemlősfajoknál .....	17
1.2.6. Nevezéktani problémák.....	20
1.3. A földikutya kutatások története Magyarországon, kárpát-medencei kitekintéssel.....	20
1.4. A földikutya formák elterjedését befolyásoló tényezők .....	24
1.5. A földikutyák természetvédelmi helyzete .....	26
2. CÉLKITŰZÉSEK.....	28
3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK.....	29
3.1. Vizsgálati területek bemutatása.....	29
3.2. Példányok befogása.....	31
3.3. Kromoszóma-vizsgálatok .....	32
3.3.1. Mintavételi módszerek.....	32
3.3.2. Kromoszóma-preparálás.....	34
3.4. Mitokondriális DNS vizsgálatok.....	35
3.4.1. A vizsgálati anyag.....	35
3.4.2. DNS izolálás.....	35
3.4.3. A citokróm b gén szakaszának amplifikálása .....	36
3.4.4. A PCR-termék tisztítása .....	36
3.4.5. A PCR-termék klónozása, a klónozott fragmentek kinyerése .....	37
3.4.6. A PCR-termékek szekvenálása.....	38
3.4.7. A szekvenciák analízise.....	38
3.5. Koponya-morfológiai vizsgálatok.....	39
3.6. Térinformatika használata a konzervációbiológiában .....	39
3.7. A földikutya taxonok elterjedésének rekonstruálása a Kárpát-medencében.....	40
3.8. A földikutya taxonok elterjedése klimatikus és talajtani térképekkel összevetve .....	40
3.9. A földikutya taxonok elterjedésének térképezése a Kárpát-medencében .....	42
3.9.1. Az elterjedés térképezése.....	42
3.9.2. A földikutya nemzetségek elkülönítése járatmorfológia alapján.....	44
3.10. A kárpát-medencei földikutyák veszélyeztetettségének vizsgálata .....	44
4. EREDMÉNYEK .....	45
4.1. A kárpát-medencei, nyugati földikutya ( <i>Nannospalax (superspecies leucodon)</i> ) fajcsoportba tartozó formák koponya-morfológiai vizsgálata.....	45
4.2. Kromoszóma-vizsgálatok .....	48
4.2.1. A transsylvanicus forma.....	48
4.2.2. A montanosyrmiensis forma.....	49

4.3. Mitokondriális DNS vizsgálatok.....	49
4.4. A kárpát-medencei földikutyák feltételezett múltbeli elterjedése.....	51
4.4.1. A nyugati földikutya (Nannospalax (superspecies leucodon)) fajcsoport.....	51
4.4.2. A bukovinai földikutya (Spalax graecus).....	54
4.5. A kárpát-medencei földikutya taxonok rekonstruált elterjedése és a klíma kapcsolata.....	55
4.5.1. A statisztikai elemzések eredményei.....	55
4.5.2. A kárpát-medencei, nyugati földikutya (Nannospalax (superspecies leucodon)) formák elterjedési területének klímája.....	57
4.5.2. A bukovinai földikutya (Spalax graecus) kárpát-medencei elterjedése és a klíma kapcsolata.....	60
4.6. A kárpát-medencei földikutya taxonok elterjedése talajtani térképekkel összevetve.....	60
4.6.1. A hazai földikutya formák elterjedése talajtani térképekkel összevetve.....	61
4.6.2. A kárpát-medencei földikutya taxonok elterjedése talajtani térképekkel összevetve.....	64
4.7. A földikutya taxonok jelenlegi elterjedésének térképezése a Kárpát-medencében és a fennmaradásukat veszélyeztető tényezők számbavétele.....	66
4.7.1. Nannospalax és Spalax genus-ok elkülönítése járatméret alapján.....	66
4.7.2. Nyugati földikutya (Nannospalax(superspecies leucodon))formák populációi és a fennmaradásukat veszélyeztető tényezők.....	66
4.7.3. Bukovinai földikutya (Spalax graecus) kárpát-medencei populációi és a fennmaradásukat veszélyeztető tényezők.....	72
4.7.4. A kárpát-medencei földikutyákat általánosan fenyegető veszélyeztető tényezők.....	75
4.8. A kárpát-medencei földikutya formák természetvédelmi megítélése.....	75
4.8.1. A transsylvanicus forma.....	75
4.8.2. A hungaricus forma.....	76
4.8.3. A syrmienensis forma.....	76
4.8.4. A montanosyrmienensis forma.....	76
4.8.5. A kárpát-medencei Spalax graecus.....	77
5. DISZKUSSZIÓ.....	78
5.1. Morfológiai és genetikai vizsgálatok eredményeinek megvitatása.....	78
5.2. A kárpát-medencei földikutya formák elterjedésének értelmezése.....	80
5.2.1. A formák elterjedése, és a természetföldrajzi barrierék elhelyezkedése.....	80
5.2.2. A formák elterjedése klímaterképekkel összevetve.....	81
5.2.3. A formák elterjedése talajtani térképekkel összevetve.....	82
5.2.4. Az elterjedési területek értelmezése kapcsán felmerülő általános problémák.....	83
5.3. A kárpát-medencei földikutyák taxonómiai megítélése.....	84
5.4. A kárpát-medencei földikutyák helye a földikutyafarmák (Spalacinae ) rendszerében.....	86
5.5. A kárpát-medencei földikutyák rokonsági kapcsolatainak kérdése, valamint a formák eredetének és kialakulásuk dátumának problémái.....	88
5.6. A faji differenciálódás lépései, módja és jellege a földikutyák körében.....	90
5.6.1. A Robertsoni-transzlokációk szerepe a faji differenciálódás során.....	90
5.6.2. A klíma szerepe a faji differenciálódás során.....	91
5.7. A földikutyáknál megfigyelhető kromoszómaszám polimorfizmus jelenségének megvitatása.....	94
5.8. A kárpát-medencei földikutyák természetvédelmi megítélése.....	96
6. ÖSSZEFOGLALÓ.....	99
7. SUMMARY.....	100
8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	101
9. IRODALOMJEGYZÉK.....	103
10. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁHOZ KAPCSOLÓDÓ SAJÁT PUBLIKÁCIÓK.....	124

<i>10.1. A doktori értekezésben hivatkozott saját publikációk .....</i>	124
<i>10.2. A témához kapcsolódó további saját publikációk .....</i>	125
11. CD MELLÉKLET: ÁBRÁK ÉS FÜGGELÉKEK .....	127
(A CD melléklet 51 ábrát és 8 függelékkel tartalmaz)	

## 1. BEVEZETÉS

A földikutyiformák (Spalacinae) alcsaládjának különböző fajai, alfajai vagy formái régóta különleges helyet foglalnak el a zoológiai és taxonómiai kutatások sorában. Ezek az állatok valószínűleg speciális életmódjukból adódóan, és az ehhez kapcsolódó adaptációik révén váltják ki ezt a szokatlan érdeklődést. A rendszertanuk körüli bizonytalanságok pedig már közel 150 éve látják el feladattal a csoportot vizsgáló taxonómusokat.

A hazai kutatók egykor igen jelentős szerepet vállaltak abban, hogy minél többet megtudhassunk e rendkívüli rágcsálókról. Mindezek ellenére az 1950-es évek tájékán a földikutyákkal kapcsolatos kutatások sokat vesztek lendületükből Magyarországon, majd szinte teljesen meg is szakadtak. Így lehetséges az, hogy a magyarországi földikutyák például a citogenetikai vizsgálatokból teljesen kimaradtak, ekképpen csupán hazánk és Albánia földikutyá populációi voltak azok, melyeknek kariológiai jellemzőiről egészen mostanáig semmit sem tudunk. A kutatások félbemaradásának következményeként egyre kevésbé álltak rendelkezésre friss információk a földikutyák helyzetét illetően. Kutatási céllal több mint ötven évig senki sem fogott földikutyát az országban, és a modern módszerekkel végzett vizsgálatok elmaradása miatt rendszertani helyzetükről, állományméretükről vagy veszélyeztetettségük valódi fokáról sem tudunk semmit. A helyzet az 1980-as évek óta a szomszédos országokban is nagyon hasonlóan alakult, így a térség földikutyáinak átfogó, modern szemléletű vizsgálata ma ugyanolyan időszerű, mint 150 évvel ezelőtt volt.

### ***1.1. A földikutya bemutatása***

A földikutyák (subfam: Spalacinae) közé szélsőségesen specializálódott rágcsálók tartoznak, melyek csaknem teljes életüket a talajban töltik. Hosszuk 15-30 cm, testtömegük 100-500 g között változik. Testük hengeres, a hátsó végén lekerekített, fejük lapos, ék alakú, végtagjaik rövidek. Farkuk alig észrevehető kitüremkedés. Bundájuk lágy és tömött, uralkodó színük a hamu- vagy palaszürke, de a szőrzet színe a háton és a végtagok külső felszínén rozsdás árnyalatú lehet (1. ábra).

Szervezetük rendkívüli módon alkalmazkodott a föld alatti életmódhoz. Külső fülük hiányzik, szemeiket bőr takarja. Széles orruk két oldalán érzékelő szőrök húzódnak, melyek a fej lapítottságát még inkább kihangsúlyozzák. Ezek valószínűleg környezetük érzékelésében

játszanak fontos szerepet. Hallásuk és szaglásuk rendkívül kifinomult. Több különleges érzékelés is kifejlődött a földikutyáknál speciális életmódjukkal összefüggésben, ilyen például a Föld mágneses terének érzékelése (Kimchi et al. 2004), vagy szeizmikus impulzusok segítségével történő tájékozódás és kommunikáció a fajtársakkal (Kimchi & Terkel 2002). Metszőfogaik rendkívül nagyok és íveltek. Járataik ásásához metszőfogukat is használják, az alagútjaik falát az orrukkal egyengetik el. Kiterjedt föld alatti járatrendszert készítenek, melynek hossza több száz méter is lehet, táplálékszerző és állandó járatokból áll (Vásárhelyi 1926, Topachevski 1969). Külön kamrákat készítenek fialásra, a táplálék raktározására és az ürülék elhelyezésére (Vásárhelyi 1926). Jellegzetes tartozékai a járatrendszereknek a túrások, melyek olykor nehezen különíthetők el a vakond túrásaitól, ugyanakkor az egyetlen a felszínről is érzékelhető jelei az állat jelenlétének. A földikutyák magányos állatok, növények föld alatti részeivel táplálkoznak (Vásárhelyi 1926).

Általában nyílt, füves élőhelyeken élnek, a zárt erdőket és a mocsarakat kerülik (Topachevski 1969, Savic & Nevo 1990, Csorba 1998, Horváth et al. 2007). A földikutyák a Kárpát-medencében és a Földközi-tenger keleti medencéjének partvidékén, vagyis a Balkán-félszigeten, Kis-Ázsiában, a levantei partvidéken valamint Észak-Afrikában fordulnak elő. Elterjedésük keleti irányban a dél-orosz sztyeppterületeken, a Kaukázus északi előterén át az Aral-tó északi partvidékéig terjed (Topachevskii 1969, Savic & Nevo 1990). Mindez a következő országokat jelenti: Magyarország, Szerbia, Románia, Bulgária, Montenegró, Koszovó, Bosznia-Hercegovina, Macedónia, Albánia, Görögország, Törökország, Grúzia, Örményország, Irán, Szíria, Irak, Libanon, Izrael, Jordánia, Egyiptom, Líbia, Ukrajna, Oroszország és Kazahsztán (2. ábra). (Albánia és Irán területén az élőhelyek folytonossága miatt kell, hogy éljenek földikutyák, ugyanakkor a szakirodalom mind a mai napig nem tud arról, hogy ezt befogott példánnyal bizonyították volna.)

## ***1.2. A földikutyák rendszertana: rendszerezésük története, módszerei és problémái***

A Bevezetés című fejezet során mindvégig azokat a kifejezéseket és fogalmakat használom, valamint azt a taxonómiai álláspontot követem, melyet a hivatkozott szerző vagy szerzők követtek. A dolgozatban használt saját álláspontomnak megfelelő nevezéktant és taxonómiai álláspontot az Anyag és Módszer című fejezet elején ismertetem.

### 1.2.1. A földikutyák helye a Rágcsálók (Ordo: Rodentia) között

A molekuláris biológiai módszerek széleskörű elterjedésével egyre több (bár olykor egymásnak ellentmondó) adat gyűlik össze a rágcsálók rendjének (Ordo: Rodentia) feltételezett leszármazási viszonyairól. A Sciurognathi alrend családjainak 12S rRNS és citokróm b (cyt b) szekvencia alapján elkészített törzsfája (3. ábra) szerint a Muridae és Dipodidae családok viszonylag korán elkülönültek a csoport többi családjától. A földikutyák a Muridae család legkorábbi leágazását képezik a törzsfán (Montgelard et al. 2002). Egy másik, a 4.5 SH RNS (egy ismeretlen funkciójú RNS) génjének meglétén vagy hiányán alapuló vizsgálat azt mutatja, hogy a gén kizárólag az ún. Myodonta csoport tagjai körében van jelen. A csoportba a Cricetidae, Muridae, Spalacidae, Rhizomyidae, Zaphodidae és Dipodidae családok tartoznak. Ezek a családok együtt váltak le a többi rágcsáló fejlődésének vonaláról és monofiletikus kládot alkotnak (Gogolevskaya et al. 2005). Az egérfélék (Muridae) IRBP-t (Interphotoreceptor Retinoid Binding Protein) kódoló gén első, mintegy 1200 bázispár hosszú exonjának szekvenciája alapján készített törzsfája (4. ábra) szerint egy bazális klád tartalmaz számos föld alatti életmódú rágcsáló alcsaládot. Ezek a Spalacinae, Myospalacinae és Rhizomyinae, melyek együtt váltak le a többi rágcsáló fejlődési vonaláról, de maguk is hamar szétváltak és önálló, párhuzamos fejlődési útra tértek (Jansa & Weksler 2003). Mivel a különféle molekuláris biológiai módszereket használó vizsgálatok a rágcsálókon belül már számtalan kládot különítettek el, két mitokondriális gén (citokróm b és 12S rRNS), két sejtmagban kódolt exon (IRBP és vWF) és négy, szintén a sejtmagban kódolt intron (MGF, PRKC, SPTBN, THY) felhasználásával konszenzusos törzsfák készültek. A kapott törzsfán (5. ábra) a Muridae családban az első és legkorábbi leválás a földikutyáké (Montgelard et al. 2008). A földikutyafajta a vizsgálatok tanúsága szerint a rágcsálóknak egy, az egérfélékkel rokonságot mutató, ám jól elkülönült, régóta önállóan fejlődő csoportját képezik.

### 1.2.2. A taxonómiai vizsgálatok története

Az állattani irodalom 1897-ig a földikutyáknak csak egy fajtát ismerte és fogadta el, mégpedig a Pallas által leírt *Spalax typhlus*-t. Azonban, mint később kiderült, ez a névhasználat helytelen volt, hiszen a Pallas által 1778-ban a fenti néven leírt földikutyafaj azonos volt a Gldenstdt által 1770-ben leírt *Spalax microphtalmus* nevével. Így a Pallas által adott név szinonimája volt csupán egy már létező és érvényes fajnévnek. Ezt azonban



először csak 1909-ben ismerte fel Méhely Lajos. Nordmann 1839-ben megkísérelte egy második, nagyobb fajnak (*Spalax pallasii*) a felállítását, azonban miként arról Méhely 1909-es művében ír: „minthogy ez az állítólagos faj csak az előbbinek [t.i. a *Spalax typhlus*-nak] nagyon öreg, lekopott fogú példányaira volt alapítva, sohasem honosodott meg az irodalomban” (Méhely 1909). Nordmann később több további fajt is leírt, a *Spalax leucodon* és a *Spalax xanthodon*, valamint a *Spalax diluvii* néven, bár ezek faji voltát akkoriban senki sem fogadta el. Később azonban ezek egyike, a *Spalax leucodon* széles körben elterjedté és elismertté vált. Legújabbán pedig a *xanthodon* nevű taxon létjogosultságát vetették fel (Kryštufek & Vohralik 2009). Ugyanekkor Pennant *Podolian Marmot*, Erxleben pedig *Glis zemni* néven kísérelt meg földikutyafajokat leírni, de ezek felismerhetetlen leírásuk miatt sosem váltak elfogadottá. Bár itt is meg kell jegyezni, hogy ugyan jelenleg is vitatott a névhasználat jogossága, sokan a *zemni* nevet is validnak tartják és használják (látsd Musser & Carleton 2005).

Az első, a kortársak által is elfogadott kísérlet új földikutyafajok leírására Alfred Nehring nevéhez fűződik. A berlini mezőgazdasági főiskola akkori tanára 1897-ben a Pallas-féle *Spalax typhlus* helyébe nyolc új fajt vezetett be az irodalomba (Nehring 1897), amelyek név szerint a következők voltak: *Spalax microphthalmus*, *Spalax giganteus*, *Spalax typhlus* var. *hungaricus*, *Spalax priscus*, *Spalax kirgisorum*, *Spalax ehrenbergi*, *Spalax aegyptiacus* és *Spalax intermedius*. Egy évvel később azután bővebben ismertette fajainak némelyikét, és pótlólag leírta a *Spalax monticola*-t (Nehring 1898 a). Ezenkívül önálló fajjává emelte a *Spalax hungaricus*-t (Nehring 1898b), és az újonnan leírt fajainak sorát a *Spalax graecus*-szal egészítette ki (Nehring 1898c), majd 1902-ben a fosszilis *Spalax fritschi*-t is önálló fajként különítette el (Nehring 1902). Amíg néhányan kételkedtek az új fajok jogosultságában (Sordelli 1899, Anderson & Winton 1902), addig mások magukévá tették Nehring álláspontját, így például Satunin, aki az előbb felsorolt tizenegy fajt még egy tizenkettedikkel (*Spalax nehringi*) toldotta meg (Satunin 1898). Miller 1903-ban új fajnak írta le a dobrudzsai földikutyát *Spalax dolbrogeae* néven (Miller 1903), amelyet azután Kowatscheff (1906) ismét *Spalax typhlus*-ként azonosított.

Érdemi kritikája Nehring munkájának azonban 1909-ig nem került a tudományos nyilvánosság elé. Ebben az évben jelent meg Méhely Lajos „Species Generis Spalax A Földi Kutyák Fajai származás- és rendszertani tekintetben” című műve, melyben a földikutyák teljes elterjedési területéről származó, 129 koponya alapos vizsgálata alapján a csoportot három subgenusra (*Microspalax*, *Mesospalax* és *Macrospalax*) osztotta, ezeken belül pedig kilenc különböző fajt különített el (6. ábra) (Méhely 1909). A Méhely által érvényesnek tartott

taxonok a következők: *Spalax ehrenbergi*, *Spalax ehrenbergi* var. *agyptiacus*, *Spalax ehrenbergi* var. *kirgisorum*, *Spalax fritschi*, *Spalax monticola*, *Spalax monticola armeniacus*, *Spalax monticola cilicicus*, *Spalax monticola anaticus*, *Spalax monticola hellenicus*, *Spalax monticola turcicus*, *Spalax monticola dolbrogeae*, *Spalax monticola monticola*, *Spalax monticola hercegovinensis*, *Spalax monticola syrmiensis*, *Spalax monticola serbicus*, *Spalax hungaricus hungaricus*, *Spalax hungaricus transsylvanicus*, *Spalax graecus graecus*, *Spalax graecus antiquus*, *Spalax istricus*, *Spalax polonicus*, *Spalax microphthalmus*, *Spalax giganteus*. Méhely műve máig az egyik meghatározó monográfiája a szakterületnek, szemléletmódja pedig még évtizedekig meghatározó volt, legalábbis a hazai földikutyakutatásban mindenképpen. Szunyoghy János a fenti monográfia szellemében az Erdélyi Mezőségből leírta a *Spalax graecus mezösegiensis*-t (Szunyoghy 1937), és Kis-Ázsiából további két földikutya taxont: a *Spalax ehrenbergi* var. *ceyhanus*-t és a *Spalax monticola vasvarii*-t (Szunyoghy 1941).

A taxonómiai és filogenetikai kapcsolatok figyelembevételével, valamint az egyes taxonok főleg ukrajnai elterjedési adataira alapozva, Resetnik is felvázolta a földikutyák rendszerét. A földikutyafélék (*Spalacidae*) családját két alcsaládra osztotta *Rhizomynae* és *Spalacinae*. A földikutyák körében két genust különített el *Microspalax* (*M. ehrenbergi* és *M. leucodon*) és *Macrospalax* néven. Rendszere, minthogy Ukrajnában inkább a nagyobb testű földikutyák képviseltetik magukat, a *Macrospalax*ok rokonsági viszonyaival foglalkozik alaposabban (7. ábra). A *Macrospalax*-ok körében két fő fejlődési utat különít el és faji szinten említi a *Spalax arenarius*-t (Resetnik 1941).

1951-ben jelent meg Ellerman és Morrison-Scott (1951) „Cheklist of Palearctic and Indian mammals 1758 to 1946” című műve, melyben a földikutyák taxonómiájára is kitérnek. Könyvükben azon véleményüknek adnak hangot, hogy a kisszámú megvizsgált koponya miatt Méhely fajai és alfajai nem kellőképpen megalapozottak, s szerintük valójában csupán három faja létezik a földikutyáknak; egy kisebb testű, melyet *Spalax ehrenbergi*-nek tartanak (levantei földikutya), egy közepes testmértű, mely a *Spalax leucodon* (nyugati földikutya) és egy nagyobb testű, melyet a *Spalax microphthalmus*-szal (keleti földikutya) azonosítanak. Számos határozó könyv, ma is az ő érvelésük nyomán gyakorlatilag Méhely három subgenusát azonosítja egy-egy fajjal (Savić 1982). A hazánkban forgalomba került határozó és ismeretterjesztő könyvek többsége is ezt a rendszert követte a legutóbbi időkig (Schmidt & Gémes 1981).

Görögország rágcsálóinak taxonómiájáról és földrajzi elterjedéséről szóló monográfiájában Ondrias (1966) kitér a földikutyákra is. Ebben Görögország területéről öt

alfaját említi a *Spalax leucodon*-nak, melyek a következők: *S. l. hellenicus*, *S. l. insularis*, *S. l. thermaicus*, *S. l. peloponnesiacus*, *S. l. thessalicus*.

A második nagy monográfiát, mely a földikutyák rendszertanával és rokonsági viszonyaival foglalkozik, 1969-ben adta közre Topachevski (Topachevski 1969). A mű megalapozott, érdemi bírálata Méhely 1909-es művének. A legtöbb Méhely által bevezetett taxon létét, az általa is megvizsgált nagyobb számú koponyák alapján, nem látta indokoltnak, mivel azok szerinte bizonyos bélyegek nagyfokú egyéni változatosságának eredményeként születtek. Mindezekből kifolyólag teljesen átszabta a földikutyák rendszerét és két nemzetségbe sorolta őket. Méhely *Micro-* és *Mesospalax*-át Topachevskii a *Microspalax* genussal azonosította, a *Macrospalax*-ot pedig genus szintre emelte. Az európai kistestű földikutyákat egyetlen fajjal, mégpedig Nordmann fentebb már említett *Spalax leucodon*-jával azonosította. A kis-ázsiai földikutyák zömét Satunin *Spalax nehringi* fajának tartotta, a Közel-Kelet földikutyáit pedig a *Spalax ehrenbergi* fajba helyezte. A *Macrospalax*-ok terén nagyobb változtatást nem alkalmazott, csupán Méhely *Spalax istricu*-sát sorolta be a *Spalax graecus* fajba (8. ábra). Bár rendszerén később még történtek kisebb változtatások, lényegében a mai napig ez a leginkább elfogadott módja a földikutyák rendszerezésének.

Gromov és Baranova Topachevskiihez hasonlóan, a Spalacidae családot két alcsaládra osztotta, *Prospalacinae*-re és *Spalacina*-re. Ugyanakkor, ennél jelentősebb felismerésük volt, hogy ők hívták fel a figyelmet arra a tényre, miszerint a *Microspalax* genus név valójában *nomen praeoccupatum*, hiszen Mégnin és Trouessart már alkalmazta atkák rendszerezése során 1884-ben, vagyis korábban, mint azt Nehring először használta földikutyákra 1898-ban. Emiatt ők a *Nannospalax* név használatát javasolták (Gromov & Baranova 1981).

A citogenetika tudományának terjedésével a földikutyá populációkon is elkezdődtek a kromoszómavizsgálatok. Ezek a kutatások eleinte sporadikusak és koordinálatlanok voltak, ám hamarosan szervezetté, intenzívvé és célirányossá váltak. Először egy kaukázusi populációban végeztek ilyen vizsgálatot (Matthey 1959). A megvizsgált populáció példányai  $2n=48$  és  $NF=64$  kariotípussal jellemezhetőek. Bulgáriában elsőként, 1963-ban Walknowska végzett citogenetikai vizsgálatot földikutyán (Walknowska 1963), és úgy találta, hogy a vizsgált állat kromoszómaszáma  $2n=54$ . A fenti két szerző még nem adott precíz leírást a vizsgált kromoszómákról, azonban Savić és Soldatović már alaposabban és következetesebben kutatta a földikutyá populációk citogenetikai jellemzőit. Vizsgálataikat eleinte az egykori Jugoszláviában végezték, később pedig már az egész Balkán-félszigetre, sőt Kis-Ázsia nyugati partvidékére is kiterjesztették. Eredményeiket közlemények sorában tárták a tudományos világ elé (Soldatović et al 1966 a, b, 1967, Soldatović 1971, 1977, Soldatović & Savić 1973, 1974, 1983, Savić &

Soldatović 1974, 1977, 1978, 1979, 1984). Vizsgálataik során az egykori Jugoszlávia területéről 10 különböző kromoszómális formát írtak le. A Balkán területéről pedig összesen 20 kromoszómális forma előfordulását jelezték (9. ábra). Tárgyalták azok taxonómiai és evolúciós helyzetét és biogeográfiai jellemzőiket is közreadták. Kromoszóma vizsgálatokon alapuló törzsfát készítettek a balkáni földikutyákra. A kromoszómák szerkezete alapján öt fő kládot különítettek el a Balkánon élő földikutyák formák között (10. ábra) (Savić & Soldatović 1979, Savić & Soldatović 1984). Ők közölték az első kariológiai adatokat (az egykori Jugoszlávia területén végzett vizsgálataikon túl) a görögországi (Savić & Soldatović 1978) és törökországi földikutyák populációiról (Savić & Soldatović 1978, 1979). Munkáikban megpróbálták összegezni valamennyi korábbi szerző megállapításait, saját megfigyeléseikkel kiegészítve pedig egységes képet festeni az európai földikutyák fajtáiról és azok elterjedéséről.

Ez idő alatt Romániában Raicu végzett munkatársaival kromoszóma vizsgálatokat a földikutyákon (Raicu et al 1968, Raicu & Duma 1969). Később Bulgáriában Peshev (Peshev 1981, Peshev & Vorontsov 1982), Görögországban pedig Giagia és munkatársai (Giagia et al 1982) folytatták ezeket a kutatásokat. Máig a legutolsó kromoszóma vizsgálatokat európai földikutyákon Macedóniában végezték Zima és munkatársai, ahol a *macedonicus* taxon 3 új populációját fedezték fel. (Zima et al 1997a). Európában idáig csupán az Albániában és Magyarországon élő földikutyák kariotípusát nem vizsgálták meg (9. ábra). Az egykori Szovjetunió területén Lyapunova és munkatársai írták le és hasonlították össze a földikutyák populációk kariotípusait (Lyapunova et al 1974). A nagyobb testű földikutyáknak összesen öt (*Spalax giganteus giganteus*, *Spalax giganteus uralensis*, *Spalax microphthalmus*, *Spalax arenarius*, *Spalax graecus*), míg a kisebb testűeknek két formáját (*Mesospalax nehringi*, *Mesospalax leucodon*) különítették el.

Az izraeli földikutyák citogenetikai vizsgálata már igen korán megkezdődött (Nevo 1961, Wahrman et al. 1969a), mely kutatások töretlenül folytatódnak még napjainkban is. E vizsgálatoknak köszönhetően, korábban elképzelhetetlen mértékben bővültek a földikutyákról rendelkezésre álló ismereteink. Negyvenéves kutatásaik során szinte minden szempontból megvizsgálták az izraeli *Spalax ehrenbergi* populációkat. Érdeklődésük középpontjában a fajképződési folyamatok és azok evolúciós jelentősége állt. Vizsgálataik során négy különböző kariotípusú formát találtak Izraelben (11. ábra) (Wahrman et al 1969a, b). Ezeket a formákat később több különböző nézőpontból is megvizsgálták és összehasonlították. A szempontok a következők voltak: fiziológiai (Nevo & Shkolnik 1974, Arieli et al 1984, 1986, Yahav et al 1988), immunológiai (Nevo & Sarich 1974), etológiai (Nevo et al 1975, Guttman et al 1975, Heth & Nevo 1981, Beiles et al 1984, Nevo et al 1985), ökológiai (Nevo et al 1979, Heth et al

1988), neurológiai (Nevo et al 1982, Haim et al 1985) és morfometriai (Auffray et al. 1999). Végül az összegyűlt ismeretek birtokában, minthogy a négy forma között minden tekintetben jelentős eltérést tapasztaltak, négy különálló fajként vezették be őket a tudományba, mint *Spalax golani*, *Spalax galili*, *Spalax carmeli* és *Spalax judaei* (Nevo et al 2001). A kutatócsoport Törökországban és Jordániában is végzett vizsgálatokat a helyi földikutyák populációiban. Az előbbi helyről tizenöt (Nevo et al 1994a, Nevo et al 1995, Ivanitskaya et al 1997, Ivanitskaya & Nevo 2000), míg az utóbbiról négy (Ivanitskaya & Nevo 1998, Nevo et al 1999b, Nevo et al 2000 a, b, Ivanitskaya & Nevo 2000) különböző kariatípusú, külön el nem nevezett, formát mutattak ki.

A törökországi földikutyák citogenetikai módszerekkel történő vizsgálata csupán az 1980-as években kezdődött meg (Yüksel 1984, Gülkaç & Yüksel 1989). A kutatások kezdeti szakaszában fontos szerepe volt a fentebb már említett izraeli kutatók közreműködésének is (Nevo et al 1994a, 1995). Törökország nagy mérete miatt a földikutyák populációk vizsgálata több kutatócsoport számára is biztosít témát. Ezek közül a legmeghatározóbbak: Yüksel és Gülkaç (Yüksel 1984, Gülkaç & Yüksel 1989, Yüksel & Gülkaç 1992, 2001), Sözen és munkatársai (Sözen & Kivanç 1998 a, b, Sözen et al 1999, 2000 a, b, 2006, Sözen 2004), Tez és munkatársai (Tez et al 2001, 2002) Kankiliç és munkatársai (Kankiliç et al 2006, 2007), valamint Coşkun és munkatársai (Coşkun 1996a, b, 2003, 2004, Coşkun et al 2006). A citogenetikai vizsgálatokkal párhuzamosan koponyamorfológiai vizsgálatokat is folytatva hasonlították össze az egyes formákat a fentebb említett kutatók és kutatócsoportok. Az elterjedtebb, modern módszerek ismerete ellenére azonban volt példa olyan kutatásra is, mely kizárólag morfológiai bélyegeken alapult (Kivanç 1988). Ez utóbbi eredménye ugyanakkor nem igazán nyújtott újdonságot a korábbi vizsgálatokhoz képest, minthogy Törökország teljes területén öt alfaját különíti el a *Spalax leucodonnak* (*S. l. anatolicus*, *S. l. armeniacus*, *S. l. cilicicus*, *S. l. nehringi*, *S. l. turcicus*) és kettőt a *Spalax ehrenberginek* (*S. e. intermedius*, *S. e. kirgisorum*). Inkább visszalépésként tekintenek rá a szakterület meghatározó kutatói, s ezért sosem vált igazán elfogadottá. A terület rendkívül tagolt és tájképileg igen változatos, talán ez magyarázhatja, hogy napjainkig hozzávetőlegesen 30 különböző kariatípusú forma ismert Törökországból. A bizonytalanságot néhány nem kellőképpen megbízható adat okozza. A kérdéses megbízhatóságú adatokon felül problémát jelent az is, hogy a leírt formák közül csak nagyon kevés az, amelynek az elterjedési területe is legalább részben ismert.

Molekuláris biológiai és biokémiai módszereket a földikutyák rokonsági viszonyának jobb megértéséhez Nevo és munkatársai használtak először Izraelben. Így ezekkel a módszerekkel végzett vizsgálati eredmények legnagyobb mennyiségben máig a négy izraeli földikutyafajról

állnak rendelkezésre. Napjainkban a legelterjedtebb és leginkább elfogadott molekuláris taxonómiai módszerek a nukleinsav szekvenciákon alapuló összehasonlítások. A kutatások során többek között vizsgálták a mitokondriális DNS restrikciós endonukleázokkal létrehozott fragmentumainak hossz-polimorfizmusát (RFLP) (Nevo et al 1993), összevetették a különböző fajok mitokondriális kontroll régió szekvenciáját (12. ábra) (Reyes et al. 2003), a mitokondriális citokróm b (cyt b) gén 402 bázispár hosszúságú szekvenciáját (Nevo et al. 1999b), továbbá a négy izraeli faj mikroszatellita diverzitását is (Karanth et al. 2004). Valamennyi vizsgálat nagyon hasonló eredményt produkált; azt mutatták, hogy a négy taxon két teljesen elkülönülő ágra bontható. Az egyik ág egyértelműen két fajra oszlik tovább, teljesen világosan elkülönítve a *Spalax golani* és a *Spalax galili* fajokat a szekvenciák és haplotípusok alapján. A másik ágon nincs kimutatható éles elkülönülés, hanem keveredve találhatóak a *Spalax carmeli* és a *Spalax judaei* különböző populációinak szekvenciái, haplotípusai. Látható, hogy a *S. carmeli* és a *S. judaei* egymáshoz közel esnek, és nem válnak el tisztán, míg a tőlük távolabb eső a *S. golani* és *S. galili* határozott elkülönülést mutat (12. ábra) (Nevo et al 1993, 1999b, Reyes et al. 2003, Karanth et al. 2004). Ugyanakkor a riboszómális DNS spacer régiójának polimorfizmus vizsgálata kimutatta, hogy a négy izraeli földikutyafaj között a génáramlás rendkívül alacsony, gyakorlatilag nincs is (Suzuki et al. 1987).

Nemcsak izraeli földikutyákat vetettek alá a fentiekhez hasonló vizsgálatoknak, hanem egyiptomi és kis-ázsiai *Spalax ehrenbergi* és *Spalax xanthodon* (a közel-keleti szerzők általában nem fogadják el létező fajnak a *Spalax xanthodon*-t és helyette *Spalax leucodon*-ról beszélnek) szuperfajokba tartozó formák rokonsági viszonyait is megvizsgálták ily módon. Három kis-ázsiai a *Spalax xanthodon* (a közleményben *Spalax leucodon* néven szerepel) szuperfajba tartozó kromoszómális forma, továbbá két izraeli, valamint egy egyiptomi *Spalax ehrenbergi* szuperfajba tartozó forma mitokondriális és riboszómális DNS fragmentjeinek polimorfizmusvizsgálatát végezték el. Bár a kétféle DNS alapján készített törzsfák között jelentős különbségek adódtak, a két szuperfaj mindkét törzsfán határozottan elkülönült egymástól (13. ábra) (Suzuki et al 1996).

A földikutyafajok (*Spalacinae*) alcsaládjának jelenleg leginkább elfogadott rendszere (Musser & Carleton 2005) csupán egyetlen nemzetséget ismer el (*Spalax*), szemben ugyanezen mű (Mammal Species of the World) korábbi kiadásával (Musser & Carleton 1993), ahol *Spalax* és *Nannospalax* genusok kerültek elkülönítésre. A jelenleg érvényben lévő egyetlen genuson belül 13 fajt különböztetnek meg a szerzők, faji státuszra emelve az Izraelben élő eltérő

kromoszómaszámú formákat. A jelenleg leginkább elfogadott földikutyafajok tehát a következők: *Spalax arenarius*, *Spalax carmeli*, *Spalax ehrenbergi*, *Spalax galili*, *Spalax giganteus*, *Spalax golani*, *Spalax graecus*, *Spalax judaei*, *Spalax leucodon*, *Spalax microphthalmus*, *Spalax nehringi*, *Spalax uralensis*, *Spalax zemni*.

### 1.2.3. A földikutyák rendszerezésének problémái

A földikutyákat alapvetően két csoportra lehet osztani. Az egyikbe a nagy testű fajok (*Spalax* genus) tartoznak, melyek testtömege 500-1000 g közötti, és a Kárpát-medencétől Kazahsztánig, az eurázsiai sztyepövezetben élnek. A másik csoportot a kisebb testű földikutyák alkotják (*Nannospalax* genus, amely azonos a korábbi *Micro-* ill *Mesospalax* genusokkal) 100-300 grammos testtömeggel, amelyekkel a Kárpát-medencében, a Balkán-félszigeten, Kis-Ázsiában, valamint a Közel-Keleten és Észak-Afrikában találkozhatunk (Topachevskii 1969, Musser & Carleton 1993). Ez utóbbi csoportot (*Nannospalax*) hagyományosan három fajra szokás osztani. Ezek a nyugati- (*N. leucodon*), a kis-ázsiai- (*N. nehringi*), és a levantei földikutya (*N. ehrenbergi*) (Topachevskii 1969, Musser & Carleton 1993, Musser & Carleton 2005), bár egyes szerzők vitatják a nyugati és kis-ázsiai földikutyák elkülönítésének szükségességét (részletes magyarázatát lásd Musser & Carleton 2005). A problémát elsősorban a kisebb testű földikutyák rendszerezése jelenti. Mindhárom ide sorolt faj nagyon változékony a koponya és a fogazat morfológiájának tekintetében. A korábbi szerzők által kisebb sorozatokon megfigyelt különbségek gyakorta nem bizonyultak jellemzőnek nagyobb mintaszámú sorozatok vizsgálatakor. Ugyanakkor, az eddig elvégzett molekuláris biológiai vizsgálatok szinte minden esetben megerősítették a morfológiailag (és földrajzilag is) elkülönülő taxonok különállóságát, sőt tovább növelték az elkülöníthető csoportok számát. Az azonban, hogy ezek a kisebb csoportok milyen rendszertani kategóriának (és esetlegesen már leírt taxonnak) feleltethetők meg, heves viták tárgyát képezte és képezi ma is.

### 1.2.4. A földikutyák rendszerezése szempontjából releváns faj-koncepciók

A földikutyafaformák alcsaládján belüli rendszertani kérdések tisztázását és a kutatók többsége számára elfogadható megoldás megtalálását a különböző szerzők által létrehozott, és

egymástól gyakran nagymértékben különböző, faj-koncepciók létezése sem teszi egyszerűbbé. Az egyes formák rendszertani helyzetének megítélésakor a szerzők gyakran az általuk követett faj-koncepciók közötti különbségek miatt helyezkednek eltérő álláspontra.

Talán a legismertebb faj-koncepció a *biológiai fajfogalom* (angolul: *Biological Species Concept* vagyis *BSC*), mely a szaporodó közösséget alkotó természetes populációk között fennálló reprodukzív izolációt tekinti egy faj legfőbb tulajdonságának (Mayr 1942, 1963). Ugyanakkor a taxonómusok által valójában legszélesebb körben alkalmazott koncepció valószínűleg a *morfológiai faj-koncepció* (angolul: *Morphological Species Concept* vagyis *MSC*). Alkalmazása során morfológiai (anatómiai) bélyegek alapján sorolnak egyedeket azonos vagy különböző fajokba. Ez meglehetősen szubjektív besorolás, és eredetileg a már kihalt vagy ivaros szaporodásra képtelen élőlények rendszerezésére kellene szolgáljon. Ennek ellenére a fajok leírásánál csak a legritkább esetben vizsgálják meg a reprodukzív izoláció valódi fennállását.

Számos koncepció a darwini evolúciós szemlélet nyomán a leszármazási kapcsolatokat véli a legfontosabb közös bélyegnek, mely egy faj egyedeit összekapcsolja. Ilyen koncepciók többek között a filogenetikus (angolul: *Phylogenetic Species Concept*, rövidítve *PSC*) (Cracraft 1989), a kladisztikus (angolul: *Cladistic Species Concept*, rövidítve *CSC*) (Henning 1966, Ridley 1989), a leszármazási (angolul: *Genealogical Species Concept*, rövidítve *GSC*) (Baum and Shaw 1995), valamint az evolúciós (angolul: *Evolutionary Species Concept*, rövidítve *ESC*) (Wiley 1978) fajfogalmak.

Elsősorban természetvédelmi biológiai megfontolások hívták életre az *evolúciósan jelentős egység* (angolul: *Evolutionary Significant Unit* vagyis *ESU*) fogalmát. Az ESU-k olyan populációk, melyek között jelentős különbségek vannak allélfrekvenciákban és igen korlátozott köztük a génáramlás (Moritz 1994). A fogalom, bár még nem ezen a néven, először az Egyesült Államok Veszélyeztetett Fajokra Vonatkozó Törvényében (Endangered Species Act) szerepelt (Waples 1991). Ebben a törvényben olyan populációkról beszélnek, melyek reprodukzívan izoláltak a faj többi populációjától, és kiemelten fontos részét képezik a faj evolúciós örökségének (Johnson et al. 1994). A különböző emlőscsoportok egyre mélyrehatóbb vizsgálta mind több bizonyítékot szolgáltat olyan esetekről, mikor a morfológiailag egységes fajokon belül genetikailag jól elkülönülő egységek különíthetők el. Az ilyen genetikailag különálló és önálló evolúciós fejlődési útra tért egységek megkülönböztetésére javasolják egyes szerzők a mind több kutató által támogatott *genetikai faj-koncepciót* (angolul *Genetic Species Concept* vagyis *GSC*). A genetikai fajok olyan természetes populációk, melyek genetikailag egymáshoz nagyon hasonló egyedekből állnak,



de más populációktól genetikailag izoláltak, vagyis nincs génáramlás a genetikai fajok között. A reproductív izolációt ily módon a genetikai izoláció váltja fel ebben a faj-koncepcióban (Baker & Bradley 2006).

A földikutyafarmák alcsaládja evolúciós modelles csoport, minthogy tagjai a fajképződés különböző stádiumában vannak (Nevo 1991). Mint arra de Queiroz (2005) cikkében rámutatott, a fajképződés folyamata során létezik egy úgynevezett „szürke zóna”, melynek stádiumában rendkívül szubjektív, hogy az adott kutató még egy, vagy már két külön fajnak tekinti az egymástól távolodó populációkat. Ezért és a fentebb bemutatott változatos faj-koncepciók ismeretében könnyen belátható, hogy egy ilyen csoportnak, melynek sok tagja a fajképződés különböző stádiumában jár, milyen nagymértékben múlik az adott szerző szubjektív meggyőződésén, és preferált faj-koncepcióján a földikutyafarmák általa felvázolt rendszere.

#### 1.2.5. Példák kromoszómaszám polimorfizmusra más kisemlősfajoknál

Az emlősök körében nem csupán a földikutyafarmák (Spalacinae) alcsaládjában találunk példát kromoszómaszám polimorfizmusra. Bár nem mondható gyakori jelenségnek, az utóbbi évtizedekben néhány esetet alaposabban is tanulmányoztak. Ezek az esetek segíthetnek a földikutyafarmák (Spalacinae) körében zajló folyamatok helyes megítélésében és jobb megértésében.

A földikutyákhoz sok tekintetben hasonló, de kevésbé specializált föld alatti életmódú rágcsálók az afrikai gyökérrágók (Bathyergidae). Különösen közép-afrikai kládjuk lehet érdekes számunkra, vagyis a korábban is ismert *Cryptomys*, és a nemrégiben leírt *Fukomys* nemzetségek (Kock et al. 2006). Ezeknek a szub-szaharai endemikus rágcsálóknak számos kromoszómális rassa ( $2n= 40-78$ ) ismert (Aguilar, 1993, Macholan et al. 1998, Filippucci et al. 1994, Chitaukali et al. 2001, Van Daele et al. 2004, Burda et al. 2005, Burda et al. 1999, Burda 2001). A földikutyákhoz hasonlóan ebben a csoportban is bebizonyosodott, hogy a fajok nem különíthetők el pusztán klasszikus, morfológiai bélyegekre alapuló módszerekkel (Van Daele et al. 2007a). A rendelkezésre álló adatok alapján, miként azt a citokróm b mitokondriális gén szekvencia vizsgálatai is megerősítették (Faulkes et al. 1997, Van Daele et al. 2007a), ezek a rasszok valódi fajokat képviselnek, parapatikus elválással (Van Daele et al. 2007a). Laboratóriumi és terepi megfigyelések bizonyítják a rasszok közötti pre- (etológiai) és postnatális izolációt is (Van Daele et al. 2007b). Az egyes, fajoknak tekinthető rasszok

létrejöttében szerepet játszó speciációs folyamatok irányát elsősorban a közelmúlt klimatikus és geomorfológiai változásai befolyásolták (Golding & Strobeck 1983, Harrison 1993, Ruedi et al. 1997, Grant and Grant 1997, Steinberg & Patton 2000).

Az erdei cickány (*Sorex araneus*) rasszok esete szintén alaposan tanulmányozott példa. A faj teljes elterjedési területén eddig összesen 50 kromoszómális rasszt azonosítottak (Zima et al. 1996). A vizsgálatok kezdetén 2 rasszt írtak le, egy „A” és egy „B” rasszt (Meylan 1964). Később az „A” rasszt önálló fajként *Sorex coronatus* néven különválasztották (Meyland & Hausser 1978). Ezt követően Észak-Svédországban egy „C” rasszt is azonosítottak (Fredga 1973). A különböző sávozási technikák elterjedésének köszönhetően ezt követően robbanásszerűen megugrott a rasszok száma, melyek lassan követhetlenné váltak. Ezért Zima és munkatársai egységesítették az egyes rasszok elnevezését, és összesítették a rendelkezésre álló információkat (Zima et al. 1996). A sok kromoszómális rassz mellett hibrid zónákat is azonosítottak bizonyos rasszok találkozásánál. Bár egy korábbi tanulmány ennek az ellenkezőjét állította (Bengtsson & Frykman 1990), a legtöbb vizsgálatban úgy találták, a hibrid zónákon keresztül csak nagyon kis mértékű génáramlás valósul meg. Az egyes rasszok között alacsonyabb a génáramlás, mint amilyen csökkenést egy fizikai barrier, például egy folyó okoz a cickánypopulációk között (Moulin et al. 1996). Későbbi vizsgálatok is megerősítették, hogy bár a hibridek nem sterilek, számos, a szaporodási sikert csökkentő rendellenesség sújtja őket, továbbá erős szelekció hat a hibrid egyedek ellen (Jadwiszczak & Banaszek 2006). Ugyanakkor a *Sorex araneus* csoportba tartozó *Sorex tundrensis* esetében, bár találtak kromoszómaszám és szerkezet polimorfizmust, azok földrajzilag nem különülnek el, hanem az egyes populációkon belül találkoztak eltérő kariotípusú egyedekkel (Lukáčová et al. 1996).

