

Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kar
Biomatematikai és Számítástechnikai Tanszék

**Kék vércse (*Falco vespertinus*) őszi gyülekező-
helyeinek tájleptékű elemzése**

Készítette: Széles Zsaklin Emese

Témavezető: Dr. Harnos Andrea, SZIE-ÁOTK, egyetemi docens
Fehérvári Péter, SZIE-ÁOTK PhD hallgató

Budapest

2013

Tartalomjegyzék

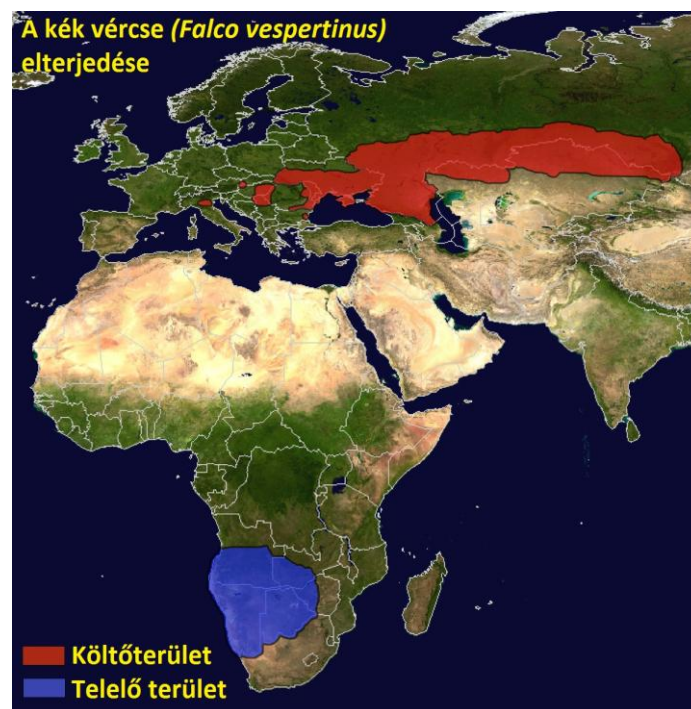
1.	Bevezetés és célkitűzések	2
1.1	A kék vércse	2
1.2	Gyülekezés	3
1.3	Az elterjedés modellezése	7
1.4	Célkitűzés	8
2.	Anyag és módszer	9
2.1	Mintaterület	9
2.2	Az ismert gyülekezők adatai	10
2.3	Magyarázó változók.....	11
2.3.1	Felszínborítás.....	11
2.3.2	AGROTOPO adatbázis.....	12
2.3.3	Költőterületek jelenléte	13
2.4	Adatok előkészítése	14
2.5	Modellezés.....	14
2.5.1	Random Forest (RF)	15
2.5.2	Generalized Boosting Models (GBM)	15
2.5.3	Mintavételi elrendezés	16
2.5.4	Együttes modellezés, és predikció	18
2.5.5	Változók hatásának becslése	19
2.5.6	Modell illesztések 2 megközelítésben	19
3.	Eredmények	20
3.1	Variable Importance Measure	20
3.2	Response curves	21
3.3	Predikciók.....	24
4.	Diszkusszió	27
5.	Összefoglaló.....	31
6.	Summary.....	32
7.	Irodalomjegyzék.....	33
	Köszönetnyilvánítás.....	38

1. Bevezetés és célkitűzések

1.1 A kék vércse

A kék vércse (*Falco vespertinus*, Linnaeus 1766) hazánk egyetlen telepesen költő, kis testű ragadozó madara. Rendszertanilag a sólyomfélék családjába (*Falconidae*), a sólyom-alkatúak rendjébe (*Falconiformes*) sorolható. A madár hazánkban fokozottan védett, az IUCN (International Union for Conservation of Nature) vörös listája a 'közel veszélyeztetett' kategóriába sorolja ('near threatened', www.iucnredlist.org). Az Európai Unió Madárvédelmi Irányelvének (European Commission's Birds Directive 79/409/EEC) egyes függelékes (Annex I.) faja (www.birdlife.org). Hazánkban eddig a kék vércsék védelmével a 2006 és 2009 között futó 'Kék vércse védelme a Pannon régióban' nevű LIFE Nature projekt (LIFE05/NAT/HU/000926), valamint a 2010 és 2011 között zajló 'Natura 2000-es jelölő madárfajok állományának természetvédelmi kezelése és állategészségügyi monitorozása' nevű magyar-szerb IPA projekt (HU-SRB 0901/122/120) foglalkozott. Jelenleg a „Kék vércse védelme a Kárpát-medencében” LIFE+ projekt (LIFE11 NAT/HU/000926) munkálatai folynak hazánkban (www.falcoproject.eu).

A kék vércsék elterjedési területe Kelet-Kazahsztántól egészen Közép-Kelet-Európáig tart (1. ábra).



1. ábra – A kék vércsék Európai Unión belüli állománya elsősorban Magyarország és Románia területeire koncentrálódik. Jelentősebb, de kevésé ismert állományai találhatóak Ukrajnában, Oroszországban és Kazahsztánban (piros terület). A magyarországi populáció telelő területe Afrika déli részén található (kék terület), a tőlünk keletebbre költő madaraké nem ismert.

Elterjedésének nyugati határaként tartjuk számon Magyarországot (DEL HOYO, 1994), bár kis egyedszámú, stabil állomány költését már Észak-Olaszországban és Franciaországban is megfigyelték (PALATITZ et al., 2010). Fontos kiemelni, hogy az Európai Unió populációjának nagy része a Kárpát-medencében költ, így hazánk szerepe a faj védelmének szempontjából nem elhanyagolható (PALATITZ et al., 2009).

Élőhelyként alacsony tengerszint feletti magasságú, síkvidéki, nyílt területeket kedvel, melyeket kisebb fák, facsoportok tagolnak, amelyek megfelelő pihenő és fészkelőhelyet biztosítanak számára (www.falcoproject.eu). Súlyomféle lévén fészket nem épít.

Hazánkban az ezredforduló előtt a kék vércsék zöme (40-50%) telepeken költött (BAGYURA – PALATITZ, 2004), erőszertettel foglalta a vetési varjak (*Corvus frugilegus*) megüresedett fészkeit. Napjainkban a vetési varjú telepek számának csökkenése jellemző, a varjak nagy része lakott területekre költözött, így csökkentve a kék vércsék potenciális költőhelyeit. Hasonló tendencia figyelhető meg más európai országokban is (ORLOWSKI - CZAPULAK, 2007). E folyamat erősödésével egyre inkább a szoliter költés kerül előtérbe, melyhez a madarak elsősorban szarkák (*Pica pica*) és dolmányos varjak (*Corvus corone cornix*) fészkeit foglalják. Ennek ellensúlyozására a „Kék vércse védelme a Pannon régióban” elnevezésű LIFE Nature Projekt (LIFE05 NAT/HU/122) keretein belül nagyjából 3500 költőláda került kihelyezésre, aminek következtében ma már a hazai állomány 70%-a műfészkek telepeken költ (PALATITZ et al., 2008).

A kék vércse obligát, transzekvatoriális vonuló, a telet Afrika déli részén, Angola, Zambia, Zimbabwe, Namíbia és a Dél-Afrikai Köztársaság területén tölti (LÁZÁR, 2011). A vonulás megkezdése előtt a madarak gyülekezni kezdenek. Dolgozatomban, elsősorban ezzel a vonulást megelőző, ún. pre-migrációs időszakokkal foglalkozom, ezért ezt részletesebben tárgyalom.

1.2 Gyülekezés

Ebben az időszakban a madarak nem feltétlenül maradnak a költőhelyek közelében. Napközben kis csapatokban a táplálkozó területeiken tartózkodnak, majd éjszakára több száz, esetenként több ezer madár gyűlik össze egy jól meghatározható területre, hogy együtt töltse az éjszakát. A legnagyobb eddig ismert éjszakázó-hely Ukrajnában került szem elé, ahol 2009-ben több mint 20 000 madarat figyeltek meg egyszerre (KOSTENKO, 2009). Az éjszakázó-helyeket másképpen gyülekezőként is nevezhetjük, s a későbbiekben így is fogom őket említeni. A gyülekezők lehetnek maguk a kolóniák, de gyakrabban a kolóniáktól távolabb, kis facsoportokban, bokrosokban, vagy akár magányos fákon alakulnak ki.

Gyülekezéskor a vércsék fő feladata a vonulásra való felkészülés és a tartalék-tápanyag felhalmozása, mivel megfelelő készlet raktározása nélkül nem élnék túl a vonulás alatt megtett hosszú utat (ALESTRAM, 1990).

A 2000-es évek előtt egyes területeken ugyan találtak már éjszakázó-helyeket, de ezek jelentősége még nem volt ismert. Azt gondolták, hogy ez valamilyen helyi sajátosság, s nem magára a fajra jellemző viselkedési forma.

2006 óta az MME (Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület) Kék vércse védelmi munkacsoportjának szakemberei, a Nemzeti Parkok munkatársainak közreműködésével gyülekező szinkron-számlálásokat végeznek az ország alföldi területein. Ezek a számlálások augusztus végétől október elejéig hetente, előre meghatározott napokon zajlanak. Nappal a táplálkozó madarak keresése és megfigyelése, majd alkonykor az éjszakázó-helyekre beszálló vércsék számlálása történik. Ezen számlálások alkalmával eddig nagyjából 50 db éjszakázó-helyet sikerült felderíteni hazánkban. A Hevesi-síkon, a Jászságban, a Hortobágyon, a Bihari-síkon és a Dél-Alföldön található gyülekezőkön több százas, vagy akár ezres csapatok is megfigyelhetők (BORBÁTH – ZALAI, 2005).

Mivel nem régóta leírt jelenségről van szó, így csak igen keveset tudunk ezekről a gyülekező-helyekről, vagy a madarak erre az időszakra jellemző viselkedéséről. Azt tudjuk, hogy a pre-migrációs időszakban a kék vércsék nappal kis csapatokban táplálkoznak, gyakran magasan a levegőben, ami által szinte észrevehetetlenek, alkonyatkor pedig, amikor a gyülekező-helyek felé indulnak, szintén kis csapatokban, hang nélkül közlekednek. A éjszakázó-helyek ráadásul sok esetben látszólag jellegtelen helyeken alakulnak ki, ellentétben a költőhelyekkel, amelyek ránézésre is gyakran jól tipizálhatóak. Ezek a tényezők nagyon megnehezítik a gyülekezők felderítését.

2010-ben készített TDK dolgozatomban a pre-migrációs időszaki élőhely-használattal, valamint a táplálék-összetétel vizsgálatával foglalkoztam. E kutatás során a vizsgálat lokális skálán folyt, vagyis egy konkrét, a Hevesi Fűves Puszták Tájvédelmi Körzet (továbbiakban HFPTK) területén található éjszakázó-hely, valamint az a körül mozgó madarak megfigyelése volt a célunk. Ehhez egy transzektek mentén zajló megfigyeléses protokollt dolgoztunk ki, melynek segítségével egy nagyjából 190 km²-nyi terület bejárására nyílt lehetőségünk. A terepi munka mellett az éjszakázó-helyek alól köpeteket gyűjtöttünk, s próbáltuk meghatározni az erre az időszakra jellemző táplálék-összetételt is. Eredményeinkből az derült ki, hogy pre-migrációs időszakban, szemben a költési periódussal, a madarak kevésbé mutatnak kifejezett élőhely-típus preferenciát, de a nyílt területek előnyben részesítése ilyenkor is egyértelmű. A táplálékmaradványok elemzéséből az is kiderült, hogy a gyülekezés

alatt a kék vércsék nagy arányban fogyasztanak kis méretű, akár levegőből is zsákmányolható rovarokat (*Amara* sp. > 50%) (SZÉLES et al., 2010). Egy másik TDK dolgozat a 2009-ben műholdas jeladóval felszerelt kék vércsék által nyert információkat dolgozta fel, amelyből kiderült, hogy a költési időszakhoz képest a madarak mozgáskörzete ebben a periódusban nagyságrendekkel nagyobb. Nagyjából 70-75 km²-t járnak be a madarak, ráadásul gyülekező-helyet is rendszeresen válthatnak (LÁZÁR, 2011).

Kevés ismerettel rendelkezünk arra vonatkozóan, hogy ezek az éjszakázó-helyek miért és hogyan alakulnak ki, vagy, hogy létrejöttüket tájskálán milyen tényezők befolyásolják. Elképzelhető, hogy ez egy predátor-elkerülési stratégia, melynek során az egyedre jutó predációs nyomás csökken, a nagyobb tömeg jobban képes védekezni (FOSTER – TREHERNE, 1981, WRONA – DIXON, 1989, DELM, 1991). Ezen kívül az ún. információs központ hipotézis szerint (Information Centre Hypothesis, ICH, WARD – ZAHAVI, 1973) a csoportosulás oka lehet, hogy a madarak egymástól információt kaphatnak a megfelelő táplálkozó-helyekről, így növelve a zsákmányolás hatékonyságát, esetleg a vonulás időzítésével kapcsolatos információkat is „megoszthatnak” egymással, eltanulhatnak egymástól (RICHNER – MARCLAY, 1991, SONERUD et al, 2001). Ez az információ átadás az esetek nagy részében passzív közlési forma, vagyis egymás megfigyeléséből nyerik az információkat a madarak (BIJLEVELD et al., 2009).

