

SOPRONI EGYETEM

ERDŐMÉRNÖKI KAR

Doktori (PhD) értekezés tézisei

VÉDETT ZUZMÓFAJOK TERMÉSZETVÉDELMI SZEMPONTÚ

VIZSGÁLATA A BAKONYBAN

KÉSZÍTETTE:

SINIGLA MÓNICA

SOPRON

2023

Doktori Iskola: Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok
Doktori Iskolája

Vezető: Prof. Dr. Faragó Sándor

Program: Természetvédelem

Vezető: Prof. Dr. Bartha Dénes

Témavezetők: Prof. Dr. Bartha Dénes
Dr. Lőkös László

Bevezetés

A zuzmók az ökoszisztémában fontos szerepet betöltő pionír szervezetek. Az utóbbi évtizedekben a zuzmók fajszáma csökken világszerte. Ennek háttérében élőhelyeik degradációja (az erdőirtások, a mezőgazdasági termesztés, az urbanizáció) és a környezetben bekövetkező minőségromlás (levegő-, víz- és talajszennyezés) áll. A többi élőlénycsoporthoz hasonlóan a zuzmók között is vannak ritka és veszélyeztetett fajok, védelmükre és élőhelyeik pusztulásának megállítására több figyelmet kellene szentelnünk. Ehhez azonban több elterjedési és ökológiai információra van szükség. Hazai szinten a zuzmók természetvédelmi célú felmérése hiányosnak mondható, holott nemzetközi szinten napjaink égető fontosságú témakörévé nőtte ki magát. A védett fajok és a zuzmó-biodiverzitás megőrzése a helyes természetvédelmi kezelési eljárásnak, gyakorlatnak a záloga.

A Magyar Természettudományi Múzeum Bakonyi Természettudományi Múzeuma botanikai gyűjteményében található mintegy 2000 duplumpéldány kiváló kiindulópontot nyújt a régió lichenológiai megismeréséhez. A terepi kutatások során a zuzmóhatározásban szerzett tapasztalat és ennek folyamán gyűjtött, determinált zuzmófajok hasznos adatbázisként szolgálnak az 1997-ben elkészült magyarországi vörös lista aktualizálásához is. A vörös lista rendszeres aktualizálása szükséges a zuzmók élőhelyvédelme érdekében, továbbá a természetvédelmi felmérésekhez is jelentős, fontos kiegészítés lenne a zuzmóvédelem. A védett zuzmófajok elterjedési felmérésére irányuló vizsgálatok hiánypótlónak számítanak. Ugyanis a természetvédelem – a védett fajok jogszabályban foglalt ismeretén kívül – a célzott élőhelyi kezelésen keresztül megvalósuló védelmet háttérbe szorítja, a fajok identifikációs és ökológiai igényeinek ismeretének hiányában. A zuzmók fajismerete beépíthető lenne a természetvédelem mindennapjaiba is. Hazánk lichenológiai védelme kiemelt jelentőségű, már csak azért is mert három zuzmófajunkat (*Cladonia magyarica*, *Xanthoparmelia pokornyi*, *Xanthoparmelia pulvinaris*) Magyarország területéről közölték elsőként, továbbá legnagyobb populációi hazánkban élnek.

Célkitűzések

Jelen munka a Bakonyból ismert 11 védett zuzmófajra és természetvédelmi kérdéseire irányuló kutatás eredményeit foglalja össze. A *Lobaria pulmonaria* korábbi élőhelyéről kizusztult, nincs jelenleg is élő állománya a Bakony területén. A *Cladonia magyarica* pedig terepi azonosításának nehézsége miatt nem került be a vizsgálandó fajok közé. A dolgozatban részletesen bemutatom a 9 védett zuzmófaj (*Cetraria aculeata*, *C. islandica*, *Cladonia*

arbuscula, *C. mitis*, *C. rangiferina*, *Peltigera leucophlebia*, *Solorina saccata*, *Xanthoparmelia pokornyi*, *X. pulvinaris*) bakonyi előfordulási viszonyait, állomány nagyságaik és élőhelyeik állapotának alakulását, az élőhelypreferenciájukra irányuló átfogó következtetéseket.

A dolgozat eredményeihez kapcsolódóan jövőbeli célom az élőhelyvédelem alátámasztása a védett zuzmófajok jelenlétével. Továbbá, hogy a zuzmók is részét képezzék a természetvédelmi felméréseknek, intézkedéseknek. Olyan terepi mintavételi módszer kidolgozását valósítam meg, amely lehetőséget biztosít a zuzmófajok elterjedési, élőhelyi környezetének detektálására.

A kutatás során a következő kérdések megválaszolását tűztem ki célul:

1. Mennyi védett zuzmófaj bakonyi lelőhelye került megerősítésre a korábbi előfordulások alapján?
2. Vannak-e a védett zuzmófajoknak új, korábban nem ismert lelőhelyei a Bakonyban?
3. Milyen zuzmóelterjedési sajátosságok figyelhetők meg a Bakonyban?
4. A védett zuzmófajok előfordulását mely környezeti tényezők befolyásolják leginkább? Mely biotikus-abiotikus tényező lehet az elsődleges befolyásoló tényező?
5. A rénzuzmók mely környezeti tényezők mentén különülnek el egymástól a Bakonyban?
6. A védett zuzmófajok környezeti igényei mennyire hasonlóak és különbözőek?
7. Az edényes vegetáció borítása, összetétele miként van hatással a zuzmók fajgazdagságára, a zuzmópopulációk borítására?
8. A bolygatás hogyan befolyásolja a védett zuzmófajok termőtestképzését?
9. A bolygatás mennyire van hatással a kriptobiotikus kérget alkotó zuzmó- és mohavegetációra?

Anyag és módszer

A florisztikai feltárást 268 herbárium és 6 irodalmi adat alapján végeztem el 2015 és 2019 között. A kutatás során visszaellenőriztem a védett zuzmófajok korábbi bakonyi lelőhelyeit (66), valamint 45 további új lelőhelyet fedeztem fel. A 9 védett zuzmófaj élőhelyi viszonyait 2 m × 2 m nagyságú mintanegyzetekben vizsgáltam, melyeket további 10 cm × 10 cm nagyságú mikrokvadrátokra osztottam fel. Ez a mintavételi módszer lehetőséget biztosít a három élőlénycsoport (zuzmó, moha, edényes növény) faj- és borításszintű felmérésére, illetve a mikrokvadrátok a telepek mintázatát is mutatják. Az állatok taposása és rágása, valamint

az emberi hatások által előidézett kisléptékű bolygatás detektálása egy négyfokozatú skálán, becsléssel történt: 0 = nincs bolygatás; vagy maximum 0–5%; 1 = gyenge bolygatás, 5–25%; 2 = közepes bolygatás, 25–50%; 3 = erős bolygatás, 50% feletti taposás és rágás.

Az eredmények statisztikai kiértékelése a Statistica 13.0, az R version 3.6.1. és a Past 4.12 szoftverrel történt.