Házi egér (*Mus musculus domesticus*) esetében is több országban sikerült kimutatni kromoszómális rasszokat. Főleg Olaszország (Corti & Thorpe 1989, Castiglia & Campana 2000, Corti 2001, Solano et al. 2007), Tunézia (Said & Britton-Davidian 1991, Said et al. 1993, 1999) és Skócia (Ganem et al. 1996) területéről állnak rendelkezésre részletes adatok. Hibridzónák is ismertek az egyes rasszok találkozásánál. A vizsgálatok tanúsága szerint az egyes rasszok nemcsak kromoszómaszám és szerkezet tekintetében különböznek, de morfológiai bélyegekben is (Corti & Thorpe 1989, Corti 2001). Mi több, viselkedésszerű különbségeket is felfedeztek az egyes rasszok között (Ganem & Searle 1996). A hibridzónák földrajzi helyzete Közép-Olaszországban hosszabb idő alatt sem változott (Castiglia & Campana 1999), és tunéziai vizsgálatok alapján igen csekély a génáramlás rajtuk keresztül (Said et al. 1993). Mindez valószínűsíti, hogy fajképződési folyamat zajlik (Said et al. 1999).

A közel cirkumpoláris elterjedésű örvöslemmingek (*Dicrostonyx*) esetében is ismert kromoszómaszám polimorfizmus. Bár a fentebb említett esetekhez képest részleteiben kevésbé ismert jelenséggel állunk szemben, mind a Palearktisz (Kozlovsky 1974, Gileva 1980, Fredga et al. 1995a, b), mind a Nearktisz (Rausch & Rausch 1972, Krohne 1982, Modi 1987, Borowik & Engstrom 1993) örvöslemming fajai körében megfigyelhető a jelenség. Hagyományosan két fő csoportra szokás osztani a kariatípusokat: a beringiai csoportba tartozóknak (az alaszakai és wrangler-szigeteki formák tartoznak ide) alacsony a kromoszómaszámuk  $2n= 28-35$ , míg az eurázsiai csoportba a Palearktisz formái tartoznak  $2n= 45-48$  közötti kromoszómaszámmal (Gileva et al. 1994). A két csoportot sokan két külön fajnak tekintik, a beringiait *D. groenlandicus*, míg az eurázsiait *D. torquatus* fajjal azonosítva.

Zima összefoglaló tanulmányában áttekinti a palearktikus - elsősorban az európai - kisemlősök körében megfigyelhető kromoszómaszám polimorfizmus eseteit. Úgy találja, hogy a tanulmányozott európai rágcsálók 32%-ánál, a rovarevők 18%-ánál találtak kromoszómaszám tekintetében variábilis populációkat. A Palearktisz összes vizsgált rágcsálója esetén ez 40%, a rovarevők esetében 21%. Látható tehát, hogy nem elszigetelt, ritka jelenséggel állunk szemben (Zima 2000). Ugyanakkor jelentős különbségek vannak az egyes esetek között. Számos esetben csak néhány földrajzilag jól elkülönülő kromoszómális rasszt azonosítottak. Ilyen a földipocok (*Microtus subterraneus*) esete is, ahol mindössze 2 eltérő rassz ismert  $2n= 52$  és  $2n= 54$ . A faj szinte egészére az előbbi kromoszómaszám jellemző, és mindössze a törzsterületől a Boszporusz által elszigetelt, nyugat-anatóliai egyedek rendelkeznek  $2n= 54$ -es kromoszómaszámmal (Kryštufek et al. 1994, Zima et al. 1995). A kerti pele (*Eliomys quercinus*) esetében az eltérő kromoszómaszámú populációk földrajzi helyzete jól mutatja a jégkori refugium területekről kiindult, a felmelegedést követő szétterjedések útvonalát (Garphodatsky & Fokin 1993, Zima et al. 1997b). Néhány esetben, az eltérő kromoszómaszámú populációkat később alaposabb vizsgálatok után egyértelműen külön fajokként azonosították. Sok esetben a kariológiai különbségek morfológiai eltérésekkel is együttjárnak. Több ilyen példát találhatunk a pockok között, például a mezei pocok (*Microtus arvalis*, *M. levis* és *M. obscurus*) fajok esetében (Zagorodniuk 2005). Hasonló helyzet figyelhető meg az erdei egerekénél (*Apodemus sylvaticus*, *A. flavicollis*, *A. uralensis* és *A. arianus*) is (Zagorodniuk 2005). De jócskán találhatunk még további hasonló példákat (eurázsiai ürgefajok, vagy szöcskeegerek) (Zagorodniuk 2005). Nem egyértelmű azonban, hogy ugyanazok a mechanizmusok állnak-e minden eset háttérében, vagy az egyes kromoszómaszám tekintetében variábilis fajoknál eltérő okai vannak a megfigyelt jelenségnek.

### 1.2.6. Nevezéktani problémák

Sok szerző a földikutyák több, ma széles körben elfogadott fajtát (az egykori *Nannospalax* genus fajait), valódi fajokat magába foglaló gyűjtőkategóriának, ún. szuperfajnak (superspecies) tekinti (Nevo 1991, Nevo et al. 1994, Savić & Nevo 1990, Savić & Soldatović 1984, Musser and Carleton 2005). A szuperfajon belül a szerzők az általuk követett faj-koncepció kritériumait kielégítő formák megnevezésekor általában vagy fajneveknek (Nevo et al. 2001), vagy alfajok nevének (Soldatović & Savić 1983) megfelelő nevezéktani szabályokat követnek.

Ugyanakkor a Zoológiai Nevezéktan Nemzetközi Szabályzatának (International Commission on Zoological Nomenclature 1999) 6.2-es cikkelye világosan állást foglal arról, hogy a szuperfajba sorolt fajok nevét miként kell használni. E szerint a fajcsoportok vagy szuperfajok nevét a nemzetségnév után zárójelbe írva kell használni, mely kifejezi, hogy fajok csoportjával állunk szemben. Javasolt továbbá, a 6B pont alapján, a fajnév előtt zárójelben kifejezni a taxonómiai álláspontot a fajcsoportról. Például a levantei földikutya fajcsoport helyes tudományos neve a következő: *Spalax* (superspecies *ehrenbergi*). A fajcsoportba tartozó fajok nevének használatára a 6B pont javasolja, hogy a genus és a faj neve között zárójelben szerepeljen a szuperfaj neve; így a levantei földikutyák közé sorolt és később önálló fajként különválasztott golán-fennsíki földikutya helyes neve *Spalax* (*ehrenbergi*) *golani*.

### 1.3 . A földikutya kutatások története Magyarországon, kárpát-medencei kitekintéssel

A földikutya előfordulását Magyarországon elsőként Grossinger jegyezte le 1793-ban, „Caniculus terrestris” néven Zala megyéből és Brassó vidékéről (Tóth 1991). Ugyanakkor, egy az 1930-as évek elején előkerült régi okmány tanúsága szerint, 1731 tájékán ismert volt a földikutya Üllő, Monor, Cegléd, Nagykőrös és Kecskemét térségében, ahol mint a marhavész előidézőjét tartották számon (Szalay 1932). Kitaibel Pál 1799-ben Martonvásár közeléből tudósít földikutya néven egy kistestű állatról, mely azonban a leírás alapján valószínűleg ürge lehetett (Varga Z. pers. comm.). Ezt követően azonban 1803-ból Hajdúdorogról és Tokajból már valóban a földikutya előfordulását jelezte (Csapody 1996). Ez utóbbi adat valójában

Tiszaeszlár környékére, nem pedig Tokajra vonatkozik. Eszlárnál ásták ki azt az állatot, amelyről Kitaibel pontos leírást ad, amelyben még „kézszerű” mellső végtagjáról is megemlékeznek, sőt arról is, milyen tetveket és bolhákat talált rajta (Varga Z. pers. comm.). Horváth, Budapest és környékének emlősfajáinak taglaló művében, egy 1817. évből származó megfigyelést közöl, ahol mint földi-kölök –*Marmota typhlus*- említik Rákos nevű lelőhelyről (Horváth 1918 b). Petényi és Glos 1845-ben megjelenő, „A fogas vakony” című műjükben a következő helyekről ismertetik a földikutyát: Erdélyben, Kolozsvártól Szebenig, Bács, Békés, Heves, Pest és Torontál megyékben (Petényi & Glos 1845). Csathó pedig „A fogas vakony, *Spalax typhulus* pall. és előjövetele Alsófehér megyében” című munkájában a Dunántúlról Sopronból, Erdélyből a Mezőségben Madarásról, Torda, Kolozsvár, Kolozs, Vajdakamarás, Doboka, Lozsárd, Ajtony, Gerend, Szászújfalú és Mezőtóhát közeléből, valamint Nagyszeben, Vizakna, Szászváros, Vajdahunyad, Brassó, Balánbánya mellől, Pest megyéből Dunakesziről, a történelmi Pest határban fekvő Ördögmalomról, továbbá Veresegyházról ismeri a földikutyát (Csathó 1897 in Orosz 1902-1906). Jablonowski, a földikutya kártételeiről írott művében Kunágotát említi mint a faj lelőhelyét (Jablonowski 1898). Lendl pedig, a Nehring által leírt új fajról a *Spalax hungaricus*-ról, mint hazánk új emlősfajáról ír, és kárpát-medencei lelőhelyeiként a Hunyad megyei Hátszeget, valamint Szamosújvárat, Szilágycsehit, Debrecen, Szolnokot, Mezőhegyest, Kunágotát és Nagybecskereket említi meg (Lendl 1899, 1900).

Az első alapvetőnek mondható munka Magyarországon a földikutyáról A Természet 1902-1906-os évfolyamaiban jelent meg Orosz Endre erdélyi tanár tollából. A szerző később is további adatokkal gazdagította a lelőhelyek listáját. Orosz, a következő helyekről ismeri az állatot; Erdélyből: Apahida, Pusztaszentmiklós, Bánffyahunyad, Kolozsvár, Alsózsuk, Doboka, Tötör, Budatelke, Marosludas, Szamosújvár, Fejérd, Kolozs, Vajdakamarás, Torda, Gerend, Mezőtóhát, Mezőmadaras, Szászújfalú, Vizakna, Nagyszeben, Szászváros, Vajdahunyad, Brassó, Balánbánya, Mészkö, Mező-Szombattelke, az Alföldről: Makó, Arad, Békéscsaba, Téglás, Kunágota, Pitvaros, Mezőhegyes, Nagybecskerek, Szolnok; Pest megyéből: Vác, Dunakeszi, Rákos, Ördögmalom, Veresegyháza, Pusztavacs, a Dunántúlról: Pusztaszentmihály, Igmánd, Sopron és Lelle. Külön lelőhely nélkül említi még Komárom és Zala megyéket, valamint a Szerémséget (Orosz 1902, 1903, 1904, 1905, 1906).

Ezt követte Méhely Lajos „Species Generis *Spalax* A Földi Kuttyák Fajai származás- és rendszertani tekintetben” című monográfiája, 1909-ben. Ebben a műben a Kárpát-medencében előforduló három önálló taxonba sorolt földikutyákat a következő helyekről ismerteti; *Spalax hungaricus hungaricus*: Budapest, Dabas, Pusztavacs, Szolnok,

Törökszentmiklós, Kúnágota, Mezőhegyes, Téglás, Makó, Békéscsaba, Fejértelep (deliblati puszta) és Vajdahunyad. Korábbi szerzőkre hivatkozva említi még Vác, Szolnok, Kecskemét, Arad, Debrecen és Nagybecskerek környékéről, illetve Nyíregyháza közeléből is. *Spalax hungaricus transsylvanicus*-t: csupán az Erdélyi Mezőségről, mégpedig a Kolozs megyei Pusztaszentmiklósról és Apahidáról, továbbá Szamosújvár és Doboka környékéről ismeri. Orosz Endrére hivatkozva ennél a taxonnál sorolja fel a korábbi szerző valamennyi erdélyi földikutya előfordulásra vonatkozó adatát. *Spalax monticola syrmienensis*: A szerző leírása szerint elterjedési területe főként a Szerémségben van, de Somogy megyében is előfordul. A Szerémségből Ó - Pazua, Ruma és Mitrovica környékéről ismeri, Somogy megyében Lelle (ma Balatonlelle) környékéről került elő. Említést tesz még egy már kihalt, és csak régészeti feltárásokból ismert földikutyáról, a *Spalax graecus antiquus*-ról, melynek maradványai Apahida, Szamosújvár, Magyarnádas, Boncnyíres, Szamosfalva és Lekence közelében végzett ásatások során kerültek elő (Méhely 1909). Paszlavszky „A magyar Birodalom Állatvilága. Fauna Regni hungariae” című faunajegyzékében a fentebb említett lelőhelyek mellett a földikutya Dabas, Kecskemét, Törökszentmiklós, Igmánd közelében észlelt előfordulását is említi (Paszlavszky 1918). Éhik a *Spalax monticola syrmienensis* új előfordulási helyéről tudósít Sárszentmihály közeléből (Éhik 1925). Szalay, és később Lakner a marhavész és a földikutya között korábban tévesen vélt összefüggést oszlatja el (Szalay 1932, Lakner 1933). Szunyoghy, a Méhely 1909-es művében felvázolt gondolatmenetet továbbfűzve írta le Erdélyből a *Spalax graecus mezosegiensis*-t, mely előfordulási helyeiként Ajtonyt, Mezőört és Szászújfalut jelölte meg (Szunyoghy 1937).

A későbbi hazai kutatók elsősorban az állat életmódjával foglalkoztak. Ezen szerzők sorából Bodnárt, Vásárhelyit és Sterbetzet kell mindenképp megemlíteni. Vásárhelyi Felső-Mérán és Pusztapó (ma Kétpó) környékén gyűjtött földikutyát (Vásárhelyi 1929, 1931, 1932). Jelezte továbbá a földikutya előfordulását Törökszentmiklósról, Kisújszállásról, Mezőtúrról, Túrkevéről, Békéscsabáról, Szentesről és Hódmezővásárhelyről is (Vásárhelyi 1960). Pusztapón végzett vizsgálódásai során tisztázta életmódjuk számos addig vitatott kérdését, száznál is több járatrendszert tárt fel, felderítve a járatok és üregek rendszerét, tisztázva azok funkcióját. Ezenkívül ismerteti a földikutya tápláléknövényeinek listáját is (Vásárhelyi 1926, 1958, 1960, 1961). Bodnár, műveiben további ismeretekkel gazdagítja a földikutya életmódjáról összegyűlt tudást, adatokat közöl az állat ökológiai szerepéről, kiemelve fontosságát a talaj lazításában és forgatásában (Bodnár 1928 a). Vizsgálódásai során felhívja a figyelmet a földikutya elszaporodására Hódmezővásárhely határában, s ezzel összefüggésben jelzi a faj előfordulását Szolnok, Békéscsaba, Orosháza, Mezőhegyes, Makó, Csanádpalota

közelében (Bodnár 1927, 1928 b). Sterbetz részletesen ismerteti a fogságban tartott példányokon tett megfigyelését, szabadban tett vizsgálódásaival együtt ezek tovább bővítik az állat életmódjára vonatkozó korabeli ismeretek táráát (Sterbetz 1960). Terepi megfigyelései alapján Szarvas, Nagyszénás, Öcsöd, Telekgerendás, Csorvás, Zsadány, Orosháza, Kardoskút, Békéssámson, Szeged, Makó, Szentés, Mártély, Székkutas, Hódmezővásárhely, Békésszentandrás és Nyírbétek közelében talált földikutyát (Sterbetz 1965-66, 1966, 1975, 2002). Ebben az időszakban Festetics, aki doktori disszertációját írta a témában, Csorvásról jelezte az állat előfordulását (Festetics 1956, 1963). A földikutya élősködőit is többen vizsgálták. Míg Szabó a bolháival (Szabó 1964, 1972), addig Mészáros a belső élősködő fonalférgeivel foglalkozik mélyrehatóbban (Mészáros 1968).

Ezeket a kutatásokat követően sokáig egyáltalán nem történtek a mai Magyarország területén a fentiekhez hasonló tudományos vizsgálatok. Kutatási célból nem fogtak földikutyát, és inkább az előző eredményeket összefoglaló és rendszerező cikkek jelentek meg (Ötvös 1968, Papp 1982, Tóth 1991). A hazai földikutyák megfigyeltetésével pedig a hangsúly az egykori kártevő megőrzésének és megmentésének problémájára tevődött át (Báldi et al 1995, Csorba 1998). Az állat túrásainak megfigyelése alapján többen jeleztek további előfordulási helyeket: Csizmazia Pusztaszerről (Csizmazia 1972-73), Végh pedig, aki szakdolgozatát a Hajdúbagosi Földikutya Rezervátum öko-faunisztikai vizsgálatáról írta, Bagamér, Vámspércs, Nyírábrány, Józsa, Martinka, Hajdúhadház, Mezőpeterd, Nyírbátor, Kispiricse, Bátorliget, Ófehértó, Nyíregyháza, Kállósemjén, Nyírkércs, Kékce, Jánd, Tarpa, Apagy, Földes, Nyírmeggyes és Konyár közeléből valószínűsíti a földikutya előfordulását (Végh 1985). Szabó egy, a debreceni Nagyerdőben megtalált példányról tudósít (Szabó 1995), míg Dudás és Lánszky egy Debrecen-Józsához tartozó legelőről előkerült földikutyáról adnak hírt (Dudás & Lánszky 1988).

2003-ban, hosszú szünet után, a Magyar Természettudományi Múzeum az Eötvös Loránd Tudományegyetem Állatrendszertani és Ökológiai Tanszékével közösen kutatási programot indított a magyarországi földikutyák tanulmányozására, a megóvásukhoz szükséges ismeretek összegyűjtésére. A programhoz 2005-ben a Fővárosi Állat- és Növénykert és a gödöllői Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet is csatlakozott. Ugyanebben az évben a megkezdett vizsgálatok keretében -közel 50 év után- újra sikerült eleven földikutyát fogni Magyarországon. Ezzel párhuzamosan, Bihari munkatársaival a hajdúbagosi állomány példáján vizsgálta az élőhelyhasználatot, és a legelés hatását földikutya állomány nagyságára (Bihari et al. 2009).

Az egykori Jugoszlávia területén, így a Vajdaságban is, Savić és Soldatović tanulmányozták a földikutyákat az 1960-as évek végétől az 1980-as évek első feléig. Elsősorban a különböző populációk citogenetikai vizsgálatával és a populációk között fellelhető különbségek lehetséges magyarázatával foglalkoztak (Soldatović et al 1966 a, b, 1967, Soldatović 1971, 1977, Soldatović & Savić 1973, 1974, 1983, Savić & Soldatović 1974, 1977, 1978, 1979, 1984). Magyar származású munkatársukkal együtt végeztek biometriai méréseket (Mikes et al. 1982, Savić & Soldatović 1984) és a földikutyák élőhelyi igényeire (Mikes et al. 1982), valamint napi aktivitásukra (Savić & Mikes 1967) vonatkozó vizsgálatokat is. Sajnálatos módon az 1990-es évekre kiéleződött balkáni helyzet, és a délszláv háborúskodás véget vetett a folyó kutatásoknak, melyek azóta sem indultak újra.

Erdélyben és Románia más részein az 1960-as években Hamar Márton és román kollégái vizsgálták a földikutyákat (Hamar 1969). Többek között radioaktív kobalt túvel jelölt példányokon tanulmányozták a földikutyák aktivitás mintázatát, és mozgáskörzetük méretét (Hamar et al. 1964 a, b). Raicu és munkatársai a fenti kutatókkal is együttműködve citogenetikai vizsgálatokat végeztek (Raicu et al. 1968, 1969, 1973). Chiriac és Dumitrescu a földikutyák elterjedését kutatta (Chiriac et al. 1972, Dumitrescu 1976), Torcea a földikutyák táplálkozását tanulmányozta (Torcea 1975), később pedig Năstăsescuval élettani vizsgálatokat folytatott (Năstăsescu & Torcea 1977). Popescu a több földikutyá kutatásban is fontos szerepet játszó Torceával, Dobrudzsa földikutyáit tanulmányozta (Popescu & Torcea 1970, 1980). A legutóbbi időkben pedig Murariu végzett földikutyá vizsgálatokat (Murariu & Torcea 1984).

#### ***1.4. A földikutyá formák elterjedését befolyásoló tényezők***

A földikutyákról általánosságban elmondható, hogy a különböző fajok és formák változatos domborzati viszonyok között élnek. A tenger szintjénél alacsonyabban fekvő mélyföldről kezdve a 2600 m-es tengerszint feletti magasságú, hegyvidéki területekig ismertek előfordulási adatok (Savić & Nevo 1990). Főleg sztyep, erdős sztyep és hegyi sztyep, mediterrán bozótos, valamint félsivatagi növényzetű területeken találhatóak meg, ahol az éves csapadék 100 és 1000 mm között változik. A zárt erdőségeket, mocsarakat és futóhomokos területeket elkerülik. (Topachevskii 1969, Savić & Soldatović 1977, Savić & Nevo 1990, Csorba 1998, Horváth 2001, Horváth et al. 2007). Ugyanakkor ismertek földikutyá előfordulási adatok erdős, ligeterdős élőhelyekről is. Néhány példa erre: A debreceni Nagyerdőből előkerült



nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) (Szabó 1995). A galíciai földikutya (*Spalax zemni*) egy Janow (Lemberg-től 23 km-re nyugatra) környékén fogott példánya, melyet erdős vidékről gyűjtöttek (Méhely 1909). Továbbá a keleti földikutya (*Spalax microphthalmus*), az óriás földikutya (*Spalax giganteus*) (Savić & Nevo 1990) és a kis-ázsiai földikutya (*Spalax xanthodon* = *S. nehringi*) (Sözen 2005) bizonyos állományairól is ismert, hogy erdős, erdős-sztyep területeken is megtalálhatóak.

A földikutyák (*Spalacinae*) alcsaládjának, és az egyes (a tudomány jelen állása szerint széles körben elfogadott) fajoknak az elterjedési területe (néhány apró bizonytalanságot leszámítva) többé-kevésbé ismert. Föld alatti életmódú, rejtőzködő állatokról lévén szó már ez sem elhanyagolható. Ugyanakkor, az egyes (a korábbi *Nannospalax* genusba sorolt fajokhoz tartozó) vitatott taxonómiai helyzetű formák előfordulásáról már sokkal kevesebbet tudunk, legtöbbjük csupán egy-két lelőhelyről ismert, és csak néhányuk ismerjük a pontos elterjedési területét. Ezek az adatok azonban nélkülözhetetlenek lennének a különböző formák elterjedését befolyásoló tényezők precíz feltárásához.

A legtöbb információ e tekintetben is a négy izraeli földikutyafajról ismert. Nevo és munkatársai úgy találták, hogy az egyes izraeli fajok elterjedési területe gyakorlatilag az állam négy fő, eltérő klimatikus adottságú területére esik (Nevo et al 1994b). A Közel-Kelet régiójában az egyes formákat létrehozó fajképződési folyamat fő mozgatója a szárazság és a hőség okozta stresszhez történő adaptáció lehetett (14. ábra) (Nevo et al. 1999a, 2000a, b). A kutatási eredmények azt mutatják, hogy bizonyos genetikai, molekuláris biológiai paraméterek megoszlása a földikutya formák között, korrelál az élőhelyek klimatikus jellemzőiben megfigyelhető változásokkal. Például, az egyes populációk cyt b szekvenciák szerinti elkülönülése, teljes mértékben követi az élőhelyek éves átlagos csapadék eloszlását (Nevo et al. 1999a). Egy másik vizsgálat tanúsága szerint az egyes populációkban a mitokondriális kontroll régióban megfigyelhető nukleotid diverzitás és az élőhelyen az esős napok száma között szoros korreláció áll fenn (Reyes et al. 2003). Továbbá a megfigyelt mikroszatellitdiverzitást 76%-ban magyarázzák a klíma ariditását jellemző éghajlati változók (éves átlagos csapadék, harmatos éjszakák száma a nyári hónapokban) az egyes élőhelyeken (Karanth et al. 2004). Nevo és munkatársainak törökországi vizsgálatai hasonló összefüggéseket találtak a kis-ázsiai kromoszómális formák esetében is. Tapasztalataik szerint, az egyes formák elterjedése szoros összefüggést mutat a területen az éves csapadék mennyiségével, a hőmérséklettel, az ariditás mértékével és a klimatikus szélsőségek gyakoriságának mértékével (Nevo et al. 1994a). Ugyanakkor, egy Közép-Anatóliában végzett kutatás során három földikutya populációban vizsgálták az alloenzimek variabilitását. Az eredmények nem

erősítették meg Nevo és munkatársai korábbi megfigyeléseit (Nevo et al. 1994a, 1995), vagyis nem igazolódott a régióban az ariditás és a klimatikus szélsőségek erősödésével párhuzamosan a heterozigótaság csökkenő trendje (Kankiliç et al. 2004).

Az Európában honos földikutya formákról ilyen részletességű adatok nem állnak rendelkezésre. Mi több, egyetlen európai földikutya forma elterjedési területe sem ismert pontosan! A meglévő információk alapján Savić és Soldatović (1984) elkészítette a Balkán-félsziget földikutya formáinak biogeográfiai jellemzését, Matvejev biogeográfiai rendszerét (Matvejev 1961) használva. Az egyes formák élőhelyi igényeiről, elterjedésüket meghatározó faktorokról bővebb információk azonban nem állnak rendelkezésre. A szerzők véleménye szerint az egyes formák elterjedését elsődlegesen természetföldrajzi barrierek (hegyek, folyók, mocsarak, nagy erdőségek), illetve a földikutyák rossz diszperziós képessége határozza meg. Ugyanakkor nem tagadják, hogy vannak formák, melyek populációi mindenféle közbeeső akadály nélkül, kontaktzóna mentén közvetlenül érintkezésben állnak egymással. Mindezek ismeretében alapos vizsgálatokat folytattak az esetleges hibridzónák felkutatása érdekében, illet azonban egyetlen esetben sem találtak (Savić & Soldatović 1984).

### ***1.5. A földikutyák természetvédelmi helyzete***

Számos ismeretterjesztő írásban hívták fel a figyelmet a hazai földikutyák veszélyeztetett voltára, ugyanakkor tudományos szempontból is értékelhető közleményt nagyon keveset találunk a szakirodalomban (Báldi et al 1995). Csorba 1998-as cikkében foglalkozik a hazai földikutyák természetvédelmi helyzetével, korábbi állománycsökkenésük lehetséges okával. A szerző véleménye szerint a földikutyák elsősorban homokkal illetve mezőségi talajjal borított területeken élhettek egykor, minthogy a korábbi előfordulási helyek nagyrészt ilyen talajú területeken voltak. Drasztikus állománycsökkenésük bekövetkezésében legfontosabb szerepe a modern, nagyhatékonyságú talajműveléssel járó, nagykiterjedésű monokultúrás mezőgazdaság elterjedésének volt. Felhívja a figyelmet, hogy e rágcsáló magyarországi elterjedése nem pontosan ismert, és hangsúlyozza a faj kutatásának fontosságát mind természetvédelmi, mind pedig tudományos megfontolásból (Csorba 1998). Később Horváth foglalkozott a faj magyarországi természetvédelmi helyzetével. Felmérte a földikutya elterjedését az országban és állománybecslést is végzett (Horváth 2001, Horváth & Vadnay 2006). Magyarországon mindössze öt földikutya populációt talált, és a hazai állományt 700-1000 példányra becsülte.

Szerbiában, a deliblái homokpusztákon az 1980-as években több vizsgálatot is folytattak, elsősorban a földikutyák élőhelyi igényeinek vizsgálatára. Ezekben a közleményekben a szerzők rendre felhívják a figyelmet az élőhelyek beszűkülésére és az ebből eredő problémákra (Mikes et al. 1982, Habijan-Mikes et al. 1986). Ebben az időben Savić és Soldatović is figyelmeztetnek több, az egykori Jugoszlávia területén található földikutya populáció esetében az állomány veszélyeztetettségére, az egyedszám aggasztó csökkenésére, s a populáció eltűnésének valós veszélyére (Savić et al. 1984, Savić & Soldatović 1984).

Kryštufek Európa Emlőseinek Atlaszában hívja fel a figyelmet arra, hogy bár a nyugati földikutya nem veszélyeztetett, de amennyiben ezt a taxont további fajokra osztják fel (miként az egyes kromoszómális formákat valódi biológiai fajoknak is tekinthetjük), azok némelyike veszélyeztetett lehet (Kryštufek 1999).

A rágcsálókat általában nem szokták a különösebben veszélyeztetett emlőscsoportok között számon tartani, azonban, mint erre egy közlemény rámutat ez a vélekedés alapvetően téves (Amori & Gippoliti 2003). A rágcsálókon belül számos csoport kevés, vagy csupán egyetlen faj tartalmaz, ugyanakkor teljesen elkülönült leszármazási ágat képvisel. Ezeknek a csoportoknak a kihalását könnyen okozhatják emberi hatások, s ezzel egész evolúciós leszármazási vonalak vesznek el örökre, drasztikusan csökkentve a földi biodiverzitást. Ráadásul sok rágcsáló taxonokról (főként az előbb említett egyedülálló leszármazási vonalakat képviselőkről) nagyon kevés információ áll rendelkezésre. A szerzők felhívják a figyelmet arra is, hogy például a földikutyák között számos (mintegy 40) olyan forma ismert, melyek kielégítik a különálló faj kritériumait is, de mint önálló leszármazási vonalak mindenképp értékesek. Ezek a formák rendkívül kis elterjedésűek, ezért potenciálisan veszélyeztetettek, könnyen a kihalás szélére kerülhetnek, ezért védelmi intézkedéseket sürgetnek (Amori & Gippoliti 2003).

Európa legtöbb olyan országában, ahol a földikutya előfordul, a legutóbbi időkig kizárólag kártevőként tartották nyilván. Ez az oka annak is, hogy a földikutya nem szerepel az Európai Unió Natura 2000-es fajokat felsoroló mellékleteiben sem.

Ugyanakkor az utóbbi néhány évben megfigyelhető az a tendencia, hogy több balkáni országban is felülbírálják ezt a korábbi koncepciót. Nem egyértelmű, hogy az állományok egyedszámai csökkentek-e, vagy csupán azt ismerték fel a helyi döntéshozók, hogy egyáltalán nem áll rendelkezésre friss (10 évnél nem régebbi) adat a faj elterjedéséről és egyedszámáról. Ennek köszönhetően Romániában a nyugati földikutya (*Spalax leucodon*) védett faj, a bukovinai földikutya (*Spalax graecus*) fokozottan védett. Szerbiában pedig a nyugati földikutya természeti

ritkaság, mely a fokozottan védett státusszal egyenértékű. Egy macedóniai, a klímaváltozás hatásait taglaló tanulmány is a klímaváltozás által fokozottan veszélyeztetett fajként ír a nyugati földikutyáról (Biodiversity Assessment for Macedonia 2001).

Ennek ellenére azonban a földikutyák helyi formáit és fajait az alcsalád elterjedési területének nagy részén (Észak-Afrika, Közel-Kelet, Törökország), gyakoriságuk és táplálkozási szokásaik miatt mind a mai napig kártevőként kezelik, s inkább irtásukra fordítanak figyelmet.

## 2. CÉLKITŰZÉSEK

A vizsgálataim központjában a Kárpát-medence földikutyá-populációi álltak. A kutatásaim legfőbb kérdése az volt, hogy hány földikutyá taxon él a vizsgált régióban, és mi lehet ezek rendszertani státusza. Próbáltam minél több szempontból megközelítve feltárni az egyes taxonok közötti különbségeket. Ehhez morfológiai bélyegeket és citogenetikai jellemzőket tanulmányoztam, valamint nukleotid-szekvencia vizsgálatokat végeztem.

A taxonok számának, és rendszertani státuszának megállapítása mellett kíváncsi voltam azok természetes, és aktuális elterjedési területére is. Az egykori természetes elterjedés feltárásához a korábbi elterjedési adatok szakirodalomból történő összegyűjtésére volt szükség, míg a jelenlegi elterjedés megállapításához állománytérképezést kellett végezniem.

Az eddig említett célkitűzések elsősorban leíró jellegű (descriptív) munkát igényeltek, azonban kíváncsi voltam arra is, hogy mi lehet az oka a Kárpát-medencében a különböző földikutyá taxonok jelenlétének, és mi okozhatja elterjedésük mintázatát? Ennek feltárásához oknyomozó tevékenységet kellett folytatnom. A rendelkezésre álló adatok alapján (természetföldrajzi, domborzati adatok, klimatikus változók, talajtani jellemzők) megpróbáltam megérteni a megfigyelt jelenség háttérében zajló folyamatokat, és feltárni a földikutyák meglepő sokféleségének lehetséges okait.

Kutatásaim további célkitűzése volt, hogy - mivel a földikutyá állományai az utóbbi száz esztendőben jelentősen megfogyatkoztak a Kárpát-medencében - a gyakorlati védelmükhöz szolgáltatassak alapvető adatokat. E cél megvalósítása érdekében az állománytérképezés során feljegyzésre kerültek a megmaradt populációk fennmaradását fenyegető veszélyforrások is. Ezek alapján pedig szerettem volna meghatározni az egyes taxonok veszélyeztetettségének mértékét.

### 3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

Jelen értekezésben a következő taxonómiai álláspontot követem: A földikutyák alcsaládjába (*Spalacinae*) két genus tartozik (*Nannospalax* és *Spalax*). A *Nannospalax* genus klasszikus taxonómiai módszerekkel definiált mindhárom fajtát (*ehrenbergi*, *xanthodon* [a névhasználat részletes magyarázatáért lásd: Kryštufek & Vohralik 2009], *leucodon*) szuperfajnak tekintem, mely további valódi fajokat foglal(hat) magába. Az egyes kislejű fajokat, alfajokat, kromoszómális formákat és kromoszómális rasszokat egyaránt formának nevezem a dolgozatban, függetlenül a széles körben elfogadott aktuális rendszertani státuszuktól. Ezen formák között nem teszek különbséget, egyenrangúként kezelem valamennyit és egészen a *Diszkusszió* című fejezetig (5. fejezet) nem értékelem a rendszertani státuszukat sem. A dolgozatban mindvégig a Zoológiai Nevezéktan Nemzetközi Kódexének (International Commission on Zoological Nomenclature 1999) 6.2-es cikkelyében foglaltaknak megfelelő nevezéktant használok. Ennek megfelelően, ha magát a szuperfajt említem, az az alábbi formában történik: *Nannospalax* (superspecies *leucodon*), ha pedig valamelyik forma tudományos nevét adom meg, az az alábbi: *Nannospalax* (*leucodon*) *syrmiensis*.

#### 3.1. Vizsgálati területek bemutatása

A vizsgálati területek elsősorban az alább felsorolt, a kutatás kezdetekor ismert hazai előfordulási helyek voltak (15. ábra):

Debrecen-Józsa, Nagylegelő (16. ábra, 1. kép)

A területen a 2005-ös számlálás adatai szerint minimum 12 egyed él (Horváth & Vadnay 2006). A legelő a Tócsó-patak árterületén található; a forgalmas 35-ös út, a vasút, Felső-Józsa és mezőgazdasági területek ölelik körbe. A terület mérete 60 ha.

Debrecen-Józsa, Kislegelő (16. ábra, 2. kép)

A terület csupán 7 ha, az előbbi területtől keletre található. A 2005-ös számlálás adatai szerint minimum 7 állat él rajta (Horváth & Vadnay 2006). Szintén a Tócsó-patak árterületén fekszik; három oldalról mezőgazdasági területek, negyedik oldalról a forgalmas 35-ös út határolják.

Hajdúbagosi Földikutya Rezervátum (16. ábra, 6. kép)

A 260 ha-os területen a becslések szerint 150 példány található (Horváth & Vadnay 2006). A védett terület Hajdúbagostól északra található, erdők és a vasút határolják.

Hajdúbagos, bellegelő (16. ábra, 7. kép)

A rezervátumtól délre, Hajdúbagoson a temető és a focipálya közelében, egy legelőn is létezik földikutya állomány. A legelő kiterjedése 10 ha, a töredékpopuláció mérete ismeretlen.

Hajdúhadház, katonai lőtér (16. ábra, 3. kép)

Itt található az ország legnagyobb földikutya állománya. Az élőhely mérete 1675 ha, rajta a becslések szerint mintegy 300-400 példány élhet (Horváth & Vadnay 2006). A földikutya állomány a Honvédelmi Minisztérium tulajdonában lévő katonai területen, Hajdúhadháztól keletre található.

Battonya, Gulyagyep (16. ábra, 4. kép)

A Battonya közvetlen közelében található 37 ha-os, egykori bellegelőn ismeretlen méretű földikutya állomány él. A területet minden oldalról házak kiskertek és szántók határolják.

Tompapusztai löszgyep (battonyai Külsőgulya) (16. ábra, 5. kép)

Az egykori battonyai Külsőgulya a térség egyetlen máig fennmaradt löszgyepe. Kiterjedése 20,9 ha, valódi élőhely-sziget, melyet minden oldalról szántóföldek határolnak. Rajta ismeretlen méretű földikutya populáció él.

Mindazonáltal, számos lakossági jelzés alapján feltételezhető volt, hogy további, a tudomány és a természetvédelem számára ismeretlen helyeken is előfordulhatnak földikutyák hazánkban. Ráadásul a szakirodalomból ismert egykori földikutya adatok alapján gyakorlatilag az egész ország területe (valamennyi sík és dombvidékünk), leszámítva az erdős hegyvidékeket, potenciális földikutya élőhely lehet, ahol akár napjainkig maradhettek fenn túlélő töredékpopulációk. Ezért a fentebb bemutatott helyszíneken kívül terepmunkát végeztem a következő hazai helyszíneken is:

Észak-kiskunsági homoki gyepeken, Alsónémedi, Bugyi, Kunpeszér és Kunadacs térségében.

Kelebia külterületén, az Ásotthalom irányában található gyep-fragmentumokon és parlagokon, valamint a Bácsboristai-legelőn.

A Nagykunságban, az irodalomból ismert egykori földikutya lelőhelyek közelében (1. Függelék), valamint a térség jobb állapotban fennmaradt valamennyi gyepterületén. Ezek Kunmadaras, Kunhegyes, Kétpó, Kisújszállás, Mezőtúr, Túrkeve, Fegyvernek, Törökszentmiklós külterületének gyeppei, mezsgyéi és parlagjai valamint a Szenttamási puszta voltak.

A Kárpát-medencében, határainkon túl, csupán Szerbiából, a Vajdaságból állt rendelkezésre, az utóbbi évekből származó, publikált adat a földikutya biztos előfordulásáról. Két helyről, a Subotićka peščararól (Szabadkai homokpuszták) és a Deliblatska peščararól (Deliblát homokpusztái) jelezték a földikutyák jelenlétét (Delić 2007). Ezeken a helyeken végeztünk terepmunkát, illetve a Szabadka (Suboticka), Palics és Hajdújárás (Hajdukovo) közötti gyepeken, mezsgyéken és parlagokon kerestünk földikutyt.

Erdélyből semmilyen, az utóbbi évekből származó publikált adat nem állt rendelkezésre a földikutya elterjedéséről. Ugyanakkor nagy kiterjedésű, jó állapotú gyepek maradtak fenn mind a mai napig a térségben. Ezért az Erdélyi-medencében szinte valamennyi, a szakirodalomból ismert földikutya előfordulási hely (1. és 2. Függelék) közelében végeztünk terepmunkát. Kolozsvár közelében és északra a Szamos mentén annak mindkét oldalán, valamint az Erdélyi Mezőségben Kolozs (Cluj), Beszterce (Bistrita-Nasaud) és Maros (Mures) valamint Fehér (Alba) és Szeben (Sibiu) megyékben. Erdélyen kívül a Nyírség romániai oldalán Szatmár (Satu Mare) megyében is végeztünk terepmunkát.

### ***3.2. Példányok befogása***

Tekintettel arra, hogy a nyugati földikutya hazánkban fokozottan védett állat, az OKTVF (Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főfelügyelőség) által kiállított kutatási engedélyek (14/1708-3/2005, 14/05173-3/2006 és 14/1840-3/2008) csak

korlátozott számú egyed befogását engedélyezték. Ezért előhelyenként 1-3 egyed genetikai mintavétel (szövettenyészet és DNS) céljából történő befogására került sor.

A befogási módszer (Németh et al. 2007) azon alapul, hogy a földikutyának (ellentétben számos más, részben föld alatt élő rágcsálóval és rovarevővel) nincsenek a felszínre vezető, nyitott járatai. Ha a járatrendszer valahol megsérül, a légmozgást megérzi az állat, és igyekszik a nyitott járatot eltömni, nehogy ragadozó juthasson a járatrendszerébe. A befogások során, egy friss túrásnál meg kell bontani a járatrendszert, majd addig kell ásni, míg egy kb. 50 cm hosszú, egyenes járatszakaszt találunk. A járat pontos lefutásáról egy pálca segítségével biztosan meggyőződhetünk, majd felette el kell vékonyítani a talajt, hogy az egy kapavágással lezárható legyen (17. ábra). Ezt követően a kapával várakozni kell a lyuk szájánál. Mikor az állat elkezdi friss földdel eltömni a járatot, a feltárt szakasz végénél (jóval a földikutyá mögött!), egy gyors, határozott mozdulattal a kapát be kell vágni a földbe. Ily módon a földikutya a feltárt szakaszban reked, és onnan nem tud menekülni. Végül gyorsan ki kell ásni az állatot.

A befogott földikutyákat a mintavétel után, a sebgyógyulást követően a lehető leggyorsabban visszazállítottuk a befogási helyre, ahol a saját járatrendszerébe visszaengedtük. Az állat befogásának idejére a járatrendszert lezártuk annak érdekében, hogy megakadályozzuk, hogy más állat az átmenetileg üresen álló járatrendszert birtokba vegye.

### **3.3. Kromoszóma-vizsgálatok**

A vizsgálatok során, a rágcsálóknál széles körűen alkalmazott, gyulladási indukálást követő kolhicin injekciós, direkt csontvelő preparálás helyett (mely az egyed pusztulásával jár) más, kevésbé drasztikus módszert alkalmaztunk. A szövettenyésztéshez vér- és kötőszövet mintákat használtunk.

#### **3.3.1. Mintavételi módszerek**

A vérvétel állatorvosi közreműködéssel zajlott, helyi (lidokainos) érzéstelenítéssel és (70%-os alkoholos) fertőtlenítéssel, a *vena saphena lateralis*-ből vagy a körömágyból.

A kötőszöveti minták levétele altatásban bőrbioptziaként történt. Ez a mintavételi módszer szintén csak vadállatok kezelésben járatos állatorvos irányításával végezhető. A



protokoll kidolgozása a Fővárosi Állatkerben fogságban tartott izraeli modellfajokon szerzett tapasztalatok alapján történt. Ennek során megdőlt az a feltételezés, hogy a föld felszíne alatt élő állatfaj csak nehezen altatható, mert hosszú időre képes visszatartani a lélegzetét, és így az altatógáz nem jut a szervezetébe. A rövid és csak minimális (vállalható) kockázattal járó beavatkozás előtt koplaltatásra nincs szükség, mivel az állatok anyagcseréje gyors. A beavatkozás során, melyet a Fővárosi Állat- és Növénykertben végeztünk Dr. Sós Endre és Dr. Molnár Viktor vezetésével, az állatot egy, az altatógép kis légzőköréhez csatlakozó inhalációs maszkba helyeztük. Mivel a maszk átlátszó, az állat altatógázra adott reakciói jól láthatók és az anesztézia mélysége ez alapján kormányozható. Kezdetben 5 tf% isoflurán adagoltunk 0,8-1 L/perces oxigénáramlás mellett, majd a hatástól függően rövid időn (általában két percen) belül a gázkoncentráció 1,5-2,5 tf%-ra csökkenthető, az oxigénáramlás pedig 0,6 L/perc alá visszavehető. Ekkor szisztémás, ketoprofen hatóanyagú (NSAID családba tartozó) fájdalomcsillapítót adagoltunk szubkután 2 mg/ttkg-os dózisban. Erre azért volt szükség, mert ugyan az isofluran altatógáz rendkívül gyorsan ürül és igen biztonságos, de a fájdalomcsillapító (analgetikus) hatása elenyésző. Az altatás további részében az állatot az élettani funkciók alapján kellett monitorozni (légzés megfigyelése, szív működés detektálása, izomtónus ellenőrzése, fájdalomérzés vizsgálata a lábvég tapintásakor). Az ébredéskor az altatógáz adagolását megszüntettük, és a légzőkörben maradt oxigén/isoflurán elegy eltávolítása után tiszta oxigént lélegeztettünk be. Mivel az isoflurán 98%-a a tüdőn keresztül ürül, ezért az ébredés általában 2-3 percen belül bekövetkezett.

A tényleges beavatkozás az altatás megfelelő mélységének elérésekor kezdődött meg. A törzsön, a has középső harmadában, a testoldal és a hát találkozásánál 2 x 3 cm-es bőrterületen a szőrt le kellett nyírni megfelelő óvatossággal, hogy a viszonylag vékony bőr ne sérüljön. Olyan területet kellett kiválasztani, ahol a bőr lazább szerkezetű, így a biopsziás kimetszés után sincs különösebb feszülés, a sebszélek könnyen egyesíthetőek. A szőr nyírása után borotválás már nem szükséges (felesleges mikrosérüléseket okozna a felhámiban). A szőrtelen bőrterületet alkoholos tartalmú fertőtlenítőszerrel három alkalommal készítettük elő, és az egyes fertőtlenítések között megvártuk, amíg a fertőtlenítőszer megszárad. A már megfelelő állapotú műtéti területen, annak izolációja után, az aszepszis szabályainak betartásával minimális, 0,5 x 0,5 cm-es területű bőrdarab kimetszése történt meg. A megfelelő bőrrészlet a kivétel után transzportmédiumba került, majd a seb zárása annak méretétől függően egy vagy két csomós varrattal történt (ehhez monofil, felszívódó, 3/0-s vagy 4/0-s fonalat kell használni) (Sós et al. 2009).

Az állat a beavatkozást követően tiszta alomanyagra került (például papírvattára) és az elkövetkező 10 napot ezen töltötte, hogy a sebgyógyulás során esetleges szeptikus szövődmények ne alakulhassanak ki. A műtét ideje alatt, illetve az azt követő néhány órában az állatot legalább 28°C-on kellett tartani, hogy a hypothermia veszélyét elkerüljük.

### *3.3.2. Kromoszóma-preparálás*

A citogenetikai vizsgálatokhoz szükséges kromoszómapreparátumok előállításához lymphocytá és fibroblast kultúrákat használtunk. Mindkét kultúra létrehozásához használt technikák során kisebb módosításokkal Moorhead et al. 1960, Hsu & Kellogg 1960 és Fox & Zeiss 1961 hasonló nevű eljárásait követtük. A sejtenyésztést és a kromoszómák preparálását Gödöllőn, az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet Baromfigenetikai Laboratóriumában Dr. Révay Tamás felügyelete alatt végeztem.

A lymphocytá kultúrákat a vérmintákból hoztuk létre. Ehhez az egyes mintákat 300-1000 µl RPMI 1640 médiumhoz kevertük, mely tartalmazott még 20% FCS-t (Fetal Calf Serum), valamint antibiotikumot és antimikotikus hatású összetevőket. Majd 72 órára 37°C-os termosztátba kerültek a kultúrák. A sejtosztódás iniciálásához phytohemagglutinint és pokeweéd mitogént (1-1%) használtunk. A tenyésztés harmadik napján a kultúrákat 60 percig colcemiddel vagy vinblastinnal (100 µg/ml) kezeltük. A metafázisú kromoszómák további preparálása a standard citogenetikai eljárásoknak megfelelően történt (Moorhead et al. 1960).

