

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Földrajz- és Földtudományi Intézet
Meteorológia tanszék

**A 2012-13-AS TÉL SZINOPTIKUS
SAJÁTOSSÁGAINAK ÉRTÉKELÉSE NAO, AO
TÁVKAPCSOLAT ELEMZÉSEK BEVONÁSÁVAL**

DIPLOMAMUNKA



Készítette:

Zsilinszki Anna

Meteorológia mester szakos hallgató
Időjárás-előrejelző szakirány

Témavezetők:

Soósné Dr. Dezső Zsuzsanna, adjunktus

DR. Bartholy Judit, egyetemi tanár

ELTE TTK, Meteorológia Tanszék

Budapest, 2014

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3
1. Az Észak- Atlanti Oszcilláció és az Arktikus Oszcilláció, irodalmi áttekintés	5
1.1 Távkapcsolati rendszerek	5
1.2 Az Észak-Atlanti és az Arktikus Oszcilláció jelensége	6
1.2.1 A NAO	6
1.2.2. Az AO	10
1.2.3 Hazai kutatási eredmények	12
2. Felhasznált adatok	15
3. Helyzetelemzés, a 2012-2013-as tél bemutatása	16
4. Az éghajlati paraméterek kapcsolata a NAO és az AO indexszel 30 éves időskálán	23
4.1 Az időjárási paraméterek és a NAO index korrelációs vizsgálata 30 éves időskálán	24
4.2 Az időjárási paraméterek és az AO index korrelációs vizsgálata 30 éves időskálán	26
4.3 A különféle meteorológiai paraméterek és a NAO index évszakos és havi idősorain végzett korrelációs vizsgálatok	29
4.4 A különféle meteorológiai paraméterek és az AO index évszakos és havi idősorain végzett korrelációs vizsgálatok	38
5. Az idősorok egymáshoz viszonyított eltolásával számolt korrelációk vizsgálata a NAO index esetében.....	45
6. A 2012-2013-as tél során mért paraméterek NAO és AO indexszel vett kapcsolata	47
6.1 A NAO és AO index értékei a 2012-2013-as téli szezon során.....	47
6.2 Korrelációs számítások a 2012-2013-as téle	48
Összefoglalás	62
Köszönetnyilvánítás.....	65
Irodalomjegyzék	66
Függelék	69

Bevezetés

Egyre több kutatás vizsgálja a globális melegedés, a változó éghajlat esetleges hatásait a szinoptikus rendszerekre. A szinoptikus-klimatológia tárgykörébe tartozó kutatások egyik célja lehet, a több évtizedes szinoptikus-tapasztalatra, megfigyelésekre alapozva elemezni a megszokottól eltérő időjárási, szinoptikus helyzetek, anomáliák okait, tendenciáit, és vizsgálni egy adott helyzet klimatológiai időskálán megfigyelt változásokkal való összefüggéseit.

A 2012-2013-as tél időjárása több szempontból is felhívja magára a figyelmet. Legszenbetűnőbb anomáliák a sokéves átlagnál jelentősen magasabb csapadékösszegek. Magyarország éghajlatára, az év többi részéhez viszonyítva szárazabb tél a jellemző, ez 40 éves klimatológiai átlag szerint mintegy 100 mm átlagos csapadékösszeget jelent. Ezen a télen azonban az ország bizonyos területein az átlagos éves csapadékmennyiségnek (500-800 mm) helyenként akár a fele is lehullott. A téli évszakban több mint 250 mm volt a csapadék, mely két és félszerese a sokéves évszakos átlagnak. A hőmérsékletben is észrevehető kismértékű anomália, 0,4°C-kal magasabbnak adódott a téli átlaghőmérséklet 30 éves évszakos átlaghoz viszonyítva, ez az eltérés azonban nem szignifikáns.

Kutatásunk motivációját a szélsőségeket kialakító szinoptikus helyzet adta, mely a tél végén és a tavasz elején vált meghatározóvá. A helyzetre jellemző a mediterrán térség felett hosszú ideig időző közel stacionárius futóáramlás (jet stream) és a futóáramlás mentén nagy gyakorisággal (néhány naponként) kialakuló ciklonok. Ezek a ciklonok nagy mennyiségű csapadékot szállítottak Dél- és Közép-Európába a mediterrán térség irányából, ilyen ciklon okozta a 2013. március 14-15-ei emlékezetes havazást is. E ciklonok besorolása nem teljesen egyértelmű, hiszen bár útvonaluk alapján mediterrán ciklonként definiálhatnánk őket, kialakulásuk és jellemzőik alapján sok esetben inkább hasonlítottak a mérsékelt övi ciklonokhoz, hiszen közülük több az észak-atlanti térség fölött keletkezett, innen sodródott a Földközi-tenger fölé, ahol ismét megerősödve a jet stream mentén Közép-Európa irányába haladt, több esetben elérve a Kárpát-medence térségét is. Célunk e szinoptikus helyzet kialakulásáért felelős okok feltárása volt.

Számos kutatás igazolja (*Greatbatch, 2001*), hogy a futóáramlás elhelyezkedése és erőssége kapcsolatban áll az Észak-Atlanti Oszcilláció (NAO) és az Arktikus Oszcilláció (AO) aktuális értékével. Ezek a távkapcsolati rendszerek közvetett módon hatással vannak egyéb éghajlati paraméterekre is az észak-atlanti térségben, mint például a

hőmérséklet alakulása, vagy a lehullott csapadék mennyisége. Felmerül tehát a kérdés, hogy összefüggésben állhat-e a fent leírt anomália a futóáramlások helyzetével, illetve a NAO és AO indexek aktuális értékével, s így, magyarázatul szolgálhat-e, ha összevetjük a fenti indexek értékeit a Kárpát-medence időjárásával.

A dolgozatban az irodalmi áttekintést (*1. fejezet*) követően, elsőként felelevenítjük a 2012-2013-as tél rendkívüli időjárási helyzetét a teljes téli és kora tavaszi időszak átfogó bemutatásán keresztül (*3.1 fejezet*). A következő részben azt akarjuk kideríteni, hogy a vizsgált tél időjárása a Kárpát-medence területén, kapcsolatba hozható-e, az aktuális NAO és AO indexek értékeivel. Először hosszabb időskálán, az 1981-től 2010-ig terjedő 30 éves időszakra megvizsgáltuk (*4.1, 4.2 fejezet*), hogy jellemzően van-e összefüggés a Kárpát-medence időjárása, azaz a meteorológiai változók értéke és a két index értéke között, illetve amennyiben találunk összefüggést, milyen erősségű és jellegű ez a kapcsolat. Később évszakos, majd havi bontásban megismételtük a számításokat (*4.3, 4.4 fejezet*). Az indexek napi bontású idősorával végeztük a korrelációs vizsgálatokat, különböző felszín-közeli és magassági, szintén napi gyakoriságú reanalízis adatokra. Elsőként meghatároztuk a lineáris korrelációs együtthatókat párhuzamosan a NAO és az AO, valamint különböző éghajlati paraméterek között. Többféle mozgóátlagolás és időbeli eltolás hatásait is vizsgáltuk a korrelációs együtthatók értékeire. Ezután rövidebb időszakra — csak az adott télre nézve — végeztük el a vizsgálatokat és ezeket összevetettük az éghajlati időskálán kapott eredményekkel (*6. fejezet*).

1. Az Észak- Atlanti Oszcilláció és az Arktikus Oszcilláció, irodalmi áttekintés

1.1 Távkapcsolati rendszerek

A szinoptikus helyzet hemiszférikus mintázatának alakulására jellemző, hogy megjelenik benne különböző időskálán ismétlődő, sok esetben periodikus változás. E változások frekvenciája néhány napos, több hetes vagy akár éves is lehet. Ezek a változások esetenként egymástól több ezer kilométerre levő földrajzi területek éghajlatára, időjárására is hatással vannak, ezért távkapcsolati rendszereknek nevezték el őket (*Panagiotopoulos et al., 2002*). A távkapcsolati rendszer akció centrumának azokat a területeket nevezzük, melyek kiemelt szerepet kapnak az anomália kialakulásában.

Bizonyos távkapcsolati rendszereket, már több száz évvel ezelőtt megfigyeltek és feljegyzéseket készítettek róluk, de statisztikai számításokkal csak a 19. században bizonyította ilyen rendszerek létezését Sir Gilbert Walker, angol meteorológus (1924) korrelációs vizsgálatok segítségével. A távkapcsolati rendszer (teleconnection pattern) kifejezést először *Angström* használta 1935-ben. Manapság a távkapcsolati rendszerek vizsgálata rendkívül népszerű kutatási terület, így nagy mennyiségű szakirodalom áll róluk rendelkezésre. Az Egyesült Államok Klimatológiai Előrejelző Központjának (CPC, Climate Prediction Center) munkatársai globálisan eddig a következő lényegesebb távkapcsolatokat azonosították be, illetve írták le, többek között *Barnston and Livezey* (1987) munkásságára alapozva:

- Déli Oszcilláció (SO - Southern Oscillation, ENSO)
- Észak Atlanti Oszcilláció (NAO - North Atlantic Oscillation)
- Arktikus Oszcilláció (AO – Arctic Oscillation, másnéven: NAM – Northern Annular Mode)
- Antarktikus Oszcilláció (AAO – Antarctic Oscillation, másnéven: Southern Annular Mode)
- Csendes-óceáni/Észak-amerikai rendszer (PNA - Pacific-North American Pattern)
- Csendes-óceáni évtizedes oszcilláció (PDO – Pacific Decadal Oscillation)

Fontosabb távkapcsolati rendszerek az atlanti-térségben, szintén a CPC eredményei szerint:

- Észak-Atlanti Oszcilláció (NAO –North Atlantic Oscillation)
- Kelet- Atlanti rendszer (EA - East Atlantic)
- Kelet- Atlanti/ Nyugat-oroszországi rendszer (EA/WR, East Atlantic/Western Russia)
- Skandináv rendszer (SCAND - Scandinavian)

A fent felsoroltak közül az AO és a NAO rendszer viselkedését vizsgáljuk meg részletesebben, elsősorban olyan szempontból, hogy ezek alakulása mennyiben befolyásolja Európa, illetve a Kárpát-medence időjárását.

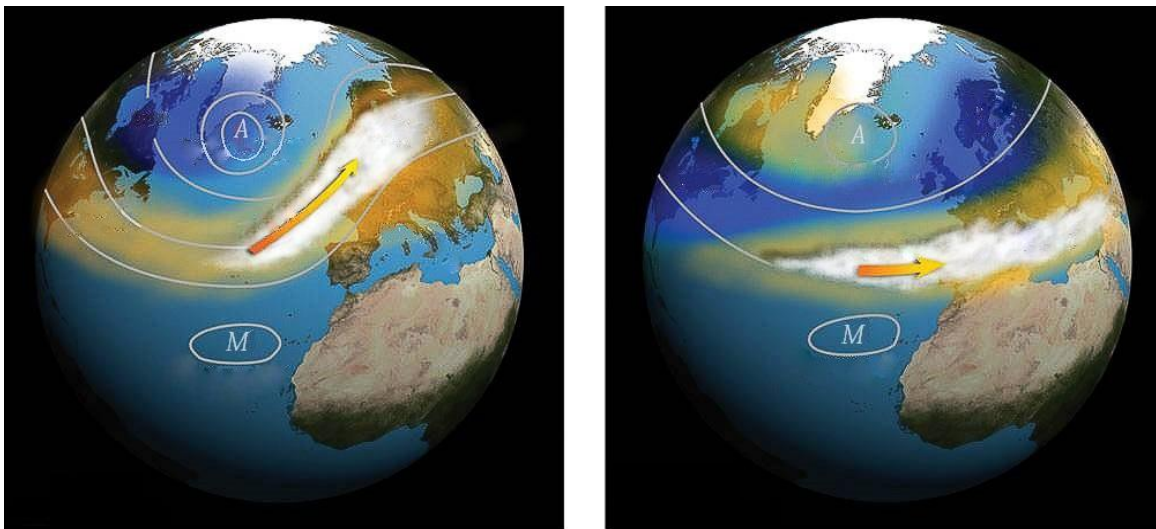
1.2 Az Észak-Atlanti és az Arktikus Oszcilláció jelensége

Az Észak–Atlanti Oszcilláció (NAO) és az Arktikus Oszcilláció (AO) egymással szoros kapcsolatban áll, mindkettő az északi és déli területek közötti légnyomás fluktuációjának jellemzésére szolgál. A NAO volt a távkapcsolati rendszerek közül elsőként megfigyelt és leírt rendszer (*Walker, 1924*). Észrevették ugyan, hogy regionális (atlanti) hatásain túl hemiszférikus szinten is kapcsolatban áll az éghajlat alakulásával, de csak jóval később 1998-ban *Thompson és Wallace* írták le az AO rendszert, mely gyakorlatilag ugyanazon jelenségnek, mint ami a NAO mögött áll, a hemiszférikus - gyűrűs (annular) alakban való – kiterjesztése, így a két oszcilláció közötti korreláció értéke nagyon magas (*Greatbatch, 2000*). Természetesen jelentős különbségek vannak az indexek számítása és célja között, így szükséges megkülönböztetnünk őket egymástól, de fontos hangsúlyozni, hogy nem két egymástól különböző jelenségről van szó, hanem azonos jelenség térben és megközelítésben eltérő jellemzéséről. A következő alfejezetben részletesebben kitérünk a két rendszer sajátosságaira.

1.2.1 A NAO

Az Észak-Atlanti Oszcilláció egy észak-déli tengelyű dipólusos szerkezetű nyomási képződmény, mely két centrum (ún. akciócentrum) között oszcillációs változásokat

mutat. A NAO erősségének, intenzitásának mérésére vezették be a NAO indexet (indexeket). Ezek számítási módja nem egységes, többféle módszert is alkalmaznak (ld. később), alapja egy északi és egy déli akciócentrum közti légnyomás különbség számítása. Az Észak-Atlanti Oszcilláció az északi-hemiszféra és azon belül is elsősorban az észak-atlanti térség (Európa és Észak-Amerika keleti partvidéke) egyik legfontosabb, és elsőként leírt távkapcsolati rendszere. A jelenséget már a 19. században felismerték, bizonyos területek telének periodikus, időről időre jelentkező anomáliái kapcsán. Megfigyelték, hogy ezek az eltérések egy időben fordulnak elő, egymástól nagy távolságra levő területeken, s többnyire az anomáliák előjele egymással ellentétes. A NAO-t Sir Gilbert Walker írta le először 1924-ben. Két akciócentruma az izlandi alacsony nyomásközpont és az azori magasnyomású térség. Ennek a rendszernek a jellemzésére szolgáló mérőszám a NAO index. A NAO indexet tekinthetjük úgy is, mint a nyugatias szelek erősségének egy jelzőjét az északi szélesség 40-60°-a közötti régióban (Greatbatch, 2000). A NAO-nak két fázisát különíthetjük el, a pozitív és a negatív fázist (1. ábra). Pozitív NAO index értéket kapunk, ha az izlandi alacsony nyomású régió nyomási értékei a szokásosnál erősebben érvényesülnek, tehát alacsonyabbak a megszokottnál, illetve az azori magasnyomás is határozottabb az átlagos értékeknél. Ebben az esetben tehát erősebb nyomási gradiens uralkodik az észak-atlanti térség felett.



1. ábra: A NAO pozitív (bal oldal) és negatív fázisa (jobb oldal) esetén fennálló nyomási elrendeződés és a nyugatias szelek jellemző irányultsága
(forrás: <http://apollo.lsc.vsc.edu/>)

Negatív NAO fázis esetén a fentiekkel ellentétes eset áll fenn, az izlandi térségben leépül az alacsony nyomású terület, míg az azori-térségben a megszokottnál alacsonyabb nyomásértékek mutatkoznak. Ebben az esetben kisebb az észak-dél irányú nyomási gradiens. A két fázist a későbbiekben részletesen jellemezzük.

Az Észak-Atlanti Oszcilláció, nevében is utal valamiféle periodikus változatosságra, ám ennek a periódusa nem egyértelműen meghatározható. Vannak bizonyos távkapcsolati rendszerek (pl. ENSO), amik jól felismerhető időbeli rendszerességgel jelentkeznek, ám ilyen szabályos viselkedés a NAO esetében nem jellemző. Viszont jellegzetes éves menettel bír, télen az értékei szélsőségesebbek. A negatív és pozitív fázisok nem egyenletes periódusokban követik egymást, esetenként több éven keresztül is azonos fázisban marad. Ezeket az időszakokat jól követhetjük az általában havi vagy évszakos szinten kiátlagolt értékekből számított indexek elemzésével. Ha az adatok spektrumát nézzük nagymértékű véletlenszerű ingadozás figyelhető meg, és nehezen található benne értékelhető jel, vagy periodicitás. Egy erre vonatkozó kutatás (Wunsch, 1999) alapján azt látjuk, hogy eloszlása közel véletlenszerű és spektruma közel áll a fehér zaj folyamatéhoz. Nézzük meg, milyen időjárás jellemző a NAO fázisaira az eddigi kutatási eredmények alapján.

A NAO jellemzésére szolgáló mérőszám, mint említettük, a **NAO index**. A NAO indexet a két nyomásközpont aktuális nyomásértékéből állítják elő, adott időszakra vonatkozó átlagos értékhez képest számított anomáliákból. Ennek számítása a tengerszinti légnyomás értékeken alapul, de alkalmaznak több módszert is értékének meghatározására (Hurrell and Deser, 2010). Alább leírjuk a két leggyakrabban alkalmazott eljárást.

Az egyik az állomás alapú számítás, amikor a két akciócentrumot, a hozzájuk legközelebbi két konkrét mérőállomáson mért légnyomásérték reprezentálja (*station-based index*). Az állomások közül az északi, jellemzően az izlandi Reykjavík mérőállomása szokott lenni, míg a déli központ megválasztása változatosabb, leggyakrabban az azori-szigeteki Ponta Delgada, vagy a portugáliai Lisszabon, esetleg Gibraltár állomása kerül kiválasztásra. Ennél azonban pontosabbnak és reprezentatívabbnak tekinthető az a módszer, amikor főkomponens analízissel (*EOF-analízis*) határozzák meg egy nagyobb térség légnyomásmezéjéből a térség anomáliáját leginkább jellemző légnyomásértékeket és ebből számítják az indexet (*PC-based index* – PC = Principal Component = főkomponens). Az index értékét évszakos, havi és napi szinten szokták meghatározni.

