



Interreg
Austria-Hungary

European Union – European Regional Development Fund



REIN-Forest

INTERREG V-A Ausztria-Magyarország Program

ATHU150 – REIN-Forest

„Biodiversity conservation of the native forest in the border region and fostering their ability against the impacts of climate change“

Szaporítóanyag alkalmazás közös modellező dokumentációja (elterjedésmodellek)

2021. május-június

Összeállította:

Heino KONRAD (BFW)

MÓRICZ Norbert (SOE ERTI)

NAGY László (SOE ERTI)

SZAMOSVÁRI Erik (BFW)

Marcela VAN LOO (BFW)

A REIN-Forest (ATHU150 számú) projekt az INTERREG V-A Ausztria-Magyarország Program keretében az Európai Regionális Fejlesztési Alap támogatásával valósul meg.

Tartalomjegyzék

Kimenet	1
Háttér	1
Célok	2
Adat és módszer	2
SUSTREE elterjedésmodellek	2
Erdőborítás-adatok és a modellek lokális alkalmazása	3
Eredmények	4
Bükk	4
Kocsánytalan tölgy	7
Hivatkozások	10
Mellékletek	11

Kimenet

Az elterjedésmodellek helyi alkalmazása és értelmezése részletes információkat eredményezett az európai bükk (*Fagus sylvatica*) és a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) jövőbeli szerepéről, előfordulási valószínűségéről és sebezhetőségéről a célterületen. Az elemzés eredményei hozzájárultak a regionális vetőmag-gazdálkodási stratégia kidolgozásához, a bemutató helyszínek és az előalkalmazkodottnak tekinthető szaporítóanyag-források kiválasztásához.

Háttér

A Föld átlagos felszíni hőmérséklete a 19. század vége óta 1,18 °C-kal emelkedett. A felmelegedés nagy része az elmúlt 40 évben történt, a legutóbbi hét év volt a legmelegebb. Az erdei ökoszisztémákat súlyosan érintik a változó éghajlati viszonyok. Közép-Európában kiterjedt csapások és erdőkárok voltak tapasztalhatók az emelkedő hőmérséklet, az aszály gyakorisága és súlyossága, és általában a vízellátottság romlása miatt. Az éghajlatváltozás körülbelül egy nagyságrenddel gyorsabb annál, mint amellyel fafajaink az evolúciójuk során eddig találkozhattak.

A gyors éghajlatváltozás megszünteti a helyi viszonyokhoz való alkalmazkodottságból származó előnyöket. Ezért a gyorsabb alkalmazkodást szolgáló, speciális erdőgazdálkodási megoldásokra van szükség az erdők ökoszisztéma-szolgáltatásainak fenntartásához. Ezek közé tartozhat olyan populációk (származások), esetleg alternatív fajok használata, amelyek a várható éghajlathoz jobban alkalmazkodnak. A már eleve alkalmazkodottnak tekinthető, a fafajok elterjedési területének száraz, meleg régióiból származó növényanyag hasznosítása az éghajlatváltozással szembeni ellenálló képesség növelése irányában hat.

A SUSTREE Interreg Central Europe projekt hét kulcsfontosságú fafaj európai szintű elterjedésmodelljeit dolgozta ki annak érdekében, hogy felmérje sebezhetőségüket a jelenlegi és a várható éghajlati viszonyok között. Emellett szaporítóanyag-transzfer modelleket is létrehozott a várható változásokat vélhetőleg tolerálni képes, optimális vetőmagforrások azonosítására. Az elterjedésmodellek és a transzfer modellek felhasználásával elkészült a SusSelect döntéstámogató eszköz, amely az erdőgazdálkodók és természetvédelmi kezelők számára nyújt ajánlásokat.

A REIN-Forest célja az osztrák-magyar határrégióban tenyésző, természetes erdők ellenálló-képességének és stabilitásának megőrzése, fejlesztése a bükk és kocsánytalan tölgy lokális szaporítóanyag-gazdálkodási stratégiájának kidolgozásával, valamint olyan bemutató állományok létrehozásával, amelyek az ún. „assisted migration” alkalmazhatóságának felmérésére, nyomon követésére és terepi validálására szolgálnak.

Célok

A T1.1 tevékenység fő célja, hogy modellalapú információs háttérrel hozzon létre az AT-HU programterületen (1. ábra) tenyésző, bükkös és tölgyes állományok jelenlegi helyzetéről és jövőbeli perspektíváiról, kihasználva és alkalmazva a SUSTREE projekt keretében kidolgozott megközelítést és az ott létrehozott kontinentális léptékű modelleket (CHAKRABORTY ET AL. 2021). A regionális elterjedésmodellek a jövőbeni REIN-Forest tevékenységekhez, a regionális vetőmag-transzfer stratégia kidolgozásához és a bemutató helyszínek kiválasztásához nyújtanak majd segítséget.



1. ábra: Az Interreg AT-HU programterület

Adat és módszer

SUSTREE elterjedésmodellek

Előfordulási adatok

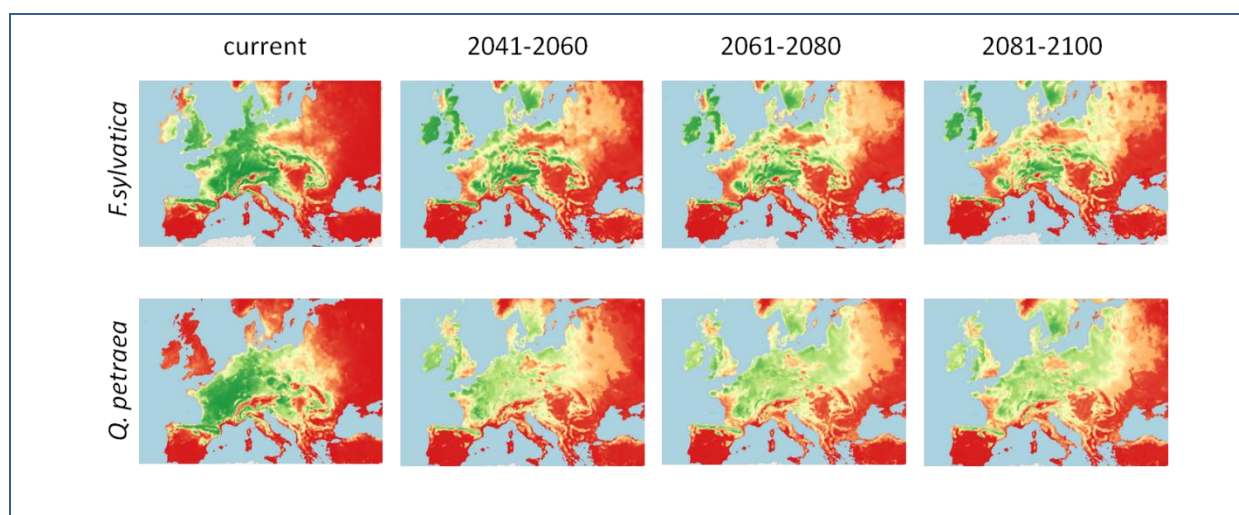
Az előfordulási adatok az egyik legkomplettebb, európai szintű adatbázisból (MAURI ET AL. 2017) származnak. A prezencia-abszencia pontok kiegyensúlyozása érdekében SENAY ET AL. (2013) alapján pszeudo-abszencia pontok kerültek meghatározásra.

Éghajlati adatok

A SUSTREE modellek az EURO-CORDEX adatbázison (www.eurocordex.net) alapulnak, amely 10 km-es felbontású raszteres adatokat tartalmaz a napi középértékre, a minimális és maximális hőmérsékletre és csapadékára. Az adatok felbontását 1 km-re finomították, és 83 éghajlati változót vontak ki az 1961–1990-es időszakra, mint jelenre, valamint a 2041–2060-as, 2061–2080-as, 2081–2111-es jövőbeli időszakokra (CHAKRABORTY ET AL. 2020). A jövőbeli éghajlat modellezéséhez két reprezentatív koncentrációs útvonalat, az RCP 4.5-öt és az RCP 8.5-öt vették figyelembe. A "mérsékelt" RCP 4,5 forgatókönyv feltételezi, hogy 2100-ig a légköri CO₂-koncentráció 650 ppm-ig nő, 1,0-2,6 °C-os globális hőmérséklet-növekedést eredményezve, míg a "pesszimista" RCP 8,5 azt feltételezi, hogy a CO₂-koncentráció 1350 ppm-ig, az éves globális átlaghőmérséklet pedig 2,6-4,8 °C-kal növekszik ugyanezen időszak végéig (VAN VUUREN ET AL. 2011). A Random Forest algoritmusban (BREIMAN 2001) megvalósított rekurzív funkcióeliminációs megközelítéssel (RFE) hét éghajlati paraméter került kiválasztásra, amelyek potenciális prediktorként felhasználhatók az elterjedésmodellezésben.

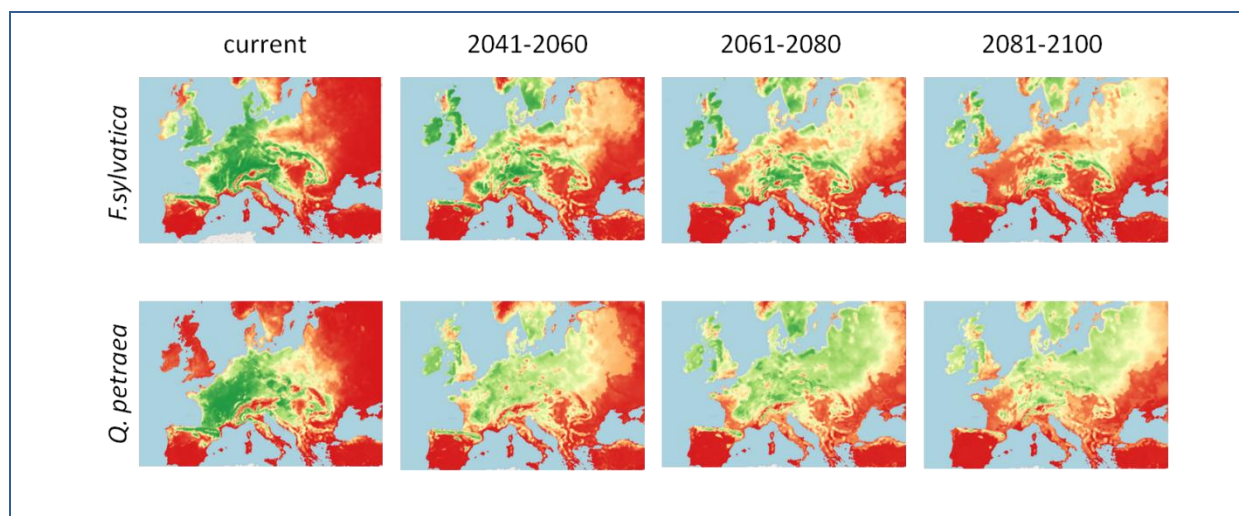
Modellezés és értékelés

Modellezési platformként a BIOMOD2 (THUILLER ET AL. 2016) szolgált, amely tíz modellalgorithmust tartalmaz (GLM, Generalized Linear Model, GAM, Generalized Additive Model, GBM, Generalized Boosted Regression Model, CTA, Classification Tree Analysis, ANN, Artificial Neural Networks, SRE, Surface Range Envelop vagy BIOCLIM, FDA, Flexible Discriminant Analysis, MARS, Multivariate Adaptive Regression Spline, Random Forest és MAXENT.Tsuruoka). A BIOMOD2 egyes modelljeiben előre jelzett valószínűségekből konszenzusos modell került felállításra, amely a kiválasztott modellek medián valószínűségét kombinálta. A becsült együttes modell előrejelzéseit geotiff raszterben jelenítették meg (2. és 3. ábra). A modell megbízhatóságának tesztelése céljából az adatkészletet megosztották, a modell betanítását az adatok 75%-án, validálását a fennmaradó 25%-on elvégezve. Tíz, egymástól független futást hajtottak végre, mindegyiket véletlenszerűen kiválasztott modellezési és tesztadatokon.



2. ábra: SUSTREE elterjedésmodellek bükkre és kocsánytalan tölgyre, RCP 4,5

(CHAKRABORTY ET AL. 2021, piros: alacsony, zöld: nagy előfordulási valószínűség)



3. ábra: SUSTREE elterjedésmodellek bükkre és kocsánytalan tölgyre, RCP 8,5

(CHAKRABORTY ET AL. 2021, piros: alacsony, zöld: nagy előfordulási valószínűség)

Erdőborítás-adatok és a modellek lokális alkalmazása

A programterület erdőborításának meghatározásához a Copernicus Land Monitoring Service (COPERNICUS LMS 2018) által közzétett, európai szintű erdőtérképet vettük igénybe. Az alaptérképet a programterület határaival vágtuk. A nem erdőnek minősülő, fával borított területek – egyesfák, kisebb facsoportok, útfásítások, mezővédő erdősávok – kiszűrése érdekében csak az 50% feletti denzitású képpontokat tekintettük erdővel borítotttnak. Az így kapott erdőborítás-térképeket a SUSTREE elterjedésmodellek 1x1 km-es raszteréhez illesztettük. Raszterenként meghatároztuk az erdők által elfoglalt területet, amennyiben ez meghaladta a 75%-ot, az adott rasztert a továbbiakban zárt erdővel borítottként kezeltük.

A SUSTREE elterjedésmodelleket maszkoltuk az így létrehozott erdőborítás-fedvénnyel, az eredményt tiff raszterekbe exportáltuk. Kiszámítottuk az erdőterületek megoszlását 10% terjedelmű előfordulási valószínűségi osztályonként a két fafajra, mindkét kibocsátási forgatókönyvre és a három – 2041-2060, 2061-2080, 2081-2100 – időszakra.

A sérülékenységi térképeket az RCP 8.5 forgatókönyv alapján származtatott elterjedésmodellek felhasználásával fejlesztettük ki. Az erdővel borított pixeleket a jelen állapot és a 2081–2100 közötti időszak várható előfordulási valószínűségének relatív csökkenése alapján sérülékenységi osztályokba soroltuk (1.táblázat).