A fibroblast kultúrákat a bőrbioopszia során kimetszett kötőszövetből hoztuk létre. A mintákat kis darabokra szeltük, majd 20 cm<sup>2</sup> felületű sejt-kultúra-tenyésztő flaskába helyeztük steril pasteur pipettával, és néhány percig médium nélkül hagytuk elősegítendő a kikapadást. A szövetdarabokra 5000 µl RPMI 1640 médiumot töltöttünk, mely 20% FCS-t, valamint 1% Penicillint, Streptomicint és Glutamint is tartalmazott. Ezt követően 37°C-os termosztátba kerültek a kultúrák a konfluens állapot eléréséig. Ekkor 10µg/ml colchicinnel blokkoltuk a sejtosztódást, majd tripszinnel fellazítottuk a metafázisú sejteket a felületről. A metafázisú kromoszómák további preparálása a standard citogenetikai eljárásoknak megfelelően történt (Moorhead et al. 1960, Hsu & Kellogg 1960, Fox & Zeiss 1961).

### **3.4. Mitokondriális DNS vizsgálatok**

#### *3.4.1. A vizsgálati anyag*

A mitokondriális DNS vizsgálatok során a Kárpát-medence különböző részeiről származó földikutyák rokonsági viszonyait vizsgáltam meg. Ehhez egyrészt a terepmunka során megfogott állatokból származó szövetmintákat, másrészt a Magyar Természettudományi Múzeum Emlősgyűjteményben őrzött alkoholos földikutya preparátumokból származó szövetmintákat használtuk fel (3. Függelék). A vizsgálatba bevont minták származási helyei, a Dunántúl és a Szerémség kivételével, a földikutyák teljes kárpát-medencei elterjedési területét lefedték (18. ábra). A DNS izolálását és a cyt b gén szekvenálását részben az Állattenyésztési Kutatóintézet gödöllői létesítményének Baromfigenetikai Laborjában Dr. Révay Tamás segítségével, részben pedig a Magyar Természettudományi Múzeum DNS Laborjában Dr. Major Ágnes segítségével végeztem.

#### *3.4.2. DNS izolálás*

A szövetmintákból a DNS-t a következő módon izoláltuk; A szövetdarabokat 300 µl lízis pufferben szuszpendáltuk (1M Tris HCl, 0,4M NaCl, 1mM Na EDTA, pH 8,2), majd 5 µl proteináz-K enzimet (20mg/ml) és 20 µl SDS-t (10%) mértünk rá. A csövek átforgatása után a mintákat 30 percig 37 °C-on inkubáltuk. 100 µl 6M NaCl-ot adtunk a mintákhoz cseppenként, majd 20 másodperc vortexelés következett. Ezt követően 10 percig 13000 rpm-en centrifugáltuk a mintákat. 300 µl izopropanolra pipettáztunk a tiszta felülúszóból 300 µl-t. Ezt újbóli centrifugálás követte (30s, 13000 rpm). Ezután a felülúszót teljesen leszívtuk és 500 µl 70 %-os etanolt mértünk a csapadékra. A mintákat vortexel megkevertük, majd újra lecentrifugáltuk (30s, 13000 rpm). A felülúszót újból teljesen leszívtuk, és 500 µl 70 %-os etanollal mostuk a csapadékot. Ismételt centrifugálás (30s, 13000 rpm) után a felülúszót teljesen leszívtuk, majd a csapadékot szobahőmérsékleten 20 percig száradni hagytuk. Végül, amikor teljesen elpárolgott az alkohol, 100 µl TE oldatot pipettáztunk rá, és egy éjszakára 37°C-on inkubáltuk (Hillis et al 1990).

### 3.4.3. A citokróm b gén szakaszának amplifikálása

A citokróm b (cyt b) gén nukleotid-szekvenciájának elemzéséhez a gén amplifikálása polimeráz láncreakcióval történt (PCR) (Saiki et al 1986, 1988). A reakcióhoz az F-Műarso (5'- ATGACATGAAAAATCATYGGTTGT -3') és a R-Műarso (5'- GAAATATCATTCKGGTTTAATRTG -3') primereket használtuk.

A PCR amplifikáció 10 µl térfogatban zajlott. A reakció elegyek a következő összetevőket tartalmazták: 1 µl DNS extraktumot, 200µM-t minden dNTP-ből, 0,5µM-t minden primerből, 0,25 egység DNS polimeráz (AmpliTaq® DNA Polymerase (ATAQ) enzim) enzimet valamint 1 µl 10X puffert (DynazymB). Ez utóbbi 500mM KCl-t, 100mM Tris-HCl-t, 15mM MgCl<sub>2</sub> -t és 1% Triton X-100-at tartalmazott. A PCR ciklusok programja a következő volt: 1 percig 94 °C-on denaturáció, 1 percig 55 °C-on primer tapadás (annealing), 1 percig 72 °C-on polimerizáció. 40 ciklus után a reakciót 72 °C-on fejeztük be.

A PCR reakciókat DNA Engine Gradient Cycler és DNA Engine DYAD™ Peltier Thermal Cycler (MJ Research) készülékben végeztük. Sikerességüket ellenőrizendő, a reakció aliquotját (~ 10 %) agaróz gél elektroforézissel vizsgáltuk meg, amelyen a kapott fragmentum tisztaságát és mennyiségét is láthattuk. A termék várható mérete: 870 bp körüli.

### 3.4.4. A PCR-termék tisztítása

QIAquick PCR Purification Kit-tel (QIAGEN) és High Pure PCR Product Purification Kit-tel (Roche) tisztítottuk meg a PCR reakciókból származó termékeket a további reakciókat zavaró felesleges komponensektől (sók, enzim, dezoxi-ribonukleotidok, primer-oligonukleotidok, stb.).

Amennyiben a melléktermékek nagy mennyiségben keletkeztek, a fő fragmentumot tartalmazó gélsávot steril szikével UV fény alatt kivágtuk és a DNS-t visszanyertük belőle QIAquick Gel Extraction Kit vagy MinElute Gel Extraction Kit (QIAGEN) alkalmazásával, a gyártó leírását követve.

Nem megfelelő minőség vagy kevert termék esetén klónozásra volt szükség a génszakasz megszekvenálása előtt.

### 3.4.5. A PCR-termék klónozása, a klónozott fragmentek kinyerése

A mellékterméket is tartalmazó, kevert összetételű PCR-termékek szekvencia-elemzése lehetetlen, azok komponenseit szekvenálás előtt klónokban kell tisztán felszaporítani. Múzeumi és fosszilis minták alkalmazása esetén általános gyakorlat a PCR-termékek beklónozása. A gélből tisztított PCR-termékeken a klónozás előtt az ahhoz szükséges poliA-vég kialakítását a standard eljárásoknak megfelelően végeztük el.

Az ideális 3:1 inszert:vektor arány eléréséhez szükséges mennyiségű pGEM-T Easy plazmid és PCR-termék összemérése után, a ligálás 5 °C-on 16-18 órán át zajlott.

Ligátum beklónozása 15 ml-es Falcon 2059-es steril csőben, a következő módon zajlott: A fagyasztott, kompetens MJ109-es sejteket jégen felolvasztottuk óvatos összekeverés mellett. A 2 µl ligálási reakció elegyhez 25 µl kompetens sejtet adtunk, miközben enyhén kevertük. Ezután 20 percig jégen tartottuk, majd a hősokk 1 percig tartott 42 °C-on. Ezt követően 2 percre jégre tettük az elegyet, majd 450 µl szobahőmérsékletű SOC médiumot adtunk hozzá. 1,5 órán át inkubáltuk rázatás mellett 37 °C-on. Ezt követően kétszeri ismétlésben LB-ampicillin-IPTG-Xgal lemezre szélesztettük az elegy 100 µl-ét, majd egy éjszakán át inkubáltuk 37 °C-on. Ezután a fehér színű telepeket TYB táplevesbe inokuláltuk. Ebben 37 °C-on rázatva 18-24 órán át, az inszertet hordozó fehér színű baktériumtelepeket folyadék-kulturában felszaporítottuk, majd kipontoztuk. Ezekből a baktériumokból izoláltuk a vektort és annak DNS-ével végeztünk szekvenáló PCR-t a beépült szakasz szekvenciájának megállapítására.

A plazmid DNS-t NucleoSpin Plasmid Purification Kit-tel (Macherey-Nagel) izoláltuk a gyártó útmutatása szerint.

Néhány esetben a baktériumokból közvetlenül végeztünk ún. kolónia-PCR-t. Ehhez a kipontozott baktériumtelepet steril fogpiszkálóval 20 µl ultra-tiszta vízbe vittük át, majd ebből végeztük a fragment felszaporítását PCR-ben, a T7 – SP6 szekvenáló primer-párral. Az inszert visszanyerése során használt reakció a következő összetevőket tartalmazta: 2 µl baktérium szuszpenzió, 12,9 µl mQ, 2,5 µl 5 uM forward primer (T7) (TAATACGACTCACTATAGGG) és 2,5 µl 5 uM reverz primer (SP6) (TATTTAGGTGACACTATAG), 2,5 µl 20 mM Mg(Cl)<sub>2</sub> tartalmú 10X puffer, 2 µl 2 mM dNTP mix valamint 0,1 µl (0.5 U) DreamTaq polimeráz. A szekvenáló PCR programja a következő volt: 7 percig 95 °C-on kezdeti denaturáció, 30 másodpercig 94 °C-on denaturáció,

majd 45 másodpercig 50 °C-on primer tapadás (annealing), ezt követően 1 perc 20 másodpercig 72 °C-on extenzió. 35 ciklus után a reakciót 10 °C-on fejeztük be. A PCR-termék tisztítása QIAGEN PCR tisztító kittel történt.

#### *3.4.6. A PCR-termékek szekvenálása*

A szekvenálás Big Dye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit segítségével történt. A PCR amplifikáció 10 µl térfogatban zajlott. A reakcióelegyek a következő összetevőket tartalmazták: 3 µl mQ, 2µl szekvenáló primer (5 uM), 2µl BDT v3.1, 2µl 5X seq puffer valamint 1 µl tisztított templát (30-40 ng). A szekvenáló PCR programja a következő volt: 4 percig 96 °C-on kezdeti denaturáció, 30 másodpercig 96 °C-on denaturáció, majd 15 másodpercig 50 °C-on primer tapadás (annealing), ezt követően 4 percig 60 °C-on extenzió. 25 ciklus után a reakciót 10 °C-on fejeztük be.

A tisztítást BD-XTerminátorral végeztük. A tiszta felülúszót 2,5- szeresre hígítva (20 µl termékhez 30 µl mQ adagolva), a futtatás ABI 3130 Genetic Analyzerrel, 50 cm-es kapillárisban POP7 polimeren történt.

#### *3.4.7. A szekvenciák analízise*

A szekvenáló elektroforetogramokat a Sequencing Analysis 5.2.0 (Applied Biosystems) és Sequence Scanner v1.0 (Applied Biosystems) szoftverekkel értékeltük ki (KB.bcp basecallerrel, KB\_3130 POP7\_BDTV3.mob mobilitási adatok és 3130POP7\_BDTV3-KB-Denovo\_v5.2 analízis protokoll alapján). A kapott bázissorrendet manuálisan vetettük össze az eredeti, nyers elektroforetogramokkal, és ellenőriztük az egyes csúcsok valódiságát. A kapott szekvencia-adatok ellenőrzése többszöri újraszekvenálással történt.

A szekvenciák illesztéséhez és szerkesztéséhez a Clone Manager Suite v7.1 (Scientific and Educational Software), a MEGA4 (Tamura et al. 2007), valamint a DnaSP v4.50.2 (Rozas et al. 2003) szoftvercsomagokat használtuk. Az ellenőrzött szekvenciákkal végeztünk kereséseket az adatbázisokban. Az NCBI GeneBank, az EMBL Nucleotide Sequence Database, valamint a BOLD System – Barcode of Life Data System adatbázisokat használtuk.

### **3.5. Koponya-morfológiai vizsgálatok**

A koponyamorfológiai vizsgálatokhoz a Magyar Természettudományi Múzeum Emlősgyűjteményében megtalálható földikutya koponyákat használtam. A vizsgálat tárgyát a földikutyák azon csoportjai képezték, melyekből megfelelő mintaszámú koponya állt rendelkezésre a megalapozott összehasonlításokhoz. Ezért a kárpát-medencei, nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) superfajba tartozó példányok koponyáit tanulmányoztam (4., 5., 6. és 7. Függelékek). Minthogy a tárgyalt régió tekintetében Méhely volt az egyetlen, aki morfológiai alapon új taxonokat határozott meg, és ezek azonosításához határozó kulcsokat készített (Méhely 1909), ezért az ő általa a meghatározás során fontosnak ítélt koponyabélyegeket vizsgáltam meg a rendelkezésre álló koponyákon. Arra voltam kíváncsi, hogy a kiemelt bélyegek alapján elkülöníthetőek-e bármilyen csoportok az adott régió földikutya koponyái között. Másképp megfogalmazva, hogy az adott formák rendelkeznek-e olyan csonttani bélyegekkkel, mely őket a többi formától egyértelműen megkülönbözteti, s így akár határozó bélyegnek is alkalmas. A vizsgálatok során ezért statisztikai elemzéseket nem végeztem.

### **3.6. Térinformatika használata a konzervációbiológiában**

A Földrajzi Információs Rendszer (angolul *Geographical Information System* vagyis GIS) célja egyetlen rendszerbe integrálni a gyűjtött térbeli, ugyanakkor leíró jellegű információkat, és alkalmas keretet biztosítani a földrajzi helyekhez kötött adatok tárolásához, elemzéséhez és modellezéséhez (ESRI, 2007). Széleskörű felhasználhatóságát a konzervációbiológiában rengeteg természetvédelmi programban való sikeres alkalmazása bizonyítja (Újvári 1998, Steklis et al. 2005; Galdikas 2005). A térinformatika értékes és hatékony segítséget nyújt például a populációk térbeli elterjedésére vonatkozó, az élőhelyhasználat és preferencia kérdéskörébe tartozó, történeti és jelenlegi élőhelyek minősítésével kapcsolatos valamint konzervációbiológiai beavatkozásokhoz köthető adatok tárolására, megjelenítésére és nyomon követésére (ESRI, 2007).

Az elmúlt évtizedben bebizonyosodott, hogy a térinformatika alkalmazása nem csupán jól kezelhető adatbázisok létrehozására és megjelenítésére használható, hanem predikciók megfogalmazására úgyszintén. Elterjedési mintázatok és populációk állapotának elemzéséhez

új lehetőségek nyíltak a GIS felhasználásával. Egy faj előfordulását befolyásoló különböző antropogén és természetes objektív paraméterek, melyek földrajzilag megjeleníthetők, geostatistikai módszerekkel történő elemzése lehetőséget nyújtott fajok előfordulásának prediktív modellezéséhez (*predictive habitat distribution models*) (Guisan & Zimmermann, 2000). Az ilyen modellek és a konzervációbiológiai szempontból fontos folyamatok térinformatikai nyomon követése révén sikerül értékes eredményekhez jutni az ökológiában (Santos et al. 2006) és a gyakorlati természetvédelemben egyaránt (Steklis et al. 2005, Galdikas 2005, Lyet 2008).

### **3.7. A földikutya taxonok elterjedésének rekonstruálása a Kárpát-medencében**

Az adatgyűjtés során valamennyi hozzáférhető, a Kárpát-medence földikutyáiról szóló művet áttanulmányoztam. Az e művekben említett előfordulási helyek voltak az elsődleges források az egykori elterjedés rekonstruálásához. Az irodalmi áttekintés mellett a Magyar Természettudományi Múzeum Emlősgyűjteményében található példányok gyűjtési helyei is komoly segítséget jelentettek. A történeti adatok mellett a korábban sehol nem említett, de a jelenlegi elterjedés térképezése során megtalált új lelőhelyeket is felhasználtam a földikutyák egykori elterjedésének felvázolásához. Az előfordulási helyek és forrásaik listája a 1. és 2. Függelékben található.

Az egyes formák és fajok, az emberi tevékenység befolyásoló hatása előtti elterjedésének meghatározása nehezebb feladatnak bizonyult. Ehhez a korabeli szerzők taxonómiai álláspontját, továbbá a Magyar Természettudományi Múzeum Emlősgyűjteményében alkoholban őrzött példányokat, valamint a ma is létező populációk genetikai vizsgálatának eredményeit hívtuk segítségül.

### **3.8. A földikutya taxonok elterjedése klimatikus és talajtani térképekkel összevetve**

A kárpát-medencei földikutyák vizsgálatához az egyes fajok és formák rekonstruált elterjedését vetettem össze a régió klíma- és talajtérképeiről leolvasható éghajlati és talajtani adatokkal. A Kárpát-medence viszonylatában a „Climatic Atlas of Europe” (Carthographia 1970) és a „Soil Atlas of Europe” (Jones et al. 2005) művek térképlapjait használtam.



Magyarország viszonylatában pedig „Magyarország Éghajlati Atlasza” (Országos Meteorológiai Intézet 1960), „Magyarország Atlasza” (Carthographia 1999), „Éghajlatlan” (Péczeley 1998), „Magyarország éghajlati atlasza” (Országos Meteorológiai Szolgálat 2005) és a „Magyarország a XX. században” című mű II. kötetének (Kollega Tarsoly 1997) klímaterképeit hasonlítottam az egyes formák elterjedéséhez. Továbbá a Forgóné Dr. Nemcsics Mária és munkatársai által készített a „SZIE Vízgazdálkodási Tanszékén készített térinformatikai adatbázis felhasználása” című mű aszály-térképei (Forgóné Nemcsics et al 2006) is hasznosnak bizonyultak. Talajtani adatokhoz a „Magyarország Éghajlati Atlasza” (Országos Meteorológiai Intézet 1960), „Magyarország Atlasza” (Carthographia 1999) valamint az Ángyán József vezetésével az FM Agrárkörnyezeti, Erdészeti, Biogazdálkodási és Vadgazdálkodási EU Harmonizációs Munkacsoport megbízása alapján készített, „Magyarország földhasználati zónarendszerének kidolgozása az EU-csatlakozási tárgyalások megalapozásához” című szakértői anyag (Ángyán et al 1994) talajtérképeit használtam fel.

A papírtérképekről az illesztésekhez síkágyas szkenneren készültek digitális állományok. A digitális állományok illesztése manuálisan történt. Az egyes előfordulási helyekhez Magyarország viszonylatában a következő klimatikus változók értékét rendeltem hozzá: az egyes hónapok valamint a nyári és téli félév középhőmérséklete, továbbá az éves középhőmérséklet. Az egyes hónapok, valamint a nyári és téli félév átlagos csapadékmennyisége továbbá az átlagos éves csapadékösszeg. A nyári, a hőség-, a téli, a fagyos, a havas és a hótakarós napok száma és az átlagosan tízévenként bekövetkező aszályosság mértéke. A hazai előfordulási helyekhez továbbá hozzárendeltem a következő talajtani adatokat is: fizikai talajféleség, talaj kémhatása és mészállapota, talaj szervesanyag készlete, termőréteg vastagsága, lejtésszög, talaj vízgazdálkodási tulajdonságai és az agyagásvány minősége. Mindezekon kívül megvizsgáltam minden előfordulási adat tekintetében a talaj (genetikus osztályozási rendszerű) típusát és altípusát.

Kárpát-medencei léptékben pedig a következő klimatikus változókat rendeltem az előfordulási helyekhez: az egyes hónapok középhőmérséklete és az éves középhőmérséklet. Az egyes hónapok átlagos csapadékmennyisége, és az átlagos éves csapadékösszeg. Mindezekon kívül megvizsgáltam minden kárpát-medencei előfordulási adat tekintetében a talaj WRBsr (Word Reference Base for soil resources) rendszerű típusát és altípusát.

Az egyes kárpát-medencei, nyugati földikutya fajcsoportba (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) tartozó formák egykori, természetes elterjedésének megállapítása néhány esetben nem volt egyszerű. Mindez pedig természetesen nagyban befolyásolja annak az eredményét, hogy az egyes formák elterjedése és a kárpát-medence egyes vidékeinek klimatikus adottságai

vagy talajtani viszonyai között milyen kapcsolatokat fedezhetünk fel. Egyes vidékek tekintetében (Kisalföld) a rendelkezésre álló adatok alapján legfeljebb gyanítható volt, hogy ott melyik forma fordult elő. Dél-Erdélyben viszont annak megállapítása okozott némi problémát, hogy az irodalomból ismert egykori előfordulási helyeken a nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*) fajcsoport *hungaricus* formája, vagy a bukovinai földikutya (*Spalax graecus*) élhetett-e egykoron. Az azonban mindkét esetben kétségtelen tény, hogy egykor éltek földikutyák a vidéken, de a jelenleg rendelkezésre álló adatok alapján úgy tűnik, mára már kipusztultak onnan, és nem maradtak fenn gyűjteményi példányok a kérdés egyértelmű tisztázásához. Más esetekben ugyanakkor teljesen jól rekonstruálható volt az egyes formák elterjedésének határa (például a *transsylvanicus* forma esetében). A klimatikus vizsgálatok során a kérdéses vidékeknél csak a valamely formával biztosan azonosítható lelőhelyeket vettem figyelembe. Ez a módszer a rendelkezésre álló adatok mellett a legkisebb tévedés lehetőségét biztosította.

Az egyes előfordulási helyeket hierarchikus klaszterezéssel csoportosítottuk, illetve főkomponens-analízissel ordináltuk a hozzájuk tartozó, fentebb részletezett klimatológiai és talajtani adatok alapján. A többváltozós adatelemzéshez a PAST (Paleontological Statistics) szoftvert alkalmaztuk (Hammer et al. 2001). A klaszter-elemzést UPGMA módszerrel végeztük, numerikus változók estén euklideszi távolságot vagy korrelációs koefficienset, nominális adatokra Hamming-féle távolságot alkalmazva. A különböző mértékegységű változók miatt centrált (korrelációs) főkomponens-elemzést végeztünk. Annak megállapítására, hogy az egyes elkülönülő csoportok szignifikánsan különböznek-e egymástól ANOSIM (Analysis of Similarity) elemzést végeztünk. A különböző mértékegységű változók összevethetősége érdekében korrelációs koefficienset alkalmaztunk. A páronkénti összehasonlításhoz Bonferroni korrekciót végeztünk. A különbséget okozó változók azonosításához pedig SIMPER (Similarity Percentage) elemzést végeztünk.

### **3.9. A földikutya taxonok elterjedésének térképezése a Kárpát-medencében**

#### *3.9.1. Az elterjedés térképezése*

A térképezés során egyrészt az irodalomból korábbról ismert földikutya előfordulási helyek közül azokat ellenőriztük, melyekről légifotók alapján feltételezhető volt, hogy ma is alkalmasak lehetnek földikutyák számára. A térképek és légifotók alapján alkalmasnak tűnő

helyeket (melyek nem épültek be, nem folyik rajtuk szántóföldi mezőgazdasági termelés) terepi bejárások során vettük szemügyre. Másrészt olyan helyeknek a közelében kerestünk földikutyákat, ahol a helyiek ismerték az állatot és a jelenlétére utaló nyomokról számoltak be. A földikutya jelenlétének bizonyítására megpróbáltunk bizonyító példányt fogni. A földikutya jelenlétét egy területen akkor láttuk bizonyítottnak, ha vagy sikerült eleven földikutyát fogni, vagy a közvetett bizonyítékok alapján több is egyértelműen a földikutya jelenlétére utalt. A földikutya jelenlétére utaló közvetett bizonyítékoknak a következőket tekintettük: nagyméretű túrások (19. ábra), ahol a szomszédos túrások egymástól mérhető távolsága nagy (1,5- 2 m), továbbá a túrások térbeli elrendeződése szabályos, közel egyenes vonal mentén sorakoznak (20. ábra). Szintén földikutya jelenlétére utal, ha a járatok nagyméretűek (6-9 cm átmérő) és tapinthatóan kemény a faluk. A túrásokat készítő állat azonosítása során használtuk a Boldogh Gusztáv természetvédelmi őr által kidolgozott módszert is. Megfigyelései szerint a földikutyatúrásokban a talajjal keveredve megfigyelhetőek rövid gyökérdarabok, melyek vége hegyes szögben van leharapva (21. ábra) (Boldogh pers. comm.). Ezek akkor keletkeznek, amikor a földikutya épülő járatát megtisztítja a belógó gyökerektől. Azonban pusztán ezeket csak akkor tekintettük elegendőnek a földikutya jelenlétének bizonyítéka gyanánt, ha a járat nedves, agyagos falában megtaláltuk az állat orrának jól látható, mással össze nem téveszthető lenyomatát (22. ábra), vagy ha a járatrendszer megnyitása közben a földikutya jellegzetes táplálékraktárára bukkantunk (23. ábra).

A térképezés során Magyarország valamennyi nagytáját bejártuk, ahol földikutya előfordulására korábbi, hiteles adatok voltak. Mindezek mellett az Erdélyi-medence nagy részének (Szamosmenti-hátság, Erdélyi Mezőség, Aranyosszék, Maros-mező és a Küküllőkközti-dombság) és a Vajdaság északi részének szisztematikus bejárása is megtörtént.

A populációméret megbecsüléséhez az azonosított élőhelyeken a következő módszert használtuk; Az élőhely egy kisebb részén - a körülményektől és az élőhely kiterjedésétől függően 1-10 ha -os területen – megszámoltuk hány darab úgynevezett túrásbokor (egymás közelében található, egy csoportot alkotó túrások) található, majd ezt az értéket extrapoláltuk a teljes élőhelyre (Mikes et al. 1982). Bár Zuri és Terkel (1996) rámutatott, hogy a túrások alapján nem lehet pontosan feltérképezni az egyedek territóriumát, s elkülöníteni egymástól az egyes egyedek járatrendszerét, jelenleg nem ismert ennél megbízhatóbb, a gyakorlatban is alkalmazható módszer.

### 3.9.2. A földikutya nemzetségek elkülönítése járatmorfológia alapján

Az Erdélyi-medencében a korábbi irodalmi adatok alapján feltételezhető volt, hogy a földikutyák mindkét genusa (*Spalax* és *Nannospalax*) előfordul. Minthogy a két nemzetségbe tartozó fajok között jelentős méretbeli különbség van, valószínűnek tűnt, hogy a járataik mérete is jelentősen különbözik egymástól. Kíváncsiak voltunk rá, hogy pusztán a járatok mérete alapján elkülöníthető-e a két genus, és a térképezés során, e változó alapján (miután meggyőződünk róla, hogy az adott területen bizonyosan földikutya él) azonosítható-e, melyik földikutya nemzetségbe tartozó faj él a megtalált élőhelyen. Ezért olyan helyeken, ahol fogással azonosítottuk, melyik nemzetségbe tartozó földikutyafaj él a területen, lemértük számos járat magasságát és szélességét. Ilyen vizsgálati helyek *Nannospalax* esetében a Kolozsvári populáció élőhelyei voltak (Kolozsvári-Szénafüvek, apahidai Melegvölgy, Zsukiménés, telekfarki tavak), *Spalax* esetében pedig az Ajtonyi (Kolozsbózs, Virágosvölgy, Ajtony) és a Tordai populáció (Szind) élőhelyei. Belső vastagságmérő körző segítségével lemértük a vizsgálati helyeken a földikutya járatok méreteit. Minden járat esetében egy magasság és egy szélesség értéket vettünk fel. Az adatsorok statisztikai elemzése az R GUI nevű statisztikai software segítségével történt (<http://www.r-project.org/>). A méréskor felvett magassági és szélességi adatokra először normalitás vizsgálatot végeztünk Shapiro-Wilk teszttel. Ezután homogenitás vizsgálatot néztünk több eloszlásra, Kolmogorov-Szmirnov-próbával. Az eloszlás vizsgálatok után elvégezzük a varianciákra vonatkozó próbákat. A vizsgálatokhoz először párosítottuk az adatsorokat. Ezek után egyutas MANOVÁ-t (Multivariate Analysis of Variance) végeztünk, ezáltal több függőváltozót tudtunk összehasonlítani (Sugár 2009).

### 3.10. A kárpát-medencei földikutyák veszélyeztetettségének vizsgálata

A kárpát-medencei földikutya formák veszélyeztetettségének megállapítása, minthogy az egyes formák kielégítik az ESU (Evolutionary Significant Unit vagyis Evolúciósan Jelentős Egységek) kritériumait, az IUCN kategória- és kritériumrendszerének megfelelően lehetséges volt. Az egyes formák kihalási kockázatának vizsgálata során csak azokat az élőhelyeket vontuk be az elemzésbe, ahonnan az elmúlt 10 évből a földikutya jelenlétre utaló hiteles adat állt rendelkezésre. Az egyes formák besorolása a legújabb kritériumok alapján történt (IUCN 2001). Az élőhelyek és a veszélyeztető tényezők besorolása és jellemzése,

valamint a fogalmak használata az IUCN Élőhely Osztályozási Rendszerének 3.0 verziója (IUCN Habitats Classification Scheme 3.0) valamint az IUCN Veszélyeztető Tényezők Osztályozási Rendszerének 2.1-es verziója (IUCN Threats Classification Scheme 2.1) szerint történt. Az egyes populációk esetében a helyszíni vizsgálatok során azonosítottuk a fennmaradásukat aktuálisan veszélyeztetető tényezőket.

A földikutyák előfordulási helyeinek kiterjedését a természetvédelmi hatóságok hivatalos weboldalai ([www.hnp.hu](http://www.hnp.hu), [www.knp.hu](http://www.knp.hu), [www.kmnp.hu](http://www.kmnp.hu), [www.ludas.rs](http://www.ludas.rs)), valamint a területek térképei alapján, a Google Earth 4.2 program segítségével becsültük meg.

Egy populációnak azokat az állományokat tekintettük, melyek fizikailag összefüggő élőhelyen élnek. Az egyes általunk meghatározott populációk között a génáramlás csak elhanyagolható mértékű lehet a közöttük lévő, földrajzi izolációt okozó barrierek (nagy távolság és a populációkat elválasztó földikutyák számára alkalmatlan élőhelyek) miatt.

## 4. EREDMÉNYEK

### **4.1. A kárpát-medencei, nyugati földikutya (*Nannospalax (superspecies leucodon)*) fajcsoportba tartozó formák koponya-morfológiai vizsgálata**

Méhely a földikutyákat rendszerező munkájában a Kárpát-medencéből két recens földikutyafajt ismer, az egyiket *Spalax hungaricus*-nak, a másikat *Spalax monticolának* nevezte. Az előbbi fajnak két alfaját, a *Spalax hungaricus hungaricus*-t és a *Spalax hungaricus transsylvanicus*-t különítette el, míg az utóbbi fajnak a *Spalax monticola syrmienensis* nevű alfaját ismerteti a tárgyalt régióból (Méhely 1909).

Méhely a *Spalax hungaricus* két alfaját az orrcsontok és a homlokcsontok varratvonalának (*sutura*) helyzete alapján különíti el (24. ábra). „A Földi kutyák fajtái” című mű határozókulcsa szerint mindkét alfajra jellemző, hogy a felső szájpadrólás elülső része ugyanolyan hosszú, mint a hátsó. Ugyanakkor a *hungaricus* alfaj esetében az orrcsontok (*nasale*) hátsó vége az orrtövi lyukak (*foramen infraorbitale*) közepét összekötő vonalat nem éri el. A *transsylvanicus* alfajnál viszont az orrcsontok (*nasale*) hátsó vége eléri, sőt meg is haladja az orrtövi lyukak (*foramen infraorbitale*) közepét összekötő vonalat (Méhely 1909). A két alfajt elkülönítő további határozó bélyegek egy része „kevésbé-jobban” jellegű karakter,

mely kizárólag összehasonlító anyag birtokában használható, de egyetlen koponya meghatározására nem alkalmas. Más részük fogazati bélyeg, melyre nagy egyéni változékonyság jellemző. Ez utóbbi ráadásul az egyed életkorának előrehaladtával jelentős változásokon megy keresztül, ezért rendkívül nehezen használható a taxonok objektív elkülönítésére.

A Magyar Természettudományi Múzeum Emlősgyűjteményében található 52 darab, lelőhelye alapján a *transsylvanicus* taxonhoz tartozó (részletesen tárgyalva 4.4.1. fejezetben), és 43 darab, a gyűjtési helye alapján a *hungaricus* taxonhoz sorolható koponyán (4. és 5. Függelék) vizsgáltam meg a fentebb említett bélyeget. Azt találtam, hogy az orrcsontok (*nasale*) és a homlokcsontok (*frontale*) közötti varratvonal (*sutura*) orrtövi lyukakhoz (*foramen infraorbitale*) viszonyított helyzete alapján, Méhely tapasztalataival (Méhely 1909) ellentétben, nem különül el a két taxon. A különbség, ami a két formához tartozó koponyák többségét elkülöníti, a homlokcsont orr-állközi nyújtványának (*processus naso-intermaxillaris*) hossza. Ez a képlet a *transsylvanicus* formához tartozó koponyák esetében mindig rövid (25. ábra, B kép). Ugyanakkor a *hungaricus* formához sorolt koponyák esetében általában jóval hosszabb (25. ábra, A kép). A problémát az jelenti, hogy míg a *transsylvanicus* formához sorolható koponyák meglehetősen egyformák ennek a bélyegnek a tekintetében, addig a *hungaricus* formával azonosíthatókra nagy változékonyság jellemző. A legtöbb *hungaricus* koponyán a homlokcsont orr-állközi nyújtványa (*processus naso-intermaxillaris*) hosszú, de egyes populációk (Pest megye) minden múzeumi példányán a *transsylvanicus*ra jellemzően rövid, egyes példányokon (HNHM 4095/248 Református Kovácsházáról) pedig még a *transsylvanicus*ra jellemzőnél is rövidebb, szinte teljesen hiányzik ez a csonttani képlet.

Ki kell tennem két, gyűjtési helye miatt érdekes koponyára. A HNHM 2527-es leltári számú Téglás környékéről származó koponyát Méhely *hungaricus*ként azonosította (Méhely 1909). A teljes ma rendelkezésre álló kárpát-medencei gyűjteménnyel összevetve átmeneti jellegű az orr-állközi nyújtványának (*processus naso-intermaxillaris*) hossza. Ha valamelyik csoportba kellene besorolni, akkor a tipikus *transsylvanicus*ra jobban hasonlít, mint egy tipikus *hungaricus*ra. A közelből származó példányokon végzett genetikai vizsgálatok alapján a térségben a *transsylvanicus* forma fordul elő (részletesen a 4.2.1-es fejezetben tárgyalva). A HNHM 4095.246 leltári számú Felső-Méráról származó példányt a gyűjtés után a *hungaricus*hoz sorolták (az eredeti céduláján ez szerepel), ugyanakkor a vizsgált bélyeg alapján egyértelműen a *transsylvanicus*sokkal mutat hasonlóságot.

Azt azonban nyomatékosan ki kell emelni, hogy a *transsylvanicus* forma koponyáira általánosan jellemző bélyeg, tudniillik hogy az orr-állközi nyújtvány (*processus naso-*

*intermaxillaris*) rövid, teljes egészében beilleszthető a *hungaricus* forma különböző populációinál ugyanezen bélyeg esetében tapasztalható változatok sorába. Vagyis a vizsgált bélyeg tekintetében a *hungaricus*ra nagyobb fokú változékonyság jellemző, mint amekkora különbséget a *hungaricus* és a *transsylvanicus* forma között fellelhetünk. Ezért a koponyákat csupán morfológiai vizsgálatuk alapján nem azonosíthatjuk egyértelműen egyik vagy másik formával.

A harmadik kárpát-medencei taxon Méhely művében a *Spalax monticola syrmienensis*. A Földi kutyák fajainak határozókulcsa szerint az alfaj határozó bélyegei, hogy az orrcsontok (*nasale*) hátsó vége nem éri el az orrtövi lyukak (*foramen infraorbitale*) hátsó peremét összekötő vonalat, valamint a homlokcsontnak (*frontale*) nincs orrtövi nyújtványa (*processus nasobasalis*), továbbá az orrcsontok (*nasale*) hátul ugyanolyan hosszúak, mint az állközti csontok (*intermaxillare*). Ezen kívül jellemző még, hogy a szájpadlás első része ugyanolyan hosszú, mint a hátsó, és az íncsonton (*palatinum*) nincsen tövis (Méhely 1909).

Megvizsgálva a rendelkezésre álló 5 darab *syrmienensis* koponyát (6. Függelék) azt találtam, hogy a fenti bélyegek mindegyike helytálló. Úgy tapasztaltam, hogy a felsorolt bélyegek közül a *hungaricus* és *transsylvanicus* formáktól leginkább az különbözteti el a *syrmienensis* forma koponyáját, hogy az íncsonton (*palatinum*) nincsen tövis (26. ábra, B kép). A *transsylvanicus* és *hungaricus* formák íncsontján ugyanis picike nyúlványt találunk (26. ábra, C és D képek). Valamint a felsorolt bélyegeken túl jelentős különbség az is, hogy a homlokcsont (*frontale*) egyáltalán nem rendelkezik orr-állközti nyújtvánnyal (*processus naso-intermaxillaris*) (27. ábra, A kép).

A Kárpát-medencéből ismert egy negyedik forma is, melynek megtalálása azonban jóval Méhely munkássága után történt (Savic & Soldatovic 1974). Ez a forma a *montanosyrmienensis* nevet kapta. A formával genetikailag azonos földikutya populációból (Kelebia, részletesen tárgyalva a 4.2.2. és a 4.4.1. fejezetekben) származó két koponya (HNHM 97.33.3. és HNHM 97.29.39.) a Magyar Természettudományi Múzeum Emlősgyűjteményében is megtalálható (7. Függelék).

A koponyák bélyegei átmenetet mutatnak a *hungaricus* és *transsylvanicus* valamint a *syrmienensis* koponyabélyegei között. A felső szájpadlás elülső része körülbelül olyan hosszú, mint a hátsó, az íncsonton (*palatinum*) nem található nyúlvány vagy tövis (26. ábra, A kép). Az orrcsontok (*nasale*) valamivel előbb végződnek, mint az állközti csontok (*intermaxillare*). Az orr-állközti nyújtvány (*processus naso-intermaxillaris*) megtalálható, de igen rövid, az

egyik koponyán alig észrevehető (HNHM 97.33.3.). Az orrcsontok hátulsó vége pedig az orrtövi lyukak (*foramen infraorbitale*) közepét összekötő vonalban található (27. ábra, B kép). Az orrcsontok pozíciója tehát a *hungaricus* és *transsylvanicus* formákéhoz hasonló, az ínycsonti nyúlvány (tüske) hiánya viszont a *syrmiensis*hez teszi hasonlatossá a forma koponyáját.

#### **4.2. Kromoszóma-vizsgálatok**

A genetikai vizsgálatok céljából befogott földikutyák egyike sem sérült meg vagy pusztult el a befogás vagy a mintavétel alatt.

A citogenetikai vizsgálatok során összesen négy magyarországi populáció kariológiai jellegzetességeit sikerült meghatározni. Két populáció (Battonya, Mezőtúr) esetében a megfogott egy-egy példány mintáinak tenyésztése sikertelen volt. Két, kariológiai tulajdonságok tekintetében egymástól jelentősen különböző formát tudtam azonosítani, melyek két különböző kromoszómális formába sorolhatóak. Az elkülönítést indokolja, hogy mind a diploid kromoszómaszámukban ( $2n$ ), mind a kromoszómák szabad karjainak számában (NF) eltérnek. A szakirodalom pedig taxonómiai állásfoglalás nélkül – minthogy a legtöbb esetben az ehhez szükséges adatok nem állnak rendelkezésre – kromoszómális forma névvel illeti a kariológiailag elkülönülő földikutyá populációkat. Az azonosított formák kromoszómális jellemzőik tekintetében azonosak a Kárpát-medence más területeiről korábban már jelzett formákkal.

##### **4.2.1. A *transsylvanicus* forma**

A Debrecen–Józsa közelében, a Tócsó-patak árterületén fekvő Nagylegelőn (Németh et al. 2006), a Hajdúbagosi Földikutyá Rezervátumban és a Hajdúbagos belterületén található legelőn valamint a Hajdúhadház közelében lévő katonai lőtérén (Németh et al. 2009) élő földikutyák kariotípusa  $2n=50$ , NF=84 (28. ábra). Ezek a kromoszómális jellegzetességek azonosak azzal, amit Raicu és munkatársai találtak Jucu közelében Erdélyben (Raicu et al. 1968). Raicu és munkatársai az általuk talált formát Méhely *transsylvanicus* nevű taxonjával (Méhely 1909) azonosították. A kromoszómális jellegzetességek alapján ugyanez a forma él a Hajdúság és Dél-Nyírség területén is (Németh et al. 2009a). A kutatás során az említett



populációkban megfogott összesen 12 egyed közül 5-nél voltak sikeresek a kromoszóma-vizsgálatok.

Erre a formára jellemző, hogy 4 pár metacentrikus, 7 pár szubmetacentrikus, 5 pár szubacrocentrikus és 8 pár acrocentrikus autoszómája van. Az X-kromoszóma nagy és metacentrikus, míg az Y-kromoszóma nagy és szubmetacentrikus (Raicu et al 1968).

#### 4.2.2. A *montanosyrmiensis* forma

A Kelebia külterületén, a szerb-magyar államhatár közelében található élőhelyeken élő földikutyák kariotípusa  $2n= 54$ ,  $NF= 86$  (29. ábra). Ezzel azonos kromoszómális jellegzetességű földikutyákat korábban kizárólag Stražilovo (Savić & Soldatović 1974) és Čortanovci (Soldatović & Savić 1983) közelében találtak Szerbiában. Minthogy ezen a vidéken korábban nem vizsgálták a földikutyákat, a talált új formát új taxonként írták le, s a közelben élő *syrmiensis* forma hegyvidéki változatának tartva *montanosyrmiensis* névvel jelölték (Savić & Soldatović 1974). A kromoszómális jellegzetességek alapján ugyanez a forma él a Kelebia külterületén fennmaradt élőhelyeken is (Csorba et al. 2009). A kutatás során az említett élőhelyeken megfogott összesen 4 egyed közül 2-nél voltak sikeresek a kromoszóma-vizsgálatok.

A formára jellemző kariotípus 2 pár metacentrikus, 8 pár szubmetacentrikus, 5 pár szubacrocentrikus és 11 pár acrocentrikus autoszómát tartalmaz. Az X-kromoszóma nagy és metacentrikus, míg az Y-kromoszóma közepes méretű és akrocentrikus (Soldatović 1977).

### 4.3. Mitokondriális DNS vizsgálatok

A vizsgálatok még nem fejeződtek be, a dolgozat írásakor is folynak, ezért csupán előzetes eredményeket áll módomban ismertetni. A megvizsgált múzeumi példányokból származó minták segítségével sikerült számos, mára már eltűnt földikutyá-populáció hovatartozását megállapítani. Ezek az adatok nagyban hozzájárulnak az egyes nyugati földikutyá fajcsoportba tartozó, kárpát-medencei formák egykori elterjedésének megállapításához. Mi több, sikerült Magyarország területéről egy harmadik földikutyá forma előfordulását is bizonyítani. A Battonyán és Mezőtúron fogott földikutyák mintáiból nem sikerült szövettenyészetet létrehozni, ezért nem lehetett a kromoszómaszámukat sem

meghatározni, azonban az állatokból levett minták egy részét a mitokondriális DNS vizsgálatokba is bevontuk. A vizsgálatok során bebizonyosodott, hogy a két egyedből származó minta citokróm b génjének első 870 bázispárja megegyezik egymással, tehát a két egyed ugyanahhoz a formához tartozik. Annak kiderítésben pedig, hogy melyik lehet ez a forma a múzeumi példányokból származó minták vizsgálata segített. A Deliblat homokvidékéről ugyanis ismertek voltak kromoszóma-vizsgálatok, ezek alapján határozták meg a *hungaricus* forma kromoszómaszámát (Savić & Soldatović 1974). A múzeumi minták között ugyanarról a gyűjtési helyről (Susara vagy Fejértelep) származó példányok is szerepeltek, melyek szekvenciája szintén megegyezett a battonyai és a mezőtúri példányokéval. Így tehát sikerült azonosítani, hogy Battonyán és Mezőtúron a *hungaricus* formához tartozó földikutyák élnek.

A szekvenciák összehasonlítása alapján a Pusztaszentmiklósról (Kolozsvár), a Kolozsvári Szénafüvekről, illetve az apahidai Melegvölgyből, Szamosújvárról valamint Hajdúhadházzal, Debrecen-Józsáról és Hajdúbagosról származó minták (18. ábra, 1-6 lelőhelyek) egyazon formához tartoznak, mely a citogenetikai vizsgálatok eredményei alapján (Németh et al. 2006, 2009, Raicu et al 1968) a *transsylvaniaicus* nevű formával azonos. Az előbb említett populációk szekvenciái csaknem teljesen azonosak voltak egymással, ugyanakkor a további minták szekvenciáitól jelentősen különböztek.

Rákos (Budapest), Dabas, Törökszentmiklós, Mezőtúr, Köröstarcsa, Hódmezővásárhely, Mezőhegyes, Kunágota, Battonya, Vajdahunyad és Fejértelep lelőhelyekről származó minták (18. ábra, 7-17 lelőhelyek) a szekvenciák összehasonlítása alapján mindannyian egy, az előzőtől eltérő formához tartoznak. A fejértelepi (Susara) populációban elvégzett citogenetikai vizsgálatok eredményei alapján (Savić & Soldatović 1974, 1984) pedig ez a forma a *hungaricus* névvel azonos. Az előbb említett populációk szekvenciái nagymértékben hasonlítottak egymáshoz, ugyanakkor a többi minták szekvenciáitól jelentősen különböztek.

Kelebia és Szabadka lelőhelyekről (18. ábra, 18-19 lelőhelyek) származó minták szekvenciái gyakorlatilag megegyeztek egymással, viszont az összes többi minták szekvenciáitól sokkal jobban különböztek, mint a korábban tárgyalt minták bármelyike egymástól. Ezek a minták a citogenetikai vizsgálatok eredményei alapján (Savić & Soldatović 1974, 1983, Csorba et al. 2009) a *montanosyrmiensis* nevű formával azonosíthatóak.

#### 4.4. A kárpát-medencei földikutyák feltételezett múltbeli elterjedése

A szakirodalom áttanulmányozásával és a Magyar Természettudományi Múzeum Emlősgyűjteményi Adatbázisában tárolt információk alapján összeállítottam a Kárpát-medence valamennyi ismert földikutyá előfordulási helyének listáját. A lelőhelyek nevei, az utolsó ismert adat dátuma, valamint az adatok forrása a 1. és a 2. Függelékben található. Az egykori előfordulási helyeket, valamint az egyes taxonok összegyűjtött irodalmi adatok és saját genetikai vizsgálatok alapján megállapított, feltételezett elterjedési területeit térképen ábrázoltam (30. ábra).

