

Faállomány hatása a költő madárközösségre őrségi erdőkben

Mag Zsuzsa, V. évf. biológus

**Témavezető: Dr. Ódor Péter, ELTE Növényrendszertani és
Ökológiai Tanszék**

2007



Tartalomjegyzék

1. Összefoglalás.....	3
2. Bevezetés.....	4
3. Anyag és módszer	6
3.1. Kutatási terület bemutatása	6
3.2. Mintaterületek kiválasztása	6
3.3. Madárállomány adatok felvétele	7
3.4. Faállomány adatok felvétele.....	7
3.5. Felhasznált változók.....	7
3.6. Adatelemzés	8
4. Eredmények és értékelésük	10
4.1. Kompozíció	10
4.2. Regressziós modellek.....	14
4.2.1 Fajszám.....	14
4.2.2. Abundancia.....	20
4.2.3. Harkály abundancia.....	24
4.2.4. Fekete harkály (<i>Dryocopus martius</i>)	27
4.2.5. Csilpcsalpfüzike (<i>Phylloscopus Collybita</i>)	30
4.2.6. Kékcinege (<i>Parus caeruleus</i>)	34
4.2.7. Fenyvescinege (<i>Parus ater</i>).....	34
4.2.8. Széncinege (<i>Parus major</i>).....	36
4.2.9. Csuszka (<i>Sitta europea</i>).....	37
5. Kitekintés	39
6. Köszönetnyilvánítás	41
Irodalomjegyzék.....	42
Függelék	45

1. Összefoglalás

A faállomány, valamint a költő madárközösség kapcsolatát elemeztük az Őrségi Nemzeti Park területén. A faállomány mért változói a fák méret és fafaj szerinti megoszlásai, záródás, újulat, és a holtfa. A madárközösség vizsgált változói a fajszám, az egyedszám, egyes fajcsoportok fajszáma és/vagy egyedszáma (harkály egyedszám), és egyes fajok előfordulása (fekete harkály, csilpcsalpfüzike, kékcinege, fenyvescinege, széncinege, csuszka). Célunk olyan modellek építése, amelyek segítségével a madárállomány egyes változói becsülhetők a faállomány alapján.

A madárállomány felmérése a költési időszakban két alkalommal elvégzett pontszámlálással történt. A háttérváltozó-adatokat a mintaterületeinken belül kiválasztott 40*40 méteres négyzeteken belül gyűjtöttük. Az adatokat ordinációs módszerekkel (redundancia-analízis) és általános regressziós modellek építésével elemeztük.

Elemzéseink alapján a madárközösséget alakító legfontosabb faktoroknak az állomány kora (átlagos faegyedek mérete), a második gyertyán lombkoronaszint, újulati szint, és gypesszint tulajdonságai, a holtfa mennyisége, az állomány záródása, illetve az elegyfák és a lucfenyő aránya voltak. Az utolsóként felsorolt két változó kivételével a madárközösséget befolyásoló háttérváltozók szerkezeti jellegűek, elsősorban az állomány vertikális vagy horizontális szintjeinek meglétét és fejlettségét jellemzik. A madárközösség fajszámát az állományok strukturális és faji diverzitása (források sokfélesége), míg a madárközösség egyedszámát inkább a fák mérete (források mennyisége) határozta meg. Eredményeink alapján a harkályok a kisebb záródású, több álló holtfát tartalmazó, idős állományokban jelennek meg nagyobb számban. Az elemzett hat madárfaj esetében jellemző volt, hogy egy-egy faj egy-négy, viszonylag speciális szerkezeti elem meglétét igényelte.

Mind a madárközösség összetétele és fajgazdagsága, mind az egyes fajok előfordulása esetében az állományok kora ill. a fák mérete az egyik leglényegesebb faktor. A madárközösség szempontjából számos olyan szerkezeti elem bizonyult fontos tényezőnek, amelyre a ma elterjedt nagyüzemi vágásos erdőgazdálkodás homogenizáló hatása negatívan hat (pl. nagy fák jelenléte, vertikális szerkezeti diverzitás, heterogén lombkorona, holtfa). Kutatásunk azért is időszerű, mert az utóbbi tíz évben számos, zárt erőkhöz kötődő madárfaj állománya csökkenő tendenciát mutat élőhelyük látszólagos megléte ellenére, így különösen fontossá válik pontos ökológiai igényeik feltárása.

2. Bevezetés

Kutatásunk a faállomány egyes tulajdonságainak hatását vizsgálja az erdeinkben költő madárfajok előfordulására, illetve a költő madárközösségek szerkezetére és diverzitására. Egyrészt arra a kérdésre keressük a választ, hogy melyek a faállományt jellemző változók közül a madárközösséget leginkább befolyásoló faktorok, másrészt hogy a faállomány, holtfa és fényviszonyok egyszerű változói alapján mennyire predikálható egyes fajok jelenléte, illetve egyes fajcsoportok faj ill. egyedszáma.

A hasonló témájú külföldi kutatásokból jól látszik, hogy az erdei költő-madárközösségek szempontjából az erdő mely sajátságai legfontosabbak. Több faj illetve fajcsoport esetében (elsősorban harkályfajoknál, de számos odúlakó kistestű rovarevőnél is) ismert az álló és/vagy fekvő holtfa szerepének fontossága (Török 1987, Török 1992, Haraszthy 1984., Sandström 1992, Mikusinski & Angelstam 1997, Sachslehner 1995). A holtfa e fajok esetébe egyrészt mint táplálkozóhely, másrészt mint a költésre alkalmas odúk alapja szerepel (Fuller 1995). A cserjeszint fontossága is számos faj, pl. rigók, egyes poszátafajok, vörösbegy, ökörsem esetében ismert (Camprodon & Brotons 2006, Moskát et al. 1988). Ezek a fajok zömmel a cserjeszintben táplálkoznak, de közülük több fészket is a cserjeszintben rakja (Fuller 1995). Más fajok esetében a vizsgálatok a nagy faegyedek meglétének, illetve az idős állományoknak a fontosságát hangsúlyozzák (pl. a nagy testű harkályfajok esetében: Johnsson 1993) Úgy tűnik a madárközösség szempontjából meghatározó tényező még a faállomány elegyessége is, különösen a puhafák mennyisége. Ez utóbbiak táplálkozóhelyként, és odú-készítésre alkalmas szubsztrátként is fontosak, pl. számos harkályfaj esetében (pl. Long 1998, Kosinski et al. 2006). Megállapítható, hogy sok esetben a faállomány szerkezete, egyes szerkezeti elemek (pl. cserjeszint, nagy faegyedek, lékek, álló holtfák, lombkorona színtezettsége) a madárközösség szempontjából fontosabbnak tűnnek, mint annak faji összetétele (Rice et al. 1984, Delong et al. 1995, Moskát et al. 1993, Walliczky 1991) Több szerző hangsúlyozza a táplálkozási helyek, és így valószínűleg a táplálékbőség diverzitását eredményező vertikális színtezettség fontosságát (Székely & Moskát 1991, Török 1992, Fuller 1995). Egyre több tájökológiai szemléletű írás jelenik meg, melyek a szegélyek hatását ill. az összefüggő erdővel borított foltok méretének és átjárhatóságának szerepét vizsgálják egyes madárfajok esetében (pl. Büttler et al. 2004, Bani et al. 2006). Ezek alapján úgy tűnik, hogy számos erdei madárfaj számára (pl. több harkályfaj, és cinegék esetében is ismert ilyen jellegű összefüggés) létfontosságú a megfelelő méretű, összefüggő és megfelelő minőségű élőhely foltok megléte. Általában elmondható, hogy e témakörben több kutatási eredmény származik a boreális régió országaiból, illetve Észak-Amerikából, így, bár általános következtetések számunkra is hasznosak, a nálunk előforduló erdőtípusokról és madárfajokról nemzetközi szinten is kevesebb a rendelkezésre álló adat.

Magyarországon, kevés tanulmány kivételével (pl. Winkler 2005) elsősorban Moskát Csaba végzett hasonló témájú vizsgálatokat a kétszeri pontszámlálás módszerét alkalmazva (pl. Moskát & Székely 1987, Moskát et al. 1988, Moskát 1991, Moskát & Fuisz 1992). Az ilyen típusú vizsgálatok alacsony száma azzal magyarázható, hogy a madarak mintavételezéséhez képest a faállományt leíró háttérváltozók mérése munkaigényesebb. Jelen tanulmány egy több élőlénycsoportra kiterjedő kutatás részét képezi, amelynek keretében lehetőség nyílt a faállomány jellemzők intenzív, kvantitatív mérésére. Ez lehetővé teszi a madárközösségek biológiai sajátságait jól indikáló faállomány változók mennyiségi elemzését.

A madarak elterjedési viszonyairól, állományaiknak alakulásáról a legtöbb élőlénycsoporthoz képest meglehetősen sokat tudunk. Ennek oka, hogy kedveltségük, jó megfigyelhetőségük folytán mindig is a figyelem középpontjában álltak. Szerencsés tény ez

azért, mivel általában az életközösségekben fontos és változatos pozíciókat töltenek be (sokszor csúcsragadozók, kulcsfajok, stb.), így indikátorokként szolgálhatnak a közösségekben zajló folyamatok észlelésében (indikátorfajok ill. esernyőfajok egyben), sőt, kedveltségük folytán egyben kirakattfajokként is működnek a természetvédelem szolgálatában (*Standovár and Primack 2001*).

Magyarországon a költő madarak állományainak monitorozását a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület Monitoring Központja koordinálja. A hazai ritka vagy telepeseen költő madárfajok állományainak nyomon követését az egyes fajokra adaptáltan végzik, a gyakori költő madárfajaink állományainak alakulását pedig, ma már lassan 10 éve, a Mindennapi Madaraink Monitoringja (MMM) program követi nyomon. Hazánkban így elmondható, hogy az egyes ritkább illetve gyakoribb, erdőkhöz kötődő madárfajok elterjedése, állományaiknak nagysága meglehetősen pontosan ismert és nyomon követett. Míg azonban viszonylag sokat tudunk előfordulási viszonyaikról és gyakoriságukról, meglepően keveset arról, hogy az egyes fajok elterjedését milyen tényezők befolyásolják elsősorban. Hazánkban sok ismeret áll rendelkezésre arról, hogy az egyes, erdőkhöz kötődő madárfajok milyen erdőtípusokban fordulnak elő, de kevés arról, hogy ezen erdők mely tulajdonságai a legfontosabbak, vagy éppen nélkülözhetetlenek az egyes fajok számára. Mivel egész Európában jellemző tendencia, hogy egyes madárfajok állományai erős csökkenést mutatnak élőhelyeik látszólagos megléte ellenére, az ilyen típusú kérdések létjogosultsága manapság igen megalapozott. A hazai MMM program eddigi eredményei is azt mutatják, hogy több, zárt erdőkhöz kötődő madárfaj állományai erőteljes csökkenést mutattak az utóbbi 7 évben, ezért a kérdés hazánkban is igen aktuálissá vált (*Nagy et al. 2006*).

3. Anyag és módszer

3.1. Kutatási terület bemutatása

Mintaterületeink az Őrségben és a Vendvidéken, az Őrségi Nemzeti Park területén elszórva találhatók. A táj sok tekintetben a Dunántúl és az Alpok közötti átmenetnek tekinthető, a tőle Keletre elterülő Zalai-dombságnál és Göcsejnél hűvösebb és csapadékosabb (évi középhőmérséklet 9.1 °C, évi csapadékmennyiség 800 mm (*Ódor 1997*)).

Ezen a tájon a 19. század közepéig általánosan elterjedt irtásos gazdálkodás az erdők tápanyagban való elszegényedéséhez és a talaj kilúgozódásához, összességében a pionír jellegű erdők, és a tűlevelűek térhódításához vezetett. Azóta ez a gazdálkodási mód szinte teljesen megszűnt, az erdők jelentős részén kisparaszti szálaló erdőgazdálkodás folyik, melynek jelentősége a 20. század közepe óta a helyi népesség csökkenésével, az állattartás háttérbe szorulásával és az erdőterületek államosításával folyamatosan csökken. Mégis, az országban egyedülálló módon, a Vendvidék területén sok helyen még ma is megmaradt ez a művelési forma, de emellett a nagyüzemi erdőgazdálkodás térhódítása jellemző. Az utóbbi másfél évszázad eseményei két fő irányban okoztak változásokat az erdőkben: egyrészt az irtásos erdőgazdálkodás megszűntével nőtt a lombos (klimax típusú) erdőtársulások aránya, másrészt megjelent a nagyüzemi, vágásos erdőgazdálkodás a területen, annak minden következményével együtt (*Tímár et al. 2002*).

A táj környezeti és növényföldrajzi adottságai, múltja és a jelen kor gazdálkodási viszonyai az erdőtípusok és gazdálkodási módok széles skáláját eredményezték. Viszonylag hasonló domborzati és klimatikus viszonyok mellett találunk acidofil tölgyeseket, gyertyános kocsánytalan tölgyeseket, szubmontán és acidofil bükkösöket, lombelegyes erdeifenyveseket és lucosokat, valamint (főleg telepített) elegyetlen lucosokat. A fő állományalkotó fafajok (bükk, gyertyán, kocsányos és kocsánytalan tölgy, erdeifenyő, luc) mellett jelentős a különböző elegyfák aránya (pl. madárcseresznye, nyír, nyarak, hársak, szelídgesztenye). A két fő gazdálkodási mód a kisparaszti szálalás és a nagyüzemi vágásos erdőgazdálkodás, de megemlítendő, hogy mintaterületeink között szerepel három erdőrezervátum és két Pro Silva terület is.

3.2. Mintaterületek kiválasztása

Mintaterületeinket az erdőrészetek faállomány és a termőhely jellemzőit tartalmazó Állami Erdészeti Szolgálat országos erdőállomány adattárából választottuk ki, rétegzett random mintavétel alapján. Az előbb bemutatott két tájegység területén található, olyan erdőrészeteket választottunk, amelyek egymással nem érintkeznek (így mintáink, az egy tájba való tartozástól eltekintve függetleneknek tekinthetők), legalább 70 évesek, víz által erősebben nem befolyásoltak, domborzatuk nagyjából sík. Az így kapott erdőrészetekből a főbb fafajok elegyarányai alapján csoportokat képeztünk (hogyan a fő elegyarány-típusok mind reprezentálva legyenek), majd az így kapott csoportok közül véletlenszerűen választottuk ki 38 mintaterületünket. Minden erdőrészetben belül egy olyan, 40*40 m-es négyzetet jelöltünk ki, amely az erdőrészet elegyarányait minél jobban reprezentálja, és lehetőleg annak belsejében van. A faállomány-adatokat ezen belül gyűjtöttük, a madár-állomány felmérés ennek a területnek a közepén állva történt.

3.3. Madárállomány adatok felvétele

A madár-állomány felmérése a költési időszakban két alkalommal elvégzett pontszámlálással történt, az általunk alkalmazott módszer a széles körben elterjedt Dán-típusú pontszámlálás (*Blondel et al. 1970*) módosított változata volt (*Moskát 1990*). A madárállomány felmérése 2006-ban történt. Az első számolást április 15. és május 10., a másodikat május 11. és június 10. között végeztük, a két számolás között minden alkalommal legalább két hét telt el. A számolásokat reggel 5 és 10 óra között végeztük, olyan napokon, amikor eső nem esett, erősebb szél nem fújt. Mivel a madarak hajnalban a legaktívabbak, az egy napon felmért területeket a második alkalommal fordított sorrendben látogattuk végig, hogy a madarak napi aktivitás-csökkenéséből adódó hibát mérsékeljük. Egy erdőrészleten belül az ott kiválasztott 40*40 méteres négyzet középpontjában állva írtuk fel a 0-50, illetve 50-100 méter sugarú körben, 10 perc alatt látott és hallott madarak fajtát és megfigyelt mennyiségét. Ennek a módszernek a használata során a megfigyelt madarak körülbelül 90-95 %-a territóriumán éneklő (harkályok esetében doboló) hím, így az általunk használt „egyedszám” alatt a továbbiakban egy megfigyelt hím egyedet, illetve territóriumot értünk. Amennyiben nem éneklő hím egyedet találtunk (láttuk a madarat, vagy egy faj hívó, illetve kapcsolatteremtő hangját hallottuk csak), azt is feljegyeztük, de néhány esetben a valószínűsíthető revírek számára korrigáltuk a megfigyelt értéket. Pl. ha egy területen két széncinege énekelt, a feljegyzett revírszám 2 volt, de ha ugyanitt 4-5 frissen kirepült fiókéval találkoztunk, csak 1 revírt jegyeztünk fel, a nyilvánvaló torzítás elkerülésére.

3.4. Faállomány adatok felvétele

Az összes, eddig felhasznált háttérváltozót az erdőrészletet reprezentáló 40*40 m-es területen belül gyűjtöttük. A faállomány esetében a következő adatokat mértük: minden 5 cm mellmagasságban mért törzsátmérőnél nagyobb faegyed fajtát, kerületét, magasságát, lombaljának magasságát rögzítettük, a fa pozícióját térképeztük. Az 5 cm-es törzsátmérőt el nem érő, de fél méternél magasabb fás szárúak esetében újulati foltokat állapítottunk meg és térképeztünk, foltonként megadtuk az újulat fajtát, átlagos magasságát, és átmérőjét. Az öt cm átmérőnél vastagabb fekvő és álló holtfákat és tuskókat is térképeztük, megadtuk azok hosszát (magasságát), átmérőjét és korhadási állapotát, utóbbit egy 6 fokú skálán becsültük (*Ódor and van Hees 2004*). A 40*40 m-es mintaterületen belül egy 30*30 m-es négyzetben folyt az edényes és moha állomány felvételezése, ezen a területen becsültük az avar, a nyílt talajfelszín és a fél méter alatti fás szárúak, ill. a lágyszárú edényesek borítását. Az állomány fényviszonyainak jellemzésére többféle módszerrel is kísérletezünk, hiszen ez valószínűleg sok élőlénycsoport számára fontos tényező, de az összes területen végül csak egy módszert, a denziométerrel történő záródáshiány-beclsést használtuk. A denziométer egy rácshálós beosztott domború tükör, amely alapján a záródás (ill. annak hiánya) százalékosan becsülhető (*Lemmon 1957*). A méréseket 36 db, 5 m-es térközökkel szisztematikusan kijelölt ponton végeztük a négy égtáj fele fordulva (összesen 166 mérés mintaterületenként).

3.5. Felhasznált változók

A madárállomány esetében gyűjtött adatokból a két távolság-kategóriában feljegyzett megfigyeléseket összeadtuk, és az így nyert két adatmátrixot (a két számolási periódusról) úgy összegeztük, hogy minden helyen a nagyobb értéket tartottuk meg (pl. ha egy területen az

első alkalommal 1, a második alkalommal 3 erdei pinty énekelt, akkor a végleges mátrixban 3 szerepel.).

Az elemzéshez a gyűjtött növényzeti és környezeti terepi adatokból az állományokat jellemző számos háttérváltozót számoltunk ki. A faállomány esetében kiszámoltuk az egyes fafajok abszolút és relatív tömegességi jellemzőit (db, körlapösszeg, térfogat). Mivel feltételeztük, hogy a faállomány egyes méretosztályainak jellemzői fontos változók lesznek, átmérő és magasság alapján méretkategóriákat hoztunk létre, és kiszámoltuk az egyes kategóriákba eső tömegességi mutatókat is. Az átmérő esetében hét, a magasság esetében öt méret kategóriára bontottuk adatainkat. A ritkább elegyfákból két fafaj-csoportot hoztunk létre: a lágylombos elegyfákat (puhafák, pl. nyír, nyarak, mogoró, éger), ill. az egyéb őshonos kemény lombos elegyfákat (pl. vadcsereesznye, szelídgesztenye, hársak, vadvörte). Erre azért volt szükség, mert, bár úgy gondoljuk, hogy ezek mennyisége számos esetben fontos lehet, külön-külön túl kis mennyiségben vannak jelen ahhoz, hogy jól használható változókat képezzenek. Kiszámoltunk még egyéb származtatott változókat is, pl. a tűlevelűek arányát kifejező számokat, a faállomány fafaj, átmérő és magasság kategória szerinti diverzitását (természetes logaritmus alapú Shannon indexet használva), az átlagos faegyedek méretét, a legnagyobb harminc faegyed átlagos méretét, stb. Az álló és fekvő holtfák sajátosságait leíró változók esetében átmérő, korhadási fázis és fafaj szerinti bontásokban adtuk meg a holtfa mennyiségét (egyedszám és térfogat). Bár eredetileg a madarak elemzéséhez nem szándékoztunk felhasználni, fontos háttérváltozónak bizonyultak, a gyepszint jellemzői: a lágyszárú edényesek, és fél méter alatti fásszárúak borítása, illetve a gyepszint fajszáma. Az állomány zárodásának mértékét a denzió-mérések átlaga és szórása jellemzi. Összesen körülbelül 600 körüli változót számoltunk ki, melyek közül azonban sok egymással erősen korrelál (pl. a faállományt jellemző változók esetében az ugyanazt a biológiai változót egyedszámban, körlapösszegben vagy térfogatban kifejezők), vagy statisztikailag nem használható (eloszlása a normálistól jelentősen eltér és/vagy sok területen 0 értéket vesz fel). Azokat a változókat, amelyek eloszlása a normálistól jelentősen eltért, nem tudtuk felhasználni az elemzések során, bár amennyiben logaritmikus transzformációt (természetes alapú logaritmus) alkalmazva a változó eloszlása elfogadhatóvá vált, annak ezt az alakját felhasználtuk az elemzésekben.