	Az előfordulás valószínűségének csökkenése
Nem sérülékeny	15% alatt
Mérsékelten sérülékeny	15-50%
Súlyosan sérülékeny	50% felett

1. táblázat: Sérülékenységi osztályok

Eredmények

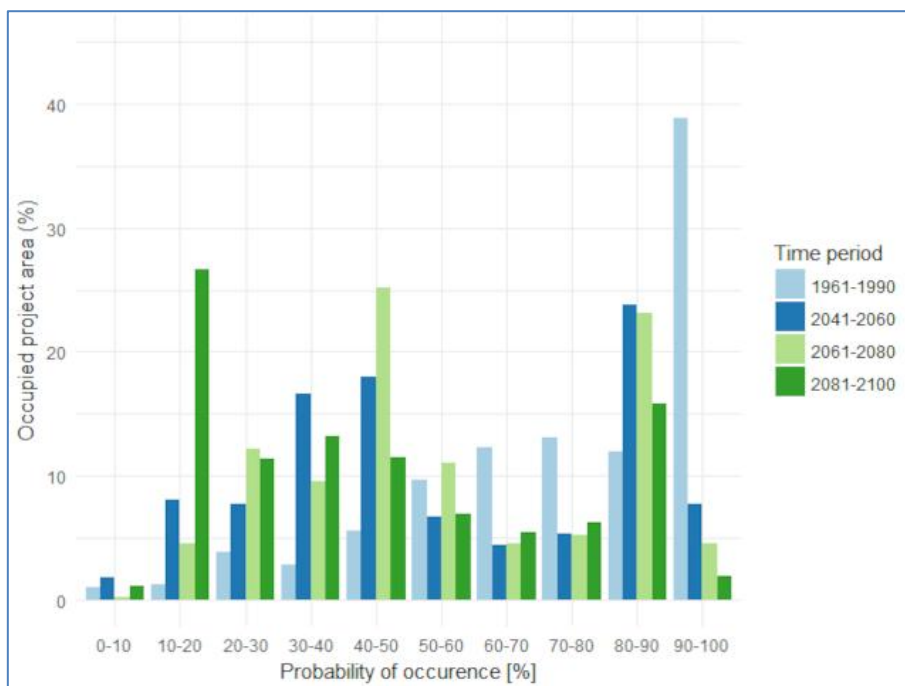
A természetes erdők fajösszetételének jelentős változásait vetítik előre az elterjedésmodellek. A modellezett terület nagy részén várhatóan mindkét fafaj veszít élőhelyéből, dominanciájából a század végéig.

Bükk

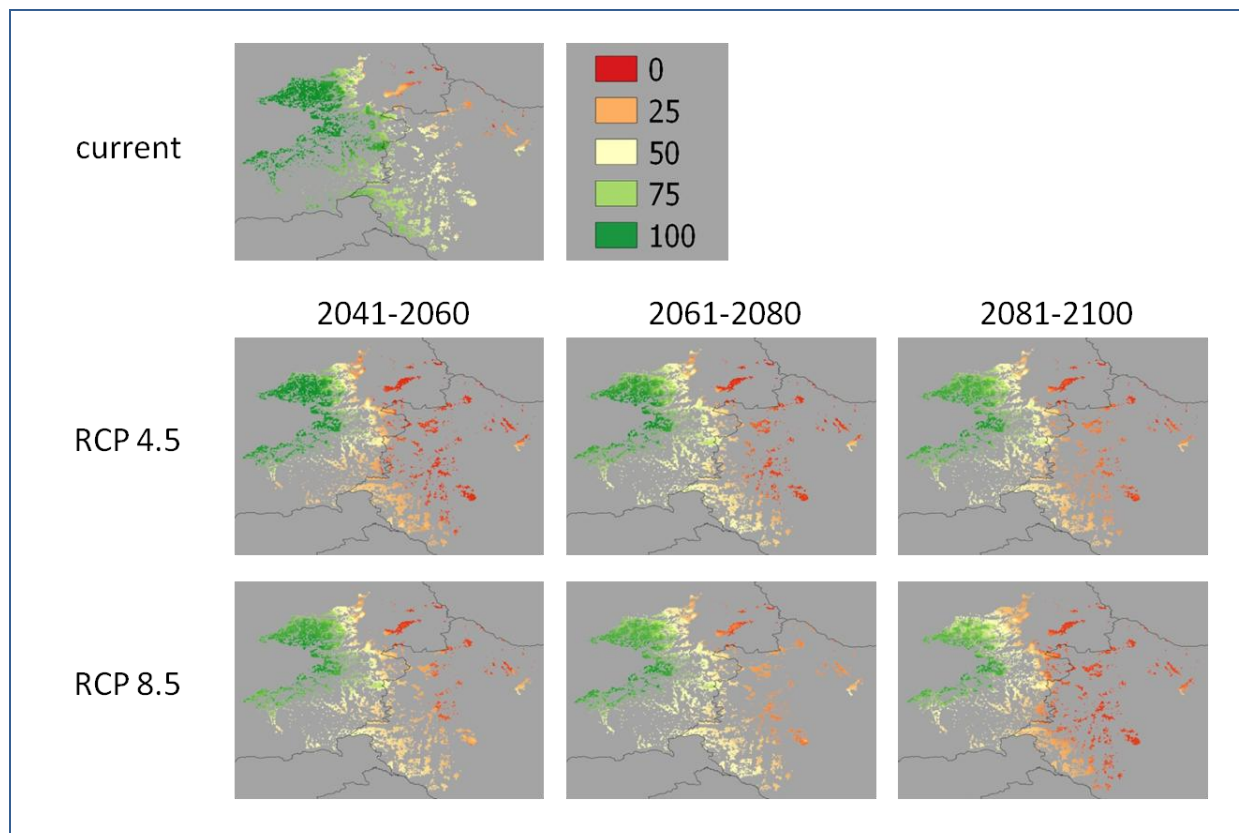
A bükk az előrejelzések szerint elveszíti dominanciáját nyugat- és délnyugat-magyarországi, sík- és dombvidéki előfordulásaiban annak ellenére, hogy ezek az állományok jelenleg a legtermékenyebb bükköseink közé tartoznak (5. ábra). Kőszeg és Sopron környékén, a szubalpin régióban a faj számára még korlátozottan rendelkezésre áll vertikális puffer, illetve stabil, azonális élőhelyek, ahol a hőmérséklet-emelkedést a kedvező talajadottságok és a többletvíz rendelkezésre állása középtávon ellensúlyozhatja. A bükk térfoglalása nagy valószínűséggel az osztrák projektterületen is csökkenni fog mindkét éghajlatváltozási forgatókönyv szerint. A bükk idővel veszít versenyképességéből (2. táblázat, 4. ábra) olyan korlátozó tényezők miatt, mint a magas nyári hőmérséklet, az aszály és a víz elérhetősége a fő növekedési időszakban, ami különösen Burgenland alsó részén, Stájerország déli oldalán és a Bécs környéki területeken várható (5. ábra). A Keleti-Alpokban, annak lábánál és magasabban fekvő részein, ahol még hűvösebb hőmérséklet és több a csapadék, valamivel enyhébb mértékű csökkenést jósolnak a modellek.

Előfordulási valószínűség %	1961-1990	2041-2060		2061-2080		2081-2100	
		RCP 4,5	RCP 8,5	RCP 4,5	RCP 8,5	RCP 4,5	RCP 8,5
0-10	0,9	9,6	1,7	1,7	0,2	1,5	1,1
10-20	1,2	12,9	8,0	14,6	4,5	13,8	26,6
20-30	3,8	10,2	7,7	2,0	12,2	8,2	11,4
30-40	2,8	17,6	16,7	8,5	9,5	13,3	13,2
40-50	5,5	7,9	18,0	19,8	25,2	15,6	11,4
50-60	9,6	4,4	6,7	14,6	11,0	9,2	7,0
60-70	12,3	2,9	4,4	4,9	4,6	4,4	5,4
70-80	13,0	3,3	5,3	5,1	5,2	5,3	6,2
80-90	12,0	4,8	23,8	17,2	23,1	23,5	15,9
90-100	38,8	26,5	7,7	11,6	4,5	5,3	1,9

2. táblázat: A bükk (*Fagus sylvatica*) előfordulási valószínűségének várható változásai az osztrák-magyar határrégióban

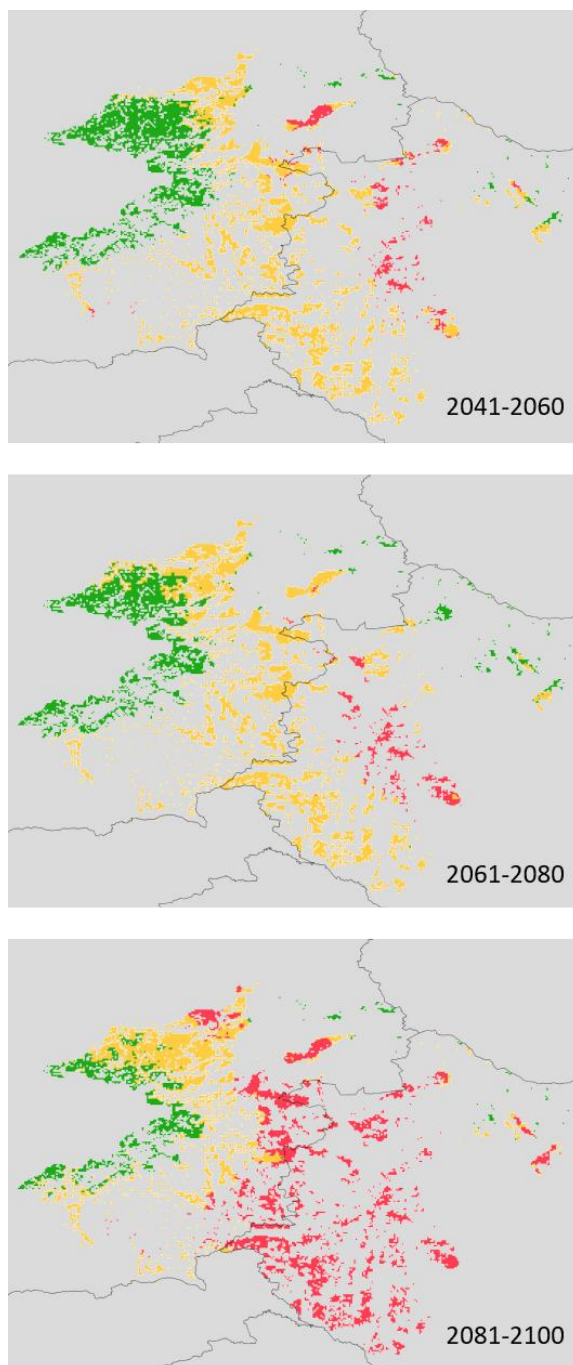


4. ábra: A bükk (*Fagus sylvatica*) előfordulási valószínűségének várható változásai az osztrák-magyar határrégióban, RCP8.5



5. ábra: A bükk (*Fagus sylvatica*) előfordulási valószínűségének várható változásai az osztrák-magyar határrégióban

A sérülékenységi térképek azt mutatják, hogy az alacsony térszintben tenyésző bükkösök túlnyomó többsége csak a legrövidebb időtávlatban tekinthető mérsékelten sebezhetőnek, egy vágásforduló alatt kivétel nélkül súlyosan sérülékennyé válnak (6. ábra). A sérülékenységi modell jellemzően magas, folyamatosan növekvő éghajlati kitettséget és ebből eredően magas kockázatot mutat a programterület magyar oldalán, Burgenlandban és Dél-Stájerországban. A Keleti-Alpok magasabban fekvő részein azonban a bükk megtarthatja dominanciáját, vagy csupán kisebb veszteségeket fog elszenvedni.



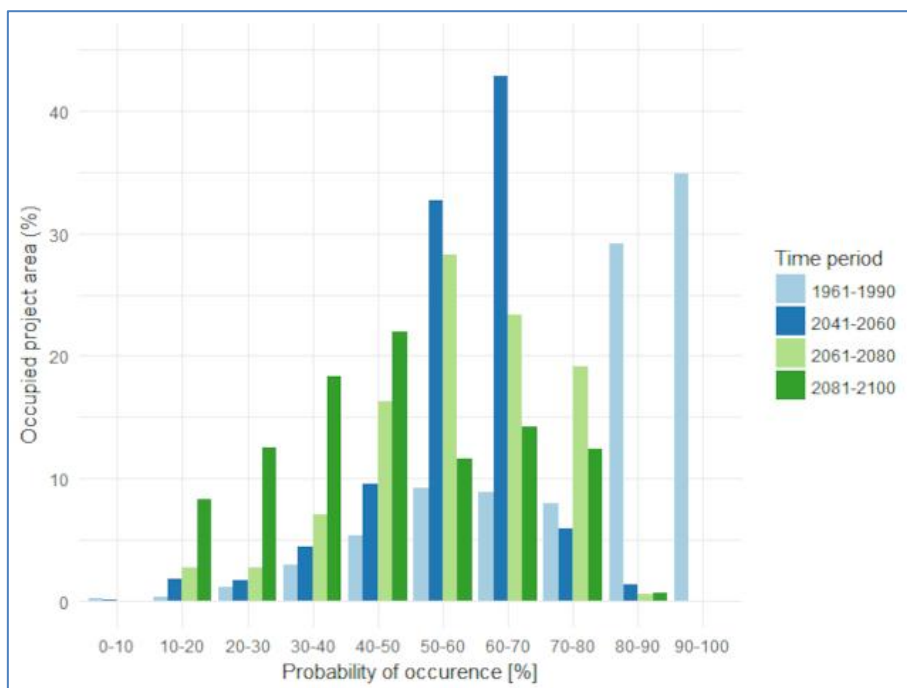
6. ábra: A bükk (*Fagus sylvatica*) állományok sérülékenysége az osztrák-magyar határ régióban (zöld: nem sérülékeny, sárga: mérsékelten, piros: súlyosan sérülékeny)

Kocsánytalan tölgy

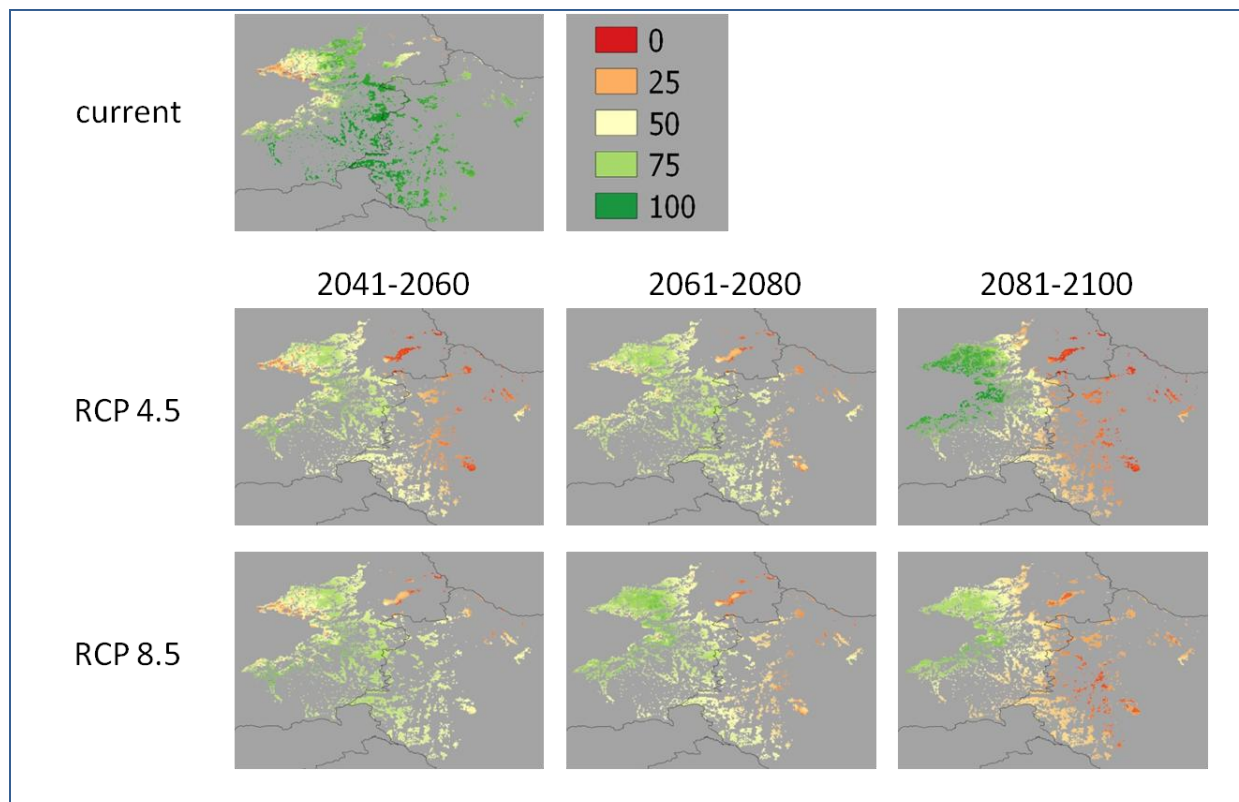
A kocsánytalan tölgy előfordulásainak száraz (alsó) határai közelében a faj dominanciája csökkenni fog, valószínűleg csak termofil formációkban tűnik fel vagy fordul elő elegyfajként. Az előfordulások valószínűségének modellezett csökkenése jelentős összetételbeli változásra utal azokban az állományokban is, ahol a tölgy jelenleg nyilvánvalóan domináns (3.táblázat, ábra). A faj a jelenlegi bükkös klímazóna felé mozdul el, részben felváltva domináns pozíciójában a bükköt. Az osztrák projektterületen az éghajlat megváltozása, az aszálystressz fokozódása és – valószínűleg – a talajvízszint csökkenése a tölgyeseket a sík- és dombvidékről a Keleti-Alpok lejtőire tolhatják át.