A pozitív NAO értékek esetén fennálló erősebb nyomási gradiens, a zonális szelek megerősödésének kedvez, így ilyenkor egy erős nyugatias áramlási rendszer jelenléte a jellemző. Ennek megfelelően ebben a fázisban az Atlanti-óceán felől érkeznek az időjárási rendszerek Európába, melyek a melegebb tengerfelszín feletti nedves légtömeget szállítva enyhe és csapadékos időjárást eredményeznek a kontinens belsejében. Ezzel egyidejűleg azonban Dél-Európa területén szárazabb és hidegebb légtömegek uralkodnak (Hurrell, 1995,1996). Megfigyelhető az is, hogy ebben a fázisban gyakoribb az Atlanti-óceán felett az erős viharciklonok kialakulása. Összességében e fázisban a mérsékeltövi (izlandi) ciklongenezis gyakorisága nő, így ebben az időszakban a meridionális hatások, azaz a sarkvidéki és a szubtrópusi térségből érkező légtömegek kisebb szerepet kapnak Közép-Európa időjárásának alakításában.

Negatív NAO esetében kisebb az észak-dél irányú nyomási gradiens. A nyugatias szelek kevésbé meghatározóak, így teret kapnak a meridionális áramlások és ezen keresztül a sarkvidéki és trópusi légtömegek jelentősebb hatást gyakorolnak Európa időjárására, mint pozitív vagy semleges fázisban. Negatív NAO index esetén megfigyelték, hogy Dél-Európára a csapadékosabb, Közép- és Észak-Európára pedig a szárazabb időjárás jellemző (Hurrell, 1995). A meridionális áramlások kedveznek a mediterrán ciklonok kialakulásának és kontinens belseje felé történő mozgásának, melyek sok csapadékot szállítanak magukkal. Ebben az időszakban, az északi térségben a mérsékeltövi ciklonok kevésbé jellemzőek, a mediterrán ciklonok nem jutnak fel magasabb földrajzi szélességekig, így az északi térségbe kevesebb csapadék jut. Ugyanakkor ez a helyzet kedvez a sarkvidéki hideg levegő déli irányú gravitációs terjedésének. Negatív NAO időszakban így hidegebb telek jellemzőek Európa északi és középső területein, mely hatás esetenként akár délebbre is húzódhat. Összességében tehát negatív fázisban a szárazabb és hidegebb tél jellemző Észak és Közép-Európára, így a vizsgálataink fókuszában álló Kárpát-medence térségére is.

Minél hosszabb ideig áll fenn és minél erősebb az adott fázisú anomália, annál erősebben befolyásolja a szinoptikus skálájú rendszerek viselkedését és annál nagyobb területre terjed ki a hatása. Esetenként akár hónapokig vagy évekig is meghatározó lehet egy-egy fázis és a hozzá tartozó szinoptikus jellemzők.

Az elmúlt évtizedekben a NAO pozitív fázisa dominált, különösen, ha a téli időszakot vizsgáljuk. Ennek megfelelően Dél-Európában szárazabb időjárás volt jellemző, míg Észak-Európában az átlagnál csapadékosabb. Ez a periódus az 1980-as évektől kezdve figyelhető meg (Hurrell, 1995; Hurrell and van Loon, 1997), bár 2010-ben

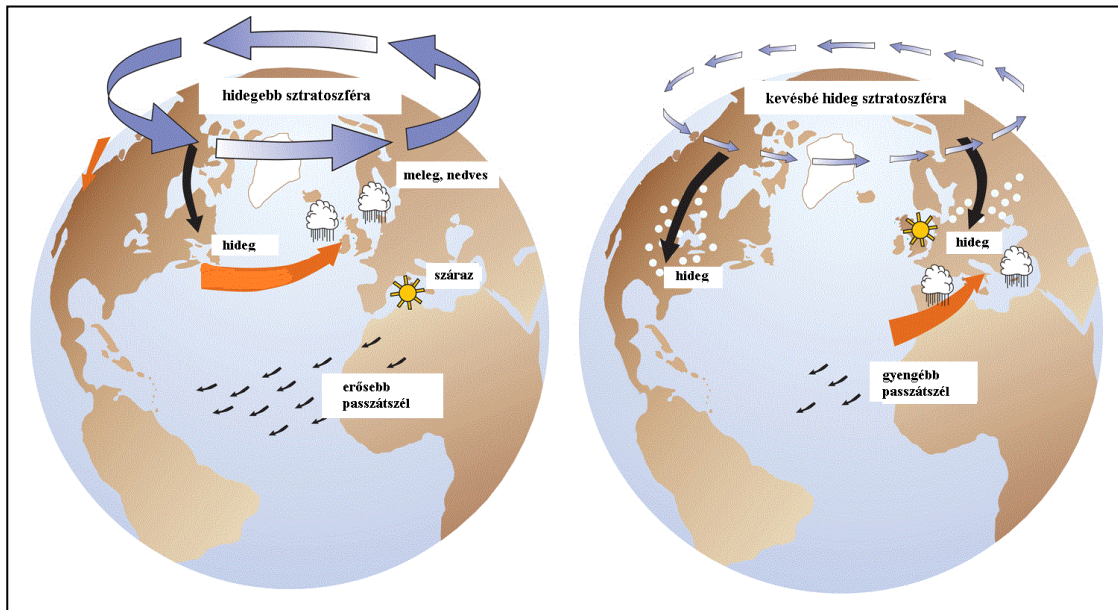
volt egy kiugróan negatív év. Az elemzésünk középpontjában álló 2013-as évben is negatív NAO index volt jellemző, ami a tél végén, illetve márciusban különösen szélsőséges értéket vett fel. Az 1980-at megelőző időszakban hosszabb, akár évtizedes időtartamú, váltakozó előjelű fázisok követték egymást.

1.2.2. Az AO

Míg a NAO egy meridionális nyomáskülönbség-változás dipoláris szerkezettel, addig az AO egy hemiszférikus kiterjedésű gyűrűs szerkezetű légnyomási oszcilláció. Az Arktikus Oszcilláció az északi hemiszféra jelentős éghajlati jellegzetessége. Az AO jellemzésére az AO index szolgál, mely az északi hemiszféra területén a légnyomás értékek periodikus ingadozását írja le. Az oszcillációt a sarkvidéki területek és a mérsékelt égövi területek légnyomás értékeinek egymással összefüggő változásai jellemzik. E jelenségnek három akció centruma van: (i) az északi pólus felett, (ii) az atlanti-térség felett, és (iii) a Csendes-óceán felett (*Ambaum et al.*, 2001). **Pozitív fázisában** a sarkvidéki területen az átlagosnál alacsonyabb légnyomásértékek jelennek meg, ezzel egy időben a mérsékelt égövben magasabb nyomásértékek. **Negatív fázisban** ezzel ellentétesen gyengül a sarkvidéki terület alacsony nyomású jellege (2. ábra).

Eddigi kutatások igazolják, hogy a teljes északi hemiszféra időjárása szoros kapcsolatban áll az AO index aktuális értékével (*Thompson and Wallace*, 1998). Az AO index értéke arányos a poláris örvény erősségével. Pozitív esetben jelen van egy jól kifejlett örvény, mely a poláris hideg légtömeget a pólus felett tartja, míg negatív AO időszakokban a poláris örvény szelei (poláris jet stream) gyengülnek, az örvény határvonalán elhelyezkedő front meanderezni kezd és utat enged a sarki hideg légtömeg délre nyomulásának. Ilyen jelenség volt megfigyelhető a 2012-2013 és 2013-2014 telén is, amikor Észak-Amerika területén szokatlanul nagy mennyiségű hó és átlag alatti hőmérsékletek jelentkeztek. Ugyancsak negatív AO helyzethez kapcsolható a 2013. március 14- 15-ei magyarországi nagy havazás is. A NAO index számítása, mint láttuk, többféleképpen történhet, de közös elemük, hogy egy északi és egy déli nyomásközpont anomáliaértékét határozzuk meg. Ezzel szemben az AO index meghatározásához a teljes északi félgömb nyomási rendszerét használják, értékelik. A tengerszinti légnyomás anomália vagy az 1000hPa nyomási szint magassága alapján, EOF analízissel történik

annak legnagyobb változékonyságú állapotainak (főkomponensek) kiválogatása, meghatározása (Ambaum *et al.*, 2001).



2. ábra: Az Arktikus Oszillációt jellemző fázisok esetén a jellemző időjárási mintázat, bal oldal: pozitív fázis, jobb oldal: negatív fázis (forrás: https://nsidc.org/cryosphere/arctic-meteorology/weather_climate_patterns.html)

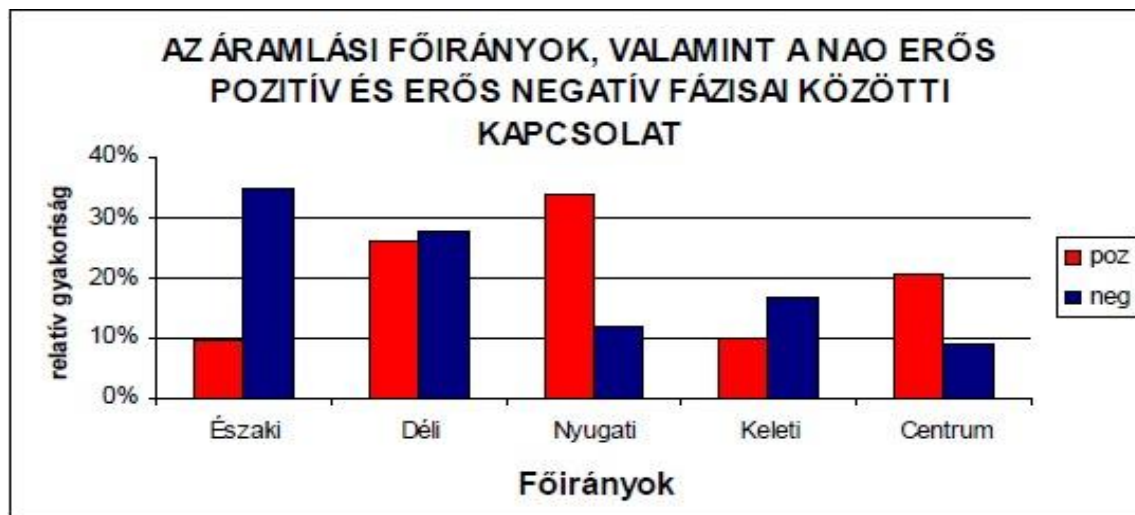
A szakirodalom tanulmányozása során párhuzamot véltünk felfedezni a NAO és AO indexek negatív fázisára jellemző események és a 2012-2013-as tél eseményei között, így indokoltnak láttuk elvégezni a hazai paraméterek, s az indexek részletesebb kapcsolat elemzését.

1.2.3 Hazai kutatási eredmények

Az elmúlt években több kutatás is foglalkozott a NAO hatásaival hazánkra nézve. *Pongrácz* (2002) kutatásában a NAO és az ENSO együttes hatásait vizsgálta a Kárpát-medence térségére. Elsőként a Péczy-féle makrocirkulációs osztályozás alapján, a típusokat 3 fő csoportba sorolva (zonális, meridionális, kevert) összehasonlítást végzett a NAO fázisok és e típusok között Európára vonatkozóan. Az eredmények összhangban állnak a korábban már kifejtett nemzetközi eredményekkel, hiszen negatív NAO estén talált több esetet meridionális irányítottságú szinoptikus helyzetre, pozitív esetben pedig zonális irányítottságúra. Regionális szinten, a Kárpát-medencére állomási adatok felhasználásával elemezte a kapcsolatot a NAO fázisai és a csapadék, illetve hőmérsékleti anomáliák előfordulásának viszonyát.

Az eredmények azt mutatják, hogy a pozitív fázis idején gyakoribbak az erős pozitív hőmérsékleti anomáliák, míg negatív esetben a jelentős negatív hőmérsékleti anomáliák, az átlagosnál hidegebb átlaghőmérsékletű hónapok. A csapadékra nézve a vizsgálatok azt mutatták, hogy negatív esetben növekszik a nagyobb csapadékösszegű időszakok gyakorisága, s csökken a száraz időszakoké. Pozitív NAO index esetén kevésbé erős anomáliák jelentkeztek, s azok jellemzően a száraz időszakokra vonatkoztak.

Később további eredmények is születtek a témában, *Mándl* (2009) részletesebben elemezte a Péczy-féle makrocirkulációs helyzetek és a NAO közötti kapcsolatot, gyakorisági eloszlások vizsgálatával. Három állomás adatainak felhasználásával végezte összehasonlításait a hőmérséklet, a csapadékmennyiség, és a napfénytartam tekintetében. Eredményei alapján pozitív NAO index esetén jellemző szinoptikus helyzet a Kárpát-medencében a nyugatról benyúló anticiklon (Aw-kód), valamint a Kárpát-medence felett anticiklon (A-kód) kóddal jellemzett helyzet. A kódtáblázat a függelékben megtalálható (*Függelék, 48. ábra*). Ez az eredmény jól magyarázható a pozitív helyzetben megszokott erős azori anticiklon jelenlétével és Európa fölé történő kiterjedésével. Negatív NAO index esetén a legnagyobb gyakorisággal a mCc típus fordult elő, amikor Magyarország egy kelet-európai ciklon háttoldali áramrendszerében helyezkedik el. Ha a kategóriákat csak az áramlási főirányok szerint osztotta fel, akkor a 3. ábrán látható eredményeket kapta erős negatív NAO index esetén az északi áramlási irány dominál, míg erős pozitív esetben a nyugatias áramlás.



3. ábra: Mándl, 2009 eredményei, melyben bemutatja a szélsőséges NAO index értékű esetek áramlási főirány szerinti eloszlását

Az állomási adatok hőmérsékleti értékekkel való összevetése során az eredmény azt mutatja, hogy negatív NAO index esetén mind a pozitív mind a negatív hőmérsékleti anomália gyakoribbá vált.

A napfénytartamot vizsgálva pozitív esetben egyértelműen magasabb értékek jelentkeztek. Ez az állítás összhangban van az anticiklonális és ciklonális esetek NAO indexel való összevetésének eredményével, mely azt mutatja, hogy (i) pozitív fázisra inkább jellemző az anticiklonális helyzet a Kárpát-medencében, (ii) negatív fázis esetében nagyobb gyakorisággal fordulnak elő ciklonális helyzetek, (iii) összességében mindkét fázisban gyakoribb az anticiklonok előfordulása.

Tabi (2010) több makrocirkulációs rendszer viselkedését hasonlította össze a téli időszak időjárásával, hét magyarországi állomás adatainak felhasználásával. Vizsgálatában kitért az AO és NAO hatásaira is, ezeket az eredményeket foglaljuk össze a következő sorokban. 50 év adataiból kiválogatta a határozottan negatív illetve pozitív indexértékű hónapokat és összevetette a téli időszakra jellemző időjárási adatokkal. Külön vizsgálta mindkét fázisra a havi középhőmérsékletek, a fagyos, a téli és a zord napok számának, a havi csapadékösszegekkel, a havas és a hótakarós napok számának alakulását. A korrelációs vizsgálatának eredményeként a NAO és a havi középhőmérséklet között pozitív korrelációs kapcsolatot talált, kivéve novemberet, amikor a korrelációs együtthatók értéke negatív volt. Ezt a novemberi előjelváltást, a csapadék kivételével minden paraméternél megfigyelte. A legerősebb korrelációs kapcsolat, minden állomás esetében január hónapban jelentkezett +0,6 körüli együttható értékekkel.

Tehát pozitív indexű időszakban jellemzően az átlagnál magasabb hőmérsékletek fordulnak elő, főként januárban, de a téli félév többi hónapját is ez jellemzi, csak kisebb mértékben. Azt találta azonban, hogy negatív index esetében erősebb a korreláció, azaz ekkor nagyobb negatív hőmérsékleti anomália értékeket kapott. A többi paraméterrel is talált korrelációs összefüggést, jellemzően abszolút értékben 0,4-0,6 körüli korrelációs együtthatók jöttek ki, bár az állomások értékei között olykor jelentős különbségek adódtak. A havi csapadékösszeggel negatív korrelációs viszonyt mutatott ki, de ez a kapcsolat nem túl erős -0,4 körüli együtthatókat kapott, nagyobb tengerszintfeletti magasságnál ennél valamivel erősebbnek bizonyult a kapcsolat.

Az AO indexszel kapcsolatos számításai középhőmérséklet esetében jóval gyengébb korrelációt mutatnak, mint a NAO indexszel. Januártól márciusig minden paraméterrel viszonylag erős kapcsolat jelentkezett, és decembert belevéve is a paraméterek nagy részével. A kapcsolat jellege nagyban hasonlít a NAO-val való kapcsolatra, de a legerősebb korreláció a csapadékmennyiség alakulásával volt megfigyelhető.

Kutatásunkban – a fenti eredményeket kiegészítendő – általánosabb értelemben is elemeztük a fent bemutatott kapcsolatok erősségét. Nem csupán szélsőséges eseteket, időszakokat kiragadva, hanem hosszabb, esetenként évtizedes időintervallumokat figyelembe véve végeztük el a korreláció analízist a NAO, illetve az AO index idősorokkal. Abban bízunk, hogy ezáltal egy általánosabb képet kaphatunk a jelenségek hatásairól a Kárpát-medence térségére nézve. Célunk, hogy korrelációs térképeken érzékeltesük az esetleges területi különbségeket, bemutassuk az éves meneteket, és elemezzük a kapcsolat erősségét különféle időskálákon egy 30 éves adatsor felhasználásával.

2. Felhasznált adatok

Kutatásunkban a klimatológiai időskálán történő vizsgálathoz az, 1981-2010 közötti 30 éves időszakra, az ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts - Európai Középtávú Előrejelző Központ) ERA-Interim adatbázisából nyertünk 1,5°x 1,5°-os horizontális rácsfelbontásban reanalízis adatokat, illetve csapadék esetében a 'forecast' (előrelzés) adatokkal (csapadékra nem készül analízis), ugyanezen adatbázis adatait használtuk a kiválasztott év eseményeinek elemzésére is.