3.6. Adatelemzés

A madárközösség szempontjából legfontosabb háttérváltozók feltárásához különböző ordinációs módszereket alkalmaztunk (*Podani 1997*). A madárközösséget alakító fő gradiensek feltárására, a fajok illetve területek esetében kapott belső struktúra ábrázolására nem standardizált főkomponens-analízist (PCA) és detrendált korrespondencia-analízist (DCA) végeztünk. Mivel a DCA alapján az ordinációs tengelyek mentén megjelenő gradiensek hossza viszonylag rövidnek adódott, a fajok lineáris illeszkedését feltételező redundancia-analízist (RDA) használtuk a háttérváltozók és a fajok direkt ordinációs elemzéséhez. A direkt ordinációs modellbe kerülő változók szelekciója a változók egyenkénti beépítésével („forward selection”) történt, a változók hatását Monte-Carlo szimulációval teszteltük (*ter Braak & Smilauer 2002*). Az ordinációs elemzésekhez a Canoco for Windows 4.5 számítógépes programot használtuk (*ter Braak and Smilauer 1997-2002*).

Annak a kérdésnek a megválaszolásához, hogy melyek az egyes fajok, illetve fajcsoportok előfordulását és tömegességét meghatározó legfontosabb háttérváltozók, az általános lineáris modellezés (General Linear Models illetve Generalized Linear Models) módszeresaládját használtuk (*Everitt & Hothorn 2006, Faraway 2005, 2006*). Az elemzésekhez minden alkalommal egységesen 33 terület adatait használtuk fel, 5 mintaterület

adatait a modellek későbbi tesztelése tartottunk fenn. Ezek kiválasztása a fafaj összetétel adatok alapján történt PCA elemzés alkalmazásával, úgy, hogy különböző faállomány típusokat reprezentáljanak. A felmérésben szereplő 37 madárfaj közül csak azok elemzésével foglalkoztunk, amelyek a 33 területből legalább 10 helyen előfordultak. A közepesen gyakori fajok esetében, amelyek viszonylag sok állományban megtalálhatók, de lokális egyedszámuk kicsi, olyan modelleket építettünk, amelyek a faj elfordulási valószínűségét predikálják (Generalized Linear Modell, függő változó binomiális eloszlású, kapcsolódó függvény logit). Egy-egy elemzés kezdetén először a háttérváltozók előzetes szelekcióját végeztük el. Ennek során ellenőriztük a vizsgált biológiai változó és a háttérváltozók eloszlását, amennyiben szükséges volt a regresszió normalitás feltétele miatt a változókat transzformáltuk (természetes logaritmikus transzformációt alkalmazva). Ezután számos változó esetében grafikusán ábrázoltuk azoknak a biológiai változóval való kapcsolatát (kétdimenziós pontdiagramok), amennyiben szükségesnek láttuk, kiszámoltuk a biológiai változó és a háttérváltozók közötti korrelációkat. Mivel a háttérváltozók nagy száma miatt a korrelációk számítása során jelentősen megnő az elsőfajú hiba lehetősége (szignifikáns korrelációk adódnak véletlen hatások miatt is), a korrelációs értékek alapján nem hoztunk statisztikai döntést a statisztikai kapcsolatok megállapítására, pusztán az összefüggést nem mutató változók kiszűrésére használtuk őket. Azok közül a változók közül, amelyek (a grafikus ábrázolás illetve a korrelációs együttható alapján) összefüggést mutattak a függő változóval, igyekeztünk 5-15 olyan változót kiválasztani, amelyek eltérő biológiai hatásokat reprezentálnak, és csak ezeket vettük figyelembe a regressziós modell szelekciója során. A végső (minimális adekvát) modellbe kerülő változók szelekciója a teljes modell egyszerűsítésével, a változók egyenkénti eltávolításával („backward selection”) történt, amely során deviancia analízist használtunk (normál eloszlású függő változó esetén F, binomiális vagy poisson eloszlású függő-változó esetén χ^2 próbát alkalmazva). Normál eloszlást feltételező modellek esetében szükség esetén a függő változónál természetes alapú logaritmus transzformációt, binomiális típusú függő változók esetében logit transzformációt alkalmaztunk. Az egyes modellek közötti választásban a determinációs koeficiens (R^2) értékén, és a szelekció során alkalmazott statisztikán kívül felhasználtuk a modell grafikus diagnosztikáit (reziduálisok homogenitása, normális eloszlása, reziduális variancia homogenitása, kiugró, a modellt túl erősen befolyásoló adatok keresése). A regressziós elemzéseket az R 2.3.1 nevű számítógépes programmal végeztük (*The R Development Core Team 2006*), a hisztogramok, pontdiagramok szerkesztését és a korrelációk számításához a Statistica 7.0 számítógépes programot használtuk (*Statsoft 2006*).

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Kompozíció

A teljes adatbázis (38 mintaterület, és az itt megfigyelt 37 madárfaj) esetében elvégzett főkomponens-analízis (PCA) első tengelye a variancia 17,6 %, második tengelyének 13,3 %-át fedte le, így a két tengely által lefedett variancia 31 %-nak adódott. Ezek az értékek nem túlságosan nagyok, amit azzal magyarázunk, hogy a madárközösség alakításában valószínűleg nem kevés (2-3) igen markáns, hanem ennél több fő gradiens vesz részt. Ez az eredmény, az adatok előzetes elemzése alapján, megfelelt várakozásainknak: A DCA elemzés során a két ordinációs tengely gradiens hossza viszonylag rövidnek bizonyult (az első tengely esetében 2,2, a második esetében 2,1 szórásnyi), a direkt ordináció során RDA-t alkalmaztunk. A redundancia-analízissel (RDA) kapott modell (1. ábra) első tengelye a variancia 11,8 %, második tengelye 9,9 %-ot fedett le a varianciából, így a két tengely lefedése összesen 21,7 %. Megállapíthatjuk tehát, hogy, bár a PCA a varianciának nem túl nagy részét fedte le, a feltárt gradienseket háttérváltozóinkkal elég jól tudtuk magyarázni.

A modellbe 10 változó került (1. táblázat), legfontosabbnak az átlagos fák mérete bizonyult. Az erdő vertikális szerkezetét jellemzi a két, kis méretű fák mennyiségét leíró változó, ezzel, valamint a fényviszonyokkal szoros összefüggésben van a gyepszint borítása. Három változó a fekvő holtfa fontosságát mutatja. Szignifikánsan javították még a modellt a tölveleűek mennyisége, a puhafák aránya, és az állományok földrajzi helyzetének földrajzi hosszúság koordinátája.

név az ábrán	változó leírása
átlagfaDBH	átlagos fa (>5 cm) átmérő (cm)
keletnyugat	földrajzi hosszúság EOY koordinátája
log1020V	fekvő holtfa (10-20 cm, térfogat)
kisfa610V	kis fák mennyisége (6-10 cm, térfogat)
fenyőV	tölveleűek mennyisége (térfogat)
gyepszintBOR	gyepszint borítása
puhafakÖR	puhafák mennyisége (13-22 m, körlapösszeg)
bükkgyer1020KÖR	kis fák mennyisége (10-20 cm, bükk és gyertyán, körlapösszeg)
log4050DB	fekvő holtfa (40-50 cm, db)
log4050V	fekvő holtfa (40-50 cm, térfogat)

1. táblázat: A redundancia-analízissel (RDA) épített modellben szereplő változók. A bal oldali oszlopban a változók 1. ábrán is szereplő rövidítése, a jobb oldali oszlopban a változók pontos megnevezése látható.

Az előbb felsorolt változók fontosságáról (a földrajzi hosszúságon kívül) az erdőkben költő madárközösségek, illetve egyes fajok, fajcsoportok esetében számos irodalmi adat áll rendelkezésre, ahogyan arról a bevezetőben is írtunk. Azt, hogy az egyes változók hatása mögött milyen közvetlen, illetve közvetett okokat feltételezünk, a fejezet második részében, a regressziós modellek elemzésekor tárgyaljuk majd, mivel ott az egyes változók sokkal konkrétabb alkalmazásokban kerülnek elő, egy-egy madárközösséget jellemző paraméterrel (pl. fajszám, egyes fajok előfordulási valószínűsége) kapcsolatban.

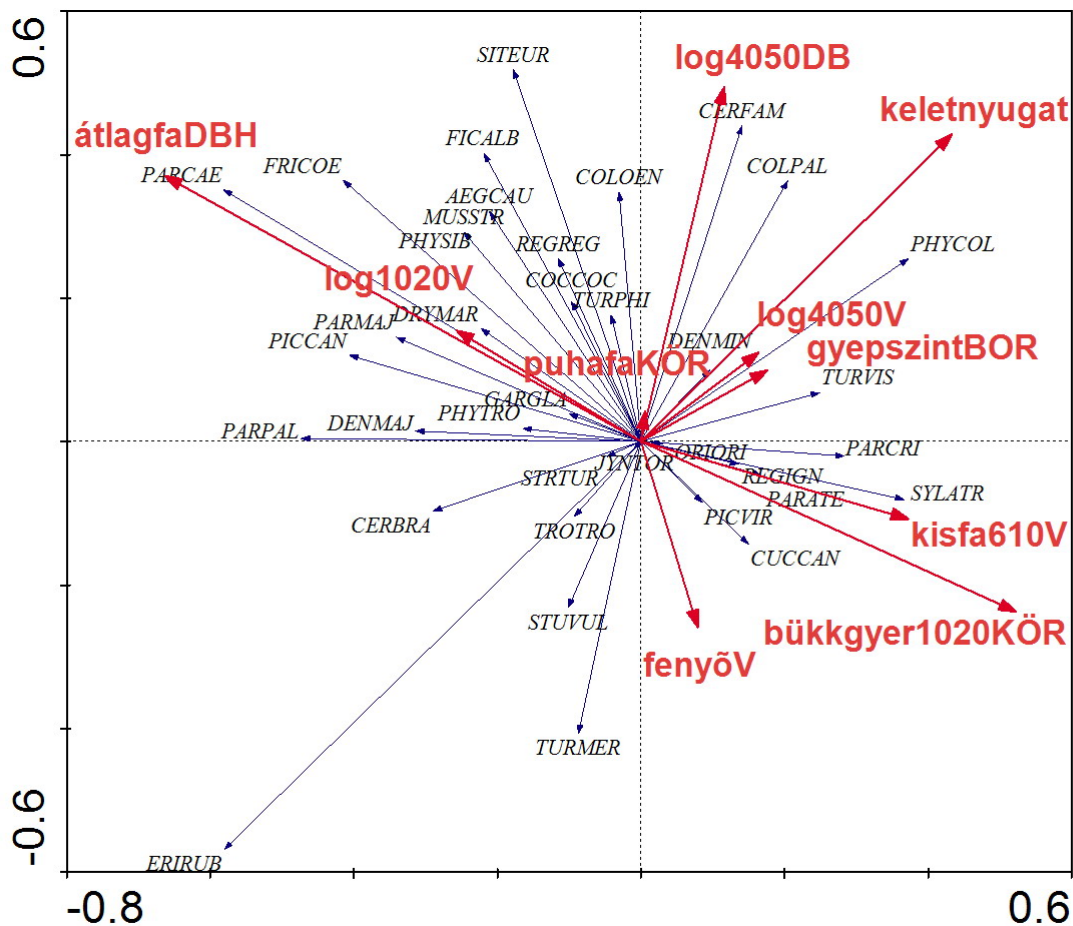
Mivel a földrajzi kitettség egyetlen regressziós modellben sem szerepel, annak feltételezett hatásaira most térünk ki. Mintaterületeink, bár az Őrség és Vendvidék területén belül elszórtan helyezkednek el, relatív nem túl nagy területen (kb. 40*40 km) fekszenek. Azt,

hogy ennek ellenére mégis ható változónak bizonyult a földrajzi helyzet hosszúság koordinátája, két fő okkal magyarázzuk. Egyrészt éppen az országnak ezen a táján nyugat felé gyorsan erősödik az Alpok hűvös, csapadékos hegyvidéki (alpin) klímájának hatása, és nő az átlagos tengerszint feletti magasság is. Ezek a körülmények kedveznek a montán jellegű bükkösök, illetve a fenyőelegyes erdők kialakulásának, ezzel együtt számos, ezekhez kötődő, az országnak szinte kizárólag ezen a táján előforduló madárfaj (pl. hegyi fakusz, léprigó, fenyvescinege, búbos cinege, sárgafejű királyka, tüzesfejű királyka) megjelenését teszik lehetővé. A másik fontos különbség, hogy, míg a kutatási területünk keleti részén található Őrségben elsősorban állami tulajdonú, vágásos erdőgazdálkodással művelt, homogénebb szerkezetű, és nagyobb összefüggő állományokat alkotó erdőket találunk, addig a Vendvidék jelentős részén, az országban egyedülálló módon ma is megmaradtak a magántulajdonban lévő, száraló erdőgazdálkodással művelt kisebb erdőrészekből álló, több térléptékben is változatosabb fafaj-összetételű és faállomány-szerkezetű erdők. Azt, hogy eltérő gazdálkodási formák (pl. különböző intenzitású, térléptékű) gazdálkodási módok mellett igen különböző madárközösségek alakulhatnak ki, számos tanulmány megmutatta (pl. *Moskát & Fuisz 1992*, *Vaisanen et al. 1986*, *Angelstam & Mikusinski 1994*). A kisparaszti száraló gazdálkodás és a nagyüzemi vágásos gazdálkodási mód hatását a költő madárközösségre Magyarországon legalábbis még senki sem vizsgálta, valószínűleg részben azért, mert alig találhatók száraló erdők az országban. Mivel az elsősorban kisparaszti száraló gazdálkodással művelt tájon sokkal kevésbé érvényesül az ember homogenizáló hatása, feltételezzük, hogy a heterogén környezet több madárfaj előfordulását teszi lehetővé. A területeinken jelenlevő két fő gazdálkodási forma hatása a madárközösségre igen érdekes további elemzési lehetőség, de ebben a dolgozatban bővebben nem foglalkozunk vele. Bár munkánk nem közvetlenül a gazdálkodást vizsgálja (mint háttérváltozót), hanem a faállomány összetételének és szerkezetének jellemzőit, de ezek nyilvánvalóan összefüggenek a gazdálkodással.

A bemutatott redundancia-analízis (1. ábra) két tengelye közel azonos hosszúságú gradienseket fed le, ezek mentén mind a modellbe beépített változók, mind az ábrázolt fajok körülbelül egyenletesen helyezkednek el. Az első tengelyt úgy tűnik, hogy az állomány vertikális szintjeit jellemző változók határozzák meg leginkább. A legerőteljesebben ható, az ábra első tengelyével ellentétes irányban növekvő változó az átlagos fák mérete, így az első tengely negatív irányában olyan madárfajok megjelenését várjuk, melyek igénylik a nagy méretű, öreg faegyedekből álló állományokat, és/vagy olyan állományokat, ahol az alsóbb szintek kevésbé fejlettek. Ezen a területen található több cinege-faj (PARMAJ, PARCAE, PARPAL), a csuszka (SITEUR) és a két gyakori harkályfaj (DENMAJ, DRYMAR). Az itt felsorolt fajok közül a barátcinege kivételével az összes esetben készítettünk regressziós modellt, és a nagyméretű, idős fák mind az öt faj esetében fontos tényezőnek bizonyultak (a nagy tarkaharkályról készített modellt ebben a dolgozatban nem mutatjuk be). Az első tengely meghatározásában fontos változók még az előző változóval ellentétesen, a tengely irányával megegyező irányban növekvő változók: az alsóbb szinteket alkotó kis és közepes méretű fák mennyisége, és a gypszint borítása. Ezen a területen található gyakoribb fajok: SYLATR, TURVIS, PHYCOL, PARATE. A barátposzáta (SYLATR), számos rigó és poszátafaj (pl. TURVIS, PARATE) esetében valóban ismert e szerkezeti elemek fontossága (*Camprodon & Brotons 2006*, *Fuller 1995*). A csilpcsalpfüzike (PHYTRO) és a fenyvescinege (PARATE) esetében regressziós modelljeinkben is szerepelnek ezek a változók. Végül kiemelnénk, hogy az első kanonikus tengely mentén a tíz változó közül hét az első tengely irányával megegyezően növekszik, és csak kettő – az átlagos fák mérete, és egy holtfa változó – változik az első tengely irányával ellentétesen, mégis ebben az irányban található a fajok jelentős része (körülbelül 20 faj 10 ellenében). Ez arra enged következtetni, hogy, néhány jellegzetesen az alsóbb szintekhez (második lombkoronaszint, újulati szint, gypszint) kötődő faj kivételével a madárfajok nagy része igen erős preferenciát mutat az idős állományok felé,

ami azért figyelemre méltó, mert állományaink mind 70 évnél idősebbek, és ez a tényező még ilyen körülmények között is ilyen nagy jelentőséggel bír.

A második kanonikus tengely értelmezése kissé bonyolultabb, mivel egymástól igen különböző változók határozzák azt meg. Jól megfigyelhető trend, hogy, bár a három, fekvő holtfa bizonyos típusait leíró változó egymástól viszonylag távol helyezkedik el, a második tengely mentén mind pozitív irányban található, és a madárfajok igen jelentős része is ilyen irányban helyezkedik el ennek a tengelynek a mentén. A másik változó pár, amelyik jelentős lefedést mutat a második tengely mentén, a fenyő elegyarány és a földrajzi hosszúság, melyek egymással ellenkező helyzetben találhatók, az előbbi negatív, az utóbbi pozitív irányban. Ennek oka, hogy az őrségi területeken (ahol nagyobb a földrajzi hosszúság értéke) kisebb a fenyő elegyarány, mint az erősebben montán jellegű Vendvidéken. Ennek megfelelően ezen a területen találunk az egyértelműen a fenyő-fajokhoz kötődő (*Fuller 1995*) négy madárfajból hármat (REGIGN, PARATE, PARCRI), bár meg kell jegyeznünk, hogy mindhárom faj pozitív irányban helyezkedik el az első tengely mentén is, a gazdag vertikális színtezettségű állományok irányába. A három faj közül egyedül a fenyvescinege esetében alkottunk regressziós modellt, és ebben is ugyanilyen összefüggést találtunk: a faj szempontjából mind a fenyő elegyarány, mind a gazdag vertikális színtezettség fontos tényezőnek bizonyult.



1. ábra: RDA első két kanonikus tengelye. Az első tengely a variancia 11,8, a második tengely a variancia 9,9 %-át fedí le. Az ábrán pirossal a modellben szereplő 10 háttérváltozó, feketével a madárfajok láthatók. A háttérváltozók rövidítéseinek magyarázata az 1. táblázatban található, a 37 ábrán szereplő madárfajt itt az azok latin neveiből képzett rövidítésekkel jelöljük, ezek listáját lásd az 1. számú mellékletben.

4.2. Regressziós modellek

4.2.1 Fajszám

A fajszám feltételezésünk szerint jól mutatja az élőlénycsoport számára rendelkezésre álló források sokféleségét és minőségét, így igen hasznos indikátor-változó egy terület megítélésénél, ezért mindenképpen érdemesnek tartottuk a vizsgálatra. A kapott modell (2. táblázat) három változó függvényében nyújt becslést a madárközösség fajszámára vonatkozóan. Legerőteljesebben ható tényezőnek a nagy fák mennyisége bizonyult, ez a tényező önmagában nagyobb részét magyarázta a varianciának, mint a másik két, modellbe került változó együttvéve. Fontosnak bizonyult még a lucfenyő mennyisége és a gypszint borítása. Mindhárom változó pozitívan befolyásolta a fajszámot, tehát vizsgálati területeinken a sok nagy fát tartalmazó, lucfenyővel elegyes, gazdag gypszintű állományok bizonyultak a madárközösség szempontjából fajgazdagoknak.

Fajszám modellbe bekerült változók	Irány	Lefedett variancia %	Szignifikancia
Nagy fák mennyisége (40-50 cm törzsátmérő között, térfogat)	+	15.0%	p<0.05
Lucfenyő mennyisége (30-40 cm törzsátmérő között, térfogat)	+	6.7%	p<0.1
Gypszint borítás	+	6.2%	p<0.1

2. táblázat: A fajszám esetében kapott regressziós modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányba befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából, és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a madárközösség fajszáma, a függő változó illesztése normális, a modell készítése során transzformációt nem alkalmaztunk. Az egyes változók tesztelése F-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 44,5 %-át fedi le.

