

Állatorvostudományi Egyetem
Biológiai Intézet
Ökológiai tanszék

**A domborzat és az erdőtermészetességi paraméterek hatása a
dömörkapui foltos szalamandra egyedek eloszlására**

**The Effect of Topography and Forest Naturalness Parameters on
the Distribution of Fire Salamanders in Dömörkapu**

Pintér Zsófia Petra

Témavezetők:

Dr. Korsós Zoltán, egyetemi docens

Állatorvostudományi Egyetem, Ökológiai Tanszék

Dr. Babocsay Gergely, főmuzeológus

Magyar Természettudományi Múzeum Mátra Múzeuma

2023

Absztrakt

A foltos szalamandra (*Salamandra salamandra*) hazánkban védett, elterjedési területén populációi csökkenő tendenciát mutatnak, főként az élőhelyek eltűnése, a szárazság és a tiszta vizű patakok elszennyezése, illetve a kitridgomba következtében. Ezért a faj hosszú távú fennmaradása és a populációk csökkenésének megállítása érdekében fontos a faj környezeti és ökológiai igényeinek széleskörű feltárása.

A diplomadolgozat egyik kérdése a szalamandrák elterjedésének megismerése Dömörkapu területén a pataktól való távolság függvényében tavaszi és őszi időszakot összehasonlítva. Az adatokból azt a következtetést vontam le, hogy a tavaszi párzási időszakban a szalamandrák egyedeinek nagyobb százaléka tartózkodik a patakmederhez közel, mint az őszi időszakban. Illetve a pataktól mért legnagyobb előfordulási távolság az őszi időszakban duplája volt a tavaszi időszak legtávolabbi pontjához képest.

Céлом volt a dömörkapui foltossal szalamandra-populáció élőhelyének megismerése és felmérése, erdőszerkezeti vizsgálatokkal, melynek eredményeként láthatóvá válik, hogy mely területeket részesítik előnyben a szalamandrák. A felmérés 6 darab 15x15 méteres kvadrátban történt, ahol olyan paramétereket vettem figyelembe, mint a holtfa térfogata, a fafajok száma, nagyfák és cserjék száma, különböző szubsztrátok százalékosan (moha, avar, nyílt talaj). Ebből három kvadrát volt olyan területen, ahol volt szalamandraészlelés és három ott, ahol nem, de a terület potenciálisan alkalmas volt a szalamandrák számára. A két vizsgált terület közti különbség a fafaj számban, a nagyfák számában, a holtfa térfogatában és a fában lévő bújóhelyek számában volt látható, ezek magasabb értéket mutattak ott, ahol ténylegesen észleltem szalamandrákat.

Összefüggést kerestem a faj abundanciája, észlelhetőségi valószínűsége és a mikroélőhely jellege (mint például a talaj típusa, holtfa jelenléte, fafajok, relatív páratartalom) között. Erre az N-mixture modellt használtam. A detekció almodellbe a hőmérséklet és az időjárás került bele, egyiknek sem volt szignifikáns hatása az észlelhetőségre. Az abundancia almodellben csak a holtfa mennyiségével számoltam, mert korrelált a fa mennyiséggel; az utóbbit kizártam. A holtfa nagyobb mennyisége pozitív hatással volt a szalamandrák az abundanciájára.

Abstract

The fire salamander (*Salamandra salamandra*) is an endangered species in Hungary, and their populations are in decline across the entire distribution area, mainly because of habitat loss, drought, pollution of clear-water streams and the chytrid fungus. Therefore, it is important to extensively explore the environmental and ecological needs of the species for its long-term survival and to stop the decline of populations.

One question of my thesis was to understand the distribution of salamanders in the Dömörkapu area considering the distance of the stream during the spring and autumn seasons. I concluded from the data that during the spring mating season, it is more common for the majority of the salamanders to stay closer to the stream bed than in the autumn season. So much so, that the furthest measured distance from the stream in autumn was twice as much as in spring.

My aim was to get familiar with the habitation of the Dömörkapu fire salamander population using forest structure analysis to determine which areas are preferred by the salamanders. The survey was conducted in six 15x15 meter quadrats, where parameters such as the volume of deadwood, number of tree species, number of large trees and shrubs, and different substrates (moss, duff, open ground) were considered. Out of these three quadrats were located in areas where salamanders were observed, and three were in areas where salamanders were not observed, but the area was potentially suitable for them. The difference between the two areas was seen in the number of tree species, number of large trees, volume of deadwood, and number of hiding places in the trees, which were higher in areas where salamanders were observed.

The relationship between the abundance of the species, detectability probability, and microhabitat characteristics (such as soil type, presence of deadwood, tree species, and relative humidity) was investigated using the N-mixture model. The detection submodel included temperature and weather, but neither had a significant effect on detectability. In the abundance submodel, only the amount of deadwood was considered because it was correlated with the number of trees, which was excluded. The higher amount of deadwood had a positive effect on the abundance of salamanders.

Tartalom

Absztrakt	1
Abstract	2
1. Bevezetés.....	4
2. Szakirodalmi áttekintés	6
2.1. Elterjedés, élőhely	6
2.2. Szaporodás.....	6
2.3. Ökológiai igények.....	7
3. Célkitűzések	9
4. Anyag és módszer	10
4.1. A faj ismertetése	10
4.2. A vizsgálati terület ismertetése.....	11
4.3. Adatrögzítés.....	11
4.4. Pataktól való távolság mérése.....	12
4.5. Erdőszerkezeti felmérés.....	13
4.6. N-mixture modell adatfelvétel és adatok előkészítése	14
5. Eredmények.....	18
5.1. Pataktól való távolság.....	18
5.2. Erdőszerkezet-felmérés	20
5.3. N-mixture modell	21
6. Megbeszélés	24
8. Összefoglalás.....	27
9. Irodalomjegyzék.....	28
10. Köszönetnyilvánítás	31

1. Bevezetés

A kétéltűek populációinak mérete világszerte csökkenő tendenciát mutat, jelenleg is rengeteg tényező befolyásolja negatívan ezt a mutatót, mint például az élőhelyvesztés és a fragmentáció (feldarabolódás), a fajok elszigetelődése a nekik szükséges víztestektől [1]. A vízszennyezés, a különböző agrokémiai anyagok használata, melyek a szaporodóhelyként szolgáló tiszta vizű patakokat, tavakat elszennyezik, szélsőséges időjárási viszonyok, mint hosszú aszály, hosszan tartó fagy, mind hozzájárulnak az állományok csökkenéséhez [1]. Sok fajra negatív hatással van a befogása és forgalmazása terrarisztikai célokra, ami a terjedését is nagymértékben elősegíti a kétéltűek populációi között [2]. Ezek miatt a veszélyeztető tényezők miatt érdemes kutatásokat végezni a kétéltűek élőhelyével, környezeti igényeivel, szaporodásával és táplálkozásával kapcsolatban a fajok hosszú távú fennmaradása érdekében.

A foltos szalamandra (*Salamandra salamandra*) (1. ábra) ökológiai igényeiről, elterjedéséről és szaporodásáról folyamatos kutatások vannak. Hosszú élettartama lehet, 10-20 évig is élhet, de 30 éves példányokat is találtak már [3]. Tizenöt alfaja ismert, melyek nagy része az Ibériai-félszigeten él. A nálunk az *S. s. salamandra* törzsalak található meg, amely hazánkon kívül még a Balkán-félszigeten, a Kárpátokban, Németország keleti régióiban, Észak-Olaszországban és Délkelet-Franciaországban fordul elő [4, 23]. Az IUCN besorolása szerint a faj „nem fenyegetett”. A faj jelenlegi populációi csökkenő tendenciát mutatnak az elterjedési területein [5]. A faj szerepel a Berni Egyezmény III. függelékében, és sok országban nemzeti jogszabályok védelme alatt áll [5]. Magyarországon védett faj, természetvédelmi értéke 50 000 Ft. A faj a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer kidolgozásakor bekerült az „optimális programba”, amelynek keretében a jelenléthiány, a populációméret és az utódszám monitorozása volt a cél [6].



1. ábra: Foltos szalamandra (*Salamandra atra*) (Kép: Pintér Zsófia)

A magyarországi populációk veszélyeztető tényezői közé tartozik feltehetőleg az élőhelypusztulás a szurdokerdők pusztításának eredményeképp és a fragmentáció [6], a klímaváltozás következtében kialakuló szárazság, illetve a szaporodási időszakban útnak indult egyedek elgazolása. Ezek miatt a veszélyeztető tényezők miatt fontos, hogy megismerjük a faj környezeti és ökológiai igényeit, mellyel elősegíthetjük a faj populációinak hosszú távú, stabil fennmaradását.