Új tudományos eredmények – tézisek

1. A korábbi herbáriumi és irodalmi adatok alapján a kilenc bakonyi védett zuzmófaj (*Cetraria aculeata*, *C. islandica*, *Cladonia arbuscula*, *C. mitis*, *C. rangiferina*, *Peltigera leucophlebia*, *Solorina saccata*, *Xanthoparmelia pokornyii*, *X. pulvinaris*) lelőhelyei 40 esetben megerősítésre kerültek.

A kilenc védett zuzmófaj 75 lelőhelyről volt ismert korábban a Bakony területéről, ebből a terepi visszakeresések során 40 esetben megerősítettem előfordulásukat. A 9 védett zuzmófaj Bakony területén mért összes telepének borítása 146 104,3 cm². Jelenleg 268 herbáriumi és 6 irodalmi adat áll rendelkezésre a védett zuzmófajok bakonyi előfordulásáról. Ezen a lelőhelyeken az elkészített terepi módszertan segítségével jegyeztem fel az élőhelyi sajátosságokat és a védett zuzmófajok telepeire vonatkozó információkat.

A *Cetraria aculeata* esetében 21 bakonyi herbáriumi példány és 2 irodalmi adat áll rendelkezésre. A 4 korábbi lelőhelyéből (Öskü: Bér-hegy, Litér: Mogyorós-hegy, Veszprém: Tekerés-völgy, Veszprém: Csatár-hegy) három esetben sikerült megerősítenem (Litér: Mogyorós-hegy, Veszprém: Tekerés-völgy, Veszprém: Csatár-hegy) a faj előfordulását.

A *Cetraria islandica* fajnak korábban egyetlen (Várpalota) előfordulási pontja volt a Bakonyban, amit nem találtam meg. Jóllehet a korábbi herbáriumi adata 1861-ből származik pontos lelőhelyadat említése nélkül, így a Várpalotai katonai lőtér tüzetes átnézésére ellenére sem került elő a faj.

A *Cladonia arbuscula* 16 herbáriumi adata áll rendelkezésre a Bakony területéről. A korábbi négy lelőhelyből kettőt sikerült megerősítenem (Káptalanfüred: Köcsi-tó, Révfülöp: Fülöp-hegy).

A *Cladonia mitis*-ről 44 herbáriumi adat áll rendelkezésre a Bakony területéről. Jelen dolgozat előtt 6 lelőhelyről (Fenyőfő: ösfenyves, Zánka: Virius-telep, Uzsa: Úrbéri-erdő, Szentbékálla: Szentimrepuszta, Káptalanfüred: Köcsi-tó, Ábrahámhegy: Kisörsi-hegy) volt ismert az előfordulása, amelyek közül négy esetben (Uzsa: Úrbéri-erdő, Szentbékálla:

Szentimrepuszta, Káptalanfüred: Köcsi-tó, Ábrahámhegy: Kisörsi-hegy) megerősítettem a korábbi előfordulását.

Jelen dolgozat előtt 4 lelőhelyről volt ismert a *Cladonia rangiferina* előfordulása (Fenyőfő, Uzsa: Úrbéri-erdő, Káptalanfüred: Köcsi-tó, Ábrahámhegy: Kisörsi-hegy, Révfülöp: Gödepont-hegy). Ebből kettő lelőhelyet megerősítettem (Uzsa: Úrbéri-erdő, Ábrahámhegy: Kisörsi-hegy).

A *Peltigera leucophlebia* a korábbi 9 lelőhelyből 2 lelőhelyről (Veszprém: Mohos-kő, Bakonyszentlászló: Ördög-rét) megerősítettem előfordulását. A három terepi mintanegyzetben regisztrált telepborítása 2613 cm².

A *Solorina saccata* esetében 55 korábbi herbáriumi példány 34 lelőhelyről származik. Kilenc lelőhely a Keszthelyi-hegység környékén fordul elő, ahol a vizsgálatok a jövőben várhatóak, jelen dolgozat nem tér ki rá. A maradék 25 lelőhelyből 20 lelőhelyen megerősítettem az előfordulását (Sáska: Rosta-völgy, Veszprém: Betekints-völgy, Hárskút: Slézinger-völgy, Bakonyoszlop: Ördög-árok, Felsőörs: Malom-völgy, Lovas: Királykúti-völgy, Veszprém: Csatár-hegy, Balatonfüred: Koloska-völgy, Isztimér: Burok-völgy, Hajmáskér: Tobán-hegy, Várpalota: Vár-völgy, Márkó: Malom-hegy, Bakonykúti: Kis-Burok-völgy, Bakonyszentlászló: Alsó-Cuha-szurdok, Veszprém: Mohos-kő, Bakonybél: Kerteskői-szurdok, Farkasgyepű: Bittva-patak felett, Hárskút: Fehér-kő, Tés: Szúnyog-völgy, Bakonyszentlászló: Ördög-rét).

A *Xanthoparmelia pokornyii* korábbi 4 lelőhelyéből (Csór: Baglyas-hegy, Isztimér, Királyszentistván: Ugri-hegy, Litér: Mogyorós-hegy) két (Litér: Mogyorós-hegy, Királyszentistván: Ugri-hegy) esetében sikerült ismét fellelni a fajt.

A *Xanthoparmelia pulvinaris* korábbi 9 lelőhelyéből 5 esetében sikerült ismét fellelni (Litér: Mogyorós-hegy, Veszprém: Tekeres-völgy, Várpalota: Kopasz-Hallgató, Csörget-völgy, Várpalota: Vár-völgy Veszprém: Csatár-hegy) a fajt.

2. A kilenc bakonyi védett zuzmófaj 45 új, eddig nem ismert lelőhelyeinek feltárására került sor.

45 új előfordulással gyarapodott a védett zuzmófajok bakonyi lelőhelyeinek száma.

A *Cetraria aculeata* 6 lelőhelyről (Balatonalmádi: Megye-hegy, Királyszentistván: Ugri-hegy, Olaszfalu: Eperjes-hegy, Sóly: Győri-úti-irtás, Zalahaláp: Cseket-hegy, Ódörögdpuszta) újként került elő. A 4 korábbi lelőhelyéből hármat sikerült megerősítenem és a 6 újonnan talált előfordulásával jelenleg 9 helyről ismert a Bakonyban. A 9 lelőhelyen készült, 20 terepi felvételben mért összes telepborítása 14 678,75 cm².

A *Cetraria islandica* fajnak korábban egyetlen (Várpalota) előfordulási pontja volt a Bakonyban, amit nem sikerült fellelni, viszont egy újabb helyről (Taliándörögdt: Baksa-tető) előkerült. A három felvételben regisztrált telepek összborítása 90 cm^2 .

A *Cladonia arbuscula* korábbi négy lelőhelyből kettő esetben (Balatonalmádi: Köcsitő, Révfülöp: Fülöp-hegy) került elő a faj. Valamint 7 új lelőhelyet (Balatonrendes: Rendesi-hegy, Balatonszepezd: Bödi-hegy, Kővágóörs: Falu-erdő, Tepécs-hegy, Vörös-domb, Uza: Úrbéri-erdő, Salföld: Kütyüi-domb, Köveskál: Fekete-hegy) sikerült fellelni. A 15 terepi mintanégyzet alapján $2200,3 \text{ cm}^2$ a telepborítás.