A modellben legnagyobb súllyal szereplő változó a nagy fák mennyisége. Ahogyan arról a bevezetőben is volt szó, a nagy fák fontosságáról a madarak esetében számos adat áll rendelkezésünkre (pl. Fuller 1995, Tomasevic & Estades 2006, Thibault et al. 2006). Ennek oka könnyen belátható: a nagyméretű, idős faegyedek, nagyobb egységnyi területre jutó lombfelületük és faanyaguk, illetve mikroélethelyekben való nagyobb gazdagságuk révén jóval több és többféle rovarnak nyújtanak élőhelyet és táplálékot. Ez az erdeinkben költő rovarrevő, vagy magevő, de fiókáikat szintén rovarokkal tápláló fajok esetében nyilvánvalóan igen fontos tényező. Ezen kívül a nagy, idős faegyedek majdnem minden esetben együtt járnak holt farészek megjelenésével, maguktól keletkezett, illetve az elsődleges odúlakó madárfajok által vájt odúk számának növekedésével, ami újabb fajok táplálkozási és költési esélyeit javítják (Bobiec 2005, Harmon et al. 1986). Az előbb felsoroltak mellett fontos szempont lehet még, hogy a nagy faegyedek bő magprodukciója tovább növeli az elérhető források körét. Itt kell megemlíteni azt is, hogy a nagy fák iránti preferenciát (3. ábra) a kis fák mennyiségével való erős negatív kapcsolat is jól mutatja (4. ábra). Mivel a két változó egymással igen erősen összefügg, ezért általában igaz, hogy az egyik modellbe való beépítésével a másik már nem javította tovább modelljeinket.

Azt, hogy az előbbi állítások a mi esetünkben valóban jogosan feltételezhető okai a kapott összefüggéseknek, az általunk talált 37 madárfaj életmódjának igen rövid, összefoglaló áttekintésével támasztjuk alá. Az itt közölt, a madarak életmódjával kapcsolatos ismeretek részletesen megtalálhatók Székessi (1973) és Fuller (1995) könyveiben, illetve terepi

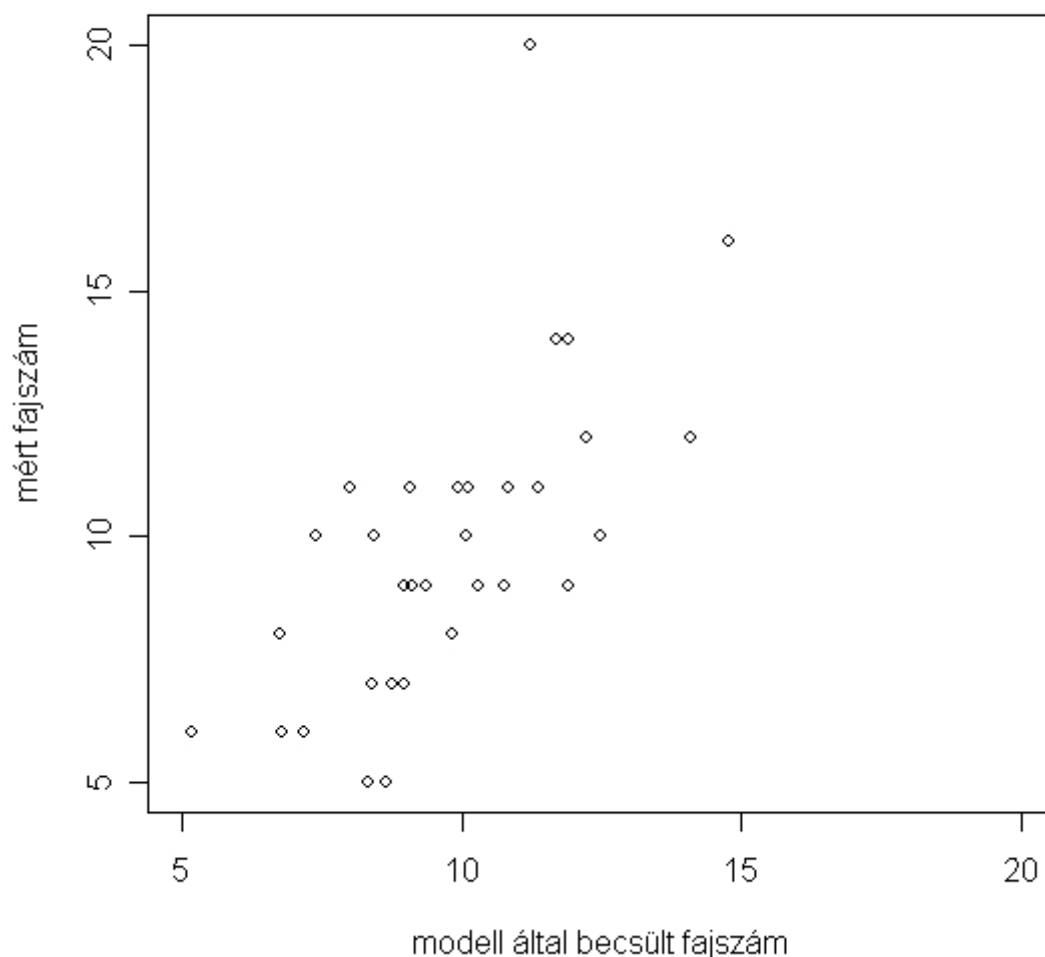
tapasztalatokon alapszanak. Az általunk felmért fajok túlnyomó többsége főleg rovarokkal táplálkozik (kivétel: kék galamb, örvös galamb, vadgerle, szajkó, erdei pinty, meggyvágó, bár ezek közül a szajkó tápláléka igen nagy részben állati eredetű). Annak a néhány fajnak is, amelyek nem rovarevők, egy része jelentős arányban rovarokkal eteti fiókáit, mivel azoknak a növényi tápláléknál fehérjében gazdagabb táplálékra van szükségük (ilyen fajok: szajkó, erdei pinty, meggyvágó). Ezek alapján kijelenthetjük, hogy a madárközösség szempontjából az elérhető rovar táplálék mennyisége és minősége meghatározó. A holtfa mennyisége a nálunk költő harkályfajok szempontjából igen fontos, mint táplálkozó hely, de több más faj esetében is feltételezhető vagy ismert, ennek a változónak a fontossága (*Harmon et al. 1986, Bobiec et al. 2005, Csóka 2000*). Területeinken hat harkályfajt találtunk, ezek a közép fakopáncs kivételével a 37 felmért faj között szerepelnek is. A 37 felmért faj közül 6 elsődleges odúlakó (hamvas küllő, zöld küllő, fekete harkály, nagy tarkaharkály, kis tarkaharkály) és 12 másodlagos odúlakó (kék galamb, nyaktekercs, szürke légykapó, örvös légykapó, barátcinege, búbos cinege, fenyvescinege, kék cinege, széncinege, csuszka, hegyi fakusz, rövidkarmú fakusz, seregély) van, így szintén kijelenthetjük, hogy a madárközösség szempontjából az odúkészítésre alkalmas fák, illetve az elérhető odúk mennyisége valószínűleg igen fontos tényező. Több, általunk felmért faj esetében ismert, hogy azok szívesen fogyasztják erdei gyümölcsfáink, vagy a tölgy és bükk termését is (Előbbi pl. a rigók, seregély, meggyvágó, utóbbi a szajkó és csuszka esetében jellemző), így az állományok mag ill. termésprodukciója is ható tényező lehet a madárközösség szempontjából, bár ez jóval kevesebb fajt érint.

A második fontosnak bizonyult változó a lucfenyő mennyisége volt. Ezzel kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy állományaink között olyanok, amelyek nagyrészt lucfenyőből álltak (pl. telepített lucosok), szinte nincsenek, mivel az ilyen, kellően idős (> 70 év) állományok viszonylag ritkák, és a meglevő állományokat is erősen vágják a lucfenyőt fenyegető szúrkár miatt. Tehát az itt kapott összefüggés azt jelzi, hogy az őrségi lombdőkben elegyfaaként megjelenő lucok növelik a fajgazdagságot. Több, Magyarországra kevésbé jellemző, hegyvidéki vagy túlelű illetve túlelű erdőkhöz kötődő madárfajt (sárgafejű királyka, tüzesfejű királyka, fenyvescinege, búbos cinege) mértünk fel, melyek szempontjából a luc elegyfaaként való megjelenése valóban fontos tényező (*Szélessi 1973*). Itt emelnénk ki, hogy, bár a modellbe nem került bele, igen határozott negatív kapcsolatot találtunk a fajszám és az erdőfenyő mennyisége között. Ennek a jelenségnek az okát nem tudjuk, de azért érdemes összehasonlítani, hogy a madárközösség fajszáma mennyire különbözően reagál a két gyakori fenyőfaj mennyiségére (5. és 6. ábrák). A további elemzéseknél szem előtt tartottuk azt a tényt, hogy valószínűleg sok faj esetében a két fenyőfaj nem egyformán hat, így óvatosan kell használni az összevont túlelű-arányt kifejező változókat.

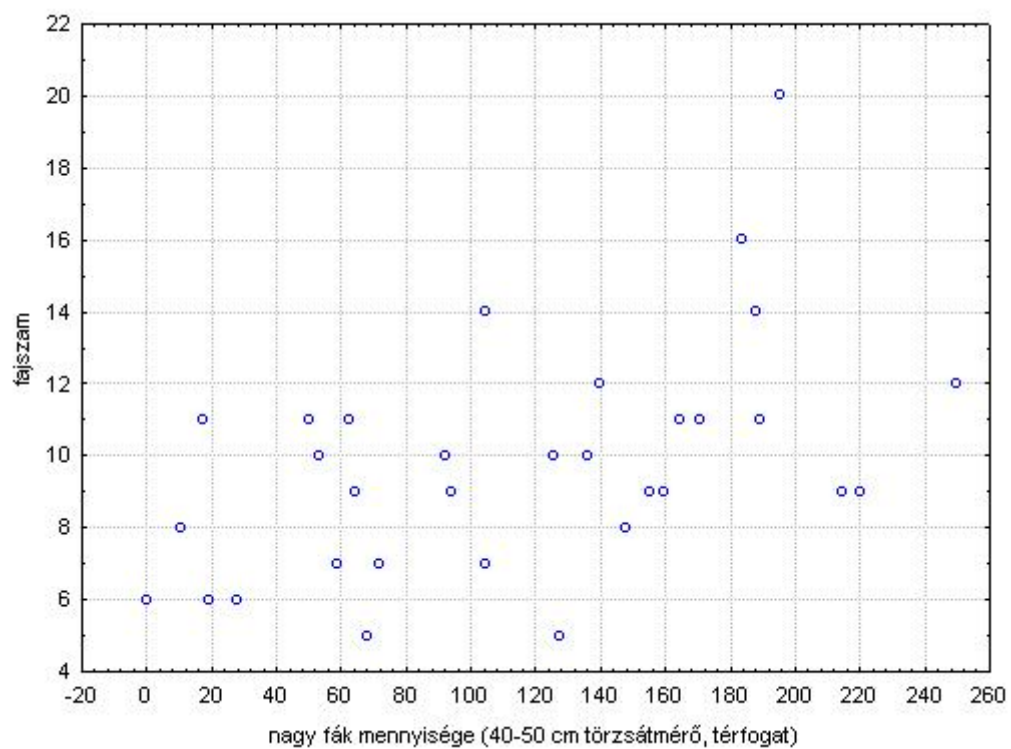
A harmadik változó, amely fontosnak bizonyult még, az állomány gyepszintjének borítása (7. ábra). Modellünk szerint állományaink közül azokban volt nagyobb a madárközösség fajszáma, amelyek gyepszintje fejlettebb. Az általunk vizsgált madárfajok közül csak néhány esetben van tudomásunk arról, hogy a talajon táplálkoznak, vagy költenének. A rigófélék, poszták, ökörszem és vörösbegy esetében a talaj számottevő táplálkozóhely (*Fuller 1995, Szélessi 1973*), ezért e fajok számára lényeges, hogy a talaj mekkora részét borítják lágyszárú edényesek, illetve mekkora az avar borítása. Érdekes, hogy, bár az avar jelenléte igen megváltoztatja a talajlakó gerinctelenek mennyiségét és hozzáférhetőségét a madarak szempontjából, a talaj avarral való borítottsága egy esetben sem bizonyult ható változónak, a gyepszint tulajdonságai azonban számos esetben mutattak kapcsolatot a madárközösséggel. Igaz azonban, hogy az előbb említett fajok egyike esetében sem készítettünk eddig modellt, ezért további elemzések szükségesek, lehet, hogy faj-szinten ható változónak bizonyulnak majd a talaj jellemzője is. A másik lehetséges magyarázat, hogy a gyepszint talán valamilyen módon a fényviszonyokkal, azok heterogenitásával állhat összefüggésben, és a madarak a különböző fényviszonyok okaként (faállomány) vagy

következményeként (cserjeszint) fellépő változásokra reagálnak. Valószínűnek tartjuk, hogy részben ez áll a kapott összefüggés hátterében, mivel a különböző záródottságú állományok egymástól olyan sok mindenben különbözhetnek, hogy ez számos madárfajt érinthet. Itt kell megjegyeznünk, hogy a madárközösség fajszáma az állomány nyíltságával is pozitív korrelációt mutatott, de ennek értéke kicsit kisebb volt, mint a gyepszint borítással mutatott összefüggés. Ahogy azt az anyag és módszer fejezetben már leírtuk, a fényviszonyok jellemzésére több módszerrel is kísérleteztünk, és a különböző módszerekkel kapott eredmények nem minden esetben voltak hasonlóak (*Tinya et al. 2006*), amit azzal magyarázunk, hogy az egyes módszerek a megvilágítottság más-más aspektusaira érzékenyebbek. Ezek az eredmények arra engednek következtetni, hogy egyáltalán nem biztos, hogy az általunk használt (és legkevésbé munkaigényes) módszer a megvilágítottságnak azt a paraméterét méri, amely a madarak szempontjából lényeges, ellenben a gyepszint borítása lehet, hogy jól reagál a megvilágítottság madárközösség szempontjából fontos tulajdonságaira. Arról, hogy az állomány záródottsága milyen módon hathat a madarakra, a harkály modellnél bővebben is lesz szó.

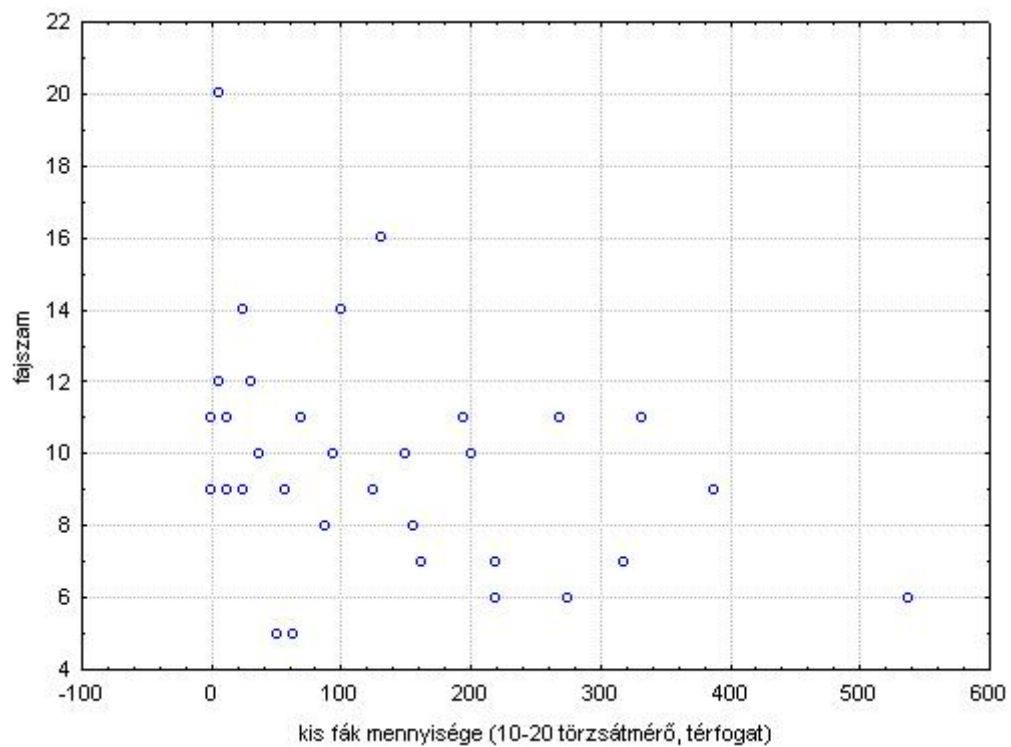
A modell predikcióját a 2. ábra mutatja.



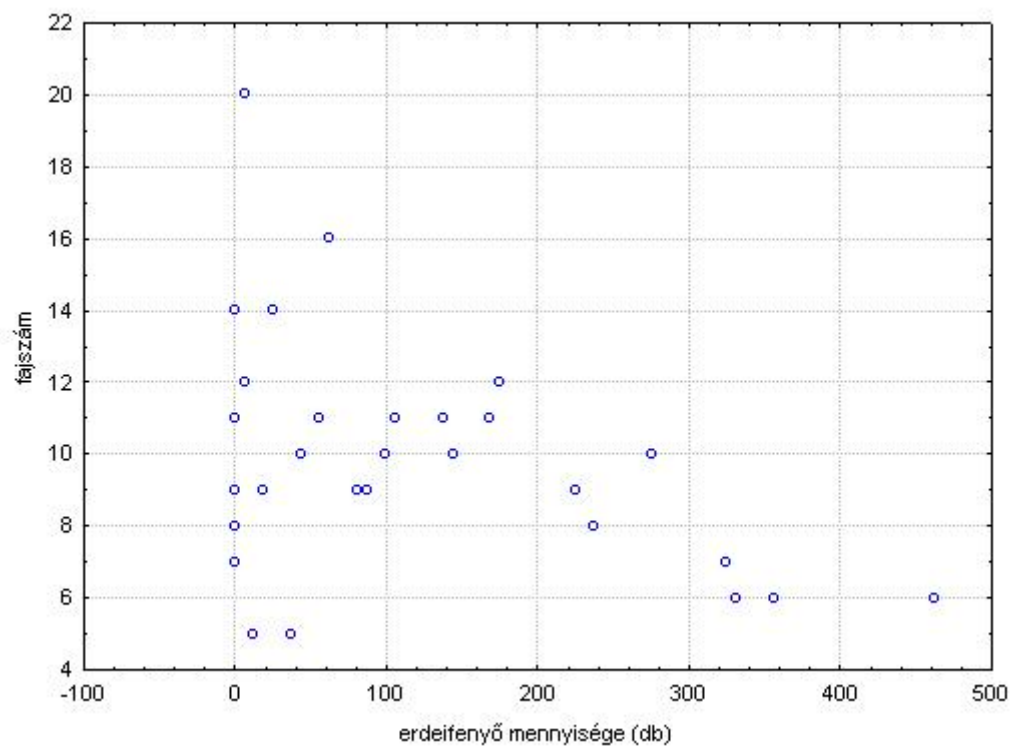
2. ábra: Fajszám modell predikciója: mért fajszámok a modell által becsült értékek függvényében ábrázolva



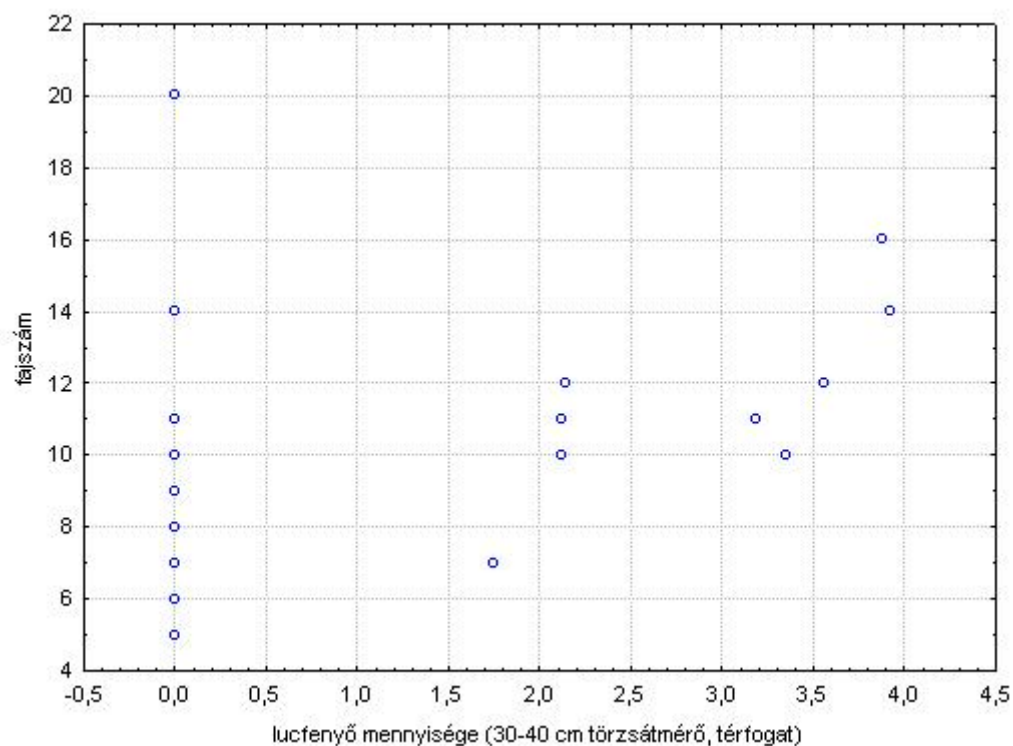
3. ábra: Fajszám kapcsolata a nagy fák térfogatával (m^3/ha) mért adataink alapján

