

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM

Természettudományi és Informatikai Kar

Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

**A biomassza produkció és egyes
környezeti tényezők közötti kapcsolat
vizsgálata hazai erdőfoltokon**

OTDK dolgozat

Készítette:

Fábián Eszter

geográfus MSc szakos hallgató

Témavezetők:

Dr. Ladányi Zsuzsanna

tudományos munkatárs

Dr. Rakonczai János

egyetemi docens

Szeged

2012

Tartalomjegyzék

Tartalmi összefoglaló	3
1. Bevezetés	4
1.1. Az utóbbi évek éghajlatváltozása Magyarországon	5
1.2. A vízhiány és a vegetáció változása	7
2. Alkalmazott módszerek és adatelőkészítés	9
2.1. A módszer leírása	9
2.2. Az NDVI és EVI vegetációs indexek összehasonlítása	10
2.3. Adatok előkészítése	12
3. Mintaterületek kijelölése	14
3.1. Erdőfoltok lehatárolása	14
4. Eredmények	17
4.1. Regionális áttekintés	17
4.2. Mintaterületek biomassza produkciója és vegetációs dinamikája	23
4.3. Extrém évek hatásának vizsgálata egyes mintaterületeknél	35
5. Összegzés	39
Irodalomjegyzék	41

Tartalmi összefoglaló

A változó éghajlat következményei egyre inkább éreztetik hatásukat a Föld minden táján. Ezek a hatások Magyarországot sem kerülik el, melyet jól tükröz a hőmérsékletemelkedés, a tendenciájában csökkenő és nagy ingadozásokat mutató évi csapadék. Hazánkban legtöbbször a vízhiány okoz károkat, mely manapság már nemcsak a csapadék mennyiségének csökkenésében jelenik meg, hanem egyes tájainkon a talajvízszintek süllyedését is eredményezi. Ez utóbbi probléma főként a Duna-Tisza közti homokhátságokon volt jellemző. A talajvízhiány itt már a mélyebben gyökerező fás vegetációkban is károkat okoz, melyet akár erdőpusztulások is jelezhetnek. Nagyon fontos feladat tehát a jövőben a szárazodás jelentette veszélyek megelőzése és az érzékeny területek lehatárolása.

Azt SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszékén végzett korábbi kutatások alföldi mintaterületeken alátámasztották, hogy a zöld biomassza produkció és a csapadékmennyiség között szoros összefüggés van. A térinformatika fejlődése, a szabadon elérhető távérzékelte adatok miatt a vegetációs indexek részletes területi elemzésére is lehetőség nyílik. Az ebből származtatható biomassza adatok alakulásából következtethetünk az egyes területek csapadékérzékenységre.

Dolgozatomban 35 hazai (az ország teljes területéről választott) erdőfolt biomassza produkcióját és azok klímaparaméterekkel való kapcsolatát vizsgálom a MODIS szenzor által gyűjtött adatokból számított NDVI és EVI indexek alapján.

A csapadékmennyiség és a zöld szervesanyag produkció közötti kapcsolat nem minden esetben egyértelmű, hiszen lokális szinten számtalan módosító tényező lehet. Ennek ellenére a módszer segítségével elemezhetjük, hogyan alakul a mintaterületek vegetációs dinamikája, milyen mértékű eltolódással kezdődik a fák aktív biomassza termelése egy évben. Információkat szerezhethetünk, hogyan alakul az erdők biomasszája extrém vízellátottságú években, és hogyan módosítja a talajtípus a csapadékmennyiségek hatását a biomasszára. A vizsgálatok eredményei lehetővé tehetik, hogy lehatároljuk az érzékeny területeket, vagyis hol lehet inkább szárazodás miatt bekövetkező erdőpusztulásokra számítani.

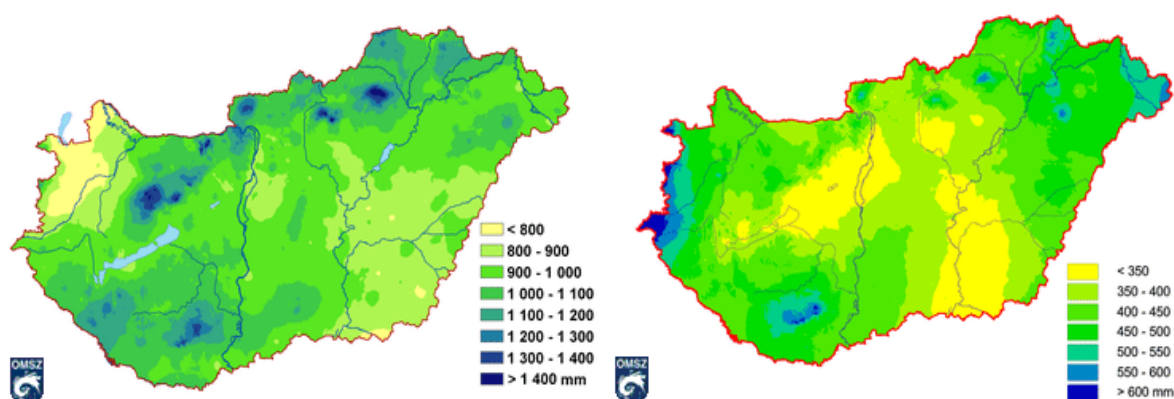
1. Bevezetés

A lassan elfogadottá váló, de ugyanakkor egyre komolyabb problémákat felvető éghajlatváltozásról a szakemberek megítélése sem egyértelmű. Számos modellt alkottak már, de különböző kutatók, különböző eredményeket kaptak (Kerényi A. 2006, IPCC 2007). Az előrejelzéseket nehezítik, hogy számtalan kiindulási feltétel, és módosító tényező játszik szerepet az éghajlat alakulásában. Az ellentétes információk, melyeket minden nap hallhatunk, sajnos elbizonytalanítják az embereket, pedig a káros hatások megállítása és csökkentése vitathatatlanul szükséges. Akár egyetértünk a klímaváltozás gondolatával, akár elvetjük, az időjárás szélsőségesse válása egyre inkább megmutatkozik. Legutóbb a 2011 és 2012-es évben a mezőgazdászok, és így közvetetten a lakosok (akik drágábban tudják beszerezni a hazai zöldséget és gyümölcsöt) saját káraikon tapasztalhatták a változó éghajlat negatív hatásait. Most már nem azzal kellene foglalkozni, hogy a jelenség létezik-e, hanem az okozott problémákra kell megoldást találni, illetve a károkat megelőzni. Fontos kérdés lehet a jövőben, hogy melyik területekre kell jobban odafigyelni, melyek az érzékenyebbek. A mai napig az üvegházhatású gázok kibocsátásán vitatkoznak a nagyhatalmak, közben a hatások olyan mértékben felerősödtek, hogy több helyen az élelmiszertermelés, vagy emberéletek kerültek veszélybe.

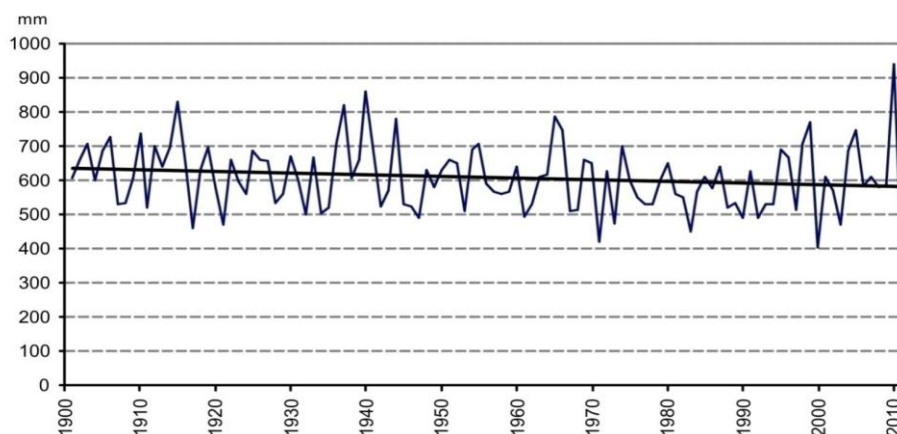
Az élővilág, azon belül is a növényzet alkalmas az éghajlatváltozás indikátoraként rámutatni a problémás területekre. Például az erdők jól használhatóak hosszú távú elemzésekhez, hiszen akár több száz évig változatlan az élőhelyük, a természetes csapadékmennyiséget pedig nem befolyásolják antropogén hatásokkal (öntözéssel). Magyarországon ez fokozottan igaz, mert a domborzati adottságoknak (és a jó minőségű termőföldnek) köszönhetően hazánk tájai igen mozaikosak, a területek nagy része mezőgazdasági művelés alatt áll, melyek folyamatosan változnak, így alkalmatlanok a hosszabb távú megfigyelésekre (Rakonczai J. 2011b). A megváltozó életfeltételeket bizonyítja, hogy az utóbbi évtizedekben a világ számos pontján erdőpusztulásokat figyeltek meg. Ezeket nem globális problémaként szemlélték, hanem helyi okokat kerestek. Mára azonban világossá vált, hogy a pusztulások nem lokálisak, a Föld sok pontján megjelennek, és gyakran a klímaátalakulás állhat a háttérben (Rakonczai J., Kovács F. 2005). Azon tovább vitatkozhatnak a szakemberek, hogy ez antropogén eredetű felmelegedés eredménye, vagy természetes, de ez a lényegen nem változtat. Ha nem figyelünk az érzékeny területekre, vizes élőhelyek, védett területek és erdők tűnhetnek el.

1.1. Az utóbbi évek éghajlatváltozása Magyarországon

Természetesen a globális klímaváltozás nem mindegyik hatása jelenik meg ilyen kis területen, mint Magyarország (Rakonczai J. 2008). Ennek ellenére az utóbbi években számos figyelmeztető jel (szélsőséesebb időjárás, pusztítóbb viharok a Kárpát-medencében, magasabb nyári átlaghőmérséklet, kevesebb csapadék, egyre szélsőséesebb csapadékeloszlás stb.) miatt hazánkban is fokozottan kell figyelnünk a változásokra és azok hatásaira. Különböző kutatások alátámasztották, hogy a felmelegedésnek és a csapadék csökkenésnek egyértelmű hatásai látszódnak az országban. A hőmérséklet emelkedése egyértelműen kimutatható az utóbbi száz évben. Évszakonként eltérő a mértéke, nyáron jelentősebb, kb. 1°C , ősszel kisebb $0,4\text{--}0,5^{\circ}\text{C}$, télen és tavasszal az éves átlagnak megfelelő $0,7^{\circ}\text{C}$ (in: Rakonczai J. 2008). Ha az évi középhőmérsékletet és az éves csapadékcsökkenést vesszük figyelembe, akkor hazánkra $0,77^{\circ}\text{C}$ -os emelkedés és 60-80 mm-es csökkenés volt jellemző a 20. században (Szalai S., Szentimrey T. 2001). Az utóbbi évek egyre jelentősebb csapadékcsökkenését mutatja az 1. ábra.



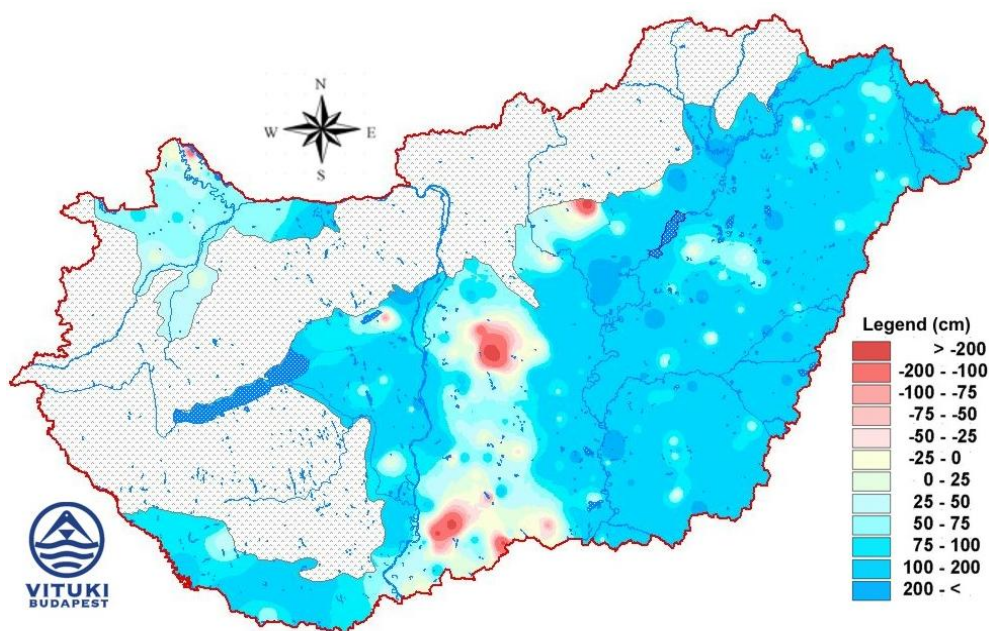
1. ábra. A csapadék mennyiségének alakulása 2010-ben (balra) és 2011-ben (jobbra) (OMSZ-
<http://www.met.hu/>)



2. ábra. A csapadék mennyiségének alakulása 1901 és 2011 között (forrás: Rakonczai J. 2011b)

A csapadék csökkenésének (2. ábra), illetve szélsőséges eloszlásának számos következménye van, melyek az emberre közvetlen és közvetett hatással vannak. A mezőgazdaság számára egyre nagyobb kihívást jelentenek a szélsőségesen száraz nyári időszakok. A csapadékhiány mellett ilyenkor a magas hőmérséklet okozta párolgás is elvonja a talaj nedvességtartalmát. A hirtelen, néhány óra alatt lezúduló nagy mennyiségű csapadék a terményekben fizikai károkat, a talaj esetében fokozott degradációt okoz. A csapadék nagy része felszíni lefolyással távozik a területekről, így nem képes a talaj víztartalékait feltölteni a hirtelen bekövetkező, nagy mennyiség miatt. A hosszú csapadékmentes időszakokat ezért nem tudják pótolni a gyors és nagy zivatarok.

A csapadékhiány következő súlyos hatását, mely az ország egyes területeit érinti, a talajvízszint csökkenése. Ez a probléma először a Duna-Tisza közén jelentkezett (ezen a hátszerűen kiemelkedő területen a vízhiányt csak az eső pótolja), de mára egyre nagyobb területek érint (Pálfai I. 1994, Rakonczai J. 2011a) (3. ábra).



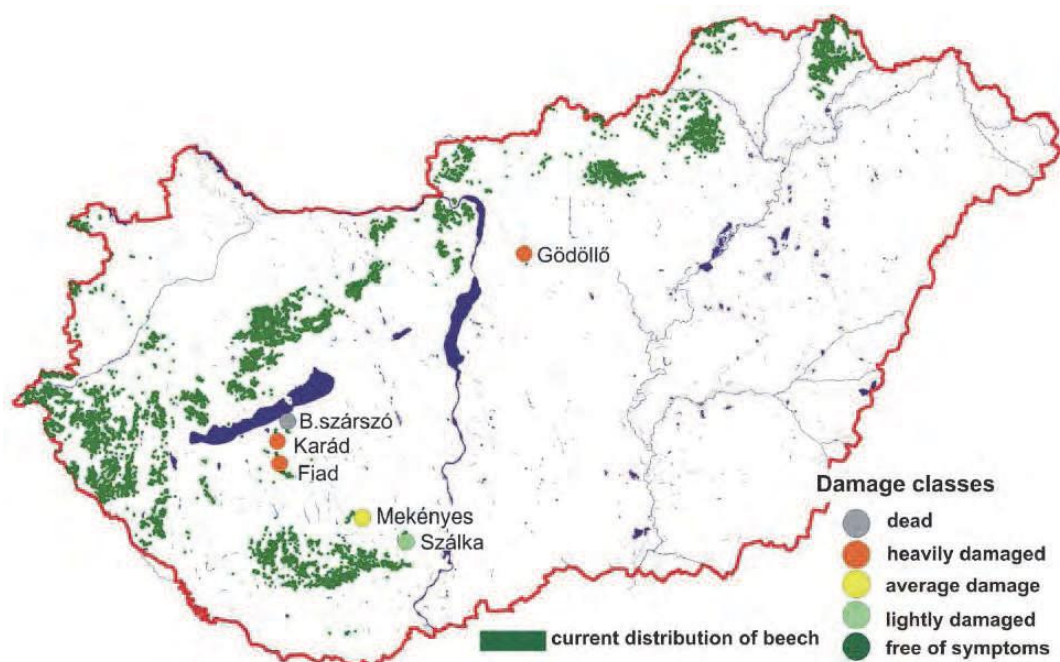
3. ábra. A talajvízszint eltérése az 1971-2000. évi átlagtól 2010 decemberében (Szalai J. 2011)

(A csapadékhiány okozta talajvízhiányt tovább fokozza, hogy a száraz mezőgazdasági területeket további talaj- és rétegvizekkel öntözik.) A talajvíz pótlásának elmaradása elsősorban nem a termőterületeket érinti, ahol a növények a csapadékra vannak utalva vízfelvétel szempontjából (ha szükséges öntözik is az ilyen mezőgazdasági területeket), hanem a mélyebben gyökerező erdős vegetációkat. Az ún. szárazsági határ egyre magasabb régiókba gyűrűzik, ahol természeteshez közeli erdőfoltok pusztulását okozza. Erre utal a montán és szubmontán bükkösök pusztulása (4. ábra), melyek 700-900 m-es tengerszint feletti

magasságban élnek. Emellett a 20. században egyértelműen kimutatták, hogy a tölgyesek visszaszorultak az általuk kedvelt régiókban és közöttük jelentős fajszerkezet csökkenés következett be (Mátyás Cs. et al. 2010).

1.2. A vízhiány és a vegetáció változása

A víz minden élőlény számára fontos tényező, tehát mennyiségének egyre drasztikusabb csökkenését, szélsőséges alakulását nem hagyhatjuk figyelmen kívül a jövőben. Érdekes olyan technikákat alkalmazni (kifejleszteni), melyek segítségével lehatárolhatjuk a klimatikus szempontból érzékeny területeket, hogy megelőzzük, vagy a lehető legkisebbre csökkentsük a káros hatásokat. Tanszékünkön (Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék) már korábban történtek olyan vizsgálatok, melyekben a biomassza produkció mennyiség és a csapadékmennyiség kölcsönhatását vizsgálták (Ladányi Zs. et al. 2009, Kovács F. 2010). Az általuk végzett vizsgálatok célpontja a Duna-Tisza köze volt, mert ezen a területen jelentkezett először legdrasztikusabban a vízhiány (mind csapadék, mind talajvíz). Az 1970-es évektől az ország több területe is csapadékhiánnyal küzdött, melyet a tölgyerdők pusztulása, illetve a talajvízszint egyetlen süllyedése miatt bekövetkező házrongálódások jeleztek (Rakonczai J. 2008).



4. ábra. A bükk erdők pusztulása csapadékhiány miatt 2005-ös felmérés alapján (Berki I. et al. 2007)

Az egyre nagyobb területeket érintő vízhiány miatt szeretném dolgozatomban (alapul véve az eddigi kutatások módszertanát) az ország területén kijelölt erdőfoltok biomassza-produkciójának meghatározásán keresztül vizsgálni, hogy kimutatható-e, és milyen hatása van az egyes területekre a csökkenő csapadékmennyiségnek? Vizsgálom azt, hogyan alakul a mintaterületek vegetációs dinamikája, az év eleji csapadékhiány következtében milyen

mértékű eltolódással kezdődik a fák aktív biomassza termelése. Külön elemzésre kerül, hogyan alakul az erdők biomasszája extrém vízellátottságú években és hogyan módosítja a talajtípus a csapadékmennyiségek hatását a biomasszára az egyes területeken. A vizsgálatok eredményei lehetővé tehetik, hogy lehatároljuk az érzékeny mintaterületeket, melyek arra engednek következtetni, hogy hol lehet leginkább szárazodás miatt bekövetkező erdőpusztulásokra számítani.