Munkám során 13 új előfordulással (Kővágóörs: Falu-erdő, Révfülöp: Fülöp-hegy, Kővágóörs: Vörös-domb, Balatonhenye: Fekete-hegy, Köveskál: Fekete-hegy, Kővágóörs: Tepécs-hegy, Balatonrendes: Rendesi-hegy, Salföld: Csigó-tag, Káptalantóti: Mohos-tető, Salföld: Csönghe-hegy, Salföld: Kütyüi-domb, Kővágóörs: Ecséri-erdő, Balatonszepezd: Bödi-hegy), 15 lelőhelyre bővült a *Cladonia mitis* Bakony-vidékre vonatkozó ismert állománya. A 36 mintanégyzetben regisztrált telepborítás $64\,567,2 \text{ cm}^2$.

A *Cladonia rangiferina* esetében a korábbi lelőhelyek alapján a hasonló élőhelytípusok terepbejárásával 6 új lelőhelyet (Kővágóörs: Vörös-domb, Kővágóörs: Falu-erdő, Kővágóörs: Tepécs-hegy, Balatonrendes: Felső-erdő, Kővágóörs: Ecséri-erdő, Balatonszepezd: Bödi-hegy) fedeztem fel. A 8 lelőhelyen, 13 mintanégyzetben regisztrált összes telepborítás $11\,251,2 \text{ cm}^2$.

A *Peltigera leucophlebia* a korábbi 9 lelőhelyből 2 lelőhelyről megerősítettem előfordulását. Új lelőhelyet nem jegyeztem fel a faj esetében.

A *Solorina saccata* esetében 4 lelőhely (Csór: Baglyas-hegy, Pécsely: Zádor-vár, Tés: Mórocztető, Vászoly: Nagy-vár-tető) újként regisztrálható a Bakony területén. Az 57 terepi mintanégyzetben regisztrált telepborítása $21\,975,6 \text{ cm}^2$. Jelenleg 79 herbáriumi és 4 irodalmi adat áll rendelkezésre a fajról.

A *Xanthoparmelia pokornyi* korábbi 4 lelőhelyéből 2 sikeresen előkerült, és további 3 lelőhelyet újként regisztráltam (Balatonalmádi: Megye-hegy, Csór: Gomba-hegy, Hajmáskér: Rác-Halála). Regisztrált telepborítása $21\,323,25 \text{ cm}^2$.

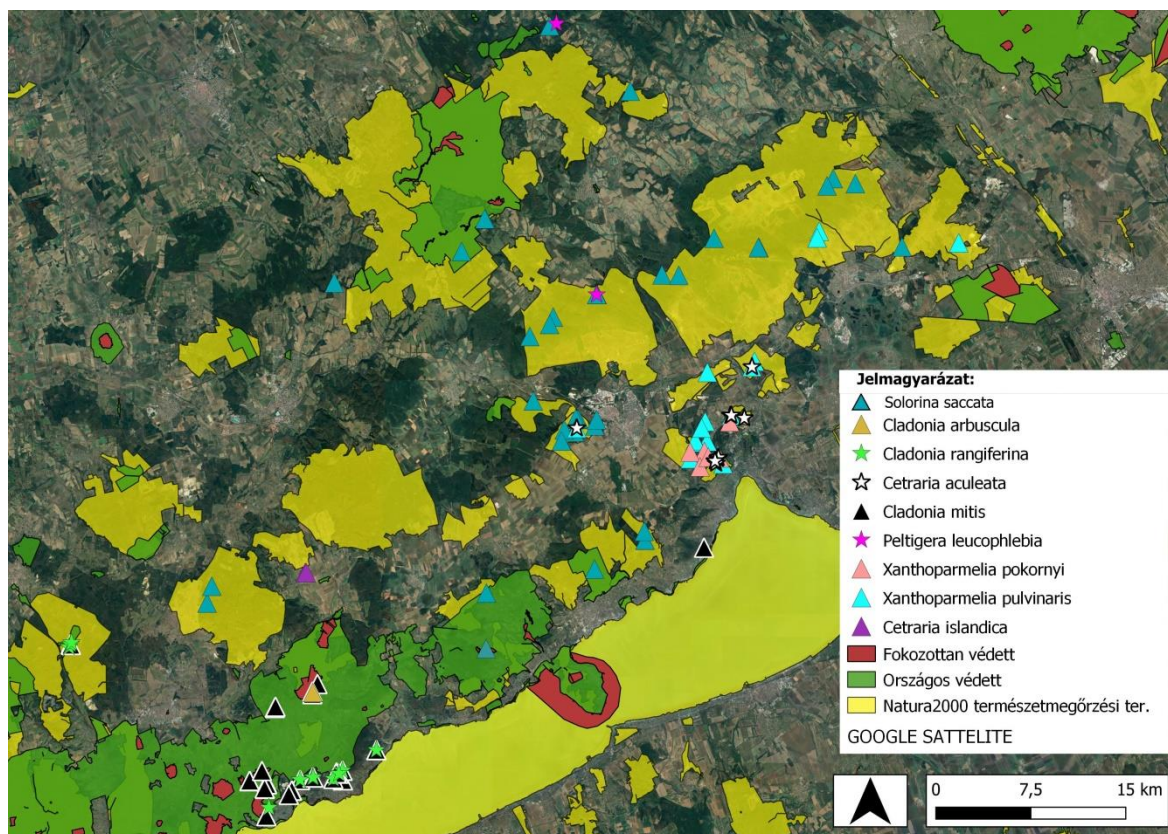
A *Xanthoparmelia pulvinaris* korábbi 9 lelőhelyéből 5 esetében sikerült ismét fellelni a fajt, és további 5 lelőhelyet újként regisztráltam (Balatonalmádi: Megye-hegy, Csór: Gomba-hegy, Királyszentistván: Ugri-hegy, Sóly: Győri-úti-irtás, Hajmáskér: Rác-Halála) a faj jelenlétét. A 26 terepi felvétel alapján regisztrált összes telepborítása 7405 cm^2 .

3. Megállapítottam a bakonyi védett zuzmófajok jellemző gyakoriságát és jellegzetes elterjedési sajátosságait élőhelyeik alapköze, élőhelytípusa, földrajzi előfordulása és természetvédelmi helyzete alapján.

Az élőhelyek alapján megállapítható, hogy a *Cetraria aculeata*, a *Xanthoparmelia pokornyi* és a *X. pulvinaris* ugyanolyan meszes alapközetű élőhelytípusban fordulnak elő, a *Cetraria aculeata* néhány kivételtől eltekintve a mészkedvelő lejtő- és törmelékgyepekben, míg a *Xanthoparmelia pokornyi* és a *X. pulvinaris* a lejtőgyepek mellett szép számban jelenik meg a mészkedvelő nyílt sziklagyepekben is. A *Cetraria aculeata* populációi viszont a Déli-Bakonyban, Zalahaláp környékén is előfordulnak, míg a *Xanthoparmelia pokornyi* és *X. pulvinaris* telepeket csak a Veszprém környéki száraz gyepekben észleltem a Bakony legnyugatibb előfordulásaként. Mindkét *Xanthoparmelia* faj előfordulásának súlypontja a Keleti-Bakonyban és a Balaton-felvidék keleti részén található.