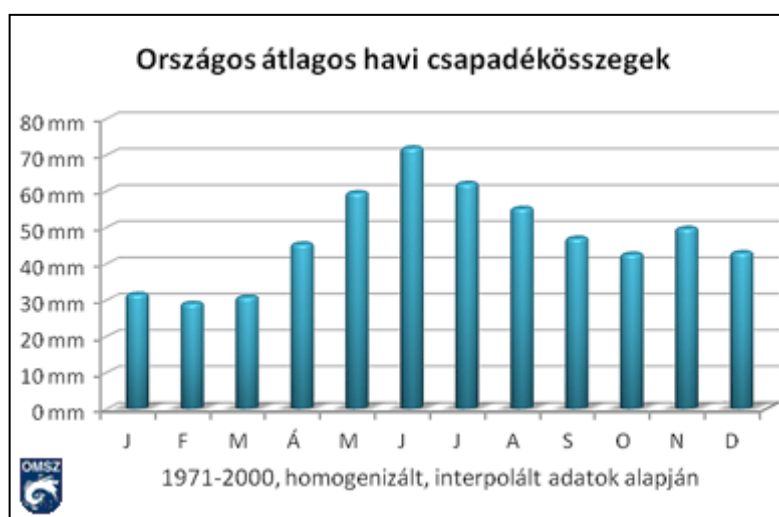
A helyzetelemzéshez az EUMETSAT Airmass RGB (légtömeg kompozit (vörös-zöld-kék) műholdképeit használtuk (www.eumetrain.org), valamint szintén az ERA-Interim reanalízis adatbázisát a mezők ábrázolásához. A légtömeg kompozit műholdkép választása több okból is előnyös. A műholdkép 4 csatorna (WV6.2, WV7.3, IR9.7, IR10.8) sugárzásméréseiből készített kompozit. A képeken elkülöníthető a magas szintű felhőzet (tisztá fehér), a középszintű (vöröses fehér), az alacsony szintű meleg felhőzet (zöld) és az alacsony szintű hideg felhőzet (sötétkék). Vörös színnel jelenik meg a potenciális örvényességi (PV) anomália területe, ezáltal a jet-stream elhelyezkedéséről is információt kapunk, liláskék színnel a felhő-mentes hideg légtömegek jelennek meg, sötétebb zöld színnel a nagy nedvességtartalmú, míg sárgászölddel az alacsony nedvességtartalmú meleg légtömegek. Így egyetlen műholdkép felhasználásával lehetővé válik a különféle szinteken elhelyezkedő szinoptikus skálájú képződmények azonosítása.

A NAO és AO index napi bontású számított értékeit készen átvettük a NOAA-Climate Prediction Center (Egyesült Államok Nemzeti Oceanográfiai és Légköri Hivatala - Éghajlati Előrejelző Központ) internetes oldaláról (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>), ahol 1950-től napjainkig, napi szinten számolt index értékek érhetők el.

3. Helyzetelemzés, a 2012-2013-as tél bemutatása

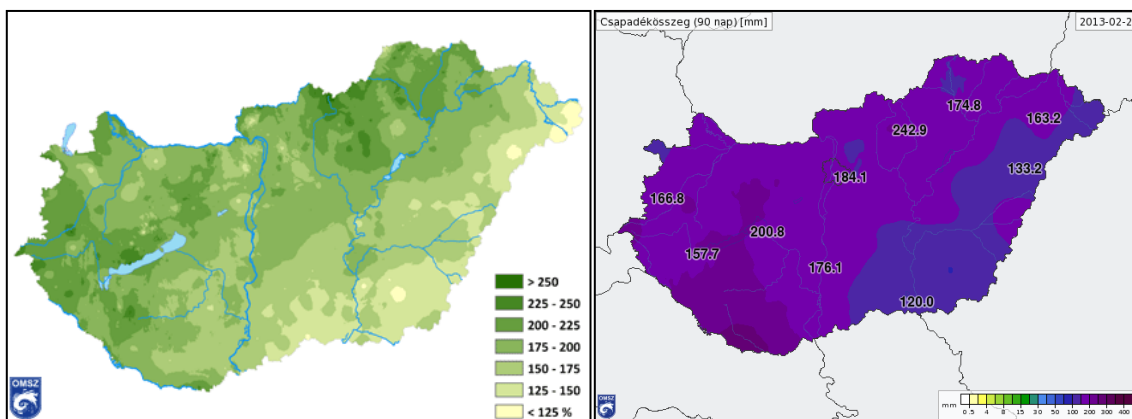
Kutatásunk motivációját, mint korábban említettük a 2012-2013-as tél rendkívüli időjárása adta. Felmerült a kérdés, hogy összefüggésben állhat-e a szokatlan szinoptikus helyzetek sorozata egy távkapcsolati hatással. Ennek megvizsgálása érdekében végeztünk korrelációs vizsgálatokat a NAO és az AO indexekkel. Az eredmények bemutatása előtt tekintsük át nagyvonalakban, az említett időszak időjárását, kiemelve az időszak néhány jellegzetességét.

Mint korábban említettük, szignifikáns eltérést a csapadékmennyiségben figyelhettünk meg. A havi csapadékátlagok 30 éves időszora alapján láthatjuk, hogy Magyarországon a legkevesebb csapadék télen hullik (4. ábra). Havi bontásban pedig január, február, és március a legszárazabb hónapok (www.met.hu).



4. ábra: A havi csapadékösszegek országos átlagai, az 1971-2000-es referencia időszak adatai alapján (forrás: www.met.hu)

A vizsgált 2012-2013-as télen azonban éppen ezek a hónapok bizonyultak kifejezetten csapadékosnak. Az Országos Meteorológiai Szolgálat minden hónap, illetve évszak után elkészíti annak összefoglalóját, felhasználva az országos mérőállomáshálózat adatait. Ezek alapján láthattuk, hogy az évszakai csapadékmennyiség jelentősen meghaladta a 30 éves szezonális átlagot, mely alapján a téli időszakra a 100 mm-es csapadékösszeg jellemző. A vizsgált időszakban bizonyos területeken ennek több mint kétszerese hullott le (5. ábra), és ennek döntő hányada január és február hónapokban (Vincze, 2013).



5. ábra: A 2012-2013-as tél csapadékanomáliája (referencia időszak: 1971-2000) százalékban kifejezve (bal oldal) és a téli csapadékösszegek (jobb oldal) (forrás:met.hu)

Lényeges megemlítenünk, hogy 2013-ban a március hónap még a téli hónapoknál is nagyobb pozitív csapadék anomáliát hozott, helyenként a szokásos havi csapadékösszeg háromszorosát produkálva (Rajhonáné Nagy, 2013), így a naptári tél időszakán túl mindenképpen bele kell venni a vizsgálatba a márciusi időjárási helyzetet is.

Az időjárási mezők áttekintésekor szembevető volt a futóáramlás elhelyezkedése, mely hosszú időn keresztül közel változatlanul a mediterrán térség felett tartózkodott. Miután a jet stream fontos szerepet játszik a szinoptikus rendszerek kialakulásában és későbbi viselkedésében, így ennek helyzete nagyban befolyásolhatja az időjárás alakulását, elsősorban a ciklonok pályáját, illetve a ciklongenezis helyszínét (Koch et al., 2006). Ha a 2012-2013-as tél során készült műholdképeket tanulmányozzuk, megfigyelhetjük, hogy az időszakban rendkívül nagy szerepet kaptak a mediterrán térség felett képződő vagy oda sodródó és ott ismét megerősödő ciklonok.

Az atlanti-európai térség ciklonaktivitását vizsgálta nemrég egy hazai kutatás (Bartholy et al., 2005), melyben a ciklonok gyakoriságát és pályáját tanulmányozták 45 éves időszak adatait felhasználva (1957-2002). Az eredményeik azt mutatják, hogy az Atlanti-Európai térségben a ciklonaktivitás éves szinten télen erősebb és a legtöbb ciklon Grönland és Izland felett alakul ki. A Kárpát-medence időjárásában legnagyobb szerepet az izlandi alacsony nyomásközpontban keletkező mérsékeltövi ciklonok játszanak, hiszen a térségben a nyugatias zonális áramlások dominálnak. A meridionális áramlásoknak másodlagos szerepe van és csak speciális esetekben válnak hosszabb időre dominánssá a térségben. Ilyen ritkábban előforduló estekkel foglalkozik Tóth 2006-os munkájában arra az 1986-2005 közötti időszak téli féléveinek nagy csapadékot adó helyzeteit vizsgálta. Arra a következtetésre jutott, hogy az esetek legalább felét egy blokkoló anticiklon és a vele egy időben fellépő, a Földközi-tenger térségéből érkező ciklon eredményezte

hazánkban. Ebbe az eredménybe jól illeszkedik a 2013-as téli nagy csapadékú időszak is, hiszen a csapadéknak gyakorlatilag 100%-a a földközi tenger térségéből érkezett hazánkba, miközben Nagy-Britannia és Izland térségében sok esetben anticiklon helyezkedett el.

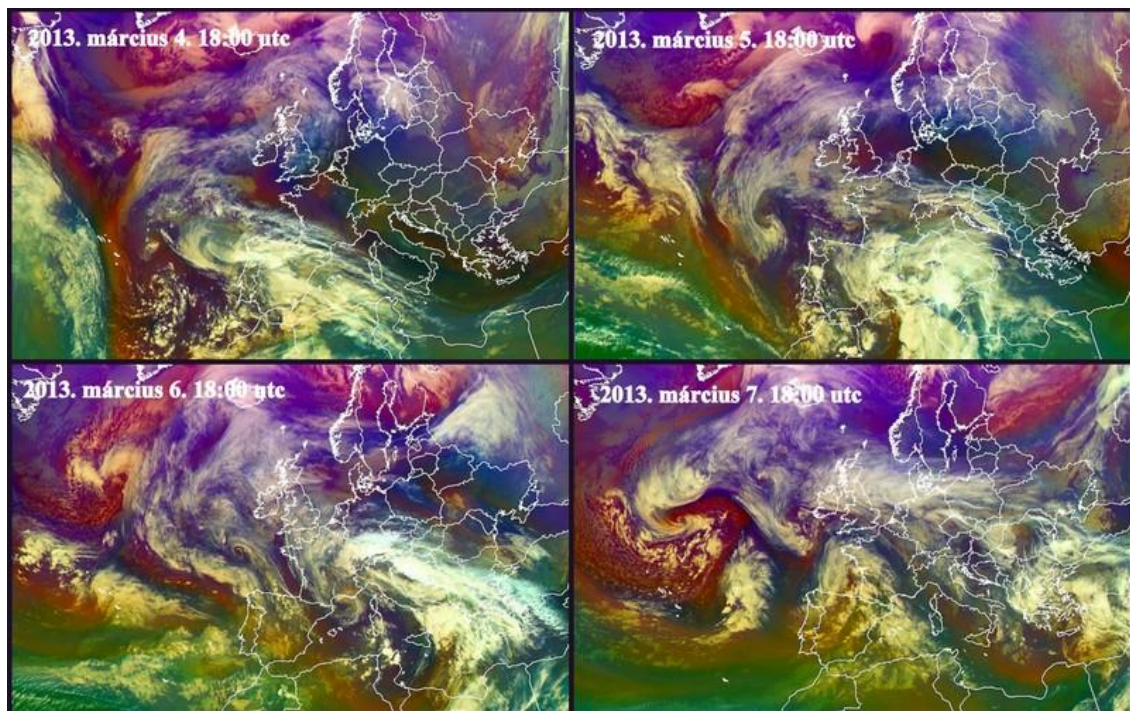
Nem szokatlan jelenség tehát a Kárpát-medencében a mediterrán ciklonok által szállított csapadék, sőt a téli időszakban a nagy havazással járó helyzetek kialakulásáért leggyakrabban e ciklonok felelősek. Tehát annak ellenére, hogy gyakoriságukat tekintve alulmaradnak a mérsékelt övi ciklonok számával szemben, időjárás-alakító szerepük miatt különleges jelentőséggel bírnak (*Bartholy et al.* 2006). A következőkben műholdképek segítségével bemutatjuk, hogy a vizsgált télen hogy alakult a ciklonok aktivitása és pályája, és a futóáramlás hogyan helyezkedett el.

Decemberben és január elején elsősorban az izlandi térség irányából érkeztek hazánk területe fölé ciklonok. A futóáramlás helyzetére jellemző volt, hogy nagy amplitúdójú hullámok keletkeztek rajta, melyek változó mértékben ugyan, de gyakran alacsony szélességek fölött húzódtak. Január vége felé és februárban már szinte kizárólag a mediterrán térség irányából érkező ciklon érte el hazánkat, és szinte 2-3 naponta történt ciklogenezis. Objektív elemzést nem végeztünk a ciklonok beazonosítására, így a műholdképek segítségével csak körülbelüli számukat becsülhetjük, de az mindenképpen látszik, hogy a január végétől márciusig tartó időszakban uralkodó szerepük volt az a mediterrán térségből érkező ciklonoknak a Kárpát-medence időjárásának alakításában. E ciklonok a Földközi-tenger térségéből enyhe és nedves légtömeget szállítottak magukkal, s így nagy mennyiségű csapadékot produkáltak.

A jet stream elhelyezkedése, mint említettük, szoros összefüggésben áll a ciklonképződéssel. A jet-stream elhelyezkedésére jellemző, hogy a téli félévben délebbre helyeződik (*Koch et al.*, 2006) és megerősödik a nyári félévhez viszonyítva. Ilyenkor gyakran lenyúlik a Földközi-tenger térségéig. A vizsgált időszakban a kialakult nagy amplitúdójú hullámok sok esetben egészen Észak-Afrika területéig lenyúltak, innen esetenként saharai port is szállítva a Földközi-tenger térségébe, majd onnan Közép-Európába a ciklonok segítségével. Eleinte csak egyre nagyobb hullámok keletkeztek a Rossby hullámon, majd később egy ilyen hullám közel stacionáriussá vált. Ekkor február közepétől április közepéig az azori térségen keresztül a Földközi-tenger fölé nyúlva helyezkedett el. Ezen a hosszan megnyúlt, planetáris skálájú hullámon időről időre rövidebb hullámok alakultak ki, melyek rendre kialakították, gerjesztették, és közép Európa irányába szállították a ciklonokat.

A mediterrán ciklonok kialakulásában ritkán játszik szerepet a futóáramlás, általában mérsékelt övi ciklonok peremén alakulnak ki különböző hatásokra (oroográfia, meleg tengerfelszín). Éppen ezért e ciklonok általában kisebbek, sekélyebbek és rövidebb életűek, mint az atlanti-térségben képződő társaik. 2012-2013 telén azonban sorra olyan ciklonok alakultak ki a Földközi-tenger térségében, melyek kialakulásába és megerősödésében a futóáramlás kulcsszerepet játszott. Ezért e ciklonok méretükben és hatásukban gyakran erősebbek voltak az átlagnál. Élethosszuk viszonylag rövid volt ugyan, de ez idő alatt hatalmas távokat tettek meg, szintén a jet stream segítségével.

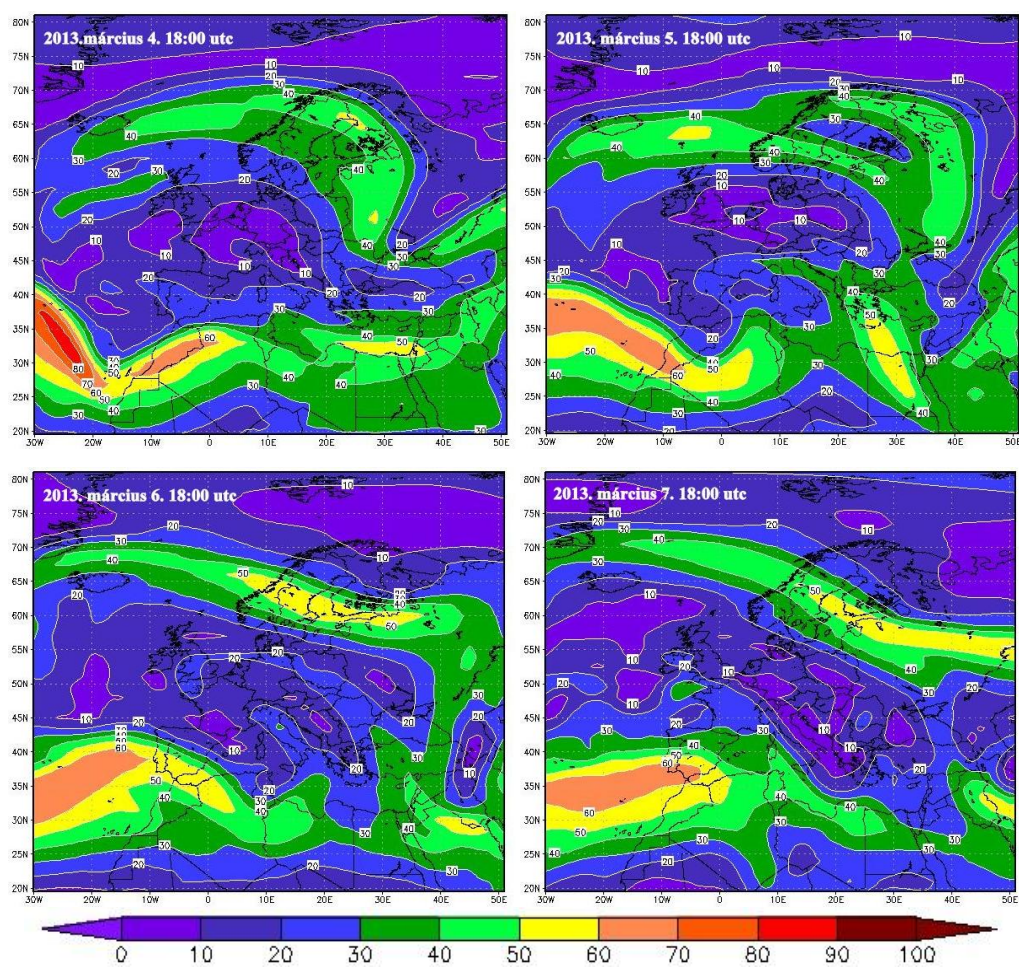
Kialakulásuk helyszíne is sok esetben eltérő volt a megszokottól (*Trigo et al.*, 1999), hiszen megfigyeltünk több olyan esetet is, amikor a nyomáscentrum nem a mediterrán térségben keletkezett. Ekkor az atlanti-térségből besodródott, legyengült ciklon a Földközi-tenger fölé érve ismét megerősödött. A 6. ábrán légtömeg kompozit műholdképek segítségével megvizsgálhatjuk egy szemléletes példáját e besodródó és megerősödő ciklonoknak. Láthatjuk, hogy a ciklon Izland térségétől jóval délebbre, de az atlanti-térség felett képződött, majd innen sodródott az Ibériai-félszigeten keresztül a Földközi-tenger fölé, és itt megerősödve indult el a kontinens belseje felé. Az ábrán négy egymást követő napon, 2013. március 4. és 7. között 18:00UTC-kor készült műholdképet láthatunk.