A dömörkapui populáció azért érdekes, mert a Visegrádi-hegység térségéből az elmúlt körülbelül 10 évből nem volt szalamandraészlelés. Viszont az elmúlt néhány évben újra jelentettek szalamandraészlelést a térségben [4].

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Elterjedés, élőhely

A foltos szalamandra Közép-, Nyugat- és Dél-Európa területén elterjedt, azonban Skandináviából és a Brit-szigetektől hiányzik, kivéve Dániát, ahol csak néhány populációja ismert. Előfordul kelet felé is egészen a Kárpátok vonulatáig, illetve eléri Törökország nyugati részét is. Ez a faj kifejezetten az öreg lomberdőkben, a nyirkosabb, sötétebb, mély szakadékokban és horhosokban él, ahol lehetőleg vízzel telt mélyedések, patakmedrek találhatók. Az ilyen erdőtípusok közül főként a bükkösökben és gyertyános tölgyesekben fordul elő. A faj leginkább középhegységi területeken él, és 200-300 méter alatt csak ritkán fordul elő. Közép-Európában általában kb. 1000 méterig, Dél-Európa bizonyos területein pedig akár 2000 méter tengerszint feletti magasságig is előfordulhat [5].

2.2. Szaporodás

A foltos szalamandra jó indikátora lehet az erdei vizek minőségének, mert szaporodása tiszta vizű patakokhoz kötött [6]. A faj szaporodóhelyei hazánkban leginkább a bükkösökben és gyertyános-tölgyesekben található forrásokban, valamint a csendes, kimélyülő patakszakaszokban találhatók - ideértve a legkisebb vízhozamú időszakos patakokat is. Folyó víz hiányában a szalamandrák az állóvizekbe is megszülik lárváikat, beleértve a patakok pangó szakaszait, az áradások után visszamaradt víztesteket, a keréknyomokban gyűlő pocsolyákat és a természetes erdei tavakat is [5].

A felnőtt egyedek aktivitása általában két csúcsot mutat az év során, amelyek magas csapadék időszakokkal esnek egybe: egy tavasszal és egy ősszel [24]. A foltos szalamandra bonyolult életciklust mutat, a párzás szárazföldi élőhelyeken történik, általában ősszel. A tavaszi hónapokban, jellemzően március végétől április végéig a nőstény elmegy a vízhez, és megszüli a lárvákat [24]. Ivari dimorfizmus nem jellemző rájuk, sem méretükben, súlyukban sem színükben nem különbözik jelentősen a két nem [20].

Párzáskor a hímek zselés spermacsomókat állítanak elő, amit spermatofórának neveznek, ezeket a talajra rakja le, majd odavezeti a nőstényt a spermatofóra fölé, majd az beveszi azt a kloákájába [9]. A foltos szalamandra esetében a petesejtek megtermékenyítése a petevezető elülső mirigyes részében történik. Ennek eredményeként fejlődési szakaszok sorozata következik be a petevezető mentén, ahol az előrehaladottabb fejlődési stádiumok a kloáka felé találhatóak [7]. A tél utáni első megjelenést követően, április környékén a szalamandrák

petevezetékében az embriók már teljesen kifejlődnek és lárva formában születnek [7]. Az utódok tehát kopolyús lárvaként, az anya belső táplálása mellett fejlődnek ki. A megtermékenyülés után több hónappal a nőtények visszamennek a vízbe, és viszonylag nagy számú utódot szülnek (általában 30-60 között) [8]. A lárvák 24-35 mm hosszúak és jól kifejlett végtagokkal és kopolyúval rendelkeznek. Jellegzetes morfológiájuk megfelel az akvatikus életmódnak. Fiatal lárvák a patakok medencéiben élnek, ahol menedéket és táplálékot találnak, míg a nagyobb lárvák kihasználják a mikrohabitatok heterogenitását [25]. A lárvák változó időszak után, ami néhány héttől több hónapig vagy egy évig is terjedhet, a lárvák átalakulnak és teljesen szárazföldivé válnak [8]. A felnőtt állatok mérete 2-4 év után éri el a maximális 14-25 cm-t [22].

A lárvakorszak kritikus jelentőségű a kételtű populáció dinamikájában, hiszen ebben a korban a legsérülékenyebbek, ugyanakkor ez jelenti az utánpótlást a populációban. Sőt, ezen túlmenően a metamorfóziskori testméret befolyásolhatja a túlélést és a szaporodási potenciált a felnőtt korban [22]. A foltos szalamandra évente csak egyszer szaporodik, és a szaporodási időszakban bekövetkező változások hatással lehetnek az egyedek túlélésére és egészségi állapotára is [9].

2.3. Ökológiai igények

Az élőhely minősége kulcsfontosságú tényező a foltos szalamandra túlélésében és szaporodásában. A szalamandrák által preferált élőhelyek közé tartoznak az erdők, szurdokerdők, hegyvidéki patakok. Az élőhely minősége nagymértékben függ a környezeti feltételektől, mint például a levegő- és vízminőségtől, a hőmérséklettől, a talaj típusától és a mikroklímától.

Mivel élete nagy részét a talajfelszín alatt tölti, a foltos szalamandra számára a föld alatti vízforrások is fontosak lehetnek, de ez nem feltétele a szalamandra előfordulásának. Ezek a területek biztosítják az állandó vízellátást és az állandó hőmérsékletet, amelyek az élőhelyi igényeiknek megfelelőek [11].

A vegetáció típusa szintén szerepet játszik a szalamandrák előfordulásában. A szalamandrák által preferált élőhelyek általában fákkal, alacsony gyepszinttel borítottak, amely lehetővé teszi számukra, hogy takarékoskodjanak a nedvességgel és megtalálják a megfelelő táplálékot. Az erdőkben vagy más jól borított élőhelyeken a szalamandrák árnyékot is találnak, ami különösen fontos azokban az időszakokban, amikor magas a léghőmérséklet [10]. A faj az öreg lombdöket, bükkösöket és gyertyános-tölgyeseket részesíti előnyben. Patak által átszelt

bükkösben több mint kétszer akkora is lehet az egyedsűrűség, mint egy ideiglenes medencés tölgyes-gyertyános erdőben, ahol csak időszakosan maradnak meg vizes foltok [23].

Az élőhelyeken elérhető táplálékforrások közé tartoznak a kisebb gerinctelen állatok, apró rovarok és ízeltlábúak. Az élőhelyen elérhető táplálék mennyisége és minősége szintén befolyásoló tényező a szalamandrapopulációk egészségében és túlélésében [10].

A foltos szalamandra igényli a tiszta és oxigénben gazdag víz jelenlétét. A leggyakrabban mészkő és az andezit közettípusú területen fordulnak elő, főként köves talajfelszínen érzik jól magukat, melyek között könnyen találnak rejtekhelyet [12]. A hímek mozgáskörzete lényegesen nagyobb, mint a nőstényeké, és ennek következtében és ennek következtében nagyobb távolságokat is megtesznek [21].

A mély sziklahasadékokban, gyökerek alatt, kőgörgöttegek mélyén fagypont felett maradhat a hőmérséklet, mint a környező területeken a téli időszakban. Az optimális hőmérsékleti tartomány a faj számára 7-16 Celsius fok között van [11]. A felszíni tevékenységük legtöbbször eső közben és után zajlik, amikor a relatív páratartalom 80-100% [13].

A foltos szalamandra november végén, december elején az első fagyok megjelenésekor föld alatti üregekbe bújik telelni. Így a telelésre alkalmas bújóhelyek, üregek jelenléte szintén elengedhetetlen a szalamandrák számára. Egy-egy példány akár több mint egy méter üreget is válasz magának, ahol fagy és szárazság már nem fenyegeti [14].

Végül a ragadozók jelenléte is befolyásolhatja a szalamandrapopulációk egészségét, a szaporodóhelyül szolgáló pataokban, ahol hátrányos lehet a ragadozóhalak nagy száma [10].

3. Célkitűzések

Az alábbi célokat tűztem ki:

- A foltos szalamandra egyedek eloszlásának megismerése a területen a pataktól való távolság függvényében.
- A dömörkapui foltosszalamandra-populáció élőhelyének megismerése és felmérése. Célul tűztem ki, hogy erdőszerkezeti felmérést végzek, olyan területen, ahol gyakran előfordul szalamandra és összehasonlítom olyan területtel, amely ehhez közel helyezkedik el és potenciális élőhely a szalamandrák számára, de mégsem rögzítettem rajta észlelést. Mindezek eredményeként láthatóvá válik, hogy mely területeket részesíti előnyben a faj.
- Összefüggés keresése az abundanciájuk, észlelhetőségi valószínűségük és a mikroélőhelyi tényezők (mint például a talaj típusa, holtfa jelenléte, fafajok, relatív páratartalom) között.