Előfordulási valószínűség %	1961-1990	2041-2060		2061-2080		2081-2100	
		RCP 4,5	RCP 8,5	RCP 4,5	RCP 8,5	RCP 4,5	RCP 8,5
0-10	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
10-20	0,3	8,4	1,8	2,0	2,7	7,3	8,3
20-30	1,1	7,4	1,6	2,8	2,7	7,2	12,5
30-40	3,0	4,9	4,4	6,0	7,1	3,1	18,3
40-50	5,3	18,4	9,5	8,6	16,3	11,4	22,0
50-60	9,2	28,7	32,7	33,9	28,3	31,0	11,6
60-70	8,8	25,7	42,8	44,0	23,3	26,1	14,2
70-80	7,9	6,0	5,8	2,8	19,1	13,2	12,4
80-90	29,2	0,3	1,3	0,0	0,5	0,6	0,7
90-100	34,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

3. táblázat: A kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) előfordulási valószínűségének várható változásai az osztrák-magyar határrégióban

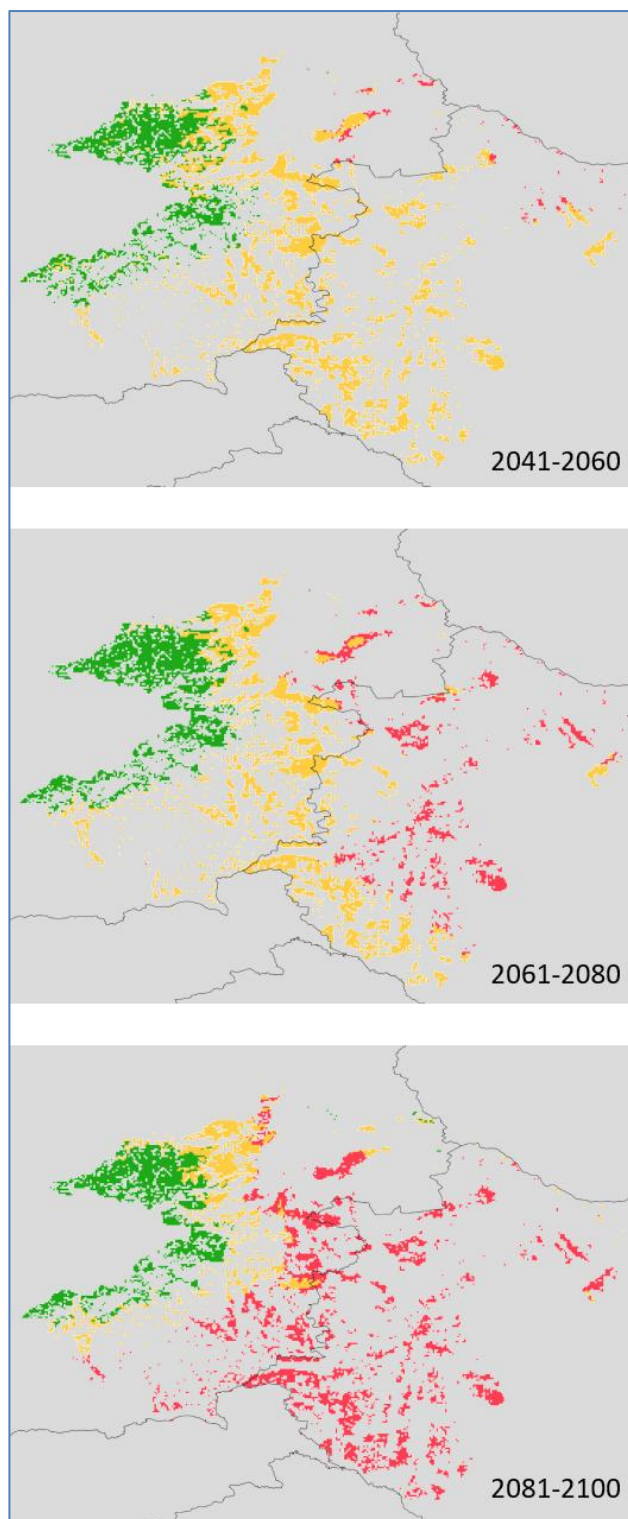


7.ábra: A kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) előfordulási valószínűségének várható változásai az osztrák-magyar határrégióban, RCP8.5



8.ábra: A kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) előfordulási valószínűségének várható változásai az osztrák-magyar határrégióban

A kocsánytalan tölgy magas sérülékenységet jelzik a térképek alacsony térszínekben, sík- és dombvidéken, a határ mindkét oldalán. Ugyanakkor a tölgy képes lehet kihasználni a bükk élőhelyvesztését a szubalpin és alpin zónában Ausztriában (9. ábra).



9. ábra: A kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) állományok sérülékenysége az osztrák-magyar határrégióban (zöld: nem sérülékeny, sárga: mérsékelten, piros: súlyosan sérülékeny)

Hivatkozások

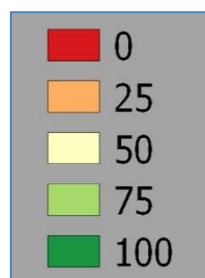
- BREIMAN L. (2001) RANDOM FORESTS. MACH LEARN 45:5–32. DOI: 10.1023/A:1010933404324
- CHAKRABORTY D., DOBOR L., ZOLLES A., HLÁSNY T., SCHÜLER S. (2020): High-resolution gridded climate data for Europe based on bias-corrected EURO-CORDEX: the ECLIPS-2.0 dataset. Geoscience Data Journal, DOI: 10.1002/gdj3.110
- CHAKRABORTY D., MÓRICZ N., RASZTOVITS E., DOBOR L., SCHÜLER S. (2021): Provisioning forest and conservation science with high-resolution maps of potential distribution of major European tree species under climate change. Annals of Forest Science 78, 26
<https://doi.org/10.1007/s13595-021-01029-4>
- COPERNICUS LMS: <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/forests/tree-cover-density/status-maps/tree-cover-density-2018>, accessed on 04. 02. 2021.
- MAURI A, STRONA G, SAN-MIGUEL-AYANZ J (2017): EU-Forest, a high-resolution tree occurrence dataset for Europe. Sci Data 4:1–8. DOI: 10.1038/sdata.2016.123
- SENAY SD., WORNER SP., IKEDA T. (2013): Novel Three-Step Pseudo-Absence Selection Technique for Improved Species Distribution Modelling. PLoS ONE 8(8): e71218. DOI: 10.1371/journal.pone.0071218
- THUILLER W, ALBERT C, ARAÚJO MB, ET AL (2008): Predicting global change impacts on plant species' distributions: Future challenges. Perspect Plant Ecol Evol Syst 9:137–152. DOI: 10.1016/j.ppees.2007.09.004
- VAN VUUREN DP, EDMONDS J, KAINUMA M, ET AL (2011): The representative concentration pathways: An overview. Climate Change 109:5–31. DOI: 10.1007/s10584-011-0148-z

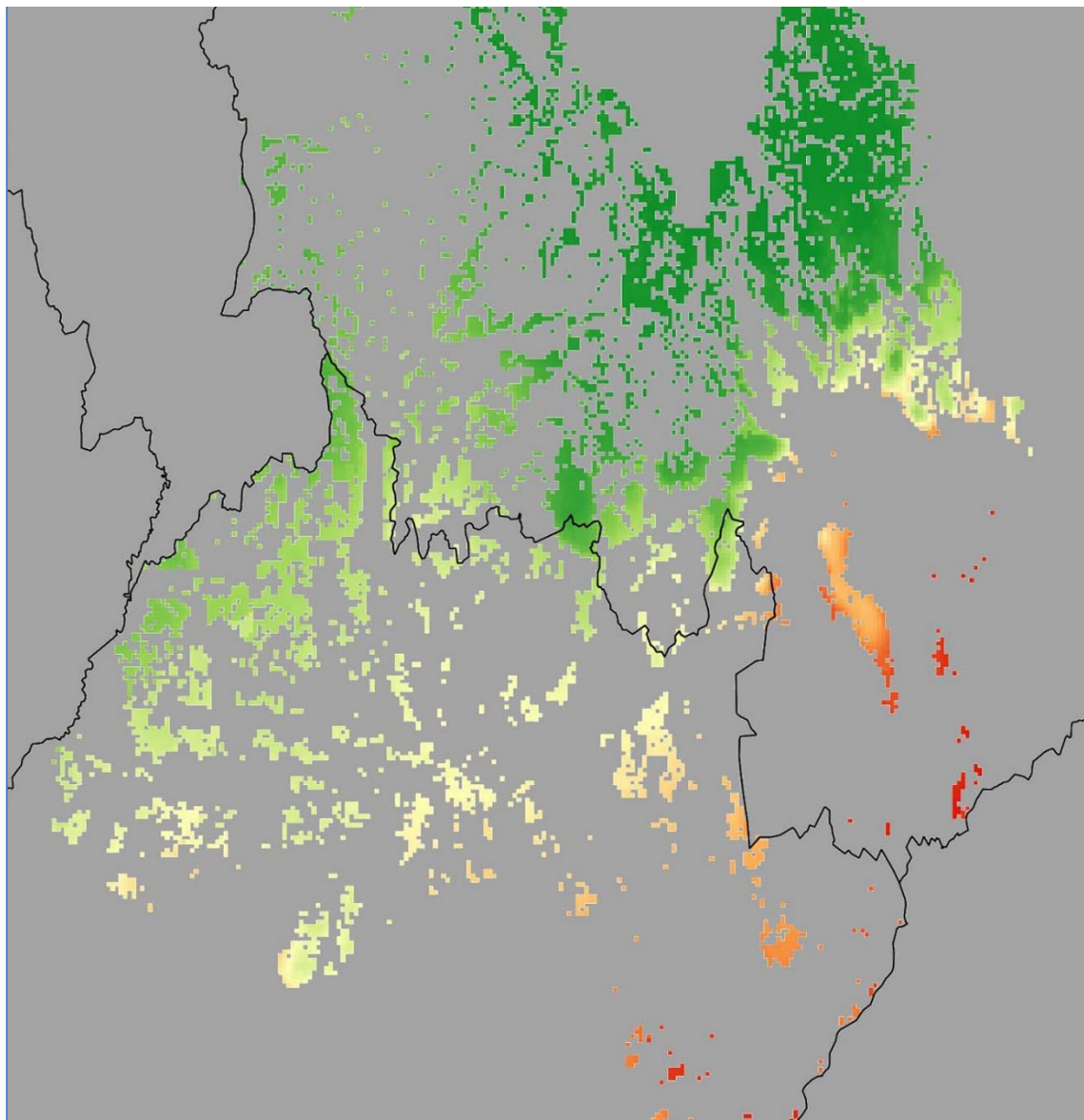
Mellékletek

I. melléklet

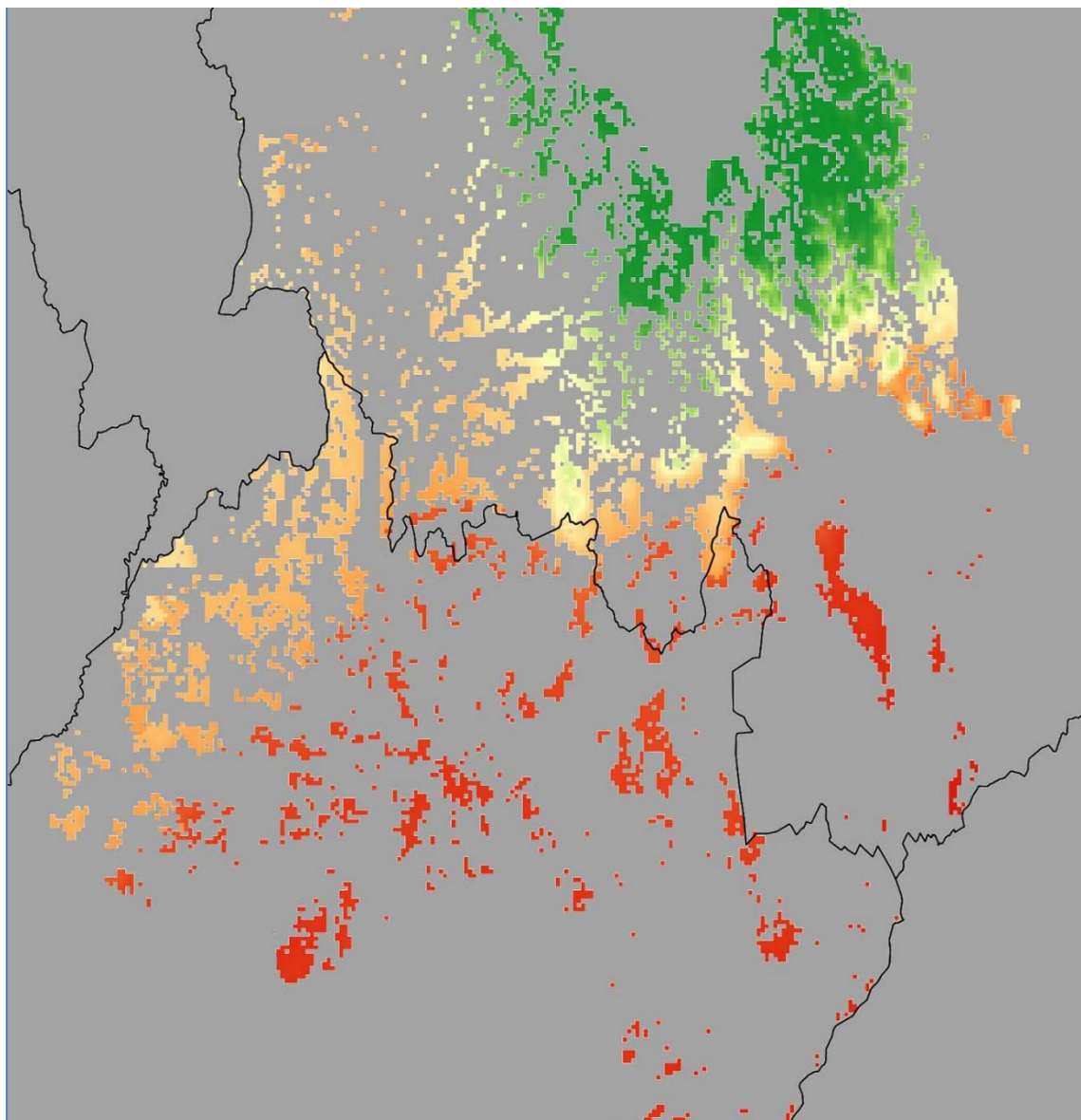
A bükk és a kocsánytalan tölgy előfordulási valószínűsége az osztrák-magyar határrégió erdeiben az 1961-1990-es (jelenlegi), a 2041-2060, a 2061-2080 és a 2081-2100 időszakokra az RCP4.5 és RCP 8.5 kibocsátási forgatókönyvek alapján.