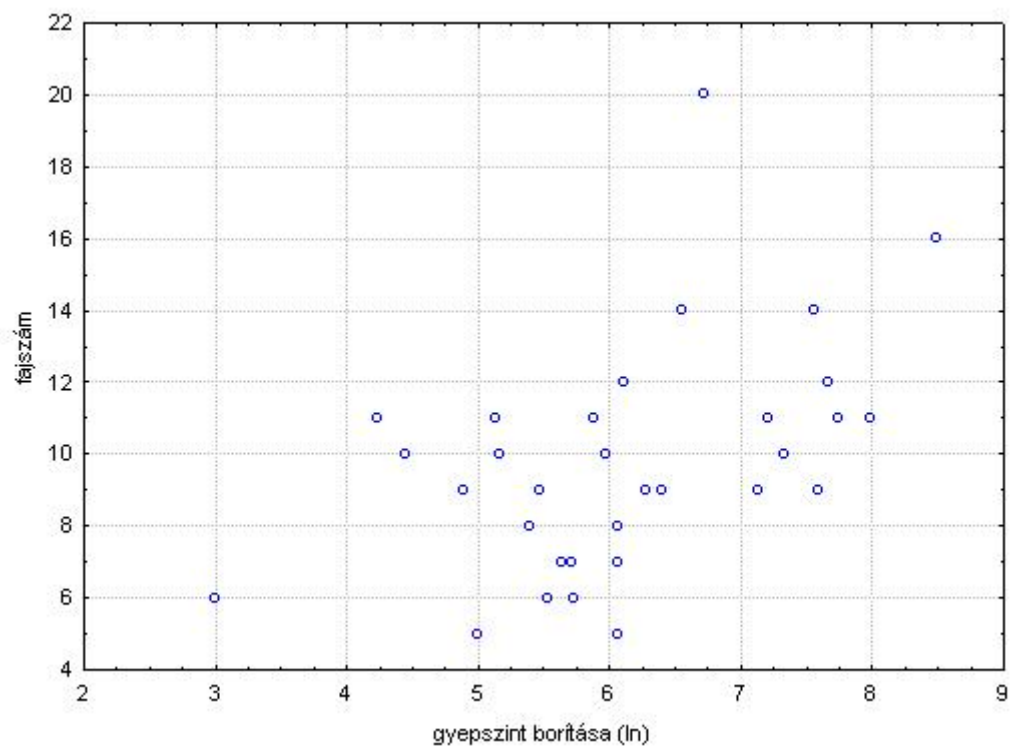


4. ábra: Fajszám kapcsolata a kis fák térfogatával (m^3/ha) mért adataink alapján



5. ábra: Fajszám kapcsolata az erdeifenyő darabszámával (db/ha) mért adataink alapján





7. ábra: Fajszám kapcsolata a gyepszint borításával (az ábrán a gyepszint természetes alapú logaritmusát ábrázoltuk)

4.2.2. Abundancia

A költő madarak egyedszáma feltételezésünk szerint elsősorban a madarak számára hozzáférhető források mennyiségével arányos, így a fajszámtól kicsit eltérő, de szintén fontos jellemzője egy-egy erdőállománynak, ezért ez esetben is elvégeztük az elemzést. A kapott modell (3. táblázat) három változó függvényében nyújt becslést a madárközösség tömegességére. A vizsgált biológiai változót állományainkban szignifikánsan növelte a nagy fák mennyiségének növekedése, a gazdagabb gypszint és a közepesen korhadott fekvő holtfa mennyisége is.

Abundancia modellbe bekerült változók	Irány	Lefedett variancia %	Szignifikancia
Nagy fák mennyisége (40-50 cm törzsátmérő között, térfogat)	+	20.0%	p<0,001
Gypszint borítás	+	13.4%	p<0,01
Fekvő holtfa (3. korhadási fázis, db)	+	5.9%	p<0,05

3. táblázat: Az abundancia esetében kapott regressziós modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányba befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából, és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a madárközösség egyedszáma, a függő változó illesztése normális, a modell készítése során transzformációt nem alkalmaztunk. Az egyes változók tesztelése F-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 59,8 %-át fedi le.

Az egyes változók elemzése előtt kiemelnénk, hogy a madárközösség tömegességi viszonyait nagyon hasonló változók határozták meg, mint a fajszámot, a két változó szorosan össze is függ (lásd 8. ábra), azonban az egyes változók súlyában jelentős különbségek adódtak, az elemzés során elsősorban ezek magyarázatára helyezzük a hangsúlyt. A madárközösség fajszáma esetében kapott modell lefedése kb. 45 %, míg ugyanez az érték a madárközösség tömegessége esetében kb. 60 %. A két változó esetében tapasztalt jelentős eltérést a lefedett variancia tekintetében azzal magyarázzuk, hogy az abundancia sokkal inkább kevés, az állomány főbb szerkezeti elemeit érintő tényezőtől függ (források mennyisége), míg a fajszám ennél kicsit komplexebb módon az egyes madárfajok speciális igényeinek megfelelően függ a környezettől (források mennyisége mellett a források sokfélesége is fontos, így több, külön-külön kisebb hatású paraméter hatását feltételezzük).

A legfontosabbnak bizonyuló változó ebben az esetben is a nagy fák mennyisége volt (9. ábra), de itt ez a változó sokkal nagyobb súllyal szerepelt, mint a fajszám-modell esetében. (A fajszám varianciájának az a része, amelyet csak ez a változó magyaráz 20,3 %, ez az érték a tömegesség esetében 36,8 %.) Ebből arra következtethetünk, hogy a nagy méretű faegyedek mennyiségének növekedése jelentősen növeli az egységnyi területre jutó források (madarak esetében valószínűleg elsősorban az elérhető rovar táplálék) mennyiségét. Valószínű, hogy a változó a fajszám esetében azért szerepel kisebb súllyal, mert az újabb fajok megtelepedéséhez nem csupán nagyobb mennyiségű forrásra van szükség, hanem újabb szerkezeti elemekre, kihasználható forrás-féleségekre, és ezek száma a nagy faegyedek mennyiségével mérsékeltebben nő, mint az elérhető források mennyisége.

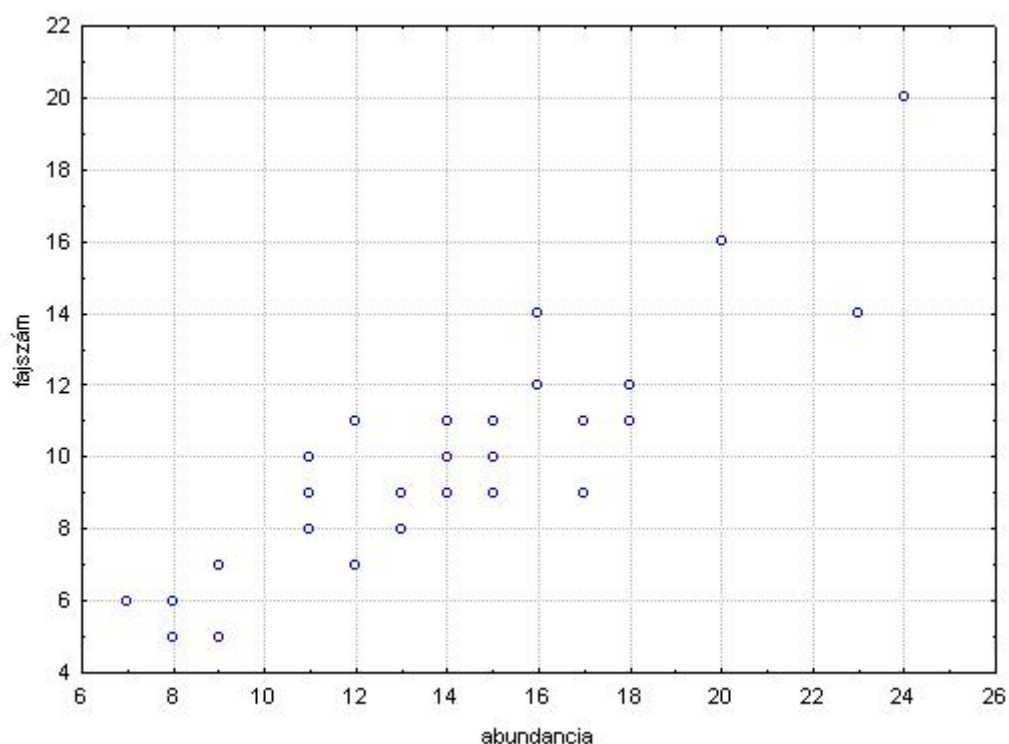
A második modellbe került változó, a gypszint borítása, kisebb lefedett varianciával (fajszám esetében a variancia 6,2 %, abundancia esetében 13,4 %), de szintén szerepelt a fajszámot leíró modellben. Abból, hogy ez a paraméter ebben az esetben még fontosabb tényezőnek bizonyult, mint a fajszám esetében, arra következtetünk, hogy komolyan növeli az elérhető források mennyiségét, és – az előzőekhez hasonló módon feltételezzük, hogy

összefüggésben lehet az állományok természetességével. Ezt az állítást arra a tényre alapozzuk, hogy a nagyüzemi erdőgazdálkodás célja a minél tökéletesebb záródású, és sok egyéb szempontból is minél homogénebb állományok létrehozása, és az ilyen állományok gyepszintje, elsősorban a fény hiánya miatt, igen szegényes, ellentétben a természetközeli, lékeket, változatos, többszintű, nem teljes záródású, heterogén lombkoronaszintű állományok gyepszínjével (Az itt felsoroltak mind rendkívül komplex, nehezen mérhető tulajdonságok!). Igaz ugyan,

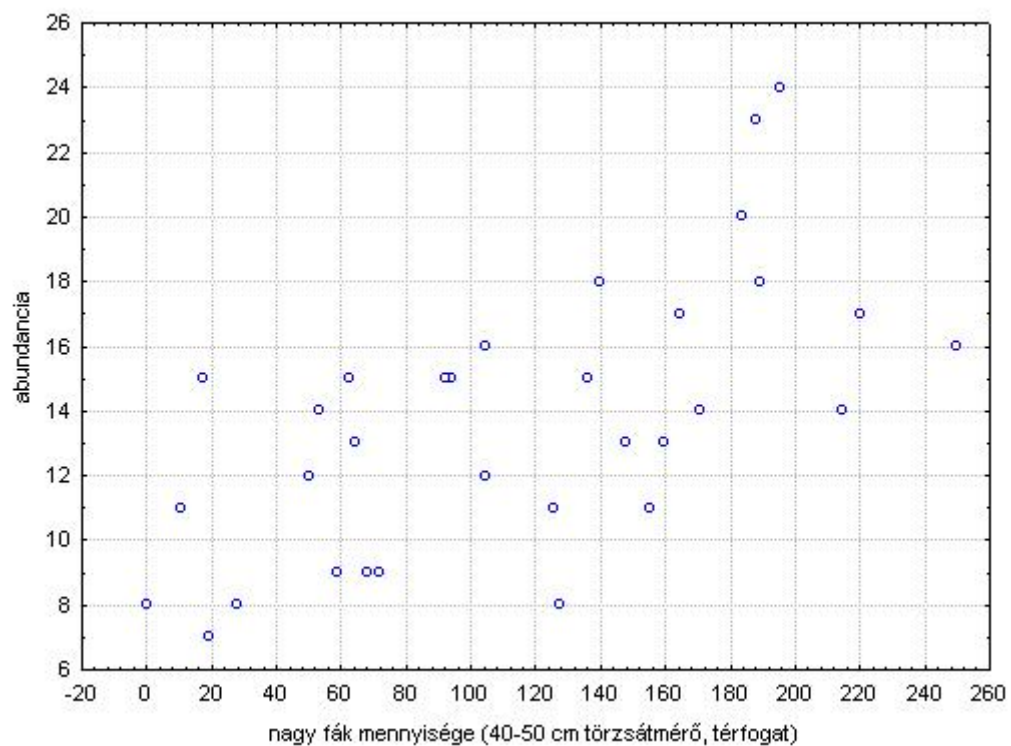
A harmadik változó, mely szintén pozitívan befolyásolta a madárközösség egyedszámát, egy holtfa-változó volt (10. ábra), a közepesen korhadt holtfa mennyisége. A 3. fázisú holtfa az első olyan fázis, ahol a korhadás folyamata már komolyan érzékelhető, így feltételezhető, hogy ez a típusú holtfa már sokkal több és jobban elérhető rovar táplálékot nyújt a holtfán is táplálkozó madárfajok számára (pl. harkályfajok). Valószínűleg az ennél későbbi korhadási fázisú holtfa is pozitív kapcsolatban áll a madárközösséggel, csak ezek nem fordulnak elő olyan nagy mennyiségben, hogy jól kimutathassuk hatásukat (11. ábra).

Érdekes, hogy a fajszám-modell esetében fontosnak bizonyult lucfenyő-elegyarány a madarak tömegessége szempontjából egyáltalán nem tűnik lényeges változónak. Ez arra utal, hogy a lucfenyő valószínűleg nem nyújt gazdagabb táplálkozó-területet, mint a többi lombos faj, ezért a madarak egyedszámát nem növeli, csupán speciális étletteret nyújt számos fajnak, ezáltal növelve a terület fajszámát. Az erdeifenyő, bár hatása itt sem volt elég erős ahhoz, hogy a modellbe bekerüljön, ez esetben is negatívan befolyásolta a vizsgált biológiai változót, melynek okát ez esetben sem ismerjük.

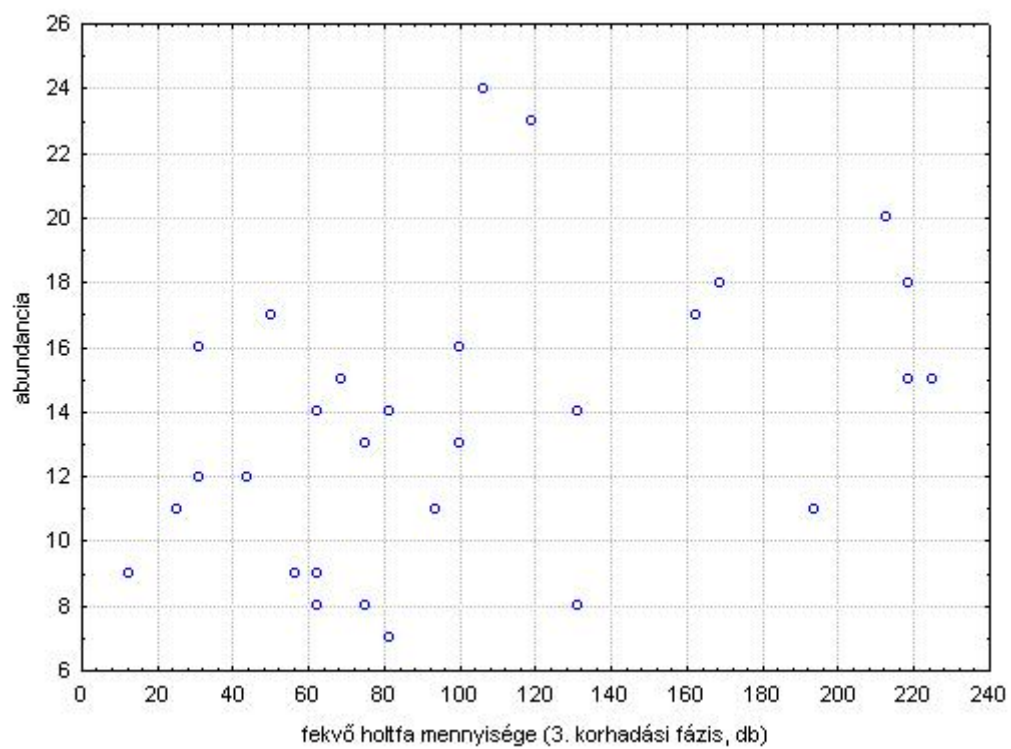
A modell által nyújtott predikció (12. ábra) szemmel láthatóan jobb, mint a fajszám modell esetében, ami a nagyobb lefedés miatt érthető is.



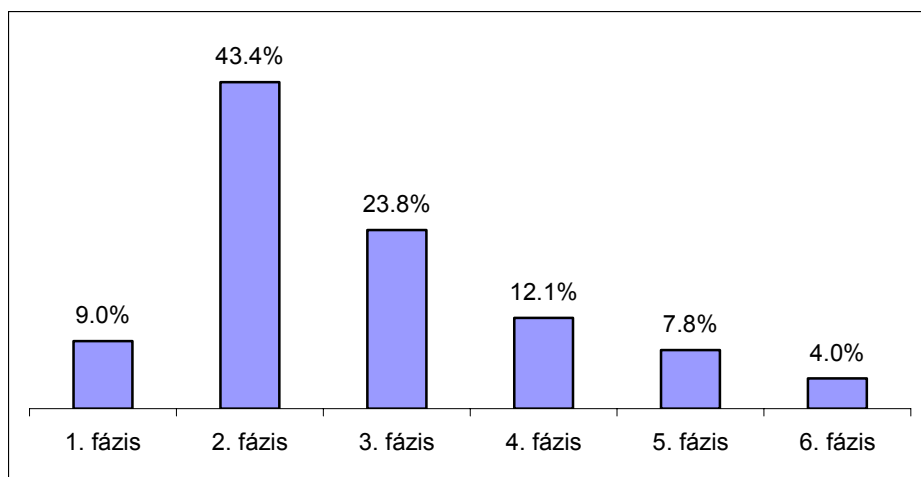
8. ábra: Madárközösség fajszámának kapcsolata a madárközösség egyedszámával mért adataink alapján



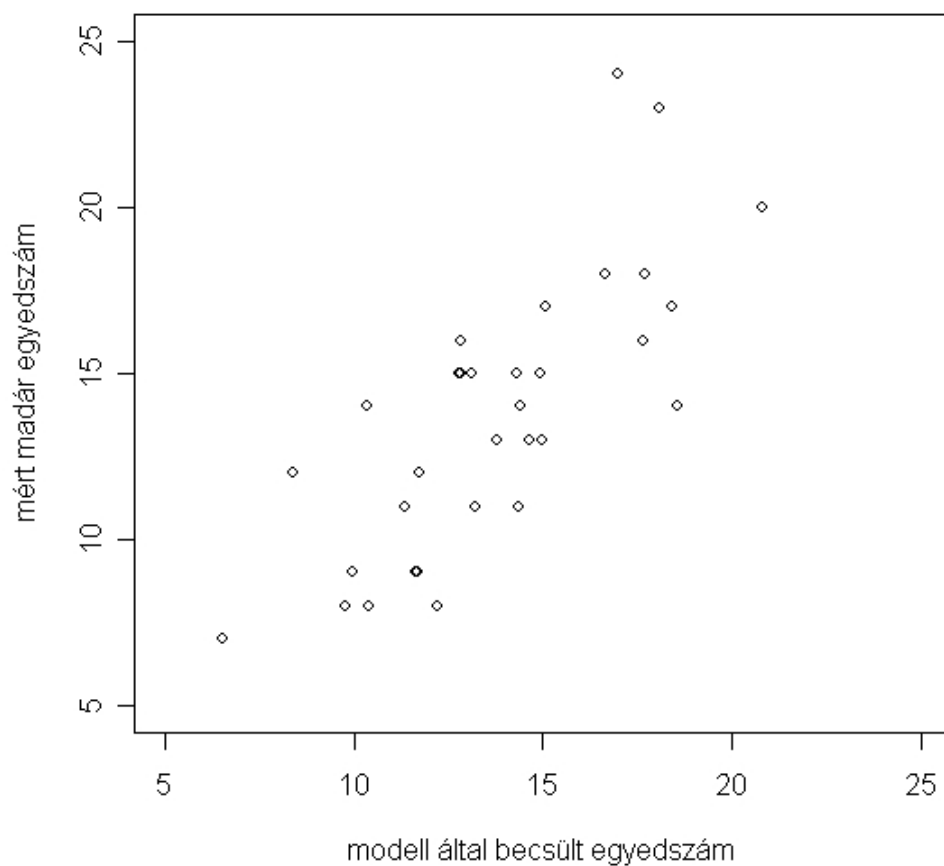
9. ábra: Egyedszám kapcsolata a nagy fák térfogatával (m^3/ha) mért adataink alapján



10. ábra: Egyedszám kapcsolata a fekvő holtfa darabszámával (db/ha) mért adataink alapján



11. ábra: Holtfa darabszámának százalékos megoszlása a hat holtfa korhadási fázis szerint, mintaterületeink összesített adatai alapján. Az első két fázis igen tömeges, de a legtöbb holtfán táplálkozó madárfaj számára még kevés hozzáférhető rovartáplálékot nyújt. A 4.-6. fázisú holtfák rovartáplálékban már igen gazdagok, de viszonylag kis mennyiségben vannak jelen.