A gyülekezők helye sok esetben állandó (tradicionális), de a madarak összeverődhetnek ideiglenesen használt helyeken is. Fontos, hogy az adott terület alatt nem egy bizonyos fát vagy facsoportot értünk, hanem régióon belüli állandóságot, amin belül a madarak gyülekezőt válthatnak. Egy adott pre-migrációs időszakban azonban a kék vércsék rendszerint egy adott facsoportot részesítenek előnyben egy régióon belül. Facsoport váltásra feltételezésünk szerint például akkor kerülhet sor, amikor valamilyen direkt zavarás történik. Erre egy példa a 2. ábrán látható 2009-es hevesi gyülekező, mely egyike a legrégebben dokumentált éjszakázóknak.

A HFPTK területén 2006 és 2009 között költő kék vércse párok száma 15 és 30 közé volt tehető, ami a többi hazai fészkelőhely mellett kis állománynak számít, ráadásul a hevesi területeken található párok nem telepesen, hanem szoliter párokként költenek. A gyülekező madarak egyedszáma azonban jóval magasabb a költéskori egyedszámnál (maximum 2007. szeptemberében: 840 egyed), ami a fentiekkel együtt azt valószínűsíti, hogy távolabbi területekről évről évre nagy mennyiségű madár áramlik ebbe a régióba. Ez a gondolat is azt bizonyítja, hogy a tradicionális éjszakázó-helyek fontosak a madarak számára. Elmondható az is, hogy a gyülekező környékén található élőhely-típusok nem igazán térnek el a közelben

található területekétől, ráadásul maga a központi, leggyakrabban használt facsoport sem egy védett, csendes területen található, hiszen alatta egy naponta minimum kétszer járt földút helyezkedik el.



2. ábra – A HFPTK-ban található régióstabil gyülekező-hely. Piros körökkel jelöltem, hogy mely területekre helyeződött át a gyülekező egyik napról a másikra valamilyen zavaró tényező hatására 2009-ben. Mind a három helyszínen volt már korábban gyülekező, de az egy időszakon belüli áthelyeződés nem túl gyakori esemény.

2009-ben vélhetően valamilyen tényező megbonthatta a jelenség egységét, ugyanis eleinte az általánosan használt, központi facsoporton gyülekeztek a madarak, azonban később már áthúzódtak két közeli, 4-5 km-es körön belül található más facsoportra is. Ebben az esetben az áthelyeződés pontos oka ismeretlen, feltehetően valamilyen direkt zavarás okozhatta (pl. emberi vagy valamilyen predátor általi zavarás). Mindenesetre, az események rávilágítanak egy gyülekező sérülékenységre, és hogy egy látszólag jelentéktelen, lokálisan bekövetkezett esemény is képes egy populáció jelentős részére hatást gyakorolni. Ezek a lokális veszélyeztető tényezők sok esetben könnyen elháríthatók, kezelhetők, például egy facsoport kivágása, vagy az emberek okozta direkt zavarás megakadályozható. A nehézség a gyülekezőkön lévő madarak védelmében, hogy a gyülekező helyszínét nehéz megtalálni a madarak viselkedése miatt. Fontos, hogy a helyben dolgozó terepi szakemberek ne csak tapasztalatukra hagyatkozva keressék a gyülekezőket, hanem rendelkezzenek egy olyan

legalább tájleptékű, objektív alapokon nyugvó „mankóval”, amely segíti a gyülekezők felderítését. Ilyen mankó lehet például egy modell alapú elterjedési predikció.

1.3 Az elterjedés modellezése

A számítástechnika, a GIS (Geographic Information System) adatokat kezelő térinformatikai szoftverek, valamint a statisztikai programok fejlődésével napjainkban egyre több, a biológia tudományterületén használatos statisztikai módszer, valamint térbeli modellezési megközelítés jelenik meg (HIRZEL – LE LAY, 2008; ELITH – LEATHWICK, 2009). Egyre precízebb eszközök állnak rendelkezésre, hogy feltérképezhessük az egyes fajok szempontjából kulcsfontosságú élőhelyeket, mint például a költő- vagy akár az éjszakázó-helyek. Annak ellenére, hogy ezek a modellek már igen széles körűen alkalmazhatóak, mégis csak kevés direkt természetvédelmi jellegű kutatás alkalmazta őket ez ideig (ENGLER et al., 2004; PARVIAINEN et al., 2009; FEHÉRVÁRI et al., 2012, stb.).

A fajok elterjedésének prediktálására kifejlesztett modellek (SDM - Species Distribution Models) tulajdonképpen matematikai eszközök, melyek kombinálják a fajok földrajzi elterjedési adatait a környezeti paraméterekkel. Ezek ma már igen elterjedten használatosak a szárazföldi, tengeri és édesvízi kutatások kapcsán is (ELITH – LEATHWICK, 2009).

Az ilyen modellek használatosak a biológia tudományának számos területén, mint a klímaváltozásra adott válaszok kutatásában (MARINI et al., 2009), evolúció központú vizsgálatokban (TITEUX et al., 2007) és még számos helyen. Ahhoz, hogy a módszereket a jövőben fejleszteni lehessen, a különböző tudományterületek művelőinek (térbeli modellezéssel, biogeográfiával, élettannal foglalkozók, közösségökológusok, populációbiológusok) szorosabb együttműködésére lesz szükség (GUISAN - THUILLER, 2005).

A megfelelő modellek elkészítéséhez számos lépésen keresztül vezet az út. Első a koncepció kialakítása - mit vizsgálunk, milyen skálán és hogyan gyűjtjük az adatokat.

Ezután következik az adatok gyűjtése, majd azok válogatása. Ide tartoznak az élőlényekkel kapcsolatos megfigyelési adatok (pontos hely, egyedszám) – itt körültekintően kell eljárni, mert például eltérően veszünk fel adatokat szesszilis és mozgékony élőlények esetén. SDM-ek esetén a másik adatcsoport a környezeti paramétereket jelenti, ahová azokat a változókat soroljuk, amivel magyarázni szeretnénk az adott élőlény elterjedését. Itt szintén meg kell fontolni, hogy mit tekintünk a vizsgálni kívánt élőlény környezetének. A környezeti adatokat három fő csoportba oszthatjuk, mint a limitáló (hőmérséklet, talajtulajdonságok), zavaró (lehet természetes vagy antropogén eredetű) és forrás tényezők (energia, víz, élőhely).

A következő lépés a modellek kiválasztása és illesztése, amely a térben definiált függő és a sok egymással térbeli autokorrelációban lévő magyarázó változó esetén egyáltalán nem könnyű feladat. A függő változó bernoulli eloszlása (jelenlét/hiány) és az imént felsorolt problémák miatt, egyre gyakrabban használnak SDM-ként ún. „machine learning” algoritmusokat, mint például a Generalized Boosted Models, Random Forest, Support Vector Machines vagy a Neural Networks (FLACH, 2012). Ezekben a modellekben közös, hogy az adatokra való illesztést „tanuló” adatsorokon ajánlott, a modellek mintafelismerő képességét (pl. a modellek prediktív erejét) „teszt” adatsorokon végzett prediktálás alapján érdemes elvégezni. Ha a modellek illeszkedését az adatokra megfelelőnek ítéljük, következhet a térbeli prediktálás és annak ellenőrzése, majd végül a modell alkalmazhatóságának értékelésével zárul az elemzés (GUISAN – ZIMMERMANN, 2000; GUISAN – THUILLER, 2005, ELITH – LEATHWICK, 2009).

Kék vércsék esetében a térbeli modellek használata már a magyarországi költőtelepek létesítésekor is hasznos lett volna, azonban abban az időszakban még főként a terepi tapasztalatokra és történeti adatokra támaszkodtak. 2012-ben azonban egy magyar-szerb pályázat keretein belül (‘Conservation management and animal health monitoring of Natura 2000 Bird Species’ HU-SRB IPA CBC PROJECT (HU-SRB 0901/122/120)) az észak-szerbiai területeken már ezekkel a módszerekkel keresték meg a kihelyezésre kerülő költőládák helyét. Ebben az esetben pusztán a CORINE 2006 GIS adatbázist használva is sikeresen becsültek alkalmas élőhelyeket, sőt eddig nem ismert költőhelyekre is bukkantak a modellezésnek köszönhetően (FEHÉRVÁRI et al., 2012).

1.4 Célkitűzés

A fent már említett tényezők miatt elmondhatjuk, hogy a pre-migrációs időszak kulcsfontosságú a kék vércsék védelmének szempontjából. Az sem elhanyagolható, hogy ezen időszak kutatásával ragadozómadarak esetén, világszerte csak igen kevés tanulmány foglalkozott ez idáig (DE FRUTOS et al., 2006, 2008, SZÉLES et al., 2010, LÁZÁR, 2011).

Jelen vizsgálatban olyan tényezőket kerestünk, melyek hatással lehetnek egy élőhely kialakulására, annak tulajdonságaira, ám direkt megfigyelés útján nehezen szintetizálhatóak. A vizsgálat ezen szakaszában tehát nem volt célunk biológiai magyarázatot találni a vizsgált változók és a vércsék jelenléte között, csupán olyan paramétereket kerestünk, melyek befolyásolják a madarak jelenlétét (akár pozitív, akár negatív irányban).

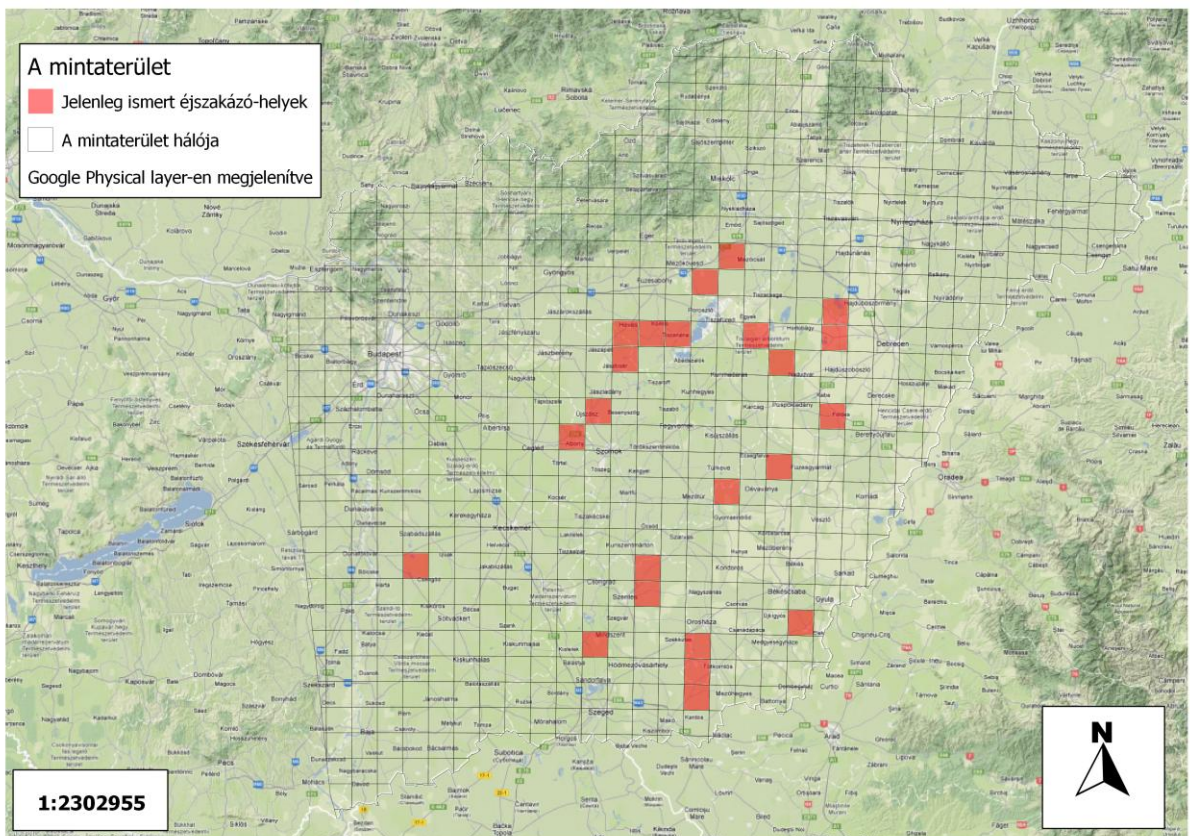
Célunk tehát az volt, hogy SDM-ek segítségével, a kék vércsék ismert éjszkázó-helyei és különböző környezeti változók kapcsolata alapján új gyülekező területeket prediktálhassunk.

2. Anyag és módszer

2.1 Mintaterület

Kiválasztott mintaterületünk a Magyarországon feltérképezett éjszakázó-helyeket magába foglaló terület volt, amely durván fogalmazva az Alföldet, mint hazai földrajzi nagytájat jelenti (3. ábra). Északon, keleten és délen Magyarország politikai határait tekintettük a mintaterület határainak. Nyugaton a határvonalat nem a Duna, hanem a Velencei-tó vonalánál szabtuk meg, ugyanis a tótól délre fekvő területeken a közelmúltban láttak gyülekező időszakban kék vércséket (FEHÉRVÁRI, pers. comm.).

Első lépésként Quantum GIS 1.8.0 'Lisboa' (<http://hub.qgis.org/projects/quantum-gis/wiki/Download>) segítségével kijelöltem a mintaterületet, majd felosztottam egy általam létrehozott 10×10 km-es háló segítségével. Az így kapott négyzetek képezték a megfigyelési egységeket. Azért használtam az egyénileg kialakított hálót, a megszokott UTM (Universal Transverse of Mercator) négyzetek helyett, mert ebben az esetben nem szükséges, hogy a háló szög tartó legyen, elegendő ha csak terület tartó.