2. Alkalmazott módszerek és adatelőkészítés

Mivel kutatásaim alapját a korábban említett tanszéki munkák segítették, illetve segítik, ezért az ott alkalmazott módszert használom. Ez alkalmasnak bizonyult az egyes területeken történt változások kimutatására, hiszen az éghajlat átalakulása, illetve ennek hatásai leginkább a biomassa mennyiségével jellemezhetőek. Természetesen az egyes területek helyi specifikumait figyelembe véve kell folytatni az elemzéseket. Számos környezeti hatás van, melyek az egyik mintaterület esetében elengedhetetlenek, a másik szempontjából pedig irreleváns. A vizsgálatok alapját erdőterületek jelentik, melyek biomassa produkcióját MODIS műholdképek vegetációs indexei alapján elemzem. A műholdképek segítségével történő elemzések előnye a nagy időfelbontás, de figyelembe kell venni az esetleges adathibákat, a sok környezeti tényezőt, melyek közül az általam legjelentősebbnek ítélteteket vettem figyelembe, valamint a műholdképek korlátait. Ezek közül a legjelentősebb, hogy csak a zöld biomassa produkciójának mennyiségét (fák lombkoronája által termelt biomasszát) tudom vizsgálni ezzel a módszerrel, a többi biomasszát (pl.: a fa évgyűrűit) nem.

2.1. A módszer leírása

A térinformatikai programok fejlődése, a műholdképek ingyenes és gyors elérhetősége lehetővé teszi, hogy az egyes területeket ezek alapján vizsgáljuk és hasonlítsuk össze. Vizsgálatainkhoz számtalan műholdkép áll rendelkezésünkre, melyek kiválasztásánál több szempontot figyelembe kell venni. Az első, hogy könnyen elérhető (ingyenes) adatok legyenek (bár ennek hátrányait is figyelembe kell venni), a másik a jó geometriai-, valamint a nagy időfelbontás, mely a hosszú távú változások megfigyelését teszi lehetővé.

A kiválasztott területek vizsgálatánál a Terra műhold MODIS szenzorának műholdképeit vettem alapul, melyek NDVI és EVI vegetációs indexek információit tartalmazzák és 2000. február 24-től rendelkezésre állnak. Ezek az indexek teszik lehetővé a biomassa produkciók vizsgálatát. A MOD13Q1 (Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250 m) adatok geometriai felbontása (250 m), és időfelbontása (16 napos) a legmegfelelőbb, kellő pontosságú a megfigyelésekhez. A 250 m-es felbontás lehetővé teszi az erdőfoltok részletesebb vizsgálatát, a 16 naponként készült felvételek segítségével a folyamatos változást írhatjuk le¹. A nettó biomassa mennyiségét általában az NDVI-vel határozzák meg, mely a

¹ (<https://lpdaac.usgs.gov/content/view/full/6652> 2012.01.25.)

normalizált vegetációs index. Kiszámítása a közeli infravörös (NIR) és a látható fény vörös tartományának (R) értékéből történik:

$$NDVI = \left[\frac{NIR - R}{NIR + R} \right]$$

Ennek a számítási módnak az alapját a növények elnyelő és visszaverő képessége jelenti. A zöld levelekben található klorofill anyag a látható vörös fényt elnyeli és felhasználja a fotoszintézis során, míg a közeli infravörös sugárzást (0,7-1,1 μm) a levelek visszaverik. Ez a tulajdonság teszi lehetővé, hogy a -1 és +1 között kapott értékből meg tudjuk állapítani a vegetáció állapotát. Ha -1-es érték jellemzi a területet, akkor kopár sziklafelszín, vagy vízfelületet jelent, ha +1-et mutat, akkor dús növényzet borítja a felszínt.

A másik fontos vegetációs index az EVI, mely az előző továbbfejlesztett változata. Itt már megjelenik a látható fény kék sávja, ami különböző hibák (pl.: atmoszféra vagy talajtípusokból származó hibák) csökkentését teszi lehetővé. Kiszámítása:

$$EVI = 2,5 * \frac{(NIR - R)}{(L + NIR + C_1 R - C_2 B)}$$

ahol NIR a közeli infravörös, R a vörös, B a kék tartomány értékét jelenti. Az L egy korrekciós érték, a C_1 és C_2 súlyozó tényezők, melyek azt mutatják meg, hogy a kék sávnak mekkora szerepe van a vörös sáv aeroszol korrekciójában (Liu-Huete 1995).

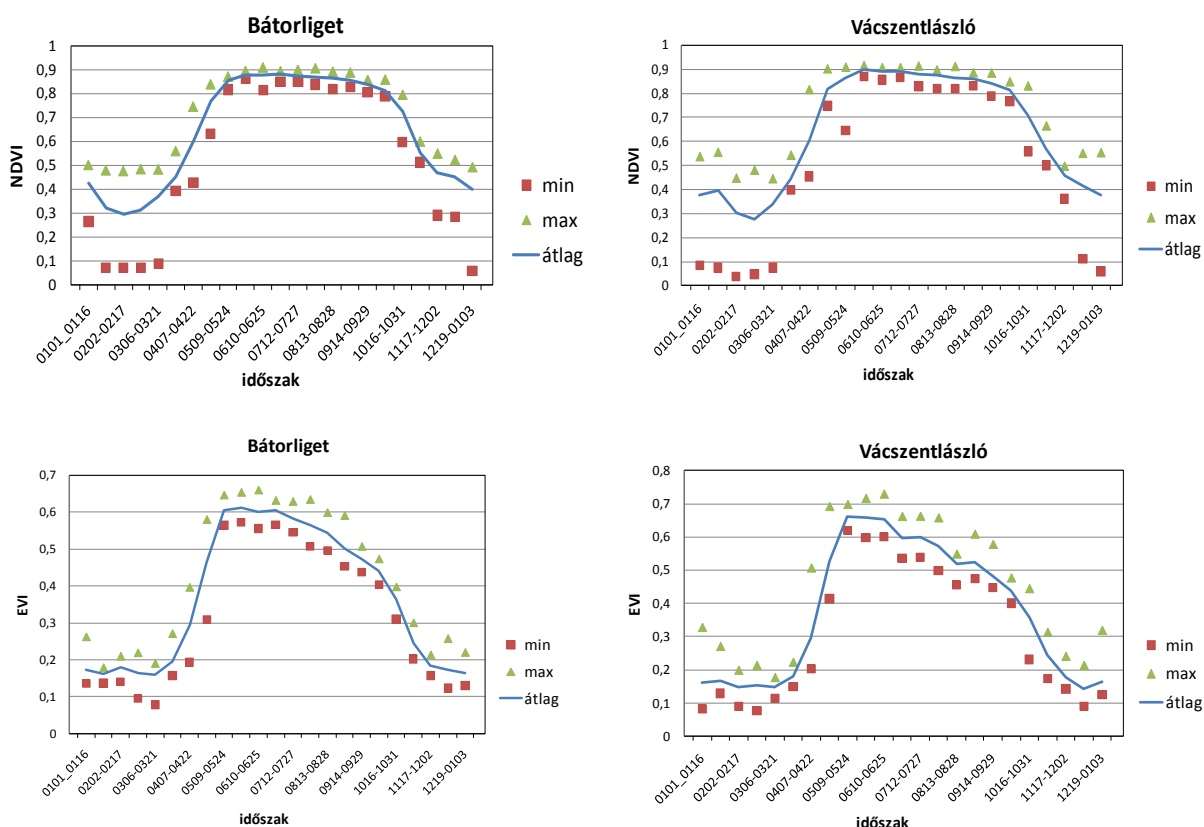
Az EVI indexnek nagy jelentősége van, hiszen az általa kiküszöbölt hibák nagymértékben befolyásolhatják a kép minőségét, és ezáltal a vizsgálatokat. A MODIS műholdképek pontosságát befolyásolja Maximum Value Composit, röviden MVC technika alkalmazása, melynek köszönhetően a hibák csökkenthetőek. Ez azt jelenti, hogy a 16 nap alatt mért vegetációs index értékek maximumát veszik figyelembe (Huete et al. 2002).

2.2. Az NDVI és EVI vegetációs indexek összehasonlítása

A fentebb bemutatott két vegetációs index, az NDVI és EVI kiszámítása nagyon hasonlít egymáshoz, értékeik között mégis jelentős eltéréseket tapasztaltam. Mindkét index esetében elmondható, hogy az év eleji és végi időszakban jelentős szórást mutatnak. Ennek oka legtöbbször vagy adathiba, vagy a téli időszak gyakori felhőborítottsága miatti hibás felvételek készítése. Ezen kívül természetesen az esetleges hóborítás is akadályozza a pontos műholdkép készítését, hiszen más reflektancia értékeket mutat. Mivel ezekben az időpontokban (vagyis télen) a fák biomassza produkciója stagnál vagy csak minimális

mértékben növekszik, ezért a vizsgálatoknál érdekesebb a vegetációs időszakot figyelembe venni. Ez az áprilistól szeptember végéig tartó, a fák számára legaktívabb időszak mutatja legpontosabban a biomassza alakulását.

Az EVI index kiszámításánál mérsékelték az atmoszférikus és talajtípusból származó hibákat, mely pontosabb elemzéseket tesz lehetővé. A következő négy diagramon (5. ábra) két erdőfolt példáján láthatjuk az indexek különbségeit.



5. ábra. Az NDVI és EVI indexek különbségei egy bátorligeti és egy vácszentlászlói erdőfoltnál

Az NDVI index értékei az év eleji és év végi időszakokban nagyon nagy szórást mutatnak, a minimum és a maximum értékek távolra esnek az átlag biomassza produkció görbétől. A vegetációs időszakban (áprilistól szeptemberig) ezzel ellentétben kicsi a szórás, a három érték szinte egy vonalba esik. Láthatjuk, hogy az átlagértékek is nagyon magasak (különböző erdőterületek esetén is), a vegetációs indexek 0,8 és 0,9 körüliek. Az EVI indexnél alacsonyabb maximum értékeket tapasztalunk (0,6 és 0,7 körüli), és a vegetációs perióduson kívül eső időszakban jóval kisebb szórás mutatkozik, mint az NDVI esetében. Egy száraz homokterületen (ahol a bátorligeti erdőfolt található) a kiértékelés számára használhatóbb eredményeket tükröz a korrigált EVI index görbéje. A két különböző típusú erdőnél az EVI értékek eltérő maximumokat mutatnak, míg az NDVI-nél szinte pontosan ugyan olyan a maximális értéke mindkét esetben. Annak ellenére, hogy a

vegetációs időszakban nagyobb szórást mutatnak az EVI index értékei, a nagyobb eltérések miatt dolgozatomban mégis ezeket használtam, melyek jobb értékelést, elemzést tesznek lehetővé a kiválasztott, különböző típusú területeimen élő növények biomassa produkciójával kapcsolatban.

2.3. Adatok előkészítése

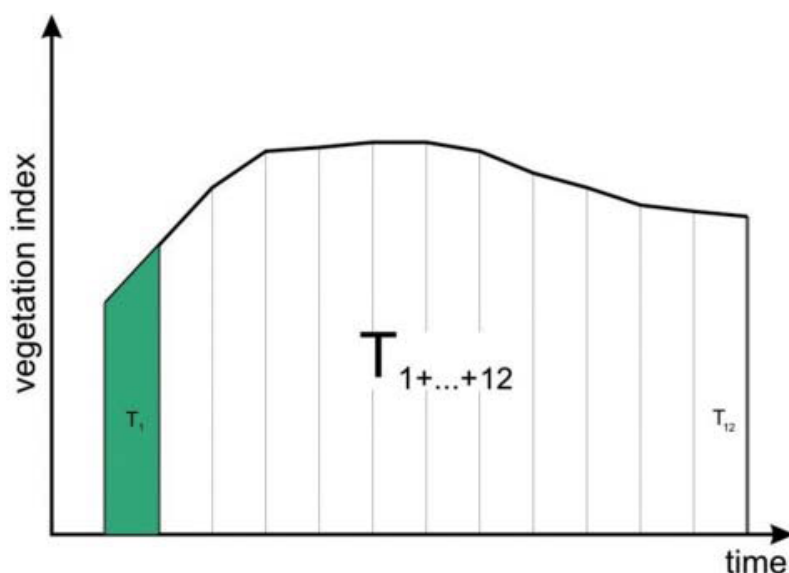
Az MVC technikával készített MODIS képeket ingyenesen töltöttem le a Land Processes Distributed Active Archive Centre (LP DAAC) honlapról. Az itt található képeket a kétirányú felszíni reflektancia értékekből számították ki, melyeket korrigáltak bizonyos atmoszférikus paraméterekkel, mint a víz, felhőborítottság, aeroszolok és felhőárnyékok (Ladányi Zs. et al. 2011). A 16 napos felbontásnak köszönhetően, évenként 23 műholdkép állt rendelkezésemre. A 2000 és 2011-es évek közötti felvételeket elemeztem, az ország egész területéről kijelölt erdőfoltok segítségével.

A műholdképek feldolgozásánál az elsődleges problémát a fájl-típusa jelentette, hiszen ezek HDF-EOS formátumban érhetők el. A könnyebb és szélesebb körű felhasználás érdekében, Geotiff-be kellett konvertálni. Ezt a kiterjesztést a geoinformatikai programok többsége kezelni tudja, melyek a további elemzések miatt szükségesek. A konvertálásban a HegTool program nyújtott segítséget. A hatalmas méretű és nagy mennyiségű adat miatt paraméterfájlokat alkalmaztam, mely meggyorsította a munkafolyamatot (Ladányi Zs. 2011). Ebben a fájlban meghatároztam az összes olyan adatot (kiválasztott sáv, kivágás koordinátái, bemeneti és kimeneti fájl neve, kiválasztott sáv, pixelméret), melyek szükségesek voltak az új állomány (.prm) létrehozásához. Egy resample.bat fájlban megadtam a korábban elkészített paraméterfájlok elérési útját. Ezt az ArcGIS segédprogramában, a Python 2.5 (IDLE) programban lefuttatva kaptam meg a .tif állományokat. A műholdképek megfelelő elemzéséhez azonban EOV-be kellett konvertálni. Itt is a nagy mennyiségű adat feldolgozását meggyorsítva alkalmaztam egy Python scriptet (Ladányi Zs. 2011). A műholdképek vizsgálatára és megjelenítésére az ArcGIS programot használtam, melynek segítségével összetettebb elemzéseket is tudok végezni. A mintaterületek mellett megjeleníthetők a csapadékmérő pontok, talajtérképek, talajok vízgazdálkodási tulajdonsága stb.

A megjelenítés szempontjából fontos EOV térképek mellett, az EVI index értékeit táblázatos formában is meg kellett jeleníteni. (Ennek köszönhetően lehet részletes mintaterült-vizsgálatokat végezni). Ezt a folyamatot szintén egy Python script segítségével végeztem el, mely a Zonal Statistics as Table eszköz (ArcGIS, Spatial Analyst) segítségével .dbf formátumban szolgáltatja a számított adatokat, mely Excel programmal megnyitható. Ez a

táblázat számos értéket mutat: pl. a mintaterületek pixelszámát, területét, a vegetációs index adatok minimumát, maximumát, átlagos értékét.

A vegetációs időszak, illetve az egyes mintaterületek vizsgálatát nem az egyes időszakok vegetációs index értékei alapján végeztem, hanem az éves biomassza produkció segítségével (in: Rakonczai J. 2011b). Mivel az egyes erdőfoltokhoz tartozó görbék nagyon különbözőek, ezért az EVI indexek által rajzolt görbék alatti területek kiszámításával, vagyis a fák biológiailag aktív időszakában keletkező zöld biomassza mennyiségével számoltam, mely lehetővé teszi az egyes vizsgált évek összehasonlítását (Ladányi Zs. 2011). A kiszámítás alapját az adja, hogy az időpontok és a vegetációs indexek meghatároznak négy pontot, mely trapéz formál. Ennek kell a területét kiszámolni, és a görbe alatti összes ilyen területet összeadni (6. ábra).



6. ábra. Az összes biomassza produkció kiszámításának menete EVI index értékeinek felhasználásával
(forrás: Ladányi Zs. et al. 2011)

3. Mintaterületek kijelölése

A klímaváltozás egyik legszembetűnőbb és egyben legsúlyosabb jele, a csapadék mennyiségének csökkenése. A csapadékhiány a sekélyen gyökerező növényekre jelentős hatást gyakorol, mert egyetlen vízforrási lehetőségük az eső. A tartós aszály miatt történő talajvízszint csökkenést már a mélyebben gyökerező vegetációk, vagyis az erdők is megérik, máshol pedig a talajvíz hiánya miatt ilyen vízkészletek sem állnak rendelkezésükre. Mivel a tartós csapadékhiányra érzékeny területeket szeretném lehatárolni, nem a pillanatnyi csapadékhiány vagy többlet érdekel, ezért mintaterületként erdőfoltokat választottam. A kijelölésnél fontos szempont volt, hogy az ország különböző területein válasszak mintaterületeket, mert a klímaváltozás nem egységesen jelentkezik az ország területén (Rakonczi J., Kovács F. 2005). Vannak olyan régiók, melyek a kisebb mértékű csapadékcsökkenésre is érzékenyen reagálnak, és vannak, melyek jobban viselik a szárazságot.

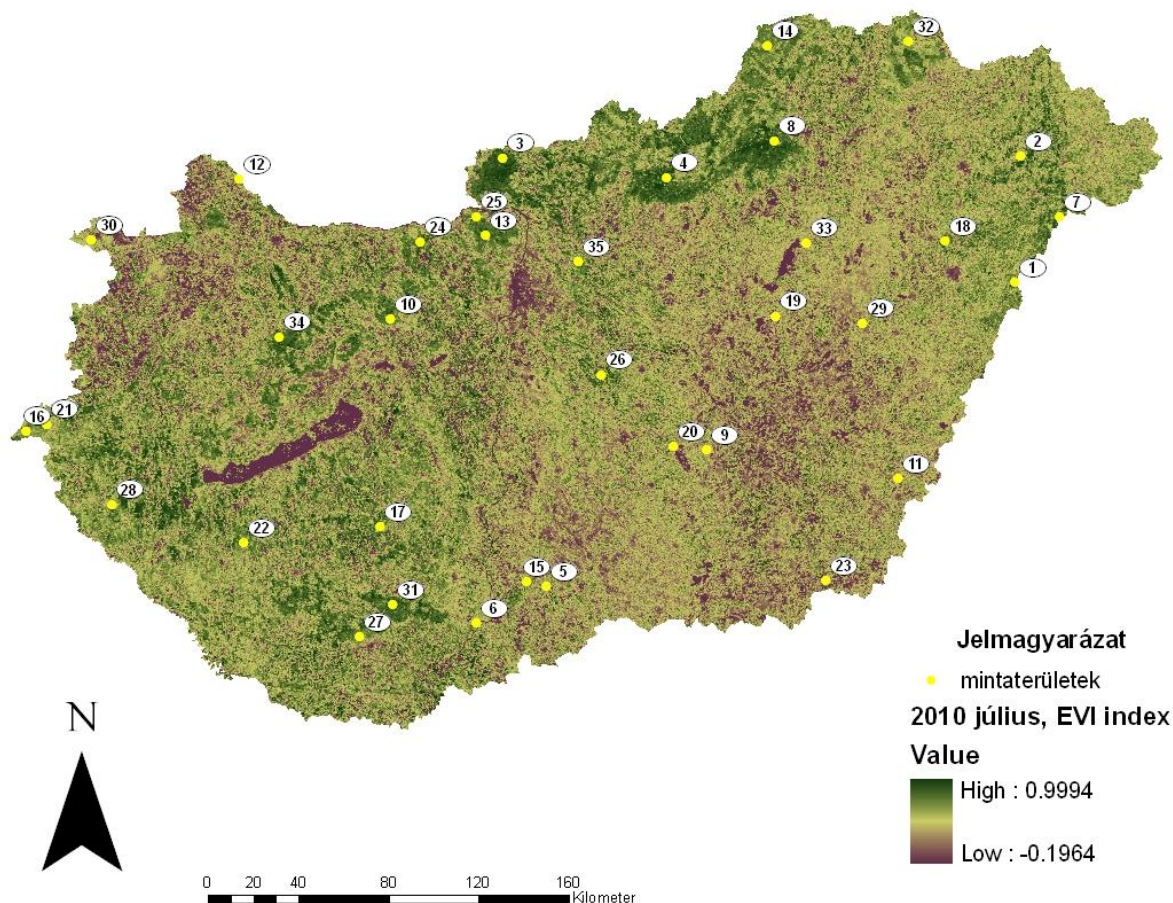
3.1. Erdőfoltok lehatárolása

Dolgozatom célja, hogy általános képet kapjak az érzékeny (és kevésbé érzékeny) területekről az ország egész területén. Ennek érdekében 35 erdőfoltot határoltam le, melyek vizsgálataim alapját képezik. Ezek kiválasztása döntő fontosságú, mert csak megfelelő mintaterületek adataiból lehet megfelelő következtetéseket levonni.