A térképek az előfordulási valószínűség (%) alapján az alábbi színkódolást kapták:

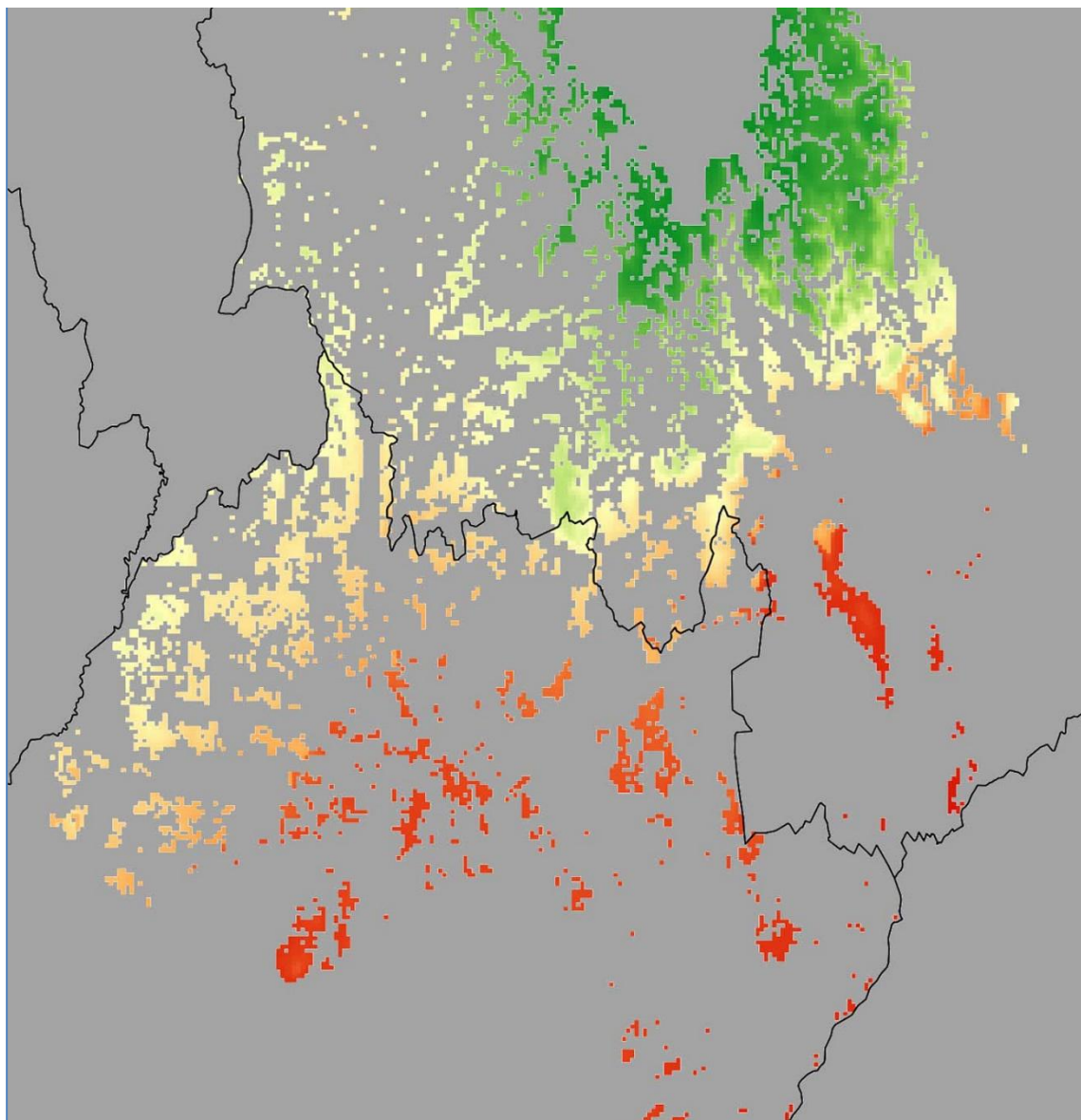




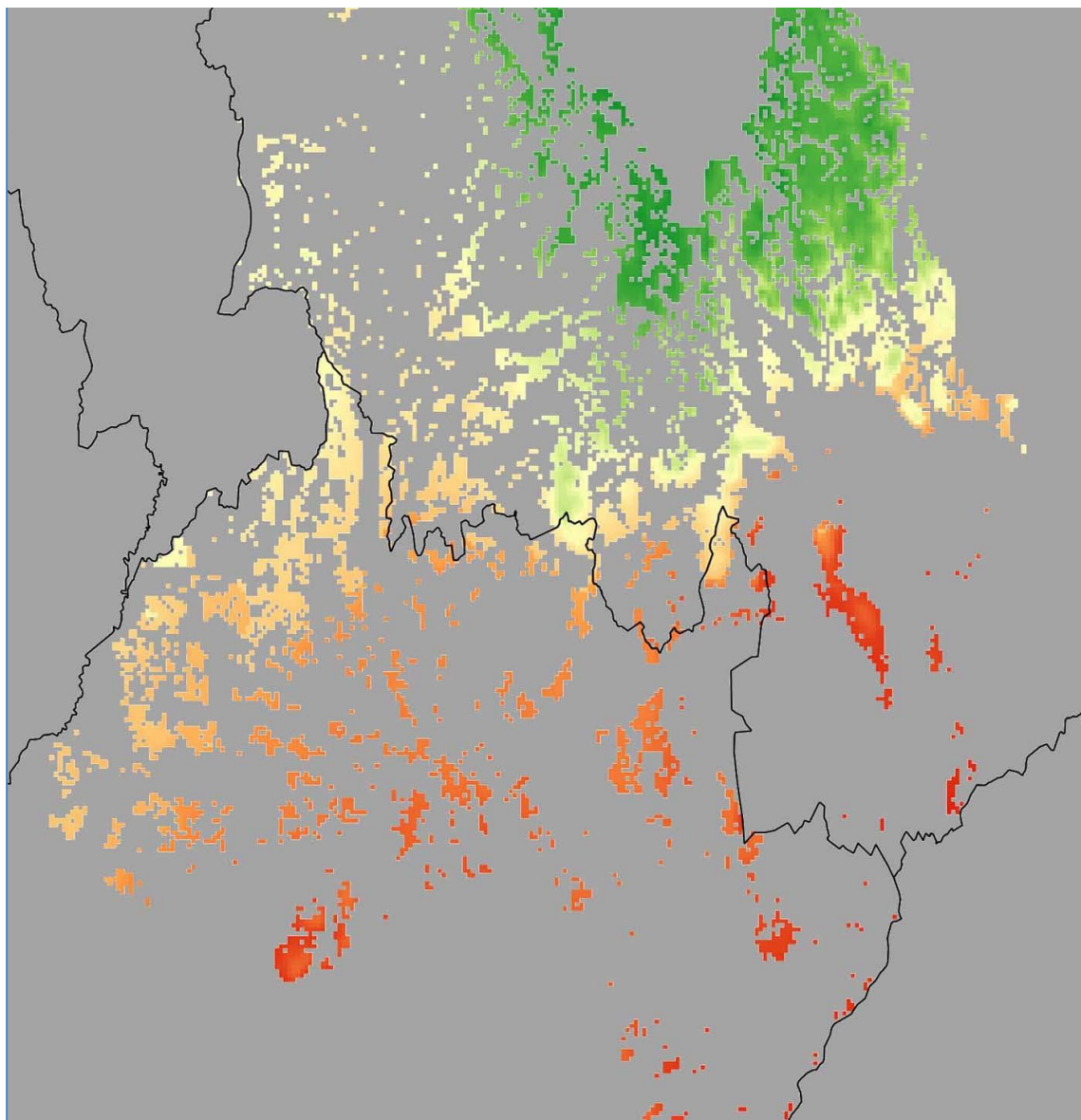
AI.1. ábra: A bükk előfordulásának valószínűsége az osztrák-magyar határrégióban az 1961-1990-es időszakban, mint jelen állapotban



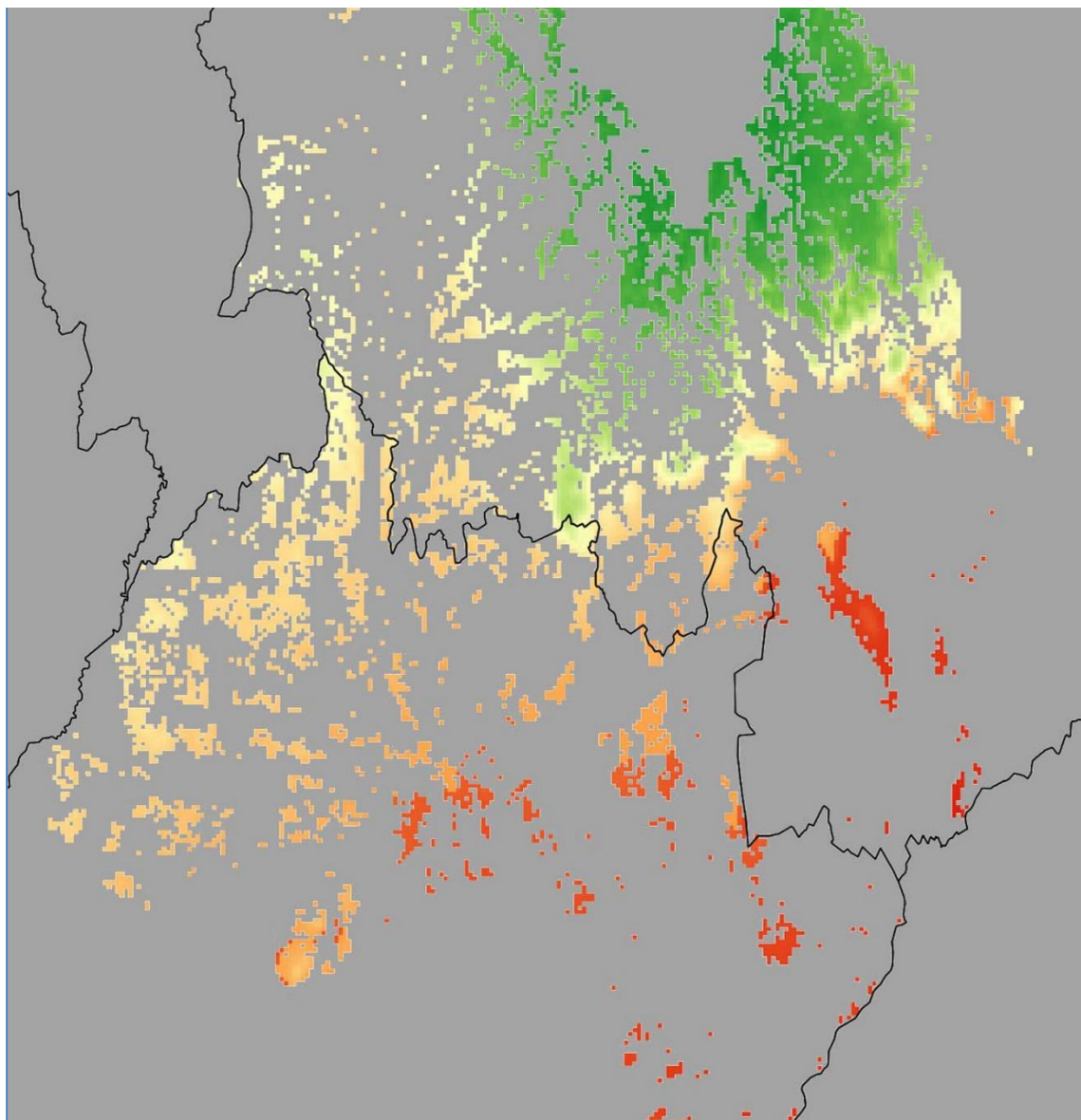
AI.2. ábra: A bükk előfordulásának valószínűsége az osztrák-magyar határrégióban a 2041–2060-as időszakban az RCP4.5 alapján