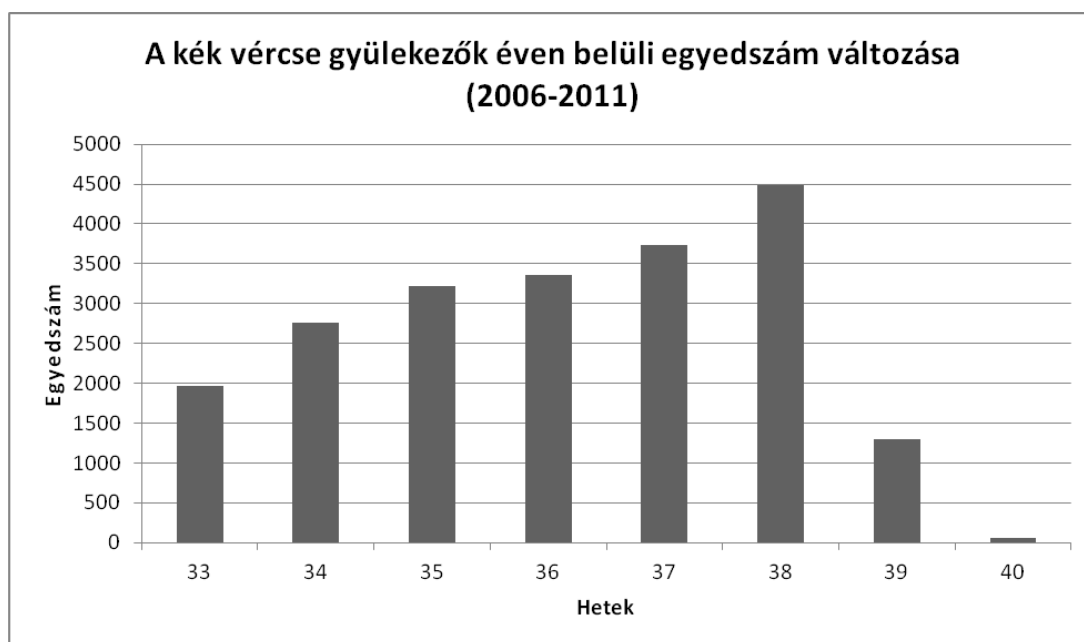


3. ábra – A kijelölt mintaterület, melynek északi, déli és keleti határként Magyarország politikai határait tekintettük, míg nyugaton a Velencei-tó vonalában húztuk meg a határt. A mintaterületet egy általam definiált 10×10 km-es négyzethálával osztottam fel, s az így kapott négyzetek képezték a megfigyelési egységeket. Piros négyzettel a jelenleg ismert éjszakázó-helyeket jelöltem.

A mintaterületünkön összesen 675 négyzetet található, melyből összesen 23-ban található már ismert éjszakázó-hely.

2.2 Az ismert gyülekezők adatai

A kékvércse-védelmi munkacsoport tagjai, a nemzeti parkok munkatársainak bevonásával 2006 óta végeznek gyülekező szinkron-számlálásokat, melyek éven belüli, hetenkénti változásait az 4. ábra mutatja. Ezek célja, hogy megszámlálják az adott időben gyülekező madarakat, valamint, hogy új gyülekezők kerülhessenek elő. A jelenleg ismert éjszakázók zöme ilyen számlálások alkalmával került szem elé.



4. ábra – A pre-migrációs időszak egyedszám megoszlása augusztus és október (az év 33. és 40. hete) között. A diagramon a 2009 és 2011 között az egész ország területén végzett, összesített szinkron eredmények mediánja szerepel. Érdekes megfigyelni, hogy a madarak zöme egyszerre kezdi meg a vonulást, a 40. hétre pedig gyakorlatilag az összes kék vércse eltűnik az országból.

A szinkron augusztus utolsó hetétől október első hetéig tart, a szakemberek hetente, előre kijelölt napon végzik a számlálást. Nappal a szántókon, gyepeken táplálkozó madarakat figyelik meg, majd alkonyatkor az éjszakázókra behúzó egyedeket számolják. Ilyenkor akár új éjszakázó is előkerülhet, ugyanis ha egy kis csapat határozottan repül egy irányba alkonyatkor, azok igen nagy valószínűséggel gyülekező-helyre tartanak.

2006 óta a Kárpát-medencében körülbelül 50 db gyülekező-hely került elő.

A vizsgálatban a stabil gyülekezőket vettük számításba. Stabilnak tekintettük a meglévő adatokból azokat az éjszakázó-helyeket, ahol a megtalálásuk óta, még ha ingadozó mennyiségben is, de jelen vannak a madarak. Szükség volt némi terepi tapasztalatra ezek térképre viteléhez a már fentebb említett régióstabilitás miatt és szintén ezért volt szükség a

10 × 10 km-es lépték használatára is. Ez azt jelenti tehát, hogy az egyes éjszakázó-helyeket nem kezeltük külön pontként, hanem azok a négyzetek, amelyekben található gyülekező, azok „jelenlét”, ahol pedig nem, azok „hiány” értéket kaptak. Így kaptunk végül 23 „jelenlét” négyzetet.

Az elemzésekhez a 2006 és 2011 közötti gyülekező szinkron adatokat használtuk. 2006 előtt még nem volt egységesített monitorozási rendszer, mivel a szinkron-számlálás egységes módszerét az ebben az évben induló LIFE Nature projekt hozta magával. Megfelelő protokoll híján így még nem egységesek, illetve hiányosak a 2006-ot megelőző évekből származó adatok, ezért azok nem kerültek be az elemzésbe.

2.3 Magyarázó változók

2.3.1 Felszínborítás

Az élőhelyek jellemzésére a CORINE 2006 Land Cover GIS adatbázist használtuk (CORINE Land Cover, 2006 – 13-as verzió elérhetősége: www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2006-vector-data-version). A térkép felbontása M=1:100 000, a legkisebb feltüntetett egység 25 ha-os, a lineáris elemek minimális szélessége pedig 100 m.

Az adatbázis összesen 44 különböző kategóriával jellemzi a felszínt, melyből 27 megtalálható a kijelölt mintaterületünkön (így tehát 27 változót kaptunk a felszínborítási adatokból). Az így kapott változókat szemlélteti az 1. táblázat (A táblázatból kihagytam a kis kiterjedésű, 0,5%-nál kisebb területet kitevő kategóriákat.).

1. táblázat – A területen jelenlévő jelentősebb CORINE kategóriák

Kód	Megnevezés	%-os megoszlás
X112	Megszakított, beépített terület	4,48 %
X121	Ipari környezet	0,55 %
X142	Sport- és szabadidős létesítmények	0,34 %
X211	Nem öntözött szántóföldek	52,35 %
X221	Borvidék	1,47 %
X222	Gyümölcsös	0,86 %
X231	Legelők	7,09 %
X242	Komplex művelési terület	2,58 %
X243	Természetes növényzetű agrártáj	1,66 %
X311	Lombos erdők	16,76 %
X312	Fenyvesek	1,07 %
X313	Vegyes erdő	1,96 %
X321	Természetes gyepek	2,4 %
X324	Átmenet erdő és cserje között	2,99 %
X411	Szárazföldi mocsarak	0,82 %
X412	Tőzeglápok	0,94 %
X511	Vízfolyások	0,73 %
X512	Víztestek	1,33 %

2.3.2 AGROTOPO adatbázis

Jellemezni kívántuk az egyes területek talajtulajdonságait is, ehhez a Magyar Tudományos Akadémia, Agrártudományi Kutatóközpontjának Talajtani és Agrokémiai Intézete által létrehozott 'AGROTOPO' elnevezésű Agropográfiai adatbázist használtuk (<http://www.mta-taki.hu/hu/osztalyok/gis-labor/agrotopo>). Ez a térkép szintén M=1:100 000-es méretarányú, számítógépes adatbázis formájában is elérhető.

Összesen 9 fő kategóriával dolgozik, melyek tovább bonthatóak alkategóriákra:

1. *Genetikai talajtípus*: Magyarország tudományos alapokon nyugvó talajosztályozási rendszerének neve Genetikai és talajföldrajzi osztályozási rendszer. Genetikai, mivel fejlődésükben vizsgálja az egyes talajokat és a fejlődés egyes szakaszait az osztályozás egységei. Talajföldrajzi pedig azért, mert földrajzi törvényszerűségeket tart szem előtt, amikor egyesíti a főtípusokat.

2. *Talajképző kőzet*: ez a talajképződés nyersanyaga, fizikai, kémiai tulajdonságai, ásványösszetétele nagyban befolyásolja a talajok minőségét, valamint az élővilág megtelepedésének lehetőségét.
3. *Fizikai talajféleség*: ez a kategória a talajok homok, agyag és iszap összetételén alapul, tehát a talajok textúráját adja meg, ami szintén befolyásolja a rajta/benne kialakuló élet tulajdonságait.
4. *Agyagásvány összetétel*: az agyagásvány fontos talajalkotó, hiszen befolyásolja a talaj textúrát, a talajtulajdonságokat (vízmegkötés, ioncserélő képesség, levegő, víz, hőháztartás, pufferkapacitás).
5. *Talaj vízgazdálkodási tulajdonságai*: függenek a tárolt víz mennyiségétől, mozgékonyaságától és mozgásától. Meghatározza a talaj termékenységét, hasznosítható víztartalmát, a szennyezőanyagok sorsát.
6. *Kémhatás és mészállapot*: a pH alatt egy adott hígítású szuszpenzió pH-ját értjük, míg a mészállapot a talajban lévő Ca mennyisége (CaCO_3 formájában), amely a talajszerkezetet határozza meg, s kedvezően hat más tulajdonságokra is. Mész hiány esetében elsavanyodásról beszélünk, amely kedvezőtlen tulajdonságok kialakulásához vezet (szerkezet vesztés, víz- és levegőháztartás romlás), nem lesz megfelelő élő- és termőhely.
7. *Szervesanyag készlet*: más néven humusztartalom. A humusz tulajdonképpen holt szerves anyagból fizikai és kémiai folyamatok útján képződő kolloid anyag, amely nagy fajlagos felületű és ioncserélő kapacitású. Mennyisége szintén pozitívan befolyásolja a talajtulajdonságokat.
8. *Termőréteg vastagsága*: azt jelenti, hogy a növényi gyökerek milyen mélyen tudnak lehatolni a talajba.
9. *Talajértékszám*: az egyes talajok termékenységét fejezi ki a legtermékenyebb talaj termékenységének %-ában (STEFANOVITS et al., 1999).

Az alkategóriák részletezésétől eltekintek, az eredmények szempontjából érdekes alkategóriákra az Eredmények fejezetben térek ki.

Az előzetes exploratív elemzések alapján az agyagásvány-összetételen kívül minden változó mutatott valamilyen korrelációt a gyülekezők jelenlétével, így azon kívül minden kategóriát felhasználtunk a modellezés során, amely összesen 88 változót eredményezett.

2.3.3 Költőterületek jelenléte

A gyűrűzési adatokból, valamint a 2009-ben műholdas jeladóval felszerelt madarak által nyert adatokból tudjuk, hogy a kék vércsék kirepülés után kóborolni kezdenek, gyakran több

ezer kilométerre lévő területeket járnak be (LÁZÁR, 2011). A költőterülettől való távolság azonban érdekes lehet az éjszakázó-helyek kialakulásának szempontjából is, hiszen a madarak jobban ismerik az adott terület tulajdonságait, adottságait, tisztában lehetnek azzal, hogy az adott hely megfelelő felkészülési lehetőséget biztosít-e számukra.

A költőterületek definiálásához a 2006 és 2009 között rögzített, kumulatív költési adatokat használtuk. Azért ebben az intervallumban, mert 2006 és 2009 mutatta a költő és gyülekező állomány a legnagyobb egységességet.

2.4 Adatok előkészítése

Az adatok előkészítésének minden lépését a Quantum GIS nevű térinformatikai szoftver, valamint Microsoft Excel táblázatkezelő segítségével végeztem.

Először is a stabil gyülekező szinkronok adatait vittem térképre, hogy később elhatárolható legyen, hol található éjszakázó-hely és hol nem. Ezután, ahogyan már korábban említettem, lehatároltam a mintaterületet, majd azt egy 10×10 km-es négyzethálával osztottam egységekre.

Ezt követően az AGRPTOPO, valamint a CORINE Land Cover adatbázis térképeit külön-külön, az előzőekben elkészített hálával kimetszettem, ezzel minden négyzethez külön-külön hozzárendeltem a benne található talajtani és felszínborítási adatokat. Ezzel a módszerrel könnyedén hozzájuthatunk a különböző változóink négyzeten belüli felszínborítási arányaihoz. Ezek az adatok .xls formátumban kinyerhetők a Quantum GIS-ből, így könnyedén szerkeszthetők Excelben.

A kapott táblázatot kimutatások segítségével alakítottam megfelelő elrendezésűvé, mely szerint minden négyzet külön sorban kapott helyet, s mellette megjelent, hogy melyik változó milyen arányban fordul elő a területén. Az ismert költőhelyeket ezek után szintén Quantum GIS segítségével rendeltem hozzá a mintaterült hálójához. Ez az információ jelenlét/hiány értékként jelenik meg a táblázatban az adott négyzet sorszámához tartozóan.

2.5 Modellezés

A modellezést R szoftver segítségével végeztem (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010), a tájskálájú elemzésekhez kifejlesztett BIOMOD 2 programcsomagot használva (THUILLER et al., 2012). Ebben a csomagban összesen 10 algoritmust lehet szimultán illeszteni az adatokra, melyek közül én a *Generalized Boosted Models (GBM)* illetve a *Random Forest (RF)* algoritmusokat választottam, elsősorban azért mert ezek a modellek teljesítettek a legjobban korábbi vizsgálatokban (FEHÉRVÁRI et al. 2012).