A *Cladonia* fajok a savanyú alapközetű (bazalt, vörös homokkő, pannon homokkő) nyílt acidofil cseres-tölgyesekben jelennek meg a legnagyobb egyedszámban. Az erdőállomány záródásával a zárt acidofil cseres-tölgyesekben csökkent telepszámban fordulnak elő. A Káli-medence csarabos élőhelyein szintén megjelennek. A *Cladonia mitis* a teljesen nyílt gyepekben is jelen van korlátozott telepszámban. A savanyú alapközet szórványos és sokszor csupán foltszerű kiterjedése miatt a *Cladonia* fajok megjelenése is sporadikus. Közel 100 km-es távolságra esnek egymástól a populációk, és előfordul, hogy ezek is csupán teleptörödékek nagyobb, fejlett telep nélkül. A *Cetraria aculeata* az olaszfalui fás legelőn él egyedül mészkő alapközetben, a többi élőhelyén dolomiton található. A *Solorina saccata* telepek a dolomit mellett jelentős telepszámban fejlődnek mészkő alapközetű élőhelyeken is elsősorban a Magas-Bakonyban. Zömében északi kitettségű, zárt sziklagyep és tölgyes jellegű sziklaerdő élőhelytípusban, hegytetők közelében. A *Peltigera leucophlebia* alacsony észlelési adatait alapul véve mészkő alapközetben, magas mohafajsám mellett jelenik meg a Bakonyban.

A 149 terepi felvétel több mint fele (82 db) Natura 2000 természetmegőrzési terület részét képezi. 28 mintanégyzet semmilyen védelem alá sem tartozik. A készített mintakvadrátok jelentős hányada (17 db) fokozottan védett természeti terület (Nagy-vár-tető, Kerteskői-szurdok, Fekete-hegy, Kütyüi-domb, Szentimrepusztai kötenger). 14 mintanégyzet védett természeti területen regisztráltam, Balaton-felvidéki Nemzeti Parki területeken. Továbbá 8 terepi felvétel készült egyúttal védett természeti területen (Balaton-felvidéki Nemzeti Park, Balatonfüredi-erdő Természetvédelmi Terület, Magas-Bakonyi Tájvédelmi Körzet, Uzsa csarabos Természetvédelmi Terület) és Natura 2000 természetmegőrzési területen (1. ábra).



1. ábra: A védett zuzmófajok előfordulási térképe a védett, fokozottan védett és Natura 2000 természetmegőrzési terület alapján.

4. Megállapítottam, hogy a környezeti tényezők közül az edényes növény-, a moha- és sziklaboritás, a lombkoronaszint záródása befolyásolja elsődlegesen a különböző védett zuzmófajok bakonyi előfordulását.

Hét védett zuzmófaj (*Cetraria aculeata*, *Cladonia arbuscula*, *C. mitis*, *C. rangiferina*, *Solorina saccata*, *Xanthoparmelia pokornyi*, *X. pulvinaris*) esetében készült elegendő terepi felvétel a többváltozós statisztikai kiértékelésekhez. Ebben a tézisben négy védett zuzmófaj fajkompozíciók és a környezeti háttérváltozók szerinti elkülönülésének eredményeit mutatom be.

A *Cetraria aculeata* felvételek fajgyakoriságra készült főkomponens-analízise (PCA) alapján a faj bakonyi élőhelyei meglehetősen hasonlóak, a mintavételi pontok nem alkotnak elkülönülő csoportokat, ami nem meglepő, hiszen a felvételek nagy része ugyanabba az élőhelytípusba sorolható (H2). Néhány felvétel különül el, amit a nyíltabb gyepekre jellemző fajok nagyobb borításértékei magyaráznak. A környezeti háttérváltozók közül a **moha- és sziklaboritás** alapján gyenge elkülönülést mutatnak a terepi felvételek (PCA).

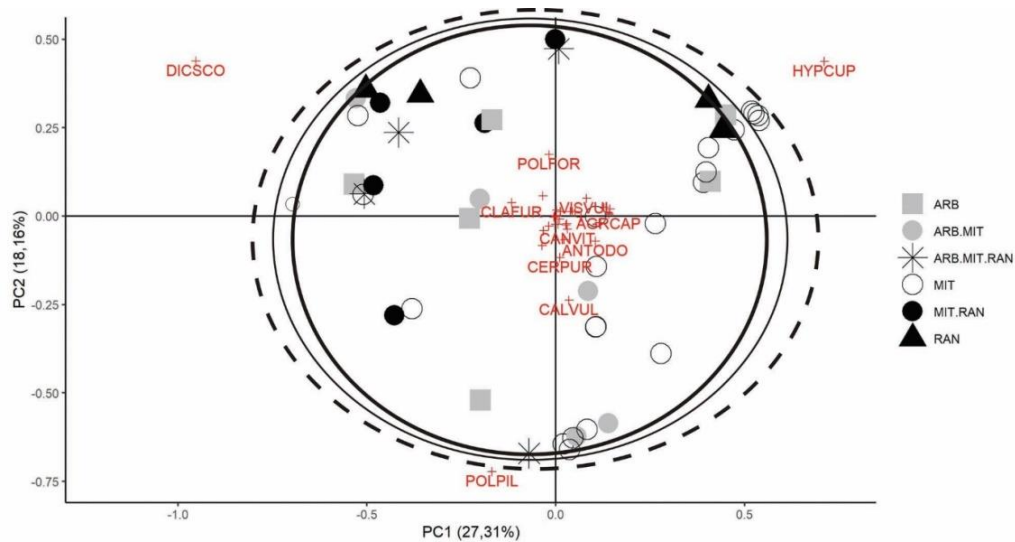
A *Solorina saccata* terepi felvételei fás és fátlan élőhelyek alapján különülnek el. Ennek a két csoportnak az elkülönülése szembevető mind a fajok borítás értékei alapján készített főkomponens-analízis ábráján, mind a háttérváltozók alapján készített PCA-n is, ahol az első tengelyt a **lombkoronaszint záródása** határozza meg, azaz magyarázza a két csoport elkülönülését.

A *Xanthoparmelia pokornyi* és a *X. pulvinaris* terepi felvételeinek kiértékelése alapján megállapítható, hogy a záródó (ÁNÉR–H2, H3a) és a nyílt (ÁNÉR–G2) élőhelyek gyenge elkülönülésének oka a **sziklaborítás** és az **edényes növényborítás** változása.