Az erdők kijelölésénél több szempontot vettem figyelembe. Először 4 régióra osztottam az országot, majd úgy végeztem el a kijelölést, hogy lehetőleg minden régióban azonos arányú területet érintsek a vizsgálatok során. A vizsgált erdőfoltok (4. ábra) régióként, a vonatkozó települések neveit feltüntetve, a következők: az Észak-Dunántúlon: Dunasziget, Sopron, Ugod, Csákberény, Nyergesújfalú, Dömös, Pilismarót; a Dél-Dunántúlon: Felsőszölnök, Magyarlak, Pördefölde, Mesztegnyő, Gyulaj, Pécs, Szászvár, Bába. Az ország K-i részét az észak-magyarországi és alföldi régióra osztottam. Előző tagjai: Bernecebaráti, Vácszentlászló, Bodony, Bükkszentkereszt, Égerszög, Telkibánya, míg utóbbi erdőfoltjai: Pusztavacs, Érsekhalma, Borota, Lakitelek, Cserkeszőlő, Kunhegyes, Tiszafüred, Püspökladány, Hajdúböszörmény, Baktalórántháza, Bátorliget, Dóboz, Mezőhegyes, Bagamér (7. ábra). A mintaterületek kiválasztásánál elsődleges szempont volt, hogy mindegyik nagyobb régióból legyen olyan erdőfoltom, mely nagyobb kiterjedésű. Egyedül az alföldi területeken jelentett problémát ilyen mintaterületeket találni, mert itt kis mozaikokban találhatunk erdőfoltokat, melyek a MODIS felvételeken alapuló vizsgálatainkat korlátozzák. Olyan területek a legalkalmasabbak, melyek elég nagyok ahhoz, hogy átlagos képet kapjunk

az adott területről. Ezeket a közel természetes foltokat kevésbé érik olyan hatások, melyek zavarnák az eredményeket, az emberi hatás elhanyagolható (pl.: nincs öntözés).

Referenciaadatok érdekében kijelölésre került 5 olyan erdőterület, melyek folyók közelében (ártéren) vannak. Ezeket a területeket nem érinti a talajvízcsökkenés, mert a víz folyamatos jelenléte biztosítja az állandó (enyhén ingadozó) vízszintet. Ezek a területek: Dunasziget, Báta, Pilismarót, Tiszafüred, Cserkeszőlő.



7. ábra. A mintaterületek elhelyezkedése Magyarországon

1-Bagamér, 2-Baktalórántháza, 3-Bernecebaráti, 4-Bodony, 5-Borota, 6-Báta, 7-Bátorliget, 8-Bükkszentkereszt, 9-Cserkeszőlő, 10-Csákberény, 11-Doboz, 12-Dunasziget, 13-Dömös, 14-Égerszög, 15-Érsekhalma, 16-Felsősözlők, 17-Gyulaj, 18-Hajdúböszörmény, 19-Kunhegyes, 20-Lakitelek, 21-Magyarlak, 22-Mesztegyő, 23-Mezőhegyes, 24-Nyergesújfalu, 25-Pilismarót, 26-Pusztavacs, 27-Pécs, 28-Pördefölde, 29-Püspökladány, 30-Sopron, 31-Szászvár, 32-Telkibánya, 33-Tiszafüred, 34-Ugod, 35-Vácszentlászló

Mivel az erdők kijelölése volt a vizsgálatok első lépése, eredmények még nem álltak rendelkezésemre, ezért igyekeztem általánosságban véve a legfontosabb környezeti tényezőket figyelembe venni (8. ábra). A növények számára (így a fának is) meghatározó tényező a talaj, mely sok más tulajdonságot is befolyásol (víznyelő, víztartó képesség). A

hazánk különböző részein kijelölt erdők közül vannak azonos talajon élők. Ez az összehasonlításban nyújthat segítséget.

A talajviszonyok mellett az ország területéről csak akkor kaphatok teljes képet, ha nemcsak horizontálisan, hanem vertikálisan, vagyis különböző tengerszint feletti magasságokban lévő mintaterületeket is vizsgálok. A domborzati tényező erőteljesen befolyásolhatja a lokális klímát, mely magyarázatul szolgálhat egy-egy erdőfolt biomassza produkciójának alakulásánál.

Az erdőket alkotó fafajok szintén jelentős hatással lehetnek a vegetációs indexre. A különböző összetételű fás vegetációk vizsgálata lehetővé teszi, hogy a befolyás mértékét megállapíthassam a mintaterületeknél.

mintaterület száma	mintaterület neve	erdőtípus	talajtípus	fafaj	csapadékmérő poi
1	Bagamér	lombhullató (kicsi vegyes folttal)	homok	akác, tölgy	40 Nyírlugos
2	Baktalórántháza	lombhullató (kevés fenyővel)	kovárányos barna erdőtalaj	tölgy	39 Nyíregyháza
3	Bernecebaráti	lombhullató	agygabemosódásos barna erdőtalaj (ABET)	bükk, tölgy	49 Romhány
4	Bodony	lombhullató	agygabemosódásos barna erdőtalaj (ABET)	bükk (gyertyán, tölgy)	12 Gyöngyös
5	Borota	lombhullató	homok	akác, nyár	2 Baja
6	Báta	lombhullató	régi öntéstalaj	nyár, kőris	2 Baja
7	Bátorliget	lombhullató	homok	tölgy	40 Nyírlugos
8	Bükkszentkereszt	lombhullató	rendzina	bükk	34 Miskolc
9	Cserkeszőlő	lombhullató	homok	akác	64 Tiszakécske
10	Csákbérny	lombhullató	rendzina	tölgy	36 Mór
11	Doboz	lombhullató	régi talaj	tölgy	5 Békéscsaba
12	Dunasziget	lombhullató	fiatal nyers öntéstalaj	nyár	37 Mosonmagyaróvár
13	Dömös	lombhullató	agygabemosódásos barna erdőtalaj (ABET)	bükk	10 Esztergom
14	Égerszög	lombhullató (kevés fenyővel)	rendzina	gyertyán, tölgy	56 Szendrőlád
15	Érsekhalma	vegyes	homok	akác (erdei fenyő)	2 Baja
16	Felsőszőlők	fenyő	pszeudoglejes barna erdőtalaj	erdei fenyő	68 Zalaegerszeg
17	Gyulaj	lombhullató	Ramann-féle barna erdőtalaj	csertölgy	16 Iregszemcse
18	Hajdúbosszörmény	lombhullató	homok	akác, nyár, tölgy	8 Debrecen
19	Kunhegyes	lombhullató	szolonyecses régi talaj	tölgy	11 Fegyvernek
20	Lakitelek	vegyes	homok	akác	64 Tiszakécske
21	Magyarlak	vegyes	pszeudoglejes barna erdőtalaj	erdei fenyő (gyertyán, tölgy)	68 Zalaegerszeg
22	Mesztegyő	vegyes	agygabemosódásos barna erdőtalaj (ABET)	gyertyán, tölgy	21 Kaposvár
23	Mezőhegyes	lombhullató	mészlepedékes csernozjom	gyertyán (tölgy)	33 Mezőhegyes
24	Nyergesújfalú	lombhullató (elhanyagolható fenyő)	rendzina	gyertyán, bükk (tölgy)	61 Tata
25	Pilismarót	lombhullató	agygabemosódásos barna erdőtalaj (ABET)	tölgy	10 Esztergom
26	Pusztavacs	vegyes	Ramann-féle barna erdőtalaj	akác (ültetett erdei fenyő, nyár)	42 Örkény
27	Pécs	lombhullató	rendzina	bükk, tölgy, gyertyán	46 Pécs
28	Pördefölde	lombhullató (elhanyagolható fenyő)	pszeudoglejes barna erdőtalaj	csertölgy, gyertyán	68 Zalaegerszeg
29	Püspökladány	lombhullató	régi szolonyec	tölgy	23 Karcag
30	Sopron	vegyes	barna erdőtalaj (savanyú, nem podzolos)	luc/erdei fenyő, csertölgy	22 Kapuvár
31	Szászvár	lombhullató	agygabemosódásos barna erdőtalaj (ABET)	bükk, tölgy, gyertyán	46 Pécs
32	Telkibánya	lombhullató (kevés fenyővel)	agygabemosódásos barna erdőtalaj (ABET)	bükk	51 Sárospatak
33	Tiszafüred	lombhullató	öntéstalaj	nyár	63 Tiszafüred
34	Ugod	lombhullató	rendzina	bükk	44 Pápa
35	Vácszentlászló	lombhullató	Ramann-féle barna erdőtalaj	tölgy	67 Vác

8. ábra. A mintaterületek adatai

4. Eredmények

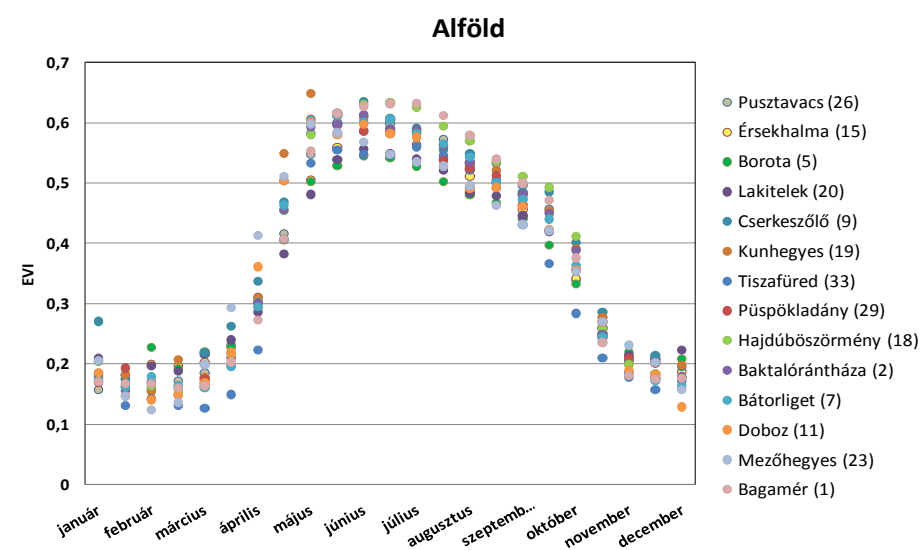
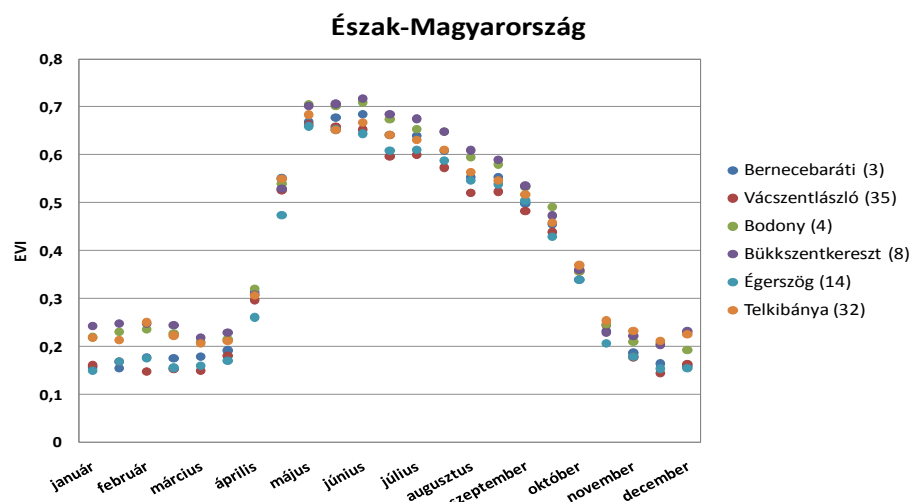
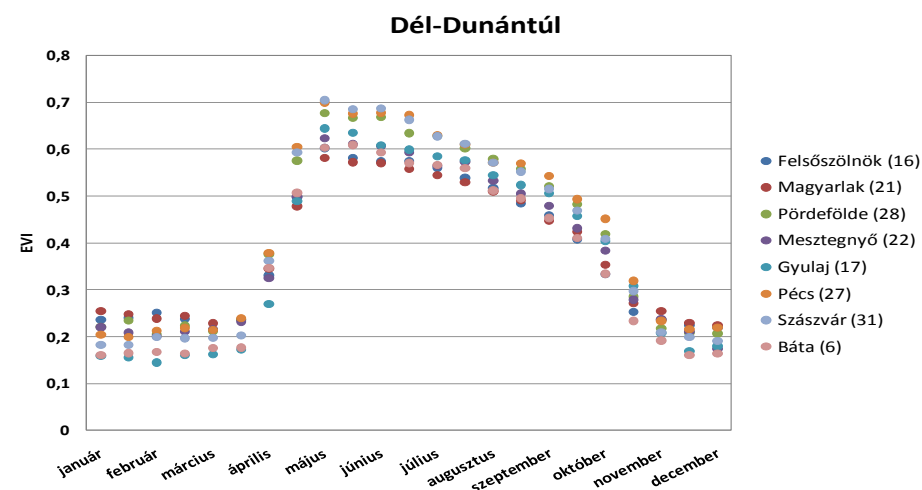
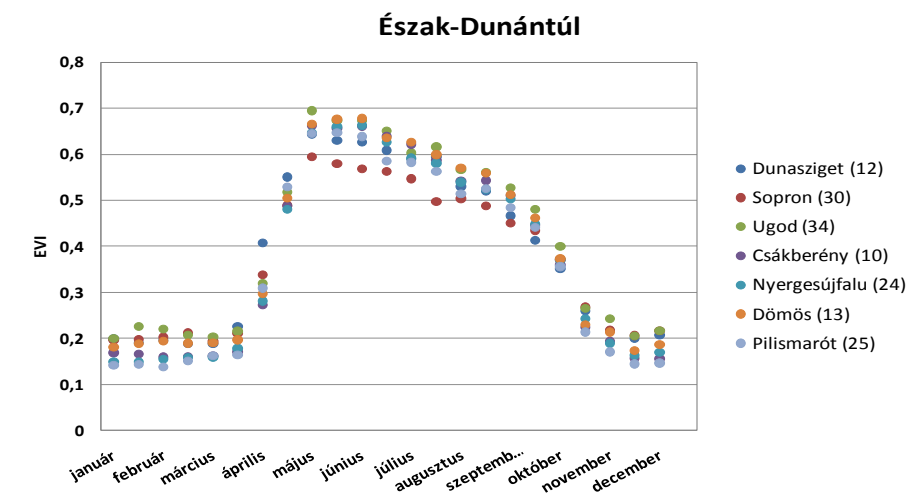
A vegetációs indexek alapján történt vizsgálatok során többféle szempontból értékeltem az adatokat. Először regionális léptékben tekintettem át az erdőfoltok vegetációs dinamikáját, majd a mintaterületek éves biomassza produkcióját vizsgáltam helyi szinten. Végül elemeztem az extrém évek hatását az egyes mintaterületekre.

4.1. Regionális áttekintés

Az adatok feldolgozását azzal kezdtem, hogy megnéztem, hogyan alakul az egyes mintaterületek biomassza produkciója regionális szinten 2000 és 2011 között. Ehhez a már említett 4 régióban lévő erdőfoltokat hasonlítottam össze.

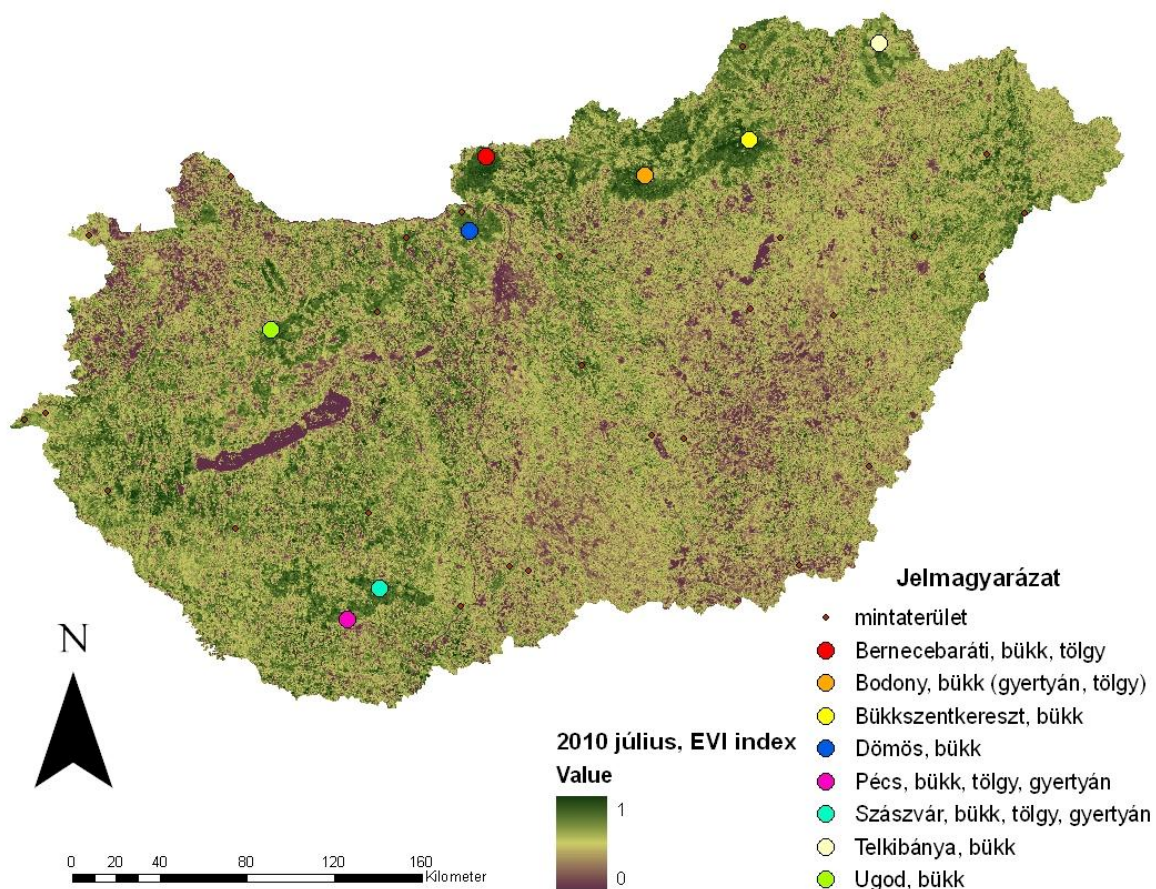
A 9. ábrán jól látható, hogy az Észak- és Dél-Dunántúlon közel azonos a vegetációs indexek értéke az egyes erdőkben, és az általuk rajzolt lefutás is hasonló. Észak-Magyarországon a mintaterületek vegetáció dinamikája igen egységes, és az EVI index értékei itt a legmagasabbak. Az alföldi erdőfoltok esetén jóval alacsonyabb értékek jellemzőek, valamint dinamikájuk sem mutat annyira hasonló képet, mint a többi régió esetében. Ennek oka egyrészt a homoktalajok rosszabb, és az ártéri erdők kötöttebb, jobb vízellátottságú talajainak kettőssége, illetve az ezekhez kapcsolódó különböző víztartó képesség és a csapadékeloszlás változatossága.