2.5.1 *Random Forest (RF)*

A *Random Forest* (véletlen erdő) tulajdonképpen egy együttes ('ensemble') rekurzív klasszifikációs tanuló algoritmus (BREIMAN, 2001), ami kifejezetten alkalmas a kis mintaelemszámú (n), de nagy változós számú (p) adatsorok elemzésére, mint pl. a génexpressziós tanulmányok (STROBL et al., 2008). A „véletlen erdő” elnevezés onnan származik, hogy a modell számos, döntési fát illeszt az adatokra.

A döntési fák rekurzív klasszifikációs algoritmusok, melyek úgy épülnek fel, hogy a megfigyeléseket dichotómikusan particionálják valamilyen kritérium rendszer (pl. valamilyen teszt statisztika) alapján, majd a particiókat rekurzív módon újra két csoportra osztják mindaddig, amíg homogén csoportok nem keletkeznek a fa végágain (FARAWAY, 2005).

Az *RF* a megfigyelésekből 'bootstrap' mintát vesz, majd úgy növeszt döntési fákat erre a mintára, hogy minden egyes fa belső csomópontjához (nódusz, ahol az adatok valamilyen változó alapján 2 felé ágaznak) egy véletlen magyarázó változó csoportot rendel, amelyek szerepelhetnek az elágazásban. Az így növesztett fa klasszifikációs képességét az ún. out of bag (oob) megfigyeléseken (melyek nem kerültek be a 'bootstrap' mintába) méri. Az *RF* pont e miatt a megközelítés miatt képes hatékonyan feltérképezni a magyarázó változók jelentőségét még azokban az esetekben is, ahol sok ilyen változó szerepel egy modellben. Továbbá fontos előnye, hogy gyakran jobb prediktív erővel bírnak az *RF*-ek, mint a hagyományos modellek.

Ebben a vizsgálatban minden esetben olyan *RF*-et használtam, ahol a növesztett fák száma 1000, és az egy nóduszhoz véletlenszerűen választott változók száma 30 db. volt. Az oob minták aránya 40% volt minden modell esetén.

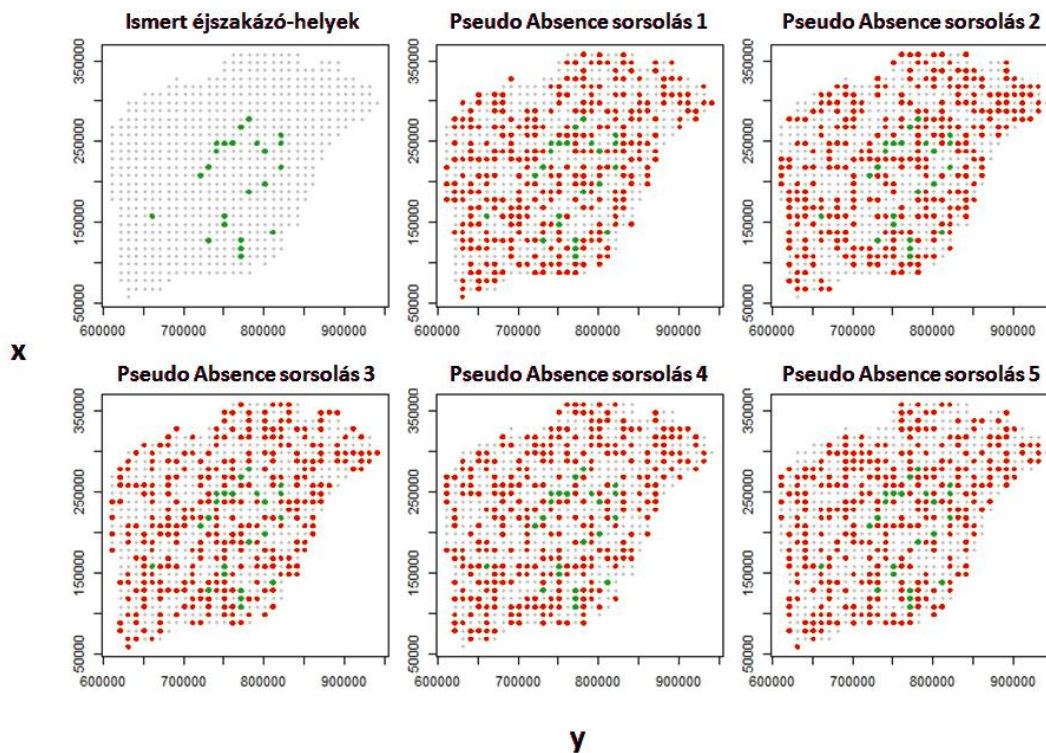
2.5.2 *Generalized Boosting Models (GBM)*

A *GBM*-ek (más néven Boosting Regression Trees) szintén a döntési fákon alapulnak, de egy merőben eltérő megközelítésben, mint az *RF*. A névben szereplő 'boosting' valójában egy modell pontosságot javító algoritmus, amely azon az egyszerű elven működik, hogy könnyebb sok, de durva szabályszerűséget megtalálni, mint egy cizellált finomra hangolt modellt (SCHAPIRE – FREUND, 2003) illeszteni. A 'boosting' eljárások során a modellt (a mi esetünkben döntési fát) egy iterációs eljárással illeszti a tanuló adatsorra (amely szintén egy véletlen minta a megfigyelésekből). Az iteráció során, megfelelő eljárásokkal az adatok azon része kerül modellezésre, amely információ tartalmát az előző iterációs lépésben kevésbé sikerült magyarázni. A mi esetünkben ez praktikusán úgy történik, hogy az első iterációs lépésben növesztett döntési fa reziduálisaira illesztünk egy második fát (második iterációs lépés), amely természetesen tartalmazhat más változókat is, mint az eredeti fa. A második fa

illesztésének kritériuma, hogy az alkalmazott modell prediktív teljesítményét mérő értékét (pl. deviancia) csökkentse. Vagyis a 'boosting' eljárás ebben az esetben egy olyan optimalizáló algoritmus, amely a modellek prediktív képességét maximalizálja. Ezek az iterációs lépések ismétlődnek sok százszor, vagy akár több ezerszer, míg egy végső *GBM* modellt kapunk (ökológiai problémákhoz készült bővebb leírásért lásd ELITH et al., 2008). A mi esetünkben olyan *GBM*-ek kerültek illesztésre, amelyekben 1000 iterációs lépést végeztünk.

2.5.3 *Mintavételi elrendezés*

Az SDM-ek függő változói többek között lehetnek csak jelenlét ('only presence'), csak hiány ('only absence') vagy jelenlét – feltételezett hiány ('presence – pseudo-absence') adatok is. A 'pseudo-absence' azt jelenti, hogy csak a faj jelenlétéről van információnk, arról nincs, hogy hol nincs jelen az élőlény. Ezt a megfogalmazást tipikusan madarak elterjedésének vizsgálata esetén célszerű használni (THUILLER et al., 2009). Ennek megfelelően a mi adatainkat is ún. 'presence-only' adatoknak tekintettük. Másképp fogalmazva, úgy véljük a minták jó eséllyel terheltek fals negatív adatokkal, amelyek könnyen torzíthatják a modellek illeszkedését, illetve a predikciós erejüket. Erre a problémára megoldás lehet, ha valamilyen módon többször véletlen mintát veszünk a 'pseudo-absence' mintákból, és ezekre külön-külön futtatjuk modelljeinket. A mintavétel módját elsősorban a célfaj biológiai tulajdonságaihoz kell adaptálni, tehát más eljárást érdemes használni szesszilis élőlények esetén, illetve ha könnyen terjedő mozgékony organizmusról van szó (THUILLER et al., 2009). A kék vércsék gyülekezője esetén a teljes random mintavételt választottam, hiszen elvben a madarak számára nincs a mozgásukat korlátozó fizikai akadály a mintaterületen. A 'pseudo-absence' adatokból összesen 5 alkalommal vettem mintát, úgy hogy a rendelkezésre álló 675 négyzetből 300 'pseudo-absence' négyzet, illetve a 23 jelenleg ismert gyülekezőt tartalmazó négyzet is bele került (5. ábra).



5. ábra – A fenti ábrák közül az elsőt a már ismert éjszakázó-helyeket láthatjuk, a többien pedig az öt 'pseudo absence' sorsolás eredményét. Utóbbira azért van szükségünk, mert nincs információnk arról, hogy hol nincs kék vércse gyülekező, így a modellezéshez nekünk kell kiválasztanunk olyan négyzeteket, amit aztán a modell úgy értelmez, hogy ott nincs éjszakázó-hely. Az ábrán a négyzetek helyett pontokat látunk, ami azért van, mert nem az egyes négyzeteket, hanem azok centroidjait ábrázoljuk, de a valóságban a megjelenített információ az adott négyzetre vonatkozik. A zöld pontok minden ábrán a jelenleg ismert éjszakázókat jelölik (23 db), a pirosak az adott sorsolás alkalmával kijelölt 'pseudo absence' négyzeteket (300 db), míg a szürke pontok a modellezésből kimaradó, de a mintaterület részét képező négyzeteket.

Az SDM-ek esetén az egyik legjobb megközelítés, ha egy adott területen („tanuló” terület) elvégezzük a modellek illesztését, és egy ehhez a területhez tulajdonságaiban nagyon hasonló másik területre („teszt” terület, ahol szintén ismert a függő változó, vagyis a modellezett objektum elterjedése) prediktálunk. A predikciók pontosságát ezután ellenőrizhetjük a teszt területen, és ez alapján lehet megítélni a modell predikciós erejét. A valóságban sajnos ez sokszor nehéz, mert ritka, hogy két hasonló tulajdonságú, de egymástól eltérő területen ismert legyen az elterjedés. Azokban az esetekben, amikor csak egy adott területen ismert az elterjedés gyakran használt megközelítés, hogy a területet két részre osztják, az egyiket „tanuló” míg a másikat „teszt” területnek használva. Ebben a vizsgálatban a kijelölt négyzetek 60%-át használtam „tanuló” míg a maradék 40%-ot „teszt” területnek. A négyzeteket véletlenszerűen sorsoltam egyik vagy másik kategóriába. Ezt a véletlen sorsolást összesen tízszer ismételt meg, minden sorsolt csoportra illesztve a használt modelleket.

A könnyebb érthetőség kedvéért az alábbiakban összefoglalom a modell futtatások elrendezését. Összesen 5 mintát vettem azokból a négyzetekből ahonnan nincs információnk arról, hogy van-e kék vércse gyülekező jelenlét. Minden ilyen mintába összesen 300 random 'pseudo-absence' megfigyelés került. Minden kiválasztott 'pseudo-absence' mintát további 10 alkalommal véletlenszerűen felosztottam 60:40 arányban, és minden esetben a 60%-án az adatoknak illesztettem az *RF* és *GBM* modelleket, míg a fennmaradó 40%-on a modellek predikciós erejét mértem. Így összesen 50 *RF* és 50 *GBM* futtatás együttes eredményeit használtam a prediktálásokhoz.

2.5.4 Együttes modellezés, és predikció

A BIOMOD 2 csomag egyik legnagyobb előnye, hogy ún. 'ensemble' modell illesztést tesz lehetővé. A fent vázolt modell futtatási elrendezéséből kiderül, hogy összesen 100 különálló modell készült el. Egy logikus gondolat lehetne, hogy ezek közül a legjobban teljesítő modellt használjuk a teljes területre való prediktálásra, de így egyrészt a többi modell által feltárt mintázatokat elhagynánk, másrészt nem vennénk figyelembe a két féle véletlen sorsolási elrendezés ('pseudo-absence' sorsolás, adatok 60:40 arányba való felosztása) okozta bizonytalanságot. Az 'ensemble' modell építés lényege, hogy a különálló modellekből egy 'ensemble' (együttes) modellt lehet illeszteni (ARAÚJO – NEW, 2007). Az 'ensemble' modell esetén a modelleket különböző illeszkedési paraméterek alapján súlyozza, majd a predikciók elkészítéséhez a modellek súlyozott „szavazatait” használva kerül elkészítésre a végső elterjedést prediktáló térkép. Az általunk használt illeszkedés paraméterek az Area Under the relative operating characteristic Curve (AUC) (BRADLEY, 1997), illetve a True Skill Statistic (TSS) (ALLOUCHE et al., 2006). Az 'ensemble' modellek elkészítése esetén kizártuk azokat a modelleket, ahol az AUC érték, vagy a TSS érték alacsonyabb volt, mint 0.7.

Az 'ensemble' modellek előnye, hogy képesek ugyanúgy prediktálásra, mint a különálló modellek, mégpedig úgy, hogy egy adott mintanégyzetre prediktált jelenlét valószínűségét súlyozzák a modell prediktív erejével. A könnyebb érthetőség kedvéért jelen dolgozatban nem a prediktált valószínűségeket közlöm, hanem az ezekből meghatározott prediktált jelenlét/hiányt. Ez utóbbi esetben a prediktált valószínűségeket egy küszöbérték mentén ketté vágtuk, ami a határérték alatt van ott úgy tekintettük, hogy nincs prediktált jelenlét, ami fölötté van ott úgy tekintettük, hogy van. Azt a küszöbérték választottuk, amely mentén a TSS érték maximális (FEHÉRVÁRI et al., 2012).