##### 4.4.1. A nyugati földikutyá (Nannospalax (*superspecies leucodon*)) fajcsoport

A Kárpát-medence földikutyák számára élőhelyként alkalmas vidékeinek túlnyomó többségén a nyugati földikutyá fajcsoport (*Nannospalax (superspecies leucodon)*) képviselői éltek egykoron. A mai Magyarország valamennyi földikutyá élőhelyén ezek a földikutyák voltak megtalálhatóak. Ugyanez a helyzet a Vajdaságban is. Erdély északi részén pedig déli irányban Kolozsvárig, valamint Erdély déli részén kelet felé Vajdahunyad térségéig, szintén a nyugati földikutyá volt honos. Minthogy a nyugati földikutyá több formát foglal magába, ezek rekonstruált elterjedését ismerttetem a következőkben:

##### A transsylvanicus forma

A forma egykor elterjedési területének (30. ábra) keleti, délkeleti határa Kolozsvár közelébe esik. A legkeletibb biztosan ehhez a formához tartozó élőhely Szamosújvár (Gherla) közeléből ismert. Néhány, az Erdélyi-medence keleti részére eső lelőhely esetében nem tisztázott, hogy a nyugati földikutyá (*Nannospalax (superspecies leucodon)*) vagy a bukovinai földikutyá (*Spalax graecus*) lelőhelyével állunk-e szemben. E probléma részletes tárgyalása a bukovinai földikutyánál található (a 4.4.2 fejezetben). A forma tehát a Szamosmenti-hátság és az Erdélyi Mezőség nyugati, Szamos melletti vidékén volt honos. Nyugat felé haladva az elterjedési terület Kalotaszeg északi peremén (Bánffyhunjad) és a Szilágyságon (Szilágycsehi) keresztül fut ki a Partiumra. Nyugat felé tovább követe a forma elterjedési területét az Érmellék, a Nyírség és a Hajdúság tájai következnek. Majd a Szabolcsi Tiszaháton és a Nyíri-Mezőségen keresztül az Abaúji-síkságon érjük el az elterjedési terület legnyugatibb részét.

### A hungaricus forma

Talán a legnagyobb elterjedési területű forma lehetett a Kárpát-medencében (30. ábra). A múzeumi adatok alapján elterjedésének legészaknyugatibb vidéke a Pesti-síkság volt, ahonnan számos lelőhelyét ismerték (Vác, Dunakeszi, Ördögmalom, Rákos, Budapest). Délkelet felé haladva az egykori elterjedés mentén a Gödöllői-dombvidék és a Monor-Irsai-dombvidék érintésével az Észak-Kiskunság és a Közép-Kiskunság tájaira jutunk. Majd a Nagy-kunságon és a Tiszazugon keresztül a Tisza-Maros szögébe érkezünk. Helyenként az elterjedési terület a Dél-Kiskunság legkeletibb részeit is eléri (Szeged, Kistelek). Az elterjedés dél felé Torontál vidékén, a Bánsági-alföldön (Temesköz) majd a Nyugat-Bánságban folytatódik egészen a Deliblát homokpusztájáig. Nyugat felé az elterjedési terület eléri a Szabadkai-homokhátság keleti peremét (Hajdújárás). Ugyanakkor keleti irányban Erdély felé Kenyérmezőig és a Hátszegi-medencéig nyúlik (Szászváros, Hátszeg, Vajdahunyad). Azonban hogy a forma elterjedési területe keleti irányban mennyire mélyen nyúlt be az Erdélyi-medencébe, a jelenleg rendelkezésre álló adatok alapján egyértelműen nem állapítható meg. E forma elterjedési területe kis mértékben kilép a klasszikus értelemben vett Kárpát-medencéből és Közép-Szerbia északi részére (Šumadija régió) is áttérjed, az Avalai-dombok északkeleti lankáig hatolva.

### A syrmiensis forma

E forma egykori elterjedési területének (30. ábra) rekonstruálása jelentette a legnagyobb nehézséget. A rendelkezésre álló adatok alapján nem is lehet teljes bizonyossággal megtenni. Csak néhány adata ismert a formának, ám azok a lelőhelyek egymástól nagy távolságra fekszenek. Már a forma elterjedésének északi határa sem egyértelmű. A Kisalföldről ismert ugyanis négy földikútya előfordulási adat (Sopron, Csepreg, Igmánd, Pusztaszentmihály), nem maradt fenn példány. Méhely sem tudott egyértelműen állást foglalni, véleménye szerint vagy a *hungaricus*, vagy a *syrmiensis* forma élhetett a területen (Méhely 1909). Egy 1925-ből a Mezőföldről (Sárszentmihály) származó és *syrmiensis*-nek határozott példány erősíti azt a gyanút, hogy talán a teljes Dunántúlon ez a forma élhetett egykor. A Dunántúlról ugyanis bár csak két begyűjtött példány maradt fenn múzeumi gyűjteményben, a két példány egymástól nagy

távolságból származik (Baltonlelle, Sárszentmihály), és mindkettő a *syrmiensis* formához sorolható. Gyanítható tehát, hogy a *syrmiensis* forma fordult elő a Mezőföld, a Sárret és talán a Vértesalja vidékén is. Nyugati irányban Külső-Somogyban és talán a Somogyi-dombságon keresztül a Zalai-dombságig is elnyúlt az elterjedési területe (Orosz 1904). Talán a Kisalföldön is ez a forma fordult elő, s ez a vidék (Soproni-medence, mely valószínűleg a Rábaközön keresztül összeköttetésben állt a Győr-Tatai-síksággal) lehetett elterjedésének északi határa. Dél felé követve az elterjedési adatokat, a következő biztosan ismert lelőhelyei a Szerémségből származnak. Az azonban rejtélyes, hogy mely vidékeken állt összeköttetésben a dunántúli előfordulás azokkal a lelőhelyekkel. Két spekulatív lehetőség áll fenn, vagy a Dél-Mezőföld felől a Sárköz, a Szekszárdi-dombság és a Geresdi-dombságon keresztül a Mohácsi-síkságon át, vagy pedig a Somogyi-dombság irányából a Dél-dunántúli-síkságon (Középső-Drávamellék, Ormánság, Mohácsi-síkság) keresztül. Esetleg mindkét útvonalon is kapcsolatban állhattak, a szintén csak feltételezett, szlavóniai állománnyal, ami a hidat jelenthette a Szerémség felé. Azonban egyik vidékről sem áll rendelkezésre semmilyen, a földikutya jelenlétre utaló bizonyíték sem. Déli irányban a következő biztos lelőhelyek a Száva mindkét partján megtalálhatók. A Szerémségből régóta vannak ismert lelőhelyei a formának (Szávaszentdemeter, Ruma, Ó-Pauza). A Száva jobb partjáról (az egykori Alsó-Szerém, későbbi Macsótság), mely klasszikus értelemben már nem a Kárpát-medence, Savić és Soldatović jelezték a forma jelenlétét Bogatic közeléből (Savić & Soldatović 1974). Emellett a Duna mentén még egy sor lelőhelyről tudósítottak (Udovice, Visnjica, Banovo brdo, Kosutnjak) (Savić & Soldatović 1984). Ezek az előfordulási helyek jelentik a forma elterjedésének déli határát. Ezekről délebbre már más, balkáni formák népesítik be a földikutya lelőhelyeket.

#### A montanosyrmiensis forma

A legkevésbé ismert forma, mindössze két populációjáról tudunk, és négy lelőhelyéről (Stražilovo, Čortanovci, Subotićka peščara és Kelebia) (30. ábra). Két előfordulási adata van a Fruška gora hegylábi részeiről, melyek valószínűleg a forma egykori elterjedési területének déli határát jelentik, minthogy ettől délebbre már a *syrmiensis* forma lelőhelyeit találjuk. Észak felé haladva a következő ismert lelőhelye a Szabadkai-homokhátságon van a mai szerb-magyar államhatár két oldalán (Subotićka peščara, Kelebia). Valószínű tehát, hogy a forma észak-déli irányú elterjedési területtel rendelkezett, mely délen a Szerémségig tartott. Onnan a Bánságon keresztül a Szabadkai-homokhátságig és a Dél-Kiskunságig érhetett. Elterjedési területének pontos északi határa ismeretlen, valószínűleg tovább folytatódhatott észak felé, de

adatok hiányában nem állapítható meg, hogy a Duna-Tisza közötti hátságon hol érhetett véget.

#### 4.4.2. A bukovinai földikutyá (Spalax graecus)

A bukovinai földikutyának (*Spalax graecus*) egy földrajzilag teljesen elszigetelt formája él a Kárpát-medencében (30. ábra). Talán ez a legrejtélyesebb taxon valamennyi kárpát-medencei földikutyá közül, hiszen elterjedéséről szinte semmi biztosat nem lehetett tudni egészen mostanáig. A probléma gyökerei messzire vezetnek vissza. Az erdélyi földikutyá előfordulási helyeinek feltérképezése legnagyobb részt a XIX. század végén zajlott, amikor a tudományos körökben csupán egyetlen földikutyafaj létét fogadták el. Ezért az előfordulási helyek csupán mint „a földikutyá” előfordulásai lettek lejegyezve. Mikor Méhely A földi-kutyák fajtái (Méhely 1909) című művét megírta, Erdélyből kizárólag a nyugati földikutyá (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) fajcsoportba tartozó *transsylvanicus* nevű forma észak-erdélyi élőhelyeiről rendelkezett példányokkal, ezért valamennyi erdélyi földikutyá lelőhelyét ennek a formának az élőhelyeként kezelte. Valójában Méhely is ismert egy nagy testű földikutyát Erdélyből, azonban azt csupán régészeti, szub-fosszilis leletanyagból, ezért azt, egy mára már kihalt földikutyának tartva *Spalax graecus antiquus* -nak nevezte el. Szunyoghy Jánosnak tűnt fel, hogy a Magyar Természettudományi Múzeum (abban az időben a Magyar Nemzeti Múzeum része volt) gyűjteményében található három, Erdélyből származó, de biztosan nem a kis testű földikutyák (*Nannospalax*) közé tartozó recens példány. Ezeket megvizsgálva, úgy találta, hogy a bukovinai földikutyá (*Spalax graecus*) egy ma is élő alfaját képviselik és *Spalax graecus mezősegiensis* névre keresztelte őket (Szunyoghy 1937). Azonban a háborús időkben nem, és sajnos később sem került sor további vizsgálatokra és gyűjtésekre, melyek az új alfaj elterjedését tisztázták volna. Így a Méhely által a *transsylvanicus* forma lelőhelyével azonosított korábbi, erdélyi, földikutyá lelőhelyek valódi azonosítása napjainkig nem történt meg. Egészen pontosan azokig a vizsgálatokig, melyek során az erdélyi nagy testű földikutyák (*Spalax graecus antiquus* és/vagy *Spalax graecus mezősegiensis*) elterjedését próbáltuk meg feltérképezni, s melyek részletes ismertetése a 4.7. fejezetben olvasható. A terepi vizsgálatoknak köszönhetően sikerült rekonstruálni ennek a földikutyafajnak az egykori kárpát-medencei elterjedését (2. Függelék). A 31. ábra azt mutatja meg, hogy a taxonómiai és elterjedési területekre vonatkozó ismeretek bővülésével miként vált árnyaltabbá az Erdélyi-medence földikutyáiról kialakított kép.

Mindezek alapján megállapítható, hogy az Erdélyben élő bukovinai földikutyák (*Spalax graecus*) elterjedésének északi, északnyugati határát többé-kevésbé a Szamos jelenti. Az erdélyi elterjedési terület kiterjedt az Erdélyi Mezősége, továbbá Aranyosszékre, Marosszékre, a Maros-mezőre és a Küküllőkközi-dombságra. Valószínűleg ez a faj élt Szászföldön (Székások dombsága, Hortobágy-dombság és Oltmelléki-dombság) és a Szebeni-medencében is, bár a nyugati és a bukovinai földikutyák dél-erdélyi elterjedési területeinek határa nem teljesen egyértelmű.

#### **4.5. A kárpát-medencei földikutya taxonok rekonstruált elterjedése és a klíma kapcsolata**

##### *4.5.1. A statisztikai elemzések eredményei*

A magyarországi klíma adatok főkomponens analízise megmutatta (32. ábra), hogy a hazánkban előforduló kromoszómális formák elkülönülnek egymástól a magyarországi élőhelyeik éghajlata alapján. Az látható, hogy az egyes formák élőhelyei nem keverednek egymással, hanem egymástól elkülönülve találjuk őket. A kárpát-medencei klimatikus adatok főkomponens analízise (33. ábra) viszont kevésbé mutat határozott elkülönülést. Az ábrán látható, hogy a bukovinai földikutya (*Spalax graecus*) erdélyi populációi még többé-kevésbé határozottan elkülönülnek a többi földikutya élőhelytől, azonban a nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) fajcsoportba tartozó kárpát-medencei formák elkülönülése már kevésbé egyértelmű. Ez utóbbi fajcsoportba tartozó formák közül a *transsylvanicus* élőhelyei különülnek el legjobban, a többi élőhelyeket viszont első ránézésre teljesen keverten találjuk. Ha alaposabban szemügyre vesszük, látható ugyan, hogy a *montanosyrmiensis* és a *hungaricus* előfordulási helyei sem keverednek egymással, azonban a *syrmiensis* nevű forma előfordulási helyeit az előző két forma élőhelyei között találjuk. Az első komponens (y tengely), mely a teljes variancia 49,144%-át magyarázza, leginkább a csapadék adatoknak feleltethető meg, a második komponens (x tengely) pedig, mely a teljes variancia 14,046%-át magyarázza, leginkább a hőmérsékleti adatokkal azonosítható. Így a két tengely által felosztott tér némi egyszerűsítéssel négy klimatikus zónának feleltethető meg, úgymint „száraz és meleg”, „nedves és meleg”, „hűvös és száraz” valamint „hűvös és nedves”. Az öt kárpát-medencei taxon közül a *montanosyrmiensis* formát leszámítva egyik sem azonosítható kizárólagosan egyik klímátípussal sem. A bukovinai földikutya előfordulási helyeinek zöme a „száraz és hűvös” zónába tartozik, azonban két előfordulási adata

(Nagyszében, Vízakna) a „hűvös és nedves” zóna szélén található. A nyugati földikutya fajcsoportba tartozó *transsylvanicus* forma erdélyi előfordulási helyei a „nedves és hűvös”, míg nyírségi és hajdúsági élőhelyei a „nedves-hűvös” és a „száraz-hűvös” zóna határán, hernád-völgyi (Méra) előfordulási adata pedig a „száraz és nedves” zónába esik. A *hungaricus* forma előfordulási adatainak többsége a koordináta rendszer „meleg” zónájában található, csupán a Hátszegi-medence előfordulási helyeit (Szászváros, Hátszeg, Vajdahunyad) találjuk a „hűvös és nedves” zóna szélén. Az előfordulási adatok jelentős része (Alföld) a „meleg és száraz” zónában található, de a vajdasági előfordulási helyeket mind a „meleg és nedves” zónában láthatjuk. A *montanosyrmiensis* forma mindkét populációja a „meleg és nedves” zónában található. A *syrmiensis* forma élőhelyei viszont a *hungaricus* és a *montanosyrmiensis* formák előfordulási helyei között a koordináta-rendszer „meleg” zónájában fordulnak elő.

A két adatsor (magyarországi és kárpát-medencei) között az a különbség, hogy míg a magyarországit finom térbeli és skálázási (0,5°C-os hőmérsékleti és 5 mm-es csapadék) felbontás jellemzi, továbbá az időjárási szélsőségeket megjelenítő klimatikus adatok (speciális jellemzőjű napok száma) is megtalálhatóak benne, addig a kárpát-medenceiekre a durva felbontású (2,5°C-os hőmérsékleti és 50 mm-es havi illetve 100 mm-es éves csapadék) skála jellemző és kizárólag hőmérsékleti és csapadék adatokat tartalmazott. Mivel kíváncsiak voltunk arra, hogy a klimatikus szélsőségek mennyire fontos szerepet játszhatnak a kárpát-medencei taxonok élőhelyeinek éghajlati elkülönülésében, megvizsgáltuk a magyarországi adatsort úgy is, hogy a hőmérséklet és csapadék adatok felülreprezentáltságát megszüntettük. Ez a gyakorlatban azt jelentette, hogy az egyes hónapok hőmérséklet és csapadék adatait nem vettük figyelembe, csupán az éves átlagokat, továbbá a téli és nyári félévek értékeit vizsgáltuk meg a „napok száma” jellegű adatokkal. Mindez segített annak megállapításában is, hogy a két adatsor közötti különbségek közül az eltérő skálázás vagy az időjárási szélsőségeket megjelenítő klimatikus adatok voltak-e a meghatározóbbak az eltérő eredmények létrejötté szempontjából. Főkomponens analízist végeztünk ezekre az adatokra is. Az eredmények (34. ábra) a teljes magyarországi klíma adatsor vizsgálata során tapasztaltnál nagyobb fokú elkülönülést mutattak. Ezért felvetődött, hogy ez az elkülönülés akár szignifikáns is lehet. Ennek kiderítése érdekében ANOSIM elemzést végeztünk. A *montanosyrmiensis* formát, mivel az csak egyetlen előfordulási hellyel képviseltette magát, ki kellett hagyni a további vizsgálatokból. A teljes adatsorra a  $p < 0,0001$  adódott, vagyis biztosan vannak élőhelyeik klimatikus adottságai szempontjából szignifikánsan különböző taxonok. Ahhoz, hogy megállapíthassuk, vajon az egyes taxonok elkülönülése szignifikáns-e, először Bonferroni



korrekciót kellett végezni. Ezt követően a páronkénti elemzések megmutatták, hogy a *syrmiensis* és a *transsylvanicus* ( $p=0,0006$ ), a *transsylvanicus* és a *hungaricus* ( $p<0,0001$ ), valamint a *hungaricus* és a *syrmiensis* ( $p=0,0006$ ) élőhelyeinek klímája között szignifikáns különbség van. Hogy kiderítsük, mely klimatikus változók okozzák a szignifikáns különbségeket, SIMPER elemzést végeztünk. Kiderült, hogy a fagyos napok és a nyári napok száma okozza az eltérések közel felét (48,03%-át). A harmadik legfontosabb értéknek pedig a hótakarós napok száma bizonyult (35. ábra).

A következő két részben tekintsük át röviden, hogy pontosan milyen is az egyes kárpát-medencei földikutya taxonok elterjedési területének a klímája.

#### 4.5.2. A kárpát-medencei, nyugati földikutya (*Nannospalax (superspecies leucodon)*) formák elterjedési területének klímája

##### A transsylvanicus forma

Az előfordulási helyekhez rendelt klimatikus adatok alapján a forma rekonstruált magyarországi elterjedési területén az éves átlaghőmérséklet mindenhol 10 °C alatt van. A *transsylvanicus* forma egykori elterjedési területe melegszik fel leglassabban tavasszal a földikutyák teljes kárpát-medencei elterjedési területén belül. Áprilisra valamennyi forma elterjedési területén körülbelül azonos lesz a hőmérséklet, mely a nyár során végig így is marad. Azonban októbertől kezdve ismét sokkal gyorsabban hűl ennek a formának az elterjedési területén a hőmérséklet, mint bármelyik másikén. Így tavasszal, télen és ősszel a *transsylvanicus* forma elterjedésén a hőmérséklet bármely más kárpát-medencei formáénál jóval alacsonyabban van. Tehát a földikutyák teljes kárpát-medencei elterjedési területének leghidegebb részén a *transsylvanicus* forma él. Az elterjedési terület nyugati határát jól magyarázza a fagyos napok ( $t_{\min} < 0$  °C) magas száma a *transsylvanicus* élőhelyein. Mintegy 110-130 fagyos nap/év. A téli napok ( $t_{\max} < 0$  °C) éves száma szintén magas, átlagosan 35-50 nap között mozog egy évben a forma hazai elterjedési területén. A havas és a hótakarós napok évi száma szintén magas. Előbbi 30-40, utóbbi 45-55 között mozog. A forma elterjedésének nyugati határát szinte pontosan megrajzolja az 550 mm átlagos éves csapadékösszeg vonala. A forma teljes magyarországi elterjedési területe az 550-600 mm éves átlagos csapadékösszegű zónába esik. Az erdélyi elterjedési területén pedig 600-700 mm az átlagos éves csapadékösszeg. Vagyis a teljes elterjedési terület éves csapadékösszege átlagosan 550-

700 mm között mozog. Az átlagosan tízévenként bekövetkező aszályosság mértéke ( $PAI_{10\%}: ^\circ C/100 \text{ mm}$ ) alapján szintén jól látható a forma nyugati elterjedésének határa, amit a  $6,50 PAI_{10\%}: ^\circ C/100 \text{ mm}$ -es vonal jelez. A forma kizárólag az ennél kevésbé aszályos területeken fordul elő. Összefoglalva, ennyire fagyos, télies zónában más földikutya forma nem fordul elő Magyarországon.

### A hungaricus forma

Az előfordulási helyekhez rendelt klimatikus adatok alapján a forma rekonstruált magyarországi elterjedési területén az éves átlaghőmérséklet mindenhol  $10 ^\circ C$  fölött van, sok helyen több mint fél fokkal is meghaladja azt. Az egykori hazai elterjedési terület a tél során viszonylag hidegnek mondható. Ugyanakkor meglehetősen gyorsan melegszik fel a tavasz során, hiszen februárra már Magyarország legmelegebb területeit a forma elterjedési területén találjuk. Ez az állapot a nyár során végig megmarad, sőt ősszel is kitart, és csak decemberre lesz hidegebb más hazai tájaknál. A nyári napok ( $t_{\max} >25 ^\circ C$ ) átlagos éves száma e forma elterjedési területén a legmagasabb. Az elterjedési terület több pontján átlagosan 85-nél több a nyári napok száma évente. A hőségnapok ( $t_{\max} >30 ^\circ C$ ) éves száma szintén a forma elterjedési területén a legnagyobb a földikutyák számára alkalmas kárpát-medencei élőhelyek között. Ezek száma mindenhol meghaladja a 20 hőségnapot évente, de helyenként a 24 napot is. A fagyos napok ( $t_{\min} <0 ^\circ C$ ) évi átlagos száma a hazai viszonyok között közepes értéket mutat, évi átlagos 85-100 nappal. A téli napok ( $t_{\max} <0 ^\circ C$ ) száma viszont kifejezetten kevésnek mondható, évi átlagos 20-35 nap értékkel. Az elterjedési területen mindenhol 600 mm vagy az alatti az éves átlagos csapadék összege. De kiterjedt részein 500 mm alatti, s csak kevés helyen haladja meg az 550 mm-t. Az év során minden hónapban kevesebb csapadék éri a forma egykori elterjedési területét, mint a szomszédos formák által egykor lakott vidékeket. Így a forma elterjedési területe a Kárpát-medence földikutyák számára alkalmas területei közül a legszárazabb vidékeket foglalja magába. Mind a havas (átlagosan 23-28 nap/év), mind a hótakarós (átlagosan 30-40 nap/év) napok száma alacsonynak mondható a hazai elterjedési területen. Az átlagosan tízévenként bekövetkező aszályosság mértéke ( $PAI_{10\%}: ^\circ C/100 \text{ mm}$ ) alapján az elterjedési terület igen nagy része a klimatikusan leginkább aszályveszélyes zónában található. Összefoglalva, a forma a Kárpát-medencének a legforróbb, legszárazabb és leginkább aszályos vidékein él, ahol a klimatikus szélsőségek a leginkább gyakoriak.

### A syrmienensis forma

Az előfordulási helyekhez rendelt klimatikus adatok alapján a forma rekonstruált magyarországi elterjedési területén az éves átlaghőmérséklet mindenhol 10 °C körül mozog. A hazai elterjedési területen a tél kifejezetten enyhének mondható. Valamennyi kárpát-medencei forma elterjedési területe közül e forma egykori elterjedési területén a legenyhébb a tél. Tavasszal viszonylag gyorsabban melegszik fel a hőmérséklet a forma hazai elterjedési területén. Ugyanakkor a nyár során a forma élőhelyeinek a klímája enyhébb a többi forma elterjedési területének klímájánál. Ősszel az előbb tárgyalt két formához hasonlítva viszonylag lassan hűl le a hőmérséklet a forma rekonstruált hazai elterjedési területén. A nyári napok ( $t_{\max} > 25 \text{ °C}$ ) száma viszonylag magas, de a hőségnapok ( $t_{\max} > 30 \text{ °C}$ ) száma alacsony. Az előbbi átlagosan 60-80 nap körül van, az utóbbi átlagosan 10-17 nap évente. A fagyos napok ( $t_{\min} < 0 \text{ °C}$ ) száma viszonylag alacsony (átlagosan 85-100 nap/év), a téli napoké ( $t_{\max} < 0 \text{ °C}$ ) pedig kifejezetten alacsony (átlagosan 20-25 nap/év). Az egykori elterjedési terület túlnyomó részén a 600 mm-t is meghaladja az átlagos évi csapadékösszeg, a legnagyobb részén pedig 600-650 mm között változik. Azonban vannak olyan részei az elterjedési területnek, ahol csak 550-600 mm közötti csapadékmennyiség hull átlagosan az év során. Ugyanakkor minden hónapban valamivel több csapadék éri az elterjedési területet, mint bármelyik másik forma elterjedési területét. A forma rekonstruált elterjedési területének klímája szélsőségektől mentes, kiegyenlítettnek mondható, s a legtöbb csapadékot kapja a földikutyák kárpát-medencei élőhelyei közül.

### A montanosyrmienensis forma

Minthogy e forma elterjedési térképének megrajzolásához mindössze négy előfordulási adat állt rendelkezésre, csupán e négy hely klímáját tudom röviden bemutatni.

E területek évi átlagos középhőmérséklete 10 °C fölött van, ami a *hungaricus* forma elterjedéséhez hasonló. Az év során a terület hőmérsékletének változása szintén a *hungaricus* formánál megfigyeltekhez hasonló. Talán csak egy kissé hűvösebb annál, de a különbség nem számottevő. Mind a nyári napok ( $t_{\max} > 25 \text{ °C}$ ), mind a hőségnapok ( $t_{\max} > 30 \text{ °C}$ ) száma alacsonyabb, mint a *hungaricus* forma elterjedési területén megfigyelhető. Az előbbi átlagosan 70-75 nap/év, az utóbbi 20-22 nap/év közelében mozog. A fagyos napok ( $t_{\min} < 0 \text{ °C}$ ) (85-95 nap/év) és a téli napok ( $t_{\max} < 0 \text{ °C}$ ) száma (20-25 nap/év) nem különbözik számottevően a *hungaricus* formánál megállapítottaktól. Az éves átlagos csapadék a

*montanosyrmiensis* forma előfordulási helyein 550-600 mm. A csapadék éves megoszlása a *hungaricus* formánál látottakhoz hasonló, azonban majdnem minden hónapban kis mértékben csapadékosabb annál. Az átlagosan tízévenként bekövetkező aszályosság mértékének (PAI<sub>10%</sub>: °C/100 mm) tekintetében lehet egyedül számottevő különbséget felfedezni a *hungaricus* forma elterjedési területének klímájával szemben. Míg a *hungaricus* forma elterjedése a leginkább veszélyeztetett aszályossági szempontból, addig a *montanosyrmiensis* elterjedési területe sokkal kevésbé veszélyeztetett. Összességében elmondható, hogy a forma elterjedési területének a klímája forró és száraz, de aszály által kevésbé sújtott, és az időjárási szélsőségeknek kevésbé kitett, mint a *hungaricus* forma elterjedési területe.

#### 4.5.2. A bukovinai földikutya (*Spalax graecus*) kárpát-medencei elterjedése és a klíma kapcsolata

A Kárpát-medencén belüli bukovinai földikutya (*Spalax graecus*) állományok Erdély legmelegebb és leginkább száraz területein élnek. Az előfordulási helyeken a tél hideg és viszonylag sokáig tart, ugyanakkor májusban és júniusban már az Alfölddel azonos hőmérsékletűek az élőhelyek. A nyár közepe és vége valamivel hűvösebb, mint az Alföldön, ősszel pedig gyorsan csökken a hőmérséklet. Az éves átlaghőmérséklet 7,5 °C. Az éves átlagos csapadékösszeg 600 mm alatt van.

A faj elterjedési területe klimatikus szempontból, a még a sokkal rosszabb felbontású kárpát-medencei klímaterképek adatai alapján is, határozottan elkülönül a nyugati földikutya fajcsoport bármely formájától.

#### 4.6. A kárpát-medencei földikutya taxonok elterjedése talajtani térképekkel összevetve

Tekintettel arra, hogy hazánkban elsősorban genetikai talajosztályozási rendszerek használatosak széles körben, a környező országokból, illetve az alcsalád elterjedési területének távolabbi részeiből hozzáférhető talajterképek viszont leginkább diagnosztikus osztályozási rendszereket követnek, így a hazánkon kívüli területeket és régiókat külön pontokban tárgyalom. A diagnosztikai osztályozási rendszert használó talajterképek felhasználása és elemzése során az egyszerűbb azonosíthatóság végett a szakirodalomban elterjedt angol talajtípus neveket használom. Az esetleges hazai talajtípusokkal való összevethetőség érdekében az angol talajtípus nevek magyar megfeleltetése a 8. Függelékben

található. A magyarországi elterjedési viszonyok és talajtérképek kapcsolatának a többi országokétól elkülönült tárgyalását még inkább indokolja az is, hogy hazánkból a talajok fizikai és kémiai tulajdonságait bemutató részletes térképek is rendelkezésre állnak, melyek elmélyültebb vizsgálódást is lehetővé tesznek.

#### 4.6.1. A hazai földikútya formák elterjedése talajtani térképekkel összevetve

A magyarországi előfordulási helyek talajtani jellemzőinek főkomponens analízise azt mutatta (36. ábra), hogy a hazánkban előforduló kromoszómális formák nem különülnek el egymástól egyértelműen az élőhelyeik talajtani tulajdonságai alapján. Az látható az ábrán, hogy az egyes formák élőhelyei teljes mértékben keverednek egymással. Annak érdekében, hogy megállapítsuk ténylegesen nincs-e elkülönülés az egyes taxonok élőhelyei között talajtani szempontból, ANOSIM elemzést végeztünk. A *montanosyrmiensis* formát, mivel az csak egyetlen előfordulási hellyel képviseltette magát, ki kellett hagyni a további vizsgálatokból. A teljes adatsorra a  $p=0,5021$  adódott, vagyis statisztikai értelemben nincs olyan csoport az adatok között, mely elkülöníthető lenne a teljes sokaságtól. Ez önmagában is bizonyítja, hogy a talajtani jellemzők szempontjából nem különíthetők el a hazai földikútyák élőhelyei. Azonban kíváncsi voltam arra is, milyen  $p$  értékeket kapunk a páronkénti összehasonlítás során. Ehhez először Bonferroni korrekciót kellett végezni. Ezt követően a páronkénti elemzések azt mutatták, hogy a *syrmiensis* és a *transsylvanicus* ( $p=0,3465$ ), a *transsylvanicus* és a *hungaricus* ( $p=0,1175$ ), valamint a *hungaricus* és a *syrmiensis* ( $p=0,9585$ ) élőhelyeinek talajtani jellemzői alapján szignifikáns különbség nem mutatható ki. A következő sorokban tekintsük át röviden, hogy milyen talajtani jellemzőket találunk a magyarországi földikútya élőhelyeken.

Az előfordulási helyeket fizikai talajféleségük szempontjából vizsgálva, a *transsylvanicus* forma homok, homokos vályog, vályog és agyagos vályog talajtulajdonságú helyeken él. A *hungaricus* forma előfordulási adatai inkább agyagos vályog, agyag és vályog talajtulajdonságú helyekről származnak. De az észak-kiskunsági földikútya élőhelyekre a homok és homokos vályog a jellemző. A *montanosyrmiensis* forma egyetlen ismert hazai előfordulása homokos vályog talajtulajdonságú élőhelyen található. A *syrmiensis* nevű forma előfordulási helyeire pedig a vályog és a homokos vályog a jellemző. Úgy tűnik tehát, hogy a fizikai talajféleségek nem befolyásolják a földikútyák előfordulását, hiszen mindegyik típuson

találunk előfordulási adatot, és valószínűleg a formák elkülönülésének sem lehetnek az okozói.

A talajok kémhatását és mészállapotát vizsgálva az összes földikutya előfordulási adat gyengén savanyú vagy pedig felszíntől karbonátos tulajdonságú helyre esik. Az egyes formák előfordulási adatai között nagyjából egyformán oszlik meg a két típus, így az egyes formák között ebben a tekintetben nem lehet különbséget tenni. Ugyanakkor, mivel az összes magyarországi földikutya előfordulási hely e két típus valamelyikébe tartozik, valószínűsíthető, hogy a más kémhatású vagy mészállapotú talajok nem alkalmasak a földikutyák számára.

A talajok vízgazdálkodási tulajdonságai, úgy tűnik, önmagukban nem befolyásolják a földikutyák elterjedését, hiszen mindenféle típusú vízgazdálkodási tulajdonságú talajon találunk előfordulási adatot.

Az agyagásványok minőségét vizsgálva, semmilyen különbséget nem találtam a formák között. Szinte az összes kategóriába sorolható talajon előfordulnak az egykori és mai földikutya élőhelyek. Valószínűleg ez a tulajdonság önmagában szintén nem befolyásolja a földikutyák elterjedését.

A talajok szervesanyag készlete széles határok között mozog a földikutyák előfordulási helyein (50-400 tonna /ha). Azonban vannak 50 tonna /ha-nál alacsonyabb és 400 tonna /ha-nál magasabb szervesanyag készletű előfordulási adatok is. A legalacsonyabb értékeket a homokvidékekre eső előfordulási helyeken találjuk (Nyírség, Kelebia, Pesti-síkság). A magasabb tápanyagtartalmú talajú élőhelyek alapvetően a löszhátakon jellemzőek (Nagykunság és Békés megye).

A talaj termőrétegének vastagsága szempontjából vizsgálva a földikutyák elterjedését megállapítható, hogy az összes ismert élőhely, kivétel nélkül a 70 cm-nél mélyebb termőrétegű kategóriába tartozik. Az ennél sekélyebb talajok valószínűleg nem alkalmasak a földikutyák számára.

Az egyes előfordulási helyek lejtőkategóriáit megvizsgálva megállapítható, hogy az élőhelyek nagy része az 1%-osnál kisebb lejtőkategóriába tartozik. Néhány élőhely azonban az 1-5%-os lejtő kategóriájába sorolható. Számottevő különbség e tekintetben sem fedezhető fel az egyes formák élőhelyei között.

Megvizsgálva Magyarország genetikus talajtérképét, a következő talajtípusú területeken találunk egykori, vagy mai földikutya élőhelyeket (37. ábra):

- Csernozjom talajok: az élőhelyek többsége (43 előfordulási adat a 68-ból) ilyen talajtípuson fordul elő
- Homoktalajok: viszonylag sok (10 előfordulási adat a 68-ból) előfordulási helyen található homoktalaj
- Réti talajok: valamivel kevesebb (8 előfordulási adat a 68-ból) előfordulási adat esik erre a talajtípusra
- Barna erdőtalajok: még kevesebb (7 előfordulási adat a 68-ból) élőhely található barna erdőtalajú területeken

Az adatok alapján úgy tűnik, hogy a földikutyák kifejezetten kerülnek az elterjedési területükön található következő talajtípusú területeket:

- Vízzátás alatt álló talajtípusok: Az öntéstalajokat valamint láptalajokat a földikutyák minden esetben elkerülik. Bár ezek a talajtípusok előfordulnak a földikutyák számára alapvetően alkalmas élőhelyeken és azok közelében, de egyetlen hiteles észlelési adatot sem ismerünk ilyen talajú területekről.
- Szikesek: egyetlen földikutya adat sem esik szikes területre, ugyanakkor szikes talajú területek közelében fekvő más talajtípusú helyekről vannak földikutya előfordulási adatok, ezért úgy tűnik, a szikes típusokat következetesen kerülnek a földikutyák.
- Váztalajok: Bár viszonylag sok előfordulási adat ismert homoktalajú területről, azok túlnyomó többsége kötött homokon lévő humuszos homoktalajra esik. Hazánk nagy futóhomokos vidékeit (Kiskunság és a Nyírség központi része), az ismert előfordulási adatok szerint, a földikutyák elkerülik. Ugyan 3 előfordulási adat (Kelebia, Hajdúhadház, Téglás) a 68 ismert hazai közül a térképek szerint futóhomokon található, azonban ezek közül a két máig létező állomány (Kelebia, Hajdúhadház) élőhelyét ismerve kijelenthető, hogy mindkettő valójában kötött, azaz humuszos homoktalajon fekszik. Vagyis, bár táji léptékben a futóhomok lehet a domináns az említett három előfordulási hely közelében, a földikutyák azonban csakis a kötött, humuszos homoktalajú foltokban fordulnak elő, és valószínűleg fordultak elő mindig is.

Az egyes földikutya formák elterjedési területei között sem a talajok fizikai és kémiai tulajdonságai, sem pedig a talajtípusok tekintetében nem találtam különbséget, így elkülönülésükért valószínűleg nem az élőhelyeik talajtípusa tehető felelőssé.

#### 4.6.2. A kárpát-medencei földikutya taxonok elterjedése talajtani térképekkel összevetve

Mivel a Kárpát-medence Magyarország határain túli területein a talajok fizikai és kémiai tulajdonságait, hozzáférhető adatok hiányában, nem tudtam megvizsgálni, ezért az alább következő két részben csak a talajok típusát és altípusát tárgyalom.

##### A nyugati földikutya (*Nannospalax (superspecies leucodon)*) fajcsoport

A nyugati földikutya fajcsoportba tartozó földikutyáknak a vizsgált térségben (mely alatt a Kárpát-medence egészét értem, beleértve a fentebb, külön fejezetben már megtárgyalt magyarországi előfordulási helyeket is) a következő talajtípusú élőhelyekről ismertek előfordulási adatai (38. ábra):

- Arenosol: viszonylag sok élőhelyen (12 előfordulási adat a 122-ből) találunk ebbe a talajtípusba tartozó talajokat
- Cambisol: az előzőnél alig kevesebb (10 előfordulási adat a 122-ből) előfordulási helyen található cambisol talajok, így erre is azt mondhatjuk, hogy viszonylag sok előfordulási adat ismert erről a talajtípusról
- Chernozem: igaz, hogy nem sokkal haladja meg az előző két típus gyakoriságát (16 előfordulási adat a 122-ből) mégis ez a második leggyakoribb talajtípus, amit a földikutyák ismert előfordulási helyein találunk.
- Fluvisol: kevés (4 előfordulási adat a 122-ből) élőhely található ilyen talajtípusú területen
- Gleysol: kevés (2 előfordulási adat a 122-ből) élőhely található ilyen talajtípusú területen
- Histosol: kevés (1 előfordulási adat a 122-ből) élőhely található ilyen talajtípusú területen
- Luvisol: viszonylag kevés (5 előfordulási adat a 122-ből) élőhely található ilyen talajtípusú területen



- Phaeozem: nagyon sok élőhelyen (48 előfordulási adat a 122-ből) találunk ebbe a talajtípusba tartozó talajokat, így ez a leggyakoribb talajtípus a nyugati földikutya fajcsoport tagjainak kárpát-medencei élőhelyein
- Planosol: kevés (1 előfordulási adat a 122-ből) élőhely található ilyen talajtípusú területen
- Solonetz: kevés (1 előfordulási adat a 122-ből) élőhelyen található ilyen talajtípusú területen. Valószínűleg az az egy adat is a forrásként használt mű (Soil Atlas of Europe (Jones et al. 2005)) pontatlanságából fakad, hiszen a részletesebb magyar forrásművek (Országos Meteorológiai Intézet 1960, Carthographia 1999, Ángyán et al 1994) mindegyikén (réti) csernozjom talajtípust jelölnek Szarvas térségében.
- Umbisol: kevés (1 előfordulási adat a 122-ből) élőhelyen található ilyen talajtípusú területen
- Vertisol: kevés (4 előfordulási adat a 122-ből) élőhelyen található ilyen talajtípusú területen

Az egyes a nyugati földikutya fajcsoportba tartozó földikutya formák elterjedési területei között a talajtípusok tekintetében kárpát-medencei léptékben sem találtam jelentős különbséget, így elkülönülésükért valószínűleg nem az élőhelyeik talajtípusa tehető felelősé.

#### A bukovinai földikutya (*Spalax graecus*)

A bukovinai földikutya (*Spalax graecus*) élőhelyei talajtani szempontból nem különböznek lényegesen a nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) transsylvaniaicus és hungaricus nevű formáinak élőhelyeitől (39. ábra). Az ismert populációik legtöbbször (11 előfordulási adat a 17-ből) Phaeozem (Haplic- és Luvic Phaeozem) típusú talajokon él. Emellett sok (5 előfordulási adat a 17-ből) előfordulási adat ismert még Luvisol (Haplic és Stagnic Luvisol) talajtípusú területről valamint egy adat Cambisol (Eutric Cambisol) talajú területről.

Ebből az is látszik, hogy a bukovinai földikutya sem különül el markánsan az élőhelyek talajtípusai szempontjából a nyugati földikutya fajcsoport kárpát-medencei képviselőitől.

#### **4.7. A földikutya taxonok jelenlegi elterjedésének térképezése a Kárpát-medencében és a fennmaradásukat veszélyeztető tényezők számbavétele**

##### *4.7.1. Nannospalax és Spalax genus-ok elkülönítése járatméret alapján*

A fogással azonosított földikutyafajok élőhelyein a járatok méretei alapján úgy találtuk, hogy a két genus járatainak mérete jelentősen különbözik (40. ábra). Az adatokra egyutas MANOVA-t végezve szignifikáns különbséget találtunk (Wilks lambda=0,428 df 1= 2, df 2= 153, F= 102,18 p= 2.2 x 10<sup>-16</sup>) a két faj járatainak mérete között. A *Nannospalax* genusba tartozó földikutyák járatainak átmérője 4 és 8 cm között változott, de a legjellemzőbb a 6-8 cm-es járatszélesség volt. A *Spalax* genusba tartozó földikutyák járatai ezzel szemben 6,5 és 11, 5 cm között változtak. A leggyakoribb járatszélességek 8 és 10 cm között voltak. Bár a járatméretek szórásának van átfedő tartománya 6,5 és 8 cm között, azonban a *Spalax*ok élőhelyein minden esetben találtunk számtalan 8 cm-t jóval meghaladó átmérőjű járatot, sőt minden esetben találtunk néhány 10 cm-nél is nagyobbat. Így tehát a gyakorlatban nem okozott problémát a két földikutya nemzetségnek a járatok mérete alapján történő elkülönítése (Sugár 2009).

##### *4.7.2. Nyugati földikutya (Nannospalax(superspecies leucodon))formák populációi és a fennmaradásukat veszélyeztető tényezők*

A térképezés során a nyugati földikutya szuperfaj különböző formáinak a következő populációit sikerült megtalálni a Kárpát-medencében, melyeket élőhelyeiken az alább olvasható hatások fenyegetnek:

###### A transsylvanicus forma (41. ábra)

###### Hajdúhadházi populáció

A forma azonosítása kromoszómavizsgálatok alapján történt (Németh et al. 2009a). A populáció mérete körülbelül 600 egyed. Az élőhely kiterjedése 1675 ha, a növényzete homoki sztyeprét (homoki legelő). A populáció a Honvédelmi Minisztérium tulajdonában álló katonai lőtérén él, mely Natura 2000 terület.

###### *Veszélyeztető tényezők:*

Valószínűleg a leginkább megnyugtató helyzetben lévő populáció a magyarországiak közül. Jelenleg semmilyen komoly fenyegető tényező nem veszélyezteti. Az állomány, úgy tűnik, jól tolerálja a területeken zajló hadgyakorlatokat. Hacsak a jelenlegi körülményekben (tulajdonos, területhasználat) nem következik be jelentős változás, a terület adottságaiból és az állomány nagyságából kifolyólag ez az egyetlen magyarországi előfordulás, mely szinte biztosan száz év múlva is megtalálható lesz.

#### Debrecen-Józsai populáció

A forma azonosítása kromoszóma vizsgálat alapján történt (Németh et al. 2006). A populáció méretét mintegy 50 egyedre becsüljük. A populációt két fragmentumra szakítja a 35-ös út. A Nagylegelő kiterjedése 150 ha, a Kislegelőé 7 ha. Mindkét élőhelyet degradált löszipusztarét borítja. A területek csupán helyi védettséget élveznek.

#### *Veszélyeztető tényezők:*

Komoly veszélyeztető tényezők az emberi település közvetlen közelségéből adódó gondok valamint a kistelkes mezőgazdálkodás. A folyamatos emberi jelenlét a területen és a kutyasétáltatók nagy száma valós veszélyt jelent a felszínre tévedő példányok számára. A legfőbb veszélyforrás valószínűleg az állomány kis egyedszáma és rendkívüli körbezártsága, vagyis a beszűkült élőhely. Az élőhelyeket ugyanis minden oldalról mezőgazdasági területek, forgalmas utak és lakott területek határolják. Feltételezhetően beltenyésztett a populáció, melyet bizonyos jelek (aszimmetrikus albinó foltok valamennyi ismert példányon) megerősítenek. További komoly gondot jelenthet, hogy bizonyos jelek szerint a jelenlegi élőhely szuboptimális életteret jelent a földikutyák számára (Németh et al. 2009b). Szintén veszélyezteti a populációt, hogy a mindkét élőhelyen mesterséges mederben átfolyó Tócsópatak vízügyi kezelése nem kellőképpen megoldott. Előfordult, hogy a vízügyi szakemberek a kotrások során a meder két oldalán egy méter magasra halmozták fel az iszapot, ennek következtében a hóolvadék nem tudott visszafolyni a patakba, és belvizet okozott. Ez a földikutyák pusztulását okozta 1999-ben (Horváth-Vadnay 2006). A kisebbik élőhely közvetlen közelébe autópálya épült. Az építés során az összekötő főút autópálya-felüljárója az élőhelyből mintegy 2 ha-t elvont, illetve szerkezetileg megváltoztatott. Mindezeknek a populációra gyakorolt hatása ismeretlen.

#### Hajdúbagosi populáció

A forma azonosítása kromoszóma vizsgálatok alapján történt (Németh et al. 2009a). A populáció méretét 200 egyedre becsüljük. A populáció két élőhelyen él egymás közelében. A

260 ha-os Hajdúbagosi Földikutya Rezervátumban, melyet homoki sztyeprét (homoki legelő) borít és egy 10 ha-os bellegelőn, melynek szintén homoki sztyeprét (degradált homoki legelő) a növényzete. A Rezervátum országos védelmet élvez, de a belterületi állomány nem áll védelem alatt, élőhelyük magántulajdonban van.

*Veszélyeztető tényezők:*

A Rezervátumban élő állomány helyzete megnyugtatónak mondható. Az itt élő egyedeket talán leginkább a területen tapasztalható, a kívánatosnál nagyobb fokú emberi jelenlét veszélyeztetheti. Ugyanakkor a Hajdúbagos bellegelőjén élő állomány nagymértékben veszélyeztetett. Az emberi település közvetlen közelségén túl a tervezett ipari beruházások jelentenek komoly veszélyt erre az állományra. Az élőhely több magánszemély tulajdonában van, akiknek kész terveik vannak a terület hasznosítására.