12. ábra: Egyedszám modell predikciója: mért egyedszámok a modell által becsült értékek függvényében ábrázolva

4.2.3. Harkály abundancia

A harkályok (Piciformes) rendjébe tartozó madárfajok több szempontból is összetartozó, életmódjuk tekintetében hasonló csoportot képeznek. Számos fajuk közül az itt következő jellemzés csak a hazánkban is költő nyolc fajról szól, bár a tulajdonságok jelentős hányada a csoportra tartozó fajok nagy részére igaz. A harkályokat a rendszertani rokonságon túl összeköti, hogy igen erős csőrük, és speciálisan módosult koponyájuk révén képesek az élő és holt, a korhadás különböző stádiumaiban lévő holt fákat megbontani, kergüket lefejtani, a törzsbe lyukakat illetve odút vájni (*Szélessi 1973*). Ez a tulajdonságuk, és hosszú nyelvük lehetővé teszi, hogy kiaknázzanak egy olyan forrást, amihez a madarak, sőt a gerincesek nagy része nem fér hozzá: a fatörzsben és ágakban, illetve a fakéreg alatt található ízeltlábuakat. A hazánkban élő fajok ezen belül különböző módon specializálódtak: a küllők táplálékában jelentős szerepet játszanak a hangyák, melyekhez a földön táplálkozva jutnak hozzá, a nyaktekercs, bár harkályféle, másodlagosan részben elvesztette ezen képességeit, mivel más életmódra tért át, csőre is gyengébb, és elsősorban nem is zárt erdők madara (*Fuller 1995, Szélessi 1973*). A többi, hazánkban előforduló faj viszont az előbb leírt, harkályokra jellemző módon szerzi táplálékát, bár preferenciáik jellegzetesen különböznek, az egyes fajok különböző magasságokban található törzseken, illetve ágakon táplálkoznak, különbözőek a táplálkozásra használt fák faja iránti igényeik, és különböző arányban választanak élő, holt álló, és fekvő holtfa egyedeket táplálkozás céljából (*Bobiec et al. 2005*). Az egyes fajok táplálkozásában megfigyelhető különbségeket jól mutatják a fajok testméretében és csőrük erősségében található különbségek is. A másik fontos, harkályokra jellemző tulajdonság, hogy erős csőrüknek köszönhetően képesek költés céljára odút vájni maguknak. Ez - a nyaktekercs kivételével - az összes hazai fajra igaz, ellenben rajtuk kívül erre egyetlen nálunk honos madár képes: a kormosfejű cinege maga vájta odúban költ, bár azt csak korhadó puhafában tudja elkészíteni (*Szélessi 1973*). A harkályok ezért igen központi szerepet töltenek az erdők madárközösségeiben, mivel elhagyott odúik a számos odúlakó madárfaj igen fontos, bár nem egyedüli költőhelyei (*Csóka 2000*). Ezért, és az előbb leírt, hasonló életmódjuk folytán funkcionális fajcsoportnak tekintjük őket, és úgy gondoljuk, hogy a csoportot közösen jellemző változók (fajszám, tömegesség) fontos biológiai tartalommal bírnak. Az alábbiakban a harkályok tömegességi viszonyainak háttérváltozó-függését elemezzük.

A kapott modell (4. táblázat) öt változó függvényében ad becslést a harkályok mennyiségére. Eredményeink szerint állományainkban ott nagyobb a megfigyelt harkályok egyedszáma, ahol az állomány viszonylag nyílt, fáinak átlagos magassága minél nagyobb, kevésbé fejlett a – közepes törzsmérőjű fák, elsősorban gyertyánból álló - második lombkoronaszint és az újulati szint, illetve nagy az álló holtfák mennyisége. A modellben szereplő első négy változó körülbelül ugyanolyan súllyal esik latba, míg az ötödik ezeknél jóval kevésbé fontos.

Harkály abundancia modellbe bekerült változók	Irány	Lefedett variancia %	Szignifikancia
Nyíltság (denziométerrel mérve)	+	11.5%	p<0,05
Kis-közepes fák mennyisége (<30 cm törzsátmérő, térfogat)	-	11.3%	p<0,05
Álló holtfa mennyisége (bükk-gyertyán, térfogat)	+	9.8%	p<0.05
Átlagos fa mérete (magasság)	+	9.5%	p<0.05
Átlagos fa mérete (térfogat)	-	5.9%	p<0,1

4. táblázat: A harkály abundancia esetében kapott regressziós modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányba befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából, és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a harkályok egyedszáma, a függő változó illesztése normális, a modell készítése során transzformációt nem alkalmaztunk. Az egyes változók tesztelése F-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 52,3 %-át fedi le.

Pozitív összefüggést találtunk állományaink nyíltsága és a harkályok mennyisége között. Mivel az összes, hazánkban élő harkályfaj erősen kötődik a fás élőhelyekhez, és ezen belül számos faj kifejezetten zárt erdőkhez, ezért nem erre az eredményre számítottunk. Állományaink azonban mind többé-kevésbé zárt erdők, így eredményünk szerint ezeken belül a nyíltabb állományok kedvezőbbek a harkályok szempontjából. Valószínűleg azzal magyarázható a kapott összefüggés, hogy állományaink között az intenzív, nagyüzemi erdőgazdálkodással kezelt, kevésbé természetes erdők záródása általában nagyobb (ahogyan erről a fajsza és az abundancia esetében is volt szó). Ezek több szempontból is kedvezőtlenebbek a harkályok számára: általában a természetközeli módszerekkel művelt erdőknél jóval kisebb bennük az álló és fekvő holtfa mennyisége, hiányoznak a nagyméretű, idős faegyedek, és mind faj, mind korösszetételük homogénebb, így a harkályok jóval kevesebb táplálkozásra, odúkészítésre alkalmas szubsztrátot találnak az ilyen állományokban. Azokban az erdőtípusokban, ahol a faegyed alapú (finom térbeli léptékű) természetes bolygatások a meghatározóak (hazai erdőtípusaink nagy része ilyenek számít, pl. bükkösök) a természetközeli állományok többnyire nyíltabbak a gazdasági erdőknél, ahol homogén és minél teljesebb záródás kialakítása a cél (*Standovár and Kenderes 2003*).

A másik lehetséges magyarázat már a következő, modellben szereplő változóhoz kapcsolódik: lehet, hogy a harkályok kevésbé kedvelik az olyan állományokat, ahol jól fejlett második lombkoronaszint található. (Az ilyen állományok záródása általában nagy!) Ez biztos, hogy részben igaz, mivel a kicsi és közepes fák mennyisége is lényeges, negatívan ható változónak bizonyult, de ennek a jelenségnek az okát sajnos nem ismerjük.

Az álló holtfa a harkályok szempontjából egyrészt mint táplálkozóhely, de ezen kívül mint fontos odú-készítő szubsztrát is fontos (*Sandström 1992*). Sajnos a mai erdőgazdálkodási módszerek (különösen a nagyüzemi vágásos erdőgazdálkodás) olyan jelentős mértékben csökkentették az álló holtfák mennyiségét, hogy az állományainkon belül kijelölt, és felmért 40*40 m-es területekre átlagosan igen kevés álló holtfa-egyed jut (kb. 6 db, ez hektáronként átlagosan nagyjából 38 faegyednek felel meg, ez a természetes erdőkben található mennyiség töredéke). Ezért az erre vonatkozó változóink esetében az elemzést megnehezítik a kicsi mintaszámból eredő nagy sztochasztikus ingadozások. Figyelemre méltó, hogy az álló holtfa még ilyen körülmények között is ható változónak bizonyult.

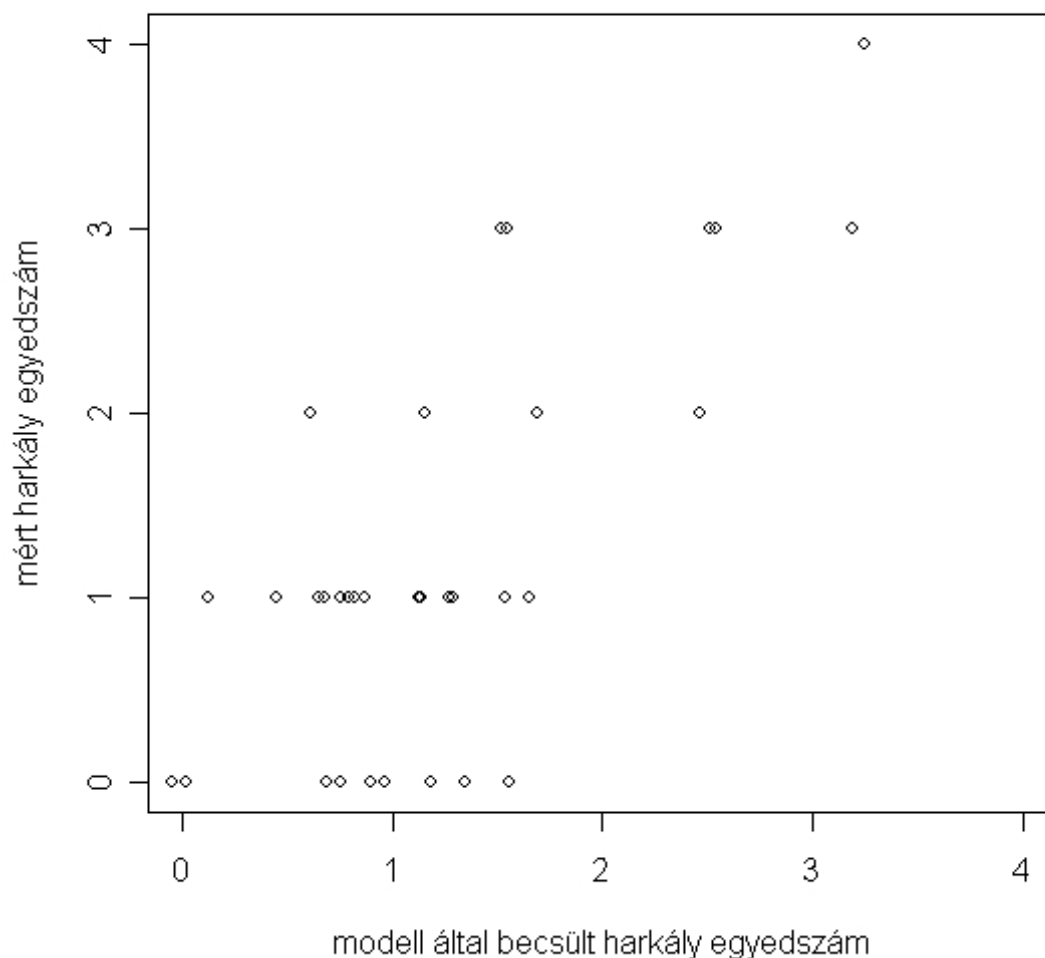
A következő, fontosnak bizonyuló változó az átlagos faegyedek mérete volt, a harkályok egyedszáma pozitív összefüggést mutatott az átlagos faegyedek átmérőjével, körlapjával, becsült térfogatával és magasságával egyaránt, mivel a legerősebb kapcsolatot a magassággal találtuk, ezt építettük a modellbe. A változó egyrészt az állományokat alkotó fő lombkoronaszintben található fák korával és méretével, másrészt az alsóbb szintek, kis fák

mennyiségének csökkenésével is nő, az előzőekben már láttuk, hogy a nagy fák mennyisége pozitívan, a kis fák mennyisége pedig negatívan befolyásolja a harkályok előfordulását. Azt, hogy a nagy fák mennyisége milyen módon növeli az elérhető táplálék mennyiségét, itt is az előző modellekben leírtakhoz hasonlóan magyarázzuk: az idősebb fán egységnyi területre nagyobb mennyiségű faanyag, ág, törzs, kéreg, holtfa, és egyéb mikroélőhely jut, ami gazdagabb ízeltlábú-közösséget tart el. Ezt a hatást erősíti, hogy egy idősebb fán a gerinctelenek megtelepedésére jóval több idő állt rendelkezésre.

Nagyon érdekes, és kicsit nehezebben értelmezhető a modellbe került ötödik változó, az átlagos faegyedek térfogata. Annak ellenére, hogy az előbb tárgyalt változóhoz hasonlóan ez is erős, pozitív kapcsolatot mutatott a harkályok mennyiségével, az átlagos fák magasságának modellbe építésével ez a változó még mindig szignifikánsan hozzájárult a modellhez (a variancia kb. 6 %-át magyarázva), de már nem pozitívan, hanem negatívan hatott a vizsgált biológiai változóra. Ennek a jelenségnek valószínűleg az a magyarázata, hogy az átlagos faegyed magassága meredekebben, míg az átlagos faegyed térfogata kicsit kisebb meredekséggel hat a harkályok egyedszámára, mint az a (lehet, hogy igen komplex) tényező, amelyre a harkályok valóban reagálnak (pl. esetleg a törzsfelület), így az átlagos fa méretének modellbe való beépítésével a most tárgyalt változó már negatívan hathat. Másképpen megfogalmazva a harkályok és a nagy fák közötti kapcsolatot tökéletesebben tudtuk kifejezni két változó lineáris kombinációjával, mint akármelyikkel külön-külön.

Kiemelnénk, hogy a modell által lefedett variancia körülbelül feléért olyan változók felelősek, amelyek a faállomány méreteloszlását jellemzik. Ennek részben oka lehet az is, hogy a harkályok szempontjából fontos változók közül (pl. holtfa, puhafák mennyisége, nagy méretű fák) ez az, amelyet jól tudtunk mérni, de az is jól látszik, hogy ez a tényező a harkályok számára valóban igen fontos tényező.

A modell által kapott predikciót a 13. ábra mutatja.



13. ábra: Harkály egyedszám modell predikciója: mért harkály egyedszámok a modell által becsült értékek függvényében

4.2.4. Fekete harkály (*Dryocopus martius*)

A terepi adatok felvétele során a Magyarországon költő nyolc harkályfajból hattal találkoztunk (kivétel: fehérhátú harkály és balkáni tarkaharkály), és ezek közül öt faj az elemzésekben is szerepel (kivétel: közép tarkaharkály), de csak két faj bizonyult olyan gyakorinak (minimum 10 előfordulás/33 terület), hogy modell-építéssel próbálkozhassunk: a nagy tarkaharkály és a fekete harkály. Mindkét faj esetében azt tapasztaltuk, hogy a kapott modellek által lefedett varianciák elmaradnak a kistestű énekeseknél tapasztalt 40-70 %-os értékektől. Ennek oka valószínűleg abban keresendő, hogy nagyobb testű, nagyobb mozgáskörzetű fajok lévén, jelenlétüket nem magyarázhatja olyan jól az általunk vizsgált 40*40 m-es terület, és erőteljesebben befolyásolhatnak az általunk eddig nem vizsgált szomszédos erdőrészek is. Ennek ellenére, éppen a jelenség bemutatása céljából röviden tárgyaljuk a fekete harkály esetében kapott modellt.

Fekete harkály modellbe bekerült változók	Irány	Lefedett variancia %	Szignifikancia
Fekvő holtfa (5. korhadási fázis, db)	+	19.7%	p<0,01
Átlagos fa mérete (magasság)	+	13.0%	p<0,05

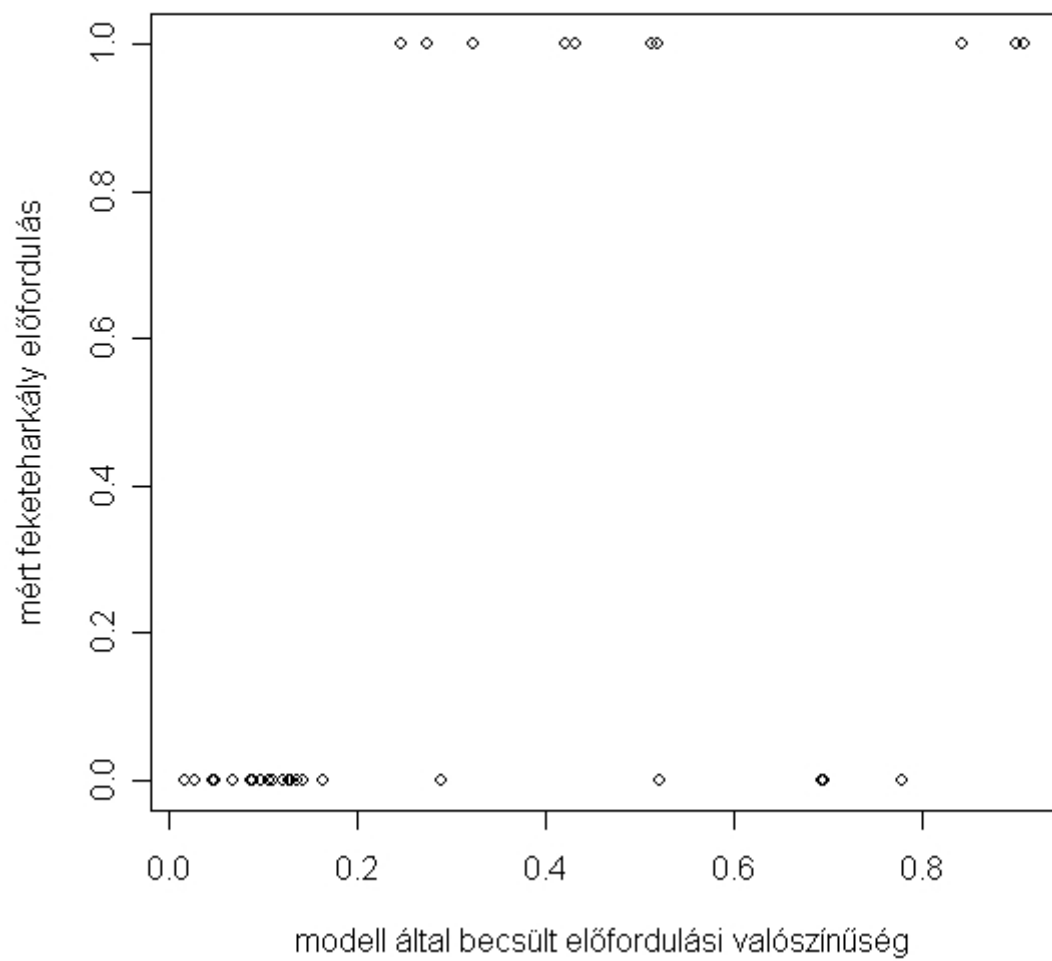
5. táblázat: A fekete harkály esetében kapott regressziós modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányba befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából, és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a fekete harkály előfordulása, a függő változó illesztése binomiális, a modell készítése során logit transzformációt alkalmaztunk. Az egyes változók tesztelése χ^2 -próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 31,2 %-át fedi le.

A modell (5. táblázat) két változó függvényében becsli a faj előfordulási valószínűségét. Fontosnak bizonyult az erősen korhadt fekvő holtfa mennyisége és az átlagos faegyedek mérete, mindkét változó pozitívan befolyásolja a faj előfordulási valószínűségét. A modell a variancia 31,2 %-át magyarázza.

A holtfa a harkályfélék számára igen fontos táplálkozóhely, ennek ellenére a fekete harkály elsősorban álló (élő és holt) faegyedeken táplálkozik. A kapott összefüggést talán az magyarázza, hogy a fekvő holtfa általában az olyan állományokban gyakori, ahol relatív sok az álló holtfa, illetve az elhalt, de még a fán található fa részek.

A másik fontosnak bizonyult változóról, az átlagos faegyed méretének fontosságáról, a lehetséges okokról az előbbieken már volt szó, a fekete harkály esetében a nagy faegyedek még inkább fontosak lehetnek, mivel igen nagy méretű odúját csak kellően nagy faegyedekben tudja elkészíteni (Fuller 1995). Johnsson (1993) szintén foglalkozott a nagytű harkályok ökológiai igényeinek elemzésével, és a fekete harkály esetében ő is azt az eredményt kapta, hogy a nagyméretű faegyedek nélkülözhetetlenek a faj számára.