2.5.5 *Változók hatásának becslése*

A BIOMOD munkakörnyezet lehetőséget kínál arra, hogy a modellekben szereplő változók relatív szerepét a modellekben értékelhessük, melyet Variable Importance Measure-nek (VIM) neveznek (THUILER, 2009). Megtévészto, hogy a *RF* modellek esetén is van egy hasonlóan nevezett paraméter (STROBL et al., 2008, NICODEMUS et al., 2010), de a BIOMOD környezetben a VIM jelentése ettől gyökeresen eltér. Itt, a VIM érték számolásának a logikája a következő: minden modellben, minden változót egyenként permutálnak, és ezzel a permutált változóval is illesztik a modellt (a többi magyarázó változó eközben változatlan marad). Pearson korrelációt számolnak az eredeti, illetve a permutált változót tartalmazó modell illesztett értékei között, és ha a korrelációs koefficiens magas (vagyis a permutált változó nem torzítja nagyban a becslést), akkor a VIM érték alacsony, míg fordított esetben magas (THUILLER et al., 2009).

Ennek a VIM érték számolásnak nagy előnye, hogy nem függ a modellek típusától, és ha standardizálásra kerülnek, akkor futtatások között is összehasonlíthatók. A jobban érthetőség kedvéért csak az 'ensemble' modellek VIM értékeit közlöm az Eredmények fejezetben.

2.5.6 *Modell illesztések 2 megközelítésben*

A fent leírt modellezési eljárást összesen két egymáshoz hasonló adatsoron valósítottam meg. Az első esetben a sok környezeti változó mellett bele vettem a költés jelenlétét is a magyarázó változók közé. Ez a megközelítés több szempontból aggályos, elsősorban a megfigyelői torzítás okozhat problémát, hiszen az adatokat szolgáltató közel 70 ember, elsősorban azokon a területeken keresi a gyülekezőket, ahol jó eséllyel talál madarakat. Ezek a területek természetesen közel esnek a költő területekhez. Ennek ellenére fontos biológiai jelentősége is lehet ennek az egy változónak, hiszen elképzelhető hogy a madarak a költőterületek közelében alakítják ki gyülekezőiket, hiszen ezeken a területeken jobban ismerhetik a táplálkozásra alkalmas foltokat.

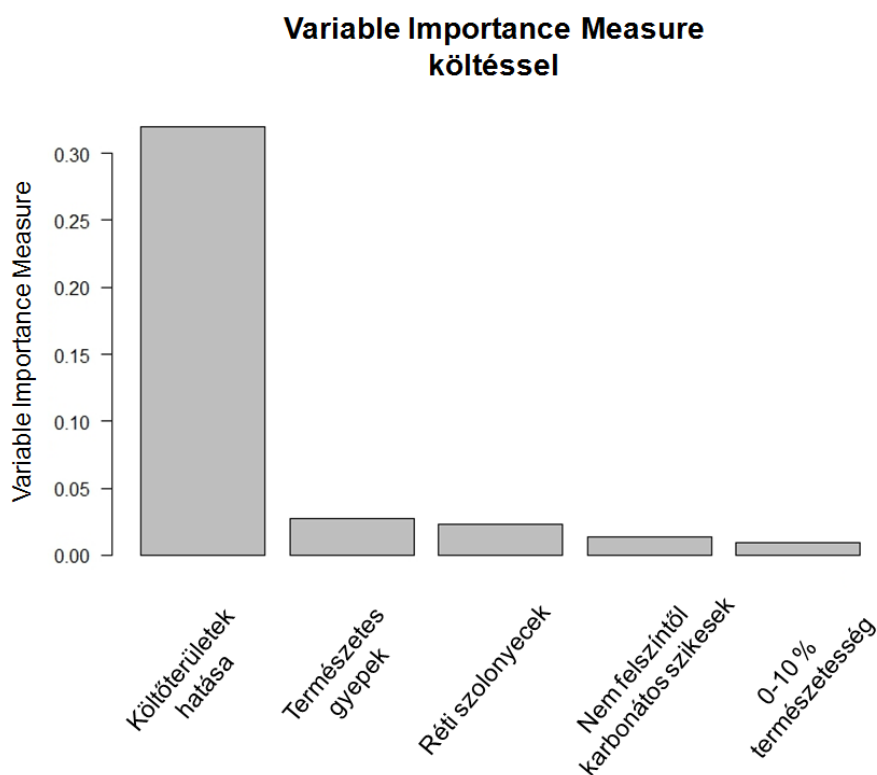
A második modell futatáskor kihagytam a magyarázó változók közül a költést, elsősorban azért, hogy a fent említett hatásokat kizárva, olyan predikciót készítek, amely csak a környezeti tényezőkre hagyatkozva prediktál kék vércse éjszakázó-helyet.

3. Eredmények

3.1 Variable Importance Measure

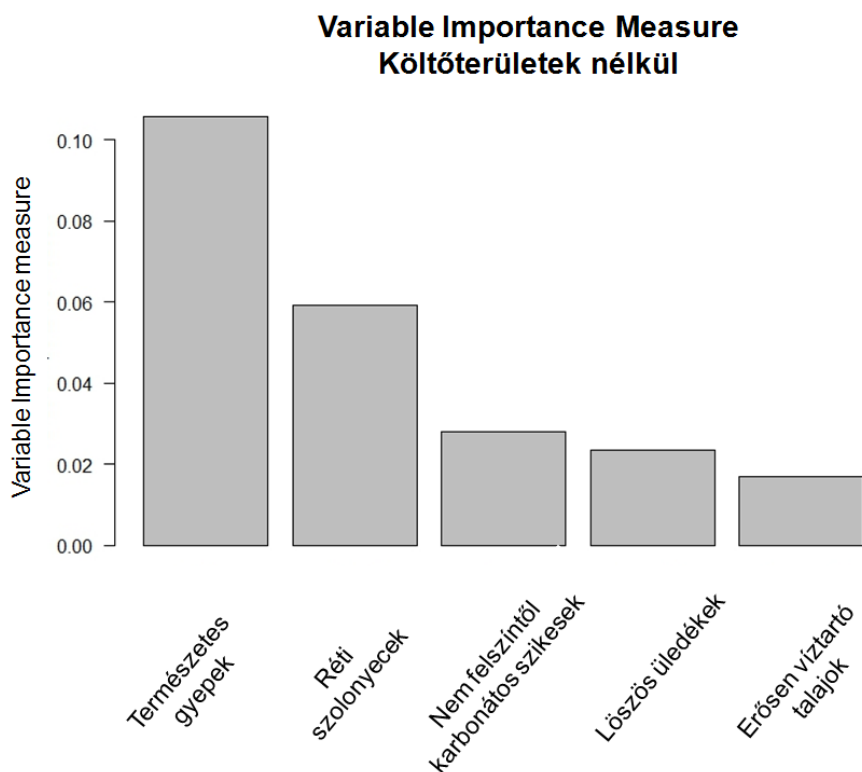
Mint azt az előző fejezet végén említettem, a BIOMOD környezet egyik nagy előnye a VIM (Variable Importance Measure), melynek segítségével meghatározhatjuk a leginkább befolyásoló változókat.

Abban az esetben, amikor figyelembe vettük a költőhely jelenlétét (6. ábra), akkor a legfontosabb változónak maguk a költőhelyek bizonyultak. Ezt követően befolyásoló hatással bír a természetes gyepek jelenléte, valamint különböző talaj paraméterek. A talajtípusok közül a réti szolonyecek, a talajtulajdonságok közül pedig a nem felszíntől karbonátos szikesek tűnnek meghatározónak. Érdekes eredmény, hogy az ötödik legfontosabb paraméternek egy talajértékszámot, a legkevésbé természetes talajokat mutatja a modell. A talajértékszám a talajok természetességét mutatja a legtermékenyebb talaj termékenységének százalékában.



6. ábra – A VIM egy eszköz, melynek segítségével megtudhatjuk, hogy az adott modellben mely magyarázó változók játsszák a legfontosabb szerepet a függő változó meghatározásában (itt az első öt). Jelen esetben magyarázó változóink az Agrotopo adatbázis talajtulajdonság paraméterei, a CORINE Landcover 2006 élőhely-térkép élőhely-típusai, valamint a költőhelyek jelenléte, függő változóink pedig az éjszakázó-helyek. Modellként *RF*-et és *GBM*-et használtunk, s ezek átlagos Variable Importance értékeit mutatja az ábra.

Abban az esetben azonban, amikor a költőhelyek hatását kivesszük a modellből eltérő képet kapunk (7. ábra). Ebben az esetben a természetes gyepnek tűnik a leginkább befolyásoló hatásúnak, s ezt követi a réti szolonyecnek, majd a nem felszíntől karbonátos szikések hatása. Úgy tűnik, hogy ezen kívül a löszös üledékek, valamint a rossz vízgazdálkodású, erősen víztartó talajok vannak hatással az éjszakázó-helyek kialakulására.



7. ábra – A 6. ábrával megegyező jelentésű ábra, mely annyiban tér el az előzőtől, hogy ebben magyarázó változók között csak a környezeti paraméterek szerepelnek. Független változó továbbra is a gyülekezők elhelyezkedése (tehát a költőterületek hatását figyelmen kívül hagytuk). Modellként ebben az esetben is *RF*-et és *GBM*-et használtunk, s ezek átlagos Variable Importance értékeit ábrázoltuk.

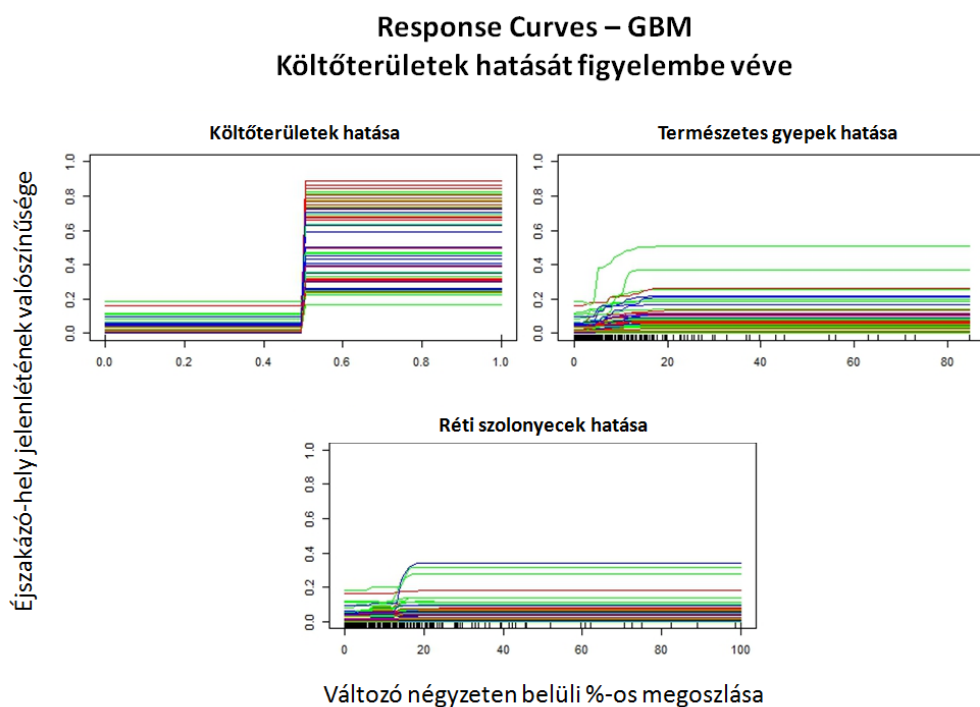
3.2 Response curves

A 'response curves' (hatásgörbék) a változók hatásának mechanizmusát mutatják, ráadásul a többi változótól függetlenül. Az ábrákon az x tengelyen egy adott változó négyzetes belüli százalékos megoszlását láthatjuk, az y tengelyen pedig az éjszakázó-helyek jelenlétének valószínűségét. Magán az ábrán tehát azt mutatja, hogy ha egységnyivel növeljük az adott változó mennyiségét, az hogyan befolyásolja a gyülekezők kialakulásának valószínűségét (ELITH et al., 2005).

A VIM által mutatott eredmények alapján az első három legfontosabb változót ábrázoltam ezzel a módszerrel, *Generalized Boosted Model* (8. és 10. ábra) és a *Random Forest* (9. és 11. ábra) esetén, a költőhelyek befolyásoló hatását figyelembe véve és a nélkül is.

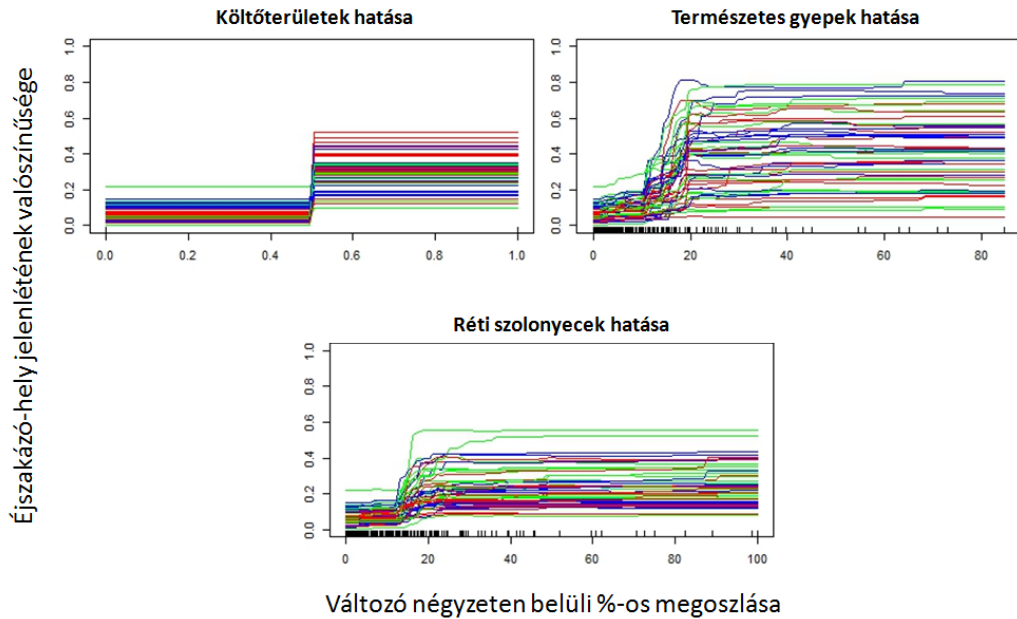
Az egyes ábrákon a futtatott összes modell hatásgörbéje szerepel (50 db), a színek azonban csak az elkülönítést segítik, nem pedig valamilyen csoportosítás eredményét mutatják.