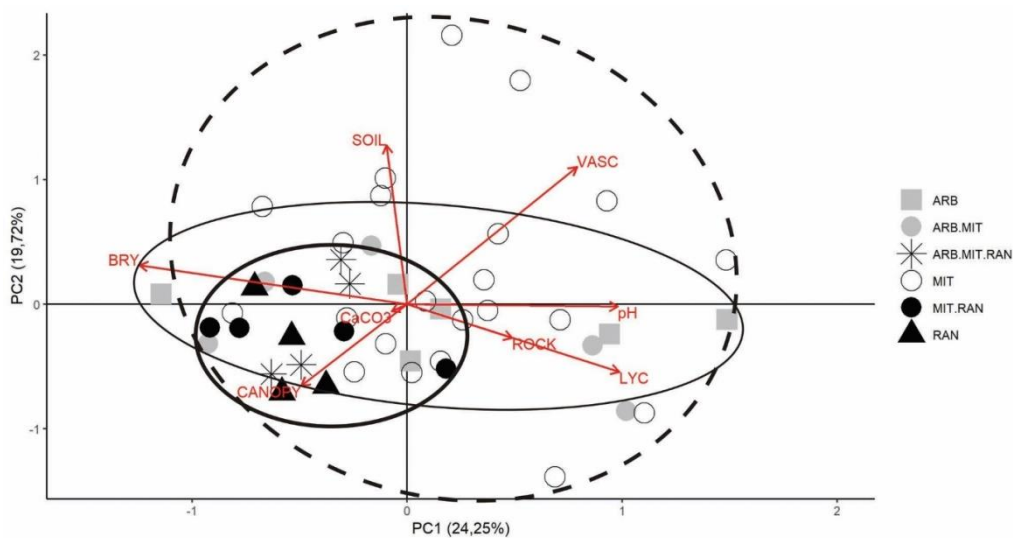
5. Megállapítottam, hogy a rénzuzmó fajok (*Cladonia arbuscula*, *C. mitis*, *C. rangiferina*) az alapkőzet, talaj pH, bolygatástűrés, lombkorona-záródás mentén különülnek el egymástól a Bakony területén.

A három rénzuzmófaj élőhelyei meglehetősen hasonlóak, elterjedési területük is jelentősen átfed, a 46 rénzuzmóhoz köthető felvételből 14-ben kettő vagy három fordult elő együtt. A három fajt nem lehet az alapján elkülöníteni, hogy milyen fajkompozíciójú élőhelyeken élnek. Az abiotikus háttértényezőket tekintve azonban kimutatható néhány különbség. A *Cladonia arbuscula* és *C. mitis* hasonló élőhelyi és abiotikus tényezőket kedvelnek, többnyire bazalton, pannon homokkövön és vörös homokkövön fordulnak elő 3,6–5,7-es talaj pH mellett. Adódnak köztük azért különbségek is, a *C. arbuscula* jobban tolerálja a talajbolygatást, mint a *C. mitis*. Általában elmondható, hogy a *C. mitis* rendelkezik a legszélesebb ökológiai toleranciával, szinte minden típusú helyen előfordul, ahol a másik két faj, de a mélyebb talajú és edényes növények által jobban uralt, zártabb területeken található meg a három faj közül. A *C. rangiferina* rendelkezik a legszűkebb ökológiai toleranciával a három faj közül (3. ábra), a 25%-os taposási és rágási értékig tűri csak a bolygatást. Vizsgálataim alapján a *C. rangiferina* jelentős, akár 95%-os lombkoronaszint-záródású, elsősorban zavartalan vagy kevésbé zavart tetőhelyzetű mészkerülő tölgyesekben tenyészik. Habár nem különül el erősen a másik két fajtól, többnyire ott fordul elő, ahol zártabb a lombkoronaszint, a mohaborítás nagyobb (átlag 75%), és az edényes növény- és zuzmóborítás pedig kisebb, a talaj sekélyebb és savanyúbb (pH: 3,6 és 4,6). Az élőhelyi tulajdonságok összehasonlításaként nem kaptam szignifikáns különbséget, habár kisebb különbségek adódnak az élőhelyigényre vonatkozóan, de éles elkülönülés nem látható (2. ábra). A lombkorona-borításban adódott a legjelentősebb különbség a három faj között. A *C. mitis* fordul elő az alacsonyabb lombkorona-záródású élőhelyeken, a *C. rangiferina* a legzártabbakban, míg a *C. arbuscula* a közepes lombkorona-záródást kedveli.

Az előfordulásokban a *C. arbuscula* fejlett és töredéktelepei szignifikánsan kisebb számban és területen fordulnak elő, mint a másik két faj telepei. A fajok alacsony ökológiai toleranciája lehetővé teszi a természetes élőhelyek indikálását Magyarországon. A rénzuzmók korlátozott előfordulásuk, kis telepszámuk, valamint az emberi-, vad- és járműtaposás miatt veszélyeztetettek a Balaton-felvidéki lelőhelyek többségén. Jövőbeli fennmaradásuk érdekében javasolható a mesterséges teleptöredék-terjesztés.



2. ábra: Főkomponens-analízis (PCA) a fajok borításadatai alapján. Az elemzéshez az adatokat Hellinger transzformációnak vettem alá, és csak azon fajok kerültek be, amelyek minimum öt felvételen előfordultak. A szürke négyzet, a szürke körlap és a csillag szimbólumok utalnak a *C. arbuscula*-ra, a szürke, fehér és fekete körlapok és a csillag utal a *C. mitis*-re, a fekete körlap, fekete háromszög és a csillag jelöli a *C. rangiferina* felvételeit. A vékony körvonal a *C. arbuscula*, a szaggatott a *C. mitis*, a vastag körvonal pedig a *C. rangiferina* felvételeket jelöli. POLFOR = *Polytrichum formosum*, CLA FUR = *Cladonia furcata*, VISVUL = *Viscaria vulgaris*, AGRCAP = *Agrostis capillaris*, CANVIT = *Candelariella vitellina*, ANTOD O = *Anthoxanthum odoratum*, CERPUR = *Ceratodon purpureus*, CALVUL = *Calluna vulgaris*, POLPIL = *Polytrichum piliferum*, DICSCO = *Dicranum scoparium*, HYP CUP = *Hypnum cupressiforme*.