4. Anyag és módszer

4.1. A faj ismertetése

A foltos szalamandra – *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758) a farkos kétéltűek (Caudata) rendjébe és a szalamandrafélék családjába (Salamandridae) tartozó faj [15]. Feje széles, orra lekerekített, és kiugró, sötét szemei mellett hosszúkas fültőmirigydudorok találhatóak rajta. Teste az orrcsúcstól a farka végéig 14-20 cm hosszú, sűrűn borítják a bőrmirigyek kivezető nyílásai, melyek mérgező váladékot termelnek. A test hát-hasi irányban enyhén lapított, míg a fark hengeres. Rövid, vaskos végtagjai négy rövid ujjal rendelkeznek az első lábakon, és öt rövid ujjal a hátsó lábakon. A testük fekete, sárga foltokkal vagy csíkokkal díszített, amelyek változó mértékben jelenhetnek meg. Néhány példány majdnem teljesen fekete, míg másokon a sárga dominálhat. Az egyedek között egy populáción belül időnként vörös és narancssárga (2. ábra) árnyalatok is megjelenhetnek a sárga mellett. A hasi rész általában sötétszürke alapon sárga foltos [16]. Ez a feltűnő színezet nagyon jól látható, és jelzi a ragadozóknak a szalamandra mérgező tulajdonságait. A figyelmeztető színezet csökkenti a ragadozók általi predáció kockázatát [17].

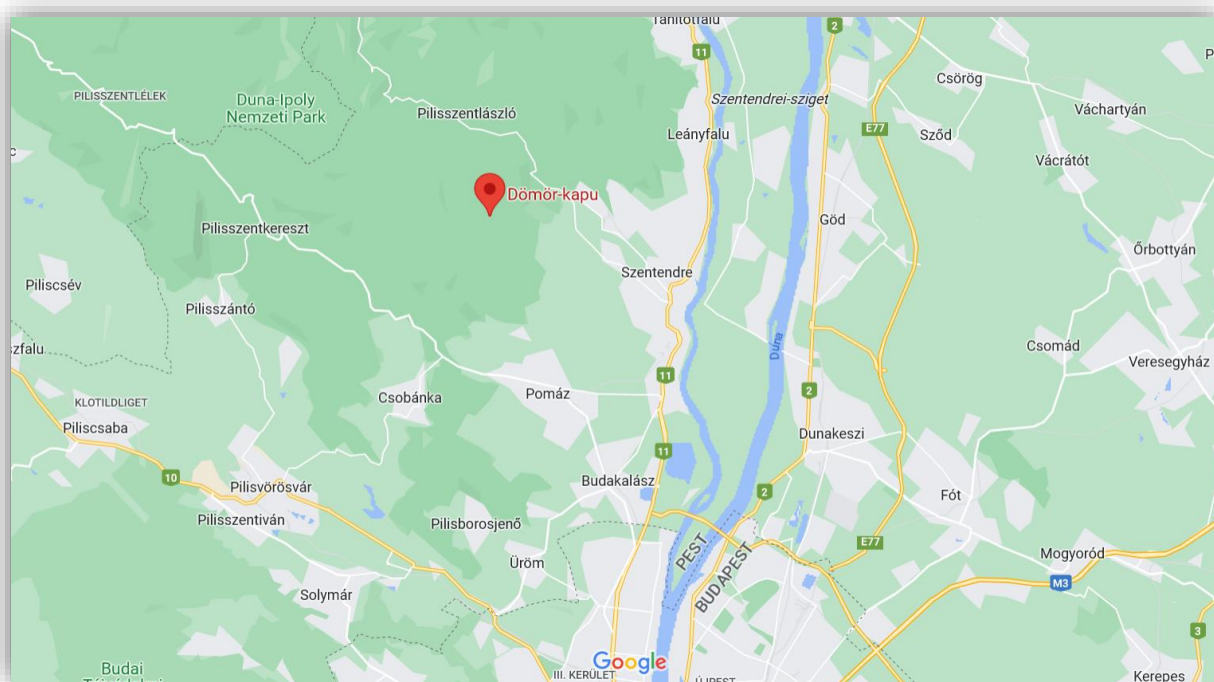


2. ábra. Narancssárga foltos szalamandra (Fotó: Pintér Zsófia)

4.2. A vizsgálati terület ismertetése

Dömörkapu a Visegrádi-hegységben található terület (3. ábra). Eredetileg szurdokvölgy volt, amelyet az emberi tevékenység kiszélesített és átalakított. A Dömörkapu maga a török időkben szűk átjáró volt a Visegrádi-hegységbe, ahol a patak sziklafalak között folyt. A területen az 1960-as évekig andezitet bányásztak, ami miatt a szurdok folyamatosan szélesedett, végül nagyrészt elvesztette eredeti jellegét. Az itt található Anna-völgyi vízesést előszeretettel látogatják kirándulók. A völgy aljában a Bükkös-patak folyik végig, mely kiemelt szerepet játszik a szalamandrák szaporodásában, így az ott lévő populáció fennmaradásában.

Ez a terület a Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság működési területéhez tartozik, a Visegrádi-hegység tájegységhez, ezen belül pedig Natura 2000 terület.



3. ábra. Dömörkapu elhelyezkedése a Visegrádi-hegységben. Google térkép

4.3. Adatrögzítés

Vizsgálatomat 2021-2023 között végeztem. Összesen 24 alkalommal mentem ki a területre. Ekkor elsőként a terület részletes megismerése volt a célom, hetente többször kimentem a területre, körbejártam az ott található Bükkös-patak mindkét oldalát, hogy lássam, melyek azok a potenciális területek, amelyekre leszűkül a foltos szalamandrák előfordulása.

Néhány hét után, amikor jól megismertem a területet, körülbelül 4-5 bejárás után tudtam, hogy mekkora területet tudok bejárni egy alkalommal és hogy a szalamandrák hol fordulhatnak elő, elkezdtem az adatok rögzítését. Minden szalamandraegyed észlelésekor felvettem az észlelés adatait, úgymint: dátum óra-perc pontossággal, a hely koordinátái, a pataktól való távolság méterben, időjárás (esős, felhős), illetve egy fényképet is mindig készítettem róluk. Ezeken kívül rögzítettem az élőhely adatait is minden észleléskor, mint például, hogy milyen típusú talajon van (köves, mohás-köves, földes, füves, avaros), az 5 m-es körzetében van-e holtfa, milyen vegetáció jellemző, milyen fafajok vannak. Illetve relatív páratartalmat és hőmérsékletet is mértem minden egyednél egy VOLTcraft DL-120TH hordozható hőmérséklet- és páratartalmmérő eszközzel. Ezen kívül pedig feljegyeztem, hogy milyen kitettségű (északi, déli) lejtőn találtam a szalamandrát. A fenti adatokat a teljes területen (4. ábra) rögzítettem minden szalamandra megtalálásakor. Tizenöt alkalommal jártam be a területet ezen adatok rögzítése céljából.



4. ábra. Az adatgyűjtés teljes területe piros téglalappal jelölve. Google térkép

4.4. Pataktól való távolság mérése

A terepbejárások során minden alkalommal rögzítettem az észlelt szalamandrák koordinátáit, később google térképen az erre alkalmas távolságmérővel leellenőriztem és feljegyeztem a távolságokat és az észlelés időpontját. Ezeket az észleléseket két csoportra bontottam: tavaszi

és őszi időszakra, ezeket táblázatban vezettem, hogy majd eredményképpen megkapjam milyen különbség van a szalamandrák relatív egyedszámában a pataktól való távolság függvényben.

4.5. Erdőszerkezeti felmérés

Az erdőszerkezet-felméréshez összesen 6 darab 15x15m nagyságú kvadrátot jelöltem ki, ebből 3-at olyan területen, ahol volt szalamandra-észlelésem (5. ábra) (a NÉBIH erdőtérképe szerint az 52/B erdőrészletben), illetve 3-at olyan területen, ahol potenciálisan alkalmasnak tartottam a területet a szalamandrának, de mégsem találtam egy alkalommal sem (a NÉBIH erdőtérképe szerint a 36/F erdőrészletben) (6. ábra). Az erdőrészleten belül úgy jelöltem ki a kvadrátokat, hogy méretarányos négyzetrácsot fektettem rájuk, ezeket beszámoztam és mind a két erdőrészletre randomszám-generátorral sorsoltam három számot. Ezt a felmérést három napi terepmunkával végeztem el, 2022.10.28-án két kvadrát, 2023.02.25-én és 26-án szintén két-két kvadrát felmérését végeztem.