Jól látható, hogy a gyülekezők jelenléte, valamint az ábrázolt magyarázó változók között pozitív kapcsolat mutatható ki.



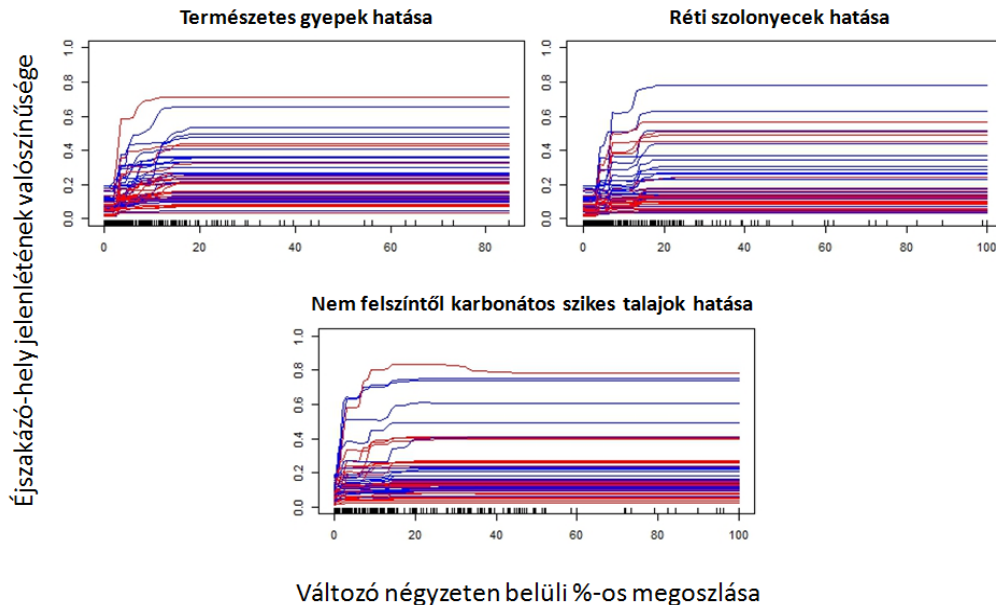
8. ábra – A 'response curve' ábrák esetében azt láthatjuk, hogy egy adott (ábrázolt) változó a többitől függetlenül, hogyan befolyásolja az éjszakázó-helyek kialakulását. Ezen az ábrán a költőterületek hatását figyelembe vevő *Generalized Boosted Model* eredményét láthatjuk, melyben magyarázó változóként az Agrotopo adatbázis különböző kategóriáit, a CORINE Landcover 2006 élőhely-térkép élőhely-típus kategóriáit, valamint a költőhelyek befolyásoló hatását vettük figyelembe. Független változónk a gyülekezők elhelyezkedése. Az ábrán a lefuttatott összes modell eredménye látható, a színek azonban nem csoportokat jelölnek, csak az elkülönítést igyekeznek segíteni.

Response Curves – RF Költőterületek hatását figyelembe véve



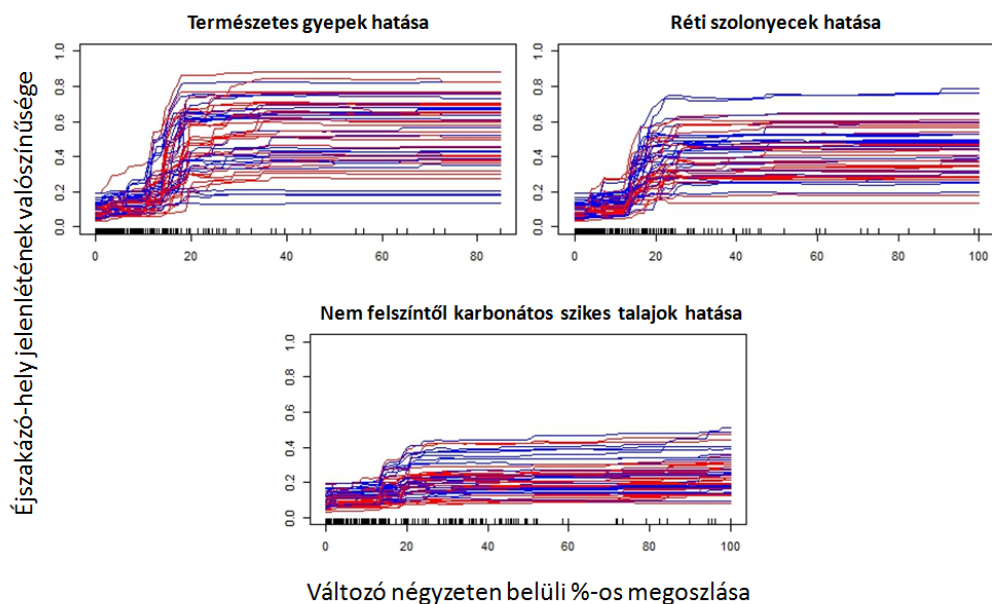
9. ábra – A 8. ábra alatt már ismertetett ábra látható, azonban ebben az esetben *Random Forest* modell használata esetén. A függő és magyarázó változók megegyeznek az előző ábrán látottakkal. A különböző színek itt sem képeznek csoportokat, csak az egyes modell eredmények elkülönítését igyekeznek segíteni.

Response Curves – GBM Költőterületek nélkül



10. ábra – Ahogyan a 8. és 9. ábrán, itt is egy' response curve'-öt látunk. Modellként a *Generalized Boosted Model*-t használtuk, függő változónk azonos a korábban említettel, azonban a magyarázó változók közül kihagytuk a költőterületek elhelyezkedését, vagyis figyelmen kívül hagytuk azok befolyásoló hatását. A színek itt is az elkülönítést segítik.

Response Curves – RF Költőterületek nélkül



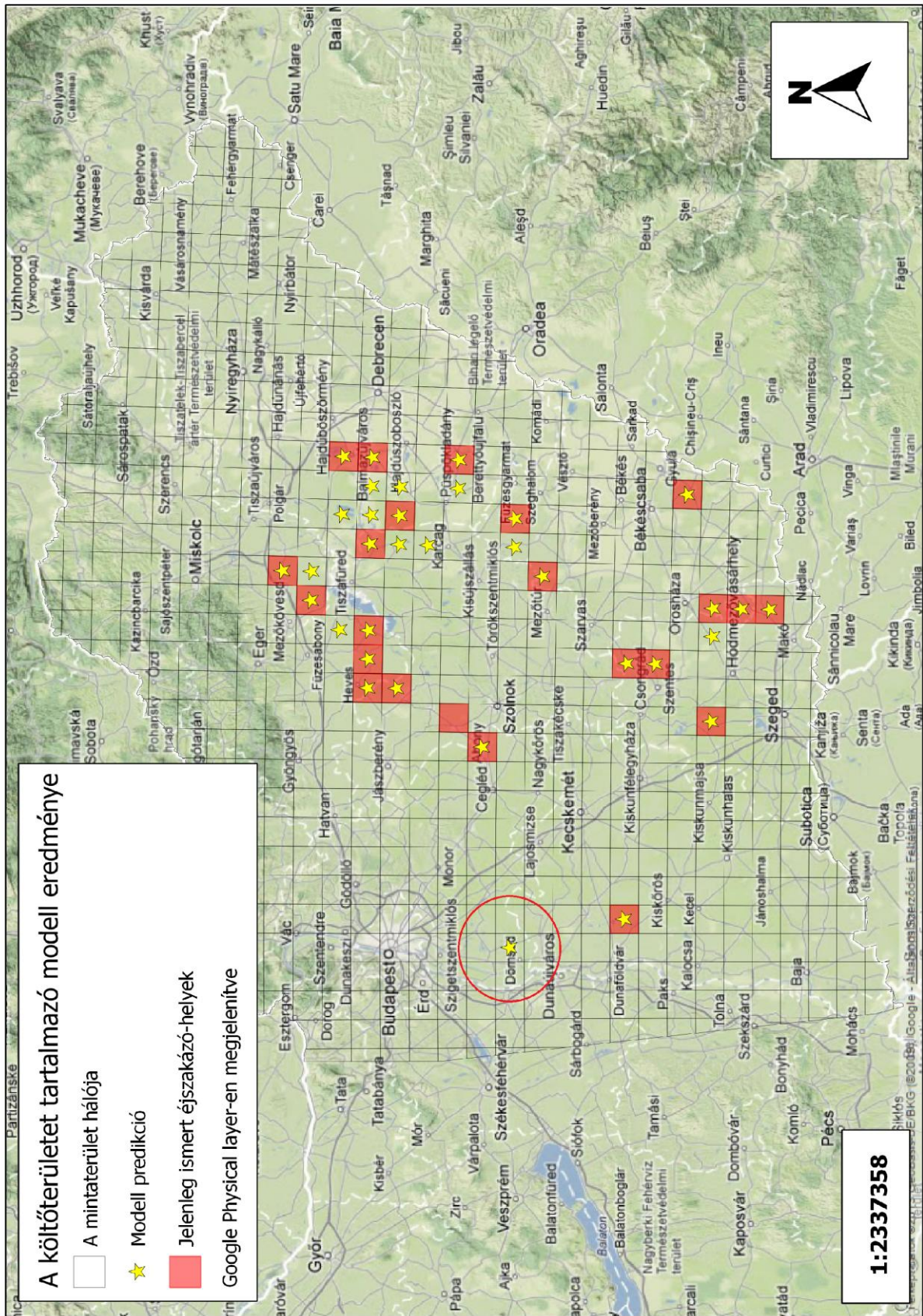
11. ábra – A 10. ábrán szereplő 'response curve'-vel megegyező ábra, de itt nem *GBM*, hanem *RF* modell használatával. A költőterületek befolyásoló hatását itt is figyelmen kívül hagytuk. A színek továbbra sem csoportképzők.

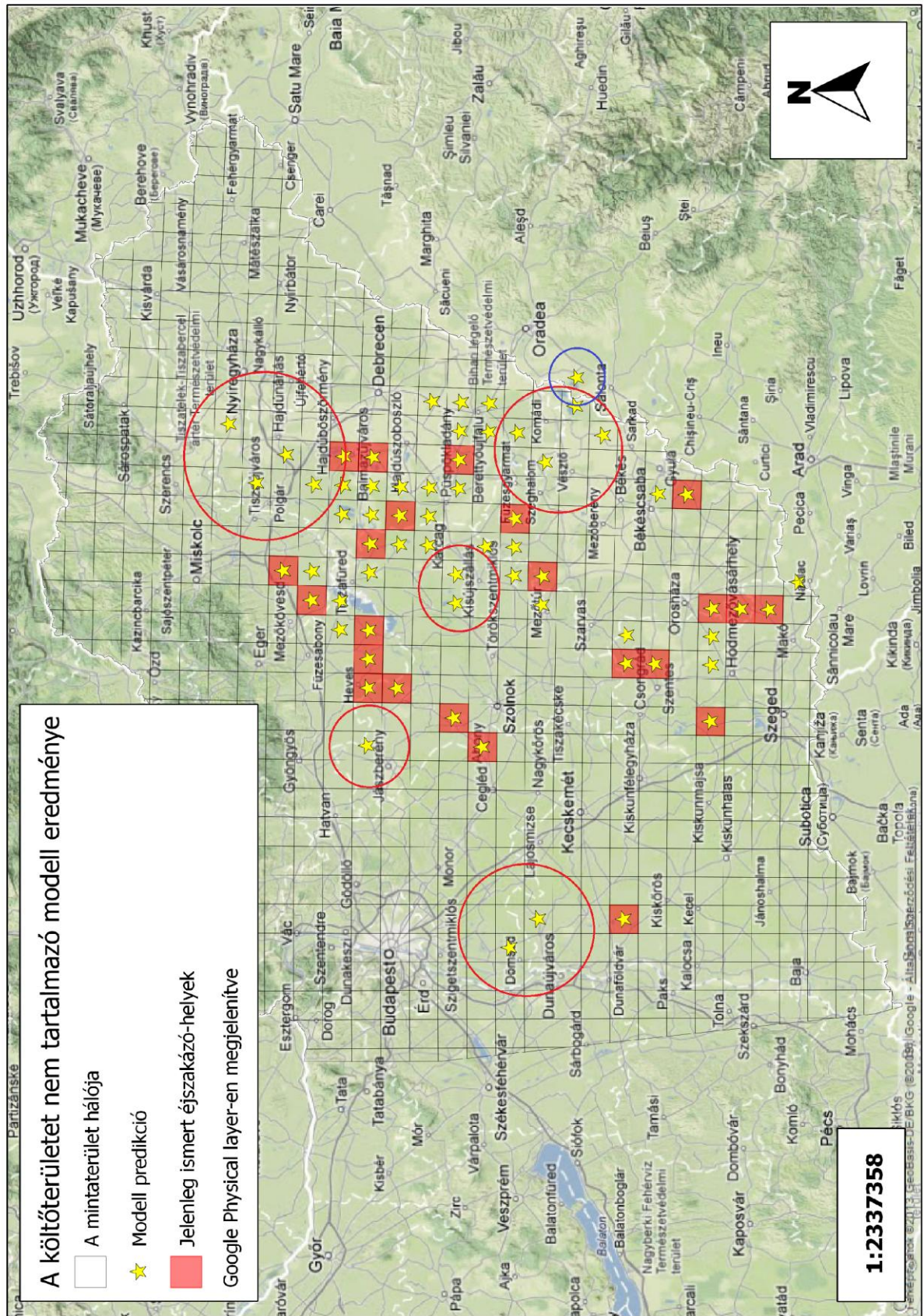
3.3 Predikciók

A modell predikcióit Quantum GIS szoftver segítségével jelenítettem meg a térképen. Így egy ábrán tudtam ábrázolni azokat az éjszakázó-helyeket, melyek már eddig is ismertek voltak (piros négyzetek), illetve azokat, melyeket a modellünk prediktál (sárga csillagok).