Urziceni populáció

Minthogy sem múzeumi példány nem ismert a területről, sem genetikai vizsgálat nem zajlott az élőhelyen, a forma azonosítása kizárólag a populáció biogeográfiai helyzete alapján történt. A populációt körülvevő valamennyi további populációnál kromoszómavizsgálatok alapján bebizonyosodott a *transsylvanicus* formához való tartozás. Továbbá a populáció a földrajzilag jól körülhatárolható Nyírség homokvidékéhez tartozik, ahol a genetikai vizsgálatok alapján a *transsylvanicus* forma él, s az élőhely a hajdúhadházi populációtól kevesebb, mint 50 km távolságban található. A populáció egyedszáma nem ismert. A populáció két szomszédos élőhelyen él. Az egyik Urziceni falu közelében található és 470 ha kiterjedésű, a másik Foieni település szomszédságában fekszik, és 250 ha kiterjedésű. Mindkét területet homoki sztyeprét borítja. A teljes populációt magába foglalja a *Câmpia Careiului Site of Community Interest* nevű Natura 2000 terület.

*Veszélyeztető tényezők:*

A populáció mindkét állománya számára a beszűkült élőhely jelenti a legfőbb veszélyeztető tényezőt, mely nem teszi lehetővé a populáció gyarodását.

Kolozsvári (Cluj-Napoca) - Dobokai (Dăbâca) populáció

A forma azonosítása kromoszómavizsgálatok alapján történt (Raicu et al. 1968). Az ebből a populációból származó egyedekre alapozva (Gerla [Gherla]-ról két példány, Doboka [Dăbâca]-ról pedig egy példány) írta le Méhely az általa létrehozott *transsylvanicus* taxont (Méhely 1909). A populáció mérete 1500-2000 egyedre tehető. Az élőhely hatalmas kiterjedésű, 8800 ha-os: kaszálókat, kis parcellás szántóföldeket, parlagokat és legelőket

foglal magába. Az élőhely nagy részét löszpusztarét borítja, és a következő települések közigazgatási területére terjed ki: Cluj-Napoca, Apahida, Sânnicoară, Câmpenești, Jucu de Mijloc, Juc-Herghelie, Feiurdeni, Pădureni, Dăbâca, Fundătura, Iclod, Tiołtiur, Bârlea és Lujerdiu. Az élőhely aprócska része (kevesebb, mint 10 %-a) védett: Apahida közelében az Apahidai Földikutya Rezervátumot (*Apahida Spalax Reserve*), míg Kolozsvár közelében a Kolozsvári Szénafüvek védett területet (*Fânațele Clujului Nature Reserves*) találjuk.

*Veszélyeztető tényezők:*

A populáció jelenleg megnyugtató helyzetben van. Azonban aggodalomra ad okot a Románia mezőgazdasági gyakorlatában megfigyelhető változás. A kisparcellás, ugart hagyó gazdálkodást kezdi felváltani a nagytáblás intenzív mezőgazdasági művelés. A feltételezések szerint ez lehetett az oka egykor a magyarországi állományok drámai megfogyatkozásának is, ezért igen aggasztó ez a tendencia, ami a populáció élőhelyein megfigyelhető. Sajnos, mindez előrevetíti a populáció közeljövőben várható, nagymértékű egyedszám csökkenésének lehetőségét.

*A hungaricus forma* (42. ábra)

Kunmadarasi populáció

Minthogy sem múzeumi példány nem ismert a területről, sem genetikai vizsgálat nem zajlott az élőhelyen, a forma azonosítása kizárólag a populáció biogeográfiai helyzete alapján történt. A populáció a földrajzilag jól körülhatárolható Nagykunság tájegységhez tartozik, ahol az egykori koponyamorfológiai (Méhely 1909), valamint a mitokondriális citokrómban DNS szekvencia vizsgálatai alapján a *hungaricus* forma él. Ugyanis a populációt körülvevő, egykori földikutya élőhelyekről származó múzeumi példányokról mitokondriális DNS szekvencia vizsgálatok alapján bizonyosodott be a *hungaricus* formához való tartozásuk. A populációtól Mezőtúr kevesebb, mint 20 km távolságban található. A populáció egyedszáma nem ismert. Az ismert élőhely mérete 2 ha, melyet löszpusztarét borít. A terület nem védett, önkormányzati tulajdonban van.

*Veszélyeztető tényezők:*

A legfőbb veszélyeztető tényezők az alacsony egyedszám és a beszűkült élőhely. Mindössze 4 kisméretű élőhely fragmentumon sikerült mindeddig a földikutya előfordulását azonosítani.

### Mezőtúri populáció

A forma azonosítása az innen származó példány mitokondriális DNS-ének citokrom b szekvenciája alapján történt. A populáció Mezőtúr város belterületén, kiskertekben, udvarokon és még beépítetlen üres telkeken él. Az ismert élőhelyek mérete 6,6 ha, amit jellegtelen növényzetű mezofil gyepek és kiskertek (termesztett- és dísznövények) borítanak. Az élőhely fragmentumok nem védettek.

#### *Veszélyeztető tényezők:*

Az egyik leginkább veszélyeztetett populáció. Fennmaradása igen kérdéses. Teljes egészében belterületen található. Az állomány egy része kiskertekben él, ahol az egyedek jelenléte állandó konfliktus forrása a kerttulajdonosok számára. Az állomány többi része üres, még beépítetlen telkeken fordul elő, melyek hasznosítására azonban már kész tervek vannak. Ezekről a földikutya eltűnése csak idő kérdése lehet.

### Tompapuztai populáció

Mint ahogy sem múzeumi példány nem ismert a területről, sem genetikai vizsgálat nem zajlott az élőhelyen, a forma azonosítása kizárólag a populáció földrajzi helyzete alapján történt. A Nehring által leírt *hungaricus* forma (*Spalax typhlus hungaricus*) típuselőhelye Mezőhegyes (Nehring 1897), mely csupán 15 km-re van ettől a populációtól. A battonyai populációtól pedig, ahol genetikai vizsgálat alapján azonosítottuk az ott élő állományt, kevesebb, mint 10 km-re fekszik. A populáció méretét 20-30 egyedre becsülték (Horváth & Vadnai 2006). Az élőhely mérete 20 ha, melyet az egyik utolsó érintetlen hazai alföldi löszpusztarét borít. A terület része a Körös-Maros Nemzeti Parknak.

#### *Veszélyeztető tényezők:*

A legfőbb veszélyeztető tényezők az alacsony egyedszám és a beszűkült élőhely. A kisméretű élőhelyet, mely egy valódi élőhely-sziget, minden oldalról szántóföldek határolják.

### Battonyai populáció

A forma azonosítása mitokondriális DNS vizsgálat alapján történt (részletesen tárgyalva a 4.3. fejezetben). Becsléseink szerint a populációt hozzávetőlegesen 100 egyed alkotja. A populáció élőhelyének mérete 37 ha, és löszpusztarét borítja a területet. A terület csupán helyi védettséget élvez és magántulajdonban van.

#### *Veszélyeztető tényezők:*

A populációt az emberi település közvetlen közelsége és az ezzel kapcsolatba hozható közvetlen veszélyforrások fenyegetik. Fennáll a művelésbe vonás veszélye, továbbá az

illegális személtlerakásból fakadó elgyomosodás és becserjésedés veszélye, ami megváltoztatná az élőhely vegetációjának arculatát. Az élőhely kis mérete is nyilvánvaló veszélyeket hordoz.

#### Temeshunyadi (Hunedoara Timișană) populáció

Minthogy sem múzeumi példány nem ismert a területről sem genetikai vizsgálat nem zajlott az élőhelyen a forma azonosítása kizárólag a populáció földrajzi helyzete alapján történt. A Nehring által leírt *hungaricus* forma (*Spalax typhlus hungaricus*) típuselőhelye Mezőhegyes (Nehring 1897), mely csupán 15 km-re van ettől a populációtól. Továbbá Méhely egy, a közeli Arad külterületéről származó példányt, koponyamorfológiai vizsgálatok alapján a *hungaricus* taxonhoz tartozónak határozott meg (Méhely 1909). A populáció méretét mintegy 50 egyedre becsültük. Az élőhely kiterjedése 50 ha, a területen legelő található, amit löszpusztarét borít. Az élőhely része a *Hunedoara Timișană Special Protected Area*-nak.

#### *Veszélyeztető tényezők:*

A populáció hosszú távú fennmaradását egyrészt a kis kiterjedésű, beszűkült élőhely veszélyezteti, másrészt útépitési tervek, melyek nyomvonala keresztülhaladna az élőhelyen.

#### Delibláti (Deliblato) populáció

A forma azonosítása kromoszómvizsgálatok alapján történt (Savić and Soldatović 1974). A populáció teljes méretét több mint 10 000 egyedre becsülték az 1980-as évek elején (Mikes et al. 1982). Az élőhelyek kiterjedése azóta nem változott számottevően, kiterjedése 29 350 ha, és nagy részét homoki sztyeprétek és löszgyepek alkotják. Az élőhely csaknem egésze védett *Deliblatska peščara Special Nature Reserve* néven.

#### *Veszélyeztető tényezők:*

A populáció jelenlegi helyzete megnyugtatónak mondható. Annak ellenére, hogy az élőhelyek fogyatkozására, és ebből fakadóan a populáció méretének csökkenésére egyes kutatók már az 1980-as években felhívták a figyelmet (Mikes et al. 1982, Savić et al. 1984, Habijan-Mikes et al. 1986). A veszélyforrást ma is az élőhelyek fogyatkozását okozó erdőtelepítések, és a mind nagyobb területek mezőgazdasági művelésbe vonása jelenti.

### A syrmiensis forma

Sajnos ennek a formának egyetlen máig fennmaradt populációját sem sikerült megtalálnunk a földikutya állományok térképezése során.

### A montanosyrmiensis forma (43. ábra)

Kelebiai - Szabadkai homokvidéki (Subotička peščara) populáció

A forma azonosítása kromoszóma vizsgálatok alapján történt (Csorba et al. 2009). A populáció becsült mérete körülbelül 150-200 egyed. A populáció sajátossága, hogy fizikailag összefüggő, de a szerb-magyar államhatár mindkét oldalára átnyúlik. A magyar oldalon, Kelebia külterületén található az egymástól fa-ültetvényekkel, utakkal és mezőgazdasági területekkel elszigetelt 9 élőhely fragmentum. Ezek egyike összefüggésben áll a határ szerb oldalán található Subotička peščarán (Szabadkai homokvidéken) található, védett terület (*Subotička peščara Protected Area*) földikutya állományával. A magyar oldalon található élőhely fragmentumok kiterjedése összesen 16 ha, homoki sztyeprét és fiatal parlag borítja őket. A szerbiai oldalon található élőhely kiterjedése 400 ha, és homoki sztyeprét borítja.

#### *Veszélyeztető tényezők:*

A nagykunsági állományok mellett a másik rendkívüli módon veszélyeztetett populáció. A határ szerbiai oldalán található állomány helyzete megnyugtatóbb. Itt jelenleg közvetlen veszélyeztető tényező nincs. Az állomány kis mérete okozhat problémát, aminek oka, hogy a terület nagy részét illegálisan beszántották 2003-ban, ami valószínűleg igen drasztikusan hatott az állományra. A magyarországi állományt viszont az erdőtelepítések és a mezőgazdasági művelésbe vonás veszélyeztetik. Ezek mellett a spontán cserjésedés, és az özöngyomok nagyfokú terjedése is komoly problémákat okoz. Ezek miatt a magyarországi állomány fennmaradása igen kétséges.

### *4.7.3. Bukovinai földikutya (Spalax graecus) kárpát-medencei populációi és a fennmaradásukat veszélyeztető tényezők*

A jelenleg széles körben elfogadott nézet szerint a bukovinai földikutyához (*Spalax graecus*) sorolt, korábban önálló alfajnak tartott erdélyi, nagytestű földikutyáknak (*Spalax*



*graecus antiquus* vagy *Spalax graecus mezősegiensis*) a következő populációit sikerült azonosítani (44. ábra):

#### Ajtonyi (Aiton) populáció

A faj azonosítása élő példány befogása, illetve járatméret alapján történt. Az élőhely ismert kiterjedése 7860 ha: nagyobb részben legelőket, kisebb részben kaszálókat, mezőgazdasági területeket és parlagokat foglal magában. A populáció egyedszáma 2500-2600 egyedre tehető. Az élőhely nagy részét száraz gyepek (lőszpusztarét) borítja és a következő települések közigazgatási területére terjed ki: Ajton (Aiton), Bósi alagút (Boj-Cătu), Cserealja (Huci), Kenderes (Cânepiști), Királyrét (Crairât), Kolozs (Cojocna), Kolozsbós (Boju), Kolozskara (Cara), Labodás (Lobodaș), Mezőőr (Iuriu de Câmpie), Palackos (Ploscoș), Stinkut-dűlő (Strucut), Szávatanya (Straja), Virágosvölgy (Valea Florilor). Az élőhely kis része egy Natura 2000-es terület, az SCI Valea Florilor (190 ha).

#### Tordai (Turda) populáció

A faj azonosítása élő példány befogása alapján történt. A populáció becsült egyedszáma 450-500 egyed. A populáció ismert kiterjedése 1720 ha, melyet főleg legelők, valamint kisebb részben kaszálók, mezőgazdasági területek és parlagok alkotnak. Az élőhely nagy részét száraz gyepek (lőszpusztarét) borítják. A populáció a következő települések közigazgatási területére terjed ki: Magyarpeterd (Petrești de Jos), Mészkö (Cheia), Szentmihály (Mihai Viteazu), Szind (Săndulești), Torda (Turda), Tordatúr (Tureni). Az élőhely kis része védett Tordai-hasadék Természetvédelmi Terület (Rezervația Naturală Cheile Turzii), Túri-hasadék Természetvédelmi Terület (Rezervația Naturală Cheile Turenilor) néven, ezek egyben Natura 2000-es területek is (SCI Cheile Turzii és SCI Cheile Turenilor). Ezeknek a védett területeknek azonban csak a peremterületükön él néhány példány, a földikutya védelme szempontjából mindkét terület szerepe elhanyagolható.

#### Tompaházai [Rădești] (Szászújfalui [Nou]) populáció

A faj azonosítása járatméret alapján történt. Az élőhely ismert kiterjedése 350 ha. A populáció élőhelyein a mezősegi állományokhoz hasonlóan legnagyobb részben legelőket, kisebb részben kaszálókat, mezőgazdasági területeket és parlagokat találunk. A populáció egyedszáma ismeretlen. Az ismert élőhely nagy részét száraz gyepek (lőszpusztarét) borítják, és a következő települések közigazgatási területére terjed ki: Lőrincrève (Leorinț),

Magyarbece (Beța), Meggykerék (Meșcreac), Tompaháza (Rădești). Az ismert élőhelynek nincs védettség alatt álló része.

A következő három populációról egyelőre sem pontosabb elterjedési adatok, sem állománynagysággal kapcsolatos információk nem állnak rendelkezésre. Ezek az állományok mind az Erdélyi Mezőségben találhatóak, azonban, minthogy földrajzilag közel esnek egymáshoz, egyelőre nem ismert, hogy különálló állományokkal vagy esetleg egyetlen összefüggő populációval állunk-e szemben. Az eddig azonosított földikutya állományok a következők:

Budatelkei (Budești) állomány

A faj azonosítása járatméret alapján történt. A populáció ismert kiterjedése 60 ha.

Katonai (Cătina) állomány

A faj azonosítása járatméret alapján történt. A populáció ismert kiterjedése 25 ha.

Mócsi [Mociu] (Mező-Szombattelkei [Sâmboleni]) állomány

A faj azonosítása járatméret alapján történt. A populáció ismert kiterjedése 40 ha.

Az állományok élőhelyein elsősorban legelőket, kisebb részben kaszálókat, mezőgazdasági területeket és parlagokat találunk. Az állományok egyedszáma jelenleg ismeretlen. Az ismert élőhely nagy részét száraz gyepek (lőszpusztarét) borítják és a következő települések közigazgatási területére terjednek ki: Budatelke (Budești), Katona (Cătina), Mócs (Mociu).

*A kárpát-medencei bukovinai földikutya (Spalax graecus) állományokat fenyegető veszélyeztető tényezők:*

A faj mindhárom alaposabban feltérképezett erdélyi populációjáról (Ajtonyi [Aiton], Tordai [Turda], Tompaházai [Rădești]), elmondható, hogy jelenleg megnyugtató helyzetben van. Az élőhelyek nagy kiterjedésűek (összméretük elérheti a 10 000 ha-t), és nagyszámú egyed (néhány ezer példány) él rajtuk. Azonban aggodalomra ad okot, a nyugati földikutya *transsylvanicus* nevű formájának észak-erdélyi populációjához hasonlóan, hogy Románia mezőgazdasági gyakorlatában változás figyelhető meg. A kisparcellás, ugart hagyó gazdálkodást kezdi felváltani a nagytáblás intenzív mezőgazdasági művelés. Ez az igen aggasztó tendencia a populáció élőhelyein is megfigyelhető. Sajnos, mindez előrevetíti a populáció közeljövőben várható, nagymértékű egyedszám csökkenésének lehetőségét.

A további három állomány (Budatelkei [Budești], Katonai [Cătina], Mócsi [Mociu]) esetében is a fent tárgyalt veszélyeztető tényező valószínűsíthető.

#### 4.7.4. A kárpát-medencei földikutyákat általánosan fenyegető veszélyeztető tényezők

A legfőbb veszélyeztető tényező, mely általánosan fenyegeti a Kárpát-medence földikutyáit, az élőhelyek elvesztése. Ennek legfőbb oka az élőhelyek átalakítása. Egyrészt a mezőgazdasági művelésbe vonás, a nagytáblás, mélyszántásos, monokultúrás, intenzív mezőgazdasági gyakorlat terjedése, másrészt a nagyfokú városiasodás miatt, mely a települések közelében lévő élőhelyek beépítését, illetve az infrastruktúra gyors ütemű fejlesztését (úthálózat bővítése, autópálya-építések) (Németh et al. 2008) jelenti.

#### 4.8. A kárpát-medencei földikutya formák természetvédelmi megítélése

A Kárpát-medencében kutatási eredményeim szerint a nyugati földikutyának (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) négy bennszülött (endemikus) formája fordul vagy fordult elő. Az eddig bemutatott eredmények alapján ezek a formák kielégítik az *evolúciósan jelentős egység* (angolul: *Evolutionary Significant Unit* vagyis ESU) kritériumait, így az IUCN rendszerű (IUCN 2001) veszélyeztettségi besorolásuk elvégezhető.

A Kárpát-medencében egy, a *Spalax* nemzetségbe tartozó földikutyafaj is él, mely a jelenleg széles körben elfogadott taxonómiai álláspont szerint a bukovinai földikutyához (*Spalax graecus*) sorolható. Minthogy azonban ez a földikutyafaj a Kárpát-medencén kívül is több helyen előfordul, mely területeken nem végeztem kutatásokat, így a faj IUCN rendszerű besorolását nem végeztem el. Ugyanakkor a természetvédelmi megítélésével kapcsolatos észrevételeimet alább részletesebben is közreadom.

##### 4.8.1. A transsylvanicus forma

A *transsylvanicus* forma javasolt besorolása **Sérülékeny (Vulnerable)** a B1ab(iii) és B2ab(iii) pontok alapján (Németh et al. 2009a). Vagyis az előfordulási helyek becsült összterülete kevesebb, mint 120 km<sup>2</sup>, valamint kevesebb, mint 10 populációja ismert a

formának. Továbbá a felmérések alapján az élőhelyek méretének csökkenő tendenciája állapítható meg, mely az élőhelyek minőségének romló tendenciájával jár együtt. Románia Európai Unió csatlakozásának következményeként a közeljövőben a mezőgazdasági termelési módszerek egyre intenzívebbé válása várható, mely negatívan fogja érinteni a jelenlegi populációkat.

#### 4.8.2. *A hungaricus forma*

A *hungaricus* forma javasolt besorolása **Veszélyeztetett (Endangered)** a B1ab(iii) és B2ab(iii) pontok alapján (Németh et al. 2009a). Vagyis az előfordulási helyek becsült összterülete hozzávetőlegesen 300 km<sup>2</sup>, azonban mindez 6 egymástól teljesen elszigetelt populációt jelent. A forma összes egyedének több, mint 95%-a egyetlen populációban él. A vizsgálatok felvetik annak a veszélyét, hogy az élőhelyek száma tovább csökken. Emellett az élőhelyek minőségének a romló tendenciája szintén megfigyelhető.

#### 4.8.3. *A syrmienensis forma*

A *syrmienensis* forma javasolt besorolása **Adathiányos (Data Deficient)** (Németh et al. 2009a). A forma előfordulásáról semmilyen adat nem áll rendelkezésre az elmúlt 10 évből. A legutolsó terepi megfigyeléseken alapuló információt Savić és Soldatović (1983) szolgáltatta. A korábbi élőhelyek, ahonnan az elmúlt 50 évből ismert volt a forma: Udovice, Višnjica, Košutnjak, Banovo brdo, Stara pazova és Bogatić voltak, azonban ezekről a populációról 1983-óta nem publikáltak új adatot. Azóta semmilyen információ nem ismert a forma elterjedéséről és állomány nagyságáról (Delić, pers. comm.). Az is elképzelhető, hogy ez a forma mára már kihalt (Kryštufek, pers. comm.).

#### 4.8.4. *A montanosyrmienensis forma*

A *montanosyrmienensis* forma javasolt besorolása **Súlyosan veszélyeztetett (Critically endangered)** a B1ab(i)(ii) és B2ab(i)(ii) pontok alapján. Vagyis a formának az elmúlt 10 évből mindössze 1 élőhelyéről ismert előfordulási adata. Az előfordulási helyek becsült

összterülete kevesebb, mint 10 km<sup>2</sup>. Az összes élőhelyet, ahonnan korábban ismert volt ez a forma, mindössze csak két előfordulási hely, Stražilovo (Savić & Soldatović 1974) és Čortanovci (Soldatović & Savić 1983) képviseli. Így a forma összes ismert élőhelyeinek száma is mindössze három. Azonban 1983 óta semmilyen adat nem utal arra, hogy földikutyák élnek ma is a fenti két helyen (Delić, pers. comm.). A felmérések alapján az élőhelyek méretének csökkenő tendenciája állapítható meg, mely az élőhelyek minőségének romló tendenciájával jár együtt. Az ismert populáció egy része semmilyen védelem alatt nem áll és közvetlen veszélyeztető tényezők fenyegetik a fennmaradását (Csorba et al. 2009).

#### 4.8.5. A kárpát-medencei *Spalax graecus*

A bukovinai földikutyának (*Spalax graecus*) nagy populációit találjuk az Erdélyi Mezőségben, s valószínűleg az ismertetett populációkon túl még továbbiak is léteznek, melyeket eddig még nem sikerült azonosítani.

Ugyanakkor a faj Kárpát-medencén kívüli előfordulási helyein a helyzet sokkal elszomorítóbb. A bukovinai, kárpát-medencei és havasalföldi állományok rendszertani kapcsolata nem tekinthető megnyugtatóan tisztázottnak (lásd Méhely 1909, Topachevskii 1969, Murariu & Torcea 1984), ezért az sem biztos, hogy valóban egy fajt alkotnak. Azonban, ha mégis elfogadjuk a jelenleg széles körben elterjedt rendszertani állásfoglalást, akkor is a mezőségi populációk tudják leginkább szavatolni e földikutyafaj fennmaradását. Bukovina romániai részéről csak néhány populációja ismert (Csorba pers. com 2009), a terület ukrain részéről pedig csupán egyetlen ma is létező előfordulási helyről tudunk, továbbá az ukrain elterjedési területen a faj számára igen kedvezőtlen változások zajlanak (infrastruktúra fejlesztése, mezőgazdasági művelés módok változása) (Csorba pers. com 2009). A havasalföldi (Olténia és Munténia) ismert előfordulási helyek egyikén sem sikerült a bukovinai földikutyák állományait megtalálni 2009-ben, az alapos kutatás ellenére sem (Németh unpubl. data 2009).

Mindezek az adatok nagyban növelik az erdélyi mezőségi populációk természetvédelmi jelentőségét, és megőrzésük fontosságára hívják fel a figyelmet.

## 5. DISZKUSSZIÓ

### 5.1. Morfológiai és genetikai vizsgálatok eredményeinek megvitatása

A földikutyák rendszerezése során hosszú ideig a koponyamorfológiai és fogazati bélyegek voltak meghatározóak. Azonban mivel ezek a karakterek nagyon változékonyak (Nevo et al. 1995), egyértelmű faji határozóbélyegek azonosítása szinte lehetetlen feladatnak bizonyult. Ezért egyes szerzők szerint nem is lehetséges morfológiai alapon azonosítani fajokat a földikutyák körében, így a morfológiai faj-koncepció nem tartható fenn (Nevo et al. 1995). Talán ez is oka lehetett annak, hogy azok a szerzők, akik kizárólag morfológiai bélyegeket használtak rendszertani munkáik során, a csoport újabb és újabb rendszerével álltak elő (Nehring 1897, 1898a, b, c, Méhely 1909, Ellerman & Morrison-Scott 1951, Topachevskii 1969).

Megvizsgálva a kárpát-medencei nyugati földikutyá (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*) formák koponyáit, e nagyfokú változékonysággal kellett szembesülnöm. Különösen a *transsylvanicus* és a *hungaricus* formák esetében, melyek emiatt nem voltak egyértelműen elkülöníthetőek koponyamorfológiai bélyegek alapján. A *syrmiensis* és a *montanosyrmiensis* formák ugyanakkor mind egymástól, mind a fenti két formától világosan elkülöníthetőnek bizonyultak. Ugyanakkor meg kell jegyezni, e két utóbbi formából jóval kevesebb koponya állt rendelkezésemre, így kevésbé volt lehetőségem a bélyegek változékonyságának megfigyelésére.

Amint a genetikai módszerek egyre inkább részévé váltak a taxonómiai vizsgálatoknak, jelentősen megváltozott a földikutyák alcsaládján (*Spalacinae*) belüli változatosság megítélése is. Egyes szerzők szerint a morfológiai bélyegek megbízhatatlansága miatt csak genetikai vizsgálatok alapján állítható fel a földikutyák valódi rendszere (Nevo et al. 1995, Musser & Carleton 2005). Eleinte a citogenetikai vizsgálatok voltak meghatározóak. Sok országban ez mind a mai napig nem változott meg, elsősorban a molekuláris technikák költséges volta miatt.

A Kárpát-medence nyugati földikutyá populációinak citogenetikai vizsgálata során két forma, a *transsylvanicus* és a *montanosyrmiensis* jelenlétét sikerült Magyarországról kimutatni (Németh et al. 2006, Németh et al. 2009, Csorba et al. 2009). A vizsgált régió többi országaiban azonban más szerzők korábban már vizsgálták a földikutyá populációk kromoszómáit. Négy formát mutattak ki, illetve írtak le: Szerbiából a *syrmiensis*-t (Savić &

Soldatović 1974), a *montanosyrmiensis*-t (Savić & Soldatović 1974) és a *hungaricus*-t (Savić & Soldatović 1974), valamint Erdélyből a *transsylvanicus*-t (Raicu et al 1968).

Molekuláris biológiai módszerekkel korábban csak a Közel-Kelet földikutya populációit vizsgálták. Kutatásaink során, Európában elsőként, mi is használtunk molekuláris biológiai módszereket a földikutyák rokonsági viszonyainak megállapítására. A lehetőségeinkhez mérten valamennyi egykori és mai kárpát-medencei populációt alávetettük ilyen vizsgálatnak is. Ehhez egyrészt a Magyar Természettudományi Múzeum Emlősgyűjteményének alkoholban tárolt földikutyáit, másrészt a terepmunka során megfogott példányok szövetmintáit használtuk fel. A mitokondriális DNS citokróm b génjének szekvenciája alapján a *hungaricus* forma magyarországi jelenlétét is sikerült igazolni. Jelenlegi ismereteink szerint tehát a Kárpát-medencében négy formája fordul vagy fordult elő egykor a nyugati földikutyának, melyek közül három (a *hungaricus*, a *transsylvanicus* és a *montanosyrmiensis* forma) ma is él Magyarország területén.

A kárpát-medencei nyugati földikutya fajcsoportba tartozó formák rokonsági viszonyait illetően a koponyamorfológiai vizsgálat alapján azt láthattuk, hogy a *hungaricus* és a *transsylvanicus* formák hasonlítanak legjobban egymáshoz, a *montanosyrmiensis* pedig átmenetet képvisel az előbbi kettő és a *syrmiensis* forma között. A Savić és Soldatović által elvégzett összehasonlító kariológiai vizsgálatok is hasonló eredményt mutattak (10. ábra). A kromoszómák száma és szerkezete alapján a *hungaricus* és a *transsylvanicus* formák egymás testvércsoportjai az általuk „Pannonian group”-nak vagy „North Balkan Subsidiary Branch”-nak nevezett leszármazási vonalon belül. Az előző kettővel szorosabb rokonságban találjuk a *montanosyrmiensis* formát, ugyanazon kládon, egy következő leágazást képviselve. Ugyanakkor a *syrmiensis* forma az előző háromtól messze, egy teljesen más leszármazási vonalra („Belgrade group” vagy „Yugoslav Branch”) került a kromoszómális jellemzők alapján készített törzsfán (Savić & Soldatović 1979, Savić & Soldatović 1984). A mitokondriális DNS vizsgálatok, az előbbiekhöz hasonlóan, szintén megerősítették a *hungaricus* és *transsylvanicus* formák közeli rokonságát.

## 5.2. A kárpát-medencei földikutya formák elterjedésének értelmezése

### 5.2.1. A formák elterjedése, és a természetföldrajzi barrierék elhelyezkedése

A kárpát-medencei földikutya taxonok rekonstruált, egykori elterjedési területére ránézve egyből szembetűnik, hogy az egyes taxonok elterjedésének nem a jelenlegi földrajzi barrierék szabnak határt. Szinte nincs olyan taxon, melynek areája határait folyók vagy hegyvidékek képeznék.

Ha kissé nagyobb időléptékre váltunk, és történeti távlatból tekintünk a problémára, felmerülhet bennünk, hogy talán az Alföld folyószabályozások előtti képe és a mára lecsapolt mocsarak kiterjedése segíthet jobban megérteni a földikutyák elterjedési mintázatát. Talán ezek lehettek azok a természetes határok, melyek befolyásolták az egyes formák elterjedését. Bár a *transsylvanicus* és *hungaricus* esetében a Tiszántúl erősen vízjárta, hidromorf és szikesedett talajokkal borított területe, a Hortobágy-Berettyó vidéke valódi földrajzi barrieret jelenthetett, összességében ez az egyetlen eset mégsem ad magyarázatot a taxonok elterjedésének mintázatára (45. ábra). Hiszen mindkét előbb említett a Tisza völgyében honos földikutya taxon elterjedési területe keresztezi a kanyargó, mocsaras területekkel szegélyezett folyót. Elterjedési területük a folyó mindkét partjára kiterjed (45. ábra). Így az előbbi állítás csak azt bizonyítja, hogy voltak a földikutyák számára alkalmatlan élőhelyek a tájban, s ezek esetenként két taxon elterjedési területének a határán feküdtek, de ezeknek az elhelyezkedése nem ad kielégítő magyarázatot a kárpát-medencei földikutyák rekonstruált elterjedési mintázatára.

Még távolabb tekintve a múltba, megvizsgálhatjuk, hogy a Kárpát-medence folyóinak korábbi lefolyása szolgálhat-e magyarázattal a földikutyák rekonstruált jelenkori elterjedésére. Az Alsó-Pleisztocéntól a Holocénig megvizsgálva a folyók egykori lefolyását (Carthographia 1999) és a földikutya taxonok rekonstruált areáját (46. ábra) azt kell tapasztalnunk, hogy a régi folyómedrek mind a földikutya formák elterjedési területén futnak keresztül, és nem pedig a taxonok areája között haladnak el. Ily módon a kárpát-medencei folyók ősi folyásiránya sem segít a földikutya taxonok egykori, természetes elterjedésének megértésében.

Mindezek alapján úgy tűnik, hogy a földrajzi barrieréknek sem a jelenlegi, sem a múltbeli elhelyezkedése nem lehet oka a kárpát-medencei földikutya taxonok jelenkori természetes elterjedésének.



### 5.2.2. A formák elterjedése klímaterképekkel összevetve

Az egyes földikutya formák elterjedése és az élőhelyeik klimatikus jellemzőinek összehasonlítása közben azt tapasztaltam, hogy az előfordulási adatok klimatikus jellemzőik főkomponens elemzése során hasonló csoportokba rendeződnek, mintha a rajtuk honos földikutyák genetikai jellemzői alapján csoportosítanánk őket. Miként azt a fentebbiekben megtárgyaltuk, a rendelkezésre álló előfordulási adatok alapján úgy tűnik, hogy az egyes formák elterjedésének nem a földrajzi formák (hegységek, folyók) szabnak határt. Az eredmények szerint a klimatikus változók elemzésével sokkal jobban megérthető a formák elterjedése. Úgy tűnik, a klíma magyarázza a formák elterjedési területének méretét és alakját, sőt több forma esetében úgy látszik, a klíma meghatározza az adott forma elterjedési területének határait is.

A Kárpát-medencében élő nyugati földikutya formák esetében a *hungaricus* és a *transsylvanicus* nevű formák természetes elterjedési területét nagy pontossággal sikerült meghatározni. E két forma elterjedési területének klímája között jelentős különbségeket tudtam kimutatni. A másik két kárpát-medencei forma elterjedési területét az előfordulási adatok hiányos volta miatt valószínűleg csak részben tudtam meghatározni. Mindazonáltal mindkét további forma (a *syrmensis* és a *montanosyrmensis* nevű) egykori előfordulási helyeinek klímája jelentősen különbözik az előző két formától (*hungaricus* és a *transsylvanicus*). Az elterjedési adatok alapján a négy kárpát-medencei forma (*hungaricus*, *transsylvanicus*, *syrmensis*, *montanosyrmensis*) élőhelyeinek éghajlati jellemzőiről a vizsgálatok után még az izraeli négy földikutyafajnál (*golani*, *galili*, *carmeli*, *judaei*) is több információ áll rendelkezésünkre. Ezek az adatok mind a tárgyalt formák elterjedési területének klimatikus izolációját erősítik meg. A főkomponens analízis során a két különböző léptékű vizsgálat (Magyarország és Kárpát-medence) azt is megmutatta, hogy bár az öt kárpát-medencei földikutya taxon közül négy (a *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) fajcsoportba sorolható *hungaricus*, *transsylvanicus* és *montanosyrmensis* formák valamint a *Spalax graecus*) még durva felbontású (2,5°C-os hőmérsékleti és 50 mm-es havi illetve 100 mm-es éves csapadék) skála és kizárólag a hőmérsékleti és csapadék adatok vizsgálata mellett is jól láthatóan elkülönül (33. ábra). Azonban a magyarországi adatsor vizsgálatakor vált nyilvánvalóvá, hogy a finom térbeli és skálázási (0,5°C-os hőmérsékleti és 5 mm-es csapadék) felbontás (32. ábra) mellett az időjárás szélsőségeket megjelenítő klimatikus adatok (speciális jellemzőjü napok száma) mennyire nagy szerepet játszanak a taxonok élőhelyeinek elkülönülésében (34. ábra). Vagyis a földikutyák számára nem elsősorban a

csapadék és hőmérséklet adatok a meghatározóak, sokkal inkább fontosak a klimatikus szélsőségek, és azok gyakorisága (35. ábra).

Szinte biztos, hogy ezek az eredmények a legtöbb kutató számára meglepőek. Hogyan lehetnének meghatározó fontosságúak egy kisemlős elterjedése, de még inkább fajképződése szempontjából a klimatikus jellemzők? Sokkal inkább hajlamosak vagyunk ilyesmit például a növényfajok esetében elfogadni. Azonban e kérdés tekintetében figyelembe kell venni, hogy az olyan „obligát talajlakó”, specialista rágcsáló, mint a földikutya, sok szempontból a növényekhez hasonlóan viselkedik. Csak korlátozott mértékben van lehetősége a kedvezőtlen klíma elől elvándorolni. Más emlősfajoknál sokkal nagyobb mértékben rá van kényszerítve a megváltozott klimatikus feltételekhez történő adaptációra, „ha el akarja kerülni” a lokális kipusztulást. Ráadásul azt is szem előtt kell tartani, hogy bár nem tudjuk pontosan, mikor és hol váltak el egymástól a kárpát-medencei földikutya taxonok, de az elmúlt 2 millió évben jelentős klimatikus változások zajlottak bolygónkon.

Emellett fontos lehet az is, hogy a földikutyák kizárólag növényi táplálékot fogyasztanak, a klíma pedig nagyban befolyásolja a vegetációs időszak hosszát, így a földikutyák táplálékának elérhetőségét is. A klimatikus feltételekhez történő adaptáció lehet például az éves aktivitási ciklus megváltozása a különböző éghajlati jellemzők mellett élő földikutya populációknál. Ez pedig a kárpát-medencei taxonok esetében egyértelműen megfigyelhető (Németh unpubl. data). Az ehhez hasonló adaptációk pedig fajképződéshez vezethetnek.

### 5.2.3. A formák elterjedése talajtani térképekkel összevetve

A nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) formák elterjedési területének talajait vizsgálva szembetűnő volt, hogy mennyire nincs kapcsolat a formák elterjedése és a talajtípusok határai között (36. ábra). Ez váratlan felismerés volt, hiszen a földikutyák valamennyi rágcsáló közül a legszélsőségesebb módon alkalmazkodtak a föld alatti léthez. Joggal várhatnánk hát, hogy egy olyan kisemlős számára, mely egész életét a felszín alatt éli le, az őt körülvevő közeg tulajdonságai és típusa alapvetően meghatározó legyen. Márpedig az eltérő talajtípusok eltérő módon viselkednek (a környezeti hatásokra többek között eltérő módon változik nedvességtartalmuk és a hőmérsékletük), ezért azt gondolhatnánk, hogy az ehhez történő adaptáció az első lépése egy meginduló speciációs

folyamatnak. Mindezek ellenére a legtöbb forma kötött és nem kötött talajokon egyaránt előfordul, szintúgy kedvező szerkezeti tulajdonságú, magas tápanyagtartamú és tápanyagban szegény talajokon is. Azokban az esetekben is, amikor egy forma előfordulási helyei csak néhány talajtípusra estek, minden bizonnyal a földrajzi körülmények voltak ennek az okozói és nem a földikutyák igényei. Ilyen példát jelentenek a Balkán magas hegyvidékein élő formák, ahol az élőhelyeken a talaj típusát alapvetően az alapkőzet határozta meg. Még ilyen speciális esetekben is csupán egyetlen formánál (a *montanoserbicus* esetében) tapasztaltam azt, hogy minden előfordulási helyén azonos típusú talaj található.

A kárpát-medencei földikutyák esetében ugyanezt láthatjuk. Mind a talajtípusokat, mind a talajok fizikai és kémiai tulajdonságait vizsgálva nem lehetett lényeges különbségeket kimutatni a formák elterjedési területének talajai között. Mi több, a két Kárpát-medencében honos földikutyá nemzetség (*Nannospalax* és *Spalax*) között sem mutatkozott lényeges különbség az élőhelyek talajtípusa tekintetében.

#### 5.2.4. Az elterjedési területek értelmezése kapcsán felmerülő általános problémák

A kárpát-medencei földikutyá taxonok elterjedési területeinek értelmezése során az egyik legfőbb gondot az jelenti, hogy szinte semmilyen információnk nincs az egyes taxonok elkülönülésének időpontjáról. Tehát nem tudjuk, mikori földrajzi barrierekhez vagy klimatikus adatokhoz kell hasonlítani az elterjedések mintázatát. További komoly problémát jelent, hogy az előfordulási adatok túlnyomó többsége, melyek alapján az egyes taxonok egykori természetes elterjedését rekonstruáltam, a nagy folyószabályozások és a mocsarak lecsapolása utáni időkből származik. Ezért nagyon keveset tudunk arról, hogy azt megelőzően milyen lehetett a földikutyák elterjedése. Így azt sem tudjuk, befolyásolta-e a földikutyák elterjedését például a nagy kiterjedésű, potenciálisan alkalmas élőhelyek megjelenése a fent említett nagyléptékű tájatalakító tevékenység után. Sajnos arra vonatkozó adatokkal sem rendelkezünk, hogy korábbi földtörténeti korokban milyen lehetett az egyes földikutyá taxonok elterjedése. Összefoglalva: a problémát elsősorban az jelenti, hogy nem tudjuk a földrajzi vagy klimatikus faktorok mely korra jellemző értékeihez, elhelyezkedéséhez kellene hasonlítani az adott korra nézve szintén ismeretlen elterjedési területeket. Ugyanakkor szembetűnő, hogy az elsősorban az utóbbi száz-százötven évből származó adatok alapján

rekonstruált elterjedési területek mintázatával jól korrelálnak a jelenlegi klimatikus paraméterek.

### 5.3. A kárpát-medencei földikutyák taxonómiai megítélése

A *Nannospalax* nemzetség valamennyi ismert formája közül első ízben a nyugati földikutya négy kárpát-medencei formájának sikerült nagy pontossággal azonosítani a teljes természetes elterjedési területét. Ez alapján a formák elterjedési területe nem fed át, továbbá bebizonyosodott az is, hogy kárpát-medencei endemizmussal állunk szemben.

A négy forma közül a *hungaricus*-t, a *transsylvaniaicus*-t valamint a *syrmiensis*-t koponyamorfológia alapján írták le (Nehring 1898a, Méhely 1909). Saját vizsgálataim szerint morfológiai alapon a négy kárpát-medencei forma közül kettő (a *syrmiensis* és a *montanosyrmiensis*) biztonsággal elkülöníthető egy harmadik, két formát (a *hungaricus*-t és a *transsylvaniaicus*-t) magába foglaló csoporttól. Van tehát kimutatható morfológiai különbség a formák között. A négy formára elvégzett genetikai vizsgálatok a négy taxon markáns elkülönülését mutatták. A formák elterjedési területének klímáját vizsgáló kutatás szintén megerősítette a négy forma elterjedési területének elkülönülését, klimatikus izolációját.

Savić és Soldatović a balkáni földikutyák vizsgálata során fogságban szaporított földikutyákat. Kutatásaikkal arra a kérdésre kerestek választ, hogy keresztezhetőek-e egymással a különböző kromoszomális formák. Az eredményeik alapján a kárpát-medencei földikutyák közül általuk megvizsgált három forma (*syrmiensis*, *montanosyrmiensis* és *hungaricus*) egymással szaporodva képtelen utódot produkálni. A különböző formák keresztezése esetén sosem alakult ki az embrió a nőstényekben. Ugyanakkor az azonos formába tartozó, de eltérő populációból származó földikutyák szaporítása esetén minden esetben létrejött az embrió a nőstényekben (Savić & Soldatović 1984). Mindezek az eredmények minden kétségen kizárva bizonyítják a vizsgált három kárpát-medencei forma között fennálló reproductív izoláció tényét.

A fent bemutatott eredmények alapján megalapozottan állítható, hogy a *hungaricus*, *syrmiensis* és *montanosyrmiensis* formák egymástól elkülönült, önálló evolúciós fejlődési utat képviselnek. Valamennyi, a Bevezetésben megtárgyalt (1.2.5. fejezet), jelenleg széles körben elfogadott és alkalmazott faj-koncepciót figyelembe véve, nincs köztük olyan, mely kritériumainak az említett három forma ne felelne meg. Tehát ennek tükrében el kell

fogadnunk, hogy ez a három forma önálló fajnak tekinthető. Ily módon a Kárpát-medencében három bennszülött földikutyafaj biztosan előfordul. Ezek mind a nyugati földikutya fajkomplex tagjai, név szerint pedig a következők:

*Nannospalax (leucodon) hungaricus* Nehring 1898 (= *martinoi* Petrov 1971)

*Nannospalax (leucodon) montanosyrmiensis* Savić & Soldatović 1974

*Nannospalax (leucodon) syrmensis* Méhely 1909

A negyedik kárpát-medencei földikutya forma, nevesen a *transsylvanicus*, megítélése némiképp problémásabb. A forma morfológiai alapon nem különíthető el egyértelműen a *hungaricus*-tól, továbbá a kromoszómaszám és szerkezet alapján készített törzsfán is a *hungaricus* közvetlen közelébe került (Savić & Soldatović 1984). Sajnos a Savić és Soldatović által végzett keresztezési vizsgálatokban (Savić & Soldatović 1984) nem szerepelt ez a forma, így a reprodukív izoláció kérdésében nem tudunk róla semmit. Ugyanakkor elterjedési területe klimatikusan teljesen izolált. Az elterjedési területek klíma szempontjából történő összehasonlítása során e forma elterjedési területe különbözött leginkább az összes többi kárpát-medencei földikutya forma elterjedési területétől.

Ezek alapján a morfológiai faj-koncepciót biztosan nem elégíti ki a forma. A genetikai fajfogalomnak azonban megfelelhet, hiszen kariotípusa különbözik az összes többi kárpát-medencei formáétól. Ugyanígy valamennyi, az evolúciós leszármazási kapcsolatokat középpontba állító faj-koncepciónak megfelelhet. Viszont a reprodukív izoláció bizonyítottóságának hiányában a biológiai fajfogalmat nem tudjuk, hogy kielégíti-e. Meg kell jegyezni, hogy valamennyi eltérő kariotípusú forma esetében, melyet fajkeresztesési vizsgálatoknak vetettek alá Európában (tehát nemcsak a kárpát-medencei formák esetében), azt találták, hogy az eltérő kariotípusú populációk egyedei nem képesek egymással szaporodni. Kétségtelenül ebből azért nem lehet azt a következtetést levonni, hogy biztosan reprodukívan izolált a *transsylvanicus* nevű forma is. Sok szerző a formát a *hungaricus* nevű taxon alfajának tekintette (Méhely 1909, Savić & Soldatović 1984). A *hungaricus* és a *transsylvanicus* között, véleményem szerint is, biztosan van legalább alfaji szintű különbség. Ugyanakkor a két forma elterjedési területe között fennálló igen markáns klimatikus különbségnek számos etológiai következménye is van, például a két forma populációi között megfigyelhető eltérő éves aktivitási mintázat. Jelenlegi tudásunk és kutatási eredményeim alapján valószínűsítem, hogy a *transsylvanicus* nevű forma egy önálló, negyedik kárpát-

medencei endemikus fajt képviseli a nyugati földikutya fajcsoportnak. Azonban a szükséges további vizsgálatok elvégzéséig nem zárható ki teljes bizonyossággal, hogy valójában csak egy eltérő klímához adaptálódott alfajjal állunk szemben.

Összegezve tehát a következő négy nyugati földikutya fajcsoportba tartozó földikutyafajt ismerem a Kárpát-medencéből:

*Nannospalax (leucodon) hungaricus* Nehring 1898

*Nannospalax (leucodon) montanosyrmiensis* Savić & Soldatović 1974

*Nannospalax (leucodon) syriensis* Méhely 1909

*Nannospalax (leucodon) transsylvanicus* Méhely 1909

#### **5.4. A kárpát-medencei földikutyák helye a földikutyafajok (Spalacinae) rendszerében**

Végigtekintve az egyes kutatók elképzeléseit a földikutyafajok rendszeréről és leszármazási viszonyairól, a következő sorokban röviden bemutatom saját elképzelésem a csoport rendszeréről és a Kárpát-medencei földikutyák helyéről a csoportban.