6. ábra: Az atlanti-térség felett képződő majd a Földköz-tenger fölé sodródó ciklonoknak egy jellegzetes példája (2013. március 4-7.) (forrás: www.eumetrain.org)

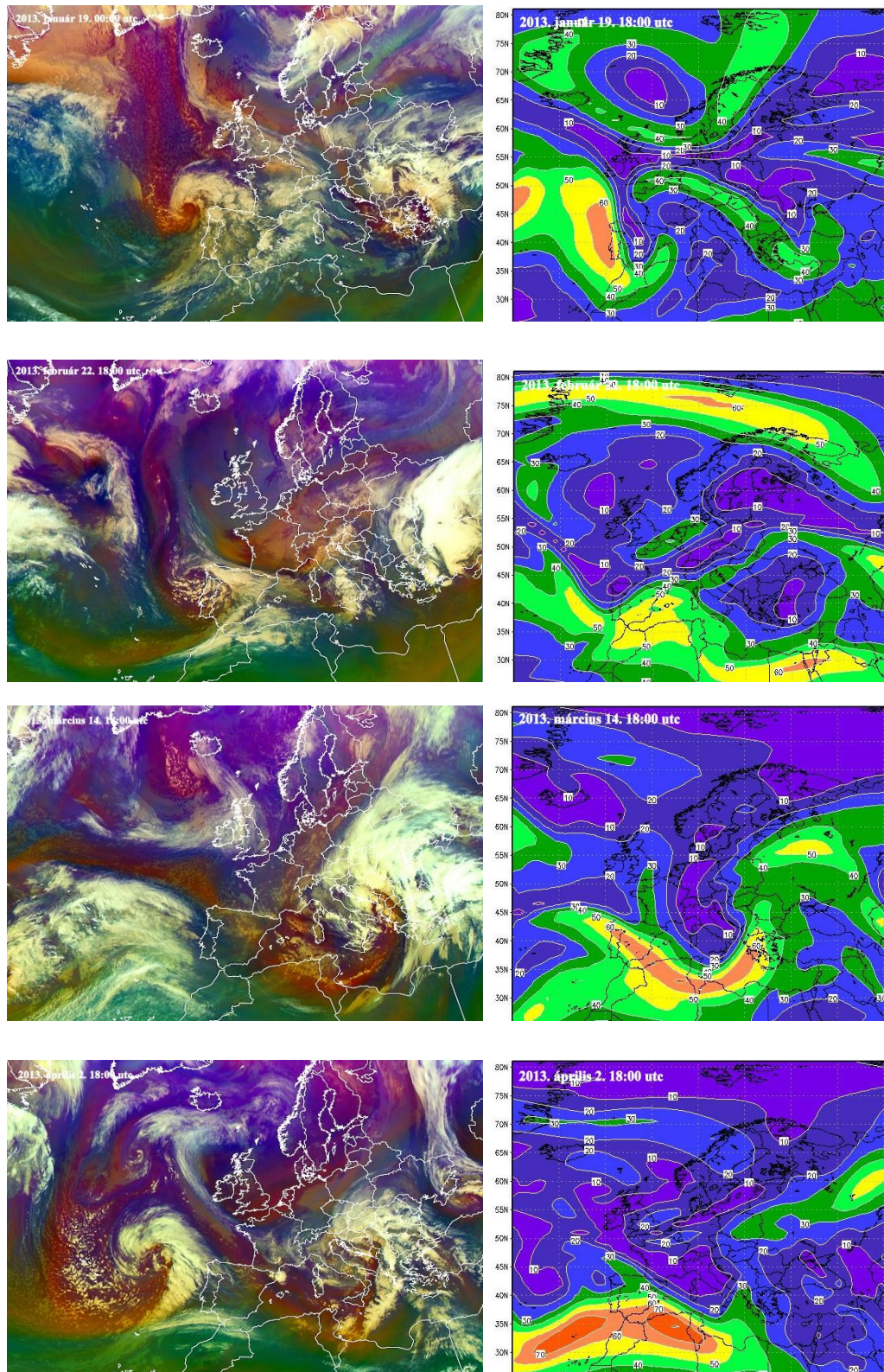
Megfigyelhetjük, hogy az utolsó képen már a soron következő új ciklon is megjelenik. Mint említettük ebben az időszakban néhány naponként követték egymást a nagyon hasonló pályán mozgó képződmények.

A 7. ábrán a fent bemutatott időpontra készült reanalízis adatok alapján ábrázoltuk a 300hPa nyomási szint szélességi mezejét, ami jól reprezentálja a futóáramlás elhelyezkedését. Bár a légtömeg kompozit műholdkép alapján is tudunk következtetni a futóáramlás elhelyezkedésére (vörös árnyalattal jelenik meg a pozitív potenciális örvényességi anomália területe, mely jó közelítéssel megegyezik a jet stream elhelyezkedésével), de a tisztább átláthatóság kedvéért külön ábrán is ábrázoltuk. Látható, hogy a jet egészen délen, Észak-Afrikát is érintve helyezkedik el, és szoros kapcsolatban áll a ciklon helyzetével.



7. ábra: A 300 hPa szintre ERA Interim reanalízis adatok alapján meghatározott szélességi mező 2013. március 4. és 7. között

A 8. ábrán néhány példa látható további jellegzetes esetekre. A képeken januártól áprilisig minden hónapból kiválasztottunk egy-egy helyzetet.



8. ábra: A 2012-13-as télre gyakran jellemző időjárási helyzet néhány jellegzetes megjelenése a légtömeg kompozit (bal oldal) és a 300 hPa szélességi mező (jobb oldal) képeken (forrás: www.eumetrain.org)

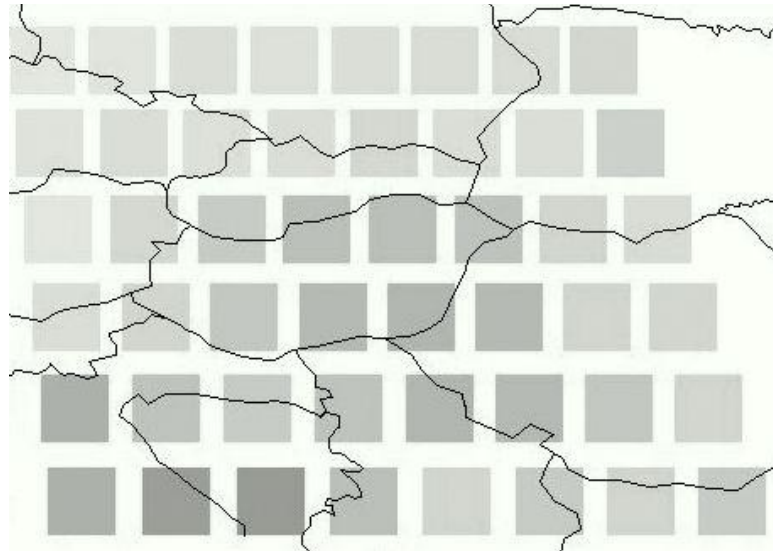
Mind a négy helyzet olyan esetet mutat be, amikor az azori-térségben alacsony nyomású képződmény (ciklon) helyezkedik el. Ez a négy eset csak egy kis szelete annak a számtalan hasonló helyzetnek, ami 2012-2013 telén és tavaszán előfordult, de jól szemléltetik, hogy miért gondoltunk távkapcsolati hatásra a szokatlan elrendeződéssel kapcsolatban. A NAO negatív fázisának jellegzetes ismertetője az azori-térségben a szokásosnál alacsonyabb légnyomású helyzet. E képek alapján az index értékének ismerete nélkül is következtethetünk arra, hogy a NAO negatív fázisban volt. A vizsgált időszakban amellet, hogy a ciklonok sok esetben az azori-térség felett tartózkodtak, Izlandon hosszú ideig anticiklonális helyzet volt. Az időszakra vonatkozó index értékek részletes bemutatására a *6.1 fejezetben* térünk ki.

A fent bemutatott négy helyzetben az azori-térségben alakuló ciklonon kívül megfigyelhető a Földközi-tenger térségében elhelyezkedő, vagy esetenként már Közép-Európa fölé áthelyeződő mediterrán ciklon is, ami alátámasztja a megfigyelt nagy ciklonaktivitásról alkotott képet. Ezeken kívül mind a négy esetben a jet stream elhelyezkedése is nagyon hasonló, délre tolódott, és legaktívabb magja Észak-Afrika és az Ibériai-félsziget felett látható. A szokatlan helyzet alapján azt feltételezhetjük, hogy valamely egyoldalú erős távkapcsolati hatás befolyásolta az egész tél, illetve a tavasz első felének időjárását is.

A következő fejezetben megvizsgáljuk a különböző időjárási paramétereknek a NAO és AO indexekkel való kapcsolatát klimatológiai időskálán, majd ezek fényében a 2012-2013-as tél tekintetében.

4. Az éghajlati paraméterek kapcsolata a NAO és az AO indexszel 30 éves időskálán

Elsőként 30 éves adatsoron vizsgáltuk a Kárpát-medence időjárásának a NAO és AO indexekkel való kapcsolatának a mértékét, korrelációs együtthatókkal kifejezve. A kapcsolat fennállása természetesen nem jelent ok-okozati viszonyt a két vizsgált érték között, mindössze a távkapcsolat erősségének számszerűsítésére szolgál. A vizsgálatokhoz az éghajlati paraméterek értékeit az Era Interim adatbázisából értük el, 1,5° rácsfelbontásban, 48 rácspontra, melyek a Kárpát-medence térségét fedik le. A rácspontok elhelyezkedését szemlélteti a következő ábra (9. ábra).



9. ábra: A vizsgálathoz kiválasztott 48 rácspont

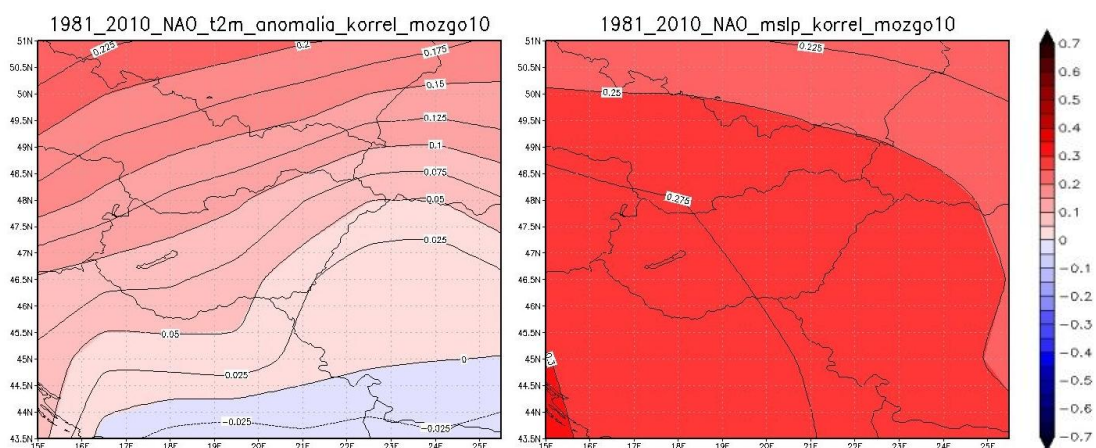
A vizsgált paraméterek:

- *felszínközeli (2 méteres) hőmérséklet*
- *tengerszinti légnyomás*
- *500hPa nyomási szint geopotenciális magassága*
- *850 hPa nyomási szint relatív nedvessége*
- *napi csapadékösszegek*
- *300hPa nyomási szint szélessége*

4.1 Az időjárási paraméterek és a NAO index korrelációs vizsgálata 30 éves időskálán

A NAO index európai hatásával már több hazai és nemzetközi kutatás is foglalkozott, Magyarországi állomási adatokkal is folyt már összehasonlítás, melyek eredményeit korábban bemutattuk. Ezek a kutatások azonban főként a makrocirkulációs típusokra, az azokkal való összefüggésekre koncentráltak, illetve az indexekkel szélsőséges időjárási események megjelenésének összefüggéseit vizsgálták. Éppen ezért szükségesnek tartottunk egy átfogóbb elemzést, aminek során 30 éves teljes klimatológiai idősoron végeztünk korrelációs vizsgálatokat az időjárási paraméterek és a cirkulációs indexek értékei között. A paraméterek értékeiből a 12 UTC-re vonatkozó reanalízis adatokkal számoltunk, a csapadék esetében pedig a 3 órás csapadékösszegekre vonatkozó előrejelzésekből számított napi csapadékösszegekkel. Az idősor hossza a teljes éves vizsgálatoknál szükségessé tette a kiugró értékek hatásának csökkentése végett 10 napos mozgóátlagolás elvégzését minden paraméter esetén. Az eredményeket korrelációs térképeken mutatjuk be.

Az első választott paraméter a *felszínközeli hőmérséklet (2 m-en)*. A hőmérséklet esetén 30 éves napi átlagértékektől vett eltérést (anomáliát) számítottunk az éves menet kiszűrése érdekében. A 10. ábra bal oldalán a 30 éves teljes időszakra vonatkozó kapcsolatot mutatjuk be korrelációs térkép segítségével a Kárpát-medence térségére.



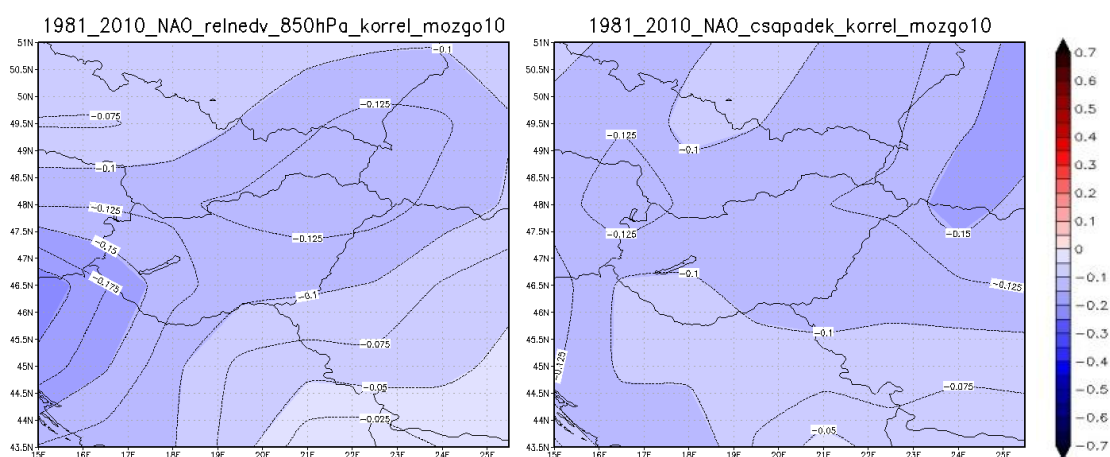
10. ábra: A teljes éves korreláció eredményei a NAO és a *felszínközeli hőmérséklet* (bal oldal) és a *tengerszinti légnyomás* (jobb oldal) esetében.

Az ábrán látható, hogy a korreláció értékek nem túl magasak, ám miután a vizsgált idősor elemszáma igen magas (10957), napi adatokról lévén szó, az eredményeink

minden esetben 99%-nál is erősebb szignifikancia szint mellett érvényesek, tehát a kapcsolat valószínűleg tekinthető. Az együtthatóknak jellegzetes területi eloszlása van, mely főként zonális változásokat mutat. Legerősebb, bár még így sem túl magas korreláció értékek (+0,25) a vizsgált terület északi-északnyugati részén mutatkoznak. Európában tehát északabbra erősebb pozitív kapcsolat mutatkozik a NAO és a hőmérséklet között, valamint délre haladva előjelváltás történik, ez azt jelenti, hogy pozitív NAO Észak-Európában a megszokottnál magasabb hőmérsékleteket okoz.

Ha a *tengerszinti légnyomás* és a NAO kapcsolatát vizsgáltuk 30 évre, akkor sokkal homogénebb és valamivel erősebb, +0,25 és +0,3 közötti korreláció értékeket kaptunk (10. ábra jobb oldal). Ez esetben a területi eltérés nem jelentős, a kapcsolat erőssége enyhén növekszik délnyugat felé haladva. Ez azzal állhat összefüggésben, hogy minél délnyugatabbra megyünk, annál egyértelműbben érvényesül az azori anticiklon hatása: az anticiklon erősödése (és ezzel együtt a NAO index növekedése) a légnyomás növekedését eredményezi, míg az anticiklon leépülése (és a NAO index csökkenése) a vizsgált térségben is a légnyomás csökkenésével jár együtt (ami sokszor a ciklonok gyakoriságának növekedésében ölt testet).

Az *500hPa nyomási szint geopotenciális magasságának* változásával való kapcsolat éves szinten gyenge, dél felé negatív, északra pozitívba váltó korrelációs együtthatókkal, ám ezek értéke igen alacsony, abszolút értékben 0,1-et is csak egy rácspontban éri el (Függelék, 49. ábra).