Külön ábrán jelenítettem meg a költőhely figyelembevételével készült modell (25. oldal) és a költőhelyet nem tartalmazó modell eredményeit (26. oldal).

Az ábrákon piros körrel jelöltem az új gyülekező-hely predikcióként felfogható négyzeteket, míg kék színnel a műterméket. Ezeken a képeken már nem jelenítettem meg külön a költőhelyeket, hiszen minden eddig ismert és most becsült éjszakázó-hely négyzetében található költőhely.





4. Diszkusszió

Kutatásunk során a már jól ismert kék vércse éjszakázó-helyek elhelyezkedésének mintázata alapján próbáltunk új potenciális helyeket prediktálni Magyarország alföldi területeire. Két modellt építettünk, az egyikben figyelembe vettük a költőterületek befolyásoló hatását, a másodikban elhanyagoltuk azt.

Abban az esetben, amikor a költőterületek elhelyezkedése is szerepet kapott a modellben (116 magyarázó változó), akkor az eredmények közül egyértelműen ez került ki a leginkább befolyásoló tényezőként. A CORINE Land Cover 2006-os adatbázis által természetes gyepként definiált kategória követi a költőhelyek hatását, majd ez után jön a réti szolonyekek és a nem felszíntől karbonátos szikesek befolyásoló szerepe. Ezek persze mind tipikus alföldi jellemzők, azt pedig tudjuk, hogy a kék vércse tipikus pusztai madár faj. Azonban ezek a modellek a számukra megadott tényezőket kombinálják, s ez alapján prediktálják a jelenléteket. Ebben az értelemben (116 változó együttes előfordulását tekintve) pedig a mi Alföldünk is igen mozaikos tájnak számít. Érdekes az ötödik befolyásoló tényező, ami az alacsony természetességű talajokat jelöli.

Elmondható, hogy a 25. oldalon látható ábra szerint ez a modell jól illeszkedik az adatokra, hisz ahogyan az eredményekből megtudjuk, a költőterületek a rendelkeznek a legnagyobb befolyásoló hatással, s ennek megfelelően jól el is találja a jelenleg már ismert éjszakázókat, viszont új területeket nem nagyon prediktál.

Dömsöd közelébe jósol egy eddig le nem írt éjszakázó-helyet, de azt tudjuk, hogy abban a régióban is található költőhely és figyeltek már meg kisebb mennyiségű madarat pre-migrációs időszakban. Ezt az időszakosan megjelenő, illetve akár az éjszakát is ott töltő madarak azonban nem nevezhetők tradicionális gyülekezőnek. Az viszont, hogy a modell erre a területre is becsül éjszakázó-helyet érdekes lehet, s érdemes lesz a jövőben pre-migrációs időszakban végig járni a területet.

Az eredményekkel ellentmondóan viszont abban is biztosak lehetünk, hogy a költőhelyek nem gyakorolnak egyeduralkodó hatást, hiszen ahogyan azt a bevezetőben már említettem a Hevesi-síkon szoliter költésű, kis számú költőpár van jelen, ellenben a gyülekező időszakban igen nagy mennyiségű madár tartózkodik a területen.

A második modellben a költőhely befolyásoló hatásának kihagyásával csak a környezeti változók szerepét vizsgáltuk (115 változó).

Ebben az esetben a gyep tűnik a legnagyobb befolyással rendelkező változónak. Ezen kívül a réti szolonyec talajtípus, a nem felszíntől karbonátos szikesek és a löszös üledéken kialakult talajok a meghatározóak.

A réti szolonyec olyan talajtípus, aminek kialakulásában nagy szerepet játszik a talajvíz (felszín közeli helyzetű, rendszerint 1-3 m mélységben), hiszen a szikesedéshez szükséges Na-sókat ez szolgáltatja.

A talajok mészállapota (ezt alatt általában CaCO_3 -ot értünk) nagyon fontos a jó tulajdonságok, így a termékenység kialakítása szempontjából. A karbonát mentes talajok tulajdonságai hamar kedvezőtlené válnak, savanyodni kezdenek, elveszítik stabil szerkezetüket, kioldódnak a tápionok és kedvezőtlen élő- és termőhelyé alakulnak. A nem felszíntől karbonátos szikesek tehát nem tartoznak a jó termékenységű talajok közé (STEFANOVITS, 1999).

Az ötödik befolyásoló tényezőnek egy vízgazdálkodási kategória adódott, amik gyenge vízelnyelésű, igen gyenge vízvezető-képességű, erősen víztartó, tehát kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok.

Ennél a modellnél (26. oldal) láthatjuk, hogy sokkal több a prediktált négyzet, hiszen itt már nem a költőterületek hatását figyelembe véve, hanem azoktól függetlenül jelöli ki azokat. Új éjszakázó-helyként prediktál négyzeteket Jászberény, Nyíregyháza és attól nyugatra és dél-nyugatra eső területekre, valamint Kisújszállás és Vésztő közelébe is. Ezek a négyzetek kék vércse gyülekező szinkron mentes régiók voltak ez ideáig, tehát elképzelhető, hogy ezek valóban új területek.

Ezekből a modell eredményekből jól láthatjuk, hogy vélhetően azok a területek fontosak a madarak számára ebben az időszakban, ahol természetes gyepék találhatóak, olyan területek, melyeket valamiért nem volt érdemes feltörni (ennek oka lehet az adott gyepek értékessége és értéktelensége egyaránt).

Ha figyelembe vesszük az előzetes eredményeket, akkor szembetűnő lehet, hogy a korábbi lokális vizsgálat szerint (SZÉLES et al., 2010) a kék vércsék pre-migrációs időszakban nem kötődnek egyetlen élőhely-típushoz sem (bár ott is kiemelkedő volt a nyílt térségek szerepe), itt viszont azt az eredményt kaptuk, hogy a gyepék kiemelkedő jelentőséggel bírnak. Ez azért lehet, mert a korábban végzett vizsgálat lokálisan, egy gyülekezővel foglalkozott, amiből tehát azt tudtuk meg (egy megfigyelt gyülekező alapján), hogy a madarak nem használják ebben az időszakban a gyepéket. A mostani elemzésből viszont az derült ki, hogy tájskálán nézve viszont azon nagyon fontosak, tehát a gyülekező kialakulási helyét vélhetően meghatározza a természetes, nem feltört gyepék megléte. Ennek magyarázata lehet, hogy ezek a területek általánosságban kevésbé zavartak (nincs intenzív talajművelés, vegyszerezés vagy más természetellenes beavatkozás), nagyobb mennyiségű és diverzitású táplálékot tudnak fenntartani, vagy valamilyen eddig ismeretlen ok is állhat a háttérben.

Meg kell említenünk a 26. oldalon kék körrel jelölt négyzetet is, melyet szintén predikciónak jelöl a modell. Ez azonban egy műtermék, hiszen ahogyan láthatjuk a négyzetnek csak egy apró csücske található a mintaterületen, ami azt jelenti, hogy nem a teljes 10×10 km-es terület alapján becsült oda a modell.

A fentiekből úgy tűnik, hogy a kék vércse gyülekezők kialakulását tájskálán tekintve elsősorban (az adott változók közül) a gyepek jelenléte határozza meg. A költőterületek hatását figyelembe vevő modell szerint a költőhely is nagy hatással van az állatokra, ami persze egyrészt a gyepek hatását is erősíti, másrészt viszont ezeket a területeket az ott költő, vagy ott felnevelődő madarak jobban ismerik, tisztában vannak annak pozitív tulajdonságaival. Ezen kívül a költőterült nagy hatása azzal is magyarázható, hogy a gyülekezőket kereső szakemberek leginkább azokban a régiókban keresik az éjszakázó-helyeket, illetve a gyülekező madarakat, ahol azok költési időszakban előfordulnak. Könnyen előfordulhat azonban az is, ahogyan a hevesi példából is láthatjuk, hogy nem feltétlenül ott alakul ki gyülekező, ahol a nagy költőtelepek találhatóak.

Érdekes a tavalyi pre-migrációs időszak, ugyanis az ország területén, a korábbi évekkel ellentétben csekély mennyiségű madár éjszakázott. A román szakemberektől viszont tudjuk, hogy a romániai hegylábi területeken a megszokottnál jóval több madár volt jelen, amiből azt gondoljuk, hogy az általában hazánkban gyülekező madarak tölthették ott a felkészülési időszakot. Ennek valószínűleg az lehet az oka, hogy aszályos időben kiszáradnak a talajok, ami a növényzet, s azzal együtt az állatvilág eltűnéséhez is vezet. A rovarok, vagyis potenciális zsákmányállat hiánya eredményezheti a madarak országból való eltűnését. Ebben az esetben a talajok a vízmegtartó képességükön keresztül tudnak befolyásoló hatással lenni, ahogy az eredményeink utalnak is erre.

Összességében tehát elmondhatjuk, hogy bár tudjuk, hogy nem ezek a változók azok, melyek a legkarakteresebben írhatnak le egy a kék vércsék számára kedvező gyülekező-területet, azonban a modellek mégis képesek értelmezhető predikcióra, kimutatható a madarak jelenléte és a környezeti tényezők között kapcsolat.

Elképzelésünk szerint a nagy mennyiségű táplálék jelenléte lehet ebben az időszakban a legmeghatározóbb a madarak számára, ezért ezzel kapcsolatos adatok beszerzése, monitoring kidolgozása folyamatban van. Többek között próbálunk meteorológiai radar adatokat beszerezni, melyeket korábban már sikeresen használtak aeroplankton kimutatására (SHAEFER, 1976, CHAPMAN, 2003), amik a kék vércsék számára is fontos táplálékbaázist jelenthetnek. Ezen kívül egy országos kisemlős monitoring protokoll is kidolgozás alatt van, mely által becsülni tudjuk majd különböző területeken az elérhető pocok mennyiségét is.

Ezen kívül nagyon fontos lehet még a különböző viselkedések, szokások megfigyelése, felmérése, azonban ez egy olyan terület, amellyel ez idáig még nem igen foglalkoztak, az ilyen tulajdonságok csak nagyon nehezen mérhetőek.

Ez az elemzés egy elővizsgálatnak tekinthető, érdemes lesz az újabb környezeti vagy viselkedésbeli változókkal új modelleket illeszteni, amelyek vélhetően pontosabb eredményekhez vezetnek majd. E mellett szintén érdemes lesz megfelelő adatbázisok megjelenése esetén külföldi területeket is (Románia, Szerbia) bevonni az elemzésekbe.

Attól függetlenül, hogy nem a jelenleg használt változók a legjobbak, a modellek mégis találtak tájskálán (10×10 km-es négyzet) új területeket, ahol eddig még nem jártak szakemberek kék vércse gyülekező után kutatva.

Célunk nem az volt, hogy konkrét gyülekezőket találjunk, hanem az, hogy ilyen 10×10 km-es négyzeteken belülre jósoljunk éjszakázó-helyeket. Ennek főként gyakorlati jelentősége van, mivel a gyülekezők felderítése nem egyszerű feladat. A madarak ilyenkor főleg a felkészülésre koncentrálnak, tehát napközben szántókon, vagy magasan a levegőben táplálkoznak, míg alkonyatkor szinte hang nélkül húznak be az éjszakázó-helyeikre. Fontos tehát, hogy a terepen dolgozó szakemberek már a fenti eredményeket is tudják használni, s így kevesebb energia befektetéssel akár új gyülekezőket is találhatnak.

Ha e vizsgálatnak köszönhetően akár csak egy új éjszakázó-helyet sikerül felderítenünk, a befektetett munka már megtérül, hiszen a gyülekezők védelmének biztosítása elengedhetetlen a kék vércsék vonulásának sikeressége érdekében.

5. Összefoglaló

Szaktervezésben eddig ismeretlen kék vércse éjszakázó-helyeket próbáltam prediktálni különböző környezeti változók segítségével.

A kék vércsék a vonulást megelőző, ún. pre-migrációs időszakban éjszakánként összegyűlnek egy-egy nagyobb fán, illetve facsoporton, hogy együtt töltsék az éjszakát. Ebben az időszakban a madarak koncentrált jelenlétéről van szó (több száz, esetleg több ezer madár) egy konkrét területen, viselkedésük azonban egész más, mint a költési időszakban, ami nagyban megnehezíti az éjszakázó-helyek felderítését.