A modell predikációs képessége (14. ábra), annak kicsi lefedéséből következően, korlátozott: modellünk érdekes módon elég jó becslést ad azokon a területeken, ahol a faj nincs jelen (kicsi előfordulási valószínűségeket predikálva), de nem becsül magas előfordulási valószínűségeket ott, ahol a faj jelen van.



14. ábra: Fekete harkály modell predikciója: mért fekete harkály előfordulások a modell által becsült előfordulási valószínűségek függvényében

4.2.5. Csilpcsalpfüzike (*Phylloscopus Collybita*)

A modell a csilpcsalpfüzike előfordulási valószínűségére nyújt predikciót három változó függvényében. (6. táblázat) A faj előfordulási valószínűsége pozitívan függ a gypesztint fajsztól, és az elegyfák arányától, negatívan függ viszont a 30-40 cm törzsátmérőjű fák mennyiségétől.

Csilpcsalpfüzike modellbe bekerült változók	Irány	Lefedett variancia %	Szignifikancia
Gypesztint fajszt (db faj/30*30 m)	+	25.5%	p<0,001
Elegyfák aránya (térfogat)	+	9.9%	p<0,05
30-40 cm törzsátmérőjű fák mennyisége (db)	-	5.8%	p<0,1

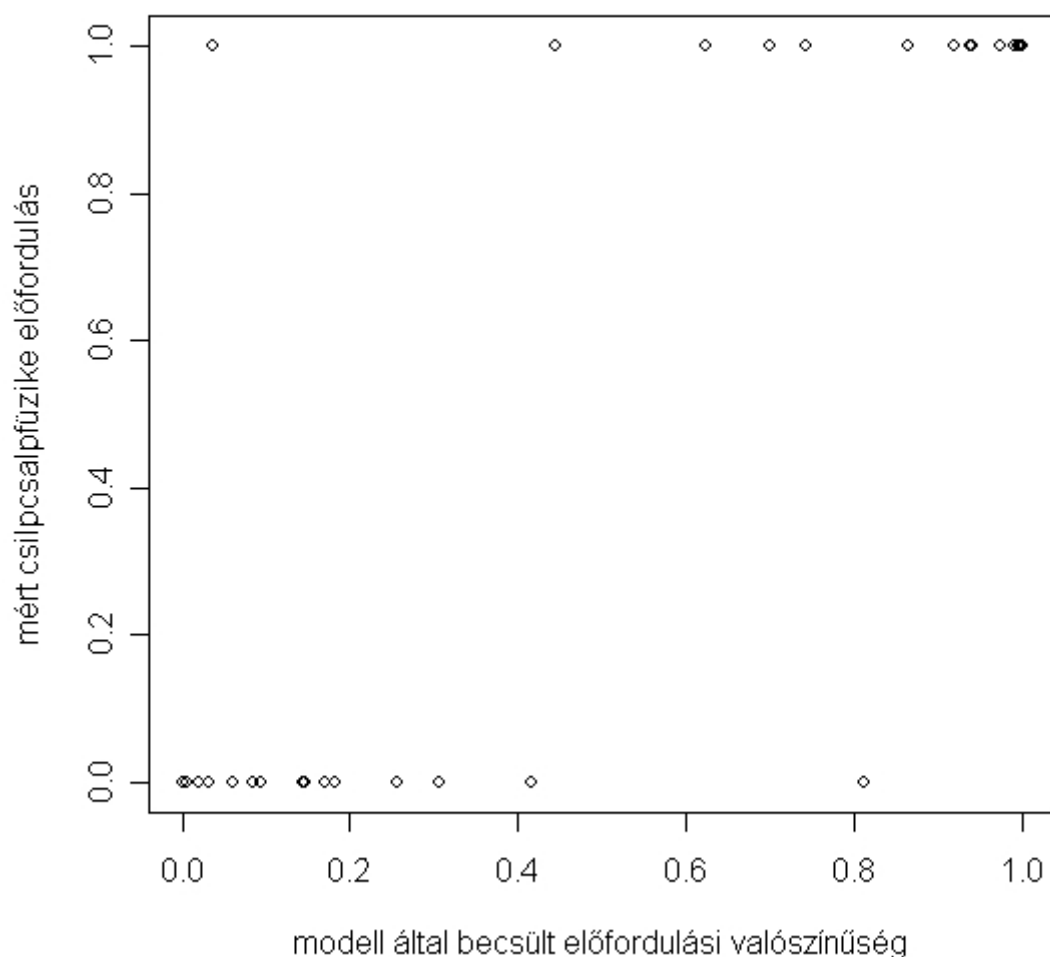
6. táblázat: A csilpcsalpfüzike esetében kapott regressziós modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányba befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából, és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a csilpcsalpfüzike előfordulása, a függő változó illesztése binomiális, a modell készítése során logit transzformációt alkalmaztunk. Az egyes változók tesztelése Chi²-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 57,7 %-át fedi le.

A kapott összefüggések értelmezése ebben az esetben nem egyszerű feladat. A legnehezebb éppen a legerőteljesebben ható változó értékelése. A csilpcsalpfüzike kifejezetten a lombkoronaszintben és cserjesztintben táplálkozó faj (*Fuller 1995*), így nehéz elképzelni, hogy hogyan hathat rá közvetlenül a gypesztint akármilyen tulajdonsága. A másik fontos megfigyelés, hogy a faj a gypesztint borításával is egyértelmű, pozitív korrelációt mutatott (15. ábra), de határozottan kisebb mértékűt, mint a fajszt iránt (16. ábra): modellünk lefedése 15%-al romlott volna, amennyiben ezt a változót alkalmazzuk. Az ábrákon jól látszik, hogy a két esetben kicsit más jellegű az összefüggés. Míg a gypesztint borítása esetén a fő tendencia az, hogy ahol nincs csilpcsalpfüzike, ott mindig nagyon kicsi volt a gypesztint borítása, addig a fajszt esetében, ennél is határozottabban jelentkezik a kapcsolat: egy bizonyos fajszt alatt a faj soha nincs jelen. Úgy gondoljuk, hogy a gypesztint fajsztja valamilyen olyan, lehet, hogy az általunk mért változóknál komplexebb változóval áll szoros összefüggésben, amit nekünk nem sikerült jól mérnünk, de a faj számára fontos, pl. a fényviszonyokkal, vagy annak heterogenitásával. A fényviszonyokat többféle módszerrel jellemeztük az állományokban, de ezek közül több (pl. levélfelület index és diffúz fény mérése, fényviszonyok modellezése a lombkorona szerkezete alapján) jelenleg még elővizsgálati stádiumban van. Az összes vizsgált állományban csak a denziométerrel becsült záródás (ill. záródás hiány) adatok állnak rendelkezésünkre, amely a fényviszonyoknak csak egy aspektusát jellemzi.

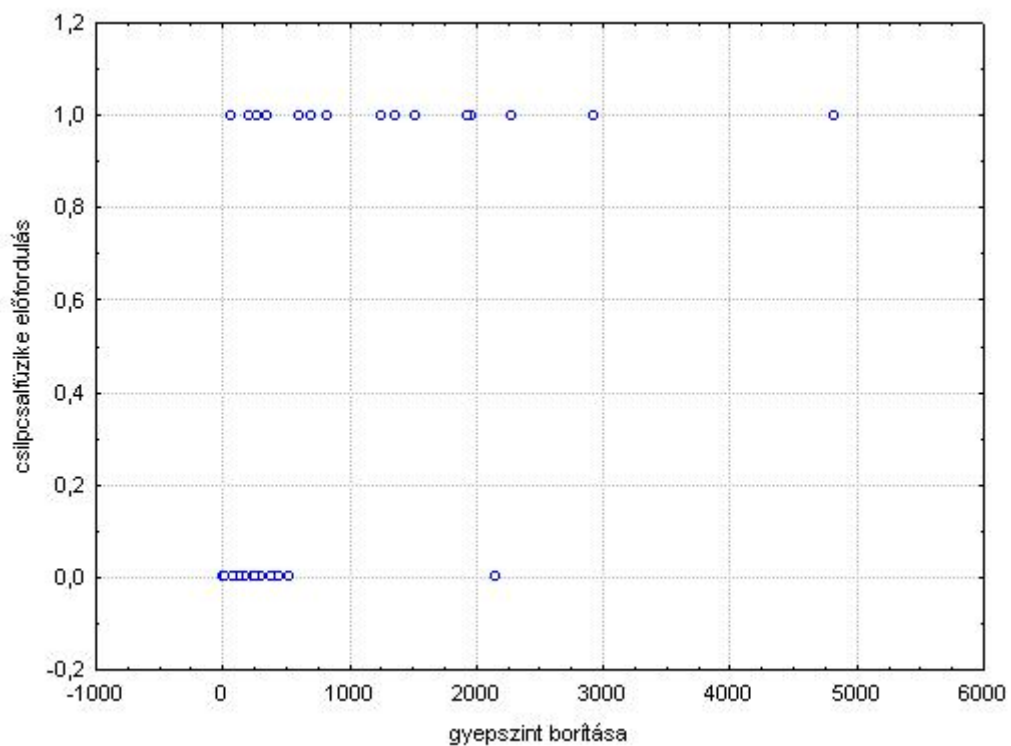
A faj erős, pozitív kapcsolatot mutatott az elegyfák arányával is (17. ábra), feltételezzük, hogy a változatosabb fafaj-összetételű állományok változatosabb és kiegyensúlyozottabb rovar táplálékkal szolgálnak a táplálkozó madár számára. *Bursky et al. (2004)* Oroszországban készült tanulmánya szerint a csilpcsalpfüzike táplálékgyűjtési stratégiáját tekintve teljesen generalista: nem különösebben válogat a rendelkezésre álló mikroélőhelyek közül, hanem mindig egy éppen hozzá közel eső újabb lombkorona-részletet kutat át, eközben csak a legszűkebb környezetét figyeli, de itt minden tápláléknak alkalmas kisebb-nagyobb ízeltlábút elkap. Így olyan élőhelyen, ahol nagyobb a táplálékállatok denzitása, sikeresebben kutat táplálék után. A puhafák ill. egyéb elegyfák valószínűleg ilyen táplálkozóhelyeknek számítanak.

Hasonló okot feltételezünk a közepes méretű fák mennyiségével kapcsolatban is (18. ábra): ilyen méretű fák szinte az összes állományunkban előfordulnak, de nagyon eltérő számban. Ahol nagy mennyiségben vannak jelen, ott általában kevés a nagy méretű, öreg fa, zárt az állomány, így kevésbé fejlett az újulati vagy cserjeszint is. A csilpcsalpfüzike élőhely-választáskor mindkét előbb említett faktorról pozitív összefüggést mutat (Fuller 1995). Valószínű, hogy ezen szintek hiánya, illetve kevésbé fejlett volta a csilpcsalpfüzike esetében csökkent a rendelkezésre álló táplálék mennyiségét, mivel a jóval kevesebb és homogénebb mikroélőhely kevesebb ízeltlábút tart el. Külön-külön az előbb említett tulajdonságok valószínűleg azért nem bizonyultak ható változónak, mert így túl kicsi a hatásuk ahhoz, hogy ekkora mintaszám mellett kimutassuk őket.

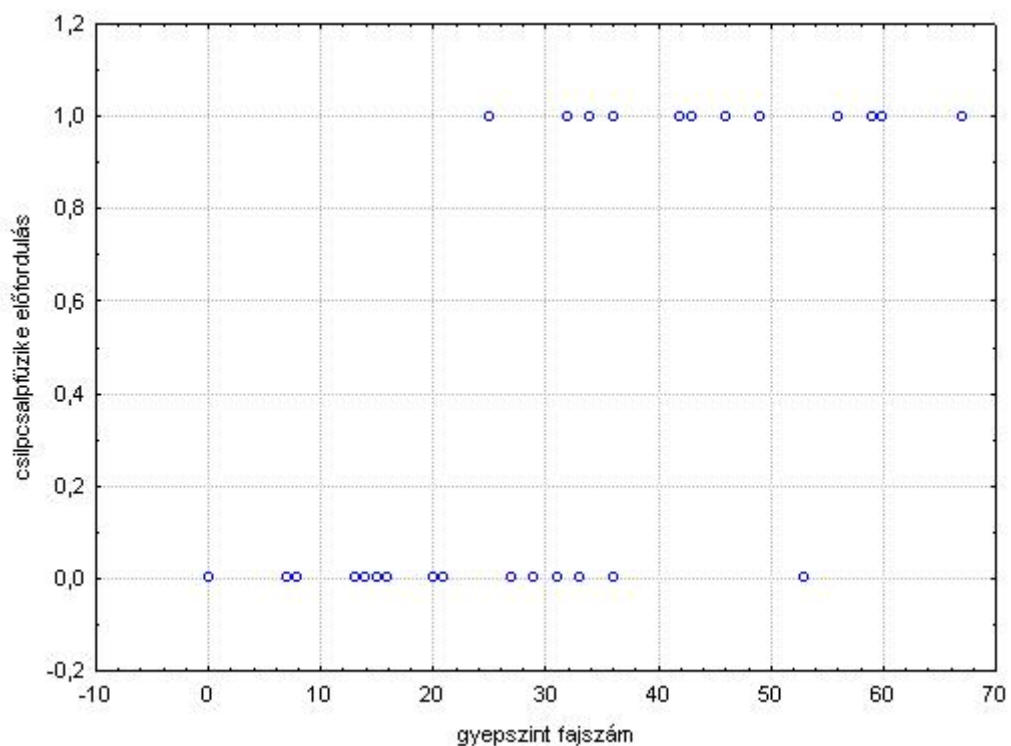
A modell által nyújtott predikció (19. ábra) gyakorlati szempontból elég jó: 3 terület kivételével 0,5 alatti előfordulási valószínűséget rendel azokhoz a területekhez, ahol a faj nem fordul elő, de 0,5 feletti értéket ott, ahol a faj előfordul.



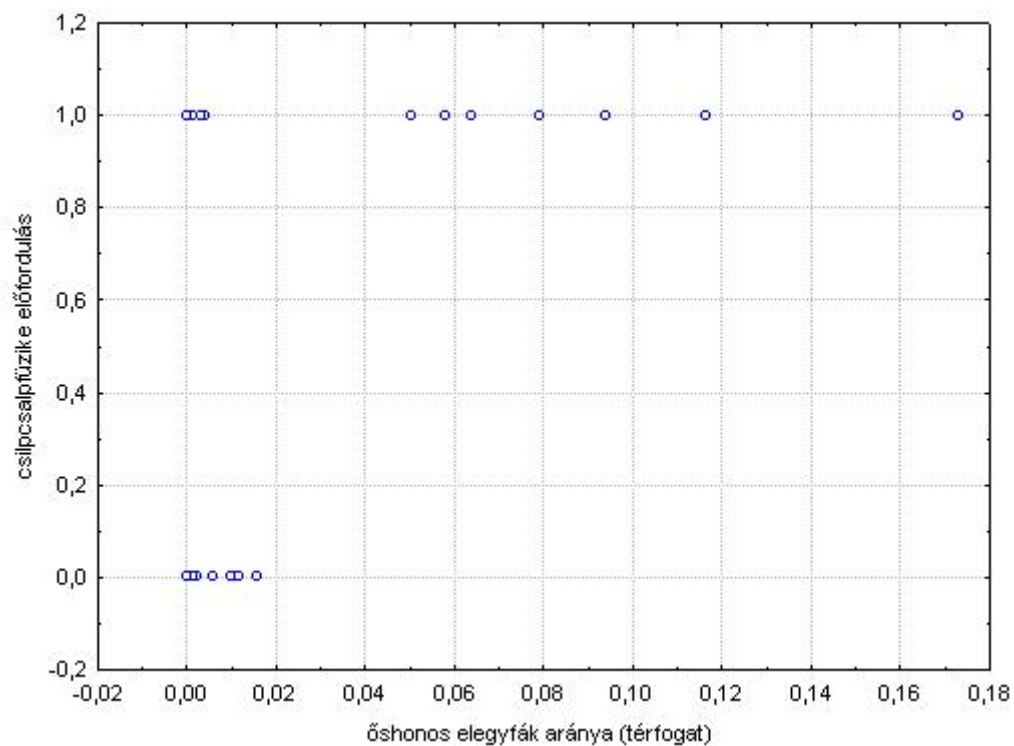
19. ábra: Csilpcsalpfüzike modell predikciója: mért csilpcsalpfüzike előfordulások a modell által becsült előfordulási valószínűségek függvényében



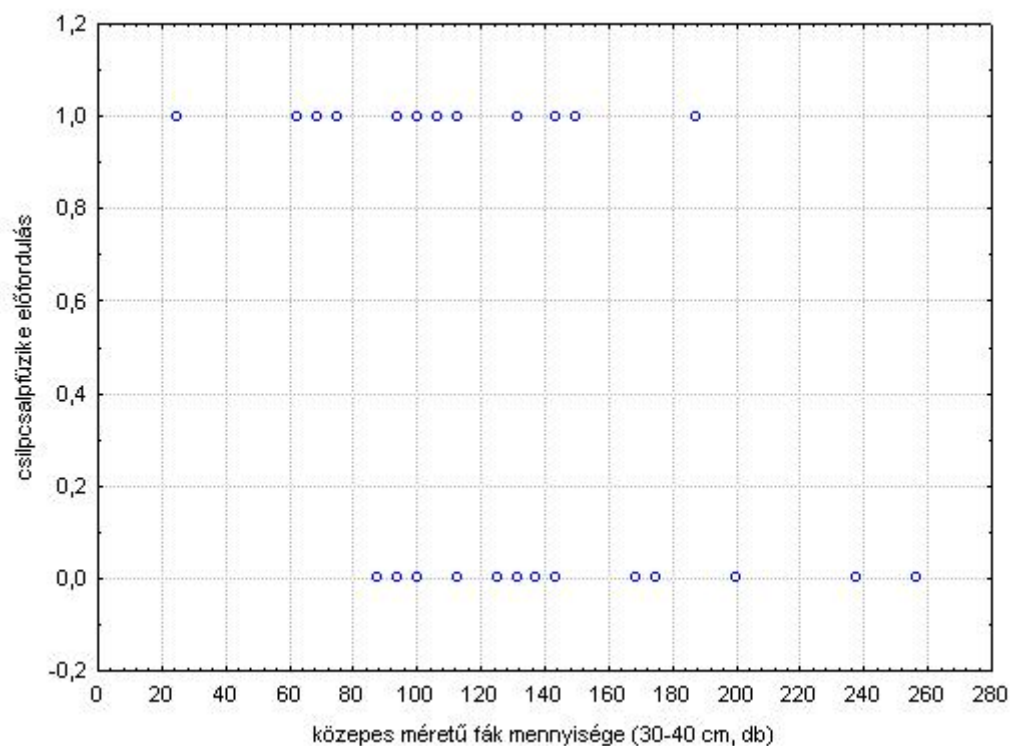
15. ábra: Csilpcsalpfűzike előfordulásának kapcsolata a gyepszint borításával (m²/ha) mért adataink alapján



16. ábra: Csilpcsalpfűzike előfordulásának kapcsolata a gyepszint fajszámával mért adataink alapján (az itt szereplő fajszám 30*30 m-re vonatkozik)



17. ábra: Csilpcsalpfűzike előfordulásának kapcsolata az elegyfák térfogatával (m^2/ha) mért adataink alapján



18. ábra: Csilpcsalpfűzike előfordulásának kapcsolata a közepes méretű fák darabszámával (db/ha) mért adataink alapján

4.2.6. Kékcinege (*Parus caeruleus*)

A modell (7. táblázat) három háttérváltozó függvényében nyújt predikciót a kékcinege előfordulási valószínűségére. Érdekes módon a legfontosabb változónak az újonnan keletkezett holtfa mennyisége bizonyult, ez pozitívan befolyásolta a faj előfordulási valószínűségét, fontos, és szintén pozitívan ható változók voltak még az álló holtfa aránya az állományban, illetve a nagy (40 cm törzsátmérő feletti) fák mennyisége.

Kékcinege modellbe bekerült változók	Irány	Lefedett variancia %	Szignifikancia
Fekvő holtfa (1. korhadási fázis, térfogat)	+	18.9%	p<0,01
Álló holtfa élő fához viszonyított relatív aránya (db)	+	12.1%	p<0,05
Nagy fák mennyisége (>40 cm törzsátmérő, térfogat)	+	9.0%	p<0,05

7. táblázat: A kékcinege esetében kapott regressziós modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányba befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából, és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a kékcinege előfordulása, a függő változó illesztése binomiális, a modell készítése során logit transzformációt alkalmaztunk. Az egyes változók tesztelése Chi²-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 45,2 %-át fedi le.