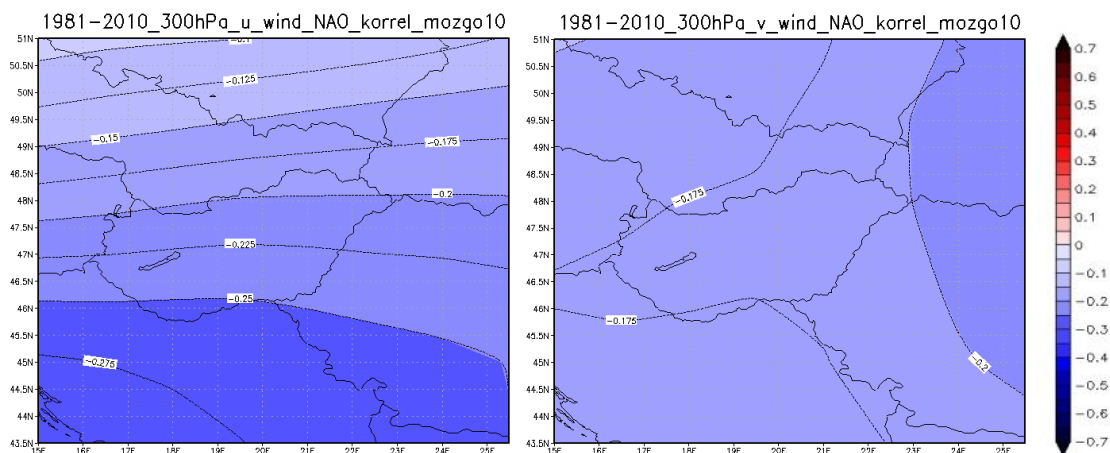


11. ábra: A teljes éves korreláció eredményei a NAO és a 850hPa szintű relatív nedvesség (bal oldal) és a napi csapadékösszegek (jobb oldal) esetében.

A **850hPa nyomási szint relatív nedvességével** is viszonylag gyenge, ám határozottan negatív korrelációs együtthatókat kaptunk, a legerősebb kapcsolatot mutató rácspontokban is csak -0,2 az együttható értéke (11. ábra bal oldal).

A **napi csapadékösszegekkel** szintén elég gyenge a kapcsolat (maximálisan -0.15 terjedő értékek) (11. ábra jobb oldal).

A **300 hPa nyomásszinti szél** sebességével, melyet u és v komponensből számítottunk nagyon alacsony korrelációk jöttek ki, melyek abszolút értékben 0,1 körüli értékeket vettek fel maximálisan. Mivel a szélszámítás során, a szélirányra vonatkozó információk elvesztek, ezért külön u és v szélkomponenssel is elvégeztük a számításokat, s így jóval erősebb értékeket kaptunk, a két komponens közül az u-val mutatkozik némileg erősebb kapcsolat (-0,27) (12. ábra). Az u komponens esetében délen jelentkezik erősebb kapcsolat, míg a v komponens esetében keleten.

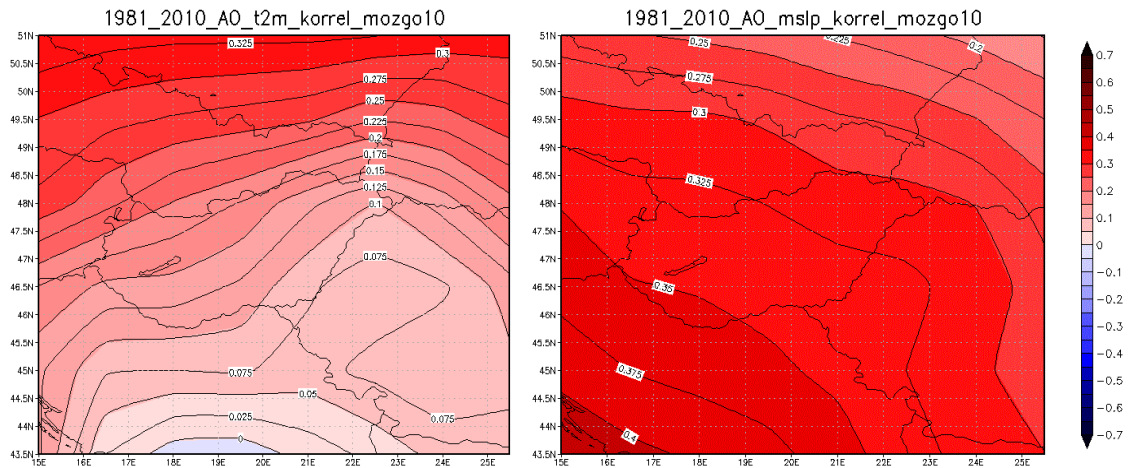


12. ábra: A korrelációs együttható területi eloszlása a Kárpát-medencében az NAO és a 300hPa-os szél u (bal oldal) és v komponense (jobb oldal) esetében az 1981-2010-es teljes időszakra vonatkozóan

4.2 Az időjárási paraméterek és az AO index korrelációs vizsgálata 30 éves időskálán

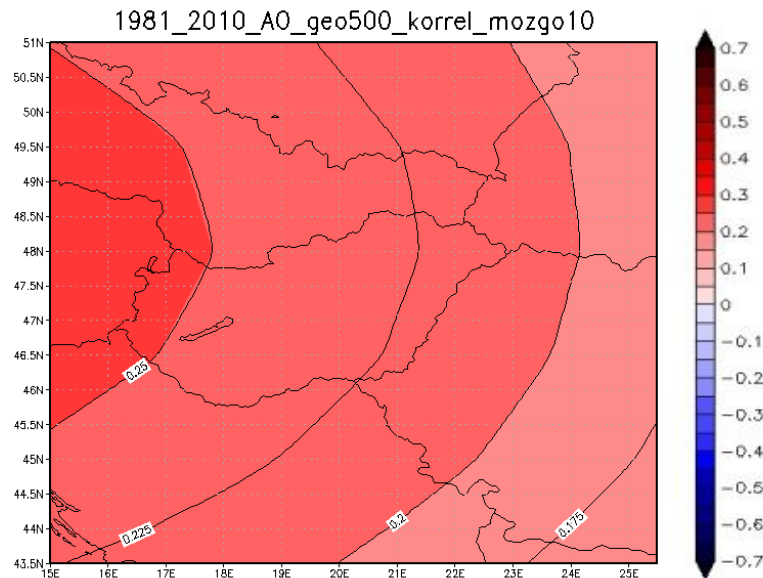
Az AO indexek esetén a vizsgálatot ugyanazokkal a paraméterekkel végeztük el, mint a NAO estében. Elsőként itt is a **felszínközeli hőmérsékletet** vizsgáltuk (12. ábra). Rögtön szembetűnik az, hogy területi eloszlása nagyon hasonló a NAO esetén látottakhoz, ám valamivel erősebb értékek adódtak, a vizsgált terület északi részén +0,35 a legmagasabb érték.

Ugyanez elmondható a *tengerszintre átszámított légnyomás* esetében is, itt már +0,4 érték is előfordult a régió délnyugati részein.



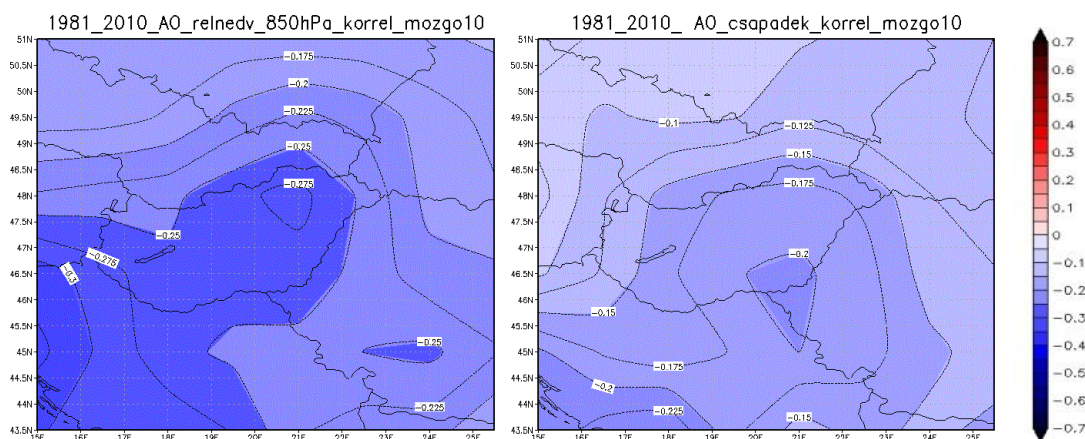
13. ábra: A korrelációs együttható területi eloszlása a Kárpát-medencében az AO és a felszínközeli hőmérséklet (bal oldal), illetve a tengerszinti légnyomás (jobb oldal) esetében az 1981-2010-es teljes időszakra vonatkozóan

Az AO-nak az *500hPa-os nyomási szint geopotenciális magasságával* való kapcsolata valamivel erősebbnek bizonyult, mint a NAO esetében. A régió északnyugati területén +0,25 értéket ért el és a kapcsolat keleti irányba haladva csökken (13. ábra).



14. ábra: A korrelációs együttható területi eloszlása a Kárpát-medencében az AO és az 500 hPa-os nyomási szint geopotenciális magassága esetében az 1981-2010-es teljes időszakra vonatkozóan

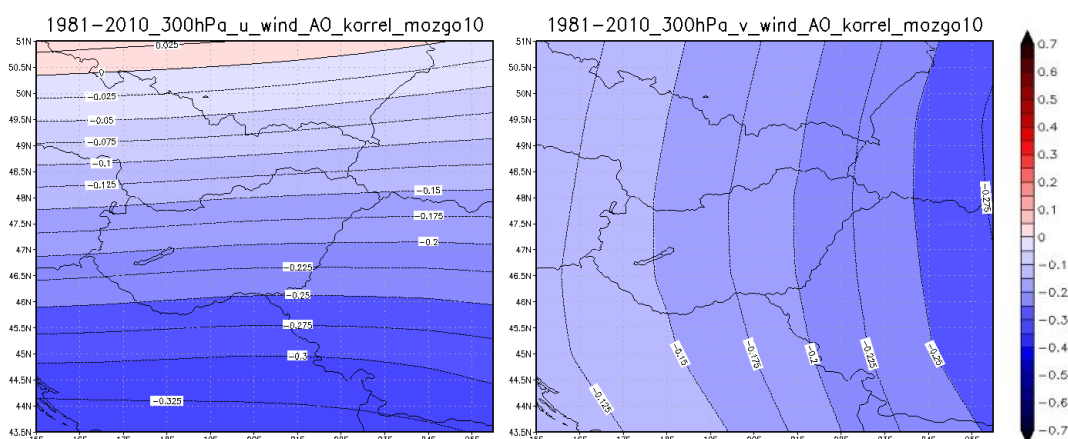
A 850hPa-os nyomási szint relatív nedvességével is a NAO-nál erősebb és szintén negatív együtthatók adódtak (-0,3 és -0,17 között), a területi eloszlás a két indexet összehasonlítva igen hasonló mintázatot mutat (14. ábra bal oldal).



15. ábra: A korrelációs együttható területi eloszlása a Kárpát-medencében az AO és a 850 hPa-os szint relatív nedvessége (bal oldal) és a napi csapadékösszegek (jobb oldal) esetében az 1981-2010-es teljes időszakra vonatkozóan

A napi csapadékösszegekkel -0,2-öt valamivel meghaladó értékek adódtak maximálisan, dél felé erősödő együtthatókkal (15. ábra jobb oldala).

A 300hPa-os nyomási szint szélsebessége esetében hasonlóan gyenge korrelációkat kaptunk, mint a NAO-val, ezért ez esetben is elvégeztük komponensenként is a számítást. A területi eloszlás nagyon hasonló a NAO-val kapott korrelációs térképen látottakhoz, viszont mindkét komponens esetében erősebb együttható értékek adódtak (-0,3 feletti).



16. ábra: A korrelációs együttható területi eloszlása a Kárpát-medencében az AO és a 300hPa-os szél u (bal oldal) és v komponense (jobb oldal) esetében az 1981-2010-es teljes időszakra vonatkozóan

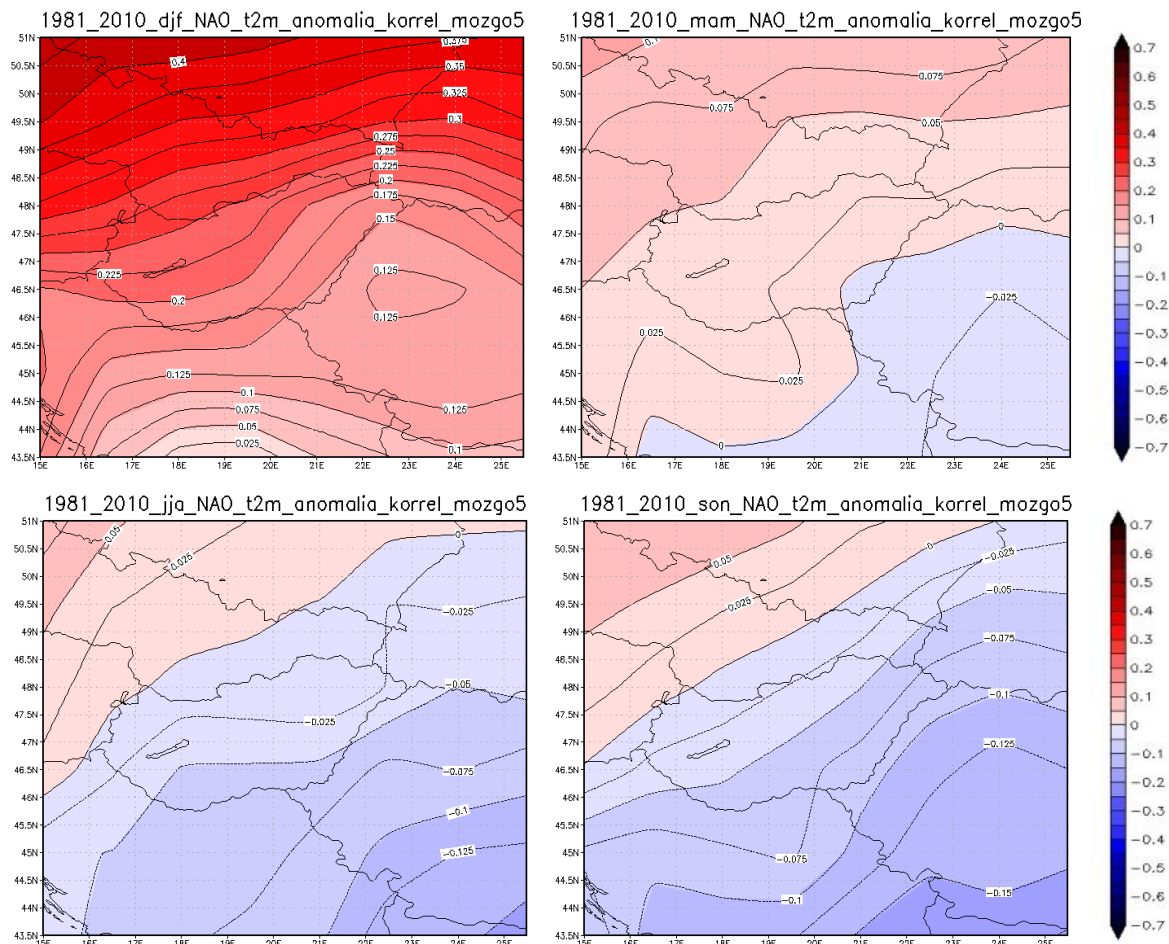
Az AO esetében is az u komponenssel van erősebb kapcsolat, ennek oka feltehetőleg az, hogy a jet stream legtöbb esetben zonális elhelyezkedésű, így a zonális szélességeket reprezentáló u szélkomponens dominál kialakulásában (16. ábra).

Összességében elmondható, hogy a teljes 30 éves adatsoron vizsgálva egyik paraméter esetében sem találtuk erősnek a korrelációt a két indexre nézve, de a kapcsolat minden esetben statisztikailag szignifikáns (99%-os szignifikancia szinten), és legtöbb esetben a kapcsolat erőssége sem elhanyagolható, bár nem kiemelkedő. Ezen kívül sok esetben megfigyelhető határozott zonális megváltozás az értékek területi eloszlásában. A vizsgált meteorológiai paraméterek közül a NAO és az AO index esetén is a tengerszinti légnyomással volt a legerősebb a kapcsolat. Minden esetben azt láthattuk, hogy az AO indexszel magasabb értékek adódtak, mint a NAO indexszel.

Miután a szakirodalom hangsúlyozza (ld. 1. fejezet), hogy éves szinten jelentős eltérések vannak minkét távkapcsolati jelenség hatásaiban, így valószínűnek tartottuk, hogy a 30 éves klimatológiai időskála alkalmazása eleve gyengébb korrelációs együttthatókat eredményez. Hogy megkeressük, mely időszakokban jelentős e távkapcsolati hatások szerepe az egyes időjárás paraméterek alakulásában, először évszakos, majd havi bontásban is megismételtük a számításokat. Az évszakos adatsorokon 5 napos, míg a havi adatsorokon 3 napos mozgóátlagolást végeztünk, kivéve a csapadékot, aminél minden esetben 10 napos mozgóátlagolás történt, hogy a csapadékmentes időszakok erőteljes hatását kiszűrjük.