Véleményem szerint a földikutyák között a két nemzetség elkülönítése indokolt és szükséges. Közülük a *Spalax* genus az ősbibb, és a *Nannospalax* az evolúciósan levezetettebb. Mindezt a két nemzetség képviselőinek kárpát-medencei és azzal szomszédos vidékeken látható elterjedési mintázata támasztja alá. Meggyőződésem, hogy csak a következőképpen magyarázható a megfigyelt elterjedési mintázat: a *Spalax* nemzetséget képviselő bukovinai földikutyák (*Spalax graecus*) már korábban benépesítették a térséget. Talán már a Kárpátok gyűrűjének keleti, délkeleti bezáródása előtt. A Kárpátok gyűrűzése során a medence bezáródásával a bukovinai földikutya három állományra szakadt: a bukovinaira (*graecus*), a havasalföldre (*istricus*) és az erdélyire (*antiquus* vagy *mezösegiensis*). Ezt követően nyomultak be a térségbe a Balkán felől a *Nannospalax* genus kisebb testű képviselői. A két csoport földikutyáinak élőhelyi igénye alapvetően hasonló lehetett, ugyanakkor a *Nannospalax* nemzetség képviselői kompetitív sikeresebbek voltak. Ezt támasztja alá, hogy sehol nem fordulnak elő a két genus képviselői egyazon élőhelyen. Az Erdélyi-medencébe nyugat felől az Erdélyi-szigethegységtől délre a *hungaricus*, a hegységtől északra pedig a *transsylvanicus* faj nyomult be és szorította délkeleti irányba a korábban az egész Erdélyi-medencében előforduló bukovinai földikutyákat. Ezt pedig az támasztja alá, hogy a bukovinai földikutya fosszilis maradványai a ma a *transsylvanicus* által benépesített területekről is szép

számban kerültek elő (Méhely 1909). A bukovinai földikutyá állományait a versengés során sikeresebbnek bizonyuló új jövevények a Kárpátok vonulatainak lábaihoz szorították. Így kerülhetett a *graecus* a Kárpátok keleti, az *isticus* pedig a déli előterébe.

A *Spalax* nemzetség fajai -véleményem szerint- korábban kialakultak és hosszabb idejei mai elterjedési területükön élhetnek. Úgy vélem, közöttük jelenleg nem zajlanak olyan aktív fajképződési folyamatok, amelyet a másik nemzetség esetében tapasztalhatunk. A *Spalax* nemzetségbe a *zemni*, a *microphthalmus*, az *arenarius*, *giganteus* és az *uralensis* nevű fajok tartoznak. A bukovinai földikutyá (*Spalax graecus*) földrajzilag elszigetelt három állománya (*graecus*, *isticus* és az *antiquus* vagy *mezösegiensis*) valószínűleg három önálló fajt alkot. Ezt a populációik földrajzi elhelyezkedése is megalapozza, mivel a Kárpátok gyűrűjének bezáródása óta biztosan elszigetelődtek egymástól. A Kárpátok mindig átjárhatatlan akadályt képezett a földikutyák számára, mivel kialakulása óta földikutyák számára áthatolhatatlan és lakhatatlan élőhelyek borították.

A földikutyák másik nemzetségét a *Nannospalax* genus adja. A nemzetségen belül biztosan önálló csoportként különíthetők el a levantei földikutyák (*Nannospalax* (superspecies *ehrenbergi*)), melyek azonban fajcsoportként további valódi fajokat foglalnak magukba. Ilyen fajok például az izraeli négy földikutyafaj (Nevo et al. 2001): *Nannospalax (ehrenbergi) golani*, *Nannospalax (ehrenbergi) galili*, *Nannospalax (ehrenbergi) carmeli* és *Nannospalax (ehrenbergi) judaei*. Azonban ezekhez hasonlóan további fajok élhetnek még a fajcsoport elterjedési területének többi országában is, például a *Nannospalax (ehrenbergi) ceyhanus* Törökországban (Coskun et al. 2009).

A többi, ebbe a nemzetségbe tartozó földikutyá további csoportosítása problémásabb. Véleményem szerint a jelenlegi tudásunk alapján nem állapítható meg biztosan, hogy egy vagy két további csoportba kellene-e sorolni őket. Talán csak a földrajzi elszigeteltségük miatt, de szerencsésebbnek vélem a két csoportra különítésüket, úgymint kis-ázsiai földikutyá (*Nannospalax* (superspecies *xanthodon*)) és nyugati földikutyá (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) (Musser & Carleton 2005, Kryštufek & Vohralik 2009). Mindkettő további valódi fajokat magába foglaló fajcsoport. Az előbbibe nagyon sok faj tartozhat, de a hiányos ismeretek alapján a fajok száma és leszármazási viszonyai jelenleg nem állapíthatóak meg. A másodikban biztosan több leszármazási vonal különíthető el, melyek több fajt tartalmaznak (lásd Savić and Soldatović 1984). Ezek közül a leszármazási vonalak közül valószínűleg kettőnek a képviselői fordulnak elő, vagy fordultak elő korábban a Kárpát-medencében, négy önálló földikutyafaj formájában: *Nannospalax (leucodon) hungaricus*, *Nannospalax*

(*leucodon*) *transsylvanicus*, *Nannospalax (leucodon) montanosyrmiensis* és *Nannospalax (leucodon) syriensis*.

### **5.5. A kárpát-medencei földikutyák rokonsági kapcsolatainak kérdése, valamint a formák eredetének és kialakulásuk dátumának problémái**

Az első és legkomolyabb problémát, miként erről részben már volt szó a 5.2.4. fejezetben, a nyugati földikutya fajcsoportba tartozó kárpát-medencei taxonok szétválásának ideje jelenti. Az izraeli levantei földikutya (*Nannospalax (superspecies ehrenbergi)*) fajcsoportba tartozó fajok szétválásának kezdetét a különféle vizsgálatok alapján 2- 2,35 millió (Nevo et al 2001) és 75 -35 ezer évvel ezelőttre (Lay & Nadler 1972, Nevo 1982) teszik. Mint látható, ezeknek az igen részletesen vizsgált földikutyafajoknak az esetében sem ismert még megközelítőleg sem a szétválás kezdetének dátuma, hiszen a különböző vizsgálatok alapján végzett becslések még nagyságrendileg sem egyeznek egymással. A kárpát-medencei formák esetében azonban még ennyit sem tudunk.

Hogy még világosabb legyen a probléma jellege, tekintsük át röviden, hogy a fent említett időpontoknak megfelelő földtörténeti korokból mit tudunk a kárpát-medencei földikutyákról. Kétmillió évvel ezelőtt és azután még néhány százezer évig nem élt a Kárpát-medencében földikutya. Ezt a periódust megelőzően mind a valódi földikutyák, mind a velük párhuzamos fejlődési utat képviselő *Prospalax*-ok előfordultak a térségben, miként azt a baranyai Csarnóta 1. jelű lelőhelyen (3,5-3,7 millió év) megtalált maradványok bizonyítják (Kordos, 1988). Ezek a földikutya leletek azonban nem a ma ismert taxonok egyikét képviselték, hanem valószínűleg a mára már kihalt *Nannospalax odessanus* fajhoz tartozhattak. 1,6-1,7 millió évvel ezelőttől kezdődően jelentek meg a térségben a Kretzoi által *Nannospalax advenus* néven leírt földikutyák (Kretzoi 1977). A Kárpát-medencében a Felvidéktől Dél-Magyarorszáig csaknem egymillió évig éltek ezek az állatok. Miután a Kárpát-medencéből a 0,8 és 0,3 millió évekkal ezelőtti időszakból egyetlen földikutyaleletet sem ismerünk, valószínűleg félmillió éven át nem éltek ezek a rágcsálók a régióban. 300 ezer évvel ezelőttől kezdve viszont a Felső-Pleisztocén leghidegebb eljegesedési szakaszai kivételével a földikutya ismét állandó tagja a magyar gerinces faunának (Jánossy, 1979). A mai modern nyugati földikutya tehát csak mintegy 300-200 ezer évvel ezelőtt jelent meg a Kárpát-medencében. A különböző hűvösebb és melegebb periódusok során a földikutyák végig jelen voltak a Kárpát-medence faunájában. Azonban az utolsó eljegesedési maximum



idején, 18-20 ezer évvel ezelőtt a földikutyák életlehetőségei megszűntek, és ebből az időszakból nem is ismerjük maradványaikat. A földikutyák újbóli megjelenése a Kárpát-medencében a mától számított 5-7 ezer évvel ezelőtti, jelenkori (holocén) klímaoptimum idején következett be. A ma is a Kárpát-medencében élő nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) folyamatos jelenlétét tehát mintegy 7 ezer évre lehet csupán visszavezetni (Kordos pers comm 2009).

Bár a Kárpát-medence nyugati földikutya fajcsoportba tartozó taxonjai, a rendelkezésre álló adatok alapján, kivétel nélkül endemizmusoknak tekinthetőek, a leletek alapján csupán 7 ezer éve vannak jelen folyamatosan a térségben. Mindez azt jelenti, hogy ezek a taxonok vagy az elmúlt 7 ezer évben különültek el egymástól, vagy a Kárpát-medencén kívül jöttek létre, ám kialakulási helyükön azóta kihaltak.

A második komoly problémát a földikutya taxonok rokonsági viszonyainak és elterjedési területeik földrajzi elhelyezkedésének ellentmondásai okozzák. A *Spalax* nemzetséget a Kárpát-medencében a bukovinai földikutya (*Spalax graecus*) képviseli, melynek további állományai a Kárpátok ívéen túl Bukovinában és Havasalföldön fordulnak elő (47. ábra). Az viszont kérdéses, hogy hogyan és mikor keltek át ezek a földikutyák ezen a magashegységen, melyet számukra lakhatatlan és áthatolhatatlan élőhelyek borítanak. A többi kárpát-medencei földikutya taxon a nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) fajcsoportba tartozik. A nyugati földikutya fajcsoportba tartozó kromoszómális formák rokonsági viszonyait a 10. ábra mutatja. Az ábra szerint a *hungaricus* és *transsylvanicus* fajok legközelebbi rokona a *leucodon* nevű forma. Azonban a *leucodon* elterjedési területe valamint a *hungaricus* és *transsylvanicus* fajok elterjedési területe között találhatóak a *Spalax graecus* populációi. Vagyis nemcsak egy magashegység vonulatai, de egy másik nemzetségbe tartozó földikutyafaj is elválasztja egymástól a közeli rokon taxonokat. Ugyanakkor feltételezhetünk korábbi kapcsolatot köztük a *Spalax graecus* elterjedési területétől északra és délre is, azonban a bukovinai földikutyától (*Spalax graecus*) északra a *Spalax zemni*-t, attól keletre pedig a *Spalax microphthalmus* populációit találjuk. Minthogy jelenlegi tudásunk szerint a két földikutya nemzetség tagjai sehol nem fordulnak elő egy élőhelyen, nagyon valószínűtlen, hogy északi irányban kapcsolatban állhattak valaha is ezek a genetikailag közeli rokon földikutya taxonok. Dél felé, a Duna jobb partján különböző nyugati földikutya fajcsoportba tartozó formákat találunk, ami első ránézésre a déli irányú összeköttetést látszik alátámasztani. Azonban, ha alaposabban megvizsgáljuk az itt előforduló formákat, és megnézzük a leszármazási viszonyaikat (10. ábra), akkor azt kell látnunk, hogy a *srebarnensis*, *bulgaricus*, *sophiensis*, *ovchepolensis* és *serbicus* nevű formák

a genetikailag igen távol eső „East Balkan” és „Serbicus” csoportokba tartoznak (10. ábra). Tehát ezeken a vidékeken is távoli rokon, balkáni bennszülött formák fordulnak elő, nem pedig a tárgyalt taxonok közvetlen rokonságába tartozók. Az szintén érdekes kérdés, hogy az előbbi három taxon után a törzsfán a következő leágazást képviselő *montanosyrmiensis* nevű faj, mely a *hungaricus* és *transsylvanicus* fajokkal kissé távolabbi rokonságban áll, földrajzilag mégis az előbbi kettő közvetlen közelében fordul elő. Így komoly fejtörést okozhat az a kérdés, hogy hogyan és mikor kerülhettek mai elterjedési területükre az egyes nyugati földikutyafajcsoportba tartozó taxonok. A *syrmiensis* nevű földikutyafaj elterjedési területe kevesebb problémát okoz, hiszen az úgynevezett „Yugoslav Branch”-en található, és a vele közeli rokonságban álló formák (10. ábra) a közelében fordul elő (47. ábra).

## **5.6. A faji differenciálódás lépései, módja és jellege a földikutyák körében**

### *5.6.1. A Robertsoni-transzlokációk szerepe a faji differenciálódás során*

A földikutyák körében, a *Nannospalax* nemzetségben megfigyelhető kromoszómális formák nagy száma a Robertsoni-transzlokációk, pericentrikus inverziók és reciprok transzlokációk következményei. Ezek a kariotípust érintő változások a kromoszómális evolúció fontos lépései. A kromoszómális evolúció fajképződéshez vezető folyamat, melynek a földikutyák – Nevo szerint – a késői fázisában tartanak (Nevo 1982). Nevo és munkatársai korábbi, kizárólag az izraeli földikutyafaj populációk tanulmányozása révén született munkáikban határozottan elkülönítették a kromoszómális evolúció lépéseit az ökológiai faktorokhoz történő adaptációs (adaptív radiáció) lépésektől. Sokszor nem hangsúlyozva a két folyamat közötti ok-okozati kapcsolatot, sőt meghatározóbb és korábbi lépésként kiemelve a kromoszómális evolúció folyamatát, mint primer lépést (Nevo 1982). Később, a jordániai és kis-ázsiai kromoszómális formák tanulmányozását követően némiképp megváltozott az említett kutatók álláspontja. Az újabb eredmények tükrében a kromoszómák számában és szerkezetében bekövetkező adaptív változásokat a fizikai és biotikus (ökológiai) faktorokhoz történő alkalmazkodás következményeinek tekintették (Nevo 1999). Újabb keletű publikációikban a két lépés (kromoszómális evolúció és adaptáció) elkülönítését kevésbé tekintik fontosnak, inkább ok-okozati viszonyukra helyezik a hangsúlyt (Nevo 1999). Az egyik jelentős törvényszerűségként emelik ki a  $2n$  értékének és a szárazság, valamint időjárási szélsőségek növekedésével mutatott korrelációját (Nevo 1991, Nevo 1999). A klimatikus

környezethez történő adaptáció következményei a nem random kariotípus mintázatok a populációk között. A két folyamat (kromoszómális evolúció és ökológiai adaptáció) tehát valószínűleg nem különíthető el egymástól, így helyesebb olyan adaptív ökológiai speciációról beszélni, mely kromoszómális evolúció révén valósul meg (Nevo 1999).

A Robertsoni mutációk, melyek felelősek a *Nannospalax* nemzetségbe tartozó földikutyák kromoszómális formáinak létrejöttéért, szerepe jelentős a formák közötti reprodukív izoláció kialakulásában. Az eltérő kromoszómális formák közötti két Robertsoni fúzió okozta különbség is kialakíthatja az utódaik teljes mértékű hím sterilitását (Patton & Sherwood 1983, Baker et al 1987, King 1993). Bár a valódi reprodukív izolációt a kromoszómális formák között csupán néhány esetben ellenőrizték kísérletesen (Savić és Soldatović 1984), az egyes formák kariotípusai között kimutatható Robertsoni mutációk nagy száma felveti reprodukív elkülönülésük lehetőségét. A számtalan vizsgálat eredményei alapján megalapozottan (Nevo et al 2001) faji szinten elkülönített *Nannospalax (ehrenbergi) golani* és *Nannospalax (ehrenbergi) galili* fajok kariotípusai között például csupán egyetlen Robertsoni mutáció különbség található (Nevo et al 2001). Ennek kapcsán érdemes megjegyezni, hogy míg a nyugati földikutya (*Nannospalax (superspecies leucodon)*) fajcsoportba tartozó *transsylvaniaicus* és *hungaricus* taxonok kariotípusai között csupán egyetlen Robertsoni mutációs különbség van, addig a fajcsoport további két kárpát-medencei taxonjának kariotípusai az összes további taxontól több Robertsoni mutációs lépésnyi különbséget mutatnak (Savić és Soldatović 1984).

#### 5.6.2. A klíma szerepe a faji differenciálódás során

Nevo és munkatársai, Izrael viszonylatában, több cikkükben is tárgyalták ezt a kérdést és szerintük az izraeli földikutyafajok kialakulásában fontos szerepe volt az ország eltérő klimatikus adottságú régióihoz való adaptációnak (Karanth et al. 2004, Nevo et al. 1999b, 2000a, b, Reyes et al. 2003). Izrael esetében meggyőzően igazolták, hogy az egyes (a levantei földikutya fajcsoportba tartozó) fajok elterjedésének határát teljes egészében a klimatikus tényezők határozzák meg (Nevo et al. 2001). Izrael éves átlagos csapadékösszeg térképén az azonos csapadékösszegű területeket összekötő vonalak szinte tökéletesen kirajzolják a fajok elterjedésének határait (Nevo et al. 2000a).

Kétségtelenül meglepő, hogy egy talajban élő kisemlős esetében a klimatikus paraméterek legyenek a leginkább meghatározóak a fajképződés során. Különös tekintettel

arra, hogy a legtöbb ilyen paraméternek nincs is közvetlen hatása az állatok mindennapi életére, a kérdés alaposabb megvitatását mindenképp szükségesnek tartom. Néhány példa segítségével jobban megvilágítható, hogy bár a jelenség pontos hatásmechanizmusa távolról sem ismert, mégis minden kétséget kizáróan meghatározó szerepet játszik a földikutya formák között megfigyelhető különbségek kialakulásában.

Izrael déli részén a *Nannospalax (ehrenbergi) judaei* nevű fajt találjuk, melynek önálló faji elkülönülését Nevo és munkatársai bizonyították (Nevo et al. 2001). Száraz, sivatagos-félsivatagos klímájú és vegetációjú területeken él. A fajra a  $2n=60$ ,  $NF=76$  kariotípus jellemző (Nevo et al. 2001). Egyiptomban a Nílus deltájának nyugati oldalán, a Földközi-tenger partvidékén Nehring egy másik földikutya taxont, az *aegyptiacus*-t írta le 1898-ban (Nehring 1898a) (49. ábra). Bár ez utóbbinak a pontos rendszertani státusza jelenleg nem tisztázott, kariotípusa viszont ismert ( $2n=60$ ,  $NF=76$ ) (Lay & Nadler 1972) és az a *Nannospalax (ehrenbergi) judaei*-ével megegyező. Arról, hogy a két taxon között valójában van-e, és ha igen, milyen mértékű genetikai különbség, nem áll rendelkezésünkre adat. Azonban ha figyelembe vesszük mindazt, hogy a Szahara mintegy 4500 évvel ezelőttig a mainál jóval csapadékosabb, szavanna jellegű táj volt (Pachur & Altmann 1997), akkor alapos okunk van feltételezni, hogy a két taxon valójában egyazon fajhoz tartozik. A mai Szahara létrejötte valószínűleg két lépésben történt, egy 6700-5500 évvel ezelőtti és egy 4000-3600 évvel ezelőtti szárazodási és sivatagosodási események eredményeként (Petit-Marie & Guo 1996). Vagyis a két földikutya állomány elszigeteltsége biztosan nem lehet több 7000 évesnél. A két terület mai klímája igen hasonló: az éves átlagos csapadékösszeg 100 és 200 mm között, az évi átlaghőmérséklet pedig 15,5 °C és 18,5 °C között változik. Mindezek alapján úgy tűnik, hogy azonos klimatikus körülmények között élő, de 7000-4000 éve elszigetelt, feltételezhetően azonos eredetű földikutya állományok között nem kezdődött meg a kariológiai elkülönülés.

Teljesen más a helyzet azonban a következő két esetben. A jordániai földikutyák esete például igen problémás. Egyrészt a rendkívül sokféle kariotípus teljesen rendszertelen jelenléte miatt (Ivanitskaya & Nevo 1998, Nevo et al. 2000a), másrészt, mert első ránézésre nem mutatnak közvetlen kapcsolatot a klímával (50. ábra). Ennek kapcsán fontos tudni, hogy a jordániai élőhelyeken valamennyi klimatikus változó a földikutyák tűrőképességének határán mozog, vagyis az egész terület igazi küzdelmi zónát jelent ezeknek a föld alatti rágcsálóknak. Valószínűleg az ezzel járó fokozott környezeti stressz okozza a kariotípusok nagy számát. Biztosan fontos szerepe lehet annak is, hogy a klimatikus körülmények kis távolságok alatt is jelentősen változnak. A különböző „klímaváltozatok” azonban csupán

eltérő variációit jelentik a kedvezőtlen feltételeknek. Valószínűleg ebben a rendkívül változatos, ám mindenhol kedvezőtlen környezetben mutatkozik meg igazán a föld alatti életmódból adódó csökkent migrációs képesség. Vagyis az eltérő, de kedvezőtlen viszonyok között élő al-populációk körében hamarabb terjednek el különböző kariotípusok, minthogy köztük kicserélődhetne néhány egyed. Mindezek eredményeként jöhet létre az egyébként azonos leszármazási ágat képviselő földikutyák nagyfokú kariológiai változatossága.

Nagyon hasonló helyzetet találunk a kis-ázsiai földikutyá (*Nannospalax* (superspecies *xanthodon*)) fajcsoportba tartozó, az Anatóliai-magasszállón élő földikutyák esetében is (51. ábra). A nagyfokú kariológiai változatosság mellett az egyes változatok rendszertelen térbeli elhelyezkedése és a földikutyák túróképességének határát jelentő klimatikus paraméterek, valamint a kedvezőtlen klímátípusok viszonylag nagyfokú változatossága is a jordániai helyzethez teszik hasonlóvá az esetet.

E kérdés kapcsán egy kis kitérőt kell tenni. Rendkívül figyelemreméltó ugyanis az a tény, hogy valamennyi száraz és forró (sivatagos) klímaterületen élő földikutyá formának  $2n=60$ -as a kromoszómaszáma. Mindez szintén igazolni látszik azt a feltételezést, hogy a klímának meghatározó szerepe lehet az egyes kariotípusok kialakulása szempontjából. Ráadásul a fentebb tárgyalt mindkét esetben (Jordánia, Közép-Anatólia) a kedvezőtlen körülmények között  $2n=60$ -as formákkal találkoztunk. Úgy tűnik, mintha a kedvezőtlen hatások egy bizonyos szintje fölött  $2n=60$ -as kromoszómaszámú kariotípusok jelennének meg, s e kedvezőtlen hatások további erősödésével az azonos leszármazási vonalakon belül is megjelenik a kariotípusok polimorfizmusa. Azonban a két lépés külön kezelését indokolja, hogy az izraeli *judaei* nevű faj esetében elvégzett citogenetikai vizsgálatok során nem találtak kariológiai polimorfizmust (Nevo et al. 2001).

Visszatérve a jordániai és anatóliai földikutyák speciális esetéhez, Jordániában a további vizsgálatok alapján négy formát különítettek el (mint lehetséges önálló fajokat), és ezek közül kettő kariotípusát tekintve polimorf. A másik két forma közül az egyiket csupán egy, a másikat pedig két populáció képviselte (Nevo et al. 2000a). Így lehetséges, hogy további vizsgálatok után ezekről is bebizonyosodik, hogy valójában polimorf kariotípusúak. A közép-anatóliai típusok genetikai vizsgálatát Ivanitskya és kutatótársai végezték el. Az általuk megvizsgált különböző  $2n=60$ -as kromoszómaszámú populációk közül azonban mindössze 2 evolúciós leszármazási vonalat tudtak elkülöníteni vizsgálataik alapján, mindkettő több kariotípussal is képviselteti magát (Ivanitskaya et al. 2008). Ezeknek a kariológiai igen változatos földikutyá formák valószínűleg a Szahara létrejötte után alakulhattak ki.

Izrael és Jordánia földikutyáin kívül, és jelen értekezés eredményeit nem számítva, csupán egyetlen, törökországi földikutyá formá esetében áll rendelkezésre publikált adat az elterjedési terület és a klíma kapcsolatáról. Ez a levantei földikutyá (*Nannospalax* (superspecies *ehrenbergi*)) fajcsoportba tartozó *ceyhanus* nevű formá, melynek élőhelyei klimatikusan jelentősen különböznek a környező formák elterjedési területeitől (Coşkun et al. 2009). Így a formá nemcsak koponyamorfológiai szempontból, kariológiai és földrajzilag különül el a környező formáktól, de elterjedési területe klimatikusan is izolált (48. ábra).

Összefoglalva az eddigieket látható, hogy azonos klimatikus körülmények mellett, viszonylag hosszú ideje elszigetelődött földikutyá állományok között sem jelent meg jelentős genetikai különbség, kariotípusuk tekintetében egységesek. Azonban szélsőséges klimatikus körülmények és eltérő klimatikus adottságok mellett extrém mértékű kariológiai változatossággal találkozunk. A Jordánia és Közép-Anatólia esetében tapasztalható nagyfokú kromoszómális polimorfizmushoz fogható jelenséget más helyről nem ismerünk. A két vidék klimatikus hasonlósága pedig igen szembetűnő. Mindez eléggé meggyőzően alátámasztja azt az elképzelést, hogy a földikutyák körében megfigyelhető fajképződési folyamatok egyik mozgatója a klíma kell, hogy legyen.

Bár a vizsgálatok eredményei alapján a klíma befolyásolja az egyes formák elterjedési területét, a legtöbb esetben mégsem determinálja a kariotípust. A  $2n=60$ -as kromoszómaszámú földikutyá formákat nem számítva, a hasonló klimatikus paraméterű területeken sokszor nagyon különböző kariotípusú formák fordulnak elő. Ezért nem lehet egyértelműen összekapcsolni egyes speciális klímájú területeket egy-egy kariotípussal.

Az izraeli földikutyafajok faji státuszának felismerésében és széleskörű elfogadásában jelentős szerepe volt a fajok eltérő klimatikus területekhez történő adaptációját bizonyító vizsgálatoknak, vagyis annak a felismerésnek, hogy a földikutyák körében zajló fajképződési folyamatok során fontos szerepe van a klímának (Nevo et al. 2001). Ezért igen fontos lehet az egyes formák elterjedési területei közötti klimatikus különbségek vizsgálata.

### ***5.7. A földikutyáknál megfigyelhető kromoszómaszám polimorfizmus jelenségének megvitatása***

A földikutyáknak az előzőekben részletesen bemutatott elképesztő változatossága igen zavarba ejtő, kevés emlőscsoport körében figyelhető meg ilyen mértékű diverzitás. Ez a

sokféleség bár morfológiailag is megnyilvánul, legjobban mégis genetikai és molekuláris biológiai módszerekkel mutatható ki.

Ugyanakkor néhány további kisemlős csoportnál is tapasztalható a földikutyákéhoz hasonló genetikai változatosság. Ezek megvitatása, úgy vélem, közelebb vezethet minket a mögöttes folyamatok megértéséhez. Véleményem szerint az egyik legfontosabb kérdés ezekkel az esetekkel kapcsolatban, hogy vajon ugyanazok a mechanizmusok állnak-e minden eset háttérében? Vagy az egyes kariotípusok tekintetében variábilis taxonoknál egyedi okai vannak a megfigyelt jelenségnek?

A földikutyafaformákéhoz (*Spalacinae*) leginkább hasonló esetet az afrikai gyökérrágók (*Bathyergidae*) családja képviseli. A földikutyák és a gyökérrágók például szinte teljesen azonos életmódot folytatnak. Továbbá a vizsgálatok tanúságai szerint a földikutyákhoz hasonlóan (Nevo et al. 1995) a morfológiai faj-konceptió szintén nem, vagy csak részben alkalmazható a csoport rendszerezése során (Van Daele et al. 2007a). Számos, genetikailag elkülöníthető rasszot (formát) azonosítottak (Aguilar, 1993, Macholan et al. 1998, Filippucci et al. 1994, Chitaukali et al. 2001, Van Daele et al. 2004, Burda et al. 2005, Burda et al. 1999, Burda 2001) a gyökérrágók körében, melyekről aztán további vizsgálatok bebizonyították, hogy valódi fajokkal állunk szemben (Van Daele et al. 2007a). A földikutyákhoz hasonlóan a fajok létrejöttében szerepet játszó speciációs folyamatok fő hajtóereje a különböző klimatikus területekhez történő adaptáció lehetett (Golding & Strobeck 1983, Harrison 1993, Ruedi et al. 1997, Grant and Grant 1997, Steinberg & Patton 2000). Mindezek a hasonlóságok számomra meggyőzően bizonyítják, hogy a két csoport evolúciója során ugyanazok a folyamatok játszottak meghatározó szerepet. Még akkor is, ha az afrikai gyökérrágók esetében a genetikai vizsgálatokkal azonosított fajok és rasszok (formák) száma (30 ismert taxon (Deuve 2008)) messze elmarad a földikutyáknál azonosítottak (70 ismert taxon) mögött.

A további ismert eseteket célszerű három csoportra osztani. Az elsőbe olyan kisemlősök tartoznak, melyeknél a földikutyákéhoz hasonlóan tűnő jelenséget figyelhetünk meg. Ilyenek például az erdei cickány (*Sorex araneus*), a házi egér (*Mus musculus domesticus*) valamint az örvös lemming (*Dicrostonyx sp.*) fajok. Ezekben az esetekben is több önálló kariotípusú állománnyal találkozunk, melyek általában földrajzilag is jól elkülönülnek és a legtöbb esetben korlátozott közöttük a génáramlás. A fő különbség a földikutyák esetével szemben az, hogy sokkal kevesebb az ismert kariotípusok száma. Az erdei cickánynál például a teljes elterjedési területről mindössze 50 kariotípus ismert (Zima et al. 1996), amely igen kevés, ha figyelembe vesszük, hogy a földikutyánál sokkal nagyobb elterjedési területű, kisebb testméretű és rövidebb élettartamú kisemlőssel állunk szemben. Vagyis a mögöttes folyamat biztosan sokkal kevésbé

intenzív, mint az, ami a földikutya formákat létrehozta. Nagyban nehezíti annak tisztázását, hogy vajon a földikutyákéval azonos folyamatok állhatnak-e ezeknek az esteknek is a háttérben, hogy a formák elterjedéséről, ökológiai igényeiről, viselkedésbeli különbségeiről rendkívül keveset tudunk. Ezért elképzelhetőnek tartom, hogy végső soron az ebbe a csoportba sorolt esetek és a földikutyák, valamint az afrikai gyökérrágók esete mögött ugyanaz a folyamat húzódik meg, azonban a jelenlegi ismereteink alapján ezt a kérdést nem lehet biztosan eldönteni.

A további két csoportba sorolható kisemlősöknél megfigyelt kromoszómaszám polimorfizmusok mögött biztosan teljesen eltérő mechanizmusok állnak. A második csoport esetében arról van szó, hogy egy-egy faj bizonyos populációi hosszú időre elszigetelődtek a többi állománytól, ezért genetikailag egyre inkább különbözni kezdtek azoktól. Bizonyos esetekben ez az elszigeteltség ma is fennáll, például a földipocoknál (*Microtus subterraneus*). Más esetekben a populációk ismét kapcsolatba kerültek egymással, de az elszigeteltség alatt felszaporodott genetikai különbségek ma is megfigyelhetők az egyedek között. Ez utóbbi esetet képviselik a jégkorszak alatt refúgiumokba visszahúzódott fajok, mint amilyen például a kerti pele (*Eliomys quercinus*).

A harmadik csoportba sorolt eseteknek pedig szinte biztosan semmi köze nincs az előző esetek egyikéhez sem. Ugyanakkor az összes ismert eset közül a legtöbb ebbe a csoportba tartozik. Ezek olyan kisemlősök, melyeknél nagyon sok önálló, sokszor morfológiailag is különböző faj található, azonban jelenleg még nem azonosították valamennyit. Ezek a fajok valójában nem problémásak taxonómiai szempontból, csupán senki nem vetette még őket alá alaposabb vizsgálatnak. A ma már ismert esetek legtöbbszörénél mára széles körben elfogadott, önálló fajként elismert taxonokat találunk. Ilyenek például bizonyos pocok- (*Microtus arvalis*, *M. laevis* és *M. obscurus*) és erdeieger fajok (*Apodemus sylvaticus*, *A. flavicolis*, *A. uralensis* és *A. arianus*).

Elmondható tehát, hogy a földikutyáknál megfigyelhető kromoszómaszám polimorfizmus nem egyedülálló jelenség, más kisemlősöknél is találkozhatunk hasonlóval, ugyanakkor legszélsőségesebb mértékben a Spalacinae alcsaládra jellemző a kariotipikusan eltérő formák nagy száma.

### **5.8. A kárpát-medencei földikutyák természetvédelmi megútlése**

A földikutyák hazánk valószínűleg legveszélyeztetettebb emlősállatai. A nyugati földikutya fajkomplex teljes hazai állománya a becsléseink szerint 1100-1200 egyed körül



lehet. A jelenlegi élőhelyei közül csak kettő található országos jelentőségű, védett természeti területen. A lecsökkent állományméret és az egymástól elszigetelt apró élőhelyek rendkívül veszélyeztetetté teszik a hazai populációkat. Az említett egyedszám önmagában is rendkívül alacsony lenne egy faj esetében is, de kutatásaim eredményei alapján Magyarország területén nem egy, hanem három földikutyafaj él, tehát az egyes fajok hazai egyedszáma ennél is alacsonyabb. Ráadásul a vizsgálatok kimutatták, hogy az egyes fajok veszélyeztetettsége is eltérő mértékű. A nyugati földikutyafajcsoport kárpát-medencei, bennszülött fajaira elvégzett kockázatelemzés eredménye alapján a *transsylvaniae* nevű faj Sérülékeny, a *hungaricus* Veszélyeztetett, a *montanosyrmiensis* pedig Súlyosan veszélyeztetett besorolású. A negyedik, *syrmiensis* nevű fajnak egyetlen állományát sem sikerült megtalálni, és az elmúlt 25 évből semmilyen adat nem áll rendelkezésre a fajról, tehát valószínűleg kihalt. Azonban ezt csak 50 év elteltével lehet kimondani, ezért Adathiányos besorolást kapott. A bukovinai földikutyafaj erdélyi állományai ugyan nincsenek közvetlen veszélyben, de a faj további állományainak helyzete kevésbé megnyugtató. Éppen ezért az erdélyi mezőségi populációk tudják leginkább szavatolni e földikutyafaj hosszú távú fennmaradását, így ezeknek a populációknak a természetvédelmi jelentősége kiemelkedő a faj egésze szempontjából. Összefoglalva megállapítható, hogy az egyes kárpát-medencei fajokat természetvédelmi szempontból is önálló egységként kell kezelni, hiszen egyedszámuk, veszélyeztetettségük mértéke és talán ökológiai igényeik is eltérőek lehetnek.

A földikutyák hatékony gyakorlati védelme a Kárpát-medencében mindeddig sehol nem valósult meg, annak ellenére, hogy ezek a különleges rágcsálók a tárgyalt régió minden olyan országában védettek, ahol a földikutyafaj egyáltalán előfordul. A hatékony védelmi intézkedések bevezetését leginkább a földikutyák speciális, rejtett életmódja nehezíti, hiszen ebből adódóan egészen a legutóbbi időkig igen hiányosak voltak a velük kapcsolatos ismereteink. Információk hiányában pedig nem lehet felelősen semmiféle direkt beavatkozást, vagy fajvédelmi programot megtervezni. Ez volt az egyik meghatározó oka jelen mű megszületésének is. Azonban a jelen értekezésben bemutatott adatok ellenére még mindig alapvető ismeretek hiányoznak a kárpát-medencei földikutyákról. Egyik ilyen sarkalatos kérdés például a fajok természetes élőhelyi igényeinek megismerése.

Az aktív védelmi beavatkozásokra pedig igen nagy szükség lenne, hiszen a földikutyák száma, élőhelyeik mérete napjainkban is zsugorodik. A fajok számára kedvezőtlen folyamatok zajlanak a kárpát-medencei előfordulási helyeiken szinte mindenhol. A kedvezőtlen folyamatok megállításához pedig biztosan nem menthetőek meg a kihalástól.

Bár az egyes veszélyeztetett populációk megőrzése érdekében az áttelepítéstől a fogságban szaporításig különféle lehetőségek merültek fel, a jelenlegi tudásunk alapján a legbiztosabb és legmegnyugtatóbb megoldást az élőhelyek területi védelmének szavatolása biztosíthatná. Jelenleg úgy tűnik ugyanis, hogy a faj/fajok jogi védelme nem tudja garantálni fennmaradásukat. Egyedül az élőhelyek védelme és annak gyakorlati megvalósulása jelenthet valódi megoldást.

A kárpát-medencei előfordulási helyek elvesztése például reménytelen helyzetbe hozná a bukovinai földikutyát. Ugyanakkor az erdélyi mezőségi populációk taxonómiai helyzete mind a mai napig nem tisztázott megnyugtatóan, így az is lehet, hogy valójában önálló alfajt vagy talán fajt képviselnek. A többi kárpát-medencei faj kihalása viszont biztosan visszavonhatatlan veszteséget jelentene, hiszen nem egy szélesebb elterjedésű faj periferián elhelyezkedő populációit, hanem önálló leszármazási vonalakat képviselő, valódi fajokkal lennének szegényebbek mindörökre.

## 6. ÖSSZEFOGLALÓ

Bár korábban a földikutyák kutatásában a magyar kutatók meghatározó szerepet játszottak, később a kutatások sora megszakadt, ezért a modern módszerekkel végzett taxonómiai vizsgálatokból a magyarországi populációk kimaradtak. Ezt az űrt szerettem volna dolgozatommal betölteni. Vizsgálataim eredményei alapján a Kárpát-medencében a földikutyáknak mindkét nemzetsége képviselteti magát: a *Spalax* nemzetségbe tartozó bukovinai földikutya (*Spalax graecus*), valamint a *Nannospalax* nemzetségbe sorolt nyugati földikutya fajcsoport (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)). Ez utóbbi fajcsoportból négy, a Kárpát-medencében bennszülött fajt sikerült azonosítanom. Ezek a *Nannospalax* (*leucodon*) *hungaricus*, a *Nannospalax* (*leucodon*) *montanosyrmiensis*, a *Nannospalax* (*leucodon*) *syrmiensis* és a *Nannospalax* (*leucodon*) *transsylvanicus*, melyek genetikailag és részben morfológiailag is különböznek egymástól. Az egykori előfordulási adatok és a múzeumi példányok molekuláris biológiai vizsgálata segítségével három endemikus faj természetes elterjedési területét is rekonstruáltam. Mivel az elterjedési területek határait a táj felszíni formái egyáltalán nem magyarázzák, további szempontok figyelembevételével próbáltam megkeresni a fajok elterjedését befolyásoló tényezőket. A talajtípusok elhelyezkedése sem adott magyarázatot, viszont a klimatikus faktorok vizsgálata igen. Ezért úgy vélem, a formákat létrehozó evolúciós folyamatok között az eltérő klimatikus adottságú területekhez történő adaptáció meghatározó lehetett.

A rendelkezésre álló adatok alapján feltérképeztem a kárpát-medencei fajok elterjedését, és összegyűjtöttem az élőhelyeiket veszélyeztető tényezőket is. Az adatok alapján elkészítettem e formák IUCN-rendszerű veszélyeztetettségi besorolását. Bebizonyosodott, hogy az egyes formákat természetvédelmi szempontból is önálló egységként kell kezelni, hiszen állományméretük és veszélyeztetettségük mértéke szempontjából is jelentős különbségek vannak köztük. Megőrzésük kiemelt jelentőségű feladat a hazai természetvédelem számára, hiszen a Kárpát-medence bennszülött gerincesei.

## 7. SUMMARY

Earlier Hungarian researchers played a central role in researching blind mole rats, however examinations ceased until present times and Hungarian mole rat populations were omitted from taxonomic investigations using modern methodology. The purpose of my thesis is to fill this empty space. Results of my investigations show that both genera of mole rats are represented within the Carpathian Basin: genus *Spalax* represented by the Bukovinan blind mole rat (*Spalax graecus*) and the Lesser blind mole rat (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) belonging to the genus *Nannospalax*. I have also successfully identified four endemic species belonging to the Lesser blind mole rat superspecies in the Carpathian Basin. These species, namely *Nannospalax (leucodon) hungaricus*, *Nannospalax (leucodon) montanosyrmiensis*, *Nannospalax (leucodon) syrmiensis* and *Nannospalax (leucodon) transsylvanicus*, show genetic as well as certain morphological differences. Using existing data of earlier occurrence and molecular biological examinations of museum specimens I have also reconstructed the natural areas of the four species. As the boundaries of areas cannot be explained by the forms of relief of the landscape, I approached the subject from different angles taking further factors into account. The localizations of ground types didn't explain the above phenomenon either, however, examining climatic factors did. This observation is consonant with the ones made by Nevo and his colleagues when examining incidence patterns of mole rat species of the Middle-East.

The fact that climatic factors explain the distinction of forms leads to the opinion that the adaptation to areas with different climatic features could have been a dominant one among evolutionary processes resulting in today's different mole rat forms.

I attempted to map the present areas of all Carpathian Basin mole rat species with the highest possible accuracy. I also created an inventory of factors endangering their habitats. Based on these data I made the IUCN risk assessment of these forms. It has been proven that each form should also be regarded as an independent entity from the point of view of nature conservation as there are significant differences between them in terms of population size and level of endangerment. Since they are Carpathian Basin endemics their conservation is an especially important task for the nature conservation authorities.

## 8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Nagyon sok mindenkinek tartozom hálás köszönettel, amiért segítettek a kutatásaimat. Önzetlen segítségük nélkül nem készülhetett volna el ez a dolgozat.

Köszönettel tartozom témavezetőimnek, Dr. Farkas Jánosnak és Dr. Csorba Gábornak, akik annak idején láttak fantáziát egy teljesen rejtélyes és alig ismert kisemlős kutatásában, és minden segítséget megadtak, hogy belevághassak egy sokak szerint kevés sikerrel kecsegtető kutatásba. A vizsgálatokkal eltöltött évek során is mindvégig segítettek és támogatták munkámat.

Köszönet illeti a szükséges kutatási engedélyek biztosításáért az Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főfelügyelőség és a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Természetmegőrzési Főosztályának munkatársait, külön is kiemelve Kalotás Zsoltot, Bakó Botondot és Váczi Olivért. Szintén köszönettel tartozom a Hortobágyi, Kiskunsági, Kőrös-Maros- és Duna-Ipoly Nemzeti Parkok munkatársainak és természetvédelmi őröknek, amiért segítettek a terepi munkámat, név szerint kiemelve Sándor Istvánt, Molnár Attilát, Mazsu Istvánt, Demeter Lászlót, Dudás Miklóst, Monoki Ákost, Sallai Zoltánt, Horváth Róbertet, Vajda Zoltánt, Máté Andrást, Krnács Györgyöt, Szelényi Balázst, Boldogh Gusztávot és Zölei Anikót. További köszönet a terepmunkák megszervezése és kivitelezése során nyújtott segítségért Czabán Dávidnak, Csathó Andrásnak, Dr. Tóth Albertnek, Hegyeli Zsoltnak, Sugár Szilárdnak, Szekeres Ottónak, Halpern Bálintnak, Brankovits Dávidnak, Dr. Szövényi Gergőnek, Nikola Stojničnak, Jadranka Lada Deličnek, Mikes Bencének, Sípos Sándornak, Fejes Tibornak és Dr. Mike Scantleburynek.

Köszönettel tartozom a szükséges szövetmintavételek során nyújtott pótolhatatlan segítségért a Fővárosi Állat- és Növénykert dolgozóinak és állatorvosainak, külön kiemelve Dr. Sós Endrét és Dr. Molnár Viktort, Molnár Zoltánt és Czuczor Istvánt.

A genetikai vizsgálatokat nem tudtam volna végrehajtani Dr. Révay Tamás, Dr. Hidas András (Állattenyésztési Kutatóintézet, Gödöllő), valamint Dr. Major Ágnes (Magyar Természettudományi Múzeum, DNS Labor) segítségével nélkül, akiknek ezúton is szeretnék köszönetet mondani.

A különféle térképek beszerzése és a kutatásaim során történő felhasználása során Dr. Bíró Mariann, Molnár Zsolt, Krnács György, Deák István András valamint T. Puskás Márta nagyban segítettek munkámat.

Munkámat Prof. Eviatar Nevo, Dr. Elena Ivanitskaya, Dr. Tomás Pavliceck és Dr. Yüksel Coškun mindvégig támogatták, hasznos tanácsokkal láttak el, sokat tanulhattam tőlük, és mindig

segítettek a számomra nehezen hozzáférhető szakirodalom megszerzésében, ezért hálás köszönettel tartozom nekik. Szintén köszönettel tartozom Prof. Mikes Mihálynak és Dr. Purger Jenőnek a nehezen hozzáférhető szakirodalom megszerzésében nyújtott segítségükért.

Köszönettel tartozom Dr. Boris Kryštufeknek, amiért konstruktív kritikáival segítette munkámat. Köszönöm továbbá szüleimnek, testvéremnek és páromnak valamint barátaimnak, Homonnay Zalánnak, Barbai Veronikának, Pazár Natáliának, Péter Andrásnak és Pokorni Flórának, hogy átolvasták kéziratomat és felhívták a figyelmemet a hibákra és hiányosságokra.

Nagyon sokan vannak még, akik kisebb vagy nagyobb mértékben, de nélkülözhetetlen módon segítettek a kutatás során. Ezért szeretnék köszönetet mondani Bajomi Bálintnak, Bodoky Annának, Vidacs Julinak, Németh Vilmosnak, Takács Attilának, Molnár Csabának, Zsíros Sándornak, Bánfy Péternek és Forgács Balázsnak.

## 9. IRODALOMJEGYZÉK

- Aguilar, G. H. 1993: The karyotype and taxonomic status of *Cryptomys hottentotus darlingi* (Rodentia, Bathyergidae). *S. Afr. J. Zool.* 28: 201-204.
- Amori, G & Gippoliti, S. 2003: A higher-taxon approach to rodent conservation priorities for the 21st century. *Animal Biodiversity and Conservation* 26 (2): 1-18.
- Anderson, J. & Winton, W. E. 1902: *Zoology of Egypt. Mammalia*. 295 pp.
- Ángyán, J., Fésűs, I., Németh, T., Podmaniczky, L. & Tar, F. 1994: *Magyarország földhasználati zónarendszerének kidolgozása a EU-csatlakozási tárgyalások megalapozásához (Alapozó modellvizsgálatok munkaközi anyaga II.)* Gödöllő, 46pp (<http://www.ktg.gau.hu/~podma/zona/>)
- Anon. 2001: *Biodiversity Assessment for Macedonia*. Chemonics International Inc. Washington D.C. 73 pp.
- Arieli, R., Arieli, M., Heth, G. & Nevo, E. 1984. Adaptive respiratory variation in four chromosomal species of mole rats. *Experientia* 40: 512-514.
- Arieli, R., Heth, G., Nevo, E., Zamir, Y. & Neutra, O. 1986. Adaptive heart and breathing frequencies in four ecologically differentiating chromosomal species of mole rats in Israel. *Experientia* 42: 131-133.
- Auffray, J. C., Renaud, S., Alibert, P. & Nevo, E.. 1999. Developmental stability and adaptive radiation in the *Spalax ehrenbergi* superspecies in the Near-East. *J. Evol. Biol.*12(2): 207-221.
- Baker, R. J. & Bradley, R. D. 2006: Speciation in mammals and the Genetic Species Concept. *Journal of Mammalogy* 87: 643–662.
- Baker, R. J., Qumsiyeh, M. B. & Hood, C. S. 1987: [Chromosomal Evolution in mammals: role of differentially-stained chromosomes](#). In: H. H. Genoways (ed.). *Current Mammalogy*. Plenum Press. pp. 67-96.
- Báldi, A., Csorba, G. & Korsós, Z. 1995: *Magyarország szárazföldi gerinceseinek természetvédelmi szempontú értékelési rendszere*. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, 59 pp.
- Baum, D. A. & Shaw, K. L. 1995: Genealogical perspectives on the species problem In: P. C. Hoch & Stevenson, A. G. (eds). *Experimental and molecular approaches to plant biosystematics. Monographs in Systematics* 53. Missouri Botanical Garden, St. Louis.
- Beiles, A., Heth, G. & Nevo, E. 1984: Origin and evolution of assortative mating in actively speciating mole rats. *Theor. Pop. Biol.* 26: 265-270.