5. ábra. Erdőszerkezet-felmérés. A sárga négyzetek azok a kvadrátok, melyekben előfordult szalamandra, a piros négyzetek pedig a potenciális élőhelyek, ahol nem volt szalamandraészlelés, a kék pontok pedig a tényleges szalamandraészlelések helyei.
Google térkép



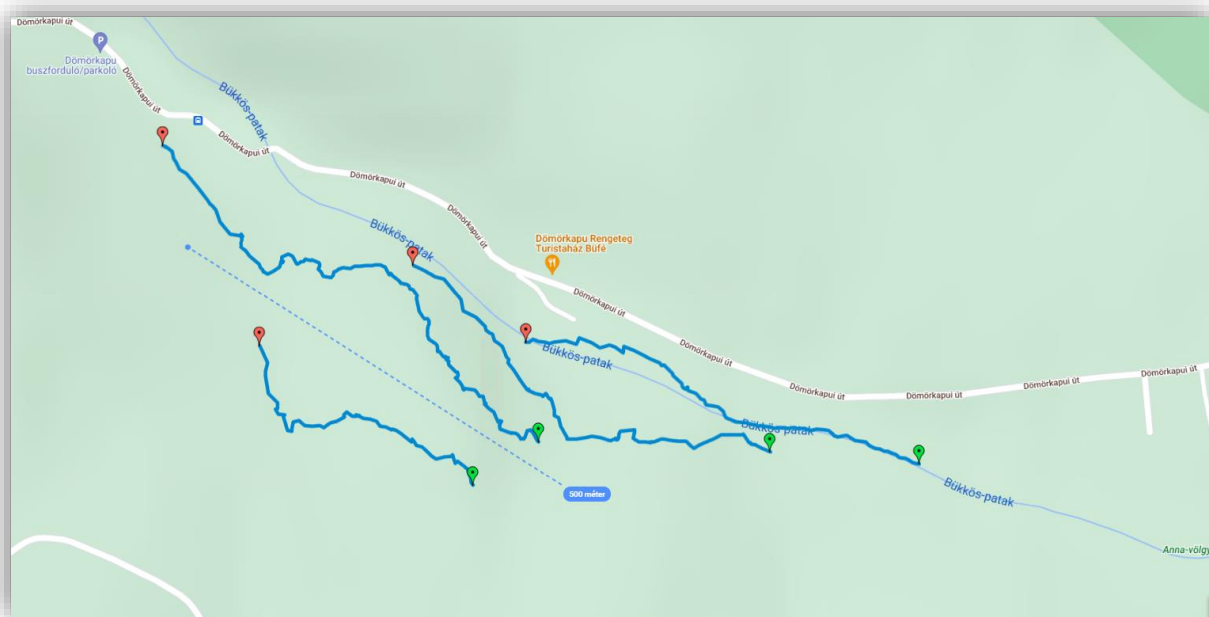
6. ábra. A NÉBIH erdőtérképe az 52/B erdőrészletben, ahol észleltem szalamandrákat látható a három kijelölt terület sárga négyzettel, és a 36/F erdőrészletben, amely potenciálisan alkalmasnak bizonyult a szalamandrának a másik három piros négyzettel.

Az erdőszerkezet felmérésekor Ódor (2016) tanulmányát [18] vettem alapul a paraméterek kiválasztásához. A kvadrátokban igyekeztem olyan paramétereket feljegyezni, amelyek nem változnak évszakonként vagy rövid időn belül. Ezek a következők voltak: fák száma, ebből külön jegyeztem fel a nagy fák számát és a cserjéket. Nagy fának azok számítottak a felmérésben, melyeknek mellmagasságban mért kerülete nagyobb, mint 15 cm, vagyis a DBH-ja (Diameter Breast Height) a fa mellmagasságban mért átmérője nagyobb, mint 4,77 cm [18]. Meghatároztam a területen található fákat fajszinten. Megszámoltam és megmértem az álló és a fekvő holtfákat, mindből hengertérfogatot számoltam, ezáltal megkaptam a holtfák hozzávetőleges összterfogatát a kvadrátokban. A kijelölt területen megszámláltam a fában lévő réseket, melyek a földfelszín közelében voltak, és potenciális búvóhelyként szolgálhatnak a szalamandrák számára. Megbecsültem az avar borítottságát, a nyílt talajfelszínt, a mohaborítást és a gyepborítást százalékosan.

4.6. N-mixture modell adatfelvétel és adatok előkészítése

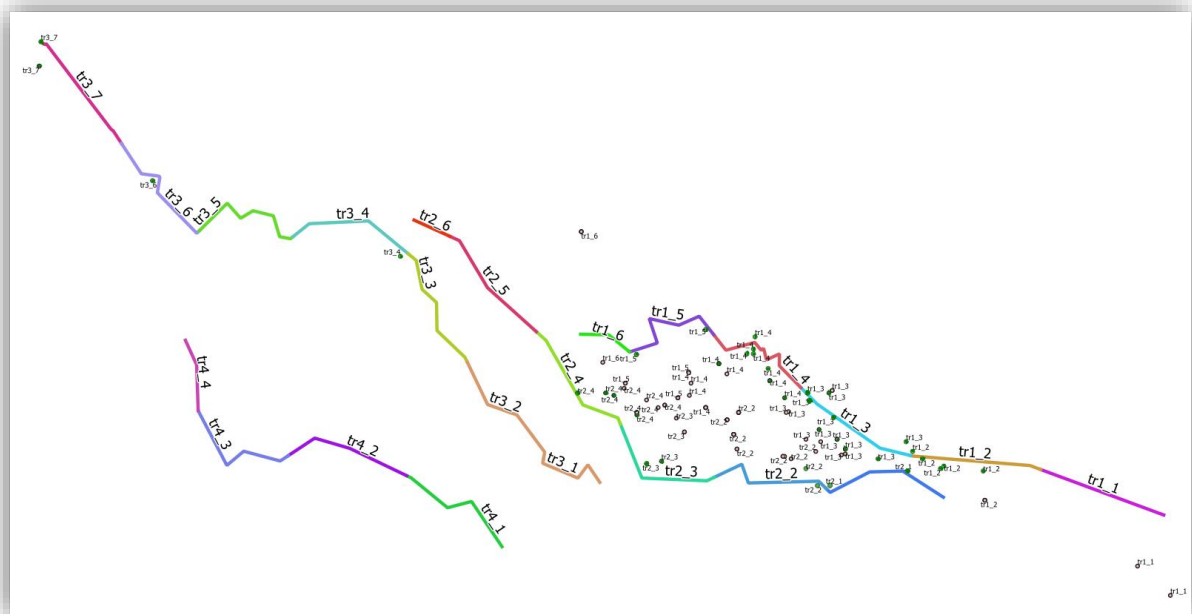
Az N-mixture modell lehetővé teszi az észlelési valószínűség számszerűsítését, és megfelelő körülmények között kevésbé torzított abundanciabecsléseket készíthet [19]. Az N-mixture modellben az N egy faj abszolút abundanciáját jelenti a mintavételi helyen. Az N a helyek között a Poisson-eloszlásnak megfelelően változik, a várható érték logaritmikusan kapcsolódik a lineáris kovariánsokhoz, és feltételezhető, hogy állandó az ismétlődő megfigyelések során. Az N-mixture modell két almodellből áll: az észlelési almodell az ismételt felmérések során

tapasztalt egyedszámok és a felmérés alkalmakra vonatkoztatható változók alapján becsül észlelési valószínűséget, melyek az én modellemben a hőmérséklet és az időjárás változók, míg az abundancia almodell a mintavételi egységekre becsül egyedszámot a mintavételi egységek változói alapján, amely az én modellemben a holtfák száma volt. A modell elkészítéséhez 4 transzektet jelöltem ki a területen, ahol gyakran előfordultak szalamandrák, ezeken minden bejárás alkalmával végig mentem. Ezek 400-600 m-es szakaszok. Az első a patakmederben van, a második ezzel párhuzamosan északi kitettséggű lejtőn körülbelül 25 méterrel feljebb, a harmadik a másodiktól 25 méterrel feljebb és a negyedik a harmadiktól el feljebb (7. ábra).



7. ábra. Kék vonallal jelölve a 4 transzekt, zöld jelöléssel a kezdő pontok láthatóak, pirossal a végpontok. Google térkép

A modellhez ezek a transztek fel lettek osztva 100 méteres szakaszokra (8. ábra), ez QGIS 3.14 szoftverrel történt [28], az első transzekt, amely a patak mentén helyezkedik el és a második 6 szakaszra lett osztva, a harmadik 7 szakaszra, a negyedik pedig 4-re. A szakaszok megnevezése a transzekt sorszámaival kezdődik (például: *tr1*), és ezt követi alulvonás után a szakasz sorszáma, tehát az első transzekt első szakasza *tr1_1*. Ezek a transzekt szakaszok képezték az N-mixture modellben a mintavételi egységeket.