A kékcinege széles táplálékspektrumú rovarevő faj, amely elsősorban a lombkoronaszint ágain keresi táplálékát (*Fuller 1995*), így a modellben szereplő első két, holtfára vonatkozó változó értelmezése nem egyértelmű. Az álló holtfa mint potenciális odúforrás lehet fontos a másodlagos odúlakó faj számára, nem világos azonban, hogy milyen közvetlen kapcsolat lehet a fekvő holtfa mennyisége és a kékcinegék előfordulása között. Itt fontos megjegyezni, hogy az általunk használt holtfát jellemző skála szerint az 1. fázisú holtfa olyan holtfa, amelynek nagy részét még kéreg borítja. Ez a legtömegesebb holtfa-típus, általában 1-2 éven belül került a földre vagy erdészeti beavatkozás, vagy természetes esemény hatására.

Arriello & Fargallo 2006-os spanyolországi tanulmányában pozitív összefüggést talált az állomány kora, illetve az ezzel összefüggő strukturális diverzitás, és a kékcinege költési sikere között. Mi nem generáltunk háttérváltozóinkból az erdő érettségét, természetességét, vagy komplexitását jellemző indexet, de ha tettük volna, a faegyedek mérete, illetve az álló és fekvő holtfa jellemzői nagy súllyal estek volna latba ezek számításakor, lehetséges, hogy a holtfa mennyisége ilyen, közvetett módon van kapcsolatban a kékcinege előfordulásával területeinken.

Azok a - zömmel idősebb - állományok, amelyekben sok a nagy, idős fa, valószínűleg nagyobb egységnyi felületre eső lombmennyiségükkel, és az ezen elérhető nagyobb mennyiségű rovar táplálékkal nyújtanak kedvezőbb élőhelyet a kékcinegének.

4.2.7. Fenyvescinege (*Parus ater*)

Ahogy az anyag és módszer fejezetben is leírtuk, általános esetben azon közepesen gyakori fajok esetében építettünk ehhez hasonló, binomiális függő változóval dolgozó modellt, ahol a kérdéses faj a 33 mintaterületből kb. 10-20 területen fordult elő. A fenyvescinege ennél kicsit kisebb mennyiségben, 7 területen fordult elő, de a terepi tapasztalatok és irodalmi adatok alapján (*Fuller 1995*) annyira jellegzetes igényekkel bíró,

specialista faj, hogy kísérletképpen elvégeztük az elemzést. Ahogyan azt vártuk, rendkívül erős preferenciákat mutatott, így úgy döntöttünk, hogy a korlátok ismertetése mellett, de érdemes röviden foglalkoznunk a kapott eredményekkel.

Fenyvescinege modellbe bekerült változók	Irány	Lefedett variancia %	Szignifikancia
Tülevelű mennyiség (térfogat)	+	52,8 %	p<0,0001
Fák méretének szórása (térfogat)	+	45,2 %	p<0,001
Gyepszint borítás	+	23,6 %	p<0,01

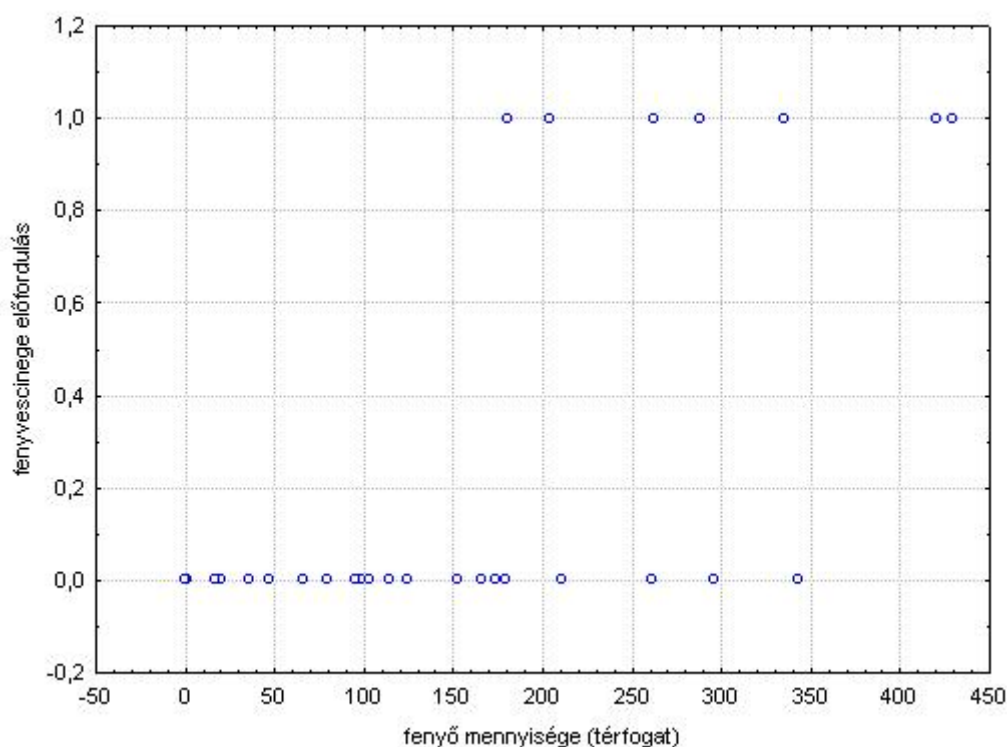
8. táblázat: A fenyvescinege esetében kapott regressziós modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányba befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából, és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a fenyvescinege előfordulása, a függő változó illesztése binomiális, a modell készítése során logit transzformációt alkalmaztunk. Az egyes változók tesztelése χ^2 -próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 100 %-át fedi le.

A modellbe (8. táblázat) itt is három változó került. Mind a három pozitívan befolyásolta a fenyvescinege előfordulási valószínűségét. A modell lefedése, ahogyan azt a táblázatból is láthatjuk, 100%-nak bizonyult. A faj jellegzetes életmódja miatt magas értékre számítottunk, de ebben az esetben a kis mintaszám is közrejátszhatott. Azt feltételezzük, hogy újabb területek bevonása esetén a modell által lefedett variancia csökkenne, de a ható változók ugyanazok maradnának.

Legfontosabb ható tényezőnek a tülevelűek mennyisége bizonyult. (20. ábra) Mivel a faj különösen kedveli a tülevelű fafajokat táplálkozás céljául (Székessi 1973), ez nem meglepő eredmény. Sok más faj esetében az a fafaj, vagy fafajok, amelyeken madaraink táplálkoznak, azért nem bizonyult fontos változónak modelljeinkben, mert mintaterületeink nagyon nagy részén ezek a fő állományalkotó fafajok, így nem korlátozzák e fajok előfordulását. Ebben az esetben azért jelent meg az összefüggés modellünkben, mert a tülevelűek csak területeink kisebb részében fordulnak elő komolyabb mennyiségben, így komoly korlátozók a faj előfordulásában.

Majdnem ugyanilyen fontos tényezőnek bizonyult a fák méretének szórása is. Ez a változó jól kifejezi azt, hogy mennyire heterogén a faállomány méreteloszlás szempontjából. Tehát az állományok fenyő-elegyaránya mellett meghatározó a faj szempontjából az is, hogy mennyire heterogén a faállomány korösszetétele: mennyire fejlett az újulati szint illetve a második lombkoronaszint, és mennyire jellemző a nagy, idős faegyedek jelenléte. Nem először találkozunk ilyen összefüggéssel az elemzések során: a változatosabb szerkezetű erdő változatosabb és többféle mikroélelőhelyet nyújt a rovaroknak, így gazdagabb táplálkozó-területet az itt táplálkozó rovarrevő madárfajoknak.

Jóval kisebb súllyal, de fontosnak bizonyult még a gyepszint borítása is. Arról a problémáról, hogy egy, tudásunk szerint főként a lombkoronaszintben táplálkozó, faj esetében mi lehet az oka annak, hogy erős kapcsolatot mutat a gyepszint egyes tulajdonságaival, már a csilpcsalpfüzike esetében írtunk. Ebben az esetben is azt feltételezzük, hogy a gyepszint csak jelzi a faállomány valamely olyan tulajdonságát, amit nem sikerült jól mérnünk más módon, de a fenyvescinege számára fontos.



20. ábra: Fenyvescinege előfordulásának kapcsolata a tűlevelűek térfogatával (m^2/ha) mért adataink alapján

4.2.8. Széncinege (*Parus major*)

A széncinege vizsgálati területünkön az egyik leggyakoribb fajnak bizonyult. Mivel szinte mindenütt jelen volt, elemezhető variancia csak a megfigyelt hímek számában volt. Ez alapján építettünk modellt, de nem igazán kaptunk jó eredményt: modellünk (9. táblázat) szerint a széncinege revírszáma pozitív összefüggést mutat a nagy méretű fák mennyiségével (mint ahogyan sok más kistestű rovarevő faj is az előbbieken), de a varianciának csak körülbelül egynegyedét fedte le. Azért mutatjuk be mégis, hogy ráirányítsuk a figyelmet arra, hogy mennyire különbözőképpen viselkedhetnek egymáshoz nagyon közeli rokon fajok igényeiket és elemezhetőségüket tekintve. Itt kell még megjegyeznünk, hogy több más gyakori, és hazai erdőtípusainkon belül generalista faj (pl. vörösbegy, énekes rigó (*Fuller 1995*) esetében tapasztaltuk, hogy nem kapunk jól értékelhető preferenciákat. Ezt azzal magyarázzuk, hogy területeink nagy részében megtalálják létfeltételeiket, így nem tárhatók fel igényeik, mert szinte mindenütt előfordulnak. Úgy tűnik, hogy a mennyiségekben meglevő különbségek nem elegendőek preferenciák feltárásához. Ez részben adódhat az adatfelvétel pontatlanságából is: sokkal könnyebb egy faj jelenlétét, vagy hiányát megállapítani, mint azt, hogy 100 m sugarú körön belül hány egyed énekel, ezért az utóbbira vonatkozó adatok valószínűleg bizonytalanabbak.

Széncinege modellbe bekerült változók	Irány	Lefedett variancia %	Szignifikancia
Nagy méretű fák mennyisége (40-50 cm átmérő között, db)	+	24.9%	$p < 0,01$

9. táblázat: A széncinege esetében kapott regressziós modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányba befolyásolták a vizsgált

biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából, és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a szécinege egyedszáma, a függő változó illesztése normális, a modell készítése során transzformációt nem alkalmaztunk. Az egyes változók tesztelése F-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 24,9 %-át fedi le.

4.2.9. Csuszka (*Sitta europea*)

A modell (10. táblázat) a csuszka 100 méteren belüli előfordulási valószínűségére nyújt predikciót három változó függvényében. A csuszka előfordulási valószínűsége pozitív összefüggést mutatott a fekvő holtfa mennyiségével, negatívan korrelált a tűlevelűek mennyiségével és pozitív összefüggést mutatott az átlagos faegyedek méretével.

Csuszka modellbe bekerült változók	Irány	Lefedett variancia %	Szignifikancia
Fekvő holtfa mennyiség (10-40 cm átmérő, térfogat)	+	36.6%	p<0,0001
Tűlevelűek mennyisége (6-13 m magasság, db)	-	21.6%	p<0,01
Térképezett fák (átmérő>5 cm) átmérőjének átlaga (cm)	+	10.0%	p<0,05

10. táblázat: A csuszka esetében kapott GLM modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányba befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából, és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a csuszka előfordulása, a függő változó illesztése binomiális, a modell készítése során logit transzformációt alkalmaztunk. Az egyes változók tesztelése χ^2 -próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 68,8 %-át fedi le.

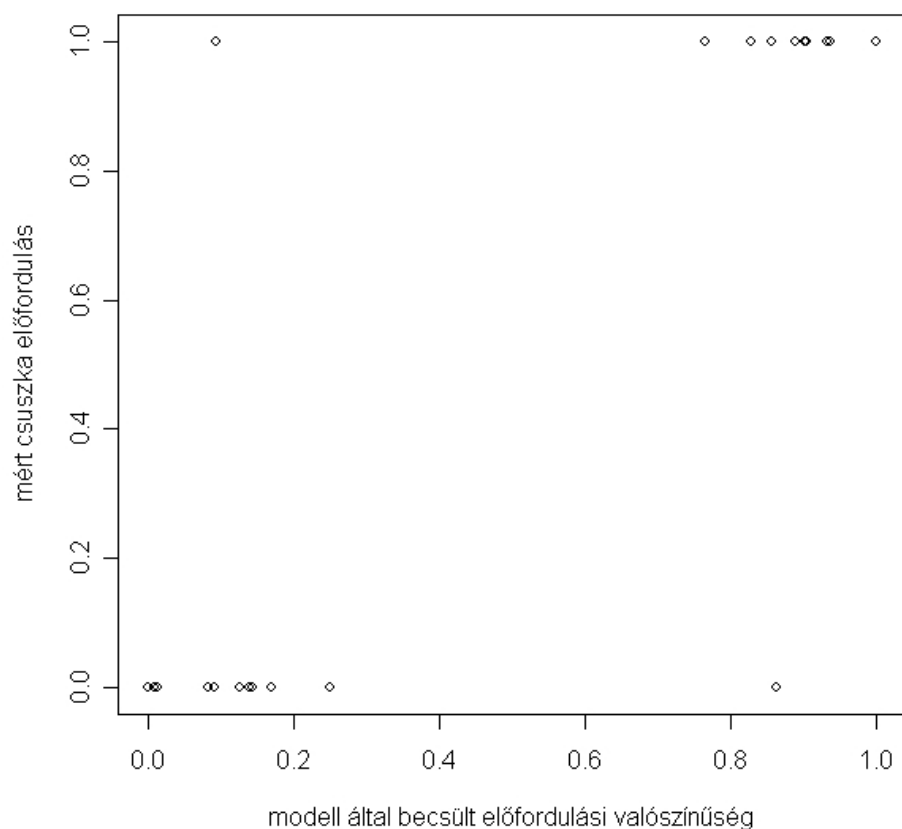
Az első, modellben szereplő változó, a fekvő holtfa mennyisége, a faj táplálkozási szokásaival függhet össze: elsősorban a fák kergét kutatja át rovarok után, mind az élő mind a holt fán szívesen táplálkozik, álló faegyedeken és a földön fekvő fatörzseken, ágakon és tuskókon is (Fuller 1995).

A tűlevelűek mennyiségével mutatott negatív összefüggést más kutatások is kimutatták (Nilsson 1976), de a jelenség okát nem ismerjük.

Érdekes viszont a harmadik, modellbe került változó, az átlagos fák mérete. Ez azt jelenti, hogy a csuszka olyan állományokban fordul elő gyakrabban, ahol a lombkoronaszintet minél nagyobb fák alkotják, illetve az újulati és közepes méretű fákból álló második lombkoronaszint meglehetősen kevésbé jellemző vagy hiányzik (területeinken a csuszka jelenléte a két tényezővel, melyeket ez a változó együtt fejez ki, külön-külön is korrelált: a nagy fák mennyiségével pozitívan, a kis fák mennyiségével negatívan). A csuszka számára az ilyen erdő költési időszakban két okból kedvező. Egyrészt a nagy, idős fák több költési lehetőséget (magától keletkezett, vagy harkályok által vájt odút, kéregrepedést) nyújtanak a másodlagos odúlakó csuszkának (Székessi 1973). Másrészt a főleg a fatörzsön táplálkozó faj számára a nagy méretű faegyedek hatványozottan jobb táplálkozó-területet nyújthatnak: egyrészt sokkal nagyobb törzs-felületük, másrészt öregebbek miatt. Az utóbbi azért növeli az elérhető rovar táplálék mennyiségét, mert az idős fákon sokkal több idő állt a rovarok kolonizációjához rendelkezésre, és az idősebb faegyedeken többféle mikroélőhely található, mint a fiatalabbakon. Figyelemre méltó, hogy még a mi, relatív idős állományainkon belül is ható tényezőnek bizonyult ez a változó, ez alapján azt feltételezzük, hogy hazai viszonylatban (ahol általában nem gyakoriak az idős állományok) ez a tényező a hazai csuszkapopuláció komoly meghatározója. A nemzetközi irodalomban meglehetősen kevés a mienkhez hasonló

kérdéseket hasonló módszerekkel vizsgáló munka, de itt kell megemlíteni, hogy az egyik ilyen, egészen új vizsgálat pont egy csuszkafaj esetében történt: *Thibault et al. (2006) vizsgálatában* egy korzikán élő, endemikus csuszkafajt (*Sitta whiteheadi*) vizsgáltak, amely erősen specializálódott életmódot folytat: egy szintén korzikán endemikus fenyőfaj idős állományaiban él, és elsősorban annak magjaival táplálkozik. A faj télen és nyáron is territóriumában marad, így jól elemezhető volt, hogy mi alapján választja ki azokat, és a döntő faktornak itt is a nagy fák mennyisége bizonyult. A szerzők ezt az idős fák nagyobb magtermelésével magyarázzák, ami valószínűleg igaz is, bár nagyon kevés énekesmadár-fajt ismerünk csak, amely a fiókáit nem rovarokkal etetné, erre a kérdésre a vizsgálat nem terjedt ki. A mi csuszka-fajunk táplálkozásában is szerepelnek különböző magok, pl. a bükk makkja, de ennek nem a fiókák etetésében van komoly szerepe, hanem a faj sikeres áttelelésében (*Nilsson 1987, Enoksson 1990*).

Egy ilyen lefedésű modell már meglehetősen jó predikciót nyújt: (21. ábra) ez esetben 2 terület kivételével az olyan területekhez, ahol a faj előfordult, 0,5 feletti, az olyan területekhez, ahol a faj nem fordult elő, 0,5 alatti előfordulási valószínűségeket rendelt.



21. ábra: Csuszka modell predikciója: mért csuszka előfordulások a modell által becsült előfordulási valószínűségek függvényében

5. Kitekintés

Vizsgálatunk alapján a faállomány madárközösséget legerőteljesebben befolyásoló szerkezeti elemei az erdő vertikális szintjeinek fejlettsége, a holtfa és az állomány záródottságának mértéke. A faállomány összetételét jellemző sajátságok közül az elegyfák mennyisége és a lucfenyő aránya meghatározó. A fajszámot valószínűleg több, és speciálisabb változó egyidejű jelenléte, tehát az állomány heterogenitása (források sokfélesége) növeli elsősorban, így egy-egy változó kisebb súllyal szerepel. Ezzel szemben a madárközösség egyedszáma egy-egy területen elsősorban az elérhető források mennyiségével növekszik, így egyszerűbb, kevesebb változóval modellezhető paraméter, mely elsősorban, és a fajszámnál erősebben az állomány korával és természetességével függ össze. Az általunk elemzésbe vont fajcsoportok közül a harkályok esetében kapott modellt mutattuk be. A harkályok egyedszáma vizsgálataink szerint az idős, nagy faegyedeket tartalmazó, viszonylag nyílt, álló holtfában gazdag állományokban nagyobb. A bemutatott hat madárfaj előfordulására ill. egyedszámára vonatkozó modell esetében jellemző, hogy az egyes fajok általában kevés (egy-négy), egymástól nagyjából független változóval mutatnak erősebb-gyengébb kapcsolatot. Az egyes fajok számára fontos változók a csoportokra jellemző változókhoz képest jóval speciálisabbnak és változatosabbnak bizonyultak. A már eddig is felsorolt változókon kívül (egy-egy szint fejlettsége, holtfa, záródottság) elsősorban itt jelennek meg faji szintű preferenciák (pl. lucfenyő jelenlétére, elegyfák arányára vonatkozók).

A madárközösség általános változói (fajszám, egyedszám, fajcsoportok egyedszáma/fajszáma) jól elemezhetőnek bizonyultak. A kellő egyedszámban felmért (10-20 előfordulás/33 terület) 18 fajból azonban az eddigi elemzések alapján úgy tűnik, hogy ezek közül csak körülbelül a fajok fele mutat határozott preferenciákat. Érdekes tapasztalat volt az elemzések során, hogy egymáshoz sokszor egészen hasonló fajok (pl. a cinegék) esetében az egyik fajra vonatkozóan igen jól sikerült lefednünk a faj előfordulásában jelentkező varianciát modelljeinkkel, más fajok esetében ez egyáltalán nem sikerült. Röviden szeretnénk kitérni ennek a jelenségnek lehetséges okaira. Úgy tűnik, hogy egy faj igényeiről csak akkor tudunk érdemi információkat szerezni, ha elegendő számú olyan mintával rendelkezünk, ahol a faj előfordul. Mi az elemzések során azokat a fajokat vizsgáltuk, amelyek legalább 10 területen előfordultak. Felmerült viszont egy másik hasonló kritérium is: nem bizonyultak jól elemezhetőnek azok a nagyon gyakori fajok sem, amelyek majdnem mindenütt jelen voltak. Ezek előfordulásában is mutatkozott variancia, mivel a mintavételezések során a megszokott távolságon belül az ilyen fajok eltérő egyedszámban voltak jelen. Tehát meg lehetett próbálni olyan modelleket építeni, melyek predikciója nem a faj előfordulási valószínűségét, hanem egyedszámát becsli, de nem igazán sikerült a varianciát jól lefedő modellekhez jutnunk (ilyen fajok voltak a mi esetünkben az énekesrigó, vörösbegy, erdei pinty, széncinege). Ezek közül a fajok közül a széncinege esetében kapott modellt mutattuk be. Az a feltételezésünk, hogy az ilyen, a vizsgált erdőtípusok körén belül előfordulásukat tekintve generalista fajok költő párjai teljesen felosztják egymás között a rendelkezésre álló területet, így különbségek csak a revírek méretében, tehát az egységnyi területre eső hímek számában találhatunk annak függvényében, hogy az adott terület mennyire alkalmas az adott faj számára. Az eddigi tapasztalatok alapján úgy tűnik, hogy egy faj esetében a faj elterjedését legerőteljesebben meghatározó háttérváltozók feltárása akkor igazán sikeres, ha mintaterületeink között elegendő számú olyan terület is van, ahol a faj nem fordul elő.