- Bengtsson, B. O. & Frykman, I. 1990: Karyotype evolution: Evidence from the common shrew (*Sorex araneus* L.). *J. Evol. Biol.* 3: 85-101.
- Bodnár, B. 1927: A földi kutyák elszaporodása a vásárhelyi határban. *Term. Tud. Közlemények* 59: 651-652.
- Bodnár, B. 1928a: A magyar földikutya (*Spalax hungaricus hungaricus* Nhrig.) szerepe a talaj lazításában és a talaj forgatásban. *A szegedi Alföldkutató Bizottság Könyvtára. III. Szakosztály Közleményei* 4: 5-8.
- Bodnár, B. 1928b: Adatok a magyar földikutya (*Spalax hungaricus hungaricus* Nhrig.) anatómiájának és életmódjának ismeretéhez. *A szegedi Alföldkutató Bizottság Könyvtára. VI. szakosztály. Állattani Közlemények* 4: 1-55.
- Borowik, O. & Engstorm, M. D. 1993: Chromosomal evolution and biogeography of collared lemmings (*Dicrostonyx*) in the eastern and High Arctic of Canada. *Can. J. Zool.* 71: 1481-1493.
- Burda, H. 2001: Determinants of the distribution and radiation of African mole-rats (Bathyergidae, Rodentia). Ecology or geography? *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Symposium on African Small Mammals. IRD Editions, Paris.*
- Burda, H., Sumbera, R., Chitaukali, W. N. & Dryden, G. L. 2005: Taxonomic status and remarks on ecology of the Malawian mole-rat *Chryptomys whytei* (Rodentia, Bathyergidae). *Acta Theriologica* 50: 529-536.
- Burda, H., Zima, J., Scharff, A., Macholan, M. & Kawalika, M. 1999: The karyotypes of *Cryptomys anselli* sp. nova and *Cryptomys kafuensis* sp. nova of the common mole-rat of Zambia (Rodentia, Bathyergidae). *Z. Säugetierkunde* 64: 36-50.
- Cartographia 1970: *Climatic atlas of Europe I*. WMO, Unesco, Cartographia Budapest
- Cartographia 1999: *Magyarország Atlasza*. Cartographia Budapest
- Castiglia, R. & Capanna, E. 2000: Contact zone between chromosomal races of *Mus musculus domesticus*. 2. Fertility and segregation in laboratory-reared and wild mice heterozygous for multiple Robertsonian rearrangements. *Heredity* 85: 147-156.
- Chiriac, E., Popescu, A., Torcea, Șt. 1972: Contribution à la connaissance de la parasitofaune de *Spalax leucodon* Nordm. *Travaux du Museum d'histoire naturelle „Gr. Antipa”* 12: 25-37.
- Chitaukali, W. N., Burda, H. & Kock, D. 2001: On small mammals of the Nyika Plateau, Malawi. *IRD Editions, Collection colloques et séminaires, Paris*, 415–426 pp.
- Corti, M. & Thorpe R. S. 1989: Morphological clines across a karyotypic zone of house mice in Central Italy. *J. Evol. Biol.* 2: 253-264.



- Corti, M. 2001: Chromosomal speciation and phenotypic evolution in the house mouse. *Biological Journal of the Linnean Society* 73: 99-112.
- Coşkun, Y. 1996a: A new subspecies of *Spalax nehringi* (Satunin, 1989) (Rodentia: Spalacidae) from Turkey. *Säugetierkundliche Mitteilungen* 37: 103-109.
- Coşkun, Y. 1996b: *Spalax nehringi nevoi*, a new mole rat from Southeast Anatolia, Turkey (Rodentia: Spalacidae). *Säugetierkundliche Mitteilungen* 38: 135-142.
- Coşkun, Y. 2003: A study on the morphology and karyology of *Nannospalax nehringi* (Satunin, 1898) (Rodentia: Spalacidae) from northeast Anatolia, Turkey. *Turk. J. Zool.* 27: 171-176.
- Coşkun, Y., 2004. A new chromosomal form of *Nannospalax ehrenbergi* from Turkey. *Folia Zool.* 53: 351-356.
- Coşkun, Y., Németh, A. & Csorba, G. 2009: *Ceyhanus* is an available name for a distinct form of *Nannospalax* (superspecies *ehrenbergi*) (Rodentia: Spalacinae). *Mammalian Biology* doi: 10.1016/j.mambio.2009.03.007
- Coşkun, Y., Ulutürk, S., Yürümez, G. 2006: Chromosomal diversity in mole-rats of the species *Nannospalax ehrenbergi* (Rodentia: Spalacidae) from South Anatolia, Turkey. *Mammalian Biology* 71: 244-250.
- Cracraft J. 1983. Species concepts and speciation analysis. In: Johnston, R. F. (ed.) *Current Ornithology*. New York: Plenum Press. pp 159-87.
- Csapody, I. 1996: Kitaibel Pál kora, élete és munkássága. *Kitaibelia* 1: 7-16.
- Csizmazia, G. 1973: A pusztaszeri rezervátum és a környező szikések emlősfaunájáról. In: *Móra Ferenc Múzeum Évkönyve 1, Szeged* pp 247-258.
- Csorba, G. 1998: A földikutya múltja és jelene Magyarországon. - In: Palotás, G. (ed): *II. Kelet-magyarországi erdő-, vad- és halgazdálkodási, természetvédelmi konferencia. Előadások és poszterek összefoglalója*. Agrártudományi Egyetem, Debrecen, pp. 288-292.
- Csorba, G., Németh, A., Krnács Gy., Czabán, D. & Farkas, J. 2009: Unique rodent taxon under pressure – status and distribution of Vojvodina mole rat (*Nannospalax (leucodon) montanosyrmiensis*) (Mammalia: Rodentia). *2<sup>nd</sup> European Congress of Conservation Biology “Conservation biology and beyond: from science to practice”*. *Book of Abstracts*. Prague. p. 127.
- de Queiroz, K. 2005: Ernst Mayr and the modern concept of species. *PNAS* 102 Suppl 1: 6600-6607.

- Delić, J. 2007: Monitoring of Lesser blind mole rat in the „Subotićka peščara” Protected Area. *Ludaški zapisi* 6: 37-40.
- Deuve, J. L. 2008: *Cytosystematics, sex chromosome translocations and speciations in African mole-rats (Bathyergidae: Rodentia)*. PhD Dissertation, Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa. 126 pp.
- Dudás, M. & Lánszky, I. 1988: A földikutya újabb lelőhelye. *Búvár* 53 (3): 21.
- Dumitrescu, L. 1976: Contribution à l'étude anatomique, histologique et histochimique de la glande orbitaire externe chez *Spalax leucodon* (Nordmann 1840) (Rodentia, Spalacidae). *Travaux du Museum d'histoire naturelle „Gr. Antipa”* 17: 445-449.
- Éhik, Gy. 1925: *Spalax monticola syrmienensis* lelőhely Fehér megyéből. *Állattani Közlemények* 22: 52.
- Ellerman, J. R. & Morrison-Scott, T. C. S. 1951: *Cheklisť of Palearctic and Indian mammals 1758 to 1946*. British Museum (Natural History), London.
- ESRI 2007: *GIS for Wildlife Conservation*. [www.esri.com/library/bestpractices/wildlife-conservation.pdf](http://www.esri.com/library/bestpractices/wildlife-conservation.pdf).
- Faulkes, C. G., Bennett, N. C., Bruford, M. W., O'Brian, H. P., Aguilar, G. H. & Jarvis, J. U. M. 1997: Ecological constraints drive social evolution in the African mole-rats. *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 264: 1619-1627.
- Festetics, A. 1956: A földikutya Csorváson. *Természet és Társadalom* 64 (4): 250.
- Festetics, A. 1963: Beiträge zur Ethologie, Ökologie und geographischen Verbreitung der *Spalax leucodon* (Nordmann 1840). 2 Bände, Wien 1963 (Dissertationsschrift)
- Filippucci, M. G., Burda, H., Nevo, E. & Kocka, J. 1994: Allozyme divergence and systematics of commonmole-rats (*Cryptomys*, Bathyergidae, Rodentia) from Zambia. *Int. J. Mamm. Biol.* 59: 42-51.
- Forgóné Nemcsics, M., Köles, P. & Balla, G. 2006: A SZIE Vízgazdálkodási Tanszékén készített térinformatikai adatbázis felhasználása. XV. *Országos Térinformatikai Konferencia*, Szolnok (<http://www.otk.hu/cd05/1szek/Nemcsik-K%C3%B6les-Balla.htm>)
- Fox, M. & Zeiss, J. M. 1961: The chromosome preparation from fresh and cultural tissues using a modification of the drying technique. *Nature* 4808: 1213-1214.
- Fredga, K. 1973: A new chromosome race of the common shrew (*Sorex araneus*) in Sweden. *Heredity* 73: 153-157.
- Fredga, K., Fedorov, V. & Jarrell, G. H. 1995 b: The chromosome races of the collared lemming, *Dicrostonyx torquatus*. *Chromosome Res.* 3(1): 74.

- Fredga, K., Fedorov, V., Gelter, H., Jarrell, G. & Thulin, C.-G. 1995 a: Genetic studies in lemmings. In: E. Grönlund & O. Melander (eds). *Swedish-Russian Tundra Ecology-Expedition-94. A Cruise Report*. Stockholm. pp 235-242.
- Galdikas, B. M. 2005: The Orangutans of Borneo are aided with GIS. In: *GIS for Wildlife Conservation: 48*. [www.esri.com/library/bestpractices/wildlife-conservation.pdf](http://www.esri.com/library/bestpractices/wildlife-conservation.pdf).
- Ganem, G. & Searle, J. B. 1996: Behavioural discrimination among chromosomal races of the house mouse (*Mus musculus domesticus*). *J. Evol. Biol.* 9: 817-830.
- Ganem, G., Alibert, P. & Searle, J. B. 1996. An ecological comparison between standard and chromosomally divergent house mice in northern Scotland. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 61: 179-188.
- Giaigia, E., Savić, I. & Soldatović, B. 1982: Chromosomal forms of the mole rat *Microspalax* from Greece and Turkey. *Z. Säugetierkunde* 47: 231-236.
- Gileva, E. A. 1980: Chromosomal diversity and an aberrant genetic system of sex determination in the Arctic lemming, *Dicrostonyx torquatus* Pallas (1779). *Genetica* 52: 99-103.
- Gileva, E. A., Khopynova, S. E., Novokshanova, T. G. & Zybina, E. V. 1994: Chromosomal speciation and folliculogenesis in the semisterile interspecific hybrids of the varying lemmings, genus *Dicrostonyx*. *Zh. Obsh. Biol.* 55: 700-707.
- Gogolevskaya, I. K., Koval, A. P. & Kramerov, D. A. 2005. Evolutionary history of 4.5 SH RNA -*Molecular Biology and Evolution* 22 (7): 1546-1554.
- Golding, G. B. & Strobeck, C. 1983: Increased number of alleles found in hybrid populations due to intragenic recombination. *Evolution* 37:17-29.
- Grant, P. R. & Grant, B. R. 1997: Genetics and the origin of bird species. *Proc Natl Acad Sci USA* 94: 7768-7775.
- Graphodatsky, A. S. & Fokin, I. M., 1993: Comparative cytogenetics of Gliridae (Rodentia). *Zool. Zh.*, 79: 104-113.
- Gromov, I. M. & Baranova, G. I. 1981: *Catalogue of Mammals in USSR*. Nauka, Leningrad.
- Guisan, A. & Zimmermann, N. E. 2000: Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- Guttman R., Naftali, G. & Nevo, E. 1975: Aggression patterns in three chromosome forms of the mole rat, *Spalax ehrenbergi*. *Anim. Behav.* 23: 485-493.
- Gülkaç, M. D. & Yüksel, E. 1989: Malatya yöresi kör fareleri (Rodentia: Spalacidae) üzerine sitogenetik bir inceleme. *Doğa Tu. Biyol. D.* 13: 63-71.

- Habijan-Mikes, V., Mikes, M., Savić, I. & Mikes, B. 1986: Znacaj kopacke aktivnosti slepog kuceta *Nannospalax hungaricus* (Nehring, 1898). *Priroda Vojvodine* 9-11: 59-63.
- Haim, A., Heth, G. & Nevo, E. 1985: Adaptive thermoregulatory patterns in speciating mole rats. *Acta Zool. Fennica* 170: 137-140.
- Hammer, O., Harper, D. A. T., Ryan, P. D. 2001: PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologica Electronica* 4: 1-9.
- Harrison, R. G. 1993: Hybrids and hybrid zones. In: Harrison R.G. (ed) *Hybrid zones and the evolutionary process*. Oxford Univ Press, New York, pp 3–12.
- Hennig W. 1966: *Phylogenetic Systematics*. University of Illinois Press.
- Heth, G. & Nevo, E. 1981: Origin and evolution of ethological isolation in subterranean mole rats. *Evolution* 35: 259-274.
- Heth, G., Beiles, A. & Nevo, E. 1988: Adaptive variation of pelage color within and between species of the subterranean mole rat (*Spalax ehrenbergi*) in Israel. *Oecologia* 74: 617-622.
- Hillis, D. M., Larson, A., Davis, S.K. & Zimmer, E. A. 1990: Nucleic acids III: sequencing. In: Hillis DM, Moritz C (eds) *Molecular systematics*. Sinauer Associates, Sunderland MA, pp. 318–370.
- Horváth, G. 1918a: Kitaibel Pál állattani megfigyelései. *Ann. Mus. Nat. Hung.* 16: 1-26.
- Horváth, G. 1918b: Budapest környékének emlősfaunája száz év előtt. *Állattani Közlemények* 17(3-4): 150-151.
- Horváth, R. & Vadnai, R. 2006: *A földikutya*. Szabolcs-Szatmár-Beregi Természet- és Környezetvédelmi Kulturális Értéktörző Alapítvány, Fehérgyarmat.
- Horváth, R. 2001: *A Hortobágyi Nemzeti Park földikutya (Spalax leucodon) állományának vizsgálata*. Kutatási jelentés. 21 pp
- Horváth, R., Bihari, Z., Németh, A. & Csorba, G. 2007: Lesser blind mole rat. In: Bihari, Z., Csorba, G. & Heltai, M. (eds) *The Atlas of Hungarian Mammals*. Kossuth Kiadó, Budapest, pp. 157-159.
- Hsu, T. C. & Kellogg, D. S. 1960: Primary cultivation and continuous propagation in vitro of tissues from small biopsy specimens. *Journal of National Cancer Institute* 25: 221-235.
- Ihrig, D. 1952: Folyóink hullámterének vízjárása, hordalékmozgása és szabályozása. *Erdészeti Kutatások* 5-6.
- International Commission on Zoological Nomenclature 1999: *International Code of Zoological Nomenclature. Fourth Edition*. The Natural History Museum, London.

- IUCN 2001: *IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge.
- Ivanitskaya, E. & Nevo, E. 2000: New chromosome forms of mole rats from Jordan and their relationships with the *Spalax ehrenbergi* cytotypes from Israel and Turkey. *Isr. J. Zool.* 46: 372-373
- Ivanitskaya, E., & Nevo, E. 1998: Cytogenetics of mole rats of the *Spalax ehrenberg* superspecies from Jordan (Spalacidae, Rodentia). *Z. Säugetierkunde* 63: 336-346.
- Ivanitskaya, E., Coşkun, Y. & Nevo, E. 1997: Banded karyotypes of mole rats (*Spalax* Spalacidae, Rodentia) from Turkey: a comparative analysis. *J. Zool. Syst. Evol. Res.* 35: 171-177.
- Ivanitskaya, E., Sözen, M., Rashkovetsky, L., Matur, F. & Nevo, E. 2008: Discrimination of  $2n=60$  *Spalax leucodon* cytotypes (Spalacidae, Rodentia) in Turkey by means of classical and molecular cytogenetic techniques. *Cytogenetic and Genome Research* 122: 139-149
- Jablonowski, J. 1898: A földi kutya kártételeiről. *Köztelek* 8: 1860-1862.
- Jadwiszczak, K. A. & Banaszek A. 2006: Fertility in the male common shrews, *Sorex araneus*, from the extremely narrow hybrid zone between chromosomal races. *Mammalian Biology* 71(5): 257-267.
- Jánossy, D. 1964: Letztinterglaziale Vertebraten-Fauna aus der Kálmán-Lambrecht-Höhle (Bükk-Gebirge, NO-Ungarn) II. *Acta zool Acad Sci. Hung.* 10: 139-195.
- Jánossy, D. 1979: *A magyarországi pleisztocén tagolása gerinces faunák alapján*. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Jansa, S. A. & Weksler, M. 2004: Phylogeny of muroid rodents: relationship within and among major lineages as determined by IRBP gene sequences *Molecular Phylogenetics and Evolution* 31: 256-276.
- Johnson, O. W., Waples, R. S., Wainwright, T.C., Neely, K. G., Waknitz, F. W. & Parker L.T.. 1994. *Status Review for Oregon's Umpqua River Sea-Run Cutthroat Trout*. U.S. Department of Commerce. NOAA Technical Memorandum NMFS-VWFSC-15.
- Jones, A., Montanarella, L. & Jones, R. (eds) 2005: *Soil Atlas of Europe*. European Soil Bureau Network European Commission, Office for Official Publications of the European Communities, L-2995 Luxembourg, 128 pp.
- Kankılıç Te., Kankılıç To., Çolak R., Çolak E. & Karataş A. 2007: Karyological comparison of populations of the *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 superspecies (Rodentia: Spalacidae) in Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 9(13): 2419–2425.

- Kankılıç Te., Kankılıç To., Çolak R., Kendemir I. & Çolak E. 2006: Morphological comparison of seven chromosomal forms of *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 (Mammalia: Rodentia) in Turkey. *Zool. Middle East*. 42: 15–24.
- Kankılıç, T., Çolak, E., Çolak, R. & Yiğit, N. 2004: Allozyme variation in *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 (Rodentia: Spalacidae) in the Area between Ankara and Beyşehir *Turk. J. Zool.* 29: 377-384.
- Karanth, K. P., Avivi, A., Beharav, A. & Nevo, E. 2004: Microsatellite diversity in populations of blind subterranean mole rats (*Spalax ehrenbergi* superspecies) in Israel: speciation and adaptation. *Biological Journal of the Linnean Society* 83: 229–241.
- Kimchi, K. & Terkel, J. 2002: Seeing and not seeing. *Current Opinion in Neurobiology* 12: 728-734.
- Kimchi, K., Etienne, A. S. & Terkel, J. 2004: A subterranean mammal uses the magnetic compass for path integration. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 101(4): 1105-1109.
- King, M. 1993: *Chromosomal Speciation Revisited Species Evolution. The Role of Chromosome Change*. Cambridge University Press.
- Kıvanç, E., 1988: *Türkiye Spalax' larının Coğrafik Varyasyonları*. Ankara.
- Koch, D., Ingram, C. M., Frabotta, L. J., Honeycutt, R. L. & Burda, H. 2006: On the nomenclature of Bathyergidae and *Fukomys* n.gen. (Mammalia: Rodentia). *Zootaxa* 1142: 51-55.
- Kollega Tarsoly, I. (ed.) 1997: *Magyarország a XX. században 2: Természeti környezet, népesség és társadalom, egyházak és felekezetek, gazdaság*. Babits kiadó, Budapest 714 pp (<http://mek.oszk.hu/02100/02185/html/102.html#104>)
- Kordos, L. 1988: A *Spalax* nemzetség (Rodentia) európai megjelenése és a plio-pleisztocén határkérdés. *Földtani Intézet Évi Jelentése 1986-ról*: 469-491.
- Kowatscheff, W. T. 1906: Der nordbulgarische *Spalax*. *Verh. zool.-bot. Ges. Wien* 56: 604-605.
- Kozlovsky, A. I. 1974: Karyotype differentiation in northeastern subspecies of the arctic lemmings. *Doklady Akademii Nauk SSSR* 219: 981-984.
- Kretzoi, M. 1977: Fontosabb szórványtelepek a MÁFI Gerinces Gyűjteményében (2. közlemény). *Földtani Intézet Évi Jelentése 1975-ről*: 401-415.
- Krohne, D. T. 1982: The karyotype of *Dicrostonyx hudsonius*. *J. Mammal.* 63: 174-176.

- Kryštufek, B. & Vohralik, V. 2009: *Mammals of Turkey and Cyprus. Rodentia II. Cricetinae, Muridae, Spalacidae, Calomyscidae, Capromyidae, Hystricidae, Castoridae.* [Science and Research Centre of the Republic of Slovenia](#) 292 pp.
- Kryštufek, B. 1999: *Nannospalax leucodon*. In: Mitchell-Jones, A.J., Amori, G., Bogdanowicz, W., Kryštufek, B., Reijnders, P.J.H., Spitzenberger, F., Stubbe, M., Tissen, J.B.M., Vohralik, V. & Zima, J. (eds) *Atlas of European Mammals*. The Academic Press, London, pp. 262-263.
- Kryštufek, B., Filippucci, M. G., Macholhn, M., Zima, J., VujoSevic, M. & Simpson, S., 1994: Does *Microtus majori* occur in Europe? *Z. Säugetierkunde* 59: 349-357.
- Lakner, A. 1933: A földi kutyák megjelenése és a marha betegségek. *Term. Tud. Közlemények* 65: 396.
- Lay, D., M. & Nadler C. F. 1972: Cytogenetics and origine of North African *Spalax* (Rodentia: Spalacidae). *Cytogenetics* 11: 279-285
- Lendl, A. 1899: Hazánk néhány specialitásáraól. *Természettudományi füzetek* 23: 39-55.
- Lendl, A. 1900: Egy új emlősfaj hazánk faunájában. *A magyar orvosok és természetvizsgálók XXX. vándorgyűlésének munkálatai*, pp 624-627.
- Lukáčová, L., Zima J. & Volobouev, V. T. 1996: Karyotypic variation in *Sorex tundrensis* (Sorecidae, Insectivora). *Hereditas* 125: 233-238.
- Lyapunova, E. A., Vorontsov, N. N. & Martinova, L. Y. 1974: Citogenetical differentiation of burrowing mammals in the Palaearctic. In: *Sympos. Theriol. II. Proc.* Pp. 203-215.
- Lyet A. 2008: *Conservation des Populations Francaises de Vipere d'Orsini Approche Multidisciplinaire et Integrative*. PhD Thesis Universite Montpellier II Sciences et Techniques Du Languedoc, France, 182 pp.
- Macholan, M., Burda, H., Zima, J. & Grutjen O. 1998: The karyotype and taxonomic status of *Cryptomys amatus* (Wroughton, 1907) from Zambia (Rodentia, Bathyergidae). *Z. Säugetierkunde* 63: 186-190.
- Matthey, R. 1959: Formules chromosomiques de Muridae et de Spalacidae. La question du polymorphisme chromosomique chez les Mammifères. *Rev. Suisse de Zool.* 66: 175-209.
- Matvejev, S. 1961: *Biogeografija Jugoslavije. Osnovni principi*. Biološki institut NRS, Beograd, 232 pp.
- Mayr, E. 1942: *Systematics and the Origin of Species from the Viewpoint of a Zoologist*. New York: Columbia University Press
- Mayr, E. 1963. *Animal Species and Evolution*. Cambridge (MA): Harvard University Press.

- Méhely, L. 1909: *Species generis Spalax. A földi kutyák fajai származás- és rendszertani tekintetben.* Magyar Tudományos Akadémia.
- Mészáros, F. 1968: The occurrence of *Heligmosomum spalacis* Kissenblat, 1965 (Nematoda, Heligmosomatidae), in Lesser Mole Rat (*Spalax leucodon*) in Hungary. *Parasitologia Hungarica* 1: 103-108.
- Meylan, A. & Hausser, J. 1978: Le type chromosomique A des *Sorex* du groupe *araneus*: *Sorex coronatus* Millet, 1828. *Mammalia* 42: 115- 122.
- Meylan, A. 1964: Le polymorphisme chromosomique de *Sorex araneus* (Mammalia, Insectivora). *Rev. Suisse Zool.* 71: 903-983.
- Mikes, M., Habijan, V. & Savić, I. 1982: Distribution and dispersion of the species *Spalax leucodon* Nordmann, 1840. *Säugetierkundliche Mitteilungen* 30: 161-167.
- Miller, G., 1903: Description of two new mole-rats. *Proc. Biol. Soc.* 16: 161.
- Modi, W. S. 1987: Phylogenetic analyses of chromosomal banding patterns among the Nearctic Arvicolidae (Mammalia: Rodentia). *Syst. Zool.* 36: 109-136.
- Montgelard, C., Bentz, S., Tirard, C., Verneau, O. & Catzeflis, F. M. 2002: Molecular Systematics of Sciognathi (Rodentia): The mitochondrial cytochrome b and 12S rRNA genes support the Anomaluroidea (Pedetida and Anomaluridae) *Molecular Phylogenetics and Evolution* 22: 220-233.
- Montgelard, C., Forty, E., Arnal, V. & Matthee, C. A. 2008: Suprafamilial relationships among Rodentia and the phylogenetic effect of removing fast-evolving nucleotides in mitochondrial, exon and intron fragments *BMC Evolutionary Biology* 8: 321 doi: 10.1186/1471-2148-8-321
- Moorhead, P. S., Nowell, P. C., Mellman, W. J., Battips, D. M. & Hungerford, D. A. 1960: Chromosome preparation of leukocytes cultured from human peripheral blood. *Experimental Cell Research* 20: 613-616.
- Moritz, C. 1994: Defining evolutionarily significant units for conservation. *TREE* 9: 373-375.
- Moulin, N. L., Wytenbach, A., Brünner, H., Goudet, J. & Hausser J. 1996: Study of gene flow through a hybrid zone in the common shrew (*Sorex araneus*) using microsatellites. *Hereditas* 125: 159-168.
- Murariu, D. & Torcea, Șt. 1984: The occurrence of the species *Spalax isticus* Méhely 1909 (Rodentia, Splanacidae) in the Romanian Plain. *Travaux du Museum d'histoire naturelle „Gr. Antipa”* 26: 245-249.



- Musser, G. & Carleton, M. 2005: Superfamily Muroidea. In: Wilson, D. E. & Reeder, D. M. (eds.) *Mammal species of the world: A taxonomic and geographic reference, 3<sup>rd</sup> edition*. Baltimore, The Johns Hopkins University Press, pp. 894-1531.
- Musser, G. G. & Carleton, M. D. 1993: Superfamily Muroidea. In: Wilson, D. E. & Reeder, D. M. (eds.) *Mammal Species of the World: A taxonomic and geographic reference, 2<sup>nd</sup> edition*. Washington, Smithsonian Institution Press, pp. 753-755.
- Năstăsescu, Gh. & Torcea, Șt. 1977: Circadian rhythm of energetic metabolism in the Mole Rat (*Spalax leucodon* Nordm., 1840). *Travaux du Museum d'histoire naturelle „Gr. Antipa”* 18: 335-339.
- Nehring, A. 1897: Mehrere neue *Spalax*-Arten. *Sitz.-Ber. Ges. naturforsch. Freunde zu Berlin* 1897 (10): 163-183.
- Nehring, A., 1898a: Eine neue *Nesokia*-Species aus Palästina *Sitz.-Ber. Ges. naturforsch. Freunde* 1898 (11): 1-8.
- Nehring, A., 1898b: *Spalax hungaricus* n. sp. *Zoologische Anzeiger* 21: 479-481.
- Nehring, A., 1898c: *Spalax graecus*. *Zoologische Anzeiger* 21: 228-230.
- Nehring, A., 1902: *Spalax Fritschi* sp. n. foss. Aus der Antelias-Höhe am Libanon. *Sitz.-Ber. Ges. naturforsch. Freunde z. Berlin* 4: 78-87.
- Németh A., Máté, A., Zsebök, S., Czabán, D., Rózsás, A., Farkas, J. & Csorba, G. 2008: Alternative engineering solutions to protect a specialized underground-living rodent. *22<sup>th</sup> Annual Meeting of the Society for Conservation Biology. Book of Abstracts. Chattanooga, Tennessee, USA*. p. 142.
- Németh, A., Czabán, D., Csorba, G. & Farkas, J. 2007: Evaluating the methods for live-trapping of the Hungarian lesser blind mole rat (*Spalax leucodon*) *Természetvédelmi Közlemények* 13: 417-421.
- Németh, A., Csorba, G. & Farkas, J. 2006: A hazai földikutyák (*Spalax leucodon*) kromoszóma-vizsgálatának módszertana és első eredményei. *Állattani Közlemények* 91(2): 153-157.
- Németh, A., Révay, T., Hegyeli, Zs., Farkas, J., Czabán, D., Rózsás, A. & Csorba, G. 2009: Chromosomal forms and risk assessment of *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) (Mammalia: Rodentia) in the Carpathian Basin. *Folia Zoologica* 58(3): 349-361.
- Németh, A., Rózsás, A., Czabán, D. & Farkas, J. 2009 b: Data on the habitat requirements of the threatened Transylvanian mole rat (*Nannospalax (leucodon) transsylvanicus*) - not all habitats are good enough. *2<sup>nd</sup> European Congress of Conservation Biology*

- “*Conservation biology and beyond: from science to practice*”. *Book of Abstracts*. Prague. p. 196.
- Nevo, E. & Sarich, A.. 1974. Immunology and evolution in the mole rat, *Spalax*. *Isr. J. Zool.* 23: 210-211.
- Nevo, E. & Shkolnik, A. 1974: Adaptive metabolic variation of chromosome forms in mole rats, *Spalax*. *Experientia* 30: 724-726.
- Nevo, E. 1961. Observations on Israeli populations of the mole rat, *Spalax ehrenbergi* Nehring 1898. *Mammalia* 25: 127-144.
- Nevo, E. 1982: Speciation in subterranean mammals In: Claudio Barigozzi (ed): *Mechanisms of Speciation. Progress in Clinical and Biological Research* 96. Alan R. Liss, Inc., New York. Pp. 191-218.
- Nevo, E. 1991: The subterranean mole rats (*Spalax ehrenbergi* superspecies) in Israel as an evolutionary model of active speciation and adaptive radiation. *Israel Journal of Zoology* 37: 174–175.
- Nevo, E. 1999: *Mosaic evolution of subterranean mammals: Regression, progression, and global convergence*. Oxford University Press, Oxford. 409 pp.
- Nevo, E., Filippucci, M. G. & Beiles, A. 1994 b: Genetic polymorphisms in subterranean mammals (*Spalax ehrenbergi* superspecies) in the Near East revisited: patterns and theory. *Heredity* 72: 465–487.
- Nevo, E., Filippucci, M. G. Redi, C., Korol, A. & Beiles, A. 1994 a: Chromosomal speciation and adaptive radiation of mole rats in Asia Minor correlated with increased ecological stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 91: 8160–8164.
- Nevo, E., Filippucci, M. G., Redi, C., Simson, S., Heth, G. & Beiles, A. 1995: Karyotype and genetic evolution in speciation of subterranean mole rats of the genus *Spalax* in Turkey. *Biological Journal of the Linnean Society* 54: 203–229.
- Nevo, E., Guttman, R., Haber, M. & Erez, E. 1982: Activity patterns of evolving mole rats. *J. Mamm.* 63: 453-463.
- Nevo, E., Heth G. & Beiles A.. 1985: Variation and evolution of aggression in subterranean mammals of the superspecies *Spalax ehrenbergi* in Israel. In: *Multidisciplinary Approaches to Conflict and Appeasement in Animals and Man*, 3rd European Conference of Int. Soc. for Research on Aggression, Parma, Italy, p. 17.
- Nevo, E., Honeycutt, R. L., Yonekawa, H., Nelson, K. & Hanzawa, N. 1993: Mitochondrial DNA Polymorphisms in Subterranean Mole-Rats of the *Spalax ehrenbergi* superspecies in Israel, and its peripheral isolates. *Mol. Biol. Evol.* 10(3): 590–604.

- Nevo, E., Ivanitskaya, E. & Beiles, A. 2001: *Adaptive radiation of blind subterranean mole rats: naming and revisiting the four sibling species of the Spalax ehrenbergi superspecies in Israel: Spalax galili (2n=52), S. golani (2n=54), S. carmeli (2n=58) and S. judaei (2n=60)*. Bachhuys Publishers, Leiden.
- Nevo, E., Ivanitskaya, E., Filippucci, G. M. & Beiles, A. 1999: Speciation of subterranean mole rats, *Spalax ehrenbergi*, in Jordan. *36<sup>th</sup> Ann. Meet. Israel Zool. Soc.* 56.12.99.
- Nevo, E., Ivanitskaya, E., Filippucci, G. M. & Beiles, A. 2000: Ecological speciation of *Spalax ehrenbergi* superspecies in Jordan: four new putative species. *Isr. J. Zool.* 46: 169.
- Nevo, E., Ivanitskaya, E., Filippucci, M. G. & Beiles, A. 2000: Speciation and adaptive radiation of subterranean mole rats, *Spalax ehrenbergi* superspecies, in Jordan. *Biological Journal of the Linnean Society* 69: 263–281.
- Nevo, E., Naftali, G. & Guttman, R. 1975: Aggression patterns and speciation. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 72: 3250-3254.
- Nevo, E., R. Guttman, M. Haber & E. Erez. 1979: Habitat selection in evolving mole rats. *Oecologia* 43:125-138.
- Ondrias, J. C. 1966: The taxonomy and geographical distribution of the Rodents of Greece. *Säugetierk. Mitt.* 14: 1-136.
- Orosz, E. 1903: Adatok a földi kutya (*Spalax typhlus* Pall.) életének és előfordulásának ismeretéhez. *Természet* 6(9): 3-6.
- Orosz, E. 1904. Adatok a földi kutya (*Spalax typhlus* Pall.) életének és előfordulásának ismeretéhez. *Természet* 7(3): 26-30, 163-165, 177-179.
- Orosz, E. 1905. Adatok a földi kutya (*Spalax typhlus* Pall.) életének és előfordulásának ismeretéhez. *Természet* 8(3-4): 116-118.
- Orosz, E. 1906. Adatok a földi kutya (*Spalax typhlus* Pall.) életének és előfordulásának ismeretéhez. *Természet* 9: 285-286.
- Országos Meteorológiai Intézet 1960: *Magyarország Éghajlati Atlasza*. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Országos Meteorológiai Szolgálat 2005: *Magyarország éghajlati atlasza*. Országos Meteorológiai Szolgálat. Budapest
- Ötvös, J. 1968: A magyar földikutya. *Hajdúsági Krónika* Déri Múzeum. Debrecen
- Pachur, H.-J. & Altmann, N. 1997: The Quaternary (Holocene, ca. 8000a BP) In: Schandelmeier, H.& Reynolds, P.-O. (eds) *Palaeogeographic-Palaeotectonic Atlas of*

- North-Eastern Africa, Arabia, and Adjacent Areas Late Neoproterozoic to Holocene*, pp. 111-125
- Papp, J. 1982: Rezervátum Hajdúbagason. *Búvár* 47(3): 122-123.
- Paszlavszyk, J. 1918: *A magyar Birodalom Állatvilága - Fauna Regni hungariae*. K. M. Természettudományi Társulat, Budapest, 241 pp.
- Patton, J. L. & Sherwood S. W. 1983: Chromosomal evolution and speciation in rodents. *Annual Review of Ecology and Systematics* 14: 139–158.
- Péczely, Gy. 1998: *Éghajlattan*. Nemzeti Tankönyvkiadó Rt. Budapest 340 pp.
- Peshev D. & Vorontsov, N. N. 1982: Chromosome variability of the mole rat (*Spalax leucodon*) complex in Bulgaria. *Third Int. Theriol. Congr. Abstract of papers*, p.190.
- Peshev, D. 1981: On the caryotypes in some populations of the mole rat (*Spalax leucodon* Nordmann) in Bulgaria. *Zool. Anz.* 206: 129-133.
- Peshev, D. 1983: New karyotype forms of mole rat, *Nannospalax leucodon* Nordmann (Spalacidae, Rodentia), in Bulgaria. *Zool Anz.* 211: 65-72.
- Petényi, S. J. & Glos, S. 1845: A fogas vakony (természetrizsi tekintetben Petényi Salamontól, élettani tekintetben Glos Sámuelától). *A Királyi Magyar Természettudományi Társulat Évkönyvei 1*, 15 pp.
- Petit-Maire, N. & Guo, Z. 1996: Mise en evidence de variations climatiques holocenes rapides, en phase dans les deserts actuels de Chine et du Nord de l'Afrique. *Sciences de la Terre et des Planetes* 322: 847-851.
- Petrov, B. M. 1992: *Mammals of Yugoslavia –Insectivores and Rodents*. Natural History Museum of Beograd, Beograd, 186 pp.
- Popescu, A. & Torcea, Șt. 1970: Caractéristiques biométriques de la population de *Spalax leucodon* Nordmann 1840, dans la Dobroudja du Nord. *Travaux du Museum d'histoire naturelle „Gr. Antipa”* 10: 347-356.
- Popescu, A. & Torcea, Șt. 1980: Hrana orbetelui (*Spalax leucodon* Nordm.) din Dobrogea de Nord. *Societatea de Științe Biologice din R.S.R., Comunicări de Zoologie* 7: 55-59.
- Raicu, P. & Duma, D. 1969: Cytogenetical study in *Sp. leucodon* in Moldavia (Romania). *Genet. Res.* 13: 99-104.
- Raicu, P. & Torcea, Șt. 1973: Chromosomal polymorphism in the lesser mole rat *S. leucodon*. *Chromosomes Today* 4: 383-386.
- Raicu, P., Bratosin, S. & Hamar, M. 1968: Study on the karyotypes of *Spalax leucodon* and *S. microphthalmus*. *Caryologia* 21(2): 127-135.

- Rausch, R. L. & Rausch, V. R. 1972: Observations on chromosomes of *Dicrostonyx torquatus stevensoni* Nelson and chromosomal diversity in varying lemmings. *Z. Säugetierkunde* 37: 372-382.
- Resetnik, E. G. 1941: Materiali do vivchennja sistematiki geografičnovo poširenija ta ekologiji slipakiv (Spalacidae) v URSS. *Zbirn. prac. Zool. muz. AN URSS* 24: 23-95.
- Reyes, A., Nevo, E. & Saccone, C. 2003: DNA sequence variation in the mitochondrial control region of subterranean mole rats, *Spalax ehrenbergi* superspecies, in Israel. *Mol. Biol. Evol.* 20: 622–632.
- Ridley M. 1989: The cladistic solution to the species problem. *Biology and Philosophy* 4: 1–16.
- Rozas, J., Sánchez-DelBarrio, J. C., Messeguer, X. & Rozas, R. 2003: DnaSP, DNA polymorphism analyses by the coalescent and other methods. *Bioinformatics* 19: 2496-2497.
- Ruedi, M., Smith, M. F. & Patton, J. L. 1997: Phylogenetic evidence of mitochondrial DNA introgression among pocket gophers in New Mexico (family Geomyidae). *Mol Ecol* 6: 453–462.
- Said, K. & Britton-Davidian, J. 1991: Genetic differentiation and habitat partition of Robertsonian house mouse populations (*Mus musculus domesticus*) of Tunisia. *J. evol. Biol.* 3: 409-427.
- Said, K., Auffray, J-C., Bourshot, P. & Britton-Davidian, J. 1999: Is chromosomal speciation occurring in house mice in Tunisia? *Biological Journal of the Linnean Society* 68: 387-399.
- Said, K., Saad, A., Auffray, J. C. & Britton-Davidian, J. 1993: Fertility estimates in the Tunisian allacocentric and Robertsonian populations of the house mice and in their chromosomal hybrids. *Heredity* 71: 532–538.
- Saiki, R. K., Bugawan, T. L., Horn, G. T., Mullis, K. B. & Ehrlich, H. A. 1986: Analysis of enzymatically amplified b-globin and HLA-DQa DNA with allele-specific oligonucleotide probes. *Nature* 324: 163–166.
- Saiki, R.K., Gelfand, D.H. & Stoffel, S. 1988: Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. *Science* 239: 487–491.
- Santos, X., Brito, J. C., Sillero, N., Pleguezuelos, J. M., Llorente, G. A., Fahd, S. & Parellada, X. 2006: Inferring habitat-suitability areas with ecological modelling techniques and GIS: A contribution to assess the conservation status of *Vipera latastei*. *Biological Conservation* 130(3): 416-425.

- Satunin, K. A. 1898: *Spalax Nehringi* nov. spec. *Zool. Anz.* 21: 314-315.
- Savić, I. & Mikes, M. 1967: Zur Kenntnis des 24-Stunden-Rhythmus von *Spalax leucodon* Nordmann, 1840. *Z. f. Säugetierkunde* 32(4): 233-238.
- Savić, I. & Nevo, E. 1990: The Spalacidae: Evolutionary history, speciation, and population biology. In: Nevo, E. & Reig, A. O. (eds) *Evolution of subterranean mammals at the organismal and molecular levels*. Alan R. Liss, New York: pp. 129–153.
- Savić, I. & Soldatović, B. 1974: Die Verbreitung der Karyotypen der Blindmaus *Spalax* (*Mesospalax*) in Jugoslawien. *Arhiv Bioloskih Nauka* 26: 115–122.
- Savić, I. & Soldatović, B. 1977: Contribution to the study of ecogeographic distribution and evolution of chromosomal forms of the Spalacinae from the Balkan Peninsula. *Arhiv Bioloskih Nauka* 29: 141–156.
- Savić, I. & Soldatović, B. 1978: Studies on the karyotype and distribution range of the mole-rat (*Spalax leucodon* Nordmann) in Greece. *Caryologia* 31: 63-73.
- Savić, I. & Soldatović, B. 1979: Distribution range and evolution of chromosomal forms in the Spalacidae of the Balkan Peninsula and bordering regions. *Journal of Biogeography* 6: 363–374.
- Savić, I. & Soldatović, B. 1984: Karyotype evolution and taxonomy of the genus *Nannospalax* Palmer 1903, Mammalia, in Europe. Separate edition of the Serbian Academy of Science and Arts. Beograd, 560:59 pp 104.
- Savic, I. R. 1982: Familie Spalacidae Gray, 1821 – Blindmäuse. In: Niethammer, J. & Krapp, F. (eds.) *Handbuch der Säugetiere Europas, B. 2/I* Akademische Verlagsgesellschaft, Weisbaden, pp. 539-584.
- Savić, I., Habijan-Mikes, M., Mikes, V. & Mikes, M. 1984: Dinamika prostornog rasporeda i gustine populacije vrste *Nannospalax leucodon* (Nordm., 1840) na Deliblatskom pesku. *III kongr. ekol. Jug., knj.* Pp. 199-203.
- Schmidt, E. & Gémes, E. 1981: *Kisemlősök*. Búvár Zsebkönyvek, Móra Ferenc Könyvkiadó, Budapest, 63 pp.
- Solano, E., Castiglia, R. & Corti, M 2007: A new chromosomal race of the house mouse, *Mus musculus domesticus*, in the Vulcano Island-Aeolian Archipelago, Italy. *Hereditas* 144: 75-77.
- Soldatović, B. & Savić, I. 1973: New karyotype form of the mole-rat (*Spalax* Güld.in Yugoslavia and their areas of distribution. *Symp. theriol. II.- Proceedings* pp.125-130.
- Soldatović, B. & Savić, I. 1974: The karyotype forms of the genus *Spalax* Güld.). *Arhiv Bioloskih Nauka* 25(1-2): 13-14.

- Soldatović, B. & Savić, I. 1983: New data on distribution of the representatives of the genus *Nannospalax* Palmer, 1903, in SR Serbia. *Proceedings of the Second Symposium on Fauna of SR Serbia*: 171–174.
- Soldatović, B. 1971: *Citogenetska studija roda Spalax u Jugoslaviji*. Doktorska disertacija. Universitet u Beogradu. 95 pp.
- Soldatović, B. 1977: Analiza kariotipa i citogenetski aspekt specijacije roda *Spalax*. *Zbornik za prir. nau. Mat. srp.* 52: 5-58.
- Soldatović, B., Garžičić, B. & Živković, S. 1966: Chromosome analysis of *Spalax leucodon*. *Caryologia* 19: 261-265.
- Soldatović, B., Živković, S., Savić, I. & Milošević, M. 1966: Comparative karyotype analysis of two populations of *Spalax leucodon* Nordmann, 1840. *Arhiv Bioloskih Nauka* 18(2): 15-16.
- Soldatović, B., Živković, S., Savić, I. & Milošević, M. 1967: Vergleichende Analyse der Morphologie und der Anzahl der Chromosomen zwischen verschiedenen Populationen von *Spalax leucodon* Nordmann, 1840. *Z. Säugetierkunde* 32(4): 238-245.
- Sordelli, F. 1899: Sulla esistenza del genera *Spalax*, nell 'Africa Settentrionale. - *Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museum Civico di Storia Naturale in Milano* 38: 357-361.
- Sós, E., Molnár, V., Révay, T., Németh, A., Farkas, J., Hidas, A. & Csorba, G. 2009: Veterinarian participation at the critically endangered lesser blind mole rat (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) research in Hungary. In: Wibbelt, G., Kretzschmar, P., Hofer, H. & Seet, S (eds): *Proceedings of the International Conference on Diseases of Zoo and Wild Animals*. Beekse Bergen, The Netherlands, pp. 118-121.
- Sözen M., Çolak, E. & Yiğit, N. 2000 a: Contributions to the karyology and taxonomy of *Spalax leucodon nehringi* Satunin, 1898 and *Spalax leucodon armeniacus* Méhely, 1909 (Mammalia, Rodentia) in Turkey. *Z. Säugetierkunde* 65: 309-312.
- Sözen M., Yiğit N. & Çolak E. 2000 b: A study on karyotypic evolution of the genus *Spalax* Guldenstaedt, 1770 (Mammalia: Rodentia) in Turkey. *Israel J Zool* 46: 239–242.
- Sözen, M. 2004: A karyological study on subterranean mole rats of the *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 superspecies in Turkey. *Mamm. Biol.* 69: 420-429.
- Sözen, M. 2005: A biological investigation on Turkish *Spalax* Guldenstaedt, 1770 (Mammalia: Rodentia). *G. U. Journal of Science* 18(2): 167-181.
- Sözen, M. & Kivanç, E. 1998a: Two new karyotypic forms of *Spalax leucodon* (Nordmann, 1840) (Mammalia: Rodentia) from Turkey. *Z. Säugetierkunde* 63: 307-310.