8. ábra. A bejárt útvonalak szakaszokra bontása az N-mixture modell előkészítéséhez, különböző színnel jelölve.

Minden szakaszhoz hozzárendeltem a bejárások (11 alkalom) kezdeti és végidőpontját percre pontosan. Ezek mellett, hogy mennyi szalamandrát észleltem az adott szakaszon, mekkora a relatív páratartalom, mekkora a hőmérséklet, milyen időjárás volt (napos, felhős, esős) az adott bejáráskor. Ezeken kívül pedig minden szakaszon az útvonaltól 15-15 méterre, annak mindkét oldalán megszámloltam a fákat, a holtfákat és feljegyeztem a szakaszra jellemző domináns fafajt, illetve a domináns talajtípust (kisköves, nagyköves, mohás-köves, füves stb.).

A statisztikai számításokat R-ben (R.4.3.0) készítettem el. Illesztett Royle-féle N-mixture modellel végeztem a prédaelérhetőség becslését ismételt számlálás alapján [19]. Általában olyan fajok denzitásbecslésére szokták alkalmazni ezt a modellt, melyeknek alacsony a detektabilitása ($p < 1$). A tapasztalt denzitás esetében két, egymáshoz kapcsolódó folyamat a helyi denzitás észlelési valószínűségtől függő megnyilvánulása egy zárt populáció esetében. Adott mintavételi helyen a bejárásonkénti észlelésszámokra a valós denzitás bizonyos eloszlás szerinti független megnyilvánulásaiként és az egyed észlelhetőségi valószínűségének paramétereként tekintünk. Így az elméleti maximális észlelésszám és az észlelési valószínűség meghatározható, ez lehetővé teszi a denzitásbecslést. Az illesztett modellben a függő változó a felmérések ismétlésekor tapasztalt észlelésszám, az észlelési valószínűség magyarázó változója a hőmérséklet és a relatív páratartalom volt.

A bejárás dátumait *lubridate* R csomaggal formáztam [26], a bejárások során gyűjtött adatokat az N-mixture modellezéshez alkalmas formátumra a *hunviphab* csomaggal alakítottam [27]. Az N-mixture modellt az *unmarked* R csomagban illesztettem [19]. Hogy a mátrix soraira és oszlopaira vonatkozó nagy teljesítményű függvények számításaihoz optimalizált legyen a feldolgozási idő, a *matrixStats* csomagot használtam.

5. Eredmények

A kutatásom időtartama alatt 141 szalamandra észlelést sikerült rögzítenem a területen, összesen 7 terepnap alkalmával. Az 1. táblázat mutatja az észlelések időpontjait, illetve, hogy hány egyed adatait vettem fel egy-egy napon és milyen időjárás mellett. A föld alatt töltött telelés után tavaszi időszakban legkorábban április 1-én volt szalamandra észlelésem, és az őszi időszakban a telelés előtt legkésőbb november 28-án.

1. táblázat. A bejárások időpontjai, az észlelt egyedek száma és az időjárás

Időpont	Állatszám	Időjárás
2021.11.03	3	borult, eső után
2021.10.10	7	eső után
2021.11.28	30	eső
2022.04.01	33	eső
2022.04.09	30	eső
2022.04.28	5	eső után
2022.09.30	33	eső

A 2. táblázatban az észleléskor mért relatív páratartalmak látszanak. A legalacsonyabb 60% volt, a legmagasabb pedig 99%, amikor a szalamandrák a felszínen tartózkodtak.

2. táblázat. Az észleléskor mért relatív páratartalmak

Relatív páratartalom(%)	68,0	70,1	69,4	68,2	68,2	68,7	70,1	68,0	65,8	67,4	65,5	64,0	76,3	82,4	82,3	83,1	84,9	85,5	86,9	92,0
	99,0	97,6	85,1	85,0	85,0	84,1	80,0	80,0	84,2	89,4	81,4	79,6	79,6	85,9	80,0	84,5	84,0	83,2	65,5	91,3
	60,0	61,5	63,0	63,0	60,0	75,0	92,0	90,0	70,0	78,0	77,8	78,1	78,1	79,4	80,0	80,0	68,0	74,4	80,4	88,8
	88,9	94,2	96,7	90,3	96,8	98,0	97,2	98,3	80,0	80,1	77,0	77,0	72,0	72,0	73,0	73,0	75,0	75,0	75,0	80,0
	80,0	65,3	80,0	79,4	70,0	80,0	79,4	79,4	80,0	78,4	80,0	75,0	67,5	68,0	80,1	72,0	72,0	75,0	88,4	74,4

A 3. táblázatban a szalamandraészleléskor mért hőmérsékletek láthatóak, a legalacsonyabb 7°C, a legmagasabb pedig 18°C volt, amikor a felszínen tartózkodtak.

3. táblázat Az észleléskor mért hőmérsékletek

Hőmérséklet(°C)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	10	10	10
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	9	9	9	9
	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	18

5.1. Pataktól való távolság

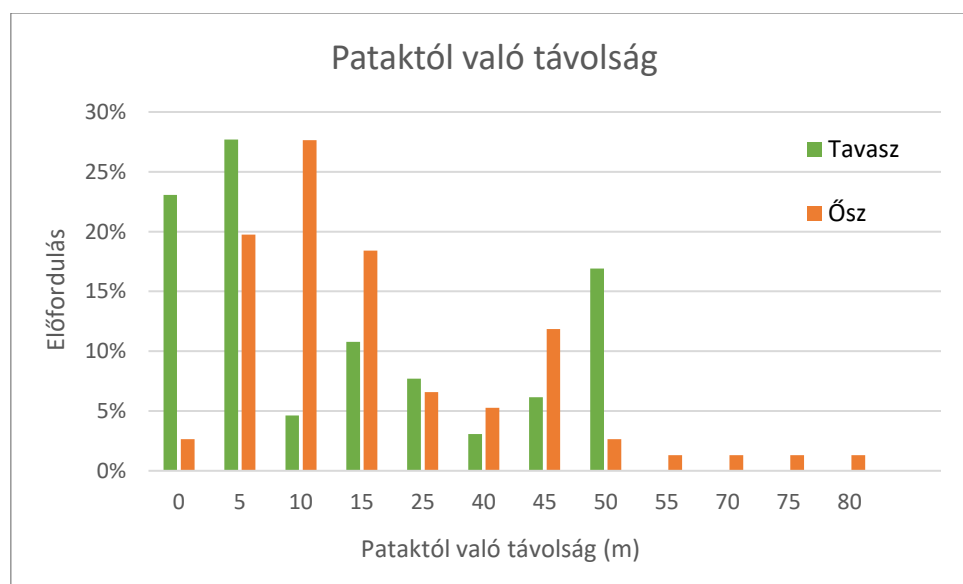
Kutatásom egyik kérdése volt a szalamandrák előfordulása a pataktól való távolság függvényében. A tavaszi időszakban összesen 65 db egyed távolságát tudtam megmérni, az őszi időszakban pedig 76 egyedét. Az adatokat a 4. táblázat mutatja.

4. táblázat. Az észlelt szalamandrák pataktól való távolsága a tavaszi és őszi időszakban.

Pataktól való távolság tavasszal (m)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	15	15	15	15	15	15	15	40	40	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5			
	5	5	5	0	0	0	0	0	20	20	20	20	20	30	30	35	35	35	35	40	40	40	40	40	40	40	40	40	5	5	5	5	5			
Pataktól való távolság ősszel(m)	70	80	75	15	5	5	10	10	10	5	10	10	10	10	15	15	15	15	10	15	15	10	10	5	5	5	5	5	5	10	10	10	25	25		
	25	25	25	5	10	10	10	5	10	5	5	5	15	15	15	10	10	15	15	15	0	5	0	40	40	40	40	45	45	45	50	45	45	45	50	55

A szalamandrák tavaszi és őszi időszakban mért távolságokból kiszámolt előfordulási valószínűségét (relatív gyakoriság) a 9. ábra mutatja. Ezen jól látszik, hogy az őszi időszakban jóval messzebb, dupla akkora távolságra is rögzítettem szalamandraészlelést, mint a tavaszi időszakban.

Tavasszal nagyobb számban tartózkodnak a patakhoz közelebb, viszont ősszel, messzebb is előfordultak. Ezen kívül a tavaszi időszakban a 50 méteres távolságnál van az értékekben egy kiugrás, itt arra következtettem, hogy a nem szaporodó egyedek ebben az időszakban nem közelednek a patakhoz.



9. ábra. A szalamandrák előfordulási valószínűsége relatív gyakoriságukkal mérve a pataktól való távolság függvényében.