Az észak-dunántúli régiónál egy mintaterület EVI indexe jelentősen eltér a többi erdőfolttól, ezért érdemes részletesebben megvizsgálni, mi okozhatja? Mivel korábbi kutatások (Ladányi Zs. 2011) alátámasztották, hogy a fafajok típusa jelentős hatással lehet a biomassza mennyiségének alakulására, ezért megnéztem milyen fafaj alkotja a kérdéses erdős vegetációt? A Sopron közelében található mintaterületet fenyő (luc- és erdei fenyő) alkotja. A dél-dunántúli régióban is találtam ilyen területet (Magyarlak és Felsőszölnök), mert a két legalacsonyabb indexekkel rendelkező erdőt itt is erdei fenyő alkotja. Mindhárom területre jellemzőek a kedvező feltételek (az ország nyugati felének legcsapadékosabb területein találhatóak, jobb víztartó képességgel rendelkező barna erdőtalajuk van). A tűlevelű erdők biomassza produkciója más képet mutat a lombhullató erdőkhöz képest. Egész évben kisebb vegetációs index értékek jellemzik, ezáltal kisebb biomassza produkció is jellemzi őket. A lombhullató fák csak a vegetációs időszakban aktív biomassza-termelők, de ekkor (lombozatuk nagy kiterjedése miatt) jelentős mennyiségű szervesanyagot termelnek. Ezzel szemben a fenyőfélék (kivéve vörösfenyő) egész évben zöldek, de lassú levélcseré jellemzi őket, melyeknek felülete is kicsi, mely kevés szervesanyag produkciót eredményez.



9. ábra. A mintaterületek összehasonlítása régióként

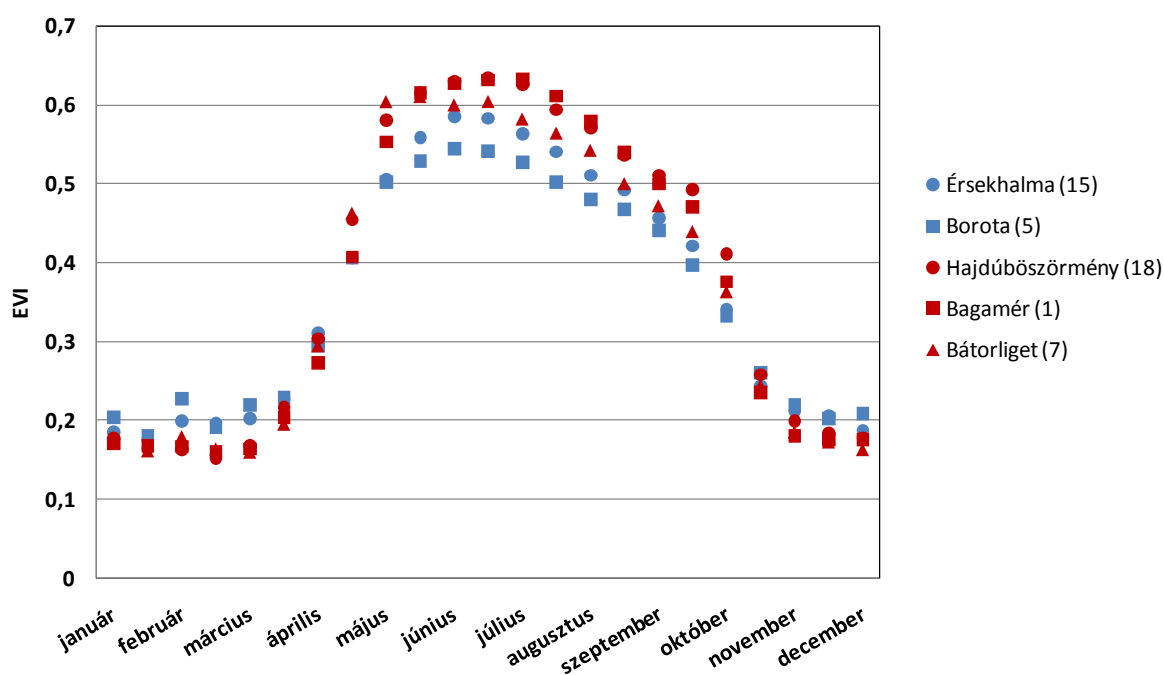
A harmadik régió (Észak-Magyarország) esetében figyelhetjük meg a legmagasabb vegetációs index értékeket. A Bükkszentkereszt közelében élő erdőfoltot bükkfák alkotják, melyek jelentős biomassza produkciót mutatnak. Bodony és a dél-dunántúli régióból Szászvár, Pécs erdőterületeit is bükkfák alkotják, esetleg valamilyen elegyfajjal (pl.: gyertyán, tölgy). A magas értékek valószínűleg több tényezőnek köszönhetők. A bükkerdők hazánk magasabb régióiban találhatók (10. ábra), melyek jobb csapadék-ellátottságúak, így itt kevésbé érződik a szárazodás. A talaj vagy jobb vízgazdálkodású barna erdőtalaj vagy sekély termőrétegű rendzina. Mivel az említett fafajok nagyobb csapadékmennyiséget és kedvező talajfeltételeket igényelnek, ezért feltételezhető, hogy a későbbi szárazodó éghajlatra ezek a montán és szubmontán bükkösök érzékenyen reagálhatnak. A 20. században már kimutattak erre utaló jeleket, a bükkösök száma visszaszorult ezekben az években (Berki I. et al. 2007). Mivel több éven keresztül szárazságról még nem beszélhetünk, ezért egyenlőre csak feltételezni lehet, hogy a hosszan tartó szárazság nagyon komoly problémákat okozhat a bükkerdőkben. Szárazodó éghajlat esetén érdemes lesz ezekre a területekre nagyobb figyelmet fordítani.



10. ábra. A vizsgált bükkerdők elhelyezkedése Magyarországon

Az Alföld mozaikosságát a 4. ábra is jól tükrözi. Itt az egységesen homoktalajú területek erdeinek biomassza produkciója sem mutat minden esetben egyezést. A Duna-Tisza közén található két mintaterület, Érsekhalma és Borota a legalacsonyabb EVI indexeket mutatja, míg a nyírségi homokterületen található Hajdúböszörmény, Bagamér és Bátorliget erdőfoltjainál a legmagasabb értékeket láthatjuk (11. ábra). Az öt említett területnél meghatározó a relatív földrajzi fekvés. A Duna-Tisza közén található két mintaterület (Érsekhalma és Borota) homokhátságon fekszik. Ez azt jelenti, hogy az itt élő növények csak a lehulló csapadékból tudnak vizet felvenni, a relatíve magas fekvés miatt nincs hozzáfolyás a területen. A másik három erdőfolt nem hátsági területen található, ezért itt a környező magasabb részekről lehet hozzáfolyás, melynek köszönhetően jobb vízellátottságú a terület. Ezt jól tükrözi a 9. ábrán látható három nyírségi homokterület, ahol magasabb EVI index értékek jelentkeznek.

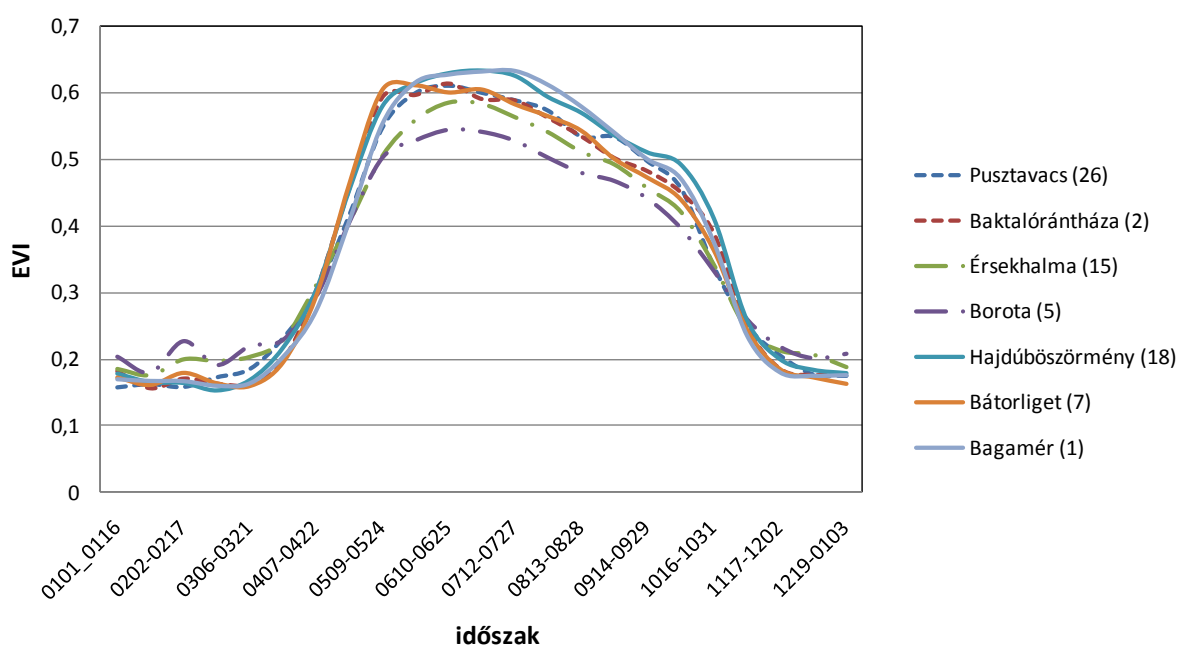
Az Érsekhalma közelében található mintaterületnél az alacsony biológiai aktivitást a kis csapadékmennyiség mellett az is okozhatja, hogy az akác mellett erdei fenyő is megtalálható. A területekre összességében azonban kis vízigényű akác jellemző, de megtalálható a nyár és a tölgy is.



11. ábra. A biomassza alakulása két különböző homokterületen 2000 és 2011 között

Ezek mellett olyan erdőfoltok találhatóak az alföldi régióban, melyek talaja réti vagy barna erdőtalaj. Itt valószínűleg a jobb vízháztartásnak köszönhetően, jellemző a magasabb index érték. Ennek ellenére itt is vannak kivételek, mint pl.: Pusztavacs és Baktalórántháza

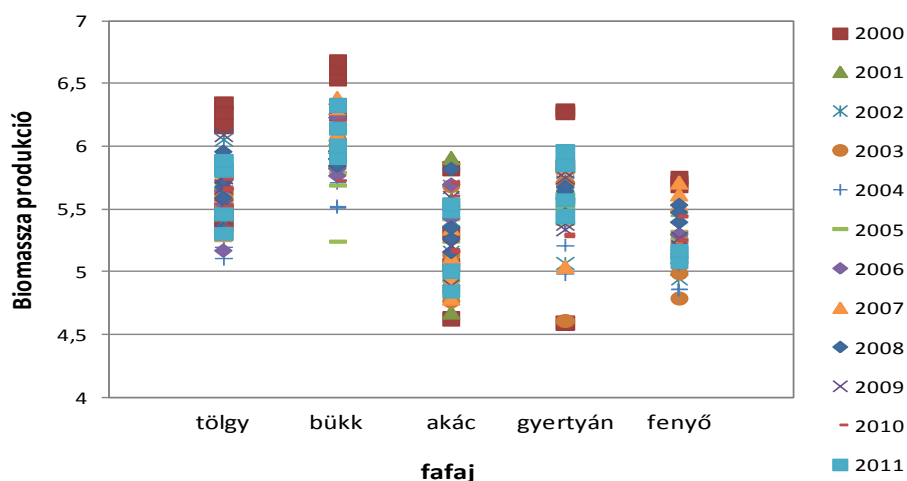
melletti mintaterületek. Előbbinél Ramann-féle barna erdőtalaj, míg a második esetben kovárványos barna erdőtalajt találunk. Ezek vízgazdálkodása/vízartó képessége jobb, mint a homokterületeknek, az ilyen talajú erdős vegetációk vegetációs indexe alföldi viszonylatban mégis csak közepes mértékű. A 12. ábrán látható 7 erdőfolt közül, a korábban említett szárazabb területen (Duna-Tisza közén) található Érsekhalma és Borota nagyon alacsony vegetációs értékei jól elkülönülnek a többitől. A kedvezőbb tulajdonságú erdőtalajon élő pusztavacsi és baktalórántházi mintaterületek index-értékeit befolyásolhatja, hogy az erdőt alkotó fafajt nemcsak lombhullatók alkotják, hanem fenyők is megjelennek. Ahogy korábban említettem, a tűlevelű fajok kevesebb biomassza produkcióra képesek. A legmagasabb EVI értékek a homoktalajon (de csapadékosabb területen és alacsonyabb relatív magasságú területen) megtelepedett hajdúböszörményi, bátorligeti és bagaméri erdőknél jelennek meg.



12. ábra. Az EVI indexek alakulása különböző talajú és fafajú mintaterületeken az alföldi régióban 2000 és 2011 között

Mivel az alföldi mintaterületeknél azt tapasztaltam, hogy nagy jelentősége lehet az erdőtípusoknak (lombhullató vagy tűlevelű), és ezen belül is a fafajoknak, elkezdtem vizsgálni, milyen képet mutat a többi mintaterület. A 13. ábrán a vizsgált erdőfoltjaim közül azok biomassza produkcióját elemeztem, melyeket döntően egy fafaj alkot: az 1. oszlop a tölgy, a 2. oszlop a bükk, a 3. oszlop az akác, a 4. oszlop a gyertyán és az 5. oszlop az erdei- vagy lucfenyő. A diagramról leolvasható, hogy vegetációs időszakban a legmagasabb biomassza produkciót a bükkfa mutatja. Néhány kiugró évtől eltekintve 5,7 és 6,4 között jellemző az összes biomassza produkciója. 2004 és 2005 években a szervesanyag mennyisége

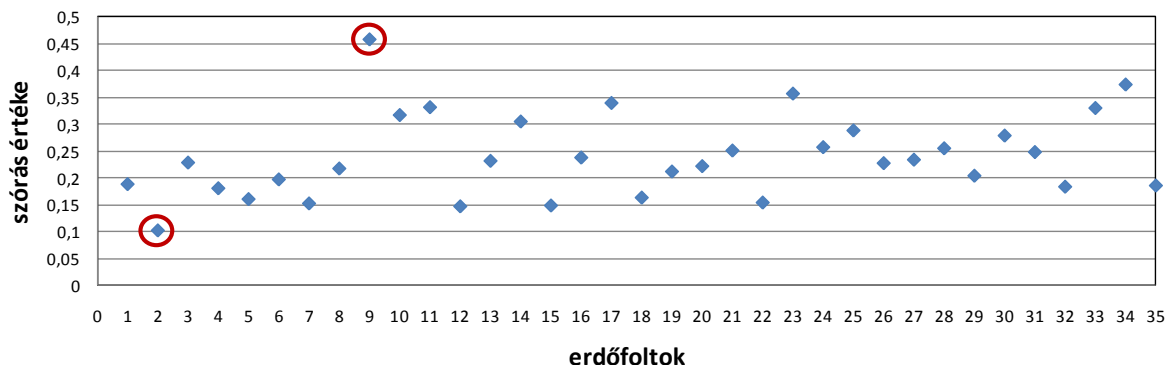
elmaradt az átlagtól, míg 2000-ben az összes olyan erdőfolt biomassa produkciója kiemelkedően magas, ahol bükkfa a domináns. Kis szórást mutatnak a tölgyerdők és a tűlevelű erdők is, és ezek szervesanyag mennyisége jóval kisebb, mint az előző fafajnál. Az erdei- és lucfenyő alkotta erdők vegetációs periódusban termelt biomassa produkciója a legkisebb, mely az ábrán is jól látható. A legjobb vízellátottságú években is 5,6 körüli értéket mutat. A tölgyekre alacsonyabb szervesanyag mennyiség jellemző, mint a bükkfákra, de így is a második legjelentősebb biomassa produkcióval rendelkezik. Igazán kiugró értékek csak 2000-ben figyelhetők meg. Az akác, mely elsősorban az alacsonyabb tengerszint feletti magasságban található területeken jellemző, nagyobb szórást mutat és kisebb biomassa mennyiséget, mint az előző fajok. Ennek egyik oka lehet, hogy Pusztavacs kivételével (mely Ramann-féle barna erdőtalaj) mindegyik erdő homoktalajon él. A homok rossz víztartó képessége és az Alföld szélsőséges vízháztartása (mely évről-évre egyre inkább jelentkezik) jelentősen befolyásolja az itt élő vegetációkat. Az utolsó, általam vizsgált fafaj, a gyertyán általában, mint elegyfaj jelenik meg az erdőkben. A kiválasztott 4 mintaterületen azonban domináns fajként tekinthető. Az ábrán látható, hogy itt találjuk a legnagyobb szórást, jelentős kiugró évek vannak. Megvizsgáltam, miért jelenhet meg a 2000-es év két, ilyen szélsőséges esetben, hiszen a legmagasabb és a legalacsonyabb biomassa produkció is ehhez az évhez kötődik. A mezőhegyesi és nyergesújfalui erdőfoltok közötti különbségeknek több oka is lehet. Az egyik, hogy Nyergesújfalunál a gyertyán mellett megjelenik a bükk, mely nagyobb mennyiségű szervesanyagot képes termelni. A másik jelentős különbség az elhelyezkedésük. Nyergesújfalu Észak-Dunántúlon, míg Mezőhegyes Dél-Alföldön, alacsony tengerszint feletti magasságon található. Természetesen a szélsőségek pontos magyarázatához részletes helyi vizsgálatok szükségesek.



13. ábra. A fafajok biomassa mennyiségének összehasonlítása 2000 és 2011 között

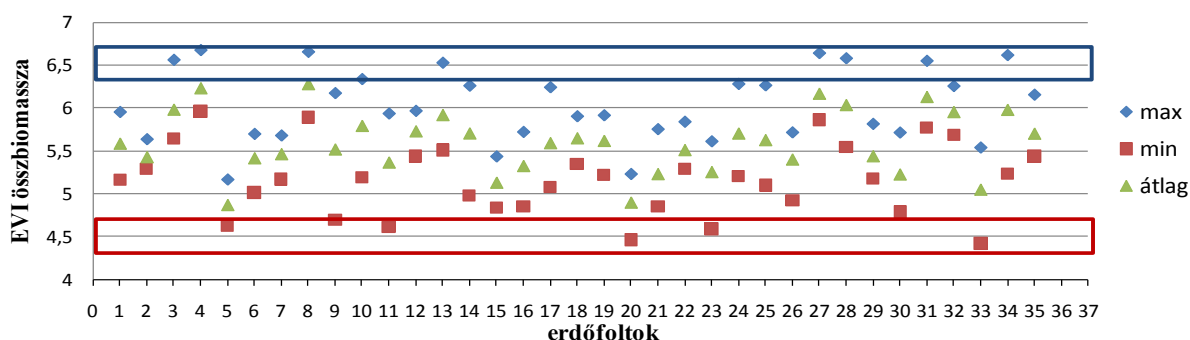
4.2. Mintaterületek biomassa produkciója és vegetációs dinamikája

A mintaterületek vizsgálata esetén az éves (vegetációs periódusban) biomassa produkció szórása általános képet adhat arról, hogy mely erdőknek van kiugróan magas vagy alacsony értéke (14. ábra).