4.3 A különféle meteorológiai paraméterek és a NAO index évszakos és havi idősorain végzett korrelációs vizsgálatok

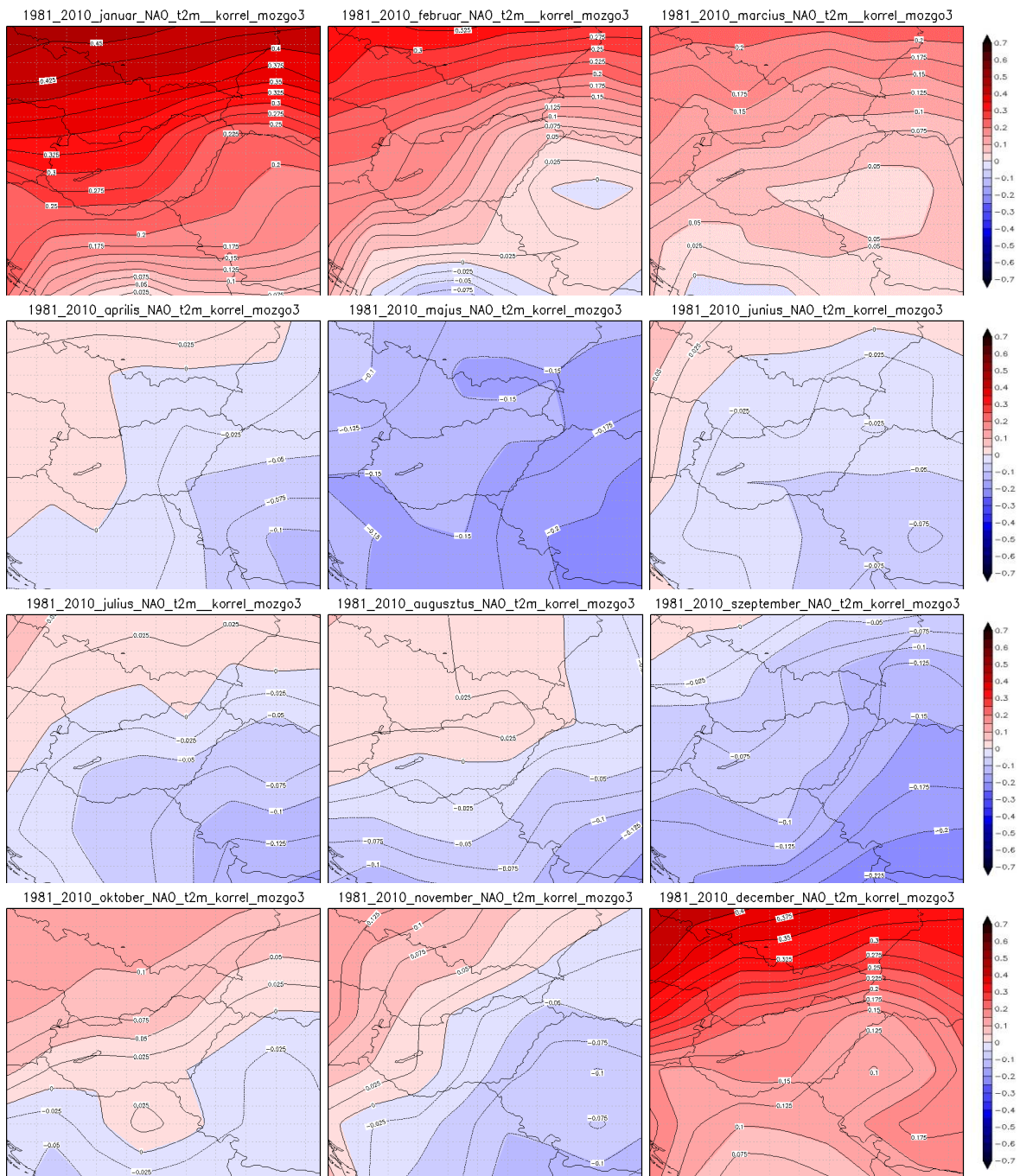
A *felszínközeli hőmérséklet* esetében megfigyelhetjük, hogy ha évszakokra lebontva végezzük el a korrelációs vizsgálatot, akkor télre jóval erősebb értékek adódnak, mint az év többi részére. Az éves adatsor alapján számított +0,25 helyett itt már +0,45 a korrelációs együtttható értéke a vizsgált terület északi részén elhelyezkedő rácsponatok esetében. A tavasz, a nyár és az ősz viszont egyrészt gyengébb kapcsolatokat mutat, másrészt a területen belül egy előjelváltás következik be, a déli-délkeleti részen negatív a korrelációs együtttható értéke ($\sim -0,1$) (17. ábra).



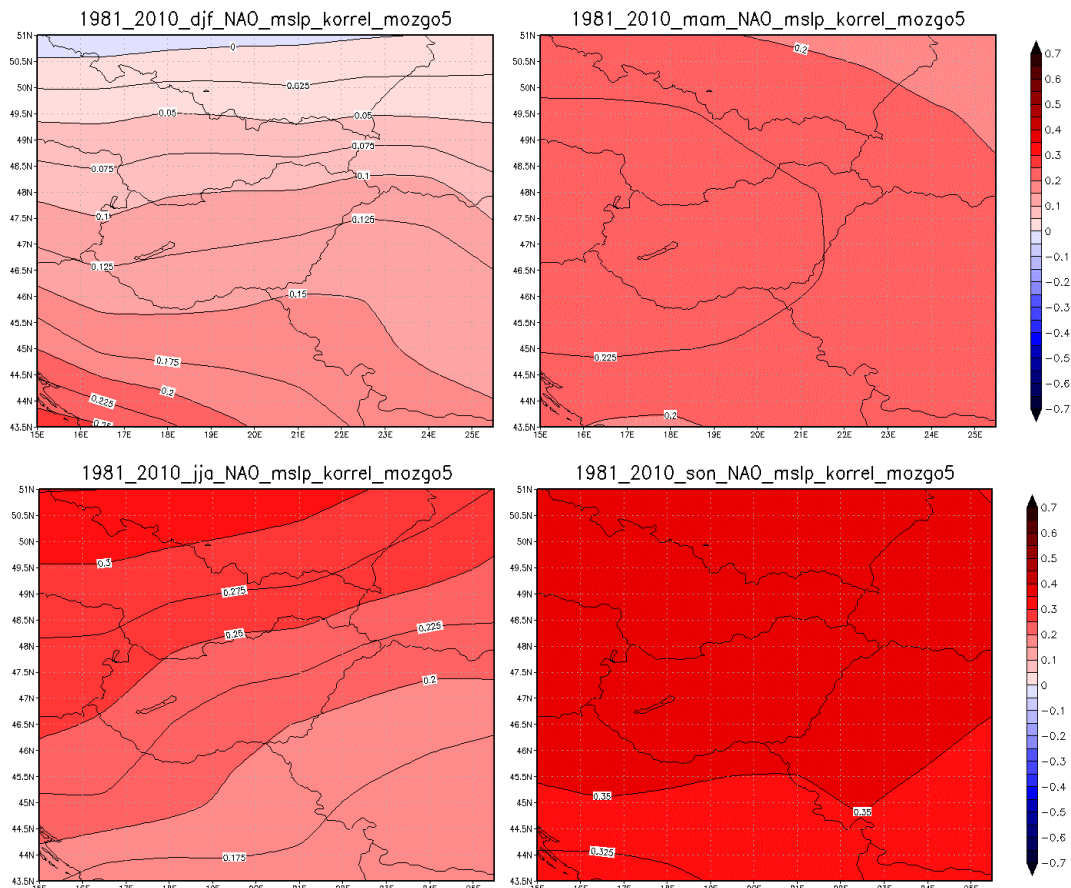
17. ábra: A felszínközeli hőmérséklet és a NAO index évszakos korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében az 1981-2010 közötti adatsorok alapján

Hogy lássuk valójában mely hónapokban legerősebb a felszínközeli hőmérséklet és a NAO közötti kapcsolat, illetve hogy alakul a korrelációs együtthatók területi eloszlásának éves menete, az adatsorok közötti összefüggést havi bontásban is megvizsgáltuk. A 18. ábrán minden hónapra bemutatjuk a kapott értékeket, így jól megfigyelhetjük az éves menet sajátosságait. A többi hónap értékei nem tekinthetők számottevő kapcsolatnak. Megfigyelhetjük, hogy több hónap esetében is a negatív és pozitív kapcsolatot elválasztó határvonal Magyarországon, vagy annak közvetlen közelében húzódik. Valószínű tehát, hogy a változatos eredmények mögött az áll, hogy a Kárpát-medence az ellentétes hatások határvonalán helyezkedik el. Ahogy a szakirodalomból láthattuk, az AO és a NAO szélsőértékei éppen ellentétes hatással bírnak Észak- és Közép-Európára, mint Dél-Európára. Például Észak- és Közép-Európa pozitív NAO index esetén melegebb és csapadékosabb, míg Dél-Európa a megszokottnál

hűvösebb és szárazabb. Az eredmények azt mutatják, hogy a Kárpát-medence e két terület találkozásánál fekszik, és az ellentétes hatások éppen itt váltják fel egymást.



18. ábra: A felszínközeli hőmérséklet és a NAO index havi korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében az 1981–2010 közötti adatsorok alapján

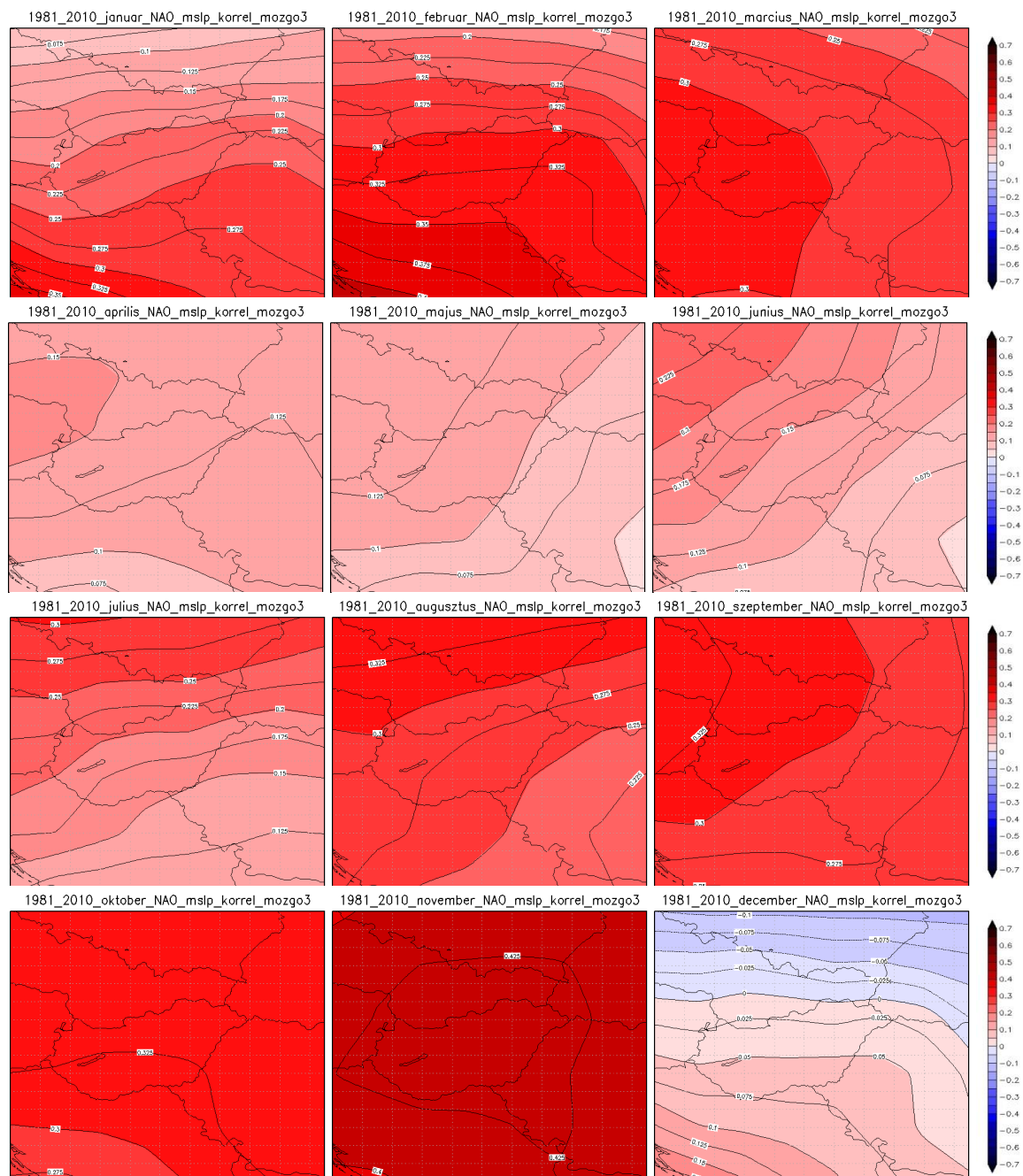


19. ábra: A tengerszintre átszámított légnyomás és a NAO index évszakos korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében az 1981-2010 közötti időszak alapján

A tengerszintre átszámított légnyomás értékei esetén már kisebbek a különbségek az évszakos eloszlást vizsgálva (19. ábra). Az éves menet is más jellegű, mint a hőmérsékletnél. Itt nem a téli időszakban jelentkezik a legerősebb kapcsolat az index értékével, hanem az őszi (szeptember–október–novemberi) időszakban, sőt télen van a kapcsolat erősségének minimuma +0,25 maximális értékkel. Megfigyelhető továbbá, hogy nincs jelentős területi változás sem, az értékek sokkal homogénebbek, mint az eddigi eredményeknél, a téli és a nyári időszakban figyelhetünk meg enyhe, közel zonális változást, télen a kapcsolat mértéke észak felé csökken, míg nyáron épp ellentétesen, ekkor az értékek dél felé gyengülnek enyhén (+0,35 és +0,15 között). Tavasszal és ősszel szinte az egész régió területén azonos a kapcsolat erőssége a rácspontokban, tavasszal +0,20 az átlagos értéke az együtthatóknak a régióban, míg ősszel +0,35.

A havi eloszlásokat vizsgálva is megfigyelhetjük (20. ábra), hogy az éves menet kevésbé szélsőséges, mint a felszinközeli hőmérséklet esetén volt. Szembetűnő, hogy decemberben van a leggyengébb kapcsolat, és egyedül itt figyelhetőek meg negatív értékek, novemberben pedig a többi értéknél magasabb együtthatók adódtak (+0,4 feletti),

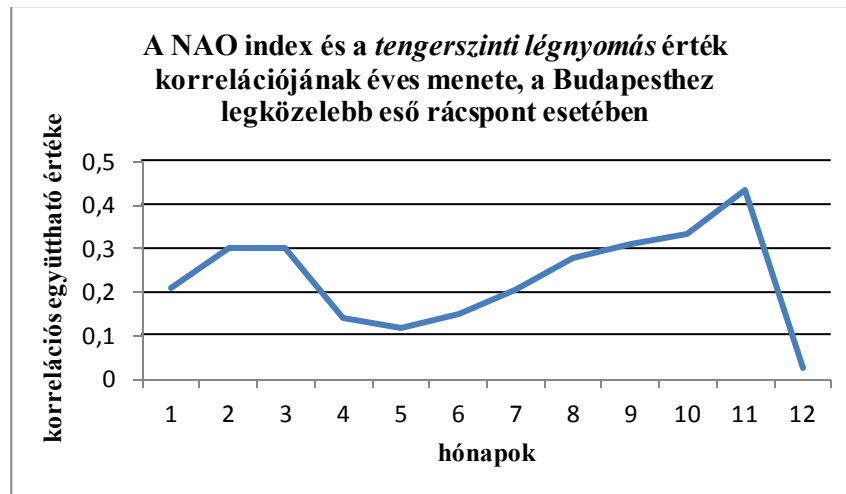
homogén területi eloszlással. Egységesen $+0,3$ feletti korrelációs értékeket láthatunk február, március, augusztus, szeptember és október hónapokban.



20. ábra: A tengerszintre átszámított légnyomás és a NAO index havi korrelációs együttthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében az 1981-2010 közötti adatsorok alapján

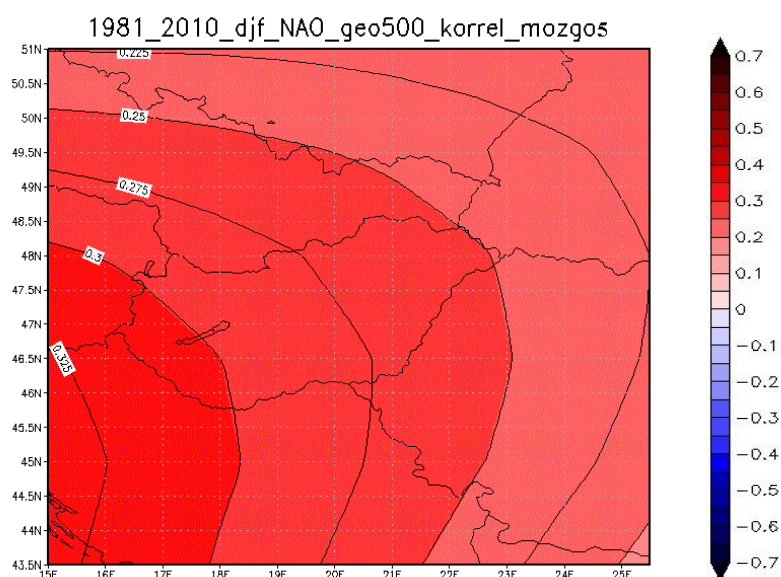
Ezzel szemben áprilisban, májusban, júniusban és júliusban a leggyengébbek a korrelációs együtttható értékei. A maximum tehát novemberben látható ($+0,43$), a minimum pedig decemberben ($-0,1$ és $+0,1$ közötti értékek az egész régióban). Az éves menet szemléletesebb ábrázolása céljából a Budapesthez legközelebb eső rácspont havi

korrelációs együtthatóinak értékét grafikonon ábrázoltuk, amit a 21. ábra mutat be. A legszembetűnőbb változás a hirtelen csökkenés november és december között, valamint az áprilistól júniusig tartó alacsony korrelációval rendelkező időszak.



21. ábra: A NAO index és a tengerszinti légnyomás havi korrelációs együtthatóinak éves menete a Budapesthez legközelebb eső rácspont esetében (az 1981-2010 közötti adatok alapján)

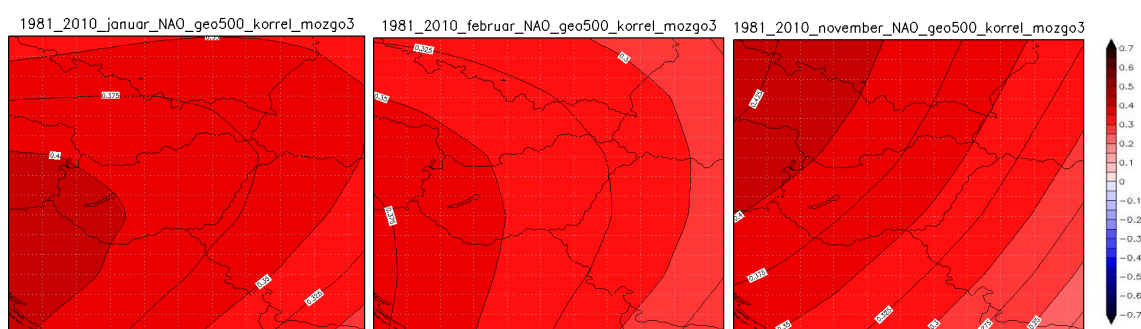
Az 500 hPa-os nyomási szint geopotenciális magasságával történő korrelációs vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy e paraméter esetén is a téli időszakban mutatható ki legerősebb kapcsolat (22. ábra).