5.2. Erdőszerkezet-felmérés

Az erdőszerkezet-felmérés eredményeit a 5. táblázat mutatja. Az első három oszlopban azon a területen található kvadrátok látszanak, ahol volt szalamandra és a negyedik oszloptól azok, amely területen nem volt szalamandraészlelés, de potenciálisan alkalmasnak tartottuk az élőhelyet.

Az adatokból az látható, hogy a két terület között az összes fa száma (beleszámítva a cserjéket is és a nagyfákat) nem mutat látható különbséget. Viszont különbözött a nagyfák száma, azon a területen, ahol voltak szalamandrák, ezek nagyobb számban voltak, mint azon, amelyen nem. Ehhez társul az, hogy itt több a fában lévő bújóhely is, hiszen, ha több az idős fa annál több üreg alakul ki a talaj közelében. A meghatározott fafajok közti különbség a két terület között, az, hogy a szalamandrát gyakran észlelt területen fajgazdagabbak a fák, például nagy számban előfordult az enyves éger (a három kvadrátban összesen 6 darab), gyertyán (a három kvadrátban 2 darab), mezei juhar (a három kvadrátban 2 darab) és hárs (a három kvadrátban 2 darab) ezek a másik területen nem voltak jellemzőek. Tölgyfák mindkét területen nagyjából egyenlő számban voltak (2 a szalamandrás területen és 3 a potenciálisnak tűnő területen). A potenciálisnak tűnő területen fordult csak elő a mogyoró (a három kvadrátban 1 darab).

A cserjék számában is tapasztaltam különbséget, a szalamandrás területen a három kvadrátban 1 db cserje volt (tölgy), a potenciálisnak tűnő terület három kvadrátjában pedig 9 darab (mezei juhar). A potenciálisnak tűnő területen a mezei juhar cserjék és a mogyoró szárazabb élőhelyet jelezhet a másik területhez képest.

A holtfatérfogatok között az látható, hogy azon a területen nagyobb térfogatban vannak az álló holtfák, ahol nem volt szalamandra észlelés. A 6. kvadrátban van az álló holtfánál egy kiugró érték, mert itt volt egyetlen több méter magas holtfa. A fekvő holtfák térfogata nagyobb volt ott, ahol szalamandra észlelés is volt. A szalamandrák számára valószínűsíthetően inkább a fekvő holtfák jelentenek jobb táplálékszerző és bújóhelyet. A holtfaborítás is valamivel magasabb azon a területen, ahol előfordultak szalamandrák.

A különböző borításokban (vagyis, hogy a kvadrát hány százalékát foglalja el az adott szubsztrát) a mohaborítás magasabb volt az első három kvadrátban a talajon, illetve a nyílt

talajborítás itt nem volt jelen, míg a másik területen igen. Az avar- és gyepborításban látszólag nem volt nagy különbség a két felmért terület között.

5. táblázat Az erdőszerkezeti felmérés eredményei, az első három oszlopban mely területeken észleltem szalamandrát, a negyedik oszloptól a potenciális élőhely adataival.

	1. kvadrát (van szalamandra)	2. kvadrát (van szalamandra)	3. kvadrát (van szalamandra)	4. kvadrát (nincs szalamandra)	5. kvadrát (nincs szalamandra)	6. kvadrát (nincs szalamandra)
Fák és cserjék száma	11	10	9	9	9	11
Nagyfák átlagos DBH-ja (cm)	22	35	24	26	22	34
Nagyfák száma (DBH>4,77 cm)	11	9	9	7	6	7
Fafajszám	4	5	4	3	3	4
Fában lévő bűvőhely	2	2	1	0	1	1
Álló holtfa térfogat (cm ³)	3 574	6 894	7 952	9 753	1 524	348 015
Fekvő holtfa térfogat (cm ³)	81 197	168 761	147 957	75 757	89 457	131 670
Teljes holtfa térfogat (cm ³)	84 771	175 655	155 909	85 510	90 980	479 684
Mohaborítás (%)	60	50	60	40	30	40
Nyílt talajborítás (%)	0	0	0	10	0	5
Avarborítás (%)	70	30	35	40	40	65
Holtfa borítás (%)	15	15	15	10	10	10
Gyepborítás (%)	0	0	0	0	0	5

5.3. N-mixture modell

A transzektek mentén 2021 őszén 19, 2022 tavaszi időszakában 31 és 2022 őszén pedig szintén 19 szalamandraészlelésem volt, a modellben ezeket használtam fel. A detekció almodellben a hőmérséklet és az időjárás változókat vettem figyelembe, de a modellek koefficiens becslései

alapján a két változó közül egyiknek sem volt szignifikáns hatása, vagyis a modell szerint az észlelhetőséget nem befolyásolta egyik paraméter sem a vizsgált felmérési időszakokban (6-8. táblázat).

6. táblázat. Az első szezon (2021 ősz) detekció almodell koeficiens táblázata az időjárás és hőmérséklet paraméterekkel

	Becsítés	Standard hiba	z-érték	P-érték
(metszés-pont)	-15,2596	40,7312	-0,3746	0,7079
temp	0,6726	2,7154	0,2477	0,8044
weathereső	7,0801	21,7234	0,3260	0,7445

7. táblázat. A második szezon (2022 tavasz) detekció almodell koeficiens táblázata az időjárás és hőmérséklet paraméterekkel

	Becsítés	Standard hiba	z-érték	P-érték
(metszés-pont)	-11,1805	157,7785	-0,0709	0,9435
temp	0,2163	0,1961	1,1030	0,2700
weather eső	7,8538	157,7944	0,0497	0,9603
weather eső után	7,6483	157,7884	0,0485	0,9613
weather felhős	-11,0856	2238,7318	-0,0050	0,9960
weather napos	-11,1481	684,7852	-0,0163	0,9870

8. táblázat. A harmadik szezon (2022 ősz) detekció almodell koeficiens táblázata az időjárás és hőmérséklet paraméterekkel

	Becsítés	Standard hiba	z-érték	P-érték
(metszés-pont)	-0,2539	30,2103	-0,0084	0,9932
temp	-0,0591	0,5047	-0,1172	0,9066
weather napos	-10,8478	43,2401	-0,2508	0,8019

Az abundancia almodellben pedig csak a holtfa mennyiségével számoltam, mert korrelált a famennyiséggel és ezért az utóbbit kizártam. A holtfamennyiségnek mind a három felmérési időszakban szignifikáns pozitív hatása volt a foltos szalamandra abundanciájára (9-11. táblázat).

9. Az első szezon (2021 ősz) abundancia almodell koefficiens táblázata a holtfák számának paraméterével

	Becslés	Standard hiba	z-érték	P-érték
(metszés-pont)	2,8292	0,7568	3,7381	0,0001
deadtree.n	0,7905	0,2368	3,3375	0,0008

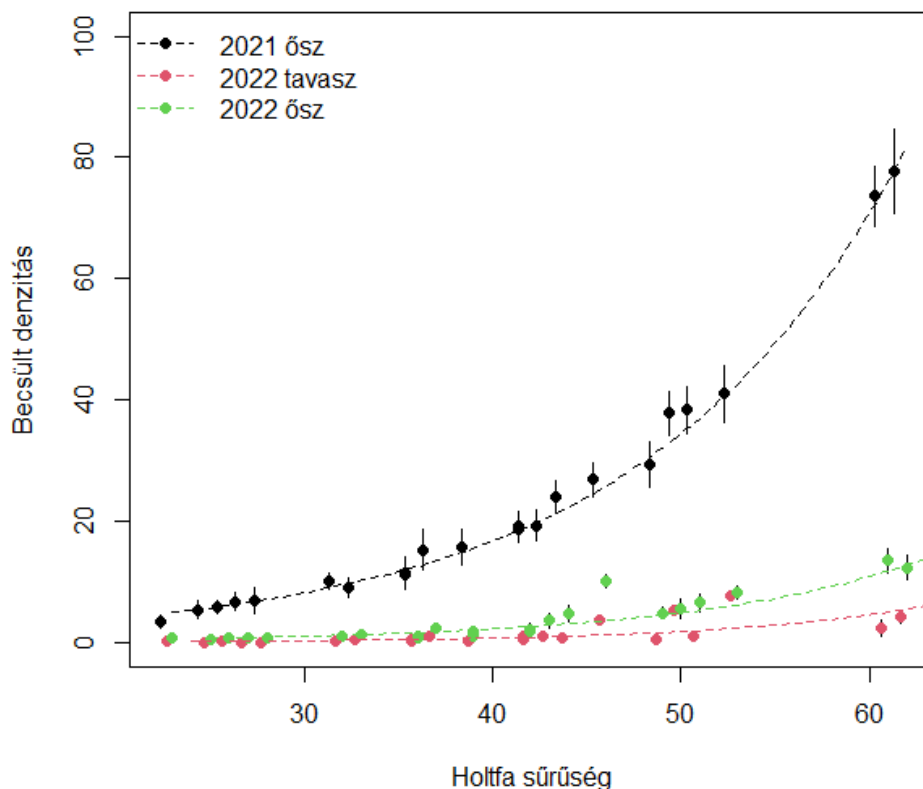
10. Az második szezon (2022 tavasz) abundancia almodell koefficiens táblázata a holtfák számának paraméterével