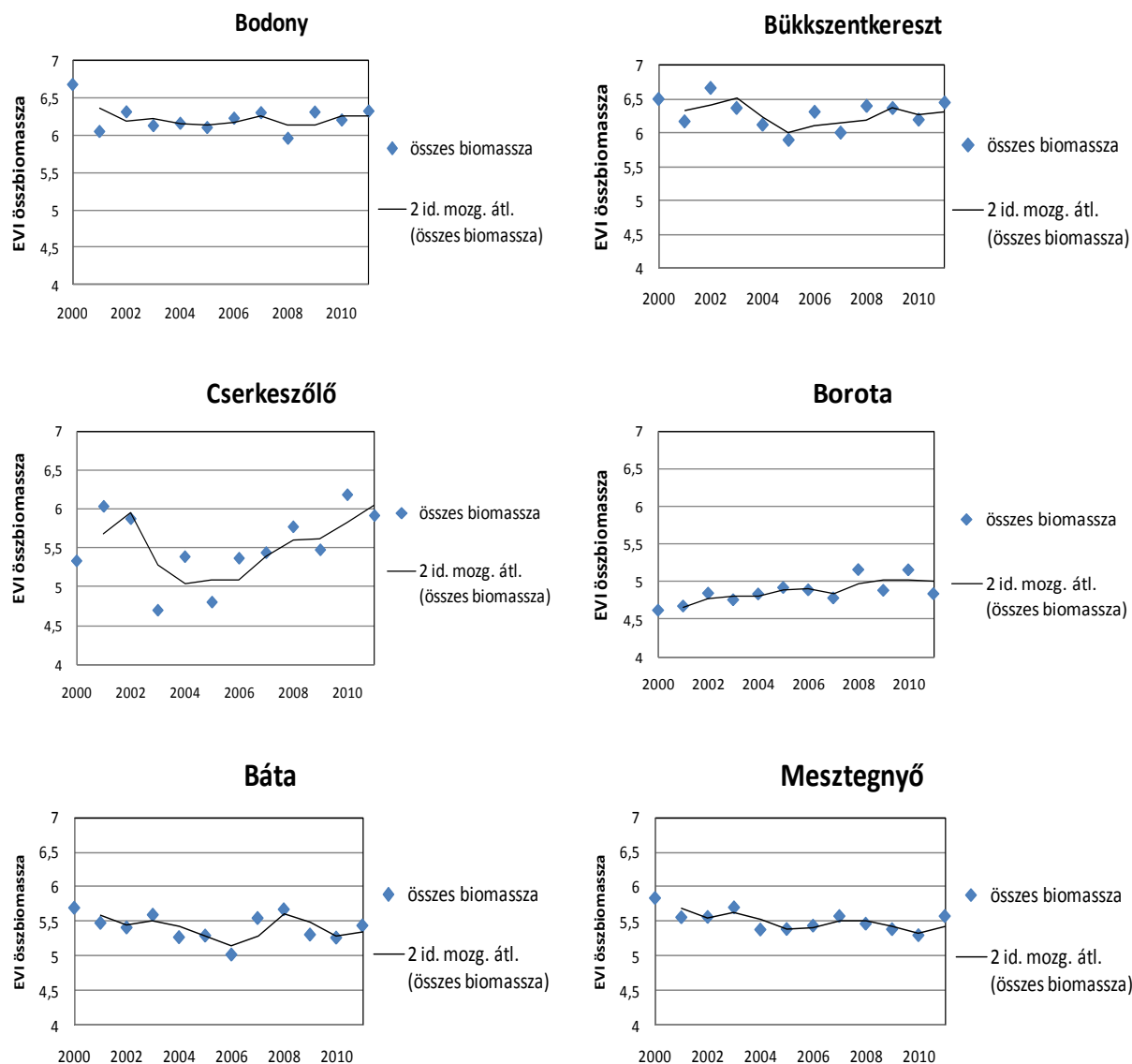
14. ábra. A mintaterületek szórásának nagysága

A szórás értéke a legtöbb vizsgált erdőfoltnál 0,15 és 0,35 közötti értéket mutat. Az ábrán pirossal jelöltem azt a két mintaterületet, melyek kiugró értékkel rendelkeznek. A 2-es erdő, mely Baktalórántháza közelében található, jóval alacsonyabb (0,1), míg a 9-es, cserkeszőlői folt kiugróan magas (0,46) értéket mutat a többi területhez viszonyítva. A szórások vizsgálata azonban nem elegendő, érdemes emellett elemezni a mintaterületek összes biomassa produkciójának átlagát, minimum és maximum értékeit. Ehhez a 15. ábra nyújt segítséget. Az ábrán kék téglalappal a legmagasabb maximum értékeket jelöltem, pirossal pedig a legalacsonyabbakat. A szélsőséges értékekhez tartozó erdőfoltok vizsgálatánál azt tapasztaltam, hogy jellemzően ugyanolyan vagy hasonló tulajdonságokkal rendelkező talajon élnek. A maximumokat mutató erdőket jó talajadottságok jellemzik, míg a legalacsonyabb értékek főleg homoktalajokhoz köthetők. Az ábráról az is leolvasható, hogy a szórás esetében kiugró értékeket mutató két mintaterület közül a baktalórántházi, nem rendelkezik kiugró biomassa mennyiséggel, de a cserkeszőlői erdőfolt minimuma éppen érinti a legalacsonyabb értékek halmazát.



15. ábra. Az egyes erdőfoltok összes biomasszájának minimum-, maximum- és átlagértékei

A 16. ábrán szeretnék néhány mintaterületet bemutatni, melyek közül az első kettő (Bodony, Bükkszentkereszt) magas összbiomassza értékeket mutat a vegetációs időszakban. Cserkeszőlő és Borota közelében élő erdőfoltok biomasszája alacsony, míg például Báta és Mesztegnyő erdőfoltjai átlagos mennyiséget mutatnak.



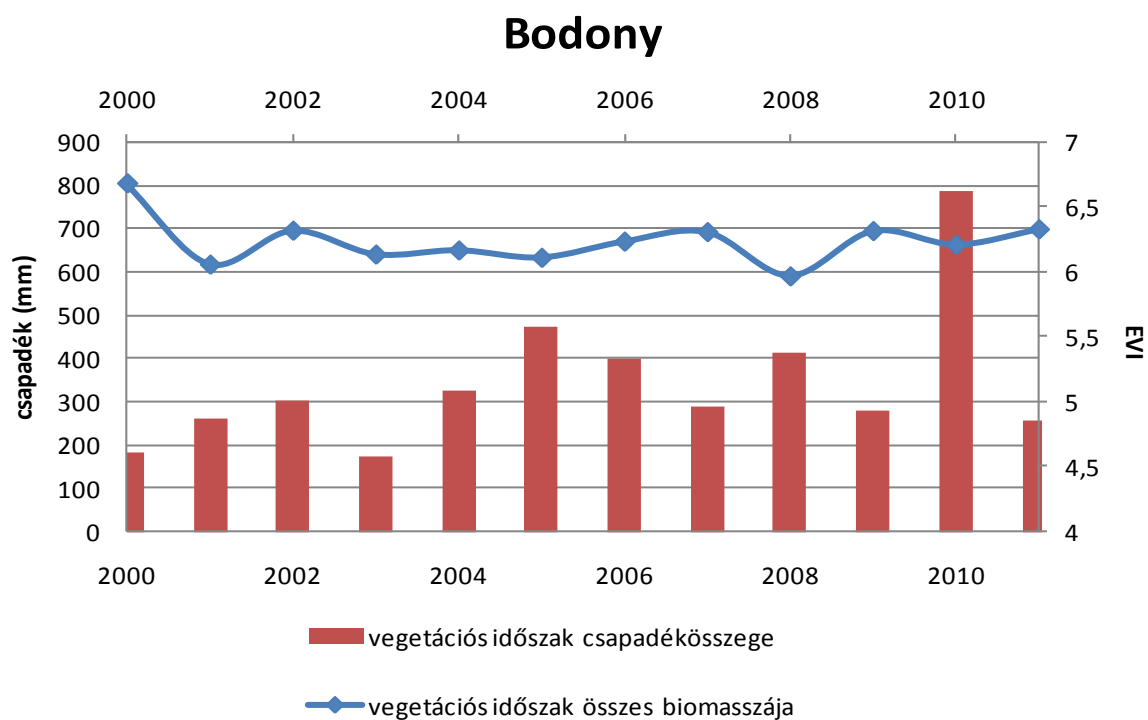
16. ábra. Az összes biomassza alakulása 2000 és 2011 között néhány erdőfolt példáján

Láthatjuk, hogy a mintaterületek nagyon változatos képet mutatnak, de az azonos kategóriába eső (átlagos, magas vagy alacsony értékek kategóriája) erdők biomassza alakulása nagy hasonlóságot mutat. Mivel két ugyanolyan erdőfolt nem létezik, részletes vizsgálatukban ki kell térni a helyi tényezőkre, melyek nagymértékben befolyásolják az erdők szervesanyag-produkcióját.

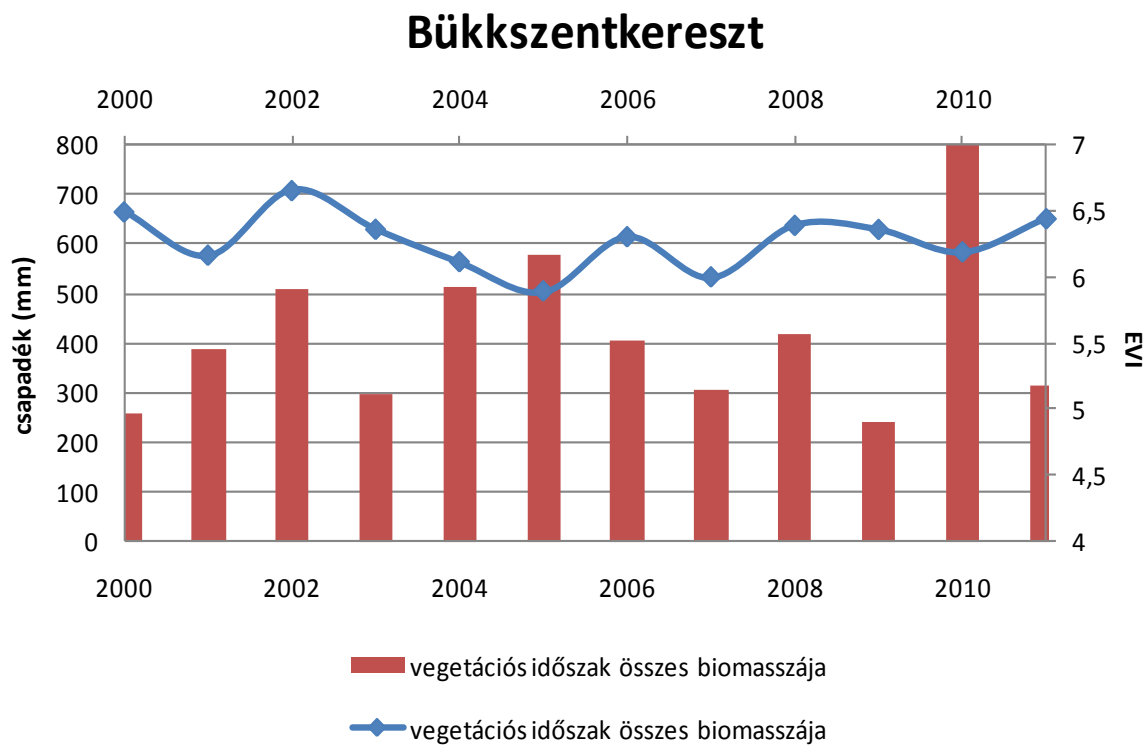
A mintaterületeken érdemes megvizsgálni a csapadék-biomassza közötti kapcsolatot, hogy általános képet kapjunk. A 17-18. diagramokon a vegetációs időszakban hullott csapadékok (az

OMSZ adatai alapján) és a szintén ebben a periódusban keletkezett összes biomassza mennyiségeket ábrázoltam. Ilyen típusú diagramokat készítettem minden olyan erdőfolt, amelyekhez kiemelkedően magas éves biomassza mennyiségek tartoznak (Bernecebaráti, Bodony, Bükk-szentkereszt, Csákberény, Dömös, Égerszög, Gyulaj, Nyergesújfalu, Pilismarót, Pécs, Pördefölde, Szászvár, Telkibánya, Ugod), hiszen ezeknél jobban vizsgálható kimutatható-e kapcsolat a csapadék és biomassza alakulása között. Mindegyik hasonló eredményt mutatott kisebb eltérésekkel, mely valószínű a különböző termőhelyi tényezőkől adódott. Mégis felmerült bennem az a gondolat, milyen kapcsolat van közöttük?

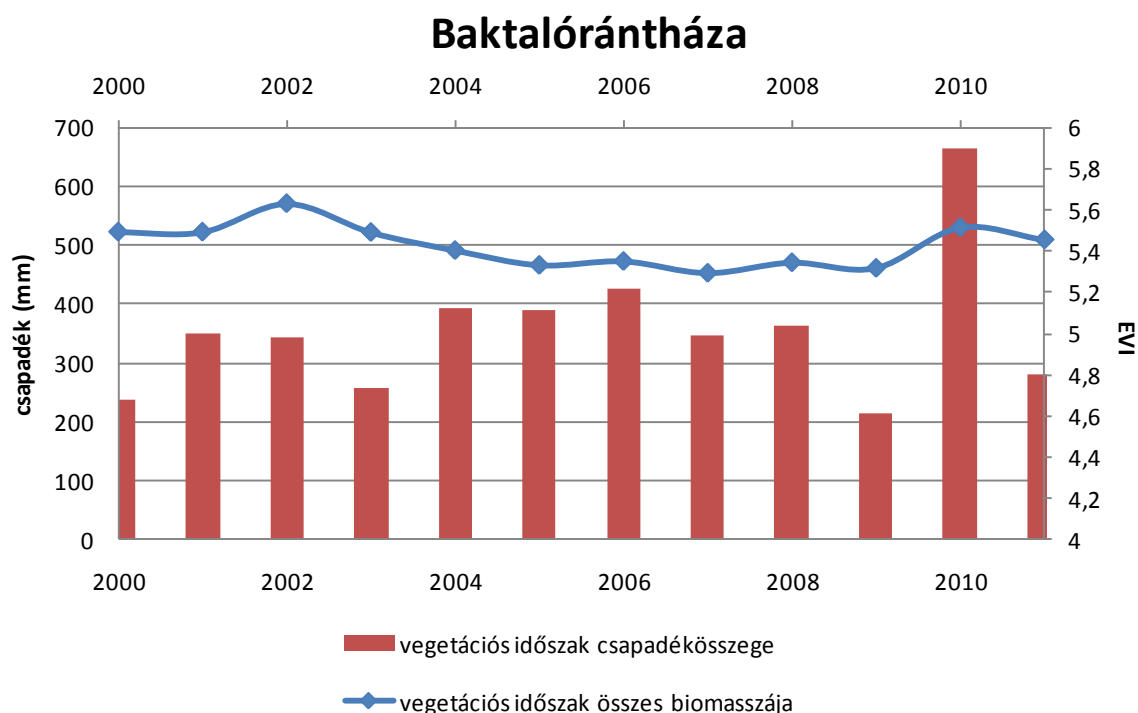
A csapadék mennyiségének alakulása nagyon különböző volt, és a biomassza mennyiségek sem mutattak összefüggést. Az erdők talajának megállapításánál viszont kapcsolatot figyeltem meg. Az összes erdőfolt, mely a 15. ábrán kék sávban található, mind valamilyen típusú barna erdőtalaj, vagy rendzina. A talaj jelentősen befolyásolhatja ezeken a területeken, hogy a vegetáció hogyan reagál egyes évek csapadékmennyiségére. A diagramok jól mutatják, hogy általában a csapadékviszonyokra a növényzet egy éves késéssel reagál. Ez azt jelentheti, hogy itt a száraz és a nedves évek hatásai a következő évben jelennek meg, mert egyrészt a talajok víztartó/raktározó képessége jó: így akár a nedves évet követő száraz évben is vizet tud biztosítani a fák számára, valamint a fák belső meghatározottságának (pl.: jobb vízraktározó képesség) is jelentős hatása lehet. A csapadékhiányos időszakban kiürült víztartalék hatása akár csapadékosabb évben is jelentkezhet biomassza csökkenéssel. Ezen kívül elmondható az összes ilyen talajon lévő erdőfolt, hogy kismértékű az ingadozás a „zöldprodukciónak” alakulásában (kivéve, ha egy erdőt valamilyen drasztikusabb hatás ért). Mindemellett a fák belső tulajdonsága, vízigénye, vízraktározása is befolyásoló tényezőként tekinthető. A baktalórántházi erdőfolt diagramja (19. ábra) egy ilyen erdőtalajon élő vegetációt mutat, ahol nem mutatkozik jelentősebb limitáló tényező a zöld biomassza-termelés szempontjából, az közel kiegyenlített, habár az valószínű fekvése, vagy fiatal kora miatt nem kiemelkedően magas.