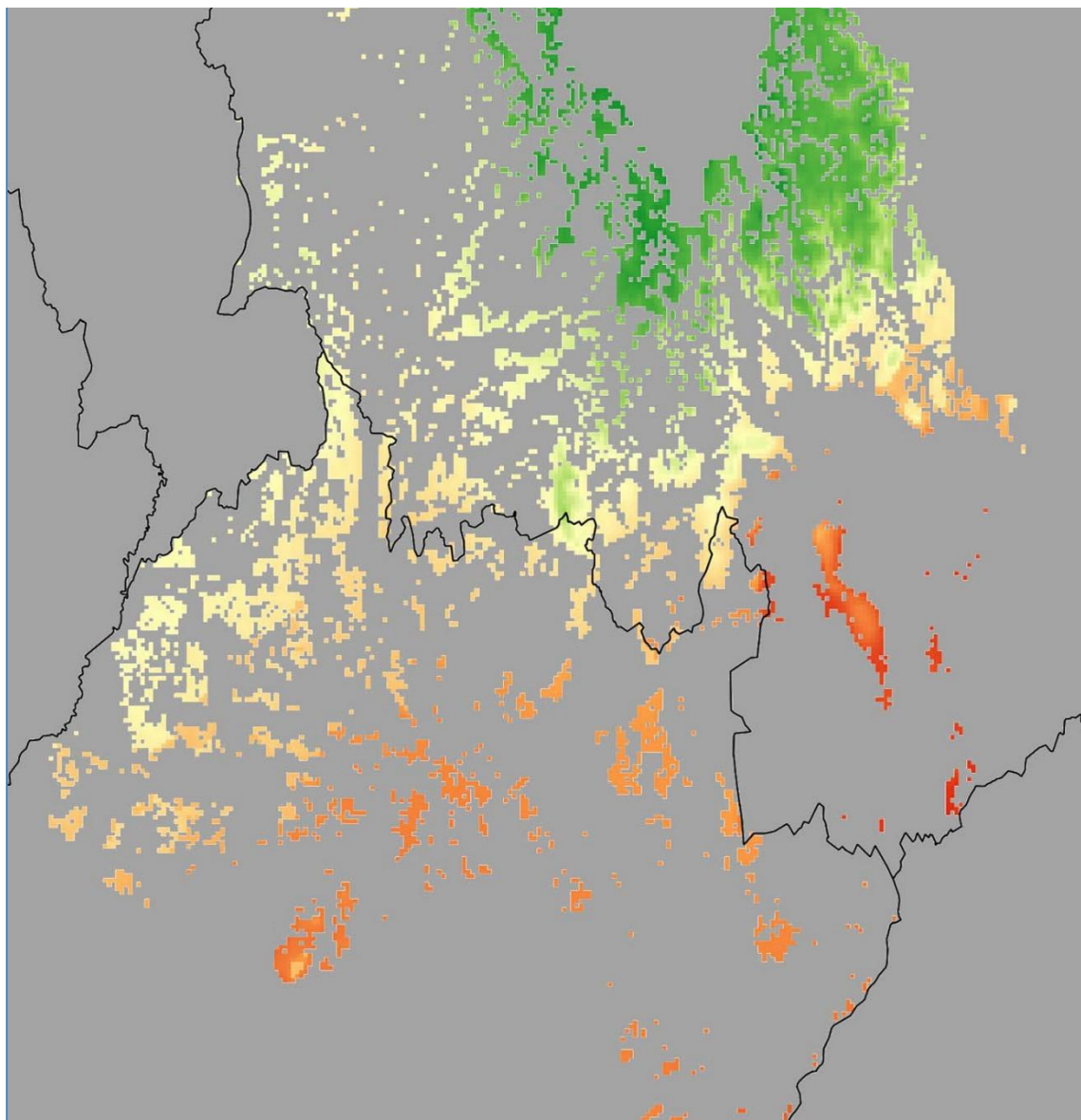
AI.3. ábra: A bükk előfordulásának valószínűsége az osztrák-magyar határrégióban a 2061-2080-as időszakban, az RCP4.5 alapján



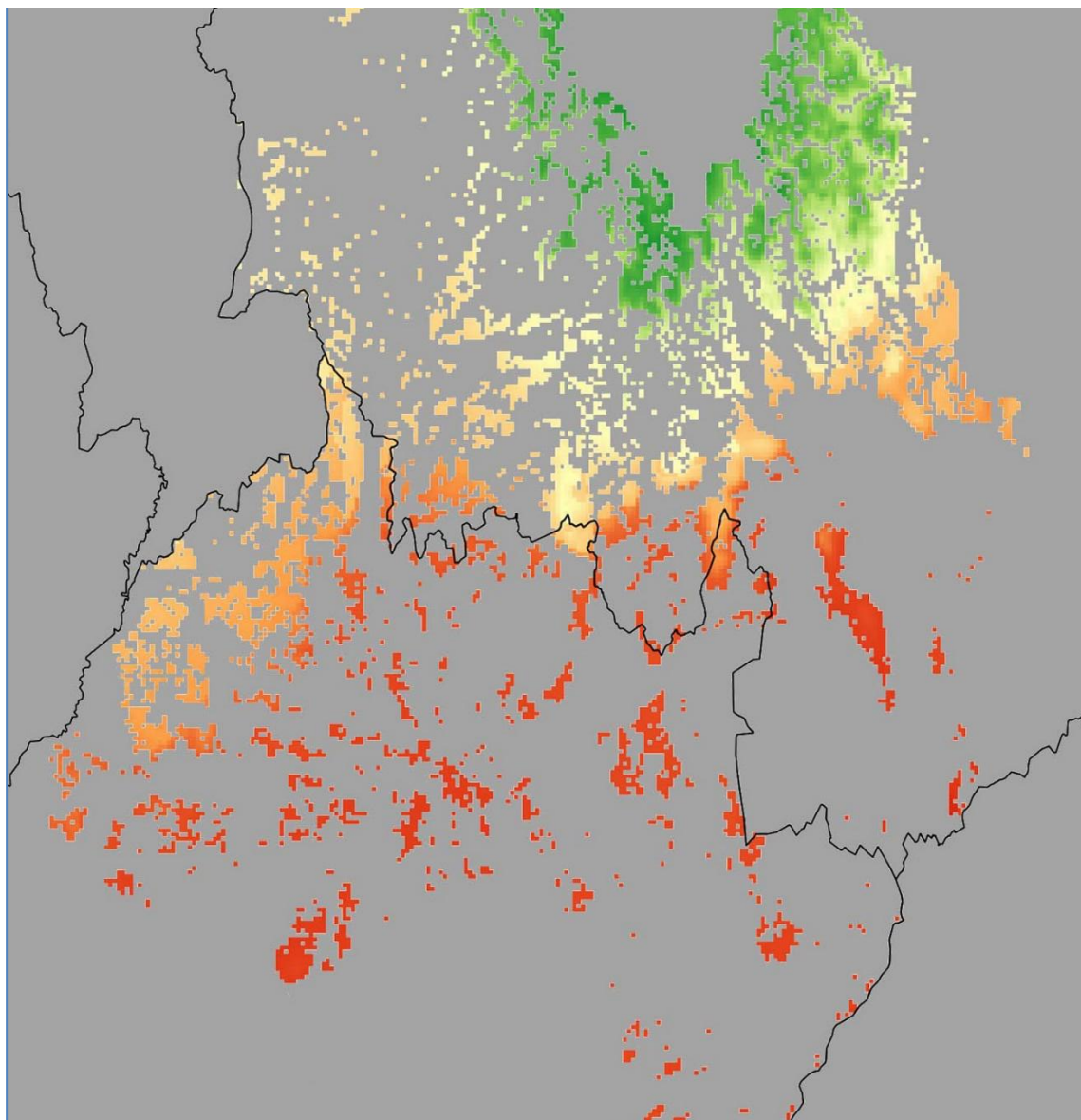
AI.4. ábra: A bükk előfordulásának valószínűsége az osztrák-magyar határrégióban a 2081-2100-as időszakban, az RCP4.5 alapján



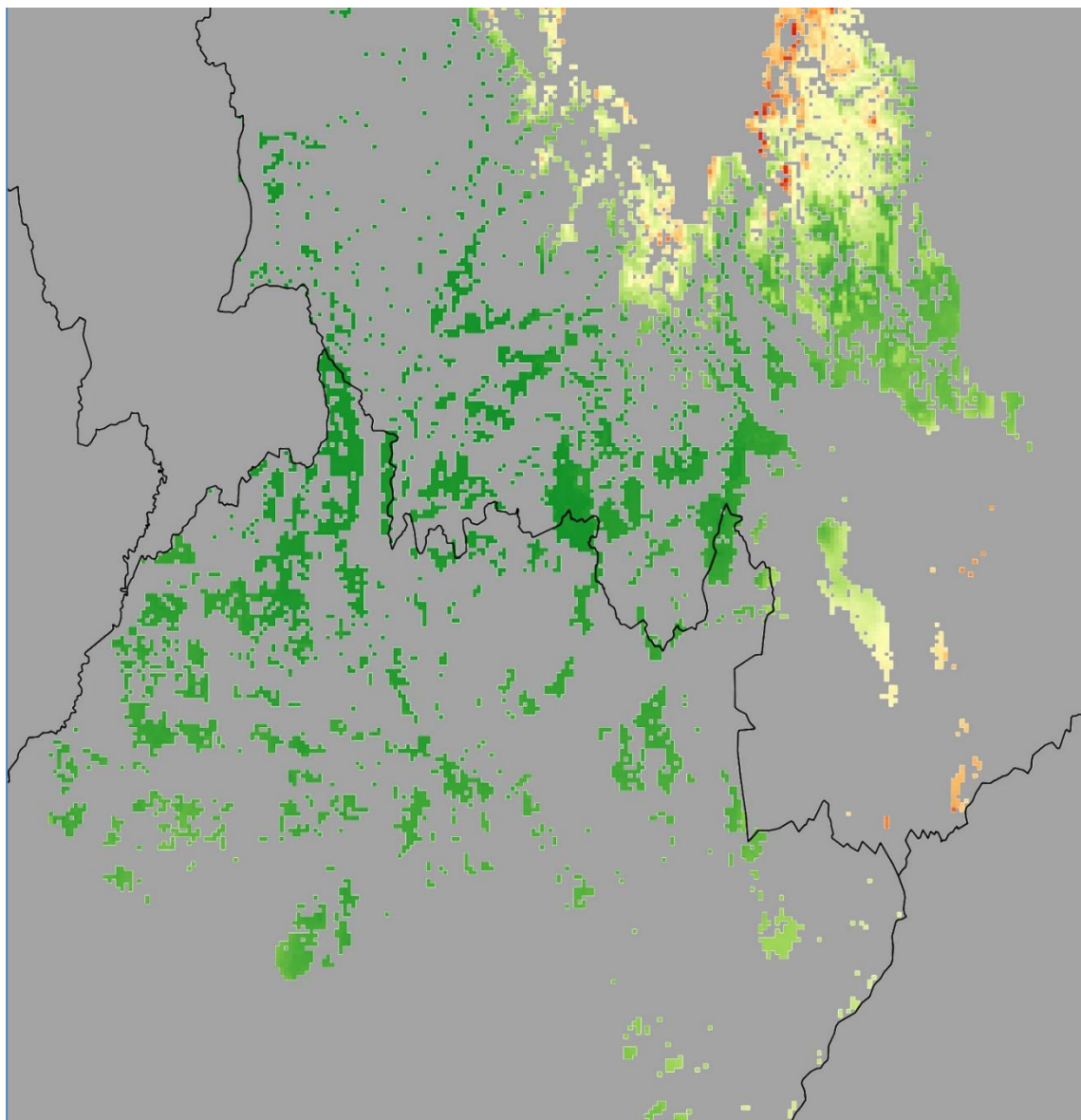
AI.5. ábra: A bükk előfordulásának valószínűsége az osztrák-magyar határrégióban a 2041–2060-as időszakban az RCP8.5 alapján



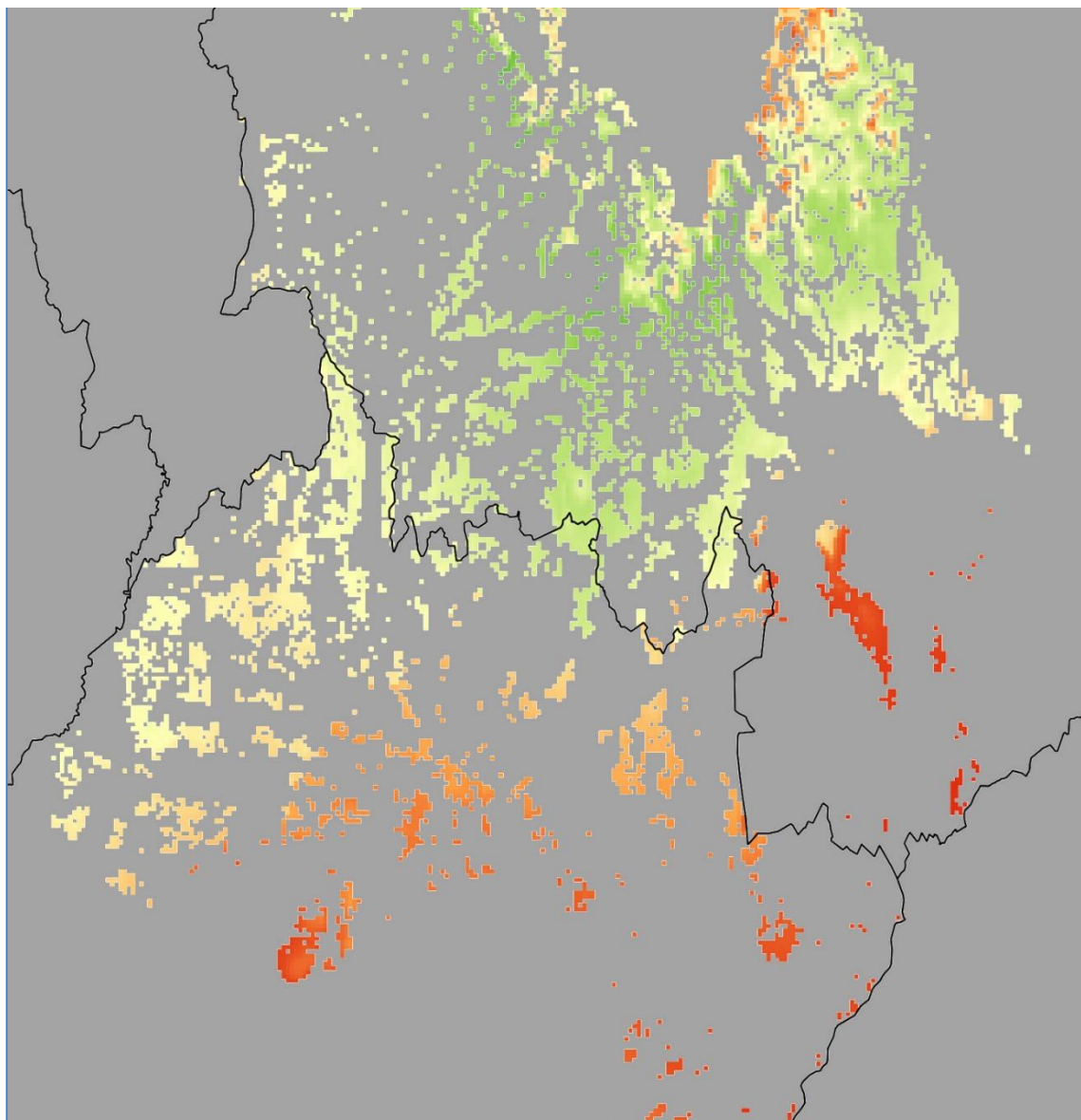
AI.6. ábra: A bükk előfordulásának valószínűsége az osztrák-magyar határrégióban a 2061–2080-as időszakban az RCP8.5 alapján