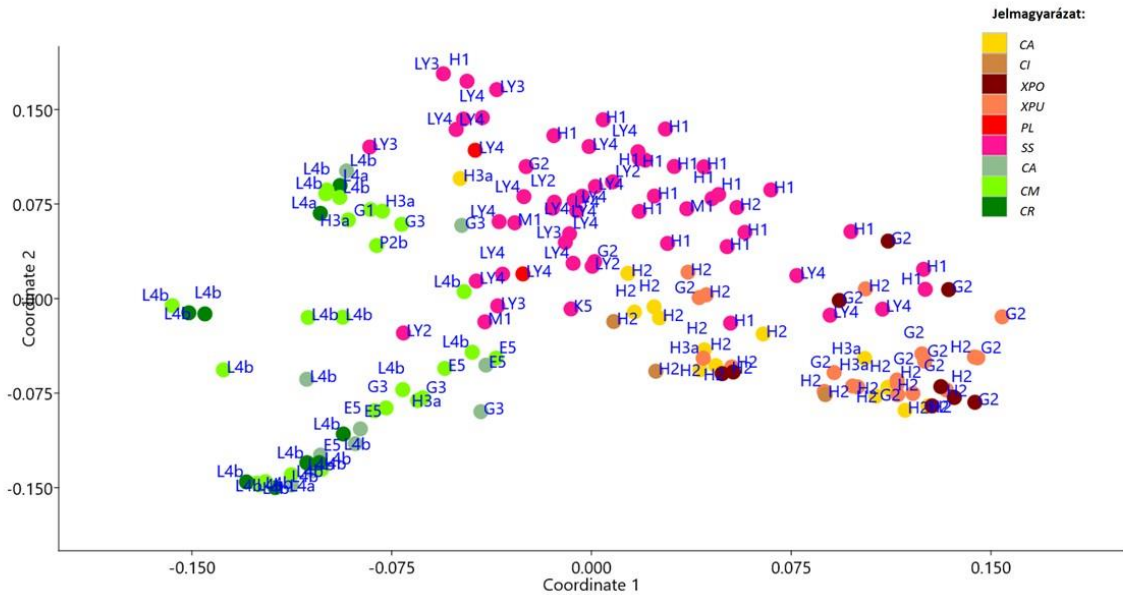


3. ábra: PCA analízis a numerikus környezeti változók alapján. A szürke négyzet, a szürke körlap és a csillag szimbólumok utalnak a *C. arbuscula*-ra, a szürke, fehér és fekete körlapok és a csillag utal a *C. mitis*-re, a fekete körlap, fekete háromszög és a csillag jelöli a *C. rangiferina* felvételeit. A vékony körvonal a *C. arbuscula*, a szaggatott a *C. mitis*, a vastag körvonal pedig a *C. rangiferina* felvételeket jelöli. SOIL – talajmélység, VASC – edényes növényborítás, LYC – zuzmóborítás, pH – talaj pH, CANOPY – lombkorona-záródás, BRY – mohaborítás, CaCO₃ – talaj CaCO₃-tartalom.

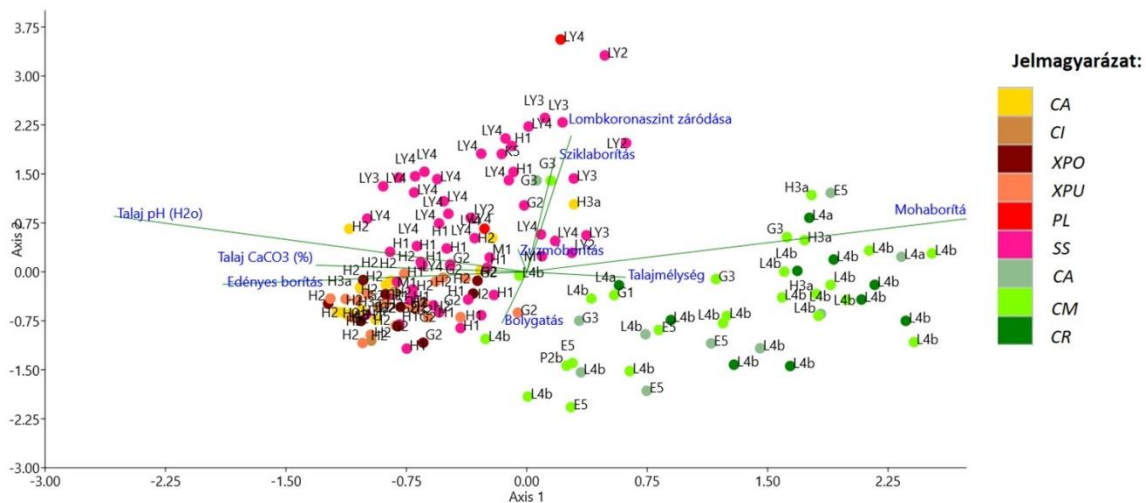
6. Bebizonyítottam, hogy a környezeti változók – a lombkorona-záródás, a sziklaborítás és a talaj kémhatása – és a fajkompozíció alapján három csoportra lehet elkülöníteni a bakonyi védett zuzmófajokat.

A védett zuzmófajok bakonyi lelőhelyeinek összehasonlítása eredményeként három nagy csoportot lehet elkülöníteni az edényes növény-, zuzmó- és mohafajok (501 faj) borítása (%) alapján. A csoportok részben a védett zuzmófajok, részben az élőhelytípusok (ÁNÉR) alapján válnak szét egymástól. A fajkompozíció mentén történő szignifikáns különbséget ($p = 0,0001$) a permutációs többváltozós varianciaanalízissel (one-way perMANOVA, Bray-Curtis index, 9999 ismétlés) mutattam ki.

Az egyik csoportba került az összes felvétel, amelyben a fő védett zuzmófaj a *Cetraria aculeata*, *C. islandica*, *Xanthoparmelia pokornyii* és a *X. pulvinaris*, külön csoportot alkotnak a *Solorina saccata*-t és a *Peltigera leucophlebia*-t tartalmazó felvételek és a harmadik csoportban vannak a *Cladonia arbuscula*, *C. mitis* és *C. rangiferina* élőhelyein készült felvételek. Egy mészkerülő és két mészkedvelő fajközösség körvonalazódott. Elválásukat a két mészkedvelő csoporttól a talaj pH és a CaCO₃-tartalom mellett az edényes fajok és a mohaszint borításának különbsége, valamint a talajmélység okozza a környezeti háttérváltozók alapján készített RDA-elemzés alapján (5. ábra). A főkomponens-analízis (PCoA, Bray-Curtis teszt – 4. ábra) alapján megállapítható, hogy külön csoportot alkotnak a mészkerülő élőhelytípusok (E5, L4b, L4a, G1, G3) a rénzuzmó fajok felvételei, a száraz gyepek alkotta csoport (G2, H2, H3a, H4) a *Cetraria* és *Xanthoparmelia* fajok élőhelyei, valamint a sziklás élőhelyek (H1, LY3, LY4, M1) a *Solorina saccata* és a *Peltigera leucophlebia* felvételei. A két mészkedvelő csoport a lombkoronaszint záródásában, sziklaborításban és bolygatottságban különbözik egymástól (5. ábra). A *Solorina saccata* és *Peltigera leucophlebia* fajok elkülönülését a többi fajtól jelentős részben a lombkorona-záródás és a sziklaborítás magyarázza (5. ábra).



4. ábra: A mintavételi felvételek (149 db) élőhelytípusainak ordinációja (Pcoa, Bray – Curtis index) az edényes növény-, zuzmó- és mohaborítás (%) alapján (CA – *Cetraria aculeata*, CI – *Cetraria islandica*, XPO – *Xanthoparmelia pokornyi*, XPU – *Xanthoparmelia pulvinaris*, PL – *Peltigera leucophlebia*, SS – *Solorina saccata*, CAR – *Cladonia arbuscula*, CM – *Cladonia mitis*, CR – *Cladonia rangiferina*) (1. tengely: 11,21%, 2. tengely: 8,15%).