17. ábra. A Bodony közelében található mintaterület csapadék- és biomassza viszonyai vegetációs időszakban 2000 és 2011 között

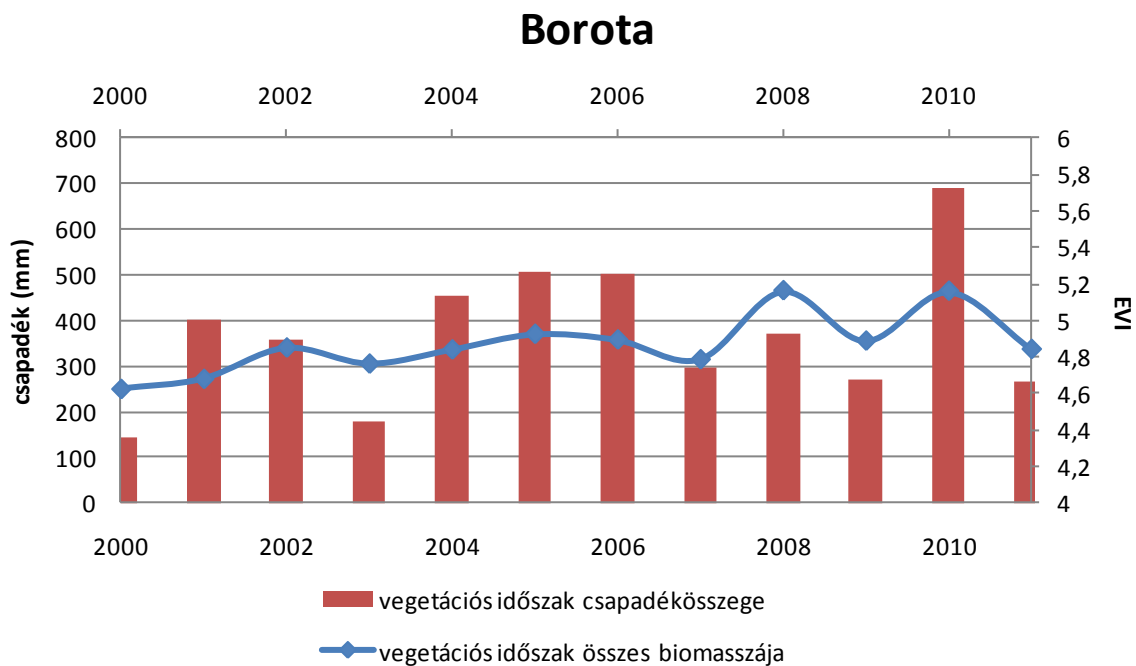


18. ábra. A Bükkszentkereszt közelében található mintaterület csapadék- és biomassza viszonyai vegetációs időszakban 2000 és 2011 között

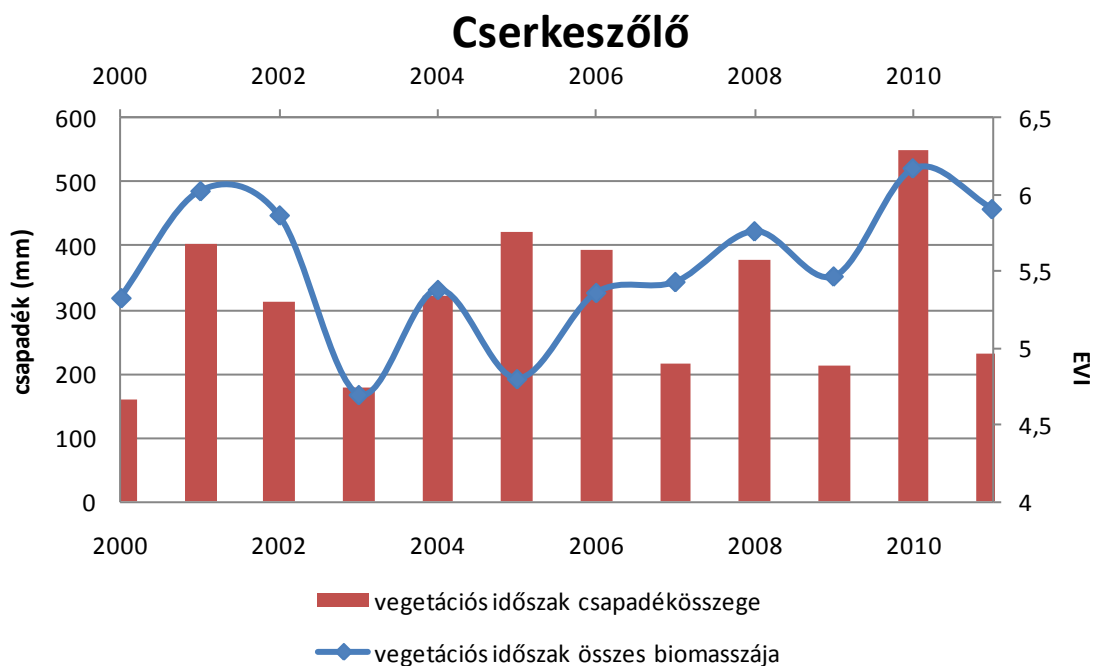


19. ábra. A Baktalórántháza közelében található mintaterület csapadék- és biomassza viszonyai vegetációs időszakban 2000 és 2011 között

A korábban említett 15. ábrán piros sávval jelöltem a kiemelkedően alacsony biomasszájú erdőfoltokat. A vizsgálatokat itt is az előzőekben leírt módon végeztem. A következő erdőterületek tartoznak ide: Borota, Cserkeszölő, Doboz, Lakitelek, Mezőhegyes, Sopron Tiszafüred. Mivel az előzőekben vizsgált erdőfoltoknál jelentős szerepe volt a talajtípusnak, ezért először ezt elemeztem. Itt azonban nem mutatkozott annyira egységes kép, mint a kiugróan magas biomasszájú területeken. Az értékelésnél több talajtípus jelent meg: homok, csernozjom, réti, illetve egy barna erdőtalaj. Ebből arra következtethetünk, hogy az alacsony biomasszájú területek sérülékenyebbek, és több tényező jelentős hatást fejthet ki rájuk. A mintaterületeket ezután külön-külön elemeztem, hogy a jelentős eltérésekre választ kapjak. Borota és Cserkeszölő esetében (20-21. ábra) tipikus homokterületekről beszélhetünk, ahol az ábrán is látható, hogy a csapadék mennyiségének hatása a talajok rossz víztartó képességének köszönhetően még adott évben (tulajdonképpen azonnal) jelentkezik az összes biomassza mennyiségében. Ez lehet az egyik ok, amiért alacsony a biomassza produkció ezen erdőfoltoknál. Másik szembetűnő ok lehet, amely az érintett mintaterületek szórásának ábrájáról olvasható le (22-23. ábra), hogy Borotánál valószínű egy fiatal vegetációról van szó, hiszen a trendvonalnak köszönhetően szépen látszódik az egyre nagyobb biomassza produkció és a folyamatosan kis szórás a területen.



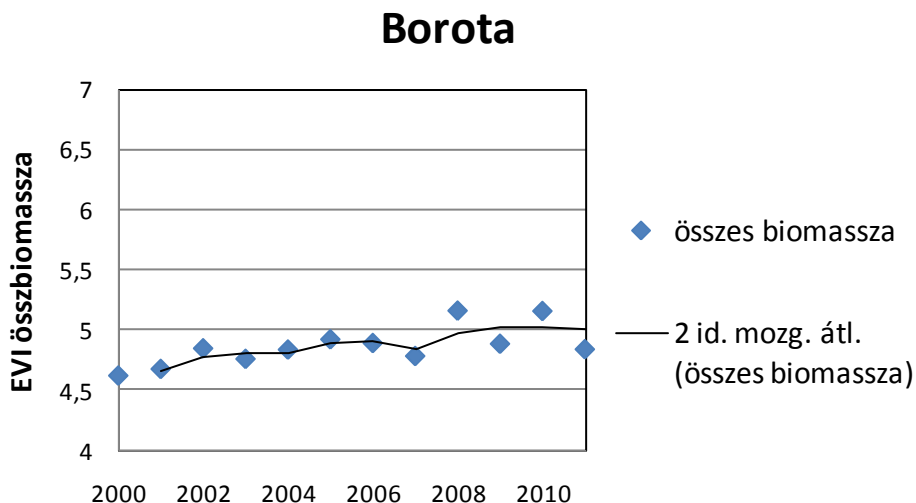
20. ábra. A vegetációs időszak csapadékának és biomasszájának kapcsolata egy Borota közelében lévő erdőfoltnál 2000 és 2011 között



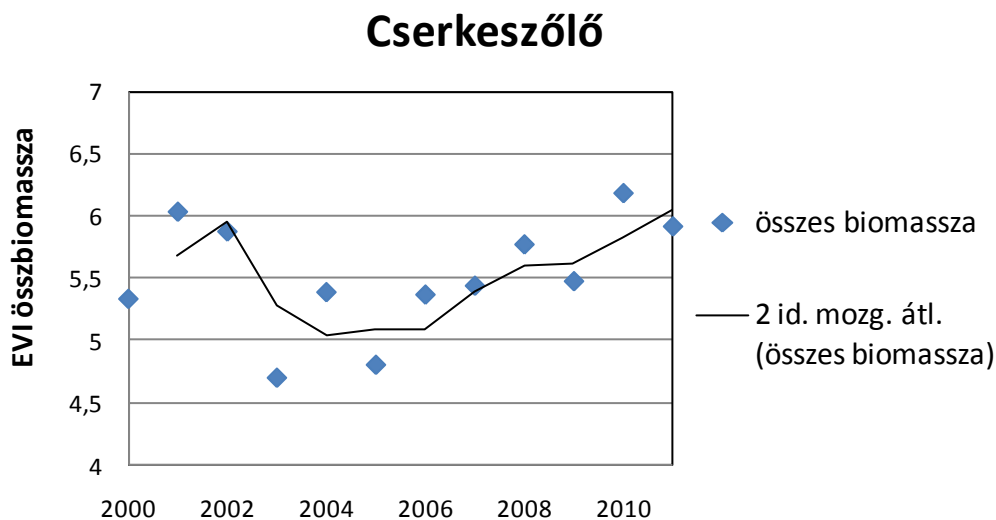
21. ábra. A vegetációs időszak csapadékának és biomasszájának kapcsolata egy Cserkeszőlő közelében lévő erdőfoltnál 2000 és 2011 között

Cserkeszőlő esetében 2002 és 2003 között egy hirtelen bekövetkező biomassza csökkenés látható, és a 2003. év nagyon alacsony csapadékmennyisége a szórásdiagramon is megjelenik. 2011 felé haladva egyre fokozatosabb növekedés figyelhető meg a biomassza

produkcióban. Itt is valószínűleg (a valamilyen okból történő fapusztulások után, pl.: fakitermelés, kártevők) egy fiatal, újra „felépülő” vegetációról beszélhetünk.



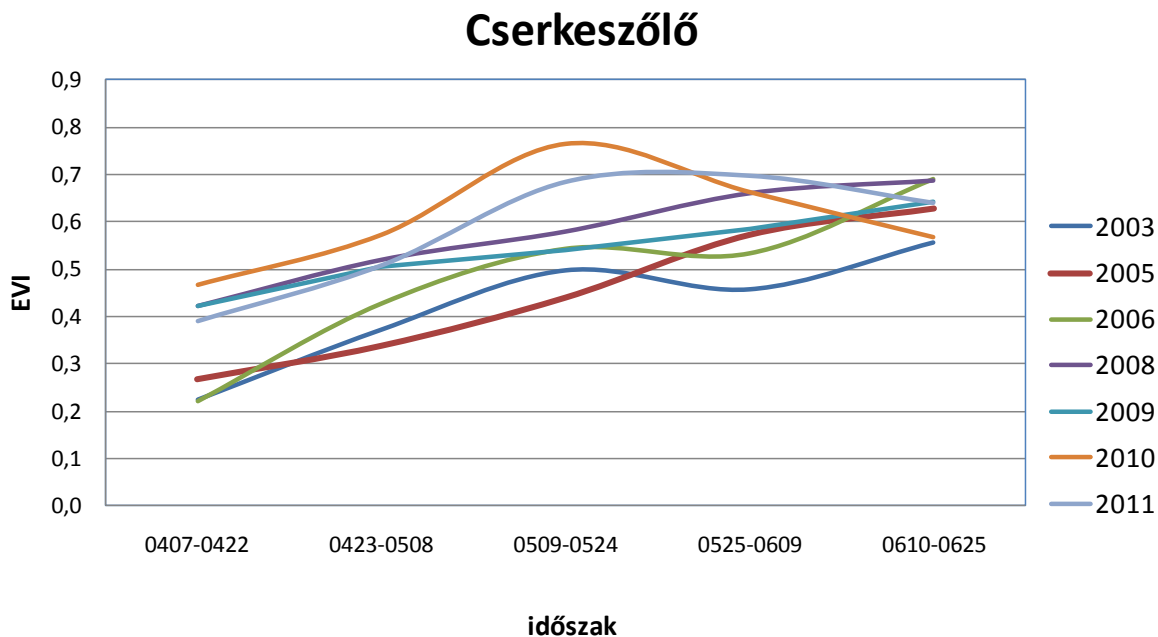
22. ábra. A Borota közeli mintaterület összes biomasszájának alakulása 2000 és 2011 között



23. ábra. A Cserkeszölő közeli mintaterület összes biomasszájának alakulása 2000 és 2011 között

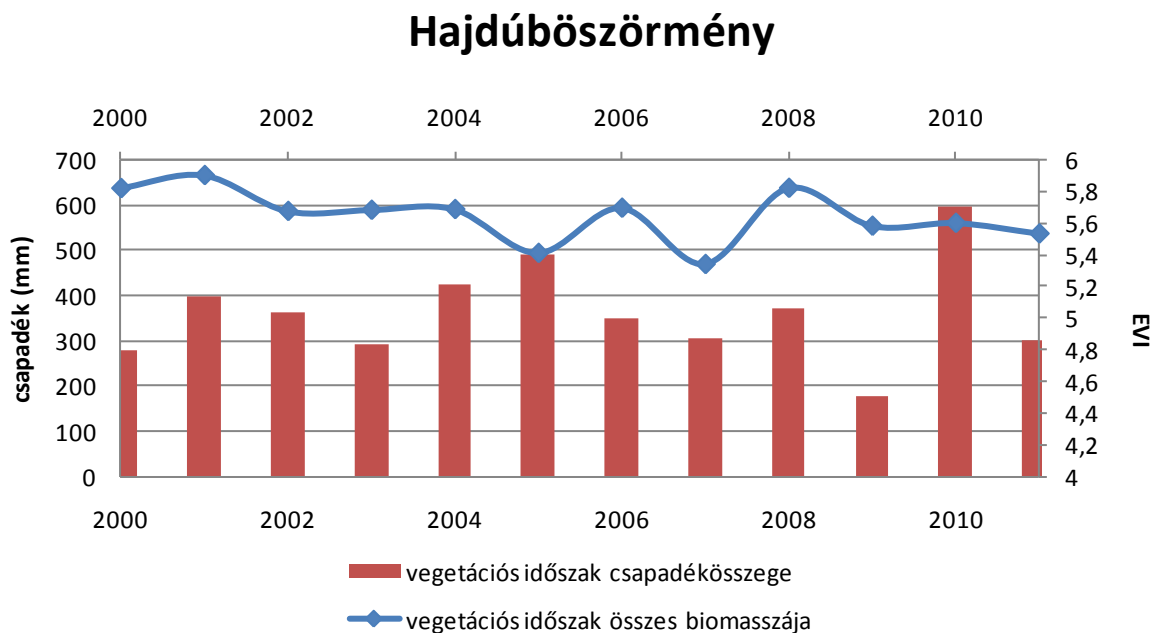
A 21. ábrán (cserkeszölői mintaterületnél) a biomassza mennyiségének görbéje követi a csapadékmennyiséget ábrázoló oszlopokat, kivéve 2005-ben, ahol a nagy csapadékmennyiség ellenére kis biomassza produkció volt. Korábbi diagramokat elemezve, több erdőfoltnál megfigyeltem, hogy általában azokban az években, mikor nagy csapadékmennyiség ellenére kevés szervesanyag keletkezik, ott jellemzően az EVI indexek által kirajzolt görbe kis meredekséget vagy eltolódást mutat. Ez azt jelenti, hogy az adott

időszakban az erdő aktív biomassza termelése elnyúlik vagy eltolódik, azaz később kezd zöld szervesanyagot termelni (később hajt ki) (24. ábra).

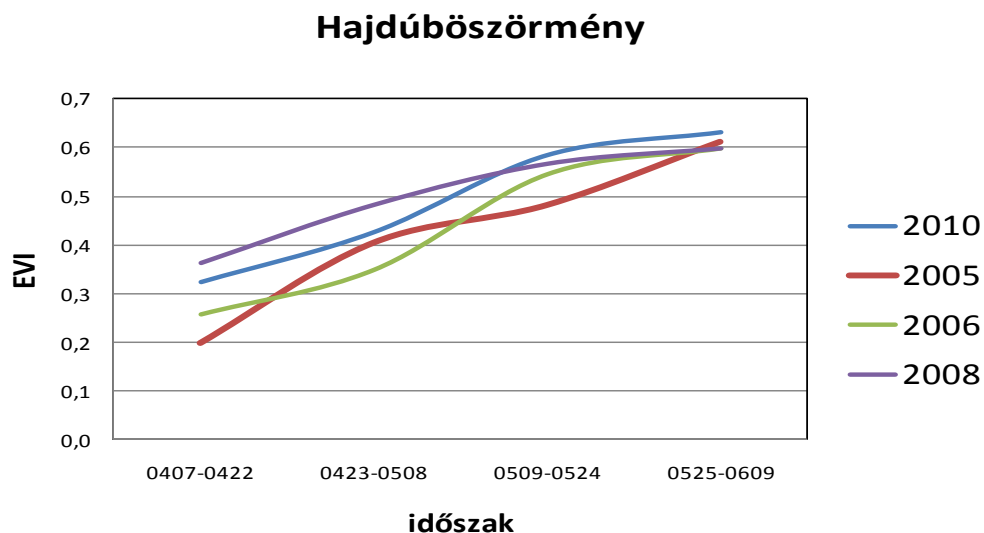


24. ábra. Az EVI indexek által megrajzolt enyhe meredekségű 2005. évi és a többi jellemző év görbéjének alakulása egy cserkeszőlői mintaterületen

A meredekség, illetve az eltolódás és a biomassza mennyiségének kapcsolata Hajdúböszörménynél is megfigyelhető (25-26. ábra).

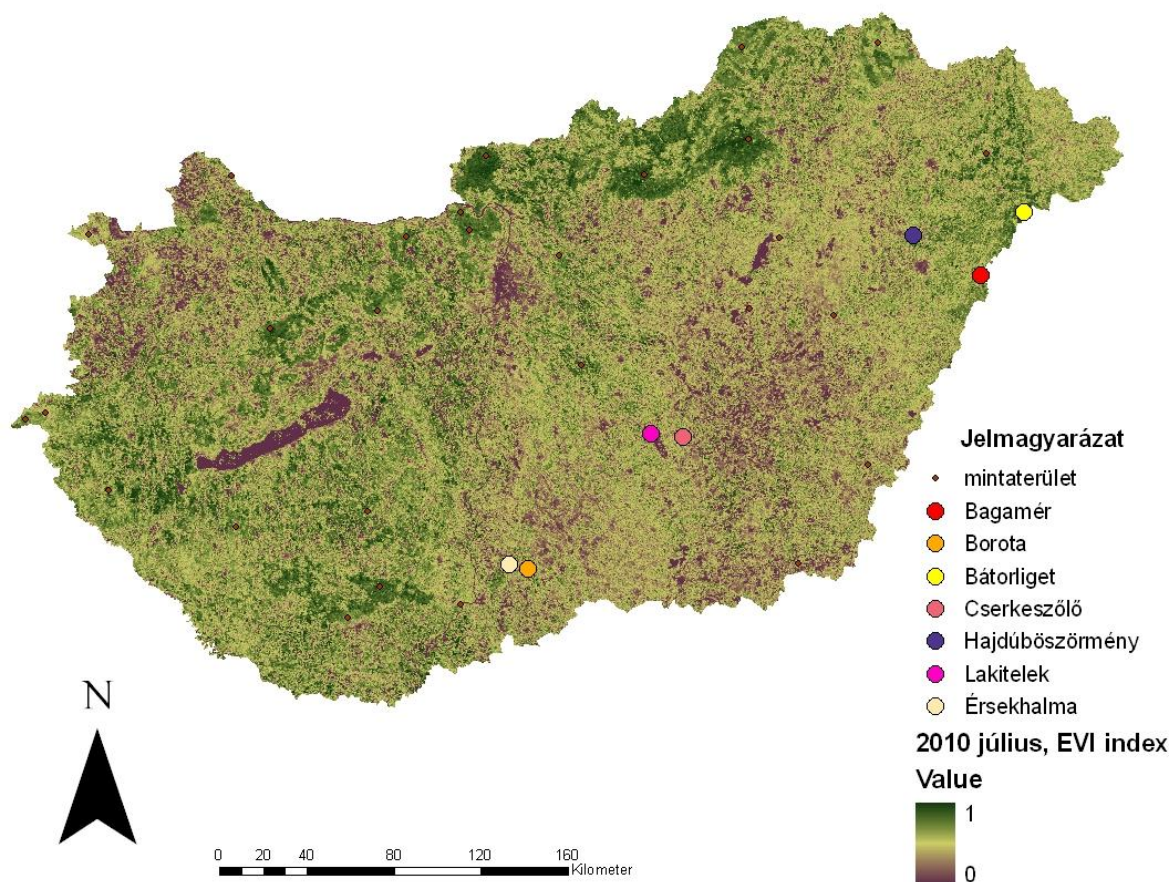


25. ábra. A vegetációs időszak csapadékának és biomasszájának kapcsolata egy Hajdúböszörmény közelében lévő erdőfoltnál 2000 és 2011 között



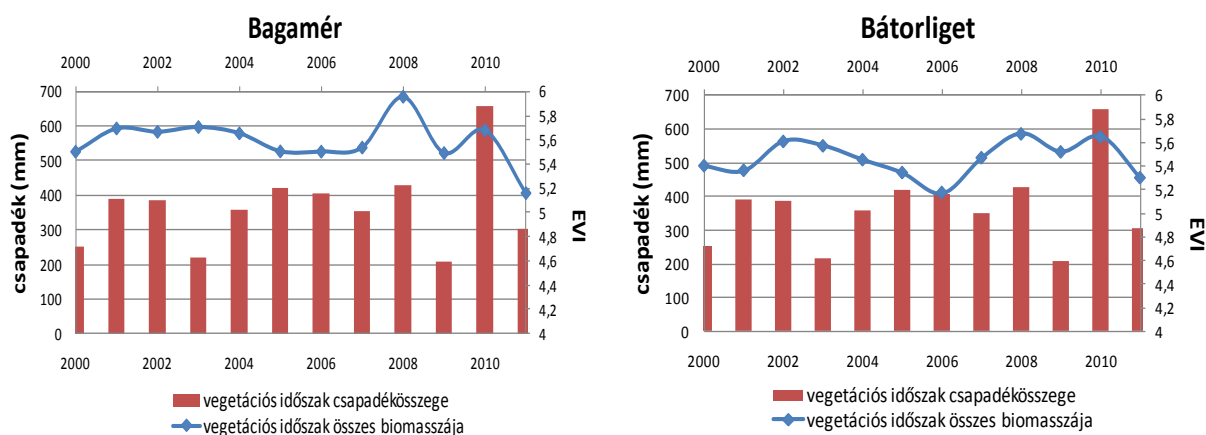
26. ábra. A 2005, 2006, 2008 és 2010-es évek vegetációs indexei által rajzolt görbéinek alakulása a vegetációs időszak elején egy hajdúböszörményi mintaterületnél

A homokterületek tehát több szempontból egységes képet mutatnak. Az egyik jellemző tulajdonságuk, hogy a csapadékmennyiség hatása szinte azonnal érződik a biomassza mennyiség alakulásában is. A másik jelentős összefüggés ezen alföldi területek (27. ábra) között, hogy mindegyik erdőfoltnál 2011-ben jelentős csökkenés figyelhető meg.