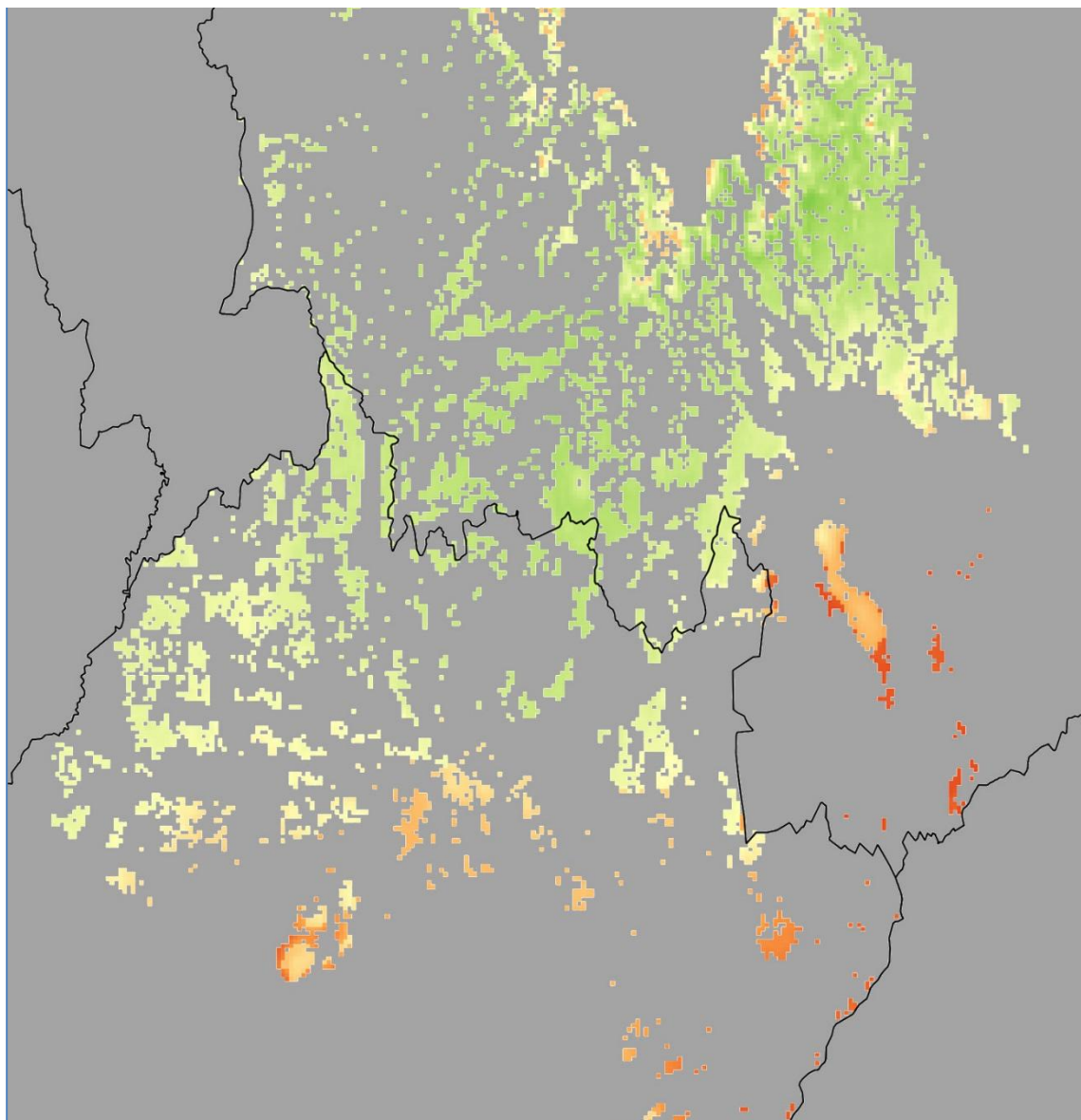
AI.7. ábra: A bükk előfordulásának valószínűsége az osztrák-magyar határrégióban a 2081–2100-as időszakban az RCP8.5 alapján



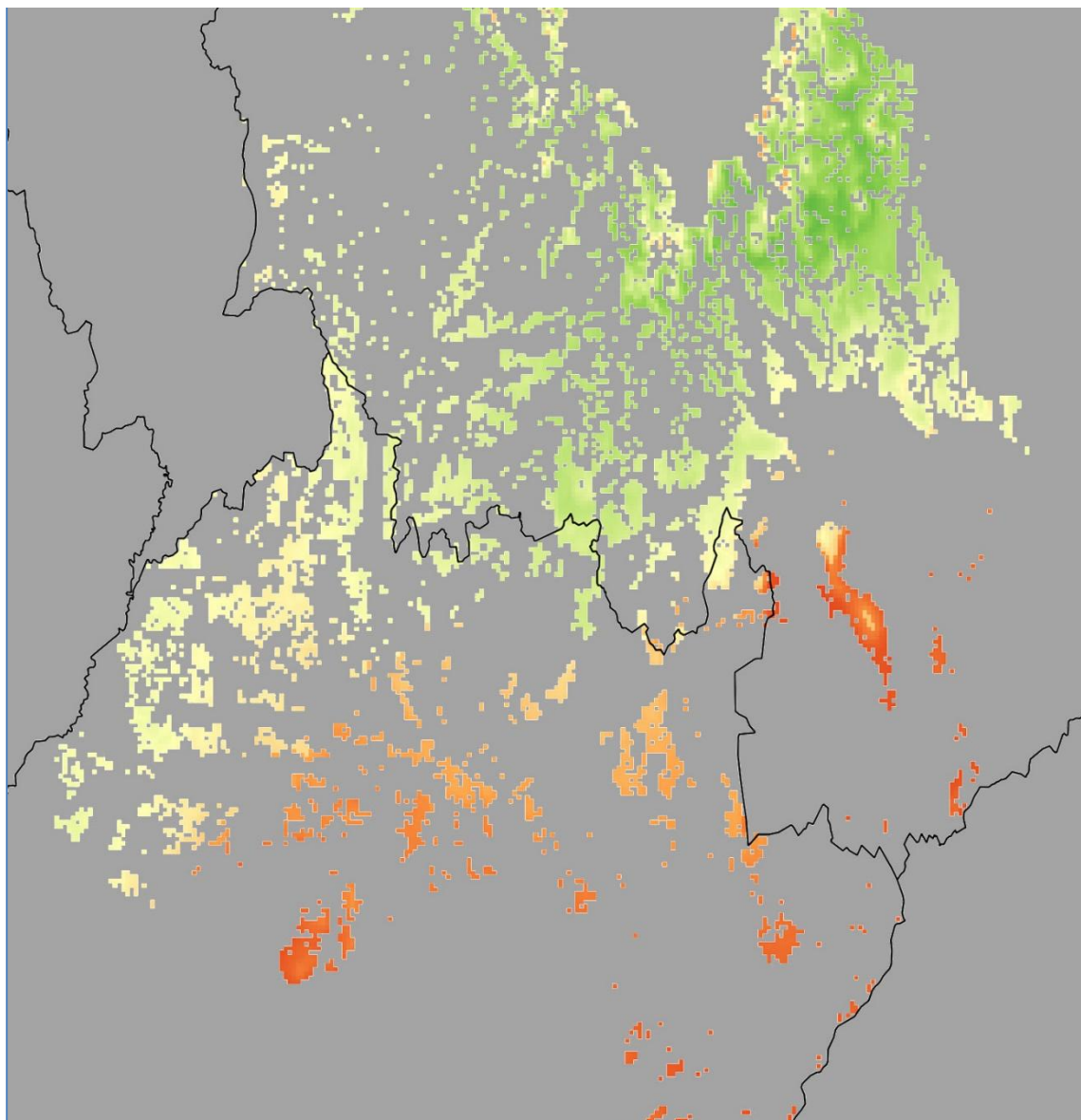
Al.8. ábra: A kocsánytalan tölgy előfordulásának valószínűsége az osztrák-magyar határrégióban az 1961-1990-es időszakban, mint jelen állapotban



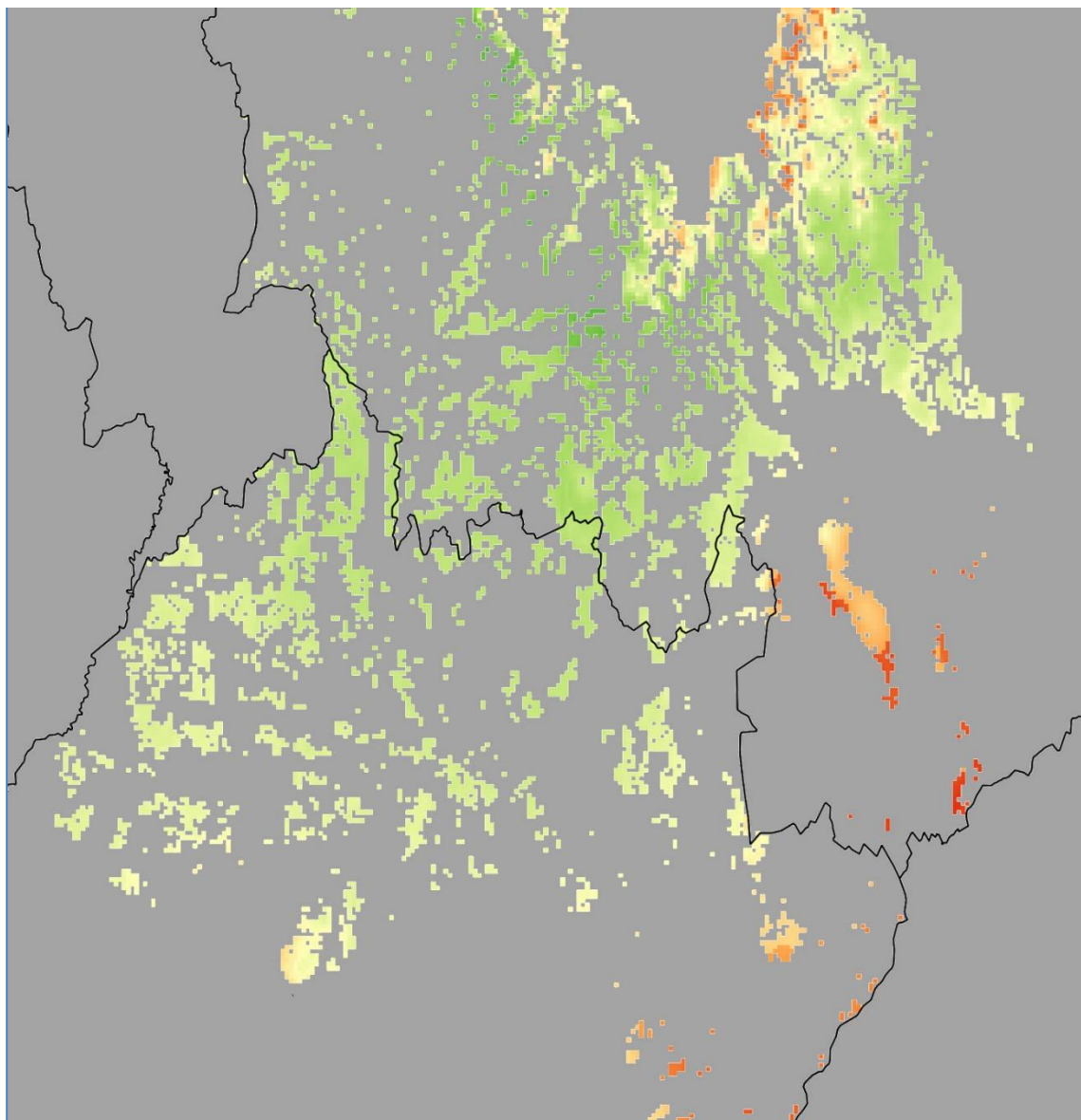
AI.9. ábra: A kocsánytalan tölgy előfordulásának valószínűsége az osztrák-magyar határrégióban a 2041–2060-as időszakban az RCP4.5 alapján



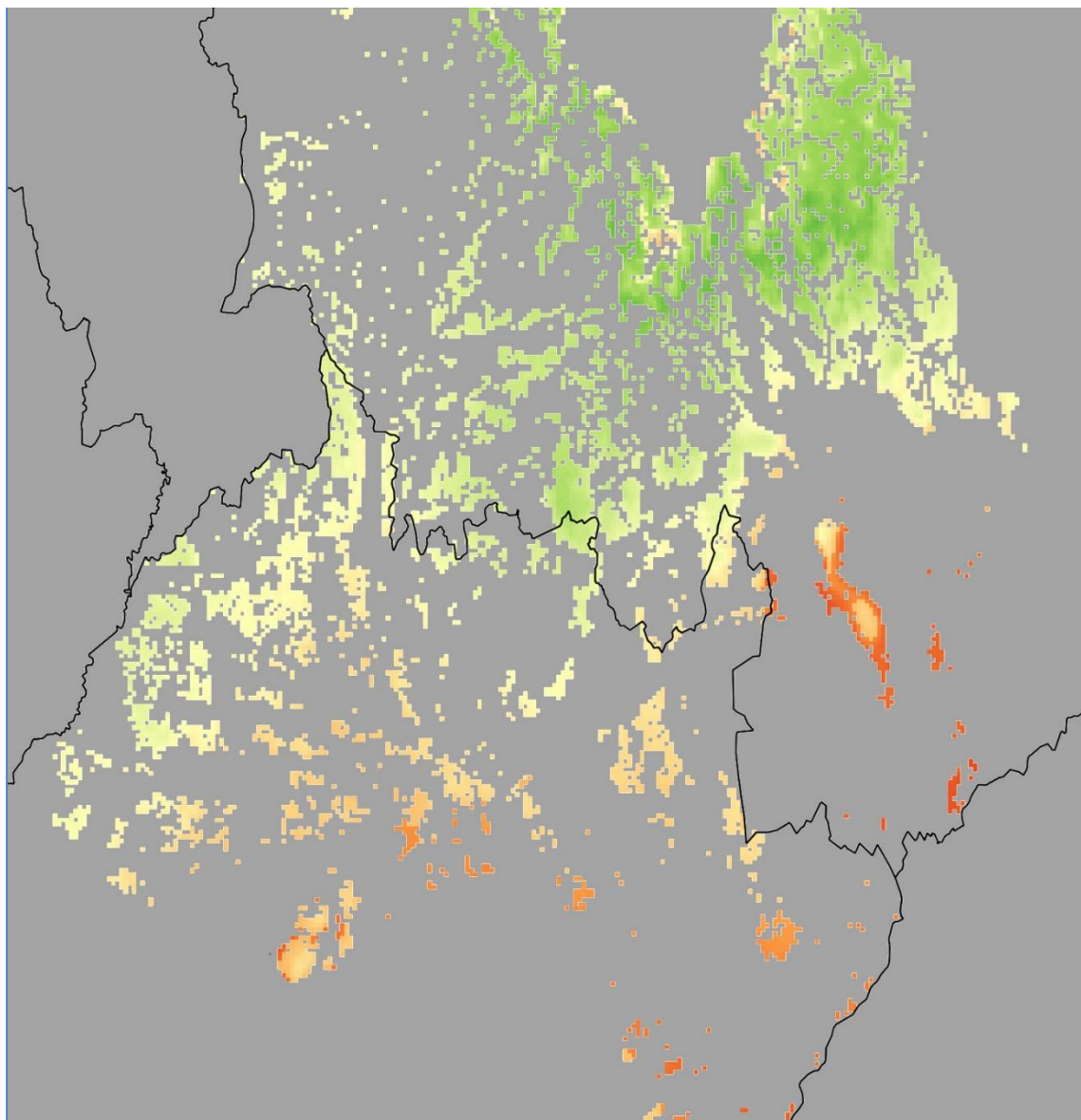
AI.10. ábra: A kocsánytalan tölgy előfordulásának valószínűsége az osztrák-magyar határrégióban a 2061–2080-as időszakban az RCP4.5 alapján