5. ábra: RDA-elemzés (501 faj) a környezeti háttérváltozók alapján (fajnevek rövidítéseit lásd a 4. ábra szövegében) (1. tengely: 11,06%, 2. tengely: 13,79%)

7. Megállapítottam, hogy pozitív kapcsolat áll fenn az edényes növényfajszám és a zuzmófajszám között.

A 149 terepi felvétel alapján az edényes fajszám és a zuzmófajszám között gyenge pozitív kapcsolat áll fenn a Kendall's tau korrelációanalízis eredményeként, mivel a kapott p értékek 0,05 alattiak ($p = 0,043951$) vagyis a két változó között gyengén szignifikáns pozitív kapcsolat áll fenn. Az edényes növényfajszám pozitívan korrelál a zuzmófajszámmal.

Az elvégzett korrelációs számítások értelmében az edényes vegetáció összetétele és a zuzmók fajszáma között kapcsolat van. A magas edényes növényfajszámú területeken a zuzmók fajszáma is magasabb. A borításértékek alapján viszont nem áll fenn kapcsolat az edényes növények és a zuzmók között, a kapott értékek 0,05 feletti (edényes fajszám és zuzmóborítás: $p = 0,7533$; edényes növényborítás és zuzmóborítás: $p = 0,69501$; mohaborítás és zuzmóborítás: $p = 0,36788$).

8. Kimutattam, hogy a bakonyi védett zuzmófajok termőtestszáma függ a bolygatás mértékétől vagy kisebb bolygatás mellett a zuzmótelepek termőtest képzése is emelkedik.

A vitalitási mutatók közül a zuzmótelepek termőtestképzését vizsgáltam. A terepi tapasztalatok alapján megállapítható, hogy amennyiben a bolygatás mértéke emelkedik, a termőtestek száma csökken, a telepek részben vagy teljesen elhalnak. A vizsgált területen előforduló védett zuzmófajok közül a *Solorina saccata* képez látványos, megszámlálható mennyiségű termőtestet. A *S. saccata* telepek esetében megfigyelhető, hogy 0-ás bolygatási értéknél fejlődik a legtöbb termőtest, volt olyan felvétel, ahol a 600 és 300 db termőtestet is elérte a vitalitás, de a 100 termőtest körüli érték is jelentős. Az 1-es bolygatási értéknél már inkább 100 db alatti, többnyire 0 és 50 közötti értékeket lehet megfigyelni

9. Megállapítottam, hogy a bolygatás különböző hatással van a kriptobiotikus kérget alkotó zuzmó- és mohavegetációra a 149 vizsgált bakonyi mintanegyzetben.

A vizsgált területen a fő bolygatási tényező az állatok taposása és rágása. A juhlegeltetésnek a sziklagyepekben, lejtőgyepekben élő *Cetraria aculeata*, *C. islandica*, *Cladonia magyarica*, *Xanthoparmelia pokornyi* és *X. pulvinaris* van kitéve. A vizsgált felvételekben helyenként megfigyelhető, hogy e fajok telepméretei csökkennek az intenzív juhlegeltetés miatt.

A 149 terepi felvételben a mohaborítás csakis 0-s bolygatási érték mellett éri el a 100%-ot. Egy felvétel kivételével maximum 45% a mohaborítás 2-es bolygatás mellett, a 3-asnál pedig – egy felvétel kivételével – közel 40%. A zuzmóborítás is a 0-ás bolygatás mellett mutatja a legmagasabb értékeket. A védett zuzmófajok fejlett telepei a 0-ás és 1-es bolygatásnál mutatják a legmagasabb értéket. SOUSA (1984) és HUSTON (1994) szerint a minimális bolyga-

tás segítheti az új telepek megjelenését a teleptöredékek által, mivel az 1-es zavarási értéknél figyelhető meg a legtöbb sok töredéktelepet tartalmazó felvétel.

Irodalom

HUSTON, M. A. (1994): *Biological diversity: the coexistence of species on changing landscapes*. – Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain.

SOUSA, P. W. (1984): The role of disturbance in natural communities. – *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **15**: 353–391.

Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk

Publikációk lektorált szakfolyóiratban:

SINIGLA M., SZURDOKI E., LÖKÖS L., BARTHA D., GALAMBOS I., BIDLÓ A. & FARKAS E. (2021):

Distribution and habitat preference of protected reindeer lichen species (*Cladonia arbuscula*, *C. mitis* and *C. rangiferina*) in the Balaton Uplands (Hungary) – *Lichenologist* **53**: 271–282.
<https://doi.org/10.1017/S0024282921000165>

FARKAS E., VARGA N., VERES K., MATUS G., SINIGLA M. & LÖKÖS L. (2022): Distribution types of lichens in Hungary that indicate changing environmental conditions. – *Journal of Fungi* **8**: 600,
<https://doi.org/10.3390/jof8060600>

FARKAS E., BIRÓ B., VARGA N., SINIGLA M., LÖKÖS L. (2021): Analysis of lichen secondary chemistry doubled the number of *Cetrelia* W.L.Culb. & C.F. Culb. species (Parmeliaceae, lichenized Ascomycota) in Hungary – L'analyse de la chimie secondaire du lichen a doublé le nombre d'espèces de *Cetrelia* (Parmeliaceae, Ascomycota lichénisées) en Hongrie – *Cryptogamie, Mycologie* **42**(1): 1–16.

<https://doi.org/10.5252/cryptogamie-mycologie2021v42a1>.

SINIGLA M., LÖKÖS L., GALAMBOS I. & FARKAS E. (2021): A *Solorina saccata* előfordulása és élőhely-preferenciája a Bakonyban. – *Folia Musei Historico-Naturalis Bakonyiensis* **38**: 27–42.

SINIGLA M. & FARKAS E. (2020): Idős fás legelők szerepe a zuzmódiverzitás megőrzésében. *Role of old wood-pastures in preservation of lichen diversity*. – *Folia Musei Historico-Naturalis Bakonyiensis* **37**: 7–18.

SINIGLA M., LÖKÖS & FARKAS E. (2019): Védett zuzmófajok elterjedésének és élőhelyigényének előzetes vizsgálata a Bakonyban. Preliminary investigations on the distribution and habitat preference of protected lichen species in the Bakony Mts (Hungary). – *Folia Musei Historico-Naturalis Bakonyiensis* **36**: 7–20.

SINIGLA, M., LÖKÖS, L., MOLNÁR, K., NÉMETH, CS. & FARKAS, E. (2018): Distribution of the legally protected lichen species *Solorina saccata* in Hungary. – *Studia botanica hungarica* **49**(1): 47–70.