Újabb érdekes problémát vetett fel, hogy azon fajok esetében, amelyekre az előző kritériumok teljesülnek, nagyon nagy különbség mutatkozott abban a tekintetben, hogy a faj előfordulásában megfigyelhető variancia mennyire volt lefedhető az általunk gyűjtött háttérváltozókkal. A fajok nagyobb részénél kellően jó volt a lefedés ahhoz, hogy modellt építhessünk, de néhány faj esetében szinte nem mutatkoztak értékelhető preferenciák. Ennek

oka több dologban is kereshető. Valószínűnek tartjuk, hogy több faj esetében nem megfelelő térleptékekben gyűjtöttük háttéradatainkat. Egyrészt vannak olyan, nagyobb termetű, így általában nagyobb revírt foglaló fajok (pl. szajkó, nagyobb harkályok, galambfélék), amelyek az általunk alapegységnek tekintett erdőrészeknél (amelyek mérete 3-7 ha körüli) nagyobb területen mozognak. Az általunk vizsgált fajok közül az örvös galamb, fekete harkály és a nagy tarkaharkály esetében kapott modell bizonyult kevésbé megbízhatónak, mint a hasonló egyedszámban jelenlevő többi fajú. Így annak ellenére, hogy az adott területen előfordultak, esetükben a szomszédos területek tulajdonságai is fontosak lehetnek, amelyekről mi nem használtunk fel információkat. Ennek a problémának a megoldása a mi kutatásunk keretein belül egyes tájképi elemek beépítésével részben lehetséges: a jövőben tervezzük, hogy felmérjük a mintaterületeink körüli néhány száz méteres körzet egyes tulajdonságait (főbb táji elemek aránya, stb.). Érdekes kérdés az is, hogy a már elemzett fajok esetében mennyiben javítják modelljeinket. Az így nyert információkat fel lehetne használni arra, hogy megállapítsuk, az egyes fajok esetében mekkora területet optimális figyelembe venni az ilyen típusú elemzésekkor.

A fajok egy másik csoportja (a mi esetünkben valószínűleg ilyenek a hegyi fakusz és a barátposzáta) esetében pont ellenkező jellegű akadályt lehet elképzelni: az általunk a pontszámláláskor megfigyelt terület egy átlagos kistestű madár revírjénél néhányszor nagyobb, de mi azzal a feltételezéssel élünk, hogy az általunk kijelölt 40*40 m-es terület mégis jól jellemzi az adott erdőrészt, mivel azt homogénnek tekintettük. (Annak ellenére, hogy ez nyilvánvalóan nem így van.) Valószínűleg vannak olyan, zömmel kistestű, a költési időszakon belül kis területen mozgó fajok, amelyek esetében kiemelt fontossága van az erdőrészen belüli inhomogenitásnak (pl. egy lék jelenlétének). Az ezek számára fontos tényezőket nyilván sokkal kevésbé tudjuk jól kimutatni az előzőekben feltett feltételezéssel élve. Jelen kutatás keretein belül ezt a problémát talán némileg orvosolni lehet majd azzal, hogy e fajok esetében csak a 0-50 méter közötti adatokat vesszük figyelembe, vagy a közelebbi megfigyeléseket nagyobb súllyal vesszük figyelembe az elemzéskor.

Fontos módszertani tapasztalat, hogy igen nehéz olyan háttér-változó gyűjtési protokollt alkotni, amely elfogadható munkaigény mellett minden, a madárközösség számára lényeges változót jól mér. A mi esetünkben azokkal az elemekkel volt probléma (álló holtfa, különböző elegyfák), amelyek nem eléggé tömegesek ahhoz, hogy kellő számban képviseltesék magukat az általunk vizsgált 40*40 méteres területen belül, így ezen változókat csak igen korlátozottan tudtuk bevonni az elemzésbe, annak ellenére, hogy fontosságuk számos faj esetében ismert vagy feltételezhető.

Az itt bemutatott vizsgálat értékét nagymértékben az határozza meg, hogy az általunk készített modellek mennyire nyújtanak használható becsléseket a valóságban. Arra vonatkozóan, hogy modelljeink az Őrség és Vendvidék hasonló (tehát 70 évnél idősebb, víz és kitérség által komolyan nem befolyásolt) erdein belül mennyire jó becsléseket adnak az általunk vizsgált biológiai változókra, némi információt ad majd a modellek tesztelésére fenntartott öt terület, bár ezek kis számuk miatt csak hozzávetőleges információt szolgáltathatnak. A területen található, de más jellegű állományokra és az ország más tájain található erdőkre vonatkozóan úgy gondoljuk, hogy modelljeink használhatósága korlátozott. Azok biztosan nem alkalmazhatók pl. telepített akácosokban, ártéri erdőkben, illetve fiatalabb erdőkben, viszont reméljük, hogy a hazánk közephegységeiben előforduló idősebb állományok nagyobb részében igen. Modelljeink paraméterei valószínűleg csak abban a régióban érvényesek, amelyből az adatok származnak, de úgy gondoljuk, hogy a fontos változók más tájegységeken is hasonlóak lesznek. Azok a háttérváltozók, amelyek nem mutatnak megfelelő varianciát a mintánkban (de más régióban esetleg igen), nem jelennek meg a modellekben, annak ellenére, hogy egy adott faj (fajcsoport) számára fontosak. Érdekes, hogy a bemutatott modellek közül számtalan faj esetében volt fontos faktor az

állományt alkotó fák mérete, annak ellenére, hogy csak idős állományokat vizsgáltunk. Nyilvánvaló, hogy ha a különböző korú erdők a hazánkra jellemző arányban képviseltették volna magukat mintaterületeinken belül, akkor ez a faktor még inkább felértékelődött volna.

Végül modelljeink értékelésével kapcsolatban fontosnak tartjuk kiemelni, hogy az általunk feltárt kapcsolatok nem feltétlenül ok-okozati jellegűek, bár a kapott kapcsolatok nagyobb része meglevő ismereteinkkel jól összeegyeztethetőnek bizonyult. Számos esetben a kapott összefüggést már más vizsgálatok is megmutatták, más esetekben vannak adatok arra vonatkozóan, hogy egy-egy faállomány-változó milyen közvetlen vagy közvetett módon hathat a vizsgált madárfajra, illetve madárközösséget jellemző egyéb változóra, ezeket az eredményeket modelljeink értékelésekor felhasználtuk. A modellek gyakorlati alkalmazhatósága szempontjából az elsődleges cél az, hogy megtaláljuk a faállomány azon változóit, amelyek alapján a vizsgált jellemző (pl. faj ill. fajcsoport egyedszáma) jól előrejelezhető az adott régióban. A modellek akkor is használhatóak a természetvédelmi munka során, ha ezek az indikátorok nincsenek közvetlen kapcsolatban az adott madár biológiai igényeivel. Az ok-okozati összefüggések feltárása azonban az általunk alkalmazottnál intenzívebb, egy-egy fajra, fajcsoportra koncentráló, kísérletes vizsgálatokat igényel (pl. *Török 1992*).

A költő madárközösség szempontjából legfontosabb változók ismeretében lehetővé válik, hogy a jövőben már csak ezekről a paraméterekről gyűjtsünk nagyobb területről és több állományból adatokat. Ez által a költő-madárközösségre vonatkozó olyan általánosabban érvényes modellek fejleszthetők, amelyekkel predikálni lehetne egy-egy beavatkozás, illetve gazdálkodási mód madárközösségre gyakorolt hatását.

6. Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt köszönet témavezetőmnek, Dr. Ódor Péternek a rengeteg segítségért és türelméért. Ezenkívül munkatársaimnak: Márialigeti Sárának, Németh Balázsnak, Tinya Flórának, és Mazál Istvánnak.

Kutatásunkat az Őrségi Nemzeti Park és az OTKA (D46045) támogatta

Irodalomjegyzék

- Angelstam, P. and Mikusinski, G. 1994. Woodpecker assemblages in natural and managed boreal and hemiboreal forest – a review. *Ann. Zoologica Fennici* 31: 157-172.
- Bani, L. Massimino, D., Bottoni, L. and Massa, R. 2006. A multiscale method for selecting indicator species and priority conservation areas A case study for broadleaved forests in Lombardy, Italy. *Conservation Biology* 20: 512-526.
- Blondel, J., Ferry, C. and Frochot, B. 1970. La méthode des indices ponctuels d'abondance (I.P.A.) ou des relevés d'avifaune par "stations d'écoute". *Alauda* 38: 55-71.
- Bobiec, A., Gutowski, J.M., Zub, K., Pawlaczyk, P., Laudenslayer, W.F., 2005. The afterlife of a tree. WWF Poland, Warszawa.
- Bütler, R., Angelstam, P., Ekelund, P. and Schlaepfer, R. 2004. Dead wood threshold values for the three-toed woodpecker presence in boreal and sub-Alpine forest. *Biological Conservation* 119: 305-318.
- Camprodon, J. and Brotons, L. 2006. Effects of undergrowth clearing on the bird communities of the Northwestern Mediterranean Coppice Holm oak forests. *Forest Ecology and Management* 221: 72-82.
- Csóka, Gy. 2000. Az elpusztult, korhadó fa szerepe az erdei biodiverzitás fenntartásában. In: Frank, T. (ed.). *Természet – erdő – gazdálkodás*. MME és Pro Silva Hungária Egyesület, Eger, pp. 85-96.
- Delong, A.K., Crawford, J.A. and Delong, D.C. 1995. Relationships between vegetational structure and predation of artificial sage grouse nests. *Journal of Wildlife Management* 59: 88-92
- Enoksson, B. 1990. Autumn territories and population regulation in the nutcracker *Sitta europaea*: an experimental study. *Journal of Animal Ecology* 59: 1047-1062.
- Everitt, B.S. and Hothorn, T. 2006. *A Handbook of Statistical Analyses Using R*. Chapman and Hall, London.
- Faraway, J.J. 2005. *Linear Models with R*. Chapman and Hall, London.
- Faraway, J.J. 2006. *Extending the Linear Model with R*. Chapman and Hall, London.
- Fuller, R.J. 1995. *Bird Life of Woodland and Forest*. University Press, Cambridge.
- Haraszthy, L. (ed.). 1984. *Magyarország fészkelő madarai*. Natura Kiadó, Budapest.
- Harmon, M.E., Franklin, J.F., Swanson, F.J., Sollins, P., Gregory, S.V., Lattin, J.D., Anderson, N.H., Cline, S.P., Aumen, N.G., Sedell, J.R., Lienkaemper, G.W., Cromack, K. and Cummins, K.W. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Research* 15: 133-276.
- Johnsson, K. 1993. The black woodpecker (*Dryocopus martius*) as a keystone species in forest. Dissertation, Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport 24. Uppsala.
- Kosinski, Z., Ksit, P. and Winiecki, A. 2006. Nest sites of great spotted woodpeckers (*Dendrocopos major*) and middle spotted woodpeckers (*Dendrocopos medius*) in near-natural and managed riverine forests. *Acta Ornithologica* 41: 21-32.
- Lemmon, P.E. 1957. A new instrument for measuring forest overstory density. *Journal of Forestry* 55: 667-668.
- Long, J.N. 1998. Multiaged systems in the Central and Southern Rockies. *Journal of Forestry* 96: 34-36.
- Mikusinski, G. and Angelstam, P. 1997. European woodpeckers and anthropogenic habitat change: a review. *Vogelwelt* 118: 277-283.
- Moskát, Cs. 1987. Habitat distribution of breeding birds in relation to forest succession. *Folia Zoologica* 38: 363-376.

- Moskát, Cs. 1990. A combined version of territory mapping and point count techniques. In: Stastny, K. and Bejcek, V. (eds.), Bird census and atlas studies. Proc XIth Int. Conf. On Bird Census and Atlas Work, Prague. pp. 51-61
- Moskát, Cs. 1991. Multivariate plexus concept in the study of complex ecological data: an application to the analysis of bird-habitat relationships. *Coenosis* 6: 79-89.
- Moskát, Cs. and Fuisz, T. 1992. Forest management and bird communities in the beech and oak forests of the Hungarian Mountains. *Proceedings Bird Numbers* 29-38.
- Moskát, Cs., Báldi, A. and Waliczky, Z. 1993. Habitat selection of breeding and migrating icterine warblers *Hippolais icterina*: a multivariate study. *Ecography* 16: 137-142.
- Moskát, Cs., Hráskó, G. and Waliczky, Z. 1988. Species composition and the structure of avian communities in the Pilis Mountains, North Hungary. In: Török, J. (ed.), Ornithological Researches in the Pilis Biosphere Reserve. Hungarian Ornithological Society, Budapest. pp. 12-20.
- Nagy, K., Szép, T., Nagy, Zs. and Halmos, G. 2006. Természeti állapot monitorozása országos léptékben, a gyakori madarak adatai alapján. In: Szentesi, Á., Szövényi, G. and Török, J. (eds.), 7. Magyar Ökológus Konferencia, Előadások és poszterek összefoglalói. Budapest, pp. 156.
- Nilsson, S.G. 1976. Habitat, territory size and reproductive success in nuthatches *Sitta europaea*. *Ornis Scandinavica* 7:179-184.
- Nilsson, S.G. 1987. Limitation and regulation of population density in the nuthatch *Sitta europaea* (Aves) breeding in natural cavities. *Journal of Animal Ecology* 56:921-937.
- Ódor, P. 1997. Korpafű populációk cönológiai és ökológiai viszonyai. Szakdolgozat, ELTE Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék, Budapest.
- Ódor, P. and van Hees, A.F.M. 2004. Preferences of dead wood inhabiting bryophytes to decay phase, log size and habitat types in Hungarian beech forests. *Journal of Bryology* 26: 79-95.
- Podani, J., 1997. Bevezetés a többváltozós biológiai adatfeldolgozás rejtelmeibe. Scientia Kiadó, Budapest.
- Rice, J., Anderson, B.W. and Ohmart, R.D. 1984. Comparison of the importance of different habitat attributes to avian community organization. *Journal of Wildlife Management* 48: 895-911.
- Sachslehner, L.M. 1995. Habitat characteristics and nest site selection in collared flycatchers *Ficedula albicollis* breeding in natural cavities in Wienerwald, Austria. *Vogelwelt* 116: 245-254.
- Sandström, U. 1992. Cavities in Trees: Their Occurrence, Formation and Importance for Hole-nesting Birds in Relation to Silvicultural Practice. Licentiate dissertation, Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport 23. Uppsala.
- Scherzinger, W. 1996. Naturschutz im Wald. Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Standovár, T. and Kenderes, K. 2003. A review on natural stand dynamics in beechwoods of East Central Europe. *Applied Ecology and Environmental Research* 1: 19-46.
- Standovár, T. and Primack, R.B. 2001. A természetvédelmi biológia alapjai. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- StatSoft, Inc. 2006. Statistica (data analysis software system), version 7.1. www.statsoft.com.
- Székely, T. and Moskát, Cs. 1991. Egy közép-európai tölgyerdő madarainak táplálékkereső viselkedése és quild szerveződése. *Ornis Hungarica* 1: 10-28.
- Székessy, V. 1973. Magyarország állatvilága: Aves. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- ter Braak, C.J.F. and Smilauer, P. 1997-2002. Canoco for Windows 4.5. Biometris. Plant Research International, Wageningen.

- ter Braak, C.J.F. and Smilauer, P. 2002. Canoco Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca.
- The R Development Core Team. 2006. R 2.3.1. A Language and Environment. <http://www.r-project.org>.
- Thibault, J.C., Prodon, R., Villard, P. and Sequin J.F. 2006. Habitat requirements and foraging behaviour of the Corsican nuthatch *Sitta whiteheadi*. Journal of Avian Biology 37: 477-486.
- Thomasevic, J.A., Estades C. F. 2006. Stand attributes and the abundance of secondary cavity-nesting birds in southern beech (*Nothofagus*) forests in South-Central Chile. Ornitologia Neotropical 17: 1-14.
- Tímár, G., Ódor, P. and Bodoncz, L. 2002. Az Őrség és a Vendvidék erdeinek jellemzése. Kanitzia 10: 109-136.
- Tinya, F., Mihók, B., Márialigeti, S., Németh, B., Mazál, I., Mag, Zs. and Ódor, P. 2006. Indirekt fénymérési módszerek vizsgálata őrségi erdőkben. In: Szentesi, Á., Szövényi, G. and Török, J. (eds.), 7. Magyar Ökológus Konferencia, Előadások és poszterek összefoglalói. Budapest, pp. 205.
- Török, J. 1987. Food and foraging of three woodpecker species (*Dendrocopos spp.*) during the breeding season, with notes on their distribution and habitat occupancy in Hungary. National Swedish Environmental Protection Board, Report 3496:43-50.
- Török, J. 1992. Madárközösségek táplálkozási kapcsolatai. Kandidátusi értekezés. ELTE, Budapest.
- Vaisanen, R. A., Jarvinen, O. and Rauhala, P. 1986. How are extensive, human-caused habitat alterations expressed on the scale of local bird populations in boreal forests? Ornis Scandinavica 17: 282-292
- Waliczky, Z., Moskát, Cs., Báldi, A. and Lőrincz, G. 1991. A kerti geze (*Hippolais icterina* VIEILL., 1817) élőhelyválasztása a Szigetközben. Aquila 98: 135-140.
- Winkler, D. 2005. Ecological succession of breeding bird communities in deciduous and coniferous forests in the Sopron Mountains, Hungary. Acta Silv. Lign. Hung. 1: 49-58.

Függelék

1. számú melléklet: A felmérésben szereplő 37 madárfaj listája. A frekvencia és abundancia oszlopokban azt látjuk, hogy az adott faj a 38 mintaterület közül hányban fordult elő, illetve hány egyedét mértük fel.

HURING kód	latin név	magyar név	frekvencia	abundancia
AEGCAU	Aegithalos caudatus	őszapó	2	2
CERBRA	Certhia brachydactyla	rövidkarmú fakusz	3	4
CERFAM	Certhia familiaris	hegyi fakusz	18	20
COCCOC	Coccothraustes coccothraustes	meggyvágó	11	11
COLOEN	Columba oenas	kék galamb	5	6
COLPAL	Columba palumbus	örvös galamb	13	13
CUCCAN	Cuculus canorus	kakukk	8	8
DENMAJ	Dendrocopos major	nagy tarkaharkály	19	19
DENMIN	Dendrocopos minor	kis tarkaharkály	2	2
DRYMAR	Dryocopus martius	fekete harkály	11	11
ERIRUB	Erithacus rubecula	vörösbegy	33	57
FICALB	Ficedula albicollis	örvös légykapó	5	6
FRICOE	Fringilla coelebs	erdei pinty	36	81
GARGLA	Garrulus glandarius	szajkó	8	8
JYNTOR	Jynx torquilla	nyaktekercs	1	1
MUSSTR	Muscicapa striata	szürke légykapó	1	1
ORIORI	Oriolus oriolus	sárgarigó	6	6
PARATE	Parus ater	fenyvescinege	7	8
PARCAE	Parus caeruleus	kék cinege	22	29
PARCRI	Parus cristatus	búbos cinege	2	2
PARMAJ	Parus major	széncinege	28	42
PARPAL	Parus palustris	barátcinege	14	15
PHYCOL	Phylloscopus collybita	csilpcsalpfüzike	19	22
PHYSIB	Phylloscopus sibilatrix	sisegő füzike	1	1
PHYTRO	Phylloscopus trochilus	fitiszfüzike	2	2
PICCAN	Picus canus	hamvas küllő	2	2
PICVIR	Picus viridis	zöld küllő	2	2
REGIGN	Regulus ignicapillus	tüzesfejű királyka	2	2
REGREG	Regulus regulus	sárgafejű királyka	3	3
SITEUR	Sitta europaea	csuszka	15	15
STRTUR	Streptopelia turtur	vadgerle	4	4
STUVUL	Sturnus vulgaris	seregély	2	2
SYLATR	Sylvia atricapilla	barátposzáta	15	22
TROTRO	Troglodytes troglodytes	ökörzem	7	8
TURMER	Turdus merula	fekete rigó	15	17
TURPHI	Turdus philomelos	énekes rigó	33	49
TURVIS	Turdus viscivorus	léprigó	8	11