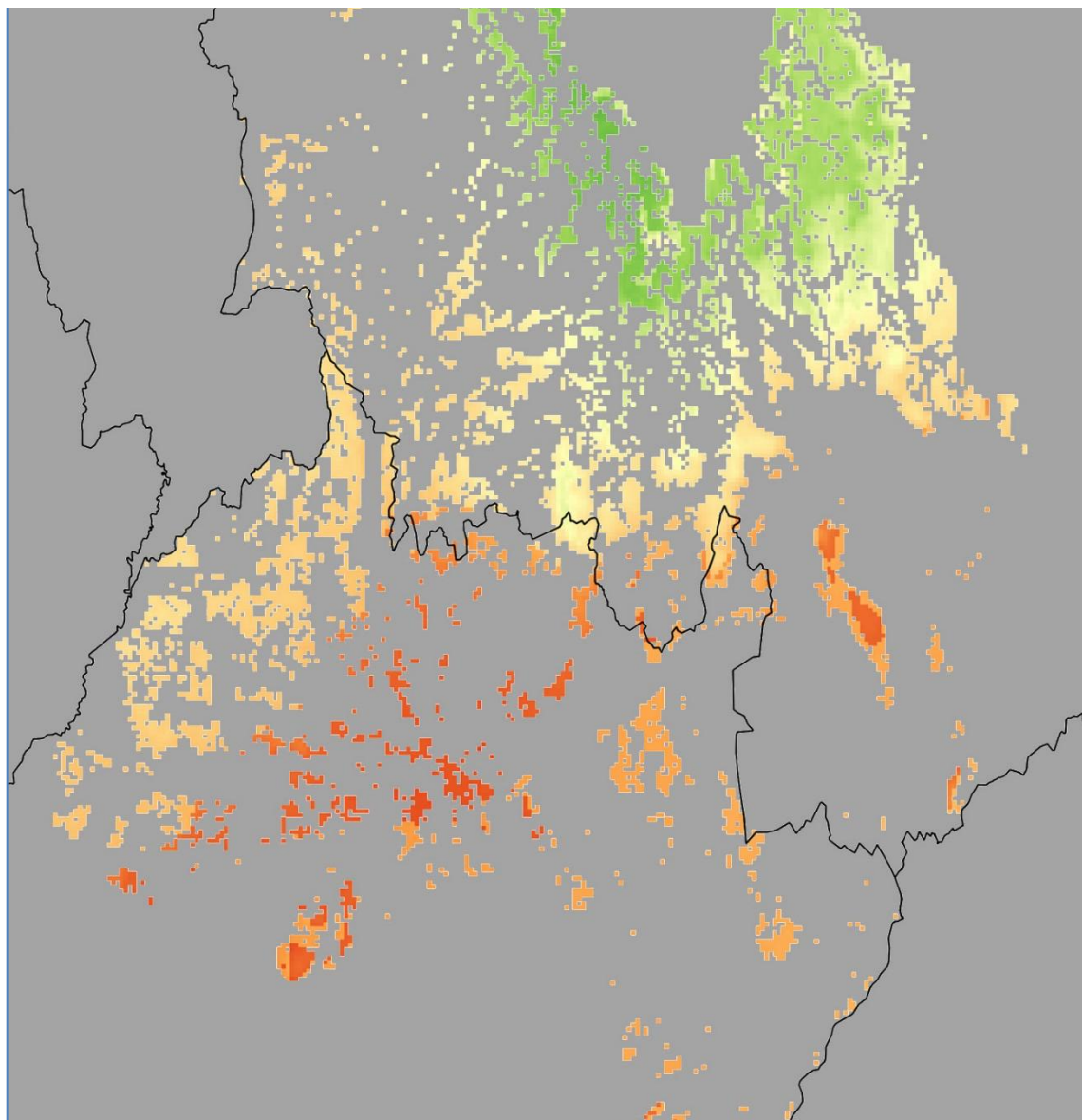
AI.11. ábra: A kocsánytalan tölgy előfordulásának valószínűsége az osztrák-magyar határrégióban a 2081–2100-as időszakban az RCP4.5 alapján



AI.12. ábra: A kocsánytalan tölgy előfordulásának valószínűsége az osztrák-magyar határrégióban a 2041–2060-as időszakban az RCP8.5 alapján



AI.13. ábra: A kocsánytalan tölgy előfordulásának valószínűsége az osztrák-magyar határrégióban a 2061–2080-as időszakban az RCP8.5 alapján

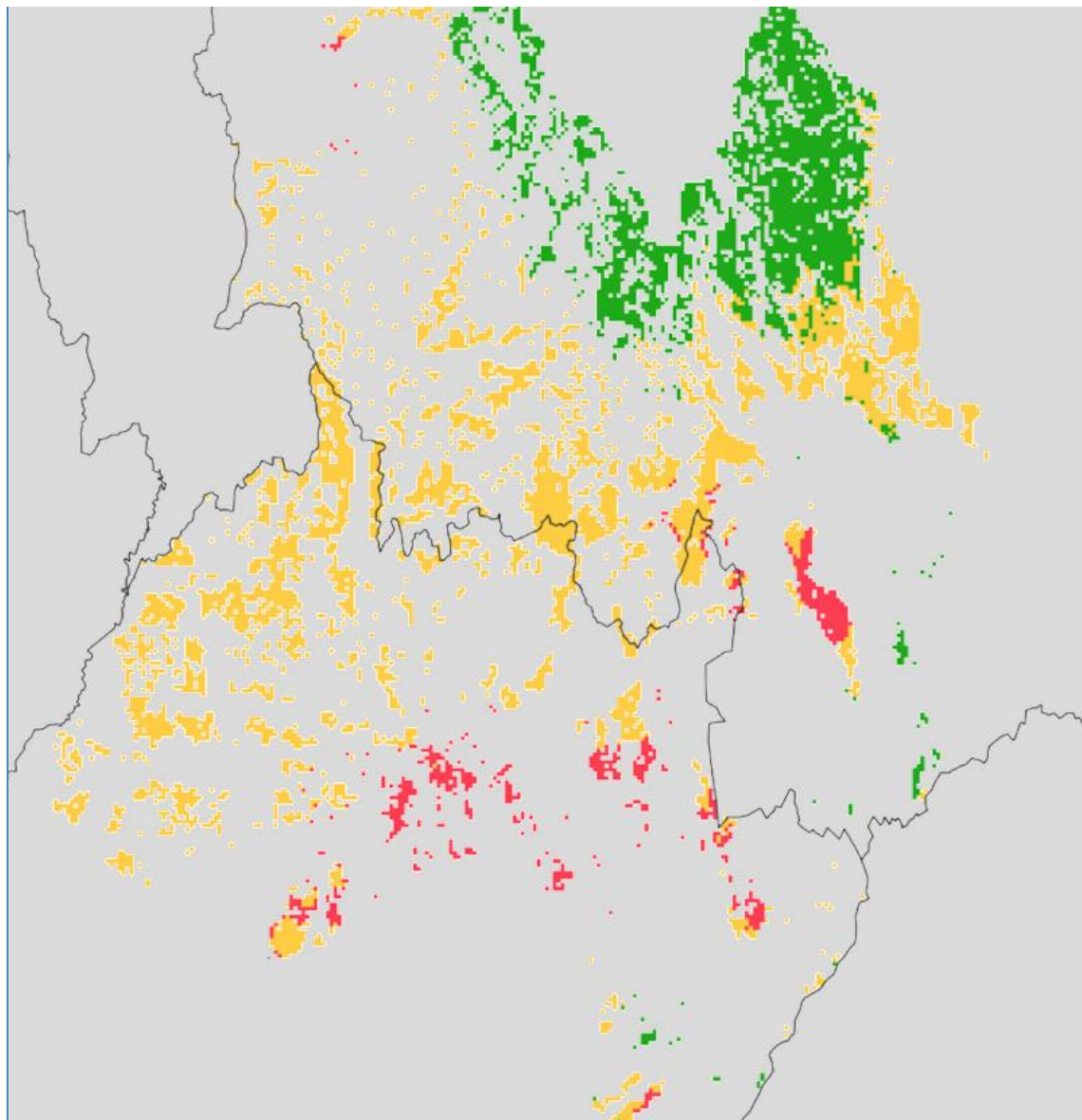


AI.14. ábra: A kocsánytalan tölgy előfordulásának valószínűsége az osztrák-magyar határrégióban a 2081–2100-as időszakban az RCP8.5 alapján

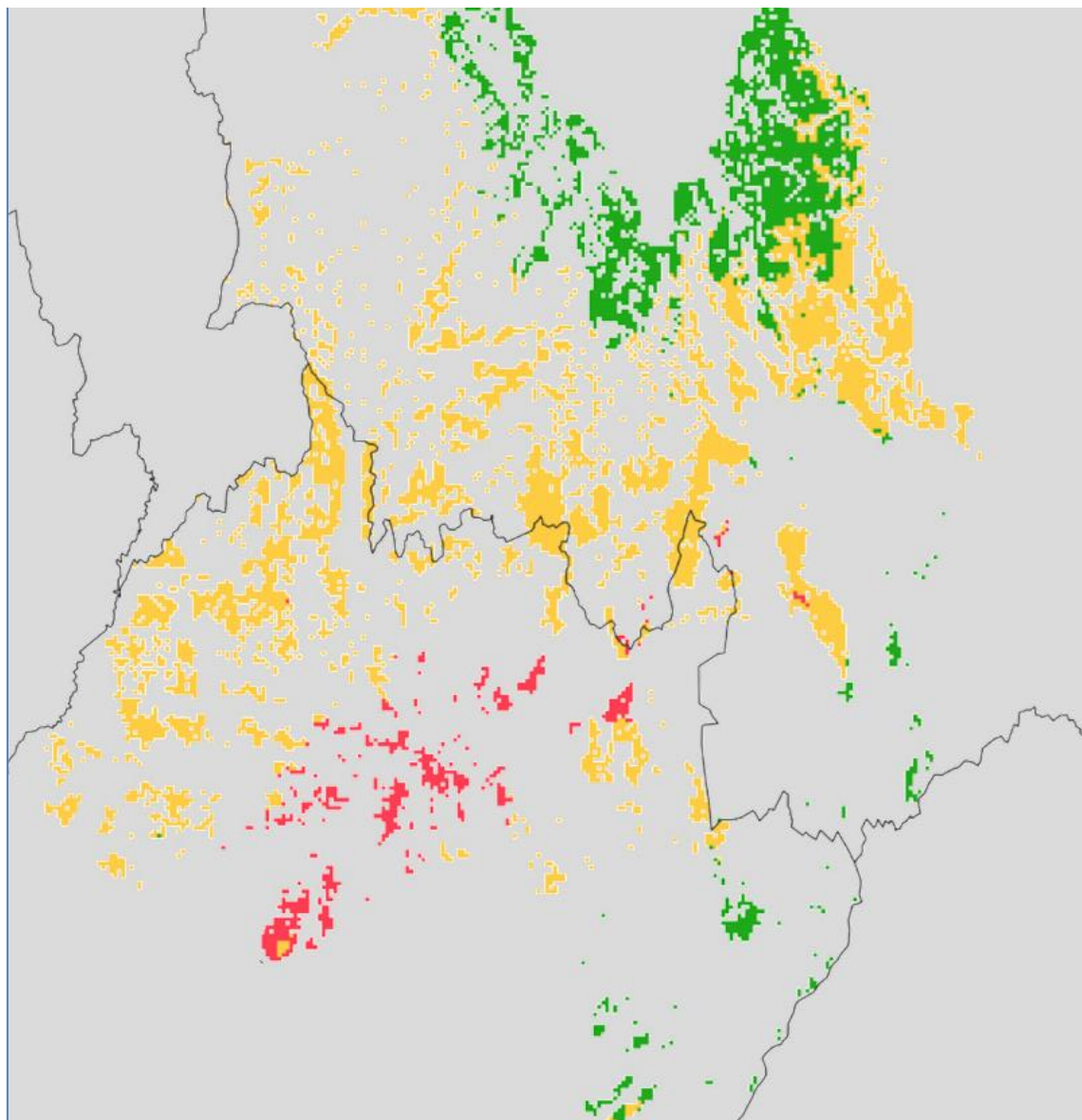
II. melléklet

Az osztrák-magyar határrégió bükköseinek- és kocsánytalan tölgyeseinek sérülékenységi térképei a 2041–2060-as, a 2061–2080-as és a 2081–2100-as időszakra az RCP 8.5 forgatókönyv alapján.