	Becslés	Standard hiba	z-érték	P-érték
(metszés-pont)	-0,2537	0,5136	-0,4939	0,6213
deadtree.n	1,0266	0,2613	3,9277	8,5755e-05

11. Az második szezon (2022 ősz) abundancia almodell koefficiens táblázata a holtfák számának paraméterével

	Becslés	Standard hiba	z-érték	P-érték
(metszés-pont)	0,9667	19,5780	0,0493	0,9606
deadtree.n	0,8692	0,2642	3,2893	0,0010

Tehát a holtfasűrűség volt az a változó melynek egyértelműen pozitív hatása volt a szalamandrák abundanciájára, ezt szemlélteti a három felmérési időszakra futtatott N-mixture modell abundancia almodell predikciója (10. ábra). Az ábrán mind a három szezon fel van tüntetve, az x tengelyen a holtfasűrűség (darab), az y tengelyen pedig a becsült denzitás, a transzektszakaszra számított becsült egyedszám látható.



10. ábra. A holtfasűrűségnek a becsült denzitásra gyakorolt pozitív hatása

6. Megbeszélés

A dömörkapui terület nagymértékben egyezik azokkal az ökológiai feltételekkel, amiket a szakirodalomban olvashatunk. A tiszta vizű állandó patak a területen a Bükkös-patak, mely elengedhetetlen a szalamandrák szaporodása szempontjából. A pataktól körülbelül maximum 200 méterre távolodnak el [21], az én észleléseim mind ezen a távon belül voltak. Az általuk kedvelt közettípus elsősorban a mészkő és az andezit, főként köves talajon érzik jól magukat [12]. A kutatási területemen andezit az uralkodó kőzet és a talaj is köves végig a patakmederben és annak környezetében. A foltos szalamandra öreg lomberdőket, bükkösöket és gyertyános-tölgyeseket részesít előnyben [4], az erdőszerkezeti felmérésem szerint a területen szintén jellemző a gyertyános-tölgyes. Az optimális hőmérsékleti tartomány a faj számára körülbelül 7-16°C között van [11], az általam mért adatok ezt alátámasztják, mert a legkisebb mért hőmérséklet, amikor szalamandra észlelést rögzítettem 7°C és a legmagasabb pedig 18°C. A foltos szalamandra november végén, december elején az első fagyok megjelenésekor föld alatti üregekbe bújik telelni [14], nálam november 28-án voltak a tél előtti utolsó szalamandra észleléseim. A felszíni tevékenységük legtöbbször eső közben és után zajlik, amikor a relatív

páratartalom 80-100% [13], az én észleléseim is ilyen időjárási viszonyok mellett voltak, illetve a legalacsonyabb relatív páratartalom 60% volt, de ez alatt nem találtam a felszínen szalamandrát. A faj leginkább középhegységi területeken él, 200-1000 méter tengerszint feletti magasságon jellemző, dömörkapu területe körülbelül 220-240 méter tengerszint feletti magasságon helyezkedik el [4].

Az erdőszerkezeti felmérést idő és kapacitás hiányában csak 6 kvadrátban sikerült elvégezni és a felvett adatokat előkészíteni, holtfatérffogatókat kiszámolni. Ezek összehasonítására kétmintás t-próbát, vagy Wilcoxon tesztet szerettem volna alkalmazni, viszont a mintavételek száma ehhez nem volt elegendő. Sajnos a mintavételi helyek számát utólag már nem tudtam bővíteni. Esetleges további kutatásban, újabb kvadrátok felvételével ezek elvégezhetőek.

Az N-mixture modell készítésekor is el kellett hagynom több paramétert, mert az adatok egymással korreláltak. Illetve a talaj és fafaj kategorikus változókkal nem voltak futtathatók a modellek, mert alacsony volt a mintavételi helyek száma.

7. Következtetések

A foltos szalamandrának a fentebb kifejtett speciális környezeti igényei vannak. Kutatásom szerint ezek a környezeti, ökológiai adottságok megvannak Dömörkapu területén, és a terület megfelelőnek bizonyul az itteni foltossal szalamandra-populáció fentmaradására. Javaslatom szerint a területet érdemes jelen állapotában megóvni és a jelenleginél szigorúbb területvédelem alá vonni.

A patak másik oldalán párhuzamosan húzódik a dömörkapui út, ahol mind a kerékpáros, mind az autós forgalom jelentős veszélyt jelent a szalamandrák számára. Több elgázolt egyedet is találtak a Duna-Ipoly Nemzeti Park munkatársai, főként esős időben és az eső utáni időszakokban, illetve párási időszakban, amikor a szalamandrák aktívabbak. Ennek elkerülésére figyelmeztető táblák sűrűbb kihelyezése lenne kívánatos, és a közvéleményt is érdemes lenni információs táblákkal tájékoztatni. A turistaforgalom nagy a területen, a látogatók gyakran kutyával póráz nélkül kirándulnak, így a zajongás és a szemetelés is rossz hatással lehet a szalamandrákra. Javasolnám szemetesek kihelyezését az út mentén és a túraútvonalon, melyeket rendszeresen üríteni kell.

Nagy veszélyt jelent továbbá, ha a területen nem megfelelő erdőgazdálkodást végeznek. Érdemes a holtfákat a területen meghagyni, hiszen jelenlétük pozitív hatást gyakorol a szalamandra abundanciájára. A nagy fák jelenlétét és diverzitását jelen állapotában kell megőrizni. Nem javasolt munkagépekkel a területre hajtani, hiszen a szalamandrák számára fontos felszíni üregeket és búvóhelyeket ez roncsolná. Ezen túlmenően a patakmedertől 200 méteren belül erdészeti beavatkozásokat egyáltalán nem javasolt végezni.

A hosszú aszályok és a hosszan tartó magas hőmérséklet, mint amilyen például a 2022-es év nyári időszaka is volt, nagy szárazságot okoznak. A patak esetleges hosszú távú kiszáradása mindenképpen kerülendő, mert ez a szalamandrák életciklusában kimaradó párázást és vízbe való szülést eredményezhet, aminek következtében teljesen eltűnhet ez az értékes, izolált populáció.

A foltos szalamandrával kapcsolatos kutatásokat a faj védelme érdekében érdemes lenne folytatni, és bővíteni akár az ökológiai, élőhelyi igényeik, akár a szaporodási, különböző viselkedési formák tekintetében. Sajnos az ilyen kétélűvizsgálatok nehéz kutatási témát jelentenek, tekintve, hogy ezek az állatok életük nagy részét nem a földfelszínen töltik, így rengeteg időt vesz igénybe és technikailag nehéz a részletes megfigyelésük.

8. Összefoglalás

A foltos szalamandra mint minden kétéltű hazánkban védett, populációi világszerte csökkennek. Ennek oka az élőhelyek eltűnése, a szárazság és a tiszta vizű patakok elszennyezése. A faj hosszú távú fennmaradása és a populációk csökkenésének megállítása érdekében fontos a faj környezeti és ökológiai igényeinek széleskörű kutatása.

A kutatásomat 2021 őszétől 2023 tavaszáig végeztem, ezalatt az idő alatt 141 észlelt szalamandráról sikerült adatot gyűjtenem Dömörkapu területén.

A dolgozatban összehasonlítottam a szalamandra észleléseim patakmedertől mért távolságait a tavaszi időszakban és az őszi időszakban, amelynek eredményeiből az látszik, hogy a tavaszi időszakban a szalamandrák egyedeinek nagyobb százaléka tartózkodik a patakmederhez közel, mint az őszi időszakban. Illetve a paktól mért legnagyobb előfordulási távolság az őszi időszakban duplája volt a tavaszi időszak legtávolabbi pontjához képest.

A kutatás részét képezte foltosszalamandra-populáció élőhelyének megismerése és felmérése erdőszerkezeti vizsgálatokkal, melynek eredményeként láthatóvá válik, hogy mely területeket részesíti előnyben a faj. A felmérés 6 darab 15x15 méteres kvadrátban történt, ahol olyan paramétereket vettem figyelembe, mint holtfa térfogat, fafaj szám, nagyfák és cserjék száma, különböző talajborítások százalékosan (moha, avar, nyílt talaj). Ebből három kvadrát olyan területen található, ahol volt szalamandraészlelés és három ott, ahol nem, de a terület potenciálisan alkalmas volt. A két vizsgált terület közti különbség a fafaj számban, a nagy fák számában, a cserjék számában, az előforduló fajfajokban, a holtfák térfogatában és a fában lévő bűvőhelyek számában volt látható.