- Sözen, M. & Kivanç, E. 1998b: A new karyotype of *Spalax leucodon cilicicus* Mehely, 1909 (Mammalia: Rodentia) from type locality in Turkey. *Isr. J. Zool.* 44: 53-56.
- Sözen, M., Çolak, E., Yiğit, N., Özkurt, Ş. & Verimli, R. 1999: Contributions to the karyology and taxonomy of the genus *Spalax* Gldenstaedt, 1770 (Mammalia: Rodentia) in Turkey. *Z. Säugetierkunde* 64: 210-219.
- Sözen, M., Matur, F., Çolak, E., Özkurt, Ş. & Karataş, A. 2006: Some karyological records and a new chromosomal form for *Spalax* (Mammalia: Rodentia) in Turkey. *Folia Zoologica* 55: 247–256.
- Steinberg, E. K. & Patton, J. L. 2000: Genetic structure and the geography of speciation in subterranean rodents: opportunities and constraints for evolutionary diversification. In: Lacey EA, Patton JL, Cameron G (eds) *Life underground: the biology of subterranean rodents*. Univ Chicago Press, Chicago, pp 301–331.
- Steklis, H. D., Madry, S., Steklis, N. & G., Faust, N. 2005: GIS Applications for Gorilla Behavior and Habitat Analyses. In: *GIS for Wildlife Conservation*: 20. [www.esri.com/library/bestpractices/wildlife-conservation.pdf](http://www.esri.com/library/bestpractices/wildlife-conservation.pdf).
- Sterbetz, I. 1960: Szabadfldi és laboratóriumi vizsgálatok a földikutyán. *Állattani Közlemények* 47: 151-158.
- Sterbetz, I. 1965: A földikutya új magyarországi lelőhelye Nyírbélteken. *A Nyíregyházi Jósa András Múzeum Évkönyve* 8-9: 203-205.
- Sterbetz, I. 1966: Adatok a Kardoskúti Természetvédelmi Terület emlős- és halfaunájához. *Vertebrata Hungarica* 8: 135-137.
- Sterbetz, I. 1975: Adatok a Mártélyi Tájvédelmi Körzet emlős- és halfaunájáról. *Állattani Közlemények* 57: 107-114.
- Sterbetz, I. 2002: Földikutya (*Microspalax leucodon*, Nordmann 1840) előfordulások a Délkelet-Alföldről. *A Békés Megyei Múzeumok Közleményei* 23: 17-22.
- Sugár, Sz. 2009: *Kt erdélyi földikutyafaj (Rodentia: Spalacidae) járatméret szerinti elkülönítésének lehetőségei és populációbecslsk túrások alapján*. Szakdolgozat, Babes-Bolyai Tudományegyetem, Biológia és Földtani Kar, Kolozsvár, 51 pp.
- Suzuki, H., Moriwaki, K. & Nevo, E. 1987: Ribosomal DNA (rDNA) spacer polymorphism in mole rats. *Mol. Biol. Evol.* 4: 602-610.
- Suzuki, H., Wakana, S., Yonekawa, H., Moriwaki, K., Sakurai, S. & Nevo, E. 1996: Variations in ribosomal DNA and mitochondrial DNA among chromosomal species of subterranean mole rats. *Mol. Biol. Evol.* 13: 85-92.



- Szabó, I. 1964: New Flea Species in the Hungarian Fauna I. *Ann. Hist.- nat. Musei nation. Hung.* 56: 457-460.
- Szabó, I. 1972: A hazai bolhafajok és gazdaállataik viszonyai. *Állattani Közlemények* 59: 136-148.
- Szabó, S. 1995: Földikutya (*Spalax leucodon*) a Nagyerdő szélén. *Calandrella* 9(1-2):104.
- Szalay, A. 1932. Egy régi magyar okmány a földi kutyákra vonatkozólag. *Állattani Közlemények* 64: 969-970.
- Szunyoghy, J. 1937: Egy új *Spalax* Erdélyből. *Állattani Közlemények* 34: 185-191.
- Szunyoghy, J. 1941: Két új földikutya Kisásziából. *Állattani Közlemények* 38: 78–86.
- Tez C., Gündüz I. & Kefelioğlu H. 2001: Karyological study of *Spalax leucodon* (Nordmann, 1840) in Central Anatolia, Turkey. *Pakistan J Biol Sci* 4: 869– 871.
- Tez, C., Gündüz, Ü. & Kefelioğlu, H. 2002: New data on the distribution of 2n=38 *Spalax leucodon* (Nordmann, 1840) cytotype in Turkey. *Isr. J. Biol.* 48: 155-159.
- Timura, K., Dudley, J., Nei, M. & Kumar, S. 2007: MEGA4: Molecular Evolutionar Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0 *Molecular Biology and Evolution* 24: 1596-1599.
- Topachevskii, V. A. 1969: *Fauna of the USSR: Mammals. Mole rats, Spalacidae.* Smithsonian Institution and the National Science Foundation, Washington, 308 pp.
- Torcea, Şt. 1975: Data concerning the experimental feeding in *Spalax leucodon* (Rodentia, Mammalia). *Travaux du Museum d'histoire naturelle „Gr. Antipa”* 16: 319-324.
- Tóth, J. 1991: Hazánk rejtett életű, ritka állata a földikutya. *A Természet* 42(5): 92.-95.
- Újvári B., 1998: A GIS-technika néhány alkalmazási lehetősége a biodiverzitás-monitorozás során. *Természetvédelmi közlemények* 7: 55-64.
- Van Daele, P. A. A. G., Dammann, P., Meier, J. L., Kawalika, M., Van De Woestijne, C. & Burda, H. 2004: Chromosomal diversity in mole-rats of genus *Chryptomys* (Rodentia: Bathyergidae) from the Zambian region with descriptions of new karyotypes. *J. Zool. Lond.* 264: 317-326.
- Van Daele, P. A. A. G., Faulkes, C. G. & Verheyen E. 2007: African mole-rats (Bathyergidae): A complex radiation in tropical soils. In: S. Begall, H. Burda, C. E. Schleich (eds.) *Subterranean rodents: News from underground.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Van Daele, P. A. A. G., Verheyen E., Brunain, M. & Adriaens, D. 2007: Cytocrome b sequence analysis in African mole-rats of the chromosomally hyperdiverse genus

- Fukomys* (Bathyergidae, Rodentia) from the Zambian region. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 45: 142-157.
- Vásárhelyi, I. 1926: Adatok a földikutya (*Spalax hungaricus hungaricus* Nhrg.). életmódjának ismeretéhez. *Állattani Közlemények* 23 (3-4):169-226.
- Vásárhelyi, I. 1929: Pusztapó apróemlős-faunája. *Állattani Közlemények* 26: 150-186.
- Vásárhelyi, I. 1931: Felsőméra emlős-faunája. *Állattani Közlemények* 28: 49-54.
- Vásárhelyi, I. 1932: A földikutya (*Spalax hungaricus h.* Nhrg.) Abaújtorna megyei előfordulása. *Állattani Közlemények* 29: 75-77.
- Vásárhelyi, I. 1958: *Hasznos és káros vademlősök*. Gondolat Kiadó, Budapest. 182. pp
- Vásárhelyi, I. 1960: A földikutya. *Természettudományi Közlemények* 91: 566-567.
- Vásárhelyi, I. 1961: Talajlakó gerincesek. *Élővilág* 7: 20-26.
- Végh, M. 1985: *A hajdúbagosi földikutya rezervátum öko-faunisztikai vizsgálata*. Szakdolgozat. 69 pp.
- Wahrman, J., Goitein, R. & Nevo, E. 1969: Mole rat *Spalax*: evolutionary significance of chromosome variation. *Science* 164: 82-84.
- Wahrman, J., R. Goitein & E. Nevo. 1969a. Geographic variation of chromosome forms in *Spalax*, a subterranean mammal of restricted mobility. In: *Comparative Mammalian Cytogenetics*. K. Benirschke (ed.). Springer Verlag, New York, pp. 30-48.
- Walknowska, J. 1963: Les chromosomes chez *Spalax leucodon* Nordm. *Folia Biologica* 11(3): 293-307.
- Waples, R. S. 1991: *Definition of 'Species' Under the Endangered Species Act: Application to Pacific Salmon*. U.S. Department of Commerce. NOAA Technical Memorandum NMFS F/NWC-194.
- Wiley, E. O. 1978: The evolutionary species concept reconsidered. *Systematic Zoology* 27: 17-26.
- Yahav, S., Simson, S. & Nevo, E. 1988: Adaptive energy metabolism in four chromosomal species of subterranean mole rats. *Oecologia* 7: 533-536.
- Yüksel, E. & Gülkaç, M. D. 1992: On the karyotypes in some populations of the subterranean Mole Rats in the Lower Euphrates Basin, Turkey. *Caryologia* 45: 175-190.
- Yüksel, E. & Gülkaç, M. D. 2001: The cytogenetical comparisons of *Spalax* (Rodentia: Spalacidae) populations from Middle Kizilirmak Basin, Turkey. *Turk. J. Biol.* 25: 17-24.
- Yüksel, E. 1984: Cytogenetic study in *Spalax* (Rodentia: Spalacidae) from Turkey. *Communications C. Biologie* 2: 1-12.

- Zagorodniuk, I. 2005: Biogeography of cryptic mammal species in Eastern Europe. *Sci. Bull. Uzhgorod Univ. (Ser. Biol.)* 17: 5-27.
- Zima, J. 2000: Chromosomal evolution in small mammals (Insectivora, Chiroptera, Rodentia). *Hystrix* 11(2): 5-15.
- Zima, J., Fedyk, S., Fredga, K., Hausser, J., Mishta, A., Searle, J. B., Volobouev, V. T. & Wójcik, J. M. 1996: The list of the chromosome races of the common shrew (*Sorex araneus*). *Hereditas* 125: 97-107.
- Zima, J., Filippucci, M. G., Kryštufek, B. & Macholan, M. 1995: The systematics and distribution of the *Microtus subterraneus/majori* group. In: Gurnell, J. (ed.), *2<sup>nd</sup> European Congress of Mammalogy, Southampton University, England. Abstracts of oral and poster papers*: 159.
- Zima, J., Macholan, M., Anděra, M. & Cervený, J. 1997 b: Karyotypic relationships of the garden dormouse (*Eliomys quercinus*) from central Europe. *Folia Zoologica* 46: 105-108.
- Zima, J., Macholan, M., Kryštufek, B. & Petrovski, S. 1997 a: Karyotypes of certain small mammals (Insectivora, Rodentia) from Macedonia. *Scopolia*. 38: 1-15.
- Zuri, I. & Terkel, J. 1996: Locomotor patterns, territory and tunnel utilization in the mole-rat *Spalax ehrenbergi*. *J. Zool. Lond.* 240: 123-140.

## 10. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁHOZ KAPCSOLÓDÓ SAJÁT PUBLIKÁCIÓK

### *10.1. A doktori értekezésben hivatkozott saját publikációk*

Coşkun, Y., Németh, A. & Csorba, G. 2009: *Ceyhanus* is an available name for a distinct form of *Nannospalax* (superspecies *ehrenbergi*) (Rodentia: Spalacinae). *Mammal Biology*, doi: 10.1016/j.mambio.2009.03.007

Csorba G., Németh A., Krnacs Gy., Czabán, D. & Farkas, J. 2009: Unique rodent taxon under pressure – status and distribution of Vojvodina mole rat (*Nannospalax (leucodon) montanosyrmiensis*) (Mammalia: Rodentia). 2<sup>nd</sup> *European Congress of Conservation Biology “Conservation biology and beyond: from science to practice”*. *Book of Abstracts*. Prague. p. 127.

Horváth, R., Bihari, Z., Németh, A. & Csorba, G. 2007: Lesser blind mole rat. In: Bihari, Z., Csorba, G. & Heltai, M. (eds), *The Atlas of Hungarian Mammals*. *Kossuth Kiadó, Budapest: 157-159*.

Németh A., Csorba, G. & Farkas, J. 2006: A hazai földikutyák (*Spalax leucodon*) kromoszóma-vizsgálatának módszertana és első eredményei. -*Állattani Közlemények* 91 (2): 153-157.

Németh, A., Czabán, D., Csorba, G. & Farkas, J. 2007: Egy fokozottan védett emlős, a nyugati földikutya (*Spalax leucodon*) csapdázásának lehetőségei. - *Természetvédelmi Közlemények* 13: 417-421.

Németh A., Máté, A., Zsebők, S., Czabán, D., Rózsás, A., Farkas, J. & Csorba, G. 2008: Alternative engineering solutions to protect a specialized underground-living rodent. - 22<sup>th</sup> *Annual Meeting of the Society for Conservation Biology*. *Book of Abstracts*. *Chattanooga, Tennessee, USA*. p. 142.

Németh, A., Révay, T., Hegyeli, Zs., Farkas, J., Czabán, D., Rózsás, A. and Csorba, G. 2009: Chromosomal forms and risk assessment of *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) (Mammalia: Rodentia) in the Carpathian Basin. *Folia Zoologica* 58 (3): 349-361.

Németh A., Rózsás, A., Czabán, D. & Farkas, J. 2009: Data on the habitat requirements of the threatened Transylvanian mole rat (*Nannospalax (leucodon) transsylvanicus*) - not all habitats are good enough. 2<sup>nd</sup> *European Congress of Conservation Biology "Conservation biology and beyond: from science to practice"*. *Book of Abstracts*. Prague. p. 196.

Sós, E., Molnár, V., Révay, T., Németh, A., Farkas, J., Hidas, A. & Csorba, G. 2009: Veterinarian participation at the critically endangered lesser blind mole rat (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) research in Hungary. In: Wibbelt, G., Kretzschmar, P., Hofer, H. & Seet, S (eds): *Proceedings of the International Conference on Diseases of Zoo and Wild Animals*. Beekse Bergen, The Netherlands, pp. 118-121.

### **10.2. A témához kapcsolódó további saját publikációk**

Csorba G., Németh, A., Czabán, D., Hidas, A., Molnár, V., Révay, T., Sós, E., Zsebők, S. & Farkas, J. 2007. A nyugati földikutya (*Spalax leucodon*) védelmének lehetőségei. - In: Forró, L. (ed): *A Kárpát-medence állatvilágának kialakulása*, Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp: 319-325.

Németh A. 2008. Földikutya In Rakonczai, J. (ed): *A vízből született táj, Az Arad-Békési térség természeti értékei*, A Békés Megyei Önkormányzat, Békéscsaba, pp: 88-89.

### **Absztraktok**

Németh A., Csorba, G. & Farkas, J. (2005): Egy fokozottan védett emlős (nyugati földikutya (*Nannospalax leucodon*)) csapdázásának lehetőségei. – *III. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia (Program és absztraktkötet)* Eger, Hungary: p.177.

Németh A., Csorba, G., Révay, T., Hidas, A. & Farkas, J. (2006): Cytogenetics of the Hungarian mole-rat (*Nannospalax leucodon*) - first results. *1<sup>st</sup> European Congress of Conservation Biology. Book of Abstracts*. pp. 141-142.

Németh A., Czabán, D., Zsebők, S., Csorba, G. & Farkas, J. 2007. A magyarországi földikutya (*Spalax leucodon*) populációk vizsgálata és megőrzésük lehetőségei. –In: 8. Kolozsvári Biológus Napok, Kivonatfüzet-Abstracts, Kolozsvár- Cluj 2007.

Németh A., Révay, T., Czabán, D., Hidas, A., Farkas, J. & Csorba, G. (2007): Földikutya populációk citogenetikai vizsgálata - első eredmények. In: Batáry, P. & Körösi, Á. (eds): *3. Szünzoológiai Szimpózium, Program; előadások és poszterek összefoglalói*. Budapest, Hungary, p. 45.

Zsebők S., Németh A., Czabán, D., Farkas, J. & Csorba, G. (2007): Gathering behavioural information on the endangered Hungarian mole-rat (*Spalax leucodon*) by means of an acoustic method). - *5<sup>th</sup> European Congress of Mammalogy. Hystrix (N.S) 1(Suppl)*. Siena, Italy: p. 185.

Németh A., Révay, T., Czabán, D., Hidas, A., Farkas, J. & Csorba, G. (2007): Conservation Biological aspects of cytogenetics of the Hungarian mole-rat (*Spalax leucodon*). - *5<sup>th</sup> European Congress of Mammalogy. Hystrix (N.S) 2(Suppl)*. Siena, Italy: p. 475

Csorba G., Németh, A., Farkas, J., Révay, T., Hidas, A., Zsebők, S., Czabán, D., Molnár, V., Sós, E. (2007): Conservation of Hungarian Lesser blind mole rats (*Spalax leucodon*) based on the latest scientific results. *Abstracts, Symposium on Conservation and Genesis of the Fauna of the Carpathian Basin*. Kecskemét: p. 21.

Németh A., Czabán, D., Farkas, J. & Csorba, G. 2008. A nyugati földikutya fajkomplex taxonómiai és természetvédelmi helyzete a Kárpát-medencében.–In: 9. Kolozsvári Biológus Napok, Kivonatfüzet-Abstracts, Kolozsvár- Cluj 2008.

Németh A., Révay T., Czabán D., Rózsás A., Hidas A., Farkas, J. & Csorba, G. 2008. A nyugati földikutya fajkomplex (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) taxonómiai és természetvédelmi helyzete a Kárpát-medencében a legújabb genetikai vizsgálatok tükrében. –

In: „Molekuláktól a globális folyamatokig” V. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia Program és absztraktkötet, Nyíregyháza, 2008. p. 94.

Rózsás A., Németh A., Zsebők S., Czabán D., Tóth Z., Farkas, J. & Csorba, G. 2008. Első adatok a fokozottan védett, veszélyeztetett nyugati földikutya (*Spalax leucodon*) hazai állományainak élőhelyi igényeiről –In: „Molekuláktól a globális folyamatokig” V. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia Program és absztraktkötet, Nyíregyháza, 2008. p. 141.

Rózsás A., Németh A., Zsebők S., Czabán, D., Tóth Z., Farkas, J. & Csorba, G. 2009. Első adatok a veszélyeztetett erdélyi földikutya (*Nannospalax (leucodon) transsylvanicus*) élőhelyi igényeiről.–In: 10. Kolozsvári Biológus Napok, Kivonatfüzet-Abstracts, Kolozsvár-Cluj 2009.

Németh A., Rózsás, A., Czabán, D. & Farkas, J. 2009: Data ont he habitat requirements of the threatened Transylvanian mole rat (*Nannospalax (leucodon) transsylvanicus*) - not all habitats are good enough. 2<sup>nd</sup> European Congress of Conservation Biology “Conservation biology and beyond: from science to practice”. *Book of Abstracts*. Prague. p. 196.

Németh A., Farkas, J. & Csorba G. 2010: Taxonomy, distribution and conservation status of the mole rats (Rodentia: Spalacinae) in the Carpathian Basin. *Evolution Seminars*, <http://evolutionseminars.tomas-pavlicek-biologie.net/forum/viewtopic.php?id=10>

Németh, A., Sós, E., Molnár, V., Farkas, J., Csorba, G. (2011): A földikutya-védelmi program és annak állatorvosi aspektusai. “Természetvédelmi állatorvoslás- terepi programok és az állatkertek szerepe”. A Magyar Vad- és Állatkerti Állatorvosok Társasága, valamint a Fővárosi Állat és Növénykert közös konferenciájának kiadványa. Budapest. pp. 25-27.

## 11. CD MELLÉKLET: ÁBRÁK ÉS FÜGGELÉKEK

A CD melléklet 51 ábrát és 8 függelékkel tartalmaz.

## AZ ÁBRÁK FELIRATAI

### 1. ábra

A föld alatti életmódú, nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) tipikus megjelenése (*hungaricus* forma, Battonya).

### 2. ábra

A földikutyafaformák (*Spalacinae*) alcsaládjának elterjedési területe, az egyes fajok és szuperfajok areájának feltüntetésével (a használt nevezéktan a Mammal species of the world című mű taxonómiai álláspontját tükrözi (Musser & Carleton 2005)).

### 3. ábra

A Sciurognathi alrend családjainak a 12S rRNS és a citokróm b (cyt b) gének szekvenciái alapján elkészített törzsfája (Montgelard et al. 2002).

### 4. ábra

Az egérfélék (Muridae) IRBP-t (Interphotoreceptor Retinoid Binding Protein) kódoló gén első, mintegy 1200 bázispár hosszú exonjának szekvenciája alapján készített törzsfája (Jansa & Weksler 2003).

### 5. ábra

A rágcsálók két mitokondriális gén (citokróm b és 12S rRNS), két sejtmagban kódolt exon (IRBP és vWF) és négy, szintén a sejtmagban kódolt intron (MGF, PRKC, SPTBN, THY) felhasználásával készített konszenzusos törzsfája (Montgelard et al. 2008).

### 6. ábra

A földikutyák leszármazási kapcsolatai Méhely (1909) elképzelése szerint.

### 7. ábra

A földikutyák leszármazási kapcsolatai Resetnik (1941) elgondolása szerint.

### 8. ábra

A földikutyák filogenetikus kapcsolatainak vázlatos ábrája Topachevskii (1969) nyomán. **1:** *Prospalax rumanus* (Sim.), **2:** *Prospalax priscus* (Nehr.), **3:** *Microspalax compositodontus* (Top.), **4:** *Microspalax macovei* (Sim.), **5:** *Microspalax odessanus* (Top.), **6:** *Microspalax ehrenbergi* (Nehr.), **7:** *Microspalax nehringi* (Sat.), **8:** *Microspalax leucodon* (Nord.), **9:** *Spalax giganteus* (Nehr.), **10:** *Spalax arenarius* (Resh.), **11:** *Spalax minor* (Top.), **12:** *Spalax graecus* (Nehr), **13:** *Spalax polonicus* (Meh), **14:** *Spalax microphthalmus* (Güld).

### 9. ábra

Fosszilis maradványok (csillagok) és kromoszómális formák (körök) a földikutyafaformák (*Spalacinae*) alcsaládjából, Európa délkeleti és Kis-Ázsia nyugati vidékéről.

Fosszilis maradványok: **I:** *Nannospalax* cf. *leucodon* maradványok Nyugat és Észak Magyarországról Jánossy 1964 nyomán, **II:** Kohfidisch (*Prospalax petteri*), **III:** Grebnniki (*Nannospalax macoveii*), **IV:** Kisláng (*Prospalax priscus*), **V:** Odessa (*Nannospalax odessanus*), **VI:** Berešti (*Nannospalax macoveii*), **VII:** Baraolt-Chepet (*Prospalax priscus*), **VIII:** Gavonosy (Gabanoasa) (*Nannospalax macoveii*), **IX:** Villányi-hg. (*Prospalax priscus*), **X:** Kotlovina (*Prospalax rumanus*), **XI:** Malušteni (*Nannospalax macoveii*), **XII:** Marinova pećina (*Nannospalax* cf. *leucodon*), **XIII:** Golema Lisza peschtera (*Nannospalax* cf. *leucodon*),



**XIV:** Serrai (*Nannospalax macoveii*), **XV:** Chios (*Nannospalax cf leucodon*), **XVI:** Tourkobonia (*Pilospalax tourkobounienis*), **XVII:** Kalymnos (*Nannospalax cf leucodon*), **XVIII:** Maritsa (*Pilospalax sotirisi*).

Kromoszómális formák előfordulási adatai: **1:** Suceava, **2:** Orgeev, **3:** Jucu, **4:** Boju, **5:** Odessa, **6:** Bacau, **7:** Perieni, **8:** Hajdukovo, **9:** Stražilovo, **10:** Čortanovci, **11:** Stara Pazova, **12:** Šušara, **13:** Dolovo, **14:** Bogatić, **15:** Višnjica, **16:** Biskiplje, **17:** Banovo Brdo, **18:** Košutnjak, **19:** Jajinci, **20:** Avala, **21:** Kladovo, **22:** Udovice, **23:** Konstanta, **24:** Rogljevo, **25:** Srebarna, **26:** Resavska pećina, **27:** Kupreško polje, **28:** Tara, **29:** Šuica, **30:** Rtanj, **31:** Čajetina, **32:** Čigota, **33:** Zlatibor, **34:** Čemerno, **35:** Niš - Donji Do, **36:** Neretva, **37:** Kopaonik, **38:** Piroć, **39:** Njegovudja, **40:** Kozarevets, **41:** Gvozd, **42:** Tran, **43:** nyugat Sofia, **44:** Vlasina-Sokolovo, **45:** Vlasina-Klisura, **46:** Čakor, **47:** Priština, **48:** kelet Sofia, **49:** Novo Selo, **50:** Dobrostan, **51:** Katlanovo, **52:** Ovče polje, **53:** Titov Veles, **54:** Jakupica, **55:** Strumica, **56:** Čorlu, **57:** Ohrid, **58:** Karaevli, **59:** Pelagonija, **60:** Arnissa, **61:** Lefkothea, **62:** Havran, **63:** Lesbos, **64:** Levadia (Hag. Spiridon), **65:** Selčuk (Ephesus) (Savić & Soldatović 1984).

#### 10. ábra

A nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) kromoszómális formáinak, kromoszómaszám és szerkezet alapján készített filogenetikai törzsfája (Savić & Soldatović 1984).

#### 11. ábra

A levantei földikutya (*Nannospalax* (superspecies *ehrenbergi*)) különböző populációinak kromoszómaszáma Izrael területén.  $2n=52$ : *Spalax golani*,  $2n=54$ : *Spalax galili*,  $2n=58$ : *Spalax carmeli*,  $2n=60$ : *Spalax judaei* (Nevo et al. 1975).

#### 12. ábra

Az izraeli földikutya-populációk mitokondriális DNS kontroll régiójának szekvenciái alapján készített gyökértelen dendrogram (Reyes et al. 2003).

#### 13. ábra

Három kis-ázsiai *Nannospalax xanthodon* szuperfajba (az ábrán *Spalax leucodon* néven szerepel) tartozó kromoszómális forma, továbbá két izraeli valamint egy egyiptomi *Nannospalax ehrenbergi* szuperfajba (az ábrán *Spalax ehrenbergi* néven szerepel) tartozó forma mitokondriális (a) és riboszómális (b) DNS fragmentjeinek polimorfizmus vizsgálata alapján készített törzsfák (Suzuki et al 1996).

#### 14. ábra

A kariotípusok evolúciója a *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) (egyesek véleménye szerint ez valójában *N.* (superspecies *xanthodon*)) és a *Nannospalax* (superspecies *ehrenbergi*) közel-keleti formáinak a körében. (Az ábrán a szerzők taxonómiai álláspontjának megfelelően az említett fajok a *Spalax* genus névvel szerepelnek.) Az ábra azt mutatja be, milyen lépések során alakulhattak ki az egyes közel-keleti kromoszómális formák az egyre szárazabb környezet okozta klimatikus stresszhez és éghajlati szélsőségekhez történő adaptáció során. A *S. leucodon*  $2n=38, 40, 50, 54, 60$  és a *S. ehrenbergi*  $2n=52, 56, 58$  formák Törökországból is, míg a *S. ehrenbergi*  $2n=54$  és  $60$  formái a publikáció (így az ábra) megjelenésekor kizárólag Izraelből voltak ismertek. Az Rb. rövidítés a Robertsoni mutációt jelenti. (Nevo et al. 1995).

15. ábra

A kutatás kezdetekor ismert hazai földikutya előfordulási helyek:

**1:** Hajdúhadház, katonai lőtér **2:** Debrecen-Józsa, Kislegelő és Nagylegelő **3:** Hajdúbagosi Földikutya Rezervátum és bellegelő **4:** Battonya, Gulyagyep **5:** Tompapusztai löszgyep (battonyai Külsőgulya).

16. ábra

A kutatás kezdetekor ismert hazai földikutya előfordulási helyek:

**1:** Debrecen-Józsa, Nagylegelő **2:** Debrecen-Józsa, Kislegelő **3:** Hajdúhadház, katonai lőtér **4:** Battonya, Gulyagyep **5:** Tompapusztai löszgyep (battonyai Külsőgulya) **6:** Hajdúbagosi Földikutya Rezervátum **7:** Hajdúbagos, bellegelő.

17. ábra

A földikutya befogása a járatrendszer megnyitásával (Fotó: Hartyányi Norbert, National Geographic Magyarország).

18. ábra

A citokróm b gén vizsgálatába bevont földikutyaminták származási helyei térképen ábrázolva:

**1:** Pusztaszentmiklós **2:** Kolozsvár - Apahida (Melegvölgy) **3:** Szamosújvár **4:** Hajdúhadház **5:** Debrecen-Józsa **6:** Hajdúbagos **7:** Rákos (Budapest) **8:** Dabas **9:** Törökszentmiklós **10:** Mezőtúr **11:** Köröstarcsa **12:** Hódmezővásárhely **13:** Mezőhegyes **14:** Kunágota **15:** Battonya **16:** Vajdahunyad **17:** Fejértelep **18:** Kelebia **19:** Szabadka.

19. ábra

A földikutyára jellemző, hogy túrásai olykor hatalmas méretűek lehetnek.

20. ábra

A földikutya túrásai sokszor egy egyenes, vagy egy ív mentén sorakozva helyezkednek el.

21. ábra

A földikutyatúrássokban a talajjal keveredve gyakran megfigyelhetők rövid gyökérdarabok, melyek vége hegyes szögben van leharpva (Fotó: Bakó Botond).

22. ábra

A földikutyajárat agyagos falában olykor megtalálhatjuk az állat orrának jól látható, mással össze nem téveszthető lenyomatát (a kiemelt járatfalán fehér nyilakkal jelezve).

23. ábra

A földikutya jellegzetes táplálékraktára, járatkibontás közben megnyitva (jobbra a folytatódó járat, balra a kibontott táplálékraktár egy része látható, benne a tyúktaréj (*Gagea sp.*) hagymáival).

24. ábra

A földikutya-koponya orrtájéjának vázlatos rajza:

**n:** orrcsont (*nasale*) **im:** állközti csont (*intermaxillare*) **f:** homlokcsont (*frontale*) **fi:** orrtövi lyuk (*foramen infarorbitale*) **iim:** homlokcsont orr-állközti nyújtványa (*processus nasointermaxillaris*).

#### 25. ábra

A *hungaricus* (A) és a *transsylvanicus* (B) formák koponyái között, a homlokcsont orr-állközti nyújtványa (*processus naso-intermaxillaris*) tekintetében megfigyelhető különbség. Az ábra két szélsőséges példát mutat, a legtöbb esetben azonban nem különíthető el a két taxon koponyabélyegei alapján.

#### 26. ábra

Az ínycsonti (*palatinum*) tövis megléte vagy hiánya tekintetében jelentős különbségeket találunk a különböző kárpát-medencei formák között. A *montanosyrmiensis* (A) vagy a *syrmiensis* (B) esetében nem, míg a *transsylvanicus* (C) és a *hungaricus* (D) esetében található nyúlvány vagy tüske.

#### 27. ábra

A *syrmiensis* (A) és a *montanosyrmiensis* (B) formák koponyáin a homlokcsont orr-állközti nyújtványa (*processus naso-intermaxillaris*) tekintetében megfigyelhető különbség. A *syrmiensis* (A) esetében nem figyelhető meg ez a csonttani képlet, ellentétben a *montanosyrmiensis*-el (B), ahol igen.

#### 28. ábra

A Debrecen–Józsa közelében, a Tócsó-patak árterületén fekvő Nagylegelőn fogott földikutya metafázisú kromoszómái ( $2n=50$ ,  $NF=84$ )

#### 29. ábra

A Kelebia külterületén, a szerb-magyar államhatár közelében található élőhelyen fogott földikutya metafázisú kromoszómái ( $2n=54$ ,  $NF=86$ )

#### 30. ábra

A kárpát-medencei földikutyafajok- és formák irodalmi adatok és genetikai vizsgálatok alapján megállapított feltételezett elterjedési területei térképen ábrázolva: az üres körök a 10 évnél régebbi adatokat jelölik; a fekete körök azokat a populációkat jelzik, ahonnan az elmúlt 10 évből ellenőrzött adat áll rendelkezésre a földikutya előfordulásáról.

**zöld:** *Spalax graecus*, **narancs:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *transsylvanicus* forma, **piros:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *hungaricus* forma, **barna:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *montanosyrmiensis* forma, **rózsaszín:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *syrmiensis* forma

#### 31. ábra

A Tisza-völgyben előforduló földikutyák változó taxonómiai megítélése: 1897-ig csupán egyetlen földikutya fajt ismert a tudományos világ. 1909-ben jelent meg Méhely földikutya monográfiája, melyben a *Spalax hungaricus* faj két alfaját a *hungaricus* és a *transsylvanicus* ismerteti a térképen ábrázolt területről (Méhely 1909). 1937-ben Szunyoghy egy recens, a nagytestű földikutyák közé tartozó, ám önálló alfaji státuszú földikutyát írt le az Erdélyi-medencéből (Szunyoghy 1937). Az utolsó kép a dolgozatban részletesen bemutatott adatok alapján készült.

A térképeken az egyes földikutya taxonok sematikusán vannak ábrázolva, ami nem követi pontosan földrajzi elterjedésüket. Az idők során az állomány nagyságban és elterjedésben bekövetkező változások nincsenek érzékeltetve a térképeken.

### 32. ábra

A szakirodalomból és a saját vizsgálataink alapján ismertté vált magyarországi földikutya előfordulási adatok klimatikus jellemzőinek (egyres hónapok, valamint a nyári és téli félév középhőmérséklete; az éves középhőmérséklet; az egyes hónapok, valamint a nyári és téli félév átlagos csapadékmennyisége; az átlagos éves csapadékösszeg; a nyári-, a hőség-, a téli-, a fagyos-, a havas- és a hótakarós napok száma; az átlagosan tízévenként bekövetkező aszályosság mértéke) főkomponens analízise (PC1: 46,186; PC2: 17,123).

**narancs:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *transsylvanicus* forma, **piros:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *hungaricus* forma, **barna:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *montanosyrmiensis* forma, **rózsaszín:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *syrmiensis* forma.

### 33. ábra

A szakirodalomból és a saját vizsgálataink alapján ismertté vált kárpát-medencei földikutya előfordulási adatok klimatikus jellemzőinek (az egyes hónapok középhőmérséklete; az éves középhőmérséklet; az egyes hónapok átlagos csapadékmennyisége, az átlagos éves csapadékösszeg) főkomponens analízise (PC1=49.144; PC2=14.046).

**zöld:** *Spalax graecus*, **narancs:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *transsylvanicus* forma, **piros:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *hungaricus* forma, **barna:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *montanosyrmiensis* forma, **rózsaszín:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *syrmiensis* forma.

### 34. ábra

A szakirodalomból és a saját vizsgálataink alapján ismertté vált magyarországi földikutya előfordulási adatok klimatikus jellemzőinek (a nyári és téli félév középhőmérséklete; az éves középhőmérséklet; a nyári és téli félév átlagos csapadékmennyisége; az átlagos éves csapadékösszeg; a nyári-, a hőség-, a téli-, a fagyos-, a havas- és a hótakarós napok száma) főkomponens analízise (PC1=55,169; PC2=16,288).

**narancs:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *transsylvanicus* forma, **piros:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *hungaricus* forma, **barna:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *montanosyrmiensis* forma, **rózsaszín:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *syrmiensis* forma.

### 35. ábra

SIMPER elemzés eredménye, ami megmutatja, hogy az előfordulási helyek mely klimatikus változói felelősek leginkább a taxonok szignifikáns elkülönüléséért.

### 36. ábra

A szakirodalomból és a saját vizsgálataink alapján ismertté vált magyarországi földikutya előfordulási helyek talajtani jellemzőinek (fizikai talajféleség, talaj kémhatása és mészállapota, talaj szervesanyag készlete, termőrétteg vastagsága, lejtésszög, talaj vízgazdálkodási tulajdonságai és az agyagásvány minősége) főkomponens analízise.

**narancs:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *transsylvanicus* forma, **piros:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *hungaricus* forma, **barna:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *montanosyrmiensis* forma, **rózsaszín:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) *syrmiensis* forma.

### 37. ábra

Genetikai talajosztályozási rendszert követve, Magyarországon az ábrán látható fő- és melléktípusú területeken találunk egykori, vagy mai földikutya élőhelyeket.

38. ábra

A nyugati földikutya fajcsoportba tartozó kárpát-medencei földikutyák (beleértve a magyarországi előfordulási helyeket is) az ábrán látható WRBsr (Word Reference Base for soil resources) talajosztályozási rendszer szerinti fő- és melléktípusú élőhelyekről ismertek. A talajtípusok melletti számok az adott típusba sorolható előfordulási helyek számát jelentik.

39. ábra

A bukovinai földikutya (*Spalax graecus*) kárpát-medencei élőhelyeinek WRBsr (Word Reference Base for soil resources) talajosztályozási rendszer szerinti felosztása.

40. ábra

A *Spalax* és *Nannospalax* nemzetségbe tartozó földikutyák járatméreteinek összehasonlítása erdélyi élőhelyeken.

41. ábra

A nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) szuperfaj *transsylvanicus* formájának egykori elterjedési területe (narancssárgával jelölve) és ma is létező populációi: **1:** Kolozsvári (Cluj-Napoca) - Dobokai (Dăbâca) populáció, **2:** Urziceni populáció, **3:** Hajdúhadházi populáció, **4:** Debrecen-Józsai populáció, **5:** Hajdúbagosi populáció.

42. ábra

A nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) szuperfaj *hungaricus* formájának egykori elterjedési területe (pirossal jelölve) és ma is létező populációi: **1:** Delibláti (Deliblato) populáció, **2:** Temeshunyadi (Hunedoara Timișană) populáció, **3:** Battonyai populáció, **4:** Tompapusztai populáció, **5:** Mezőtúri populáció, **6:** Kunmadarasi populáció.

43. ábra

A nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) szuperfaj *montanosyrmiensis* formájának egykori elterjedési területe (barnával jelölve) és ma is létező populációi: **1:** Kelebiai - Szabadkai populáció Magyarországra eső része (Kelebia külterülete), **2:** Kelebiai - Szabadkai populáció Szerbiában található része (Szabadkai homokvidék (Subotićka peščara)).

44. ábra

A bukovinai földikutya (*Spalax graecus*) egykori kárpát-medencei elterjedési területe (zölddel jelölve) és ma is létező populációi Erdélyben: **1:** Budatelkei (Budești) állomány, **2:** Katonai (Cătina) állomány, **3:** Mócsi [Mociu] (Mező-Szombattelkei [Sâmboleni]) állomány, **4:** Ajtonyi (Aiton) populáció, **5:** Tordai (Turda) populáció, **6:** Tompaházai [Rădești] (Szászújfalui [Nou]) populáció.

45. ábra

A nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) fajcsoport *transsylvanicus* (**narancs**), *hungaricus* (**piros**) és *montanosyrmiensis* (**barna**) formáinak elterjedési területe az „Árvízjárta területek a Tisza térségében az ármentesítés előtti időszakban” (Ihrig 1952) című térképen ábrázolva. **1:** vízkitörés helye és iránya; **2:** elárasztott terület.

46. ábra

A nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) fajcsoport *transsylvanicus* (**narancs**), *hungaricus* (**piros**), *montanosyrmiensis* (**barna**) és *syrmiensis* (**rózsaszín**) formáinak elterjedési területe a Kárpát-medence folyóinak Alsó Pleisztocén, Felső Pleisztocén és Holocén kori feltételezett lefolyását ábrázoló térképén (Carthographia 1999).

#### 47. ábra

A Kárpát-medence és környezetének földikutyái:

**1:** *Spalax graecus*, **2:** *Spalax zemni*, **3:** *Nannospalax (leucodon) transsylvanicus*, **4:** *Nannospalax (leucodon) hungaricus*, **5:** *Nannospalax (leucodon) montanosyrmiensis*, **6:** *Nannospalax (leucodon) syrmiensis*, **7:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) fajcsoport *hercegovinensis* forma, **8:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) fajcsoport *monticola* forma, **9:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) fajcsoport *montanoserbicus* forma, **10:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) fajcsoport *serbicus* forma, **11:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) fajcsoport *ovchepolensis* forma, **12:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) fajcsoport *sofiensis* forma, **13:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) fajcsoport *bulgaricus* forma, **14:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) fajcsoport *srebarnensis* forma, **15:** *Nannospalax* (superspecies *leucodon*) fajcsoport *leucodon* forma.

#### 48. ábra

A *Nannospalax* (superspecies *ehrenbergi*) fajcsoport *ceyhanus* nevű formájának ismert előfordulási adatai (**A**) és elterjedési területének klimatikus jellemzői (**B**, **C**, **D**) (Coskun et al 2009).

(**A**): **1:** Ceyhan **2:** Anberinarkı **3:** Pekmezci **4:** 3 km-re nyugatra Yakapınar-tól **5:** 5 km-re délre Adana-tól **6:** Seyhmurat **7:** 3 km-re északra Tarsus-tól **8:** 5 km-re nyugatra Tarsus-tól **9:** 7 km-re északra Tarsus-tól **10:** Ibrisisim;

(**B**): éves átlagos csapadékösszeg, (**C**): március hónap átlagos középhőmérséklete, (**D**): október hónap átlagos középhőmérséklete.

#### 49. ábra

A *Nannospalax* (superspecies *ehrenbergi*) fajcsoportoz tartozó *aegyptiacus* nevű forma és a *Nannospalax (ehrenbergi) judaei* nevű földikutyafaj elterjedési területe és kariotípusa.

#### 50. ábra

Jordánia földikutyái: Az ábra bal oldalán Jordánia természetes növényzeti típusai láthatóak az ország éves átlagos csapadékösszegének térképén (U.S. Central Intelligence Agency, Map No. 505911 1978). Az ábra jobb oldalán pedig Jordánia éves átlagos csapadékösszegének térképén a *Nannospalax* (superspecies *ehrenbergi*) fajcsoportoz tartozó, genetikai vizsgálatoknak alávetett populációkat láthatjuk. A genetikai vizsgálatok alapján a populációk négy formára különíthetőek (Nevo et al . 2000a).

**1:** Gilead hegység, Irbid-től 6 km-re délre **2:** Ammon hegység, 10 km-re északnyugatra Zarqua-tól **3:** Ammon hegység, Naur közelében **4:** Nebo hegy, Moav hegység északi része **5:** Moav hegység északi része, 6 km-re délre Madaba-tól **6:** Moav hegység északi része Jizah közelében **7:** Arnon kanyon a Moav hegység északi részén Dhiban közelében **8:** Moav hegység déli része Ariha közelében **9:** Moav hegység déli része Karak közelében **10:** Moav hegység déli része Mazar közelében **11:** Edom hegység északi része Tafila közelében **12:** Musa kanyon (Wadi Musa) Edom hegység

**A:** *Nannospalax* (superspecies *ehrenbergi*) szuperfaj „Gilead” forma **B:** *Nannospalax* (superspecies *ehrenbergi*) szuperfaj „South Moav” forma, **C:** *Nannospalax* (superspecies *ehrenbergi*) szuperfaj „North Moav” forma **D:** *Nannospalax* (superspecies *ehrenbergi*) szuperfaj „Edom” forma.

## 51. ábra

Az ábra *Nannospalax* (superspecies *xanthodon*) fajcsoport kromoszómális formáit (az ábrán **alul**) valamint Kis-Ázsia klimatikus jellemzőit mutatja. Az ábrán **felül** az éves átlaghőmérséklet, **középen** pedig éves átlagos csapadékösszeg látható.

**1:** *Nannospalax* (superspecies *xanthodon*) fajcsoport *xanthodon* forma (2n=38 NF=74) **2:** *Nannospalax* (superspecies *xanthodon*) fajcsoport (2n=52 NF=70) **3a:** *Nannospalax* (superspecies *xanthodon*) fajcsoport (2n=54 NF=72) **3b:** *Nannospalax* (superspecies *xanthodon*) fajcsoport (2n=56 NF=74) **3c:** *Nannospalax* (superspecies *xanthodon*) fajcsoport (2n=60 NF=74) **3d:** *Nannospalax* (superspecies *xanthodon*) fajcsoport (2n=58 NF=74) **4:** *Nannospalax* (superspecies *xanthodon*) fajcsoport (2n=54 NF=74) **5:** *Nannospalax* (superspecies *xanthodon*) fajcsoport (2n=54 NF=74) **6:** *Nannospalax* (superspecies *xanthodon*) fajcsoport (2n=50 NF=72) **7:** *Nannospalax* (superspecies *xanthodon*) fajcsoport (2n=50 NF=70) **8:** *Nannospalax* (superspecies *xanthodon*) fajcsoport *nehringi* forma (2n=48 NF=68) **9:** *Nannospalax* (superspecies *xanthodon*) fajcsoport *cilicicus* forma (2n=58 NF=72) **10:** *Nannospalax* (superspecies *xanthodon*) fajcsoport közép anatóliai csoport (2n=60 NF=72, 74, 76, 78, 80, 82, 84).

## FÜGGELÉKEK

### 1. Függelék

A szakirodalomból ismert és további vizsgálatok során tisztázott kárpát-medencei nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies) *leucodon*) előfordulási helyek nevei, az utolsó ismert adat dátuma, valamint az adatok forrásának listája. A külföldi előfordulási adatok esetén az előfordulási helyek neve mellett zárójelben a település magyar neve is fel van tüntetve.

### 2. Függelék

A szakirodalomból ismert és további vizsgálatok során tisztázott vagy valószínűsített, erdélyi bukovinai földikutya (*Spalax graecus*) előfordulási helyek nevei, az adat létezésének utolsó ismert dátuma, valamint az adatok forrásának listája. Az előfordulási hely magyar neve mellett zárójelben a település hivatalos (román) neve is fel van tüntetve.

### 3. Függelék

A mitokondriális DNS vizsgálatokhoz felhasznált, a terepmunkák során megfogott állatokból és a Magyar Természettudományi Múzeum Emlősgyűjteményében őrzött alkoholos földikutya preparátumokból származó, szövetminták adatai.

### 4. Függelék

A Magyar Természettudományi Múzeum Emlősgyűjteményében őrzött, a nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) szuperfaj *hungaricus* formájához tartozó koponyák adatai.

### 5. Függelék

A Magyar Természettudományi Múzeum Emlősgyűjteményében őrzött, a nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) szuperfaj *transsylvanicus* formájához tartozó koponyák adatai.

## **6. Függelék**

A Magyar Természettudományi Múzeum Emlősgyűjteményében őrzött, a nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) szuperfaj *syrmiensis* formájához tartozó koponyák adatai.

## **7. Függelék**

A Magyar Természettudományi Múzeum Emlősgyűjteményében őrzött, a nyugati földikutya (*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)) szuperfaj *montanosyrmiensis* formájához tartozó koponyák adatai

## **8. Függelék**

Hazánkban elsősorban genetikus talajosztályozási rendszerek használatosak széles körben, azonban a környező országokból hozzáférhető talajtérképek diagnosztikus osztályozási rendszereket követnek. A dolgozatban felhasznált, Magyarországon kívüli kárpát-medencei területek talajtérképei a WRBsr (Word Reference Base for soil resources) talajosztályozási rendszerét használják (Jones et al. 2005). A hazai, genetikus talajosztályozási rendszer talajtípusainak a WRBsr részben diagnosztikus és részben genetikus osztályozási rendszerének talajtípusaival való, csupán tájékoztató jellegű megfeleltetése alábbiakban található. Mivel a két rendszer egyes talajtípusai nem feleltethetők meg egyértelműen egymásnak, ezért részletesebb információkat és az egyes WRBsr rendszerű talajtípusok definícióit a „Soil Atlas of Europe” 2. fejezetében (The soil of Europe) találhat az olvasó (Jones et al. 2005).