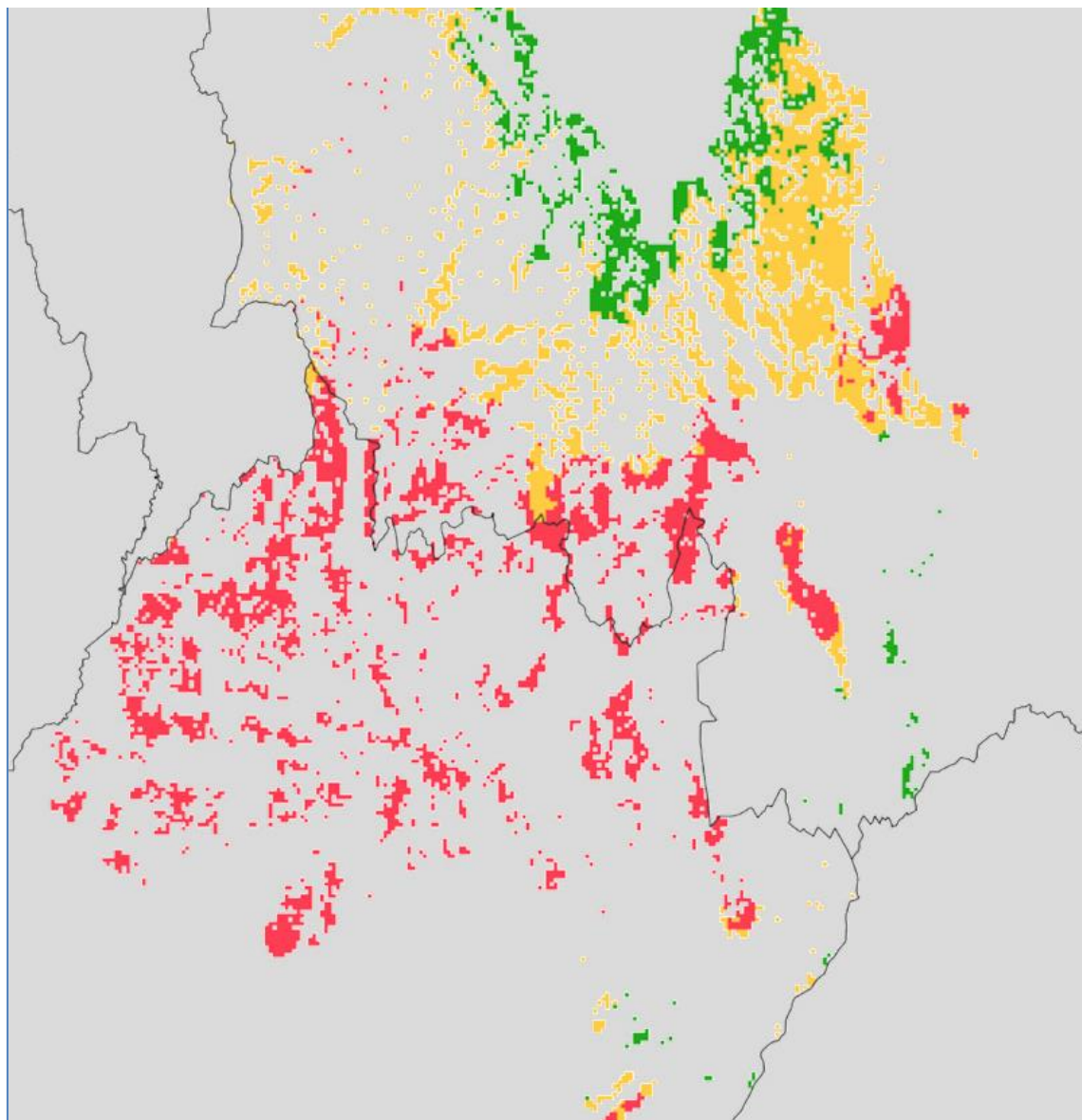
A következő térképeket az elterjedésmodellekből vezettük le, hogy szemléltessék egy adott faj előfordulási valószínűségének várható, időbeni változását. A színek egységesek, a nem sérülékeny állományok jelölése zöld, a közepesen sérülékenyeké sárga, a súlyosan sérülékenyeké piros.



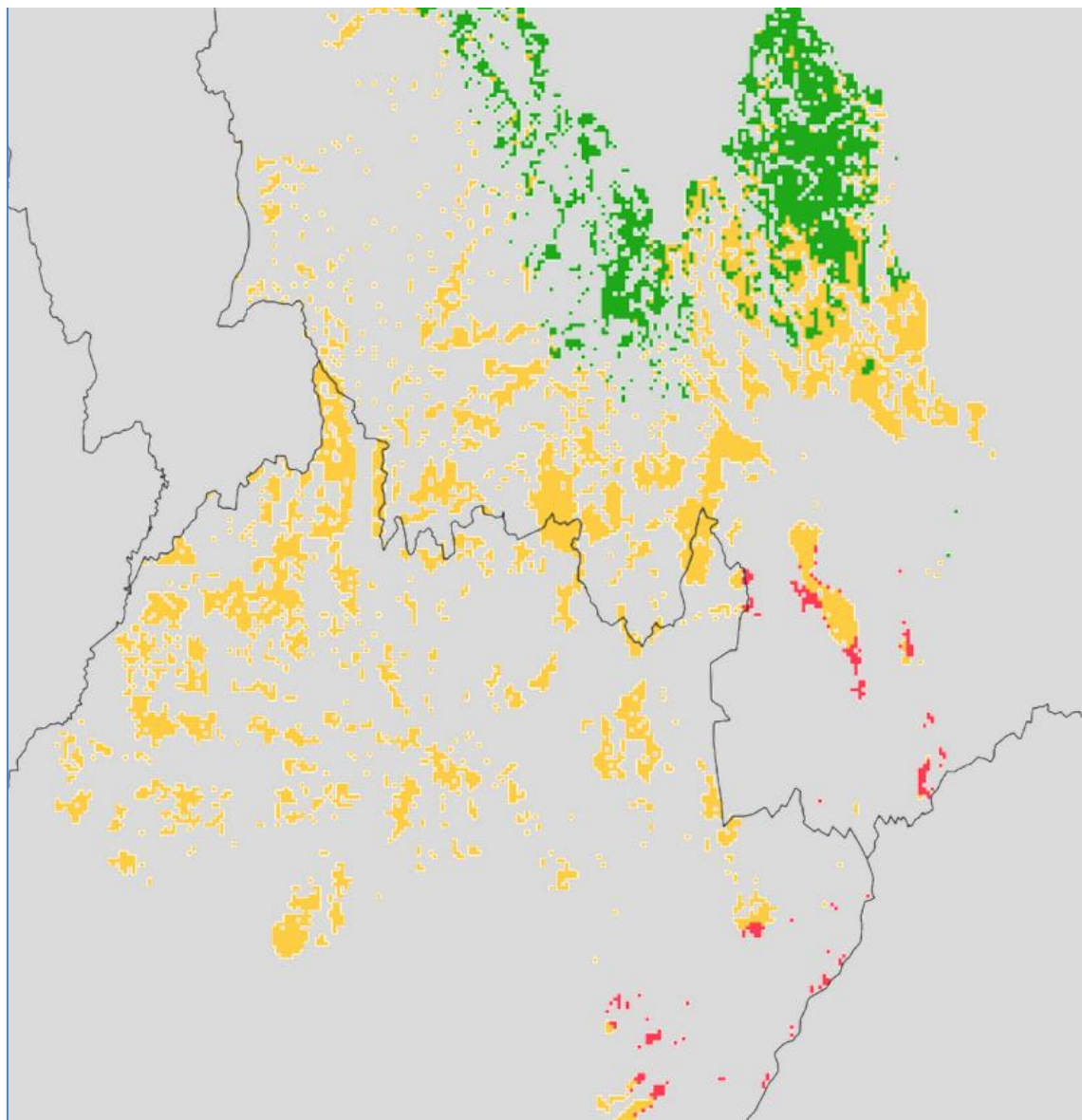
All.1. ábra: A bükk sérülékenysége az osztrák-magyar határrégióban a 2041-2060-as időszakban, az RCP 8.5 alapján



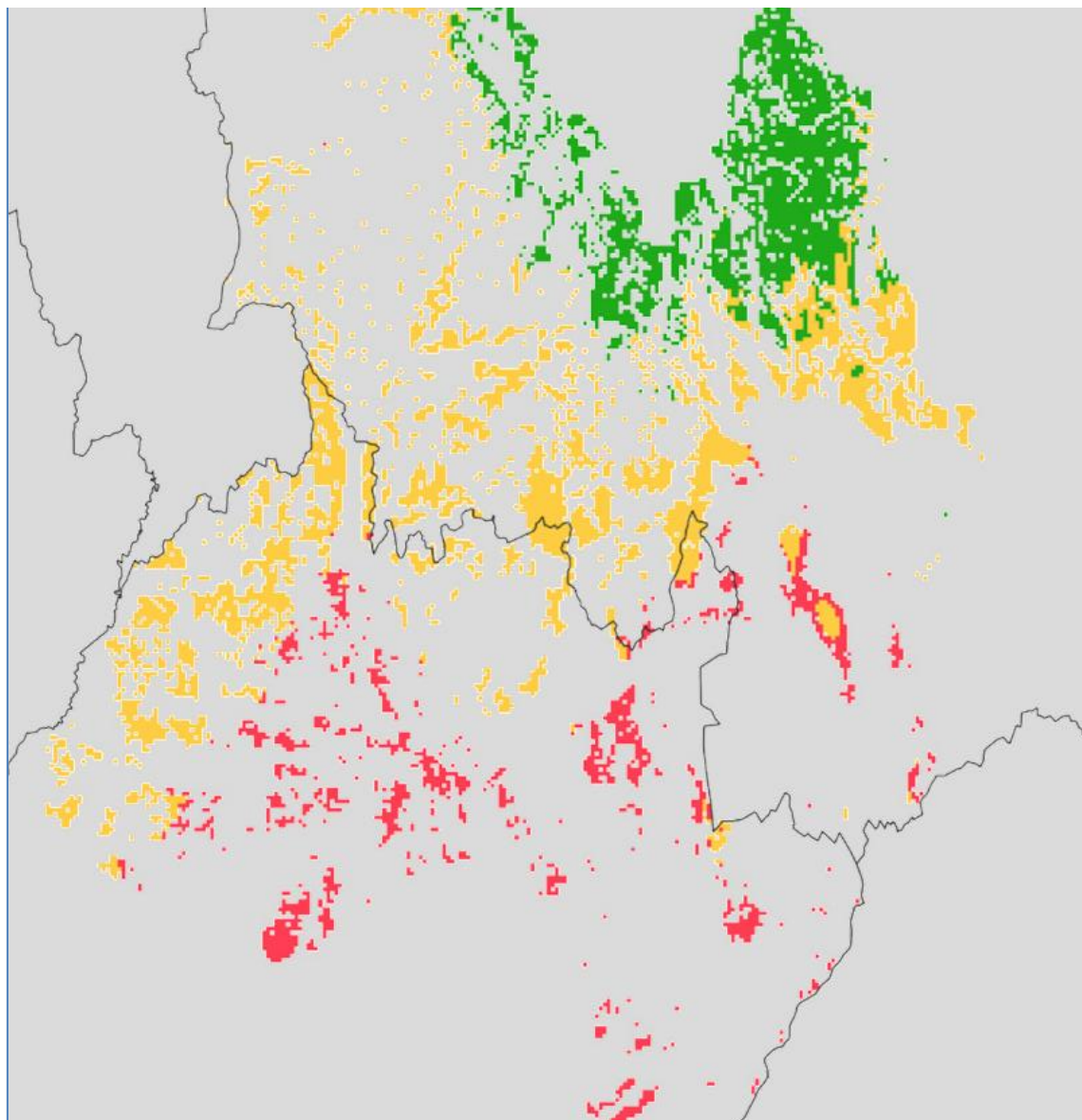
AII.2. ábra: A bükk sérülékenysége az osztrák-magyar határrégióban a 2061-2080-as időszakban, az RCP 8.5 alapján



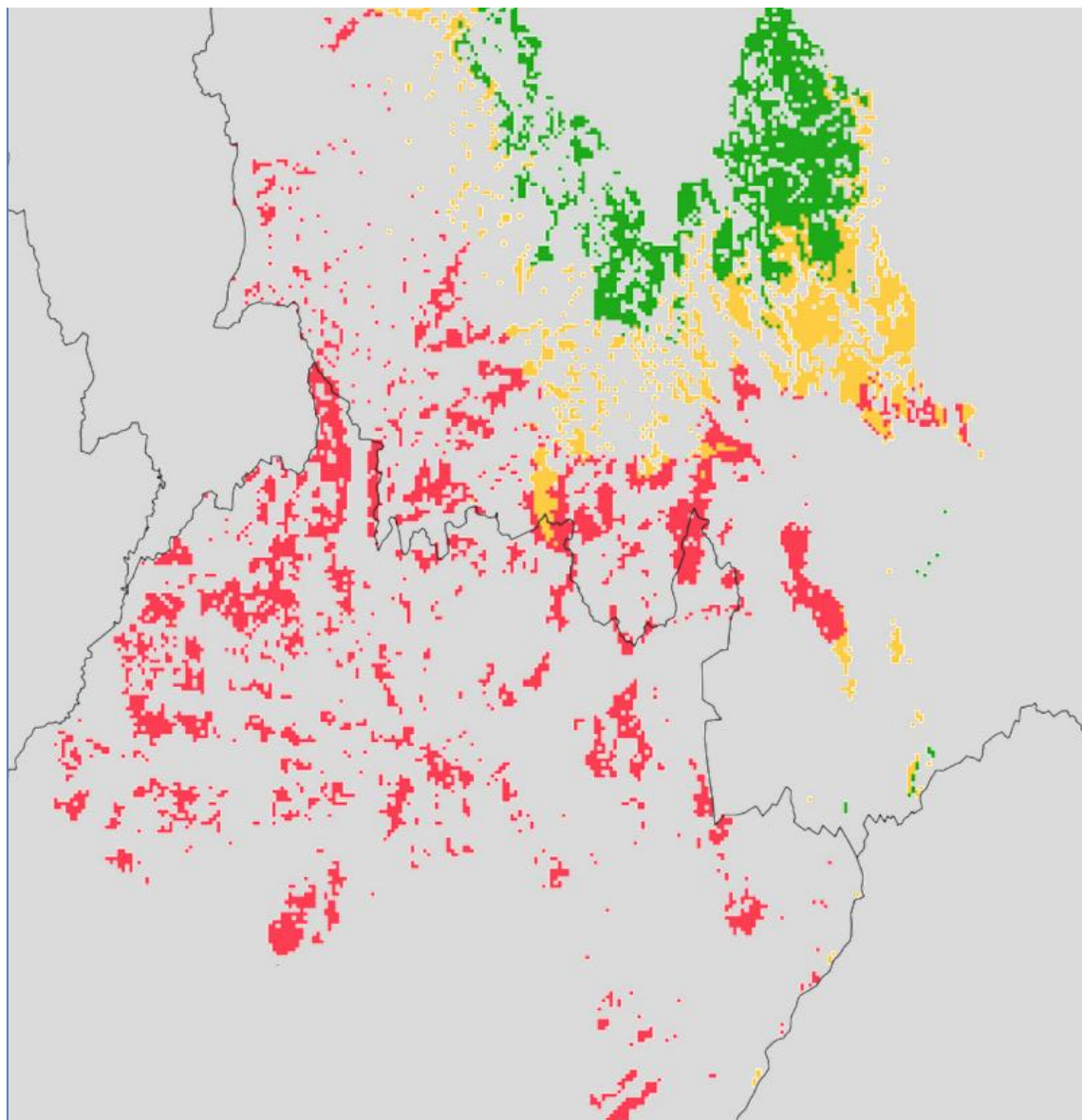
All.3. ábra: A bükk sérülékenysége az osztrák-magyar határrégióban a 2081-2100-as időszakban, az RCP 8.5 alapján



All.4. ábra: A kocsánytalan tölgy sérülékenysége az osztrák-magyar határrégióban a 2041-2060-as időszakban, az RCP 8.5 alapján



All.5. ábra: A kocsánytalan tölgy sérülékenysége az osztrák-magyar határrégióban a 2061-2080-as időszakban, az RCP 8.5 alapján



All.6. ábra: A kocsánytalan tölgy sérülékenysége az osztrák-magyar határrégióban a 2081-2100-as időszakban, az RCP 8.5 alapján