22. ábra 500 hPa szintű geopotenciális magasság és a NAO index téli évszakra vonatkozó korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében az 1981-2010 közötti adatsorok alapján

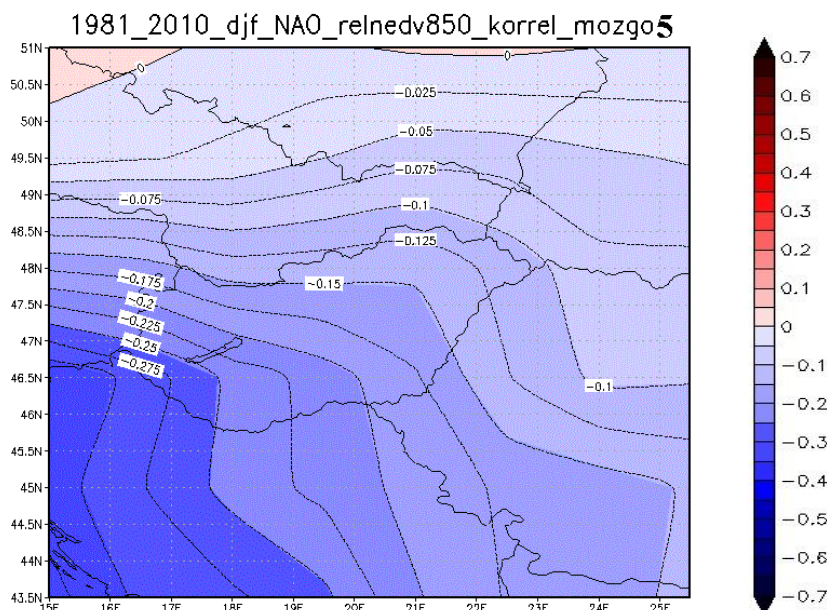
A többi évszakban nem jelentős a kapcsolat.

Ha ebben az esetben is elvégezzük minden hónapra külön-külön a számításokat, akkor azt láthatjuk, hogy viszonylag határozott éves menet figyelhető meg. Legerősebb értékek januárban vannak (+0,4 feletti), majd a következő hónapokban fokozatosan csökken a korrelációs együtthatók értéke. A nyári hónapokban nagyon gyenge kapcsolat figyelhető meg (-0,15 és +0,2 közötti értékek), majd jelentős erősödés indul meg októberben, és a korrelációs együtthatók novemberben ismét a januárihoz hasonlóan magas értéket (+0,43) vesznek, fel. Decemberben jelentős visszaesés mutatkozik. Itt emlékeztetőül megemlítem, hogy ez a visszaesés a decemberi légnyomás esetében is megfigyelhető volt. A 23. ábrán a 3 legerősebb kapcsolattal rendelkező hónap korrelációs térképeit mutatjuk be, a többi hónap ábrái a függelékben találhatóak meg (Függelék: 50. ábra). Megfigyelhető, hogy a legerősebb kapcsolat helye északra tolódik ősszel az év elejéhez képest. Decemberben egyedül ellentétes a területi eloszlás, a többi hónaphoz képest, amikor délebbre van erősebb kapcsolat és észak felé gyengül.

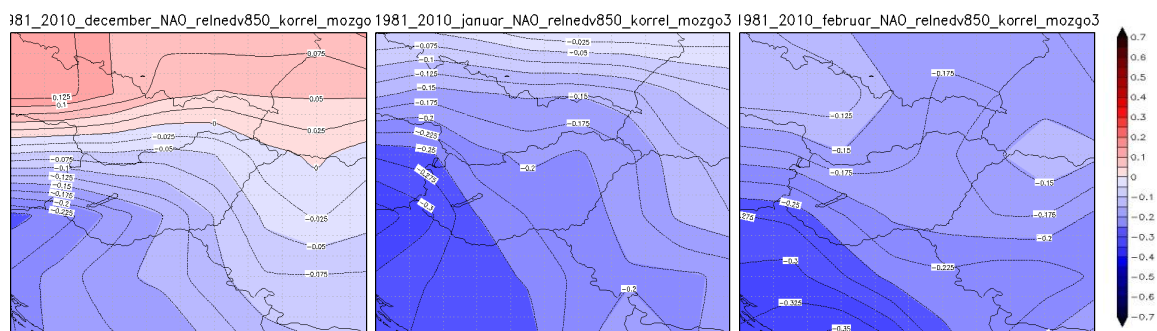


23. ábra: 500 hPa szint geopotenciális magasság és a NAO index havi korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a három legerősebb kapcsolattal rendelkező hónapban (január, február, november) a Kárpát-medencében az 1981-2010 közötti adatsorok alapján

A 850 hPa-os szint relatív nedvességével viszonylag gyenge kapcsolatok adódtak az évszakos adatsorokra vizsgálódva, csupán télen jelentek meg némileg erősebb értékek (-0,3 a délnyugati rácspontok esetében) (24. ábra). A havi átlagos értékeket bemutató ábrákon látható, hogy januárban és februárban figyelhető meg erősebb kapcsolat, decemberben pedig a területi eloszlásban jelentős gradiens figyelhető meg, a kapcsolat erőssége észak felé haladva -0,23-ról 0-ra változik, majd gyenge pozitív (+0,13) korrelációs együtthatók jelennek meg negatív helyett (25. ábra). A többi évszak kevésbé erős kapcsolatot mutat, még ősszel vannak kiemelkedőbb értékek, de ezek egyike sem haladja meg a 0,2 együttható értéket abszolút értékben.



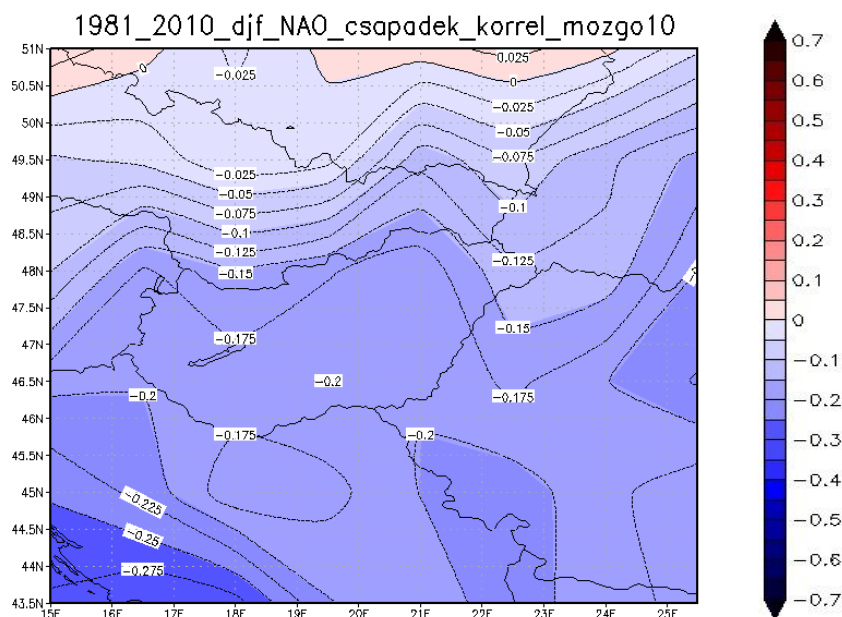
24. ábra: 850 hPa szint relatív nedvessége és a NAO index téli évszakra vonatkozó korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát- medencében az 1981-2010 közötti adatsorok alapján



25. ábra: 850hPa szinti relatív nedvesség és a NAO index havi korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a téli időszak hónapjaiban (január, február, november) a Kárpát-medencében az 1981-2010 közötti adatsorok alapján

Tavasszal és ősszel negatív értékek, míg nyáron, délkeleten pozitív, északnyugat felé haladva negatívba hajló értékek adódtak (*Függelék, 51. ábra*).

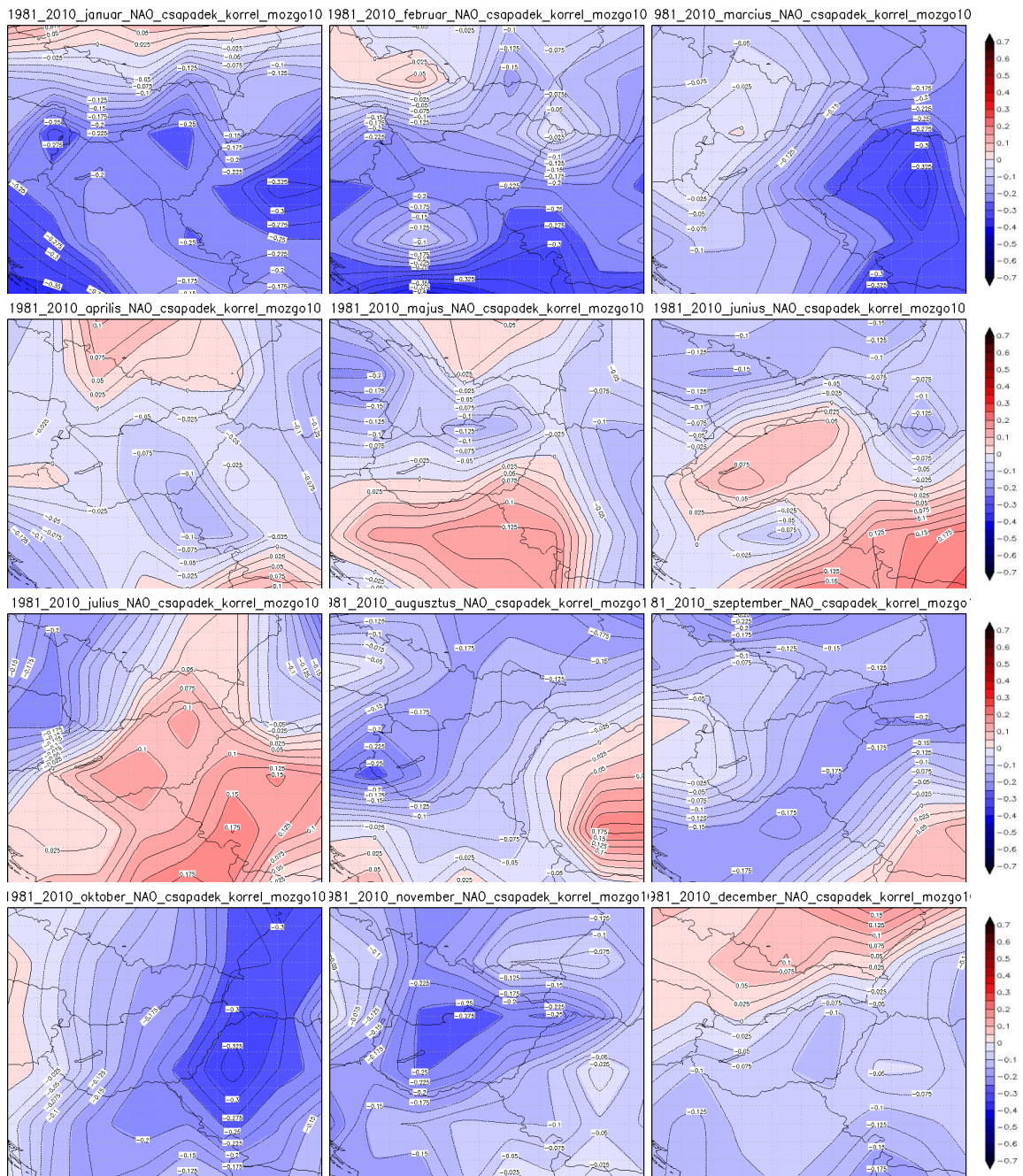
Az előrejelzett napi *csapadékösszegekkel* vett évszaksos korreláció értékek esetén is télen a legszámottevőbb a kapcsolat (*26. ábra*), a maximális érték -0,30 délnyugaton, ennél gyengébb értékek mutatkoznak a többi évszakban, tavasszal és nyáron a leggyengébb és ekkor pozitívba is vált az egyébként negatív korrelációs viszony. A területi eloszlás is évszakonként változó, de ezekkel részletesen nem foglalkozunk a kapcsolat gyenge volta miatt.



26. ábra: A napi csapadékösszeg és a NAO index téli évszakra vonatkozó korrelációs együttthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében az 1981-2010 közötti adatsorok alapján

Havi bontásban azonban lényeges részletek tűnnek ki (27. ábra). Látszik például, hogy télen decemberben viszonylag gyenge, míg januárban és februárban erősebb (-0,4) a két adatsor közötti korrelációs kapcsolat. Bár a tavasz összességében évszakos szinten gyenge kapcsolatot mutat, havi bontásban, márciusban még viszonylag magasabb értékek láthatók (-0,33), főként a régió keleti, délkeleti területein. Novemberben is megfigyelhetünk Magyarországon északi területei felett egy időszakos erősödést (-0,28). Érdekes még, hogy nyáron a szokásos csökkenés látszik, viszont bizonyos területeken a megszokottól erősebb pozitív kapcsolat mutatkozik (~ +0,2).

A csapadék esetében fordul elő egyedül, hogy jellegzetesen nem zonális eltérések jellemzi a területi eloszlást, hanem foltokban helyezkednek el az eltérő előjelű és erősségű kapcsolatot mutató területek. Ennek oka valószínűleg a topográfiai viszonyokban keresendő, melyek nagyban befolyásolhatják egy terület csapadékviszonyait. Összességében azt láthatjuk, hogy ezzel a paraméterrel kapott eredményekre jellemző a legkevésbé egyenletes területi eloszlás, ami hónapról hónapra is jelentősen változik, továbbá az előjelbeli éves szintű változások is e paraméter esetében a legszélsőségesebbek.

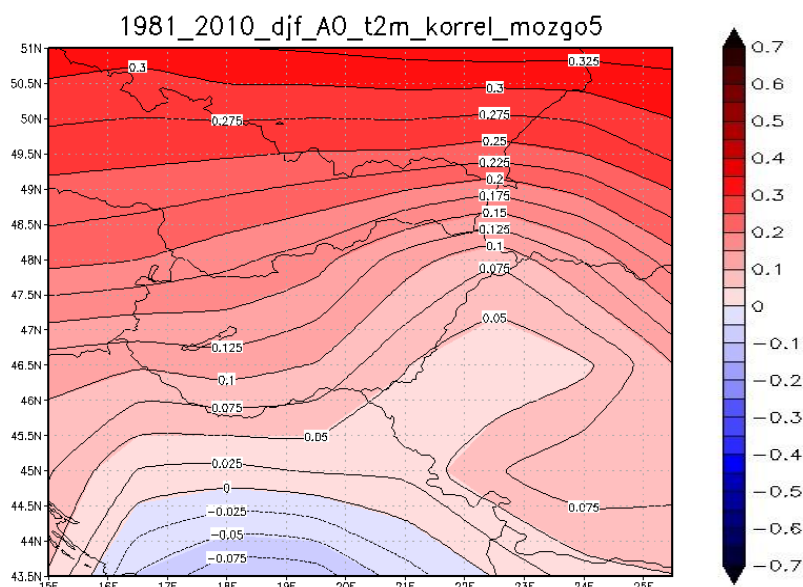


27. ábra: A napi csapadékösszegek és a NAO index havi korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében az 1981-2010 közötti adatsorok alapján

4.4 A különféle meteorológiai paraméterek és az AO index évszaki és havi idősorain végzett korrelációs vizsgálatok

A *felszínközeli hőmérséklettel* vett kapcsolatot vizsgálva azt látjuk, hogy területileg hasonló eloszlású, de valamivel gyengébb kapcsolat figyelhető meg minden évszakban

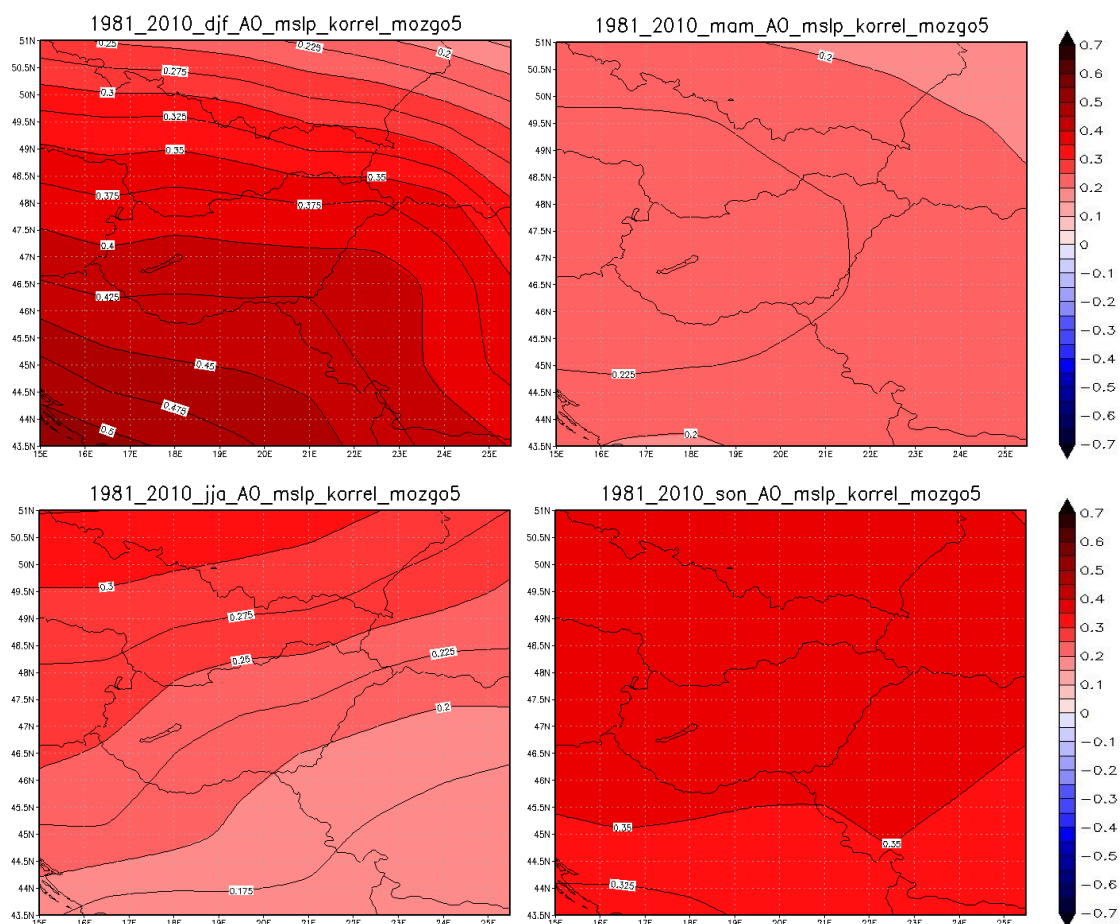
(+0,3-as maximum télen, északon), mint a NAO index esetében. A tél kivételével (28. ábra) a többi évszakban az értékek alacsonyak lettek, alig érik el néhány rácspontban a 0,2-es értékeket, egyébként 0 közeliek (Függelék, 52. ábra). A különbség még az, hogy alig vált negatívba a kapcsolat előjele, míg a NAO esetében nyáron és ősszel is határozottan negatív értékek jelentek meg a rácspontok többségében. Havi bontásban azt figyelhetjük meg (Függelék, 53. ábra), hogy január kivételével az AO index értékei magasabbak (pozitívabbak), de abszolút értékben ez nem feltétlenül igaz. Az AO indexsel vett korrelációs együttható mindössze egyetlen hónapban (július) válik negatívvá, egyébként egész nyáron gyenge pozitív kapcsolat mutatkozik. Míg a NAO vizsgálata esetén határozottan negatív értékek jelentek meg áprilistól szeptemberig, ezért lehet az, hogy 30 éves viszonylatban az AO értékei mutattak erősebb kapcsolatot, de a havi bontásból kitűnik, hogy ezt a NAO index nyári erős negatív együtthatói miatti ellentétes értékek egymást gyengítő hatása okozta, ám nyáron végig a NAO-val vett korreláció erősebb. Az északi – az összes hónapban pozitív előjelű kapcsolattal rendelkező – rácspontok korrelációs együtthatói azonban majdnem minden esetben az AO indexszel mutatnak szorosabb kapcsolatot, ez alól egyedül a január kivétel.