- SINIGLA M., LÖKÖS L. & VARGA N.** (2016): Ritka és védett zuzmófajok a Balaton-felvidék keleti részén - A kutatás természetvédelmi aspektusai és a zuzmók természetvédelmi helyzete – *Annales historico-naturales Musei nationalis hungarici* **108**: 231–250.
- FARKAS E., LAJTHA-TABAJDI Á., LÖKÖS L., MOLNÁR K., PACZKÓ L. & **SINIGLA M.** (2016): Flavoparmelia soledians, a spreading lichen species in Hungary – *Studia botanica hungarica* **47**(1): 1–8.
- FARKAS E., BIRÓ B., **SINIGLA M.** & LÖKÖS L. (2016): Aspects of biodiversity and chemical diversity studied in Hungarian lichen herbaria. – *British Lichen Society Bulletin* **119**: 105–106.
- SINIGLA M., LÖKÖS L. & VARGA N.** (2016): Ritka és védett zuzmófajok a Balaton-felvidék keleti részén - A kutatás természetvédelmi aspektusai és a zuzmók természetvédelmi helyzete – *Annales historico-naturales Musei nationalis hungarici* **108**: 231–250.
- SINIGLA M., LÖKÖS L., VARGA N. & FARKAS E.** (2015): Distribution of the legally protected lichen species *Cetraria islandica* in Hungary. – *Studia botanica hungarica* **46**: 91–100.
- SINIGLA M., LÖKÖS L., VARGA N. & FARKAS E.** (2014): Distribution of the lichen species *Cetraria aculeata* in Hungary. – *Studia botanica hungarica* **45**: 5–15.
- FARKAS E., LÖKÖS L., **SINIGLA M.** & VARGA N. (2014): A Mogyorós-hegy (Litér) és az Ugri-hegy (Királyszentistván) zuzmóflórája. *Bakonyi Természettudományi Múzeum Közleményei* **31**: 7–24.
- SINIGLA M.** (2013): A zánkai Bálint-hegy és Pál-hegy cseres-tölgyeseinek zuzmói. – Mikológiai Közlemények, *Clusiana* **52**(1–2): 57 – 63.

Konferenciakötetben megjelent kivonatok:

- SINIGLA, M., LÖKÖS, L. & FARKAS, E.** (2022): A bakonyi zuzmókutatás új eredményei. 60 éves „A Bakony természeti képe” kutatóprogram. 16. Bakony-kutató Ankét. 2022.10.08-09., 8.
- SINIGLA, M., SZURDOKI, E., LÖKÖS, L., BARTHA, D., GALAMBOS, I., BIDLÓ, A. & FARKAS, E.** (2021): Ecological analysis of protected reindeer lichen populations in the Balaton Uplands (Hungary). Védett rénzuzmó populációk ökológiai elemzése a Balaton-felvidéken. – *Acta Biologica Plantarum Agriensis* **9**(1): 81. <http://abpa.ektf.hu/>
- FARKAS, E., VARGA, N., VERES, K., MATUS, G., **SINIGLA, M.**, & LÖKÖS, L. (2021): Various and changing distribution patterns of lichens in the Carpathian Basin. International Association for Lichenology 9th Symposium „Unlocking the inner lichen”. Virtual – 2021.aug. 1–6., 181 p.
- FARKAS, E., LÖKÖS, L., **SINIGLA, M.**, VARGA, N. & VERES, K. (2019): Morphologically similar, cryptic taxa of macrolichens of conservation importance in the Carpathian Basin. Abstract Book: 18th Congress of European Mycologists Warsaw-Bialowieza, Lengyelország 2019.09.16–21., 293 p.
- SINIGLA, M., LÖKÖS, L., SZURDOKI, E. & FARKAS, E.** (2018): Védett rénzuzmófajok (*Cladonia* spp) élőhely-preferenciája a Balaton-felvidéken (Káli-medencében). – Habitat-preference of *Cladonia*

- species protected by Hungarian law on the Balaton Uplands. – Abstract book: XII. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében, Debrecen, MTA Debreceni Területi Bizottság Székháza, 2018.02.23-25., 88 p.
- SINIGLA, M., LŐKÖS, L. & FARKAS, E.** (2017): Természetvédelmi jelentőségű zuzmófajok a Balatonfelvidéken. – In: XI. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia (szerk.: MIZSEI E, SZEPERVÁRY CS.). 115 p.
- SINIGLA, M., LŐKÖS, L. & FARKAS, E.** (2017): Zuzmók fajvédelmével kapcsolatos újabb eredmények Magyarországon. – In: XI. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia (szerk.: MIZSEI E, SZEPERVÁRY CS.). 116 p.
- SINIGLA, M.** (2017): A Balaton-felvidéki zuzmókutatás múltja és jelene - veszélyeztetett zuzmófajok kutatása. – In: 55 éves “A Bakony természeti képe” kutatóprogram (szerk: KUTASI CS.). 8 p.
- FARKAS, E., LŐKÖS, L., & SINIGLA, M.** (2017): An update on protected lichen species in Hungary-XX. Symposium of Baltic Mycologists and Lichenologists, 9 p., Gdansk, 2017. szeptember 25–29.
- KUTASI, CS., SINIGLA, M., NÉMETH, T. & VARGA, N.** (2016): Természeti értékek (bogarak, zuzmók) vizsgálata Balaton-felvidéki Natura 2000-es területeken. – In: ZIMMERMANN, Z., SZABÓ G. (SZERK.): Natura 2000 területek természetvédelmi vizsgálatai, élőhelykezelési, fenntartási tapasztalatai a „Fenntartható fejlődés a Kárpát-medencében III.” című konferenciasorozat keretében, 2016.03.17-18., Gödöllő, Szent István Egyetem, 58 p.
- SINIGLA, M., LŐKÖS, L. & VARGA, N.** (2016): Floristical investigations of lichens in the eastern Balaton Uplands. – In: BARINA, Z. *et al.* 2016: XI. Aktuális flóra- és vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia 2016.02.12-14., Budapest, Magyar Természettudományi Múzeum, 218-220 p.
- SINIGLA, M.** (2015): Some rare, endangered and protected lichen species in Balaton Uplands, Hungary. – In: FARKAS E., VARGA N.: 2nd Young Lichenologist’ Workshop, Institute of Ecology and Botany MTA Centre for Ecological Research Hungarian Academy of Sciences, 18 p.
- SINIGLA, M., LŐKÖS, L.** (2015): Az örvényesi és a vöröstói fás legelő idős tölgyein előforduló zuzmófajok összehasonlítása. – In: SZÜCS, P., KÓNYA, E.: III. Aktuális eredmények a kriptogám növények kutatásában, Eszterházy Károly Főiskola, Eger, 46 p.
- SINIGLA, M., LŐKÖS, L.** (2015): New occurrences of protected *Cetraria* species in Mt. Bakony, Hungary. – Central European Lichens – a blend of biogeographic elements, 2015.03.17., Institute of Botany, Slovak Academy of Sciences, Slovak Botanical Society, Pozsony
- SINIGLA, M., LŐKÖS, L.** (2014): A Bakony zuzmó-diverzitásának alapvetése. – In: KATONA, L. T. (ed.): A Bakony biodiverzitása. A Bakonyi Természettudományi Múzeum Baráti Köre, 3 p.