Első lépéseként kijelöltem a mintaterületet, mely Magyarország keleti területeit foglalja magában. Ezt felosztottam egy általam definiált 10×10 km-es négyzethálózattal, amin aztán ábrázoltam a 2006 és 2011 között szem elé került éjszakázó-helyeket. Ezt követően a hálót elmetsztem a CORINE Land Cover élőhelytérkép, valamint az MTA által készített Agrotopo talaj adatbázis adataival. Eredményül kaptam egy a mintaterület 675 négyzetének adatait tartalmazó adatbázist, melyből összesen 23 tartalmaz éjszakázó-helyet. Jelen esetben csak arról van információnk, hogy hol van ismert éjszakázó-hely, ezért az adatainkat 'presence only' adatoknak tekintettük (ennek részletezését lásd a dolgozatban).

Az elemzésekhez a *Random Forests*, valamint a *Generalized Boosted Models* algoritmusokat használtam. A modellezésénél két megközelítést alkalmaztam: a) az ismert kék vércse költőterületek befolyásoló hatását is figyelembevettem a környezeti paraméterek mellett, b) csak a környezeti változók hatását vizsgáltam.

Az eredmények azt mutatják, hogy a költőterületek, a természetes gyepek, valamint a réti szolonyec talajok jelenléte befolyásolja leginkább a kék vércse éjszakázó-helyek kialakulását. Abban az esetben, amikor a költőterületek hatását figyelmen kívül hagytam a természetes gyepek, valamint különböző talaj tulajdonságok tűnnek meghatározónak.

Ha figyelembe vesszük a költőhelyek hatását csak igen kevés új területet kapunk a már ismert éjszakázó-helyeken kívül. Viszont ha ezeket kihagyjuk az elemzésből, akkor összesen 10-12 új területet kapunk eredményül.

Egy korábbi vizsgálat eredményéből úgy gondoljuk, hogy a kék vércsék pre-migrációs időszakban nem használják a gyepeket, de tájskálán nézve úgy tűnik, hogy azok mégis igen hangsúlyos szerepet játszanak a gyülekezők kialakulásánál.

A kék vércse éjszakázó-helyek igen nagy természetvédelmi jelentőségűek, hiszen nagy mennyiségű madár koncentrált jelenlétéről van szó egy-egy területen. Védelmük érdekében teendő első lépés, hogy megtaláljuk ezeket az éjszakázókat, mely munkához remélhetőleg szaktervezés is hozzájárul.

6. Summary

I modelled the landscape scale distribution of Red-footed Falcon pre-migration roost sites based on various environmental variables.

These roost sites are formed typically at small patches of wood, bushes and are highly localized. Moreover, their behaviour remarkably deviates from that shown during the breeding period, thus finding these roost sites poses difficulties.

Initially I mapped all known traditional roost sites to an arbitrary created 10 × 10 km covering eastern Hungary. Then, I clipped the grid with the CORINE Land Cover and Agrotopo GIS databases, thus creating a dataset of 675 observations (cells) out of which 23 contained roost sites. The field methods applied do not allow to treat cells that do not contain roost sites as absences, therefore we treated our data as ‘presence only’. The methodology of analysing ‘presence only’ data is detailed in the thesis. I then used *Random Forests* and *Generalized Boosted Models* to model the relationship between environmental variables and Red-footed Falcon roost site distribution. I used two modelling approaches: a) all variables and the breeding distribution included and b) only environmental variables. This was necessary to avoid possible bias in observations made around breeding sites.

My results show that the breeding distribution has a prime role in explaining roost site distribution together with the relative cover of natural grasslands and solonets soils. When breeding distribution is left out, grasslands, and various low production soil types have the highest variable importance.

The predicted roost site distribution of the models that contain the breeding distribution show little deviation from already known sites. However when leaving out the breeding distribution, the predictions show a total of 10-12 new sites.

Red-footed Falcon roost sites have high conservation value as considerable number of birds may be prone to local or regional threatening factors. The most important step is to identify the location of these roosts, which is hopefully supported by my work described in the current thesis.

7. Irodalomjegyzék

- ALESTRAM, T.: 1990. Bird Migration. Cambridge University Press. Cambridge
- ALLOUCHE, O., TSOAR, A., KADMON, R. 2006. METHODOLOGICAL INSIGHTS - Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology*, 43. p. 1223-1232.
- ARAÚJO, M. B., NEW, M. 2007: Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology and Evolution*, 22.1. p. 42-47.
- ARCHER, K. J., KIMES, R. V. 2008. Empirical characterization of random forest variable importance measures. *Computational Statistics & Data Analysis*, 52.4. p. 2249-2260
- BAGYURA J. - PALATITZ P. 2004: Fajmegőrzési tervek, Kék vércse (*Falco vespertinus*). Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Természetvédelmi Hivatal
- BIJLEVELD, A., EGAS, M., VAN GILS, J. A., PIERSMA T. 2009: Beyond the information centre hypothesis: communal roosting for information on food, predators, travel companions and mates?. *Oikos*, 2.119. p. 277-285
- BORBÁTH P. - ZALAI T. 2005: Kék vércse (*Falco vespertinus*) őszi gyülekezése a Hevesi-síkon. *Aquila*, 112. p. 39-44.
- BRADLEY, A. P. 1997: The use of the area under the ROC curve in the evaluation of machine learning algorithms. *Pattern Recognition*, 30. 7. p. 1145-1159.
- BREIMAN, L. 2001: Random forests. *Machine Learning*, 45.1. p. 5-32.
- CHAPMAN, J. W., REYNOLDS, D. R., SMITH, A. D. 2003: Vertical-Looking Radar: A New Tool for Monitoring High-Altitude Insect Migration. *BioScience*, 53.5. p. 503-511
- CSÁNYI, V. 1994: Etológia. Nemzeti tankönyvkiadó, Budapest. p. 756.
- DE FRUTOS, A. - OLEA, P. P. - VERA, R.: 2006 Analyzing and modelling spatial distribution of summering lesser kestrel: The role of spatial autocorrelation. *Ecological Modelling* 200. 1-2. 33-44. p.

DE FRUTOS, A. - OLEA, P. P.: 2008 Importance of the premigratory areas for the conservation of lesser kestrel: Space use and habitat selection during post fledging period. *Animal Conservation*. 11. 3. 224-233. p.

DEL HOYO, J. 1994: Handbook of the birds of the World. Vol. 2. New World vultures to guineafowl. Lynx Edicions, Barcelona, Spain.

DELM, L. L. 1990: Vigilance for predators: detection and dilution effects. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 26.5. p. 337-342.

ELITH, J. FERRIER, S., HUETTMANN, F., LEATHWICK, J.R. 2005: The evaluation strip: A new and robust method for plotting predicted responses from species distribution models. *Ecological Modelling*, 186.3. p. 208-289.

ELITH, J., LEATHWICK, J. R., HASTIE, T. 2008: A working guide to boosted regression trees. *Journal of Animal Ecology* 77. 4. p. 802-813.

ELITH, J., LEATHWICK, J.R. 2009: Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40. p. 677–697.

ENGLER, R., GUISAN, A., RECHSTEINER, L. 2004: An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo absence data. *Journal of Applied Ecology*, 41. p. 263–274.

FARAWAY, J. 2006. Extending the Linear Model with R: Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models, Taylor & Francis, p. 312

FEHÉRVÁRI P.: 2008. Kék vércse (*Falco vespertinus*) élőhelyválasztásának tájleptékű elemzése. Diplomadolgozat – SZIE-ÁOTK

FEHÉRVÁRI P., SOLT SZ., PALATITZ P., BARNA K., ÁGOSTON A., GERGELY J., NAGY A., NAGY K., HARNOS A. 2012.: Allocating active conservation measures using species distribution models: a case study of red-footed falcon breeding site management in the Carpathian Basin. *Animal Conservation*, 15. 6. p. 648–657

FLACH, P. 2012: Machine Learning: The Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data. Cambridge University Press. p. 409. Cambridge.

FOSTER, W. A., THERENE, J. A. 1981: Evidence for the dilution effect in the selfish herd from fish predation on a marine insect. *Nature*, 293. p. 466-467.

GUISAN, A. - ZIMMERMANN, N.E.: 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modelling*. 135.2-3. 147-186. p.

GUISAN, A. & THUILLER, W. 2005.: Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8. p. 993–1009.

HIRZEL, A.H. & LE LAY, G. 2008.: Habitat suitability modelling and niche theory. *Journal of Applied Ecology*, 45. p. 1372–1381.

KOSTENKO, M. (2009). Inventory of the Breeding Population of Red-footed Falcons in Ukraine: Spring-Summer 2009 (unpublished report, in English). Project Report, Ukrainian Society for the Protection of Birds, Kiev.

LÁZÁR B. 2011: Hová vonulnak el a kék vércsék (*Falco vespertinus*) ősszel? TDK dolgozat – SZIE-ÁOTK

MARINI, M.N., BARBET-MASSIN, M., LOPES, L.E., JIGUET, F. 2009.: Predicted climate-driven bird distribution changes and forecasted conservation conflicts in a neotropical savanna. *Conservation Biology*, 23. p. 1558–1567.

NICODEMUS, K. K., MALLEY, J. D., STROBL, C., ZIEGLER, A. 2010: The behaviour of random forest permutation-based variable importance measures under predictor correlation. *BMC Bioinformatics*, 11.110. p.

ORLOWSKI, G., CZAPULAK, A. 2007.: Different extinction risks of the breeding colonies of Rooks *Corvus frugilegus* in rural and urban areas of SW Poland. *Acta Ornithologica*, 42.2. p. 145–155.

PALATITZ, P., S. SOLT, P. FEHÉRVÁRI, Á. EZER. 2008: Kékvércse-védelmi Munkacsoport 2008. évi beszámolója. *Heliaca*: 13-17.

PALATITZ P. – FEHÉRVÁRI P. - SOLT SZ. - BAROV, B.: 2009. European Species Action Plan for the red-footed falcon *Falco vespertinus*.

PALATITZ, P., FEHERVARI, P., SOLT, S., BORIS, B. 2010: European Species Action Plan for the Red-footed Falcon (*Falco vespertinus*, Linnaeus, 1766). BirdLife International.

- PARVIAINEN, M., MARMION, M., LUOTO, M., THUILLER, W., HEIKKINEN, R.K. 2009.: Using summed individual species models and state-of-the-art modelling techniques to identify threatened plant species hotspots. *Biological Conservation*, 142. p. 2501–2509.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM: 2010. R. A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. (www.R-project.org)
- RICHNER, H., MARCLAY C. 1991: Evolution of avian roosting behaviour: a test of the information centre hypothesis and of a critical assumption, *Animal Behaviour*, 41.3. p. 344-348.
- SONERUD, G. A., SMEDSHAUG, C. A., BRÅTHEN, Ø, 2001: Ignorant hooded crows follow knowledgeable roost-mates to food: support for the information centre hypothesis. *Proceedings of The Royal Society – Biological Sciences*, 268.1469, p. 827-831
- SCHAEFER, G. W. 1976: Radar observations of insect flight. *Symposia of the Royal Entomological Society*, 7. p. 157-197
- SCHAPIRE, R. E., FREUND, Y. 2003: Boosting: Foundations and Algorithms, MIT press. p. 526
- STEFANOVITS P., FILEP GY., FÜLEKY GY. 1999: Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- STROBL, C., BOULESTEIX, A-L., KNEIB1, T., AUGUSTIN, T., ZEILEIS, A. 2008. Conditional variable importance for random forests. *BMC Bioinformatics*, 9.307
- SZÉLES, ZS., FEHÉRVÁRI, P., PALATITZ, P., SOLT, SZ., BORBÁTH, P. 2010: Kék vércse gyülekezőkori élőhely-használatának és táplálék-összetételének elemzése a dél-hevesi régióban. *A DE MÉK Tudományos Diákköri Közleményei I.* Debrecen: Debreceni Egyetem, Mezőgazdasági, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar. p. 97-105.
- THUILLER, W., LAFOURCADE, B., ENGLER, R., ARAUJO, M. 2009: BIOMOD – a platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography*, 32. p. 369-373
- THUILLER, W., GEORGES, D., ENGLER, R. 2012: Ensemble platform for species distribution modeling
- TITEUX, N., DUFRENE, M., RADOUX, J., HIRZEL, A.H., DEFOURNY, P. 2007: Fitness-related parameters improve presence-only distribution modelling for conservation practice: the case of the red-backed shrike. *Biological Conservation*, 138. p. 207–223.

WARD, P., ZAHAVI, A. 1973: THE IMPORTANCE OF CERTAIN ASSEMBLAGES OF BIRDS AS "INFORMATION-CENTRES" FOR FOOD-FINDING. *International Journal of Avian Science*, 115.4. p. 517-534.

WRONA, F. J., DIXON, R. W. J. 1991: Group Size and Predation Risk: A Field Analysis of Encounter and Dilution Effects. *The American Naturalist*, 137. 2. p. 186-201

Köszönetnyilvánítás

Elsőként köszönöm a bátorítást, a sok segítséget és türelmet témavezetőimnek, Dr. Harnos Andreának és Fehérvári Péternek.

Köszönettel tartozom továbbá az MME Kék vércse védelmi munkacsoportjának, kiemelten Palatitz Péternek és Solt Szabolcsnak, hogy tanácsaikkal, észrevételeikkel segítették munkámat, s lehetőséget biztosítottak a projektekben való részvételre.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm a Nemzeti Parkok munkatársainak, tájegységvezetőknek, természetvédelmi őröknek, valamint minden önkéntesnek, hogy munkájukkal hozzájárultak az elmúlt 8 év adatgyűjtéséhez.