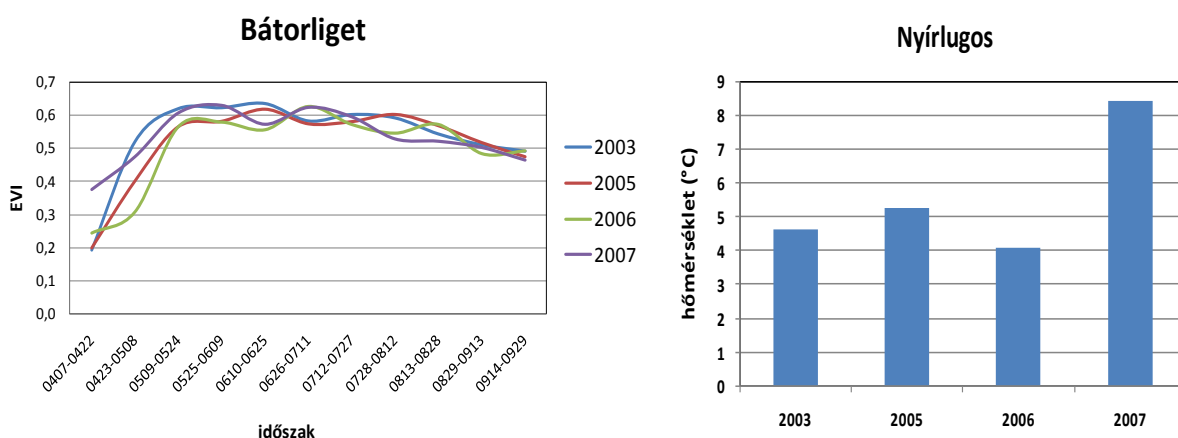
27. ábra. A homoktalajon lévő vizsgált erdőfoltok

Ezek a tulajdonságok nemcsak a drasztikusan alacsony értékeket mutató erdőknél igaz, hanem a kis szórású, átlagos éves biomassza-mennyiségű homokos területek erdős vegetációjára is. Ilyen mintaterületeket mutat a 28. ábra.



28. ábra. Az átlagos csapadékmennyiségű homokterületek biomasszájának és csapadékmennyiségének alakulása 2000 és 2011 között

Mindkét esetben a vegetációs időszakban az EVI indexek által rajzolt görbék követik a vegetációs periódus csapadékmennyiségének alakulását (vagyis azonnal reagál a növényzet a víz meglétére vagy hiányára). A bátorliget közelében található mintaterület 2006-ban mégis eltérést mutat. Ebben az évben a sok csapadék ellenére visszaesés tapasztalható a biomassza termelésben. Ennek egyik oka lehet, hogy a terület vegetációs indexe alapján az aktív biomassza termelés későbbre tolódott (29. ábra).

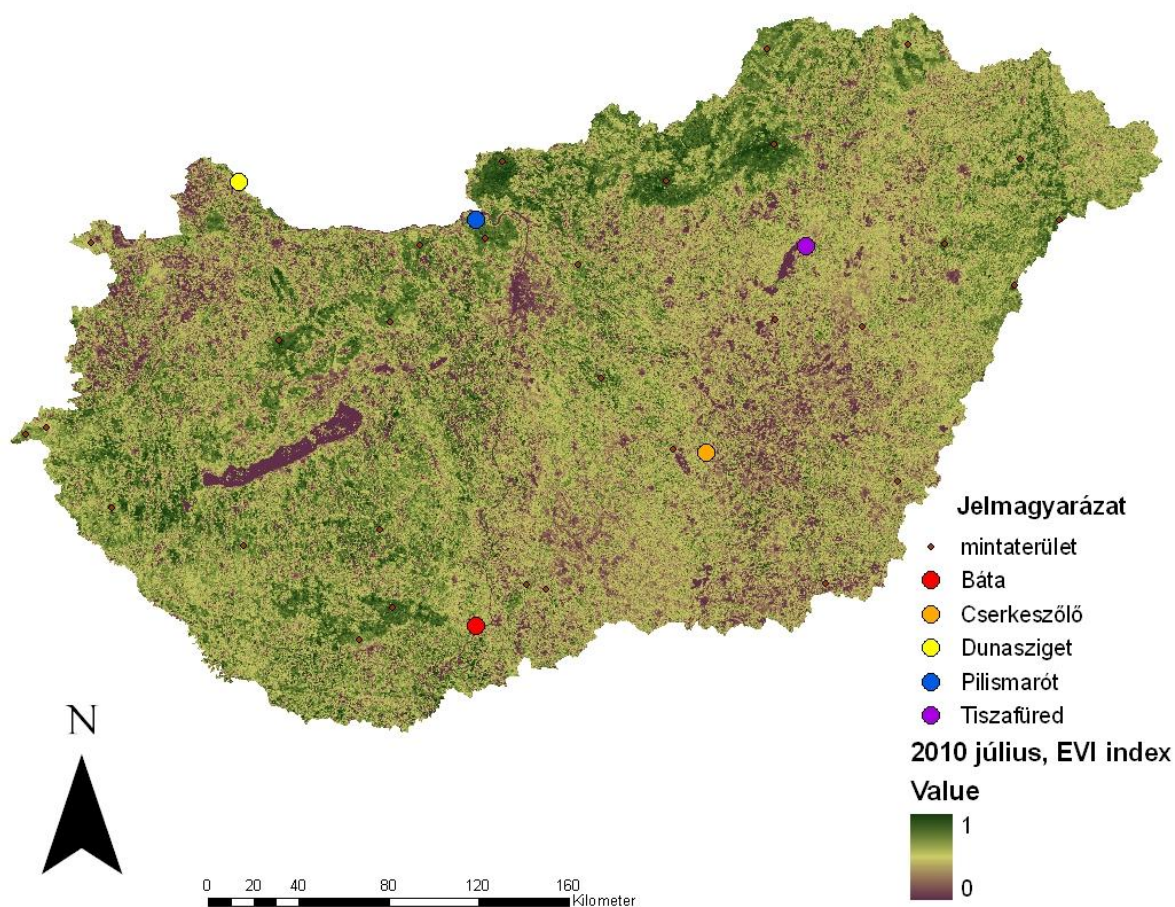


29. ábra. A Bátorliget közelében lévő mintaterület vegetációs indexének görbéje vegetációs időszakban és a Bátorliget közeli meteorológiai állomás-Nyírlugos átlaghőmérséklet-adatai 2003, 2005, 2006, 2007 első öt hónapjában

Az enyhe meredekség oka lehet, hogy a 2006-os év első öt hónapjának átlaghőmérséklete jóval alacsonyabb volt, mint a többi feltüntetett évben. A tél végi, kora

tavaszi időszak kis hőmérséklete miatt a fák később kezdtek el levelet hozni. Ezt az is befolyásolhatja, hogy ennél az erdőfoltnál tölgy a jellemző faj, mely magasabb hőmérsékletet kedvel. Így az alacsony hőmérséklet okozta negatív hatás jobban érződik, mint egy vegyes erdőfoltnál.

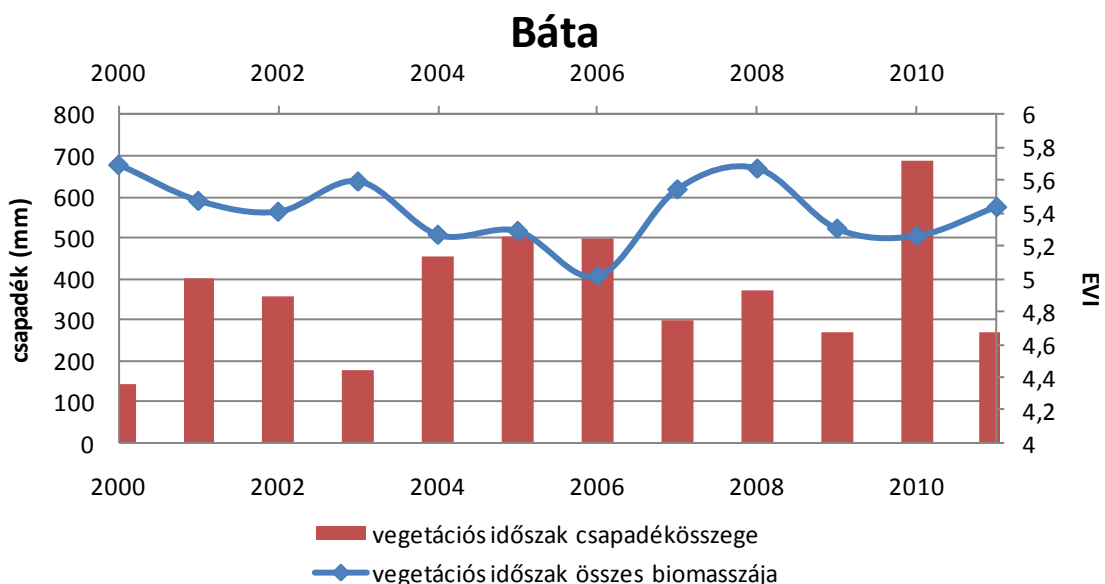
A mintaterületek kijelölésénél említettem a kontroll erdőfoltokat (30. ábra), melyek olyan, folyó menti helyeken találhatóak (öntés vagy réti talajokon), ahol a talajvíz szintje közel egyenletes, még száraz évben is, így az ott élő fák vegetációs indexeit nem kizárólag a csapadék mennyisége határozza meg.



30. ábra. A folyók mellett található, kontroll területek

A Duna közelében található területek talajvizei a kavicsos, homokos meder miatt folyamatos összeköttetésben vannak a folyóval, valamint ezen erdőfoltokat (Dunasziget, Pilismarót, Bata) hosszabb ideig történő elöntés is érheti. Ez a Tiszánál is megfigyelhető, de itt a meder anyaga főleg iszap és agyag, mely nehezebbé teszi a kapcsolatot a talajvíz és a folyó között. Emiatt egyes esetekben a talajvíz kisebb határfokkal jelentkezik a Tisza közelében lévő mintaterületeknél (Tiszafüred, Cserkeszölő), olykor szembetűnőbb a csapadékmennyiség és a vegetációs index közötti kapcsolat.

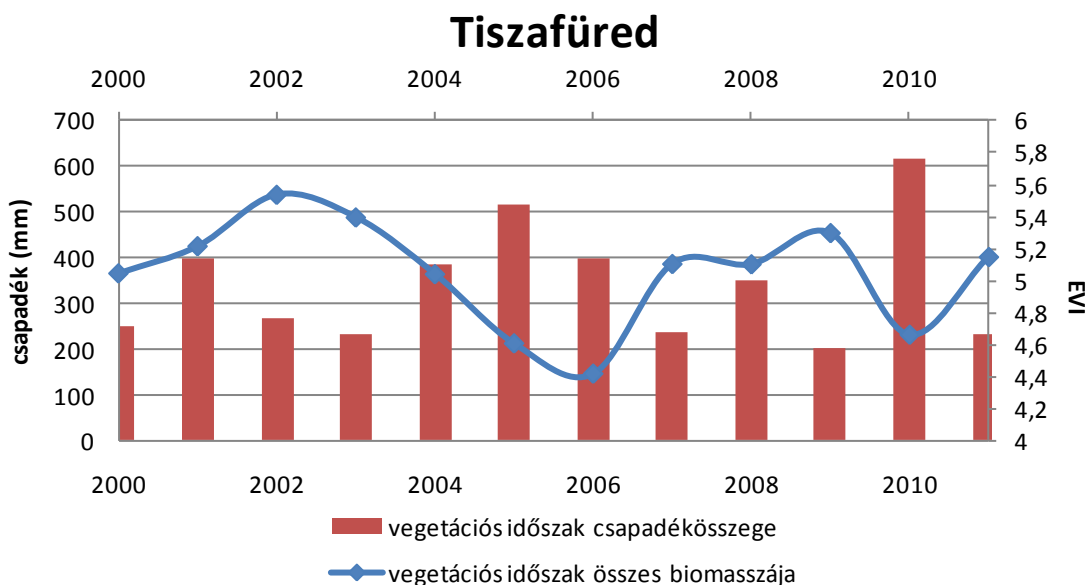
A 31. diagramon a Bába mellett elterülő erdőfoltot szeretném részletesebben bemutatni. Ez a Gemenci erdőhöz tartozó terület a Duna árterében található, melyre a folyamatosan magas talajvízszintek mellett hatással vannak az áradások is. A biomassa görbéje jól mutatja, hogy az alacsonyabb csapadékmennyiségű években sem csökken a biomassa produkció, sőt emelkedik. Ezt a fák számára mindig elérhető talajvízszint teszi lehetővé. Ez a tendencia 2000-ben, 2003-ban és a 2007-2009 közötti alacsony csapadéku években is megmutatkozik. 2006 és 2010 esetében azonban jelentős biomassa csökkenést figyelhetünk meg. Ezekben az években nagy árvizek voltak, melyek hosszabb időre elborították a mintaterületet (2006-ban tömeges állatpusztulások voltak a vízborítás miatt). Ez a túl sok víz már gátló tényezőként hatott fákra. Mivel nem vízinövényekről beszélünk, ezért csak bizonyos mennyiségig hat pozitívan, 2006-ban és 2010-ben a víz rontotta a fák életfeltételeit. Valószínűleg emiatt csökkent le a biomassa produkciójuk a vizsgált 2 évben.



31. ábra. A gemenci erdő területéhez tartozó erdőfolt vegetációs dinamikája 2000 és 2011 között

A Tisza mellett található kontrollerdők közül a Tiszafüred mellettit szeretném kiemelni, mert a diagramját látva (32. ábra), ezt a mintaterületet egyértelműen valami drasztikus hatás érte. Emiatt a vizsgált időszak elején nem lehet a klasszikus folyó melletti terület jegyeit felfedezni, mint Bátánál. A 2000-es év vegetációs időszakának átlagcsapadékát figyelve azt láthatjuk, hogy viszonylag alacsony (250 mm), és a biomassa produkció szintén nem jelentős (5,15). Ebben az esetben tehát nem mondhatjuk egyértelműen, hogy az alacsonyabb csapadékmennyiségű években is magas a biomassa produkció. Ennek oka valószínűleg a korábban említett mederanyag lehet, mely gátolhatja a jelentős kapcsolatot a folyó és a mintaterület talajvizei között. 2002 és 2006 között olyan mértékű

biomasszamennyiség-csökkenés figyelhető meg, hogy nagy valószínűséggel ebben az időszakban valamilyen drasztikus hatás érte a mintaterületet. Ez lehetett fakitermelés (esetleg ártéri terület megtisztítása miatt), vagy betegség/kártevők általi fapusztulás miatt. Ezt a helyzetet csak tovább rontotta, hogy 2006-ban a Tiszán is jelentős árvíz vonult le, mely szintén gátolta az erdő biomassza produkciójának növekedését. Ezután az év után a fiatal, illetve megmaradt erdőnek köszönhetően, emelkedés következett be a szervesanyag mennyiségében. A szárazabb 2009-es évben látható, hogy a talajvíz és folyó kapcsolat azért nem elhanyagolható a területen, hiszen a kevés csapadék ellenére növekvő biomassza produkció volt, mely ennek a hatása lehetett. A szintén jelentős árvízről nevezetes 2010-es évben a hosszú ideig tartó vízborítás miatti biomassza csökkenés ennél a mintaterületnél is megfigyelhető.



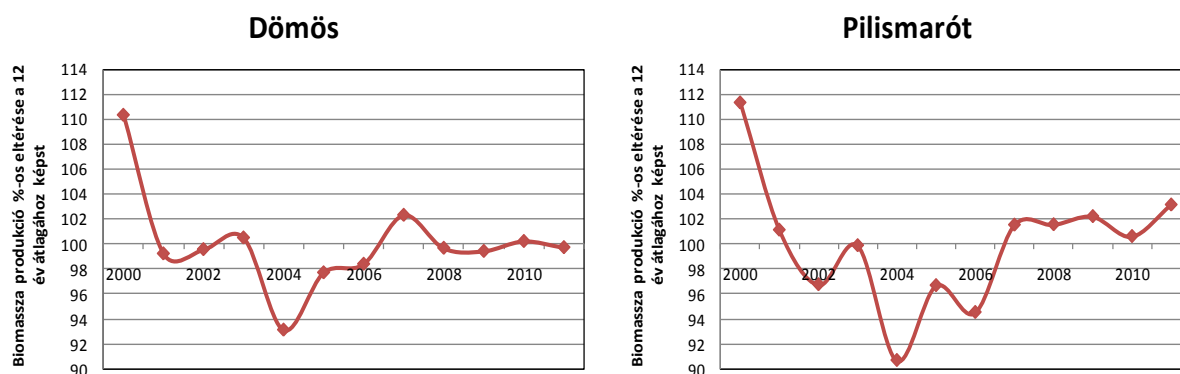
32. ábra. A Tiszafüred melletti erdőfolt vegetációs dinamikája 2000 és 2011 között

4.3. Extrém évek hatásának vizsgálata egyes mintaterületeknél

A mintaterületek biomassza produkciójának alakulását az előző alfejezetben látható vegetációs dinamikák tükrözik. Meteorológiai adatok alapján 2000 és 2011 között több extrémnek mondható év is volt. Vizsgálataim során elsősorban (mivel a szárazodásra érzékenyebb területeket szeretném feltérképezni) a kiemelkedően száraz évek hatásainak megjelenését elemeztem. Ezek az évek: 2000, 2003 és 2011. A 2010-es évet is több erdőfoltnál kiemeltem, mert ekkor pedig extra mennyiségű csapadék hullott az országban (ennek utóhatása szintén fontos lehet az elemzéseimnél).