Összefüggést kerestem a faj abundanciája, észlelhetőségi valószínűsége és a mikroélőhely (mint például a talaj típusa, holtfa jelenléte, fafajok, relatív páratartalom) között. Erre n-mixture modellt használtam. A detekció almodellbe a hőmérséklet és az időjárás került bele, egyiknek sem volt szignifikáns hatása az észlelhetőségre. Az abundancia almodellben pedig csak a holtfa mennyiségével számoltam, mert korrelált a fa mennyiséggel és az utóbbit kizártam. A holtfa mennyiségének növekedése pozitív hatással volt az abundanciára.

9. Irodalomjegyzék

1. Becker CG, Fonseca CR, Haddad CFB, Batista RF, Prado PI (2007) Habitat Split and the Global Decline of Amphibians. *Science* 318: 1775–1777. <https://doi.org/10.1126/science.1149374>
2. Picco AM, Collins JP (2008) Amphibian Commerce as a Likely Source of Pathogen Pollution. *Conservation Biology* 22: 1582–1589. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01025.x>
3. Miaud C, Guyétant R (2002) Population dynamics and life-history traits of the fire salamander (*Salamandra salamandra*) in the French Alps. *Journal of Herpetology* 36(1): 54–63.
4. Vörös J, Dankovics R., Harnos K, Dobay G (2010): A foltos szalamandra (*Salamandra salamandra*) előfordulása és természetvédelmi helyzete Magyarországon *Állattani Közlemények* 95(1): 121–149.
5. IUCN (2008) *Salamandra salamandra*: Sergius Kuzmin, Theodore Papenfuss, Max Sparreboom, Ismail H. Ugurtas, Steven Anderson, Trevor Beebee, Mathieu Denoël, Franco Andreone, Brandon Anthony, Benedikt Schmidt, Agnieszka Ogradowczyk, Maria Ogielska, Jaime Bosch, David Tarkhishvili, Vladimir Ishchenko: The IUCN Red List of Threatened Species 2009: e.T59467A11928351
6. Korsós Z (1997) Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer: VIII. Kétéltűek és hüllők. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, 48 pp.
7. Steinfartz S, Stemshorn K, Kuesters D, Tautz D (2006) Patterns of multiple paternity within and between annual reproduction cycles of the fire salamander (*Salamandra salamandra*) under natural conditions. *Journal of Zoology* 268: 1–8. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2005.00001.x>
8. Alcobendas M, Dopazo H, Alberch P (1996) Geographic variation in allozymes of populations of *Salamandra salamandra* (Amphibia: Urodela) exhibiting distinct reproductive modes. *J Evolution Biol* 9: 83–102. <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.1996.9010083.x>
9. Sever DM (Editor) (2003) Reproductive Biology and Phylogeny of Urodela. CRC Press, 624 pp.
10. Schmidt BR, Kéry M, Ursenbacher S, Hyman O, Collins JP, Zumbach S (2013) Site occupancy models in the analysis of environmental DNA presence/absence surveys: a case study of an emerging amphibian pathogen. *Methods in Ecology and Evolution* 4(7): 646–655. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12060>
11. Manenti R, Ficetola GF, Bianchi B, Bernardi FD Habitat features and distribution of *Salamandra salamandra* in underground springs. *Acta Herpetologica* 4(2): 143–151.

12. Titelbaum AR, Blaustein AR (2001). Habitat use by the spotted salamander (*Salamandra salamandra*) in a complex landscape. *Journal of Herpetology* 35(4): 635–640.
13. Degani G, Mendelssohn H (1982) Seasonal Activity Of *Salamandra Salamandra* (L.) (Amphibia: Urodela: Salamandridae) In The Headwaters Of The Jordan River. *Israel Journal of Ecology and Evolution* 31: 77–85.
<https://doi.org/10.1080/00212210.1982.10688523>
14. Korsós Z (2002) Kétéltűek. In: Ujhelyi P (Ed.) Élővilág. A Kárpát-medence enciklopédiája, No. 24. Kossuth Kiadó, Budapest, 32 pp.
15. Covaciu-Marcov S-D, Sucea FN, Sas I (2012) *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758) in the Getic Piedmont, Romania: geographic distribution, status and conservation. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 7(1): 55-58.
16. Francis ETB (1934) The anatomy of the Salamander. Clarendon Press, Oxford, 381 pp.
<https://www.biodiversitylibrary.org/item/29021#page/9/mode/1up> Retrieved January 12, 2013.
17. Caspers BA, Krause ET, Hermanski I, Wiesbrock C, Kastrup F-W, Steinfartz S (2020) Developmental costs of yellow colouration in fire salamanders and experiments to test the efficiency of yellow as a warning colouration. *Amphibia–Reptilia* 41: 373–385.
<https://doi.org/10.1163/15685381-bja10006>
18. Ódor P (2016) Az erdei biodiverzitást meghatározó tényezők az Őrségi Nemzeti Parkban. Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére. Tanulmánygyűjtemény, pp. 603–624.
19. Royle JA (2004) N-Mixture Models for Estimating Population Size from Spatially Replicated Counts. *Biometrics* 60:108–115. <https://doi.org/10.1111/j.0006-341X.2004.00142.x>
20. Kiss I, Hamer AJ, Vörös J (2021) Life history modelling reveals trends in fitness and apparent survival of an isolated *Salamandra salamandra* population in an urbanised landscape. *European Journal of Wildlife Research* 67:76.
<https://doi.org/10.1007/s10344-021-01521-2>
21. Kiss I, Vörös J, Hamer AJ (2022) Movement patterns within an urban population of fire salamanders highlight the importance of conserving small habitat patches. *Journal of Zoology* 316: 240–249. <https://doi.org/10.1111/jzo.12949>
22. Kopp M, Baur B (2000) Intra- and inter-litter variation in life-history traits in a population of fire salamanders (*Salamandra salamandra terrestris*). *Journal of Zoology* 250: 231–236. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2000.tb01073.x>
23. Uetz P, Freed P, Aguilar R, Reyes F, Hošek J (Eds.) (2022) The Reptile Database.
<http://www.reptile-database.org>, accessed [2022.04.26]

24. Manenti R, Conti A, Pennati R (2017) Fire salamander (*Salamandra salamandra*) males' activity during breeding season: effects of microhabitat features and body size. *Acta Herpetologica* 12(1): 29–36. https://doi.org/10.13128/ACTA_HERPETOL-18115
25. Manenti R, Ficetola GF, De Bernardi F (2009) Water, stream morphology and landscape: complex habitat determinants for the fire salamander *Salamandra salamandra*. *Amphibia–Reptilia* 30: 7–15. <https://doi.org/10.1163/156853809787392766>
26. Grolemond G, Wickham H (2011) Dates and Times Made Easy with lubridate. *Journal of Statistical Software* 40(3): 1-25. <https://www.jstatsoft.org/v40/i03/>
27. Mizsei E (2022) hunviphab. GitHub Repository, <https://github.com/edvardmizsei/hunviphab>
28. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>

10. Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni témavezetőimnek, Dr. Korsós Zoltánnak és Dr. Babocsay Gergelynek a diplomadolgozatomhoz nyújtott segítségüket, a téma kidolgozásában és a kutatás kivitelezésében. Dr. Novák Adriánnak, a Duna-Ipoly Nemzeti Park munkatársának a terep bemutatását és a területről való tudásának átadását, illetve javaslatait az erdőszerkezet felmérés helyéhez. Dr. Kövér Szilvia tanárnőnek a statisztikai elemzésben való segédkezést, és Dr. Mizsei Edvárdnak az adatok feldolgozásában és kiértékelésében való közreműködést.

Alulírott ...dr. Korsós Zoltán egyetemi docens...igazolom, hogy

Pintér Zsófia Petra: „A domborzat és az erdőtermészetességi paraméterek hatása a dömörkapui foltos szalamandra egyedek eloszlására” című diplomamunkáját ismerem, azt beadásra és védésre alkalmasnak tartom.

Budapest, 2023. április 28.

.....Dr. Korsós Zoltán.....

a témavezető neve és aláírása


.....

Ökológiai Tanszék

Alulírott Dr. Babocsay Gergely főmuzeológus igazolom, hogy Pintér Zsófia Petra: „A domborzat és az erdőtermészetességi paraméterek hatása a dömörkapui foltos szalamandra egyedek eloszlására” című diplomamunkáját ismerem, azt beadásra és védeésre alkalmasnak tartom.

Budapest, 2023. április 28.



.....
Dr. Babocsay Gergely

Magyar Természettudományi Múzeum Mátra Múzeuma