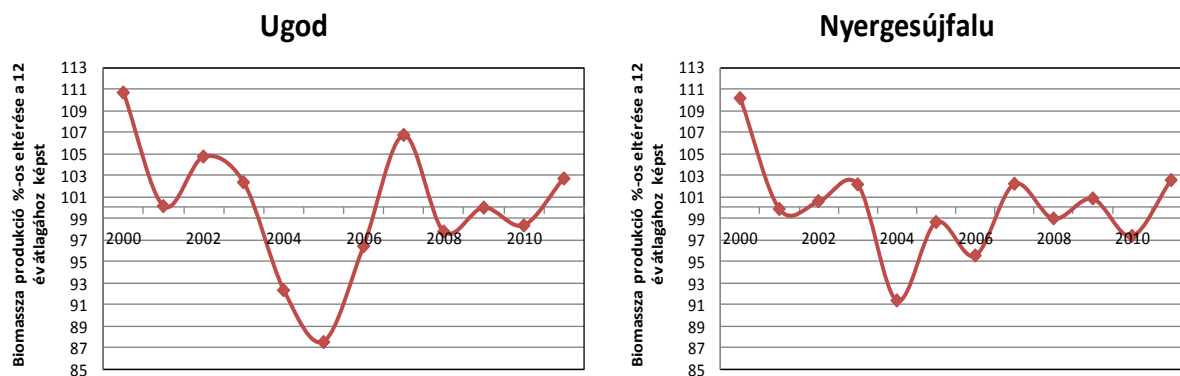
A vegetációs időszakban keletkezett biomassza produkció százalékos arányában vizsgáltam egyes mintaterületeknél az extrém évek megjelenését. (A 100 %-ot, a vizsgált 12

év átlagos biomassza mennyisége jelenti.) Ezenél a diagramoknál elsősorban arra voltam kíváncsi, hogy a korábban tett megállapítások pl.: a különböző talajtípusokra, mennyire látható? Először barna erdőtalajokon élő (agyagbemosódásos barna erdőtalaj) mintaterületek ábráját készítettem el (33. ábra)



33. ábra. A barna erdőtalajon élő erdőfoltok éves biomassza mennyisége a vizsgált időszak átlagához viszonyítva

A 2000. év értéke máris jól tükrözi a korábban leírt megállapítást, vagyis a barna erdőtalajoknál a talajszerkezet miatt (víztartó hatás), a csapadékmennyiségek hatása általában (módosító tényezők miatt lehet, hogy nem mindig) a következő év biomassza produkciójában jelentkezik. 1999-ben sok csapadék volt, melynek hatását Dömösnél és Pilismarótnál is a 2000-es év magas értéke jelzi. Az extrém száraz 2003-as év negatív hatása is 2004-ben jelentkezik mindkét mintaterületen. A 2010-ben lehullott nagymennyiségű csapadék a 2011-es év értékeit emeli, ahol nem érződik a 2011 kiemelkedő szárazsága. Az egy éves eltolódásoknál szerepe lehet akár a fafajnak is, hiszen a különböző fafajok vízigénye és vízraktározása is jelentősen befolyásolhatja a szervesanyag termelést.

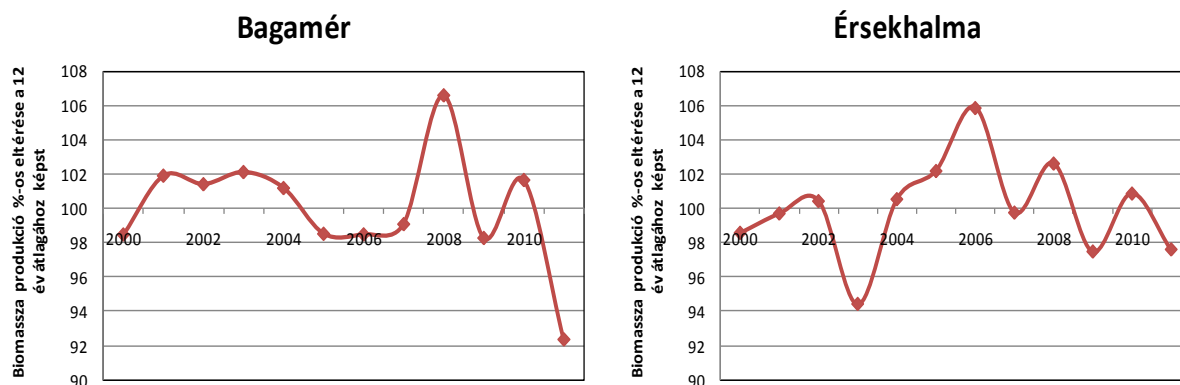


34. ábra. A rendzina talajon élő erdőfoltok éves biomassza mennyisége a vizsgált időszak átlagához viszonyítva

A rendzina talajokon élő erdők biomassza produkciójának alakulása nagyon hasonló az erdőtalajokéhoz (34. ábra), annak ellenére, hogy ez a talajtípus vékonyabb termőréteggel

rendelkezik. Itt is megfigyelhető az 1999. év hatása 2000-ben, valamint a 2004-es év alacsonyabb értéke. Ugod melletti erdőfoltnál 2005 további csökkenést mutat 2004-hez képest, mely valószínűleg egy másik hatás (pl.: fapusztulás) jelenlétét jelzi. A vizsgált időszak utolsó két éve pedig teljesen úgy alakul, mint az előző két erdőfoltnál, vagyis 2010 csapadékmennyiségének hatása 2011-ben jelentkezik. Ezért van az, hogy az előző év szárazságát a jobb vízgazdálkodású talajok erdeinek biomassza produkcióján még nem lehet észrevenni. 2012-ben érdemes lesz ezeket a területeket újra megvizsgálni, hogy egy újabb extrém száraz év (2012.), hogyan jelentkezik az egyes mintaterületeken?

A homokterületeket két típusba soroltam az előzőekben elvégzett regionális vizsgálatoknál is. A Duna-Tisza közén található homoki erdőfoltoknál (pl.: Érsekhalma) a száraz években nagymértékű biomassza csökkenés volt megfigyelhető, míg a nyírségi homokterületeknél (pl.: Bagamér) a több csapadéknak köszönhetően ez mérsékeltebben jelentkezett. Ezeken a területeken kis vízigényű fajok jellemzőek, melyek jól alkalmazkodtak a kedvezőtlen körülményekhez. A homoktalajok, rossz vízháztartásuk miatt azonnal reagálnak a csapadékviszonyokra, mely a növények számára nem ideális. A talaj nem képes vizet raktározni, mert a laza szerkezet miatt a víz azonnal a mélybe szivárog, így a fák száraz időszakban a talajból nem tudnak vizet felvenni. Biomassza produkciójukon csapadékos időben a növekedés, száraz időben pedig csökkenés figyelhető meg. Ez látszódik a 35. ábrán, ahol az eddigiekhez képest az extrém évek hatása még abban az évben jelentkezik.

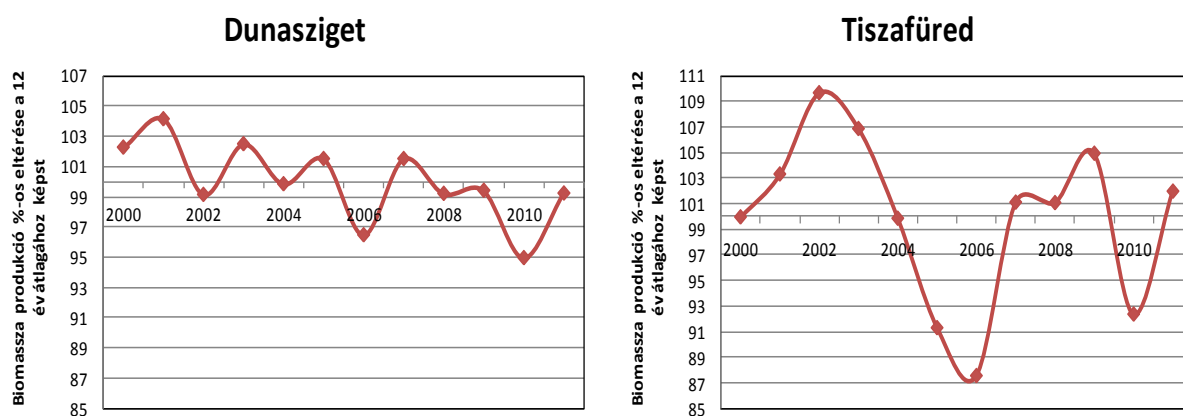


35. ábra. A homoktalajon élő erdőfoltok éves biomassza mennyisége a vizsgált időszak átlagához viszonyítva

A Bagamér közelében található erdőfoltnál, mely a Nyírségben található, látszódik, hogy viszonylag kiegyenlített mértékű az összes biomassza aránya. 2000-ben nem érződik az 1999-es év hatása, vagyis az akkor hullott csapadék nem raktározódott el a talajban, 2000-ben már csökkenés látható a diagramon. A 2010-es év jelentős csapadékmennyisége sem okozott jelentősebb biomassza növekedést, viszont 2011 extrém szárazsága azonnal látszódik. Mivel

az utolsó vizsgált évben a legdrasztikusabb a csökkenés 2000 óta a biomassza produkcióban, ez is azt jelzi, hogy a jövőben oda kell figyelni ezekre a területekre is, hiszen nagy károkat okozhat a vízhiány. A rossz talajtulajdonságok jelentős negatív hatással vannak az erdők szervesanyag termelésére. Érsekhalma esetében, mely a Duna-Tisza közén található ugyanezeket állapíthatjuk meg, azzal a különbséggel, hogy nagyobb ingadozások vannak az egyes évek között. Erre a területre a még szélsőségesebb csapadékeloszlás jellemző, illetve relatív fekvése miatt nincs hozzáfolyás a területen. Az előző mintaterülethez képest itt kevésbé jelentős 2011-ben a biomassza produkció csökkenése, de vitathatatlanul csökkent.

Végül megvizsgáltam az öntéstalajokon (vagy réti talajokon) élő erdőfoltokat is (36. ábra). A Duna melletti mintaterületen (Dunasziget) viszonylag kiegyenlített a biomassza produkció, nem lehet kiemelni az extrém éveket. A folyó és talajvíz kapcsolata miatt a száraz években láthatóan nem csökkent a biomassza produkció. A 2006-os és 2010-es árvíz negatív hatása ezen az ábrán is jól látható.



36. ábra. Az öntéstalajon élő erdőfoltok éves biomassza mennyisége a vizsgált időszak átlagához viszonyítva

2006-ban és 2010-ben az árvíz miatti hosszú ideig tartó vízborítás gátló tényezőként hatott, és ennek következtében jelentősen csökkent a biomassza produkció. 2011-ben azonban valószínűleg a megfelelő (vagyis a fák számára elérhető) talajvízszint miatt, a szárazodás hatása (azaz szervesanyag csökkenés) nem vehető észre. A kontroll területek esetében fokozottabban mondhatjuk, hogy bonyolult és összetett rendszerekről van szó, de ezeknél az erdőfoltoknál a folyók vízjárása általában felülírja a többi tényezőt.

5. Összegzés

A mintaterületeken végzett biomassza produkció és vegetáció-dinamikai vizsgálatok során kiderült, hogy a vízellátottság és a biomassza produkció alakulása közötti összefüggés főként a talajtípus és a fafajban mutatkozó különbségek miatt változatos képet mutat, de analógiák kimutathatók. A víz jelenléte vagy hiánya egyértelműen megmutatkozik az általam használt vegetációs indexben (EVI indexben), azonban az egyes erdőfoltoknál figyelembe kell venni a módosító tényezőket, melyek jelentősen befolyásolják a „zöld-szervesanyag” mennyiséget.

Elemzéseim alkalmával megfigyeltem, hogy a talajtulajdonságok, mint pl.: szerkezet, víztartó képesség jelentős módosító tényezők lehetnek. Például a középhegységi területek barna erdőtalajai jobb víztartó képességük miatt, száraz időszakokban is megfelelő mennyiségű vizet tudnak biztosítani a fák számára. A rendzinák annak ellenére, hogy jóval sekélyebb termőréteggel rendelkeznek, mind fafaj, mind biomassza produkcióban hasonló képet mutatnak, mint az erdőtalajok. A hosszabb szárazságot mindkét talajtípus jelzi, de általában a csapadékhiány hatása egy éves csúszással figyelhető meg. Ezeken a mintaterületeken található fafajok (pl.: bükk, gyertyán) nagyobb vízigényűek, mint az Alföldön elterjedt fajok, ezért érzékenyen reagálhatnak egy-egy hosszabb száraz időszakra. Az erdőtalajokkal és rendzinákkal szemben a homoktalajok viszonylag gyorsan reagálnak a csapadékviszonyokra, a szárazodás a biomassza mennyiségén, még az adott extrém száraz évben jelentkezik. Például a 2011-es év csapadékhiányát minden ilyen területen csökkenő vegetációs indexek jelzik, ezért ezeknél a mintaterületeknél a száraz időszakokban jelentős odafigyelés szükséges. A réti- és öntéstalajoknál, melyek folyó melletti erdőfoltokra jellemzőek a mintaterületeimen, nagy szerepe van a talajvíznek, mely a folyónak köszönhetően egész évben elérhető mélységben van a fák számára. A szárazodás ezért ezekben az erdőkben kisebb hatást fejt ki, de a talajvíz csökkenése a biomassza mennyiségében negatív hatásként jelentkezhet.

Az azonos talajon élő erdők hasonló képet mutattak, de mégis találtam néhány eltérő mintaterületet, ahol az eltérő fajok miatt jelentkeznek különbségek. Az erdőfoltok diagramjait elemezve a fafajokat kezdtem vizsgálni. A túlelélő erdők kedvező feltételek mellett is kisebb biomassza produkciót mutattak, mint a lombhullató fák. Utóbbiak közül egyes erdőfoltokat kisebb, másokat nagyobb vízigényű fajok alkotják, és ennek megfelelően a magasabb, illetve alacsonyabb régiókban találhatóak. Természetes, hogy a kisebb vízigényű fák a szárazabb területeken élnek és itt kevesebb szervesanyagot termelnek, mint a nedvesebb régiókban.

Hazánk magasabb részein (dombságokban, hegységekben) magasabb a biomassza produkció, mint a sík területeken. A lombhullató erdők esetében nem az erdőt alkotó fajok különbözőségének, hanem a csapadékmennyiségnek, illetve csapadékeloszlásnak van jelentősége.

A hőmérséklet alakulása sem elhanyagolható az erdők szervesanyag produkciója szempontjából. A vegetációs időszak későbbre tolódását, illetve a vegetációs indexek által rajzolt görbe meredekségét befolyásolhatja. Megfigyeléseim szerint az év első hónapjainak átlaghőmérséklete meghatározó a biológiai aktivitás kezdetében, és ezen keresztül a biomassza produkció alakulásában.

Esetenként nehéz megállapítani, hogy melyik helyi tényezőnek van nagyobb szerepe a biomassza alakulásában, hiszen az előbb említett csapadékmennyiség, talajtípus, hőmérséklet és faj faj szoros összefüggésben van egymással, egymás hatására alakulnak ki. Ezen kívül egyes erdőfoltok eltérését más helyi tényezők is módosíthatják, melyet csak terepbejárással állapíthatunk meg. Ahhoz tehát, hogy pontosabb képet kapjunk, és biztonsággal állíthassuk egy terület érzékenységet, külön-külön meg kell vizsgálni a mintaterületek helyi adottságait. Az általam végzett vizsgálatok egy általános képet adhatnak, ráirányíthatják a figyelmet a kérdéses erdőkre, melyeknek részletesebb vizsgálata szükséges. Továbbiakban szeretném a meglévő adataim és az aszályindexek kapcsolatát vizsgálni, valamint pontosítani az egyes területek érzékenysége kimutatását.

Irodalomjegyzék

Berki I., Móricz N., Rasztovits E. & Víg P. 2007. A bükk szárazságtolerancia határának meghatározása (Determination of the drought tolerancelimit of beech). In: Erdő és klíma (Forest and climate) Vol.V., Mátyás, Cs. & Víg, P. (eds.). Sopron. pp. 213–228.

Huete A., Didan K., Miura T., Rodriguez E.P., Gao X., Ferreira L.G., 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sensing of Environment. pp.195–213.

IPCC 2007. Climate Change 2007: The Scientific Basis. Contribution of WG-I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (et al., eds.). Cambridge University Press, xxx pp. <http://www.ipcc.ch>

Kerényi A. 2006. Általános környezetvédelem. Mozaik Kiadó. Szeged.

Kovács F. 2010. MODIS műholdkép alapú monitoring vizsgálat erdőterületeken. In: IV. Magyar Tájökológiai Konferencia kötete. Kertész Á. (szerk). MTA Filozófiai Kutatóintézet. Budapest. pp.133-139.

Ladányi Zs. 2011. A tájváltozások értékelése a Duna–Tisza közti homokhátság egy környezet- és klímaérzékeny kistáján, az Illancson. PhD értekezés. Környezettudományi Doktori Iskola, Szeged.

Ladányi Zs., Rakonczai J., van Leeuwen B. 2009. Kísérlet egy alföldi táj klímaérzékenységeinek meghatározására távérzékelési adatok segítségével. In: Dr. Pajtókné Tari I., Tóth A. (szerk.) Változó Föld, változó társadalom, változó ismeretszerzés. EKF Földrajz Tanszék. pp. 139-147.

Ladányi Zs., Rakonczai J., van Leeuwen B. 2011. Evaluation of precipitation,vegetation interaction on a climate,sensitive landscape using vegetation indices. Journal of Applied Remote Sensing, 5, 053519, doi:10.1117/1.3576115.

Liu H. Q., Huete A.R. 1995. A feedback based modification of NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 33. pp. 457–465.

Mátyás Cs., Berki I., Czúcz B., Gálos B., Móricz N. & Rasztovits E. 2010. Future Beech in Southeast Europe from the Perspective of Evalutionary Ecology, Acta Sylvatica&Lignaria Hungarica. Vol 6. Sopron. pp. 91–110.

Pálfai I. (szerk). 1994. A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái. Nagyalföld Alapítvány Kötetei 3. Békéscsaba

Rakonczai J. 2008. Globális környezeti kihívásaink. Universitatis Szeged Kiadó. Szeged.

Rakonczai J. 2011a. Az Alföld tájváltozásai és a klímaváltozás. In: Környezeti változások és az Alföld. Rakonczai J. (szerk). Nagyalföld Alapítvány Kötetei. 7. Békéscsaba. pp. 137-148.

Rakonczai J. 2011b. Effects and consequences of global climate change in the Carpathian Basin. In: Blanco J., Kheradmand H. (eds.): Climate Change - Geophysical Foundations and Ecological Effects. Rijeka: InTech, 2011. pp. 297-322.

Rakonczai J., Kovács F. 2005. Globális változások és hazai tájváltozásaink. – In.: Galbács Z. (ed.) Proceedings of the 12th Symposium on Analytical and Environmental Problems. Szeged. pp. 2 86-290.

Szalai J. 2011. Talajvízszint-változások az Alföldön. In: Környezeti változások és az Alföld. Rakonczai J. (szerk). Nagyalföld Alapítvány Kötetei. 7. Békéscsaba. pp. 97-110.

Szalai S., Szentimrey T. 2001. “Melegedett-e Magyarország éghajlata a XX. században?” In: Beszámoló a 2000. évítevékenységről OMSZ. Budapest. pp. 3–14.