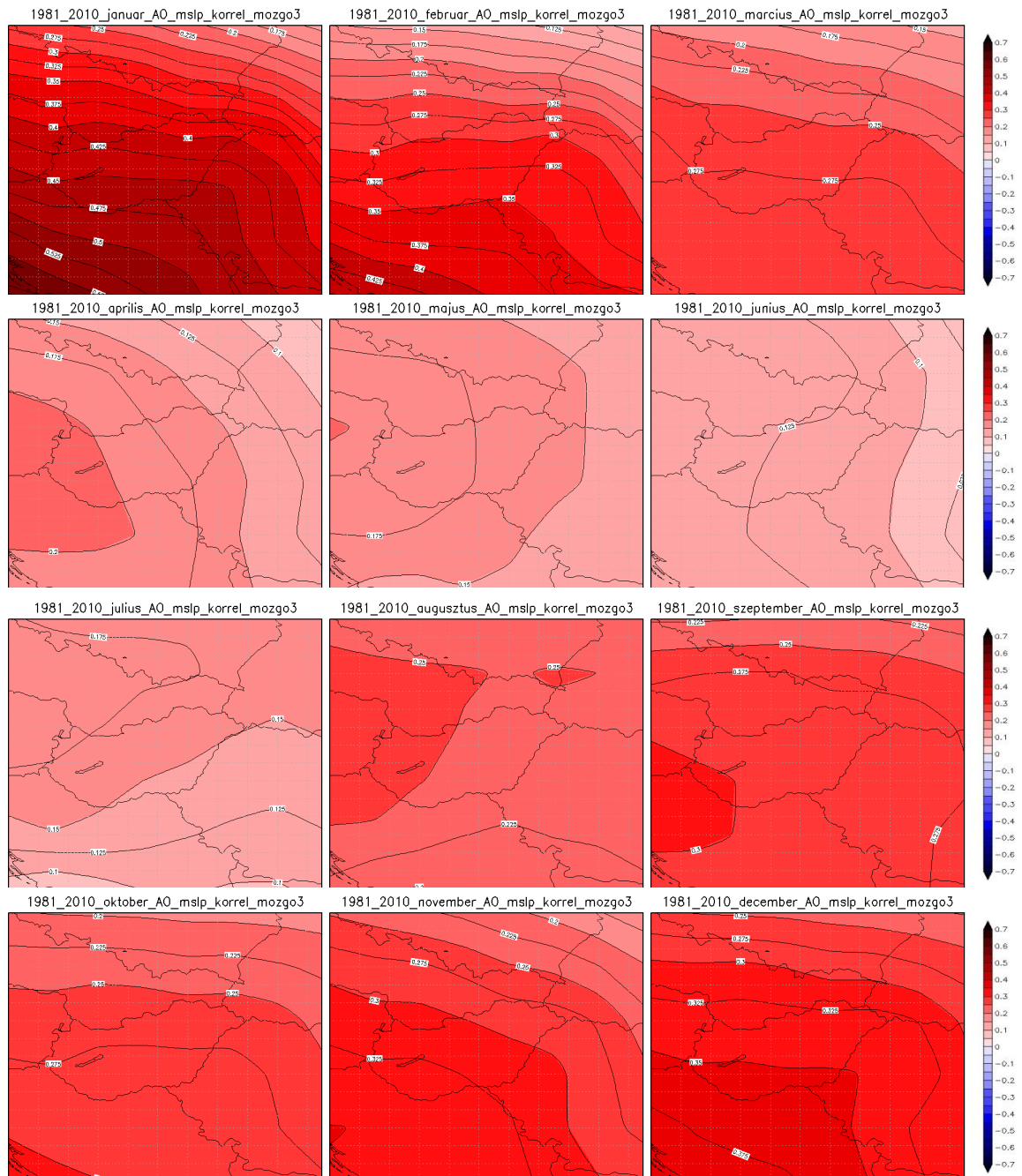
28. ábra: A felszínközeli hőmérséklet és az AO index téli évszakra vonatkozó korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében az 1981-2010 közötti adatsorok alapján

A *tengerszintre átszámított légnyomás* esetén megfigyelhetjük, hogy a hőmérséklettel ellentétben, a kapcsolat itt jóval erősebb, mint a NAO esetében, és a

korrelációs együttható értéke még a leggyengébb kapcsolattal rendelkező tavaszi évszakban is +0,2 körül alakul. Az összes vizsgált paraméter közül évszakos szinten a legmagasabb együtthatókat a tengerszintre átszámított légnyomás esetében kaptunk az 1981-2010 közötti időszakra vonatkozóan, a téli időszakban a délnyugati területeken +0,5 feletti értékek adódtak (29. ábra). Viszonylag jelentős kapcsolat (+0,35) áll fenn ősszel is, a télinél jóval homogénebb területi eloszlásban. Évszakos és havi bontásban (30. ábra) is azt látjuk, hogy az AO indexszel jóval erősebb kapcsolat áll fenn az egész évben, mint a NAO-val. A havi bontású ábráson azt is megfigyelhetjük, hogy a korrelációs együttható területi eloszlása határozott éves menettel rendelkezik, amit téli maximum és nyári minimum jellemez.



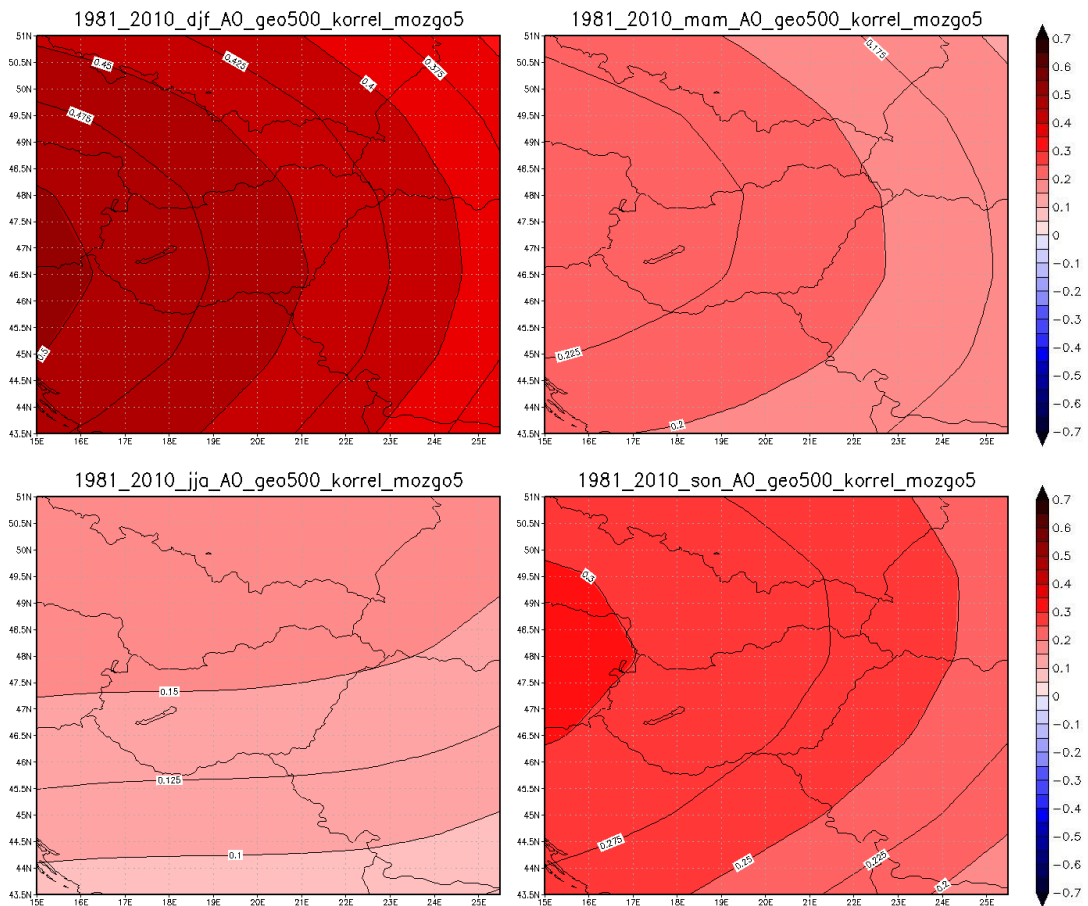
29. ábra A tengerszintre átszámított légnyomás és az AO index évszakos korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében az 1981-2010 közötti adatsorok alapján



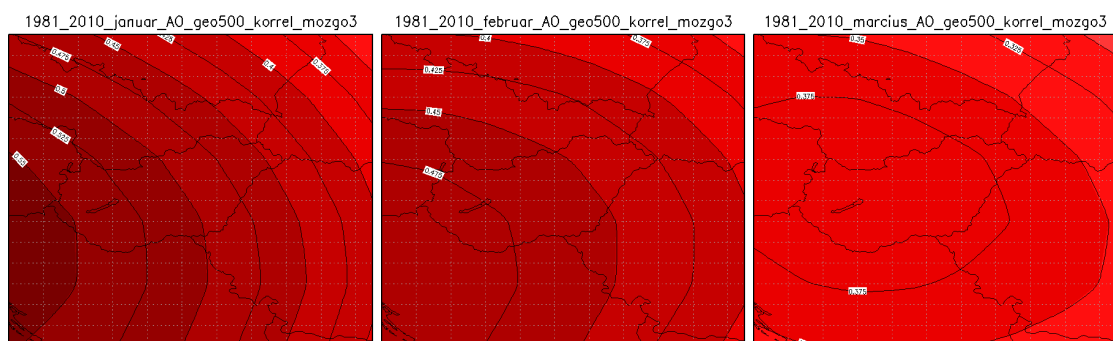
30. ábra: Tengerszintre számított légnyomás és az AO index havi korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében az 1981-2010 közötti adatsorok alapján

Az *500 hPa-os nyomási szint geopotenciális magasságával* kapott évszakos eredmények szintén a legerősebb kapcsolatok közé tartoznak az eddigi eredmények közül, téli félévre +0,5 értéket is meghaladó együtthatók adódtak. Tavasszal és nyáron jelentős a gyengülés, majd ősztől erősödés látható, bár ekkor még csak +0,3 körüli maximum értékek jelennek meg (31. ábra). Az együtthatók területi eloszlására a nyugati irányban történő erősödés jellemző leginkább, ez alól egyedül a nyár kivétel, amikor

észak felé nő a korreláció, de itt az értékek egyébként elég gyengék, maximálisan + 0,15 körüli értékek adódtak.



31. ábra: Az 500 hPa-os szint geopotenciális magassága és az AO index évszakos korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében az 1981-2010 közötti adatsorok alapján

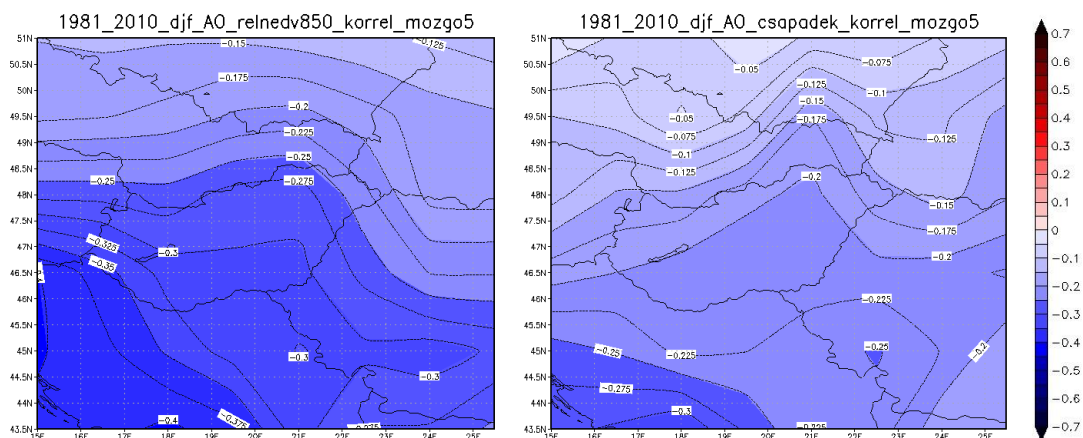


32. ábra: Az 500 hPa-os szint geopotenciális magassága és a NAO index havi korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a téli időszak legerősebb kapcsolattal rendelkező hónapjaiban (január, február, március) a Kárpát-medencében az 1981-2010 közötti adatsorok alapján

A havi bontású ábrason láthatjuk, hogy mely hónapokban figyelhető meg a legerősebb korrelációs kapcsolat az AO index és az 500 hPa-os szint geopotenciális magassága között (32. ábra). Januárban például a régió nyugati részén a +0,55 értéket is meghaladja az együttható értéke. Decemberre a márciusi eredményekhez közeli értékek adódtak (max. +0,37), viszont ennek a területi kiterjedése márciusban nagyobb (Függelék, 54. ábra).

A havi adatsorokat vizsgálva azt látjuk, hogy áprilistól kezd gyengülni a kapcsolat, majd augusztustól ismét erősödik, novemberben pedig megint viszonylag magas – +0,4 feletti – értékek adódnak, decemberben egy kis visszaesés látható, ekkor +0,38 a legmagasabb érték.

A 850 hPa-os szint relatív nedvessége és az AO index közötti kapcsolat az évszakos vizsgálatok alapján, télen a legerősebb (33. ábra bal oldal), a korrelációs együttható értéke eléri a -0,4-et, az értékek déli-délnyugati irányban nőnek. Tavasszal ennél gyengébb, de még mindig határozottan negatív értékek adódtak (-0,2 körüli maximummal), nyáron a vizsgált terület délkeleti részén pozitívba hajlik az együttható értéke, de minden rácsponton abszolút értékben 0,2 alatt marad. Ősszel a tavaszihoz hasonló elrendeződésű közepesen gyenge negatív értékek adódtak (Függelék, 55. ábra).



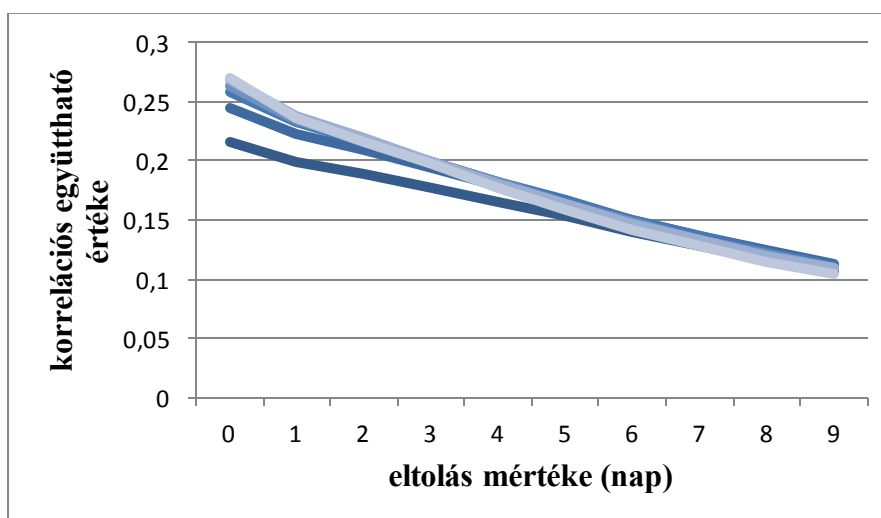
33. ábra: A 850 hPa-os szint relatív nedvessége (bal oldal) és a napi csapadékösszeg (jobb oldal), valamint az AO index téli évszakra vonatkozó korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében az 1981-2010 közötti adatsorok alapján

A csapadékkal évszakos szinten legerősebb kapcsolat szintén télen áll fenn, ám jelentősebb értékek (-0,3 alatti) csak nagyon kis területen, a régió déli, délnyugati részén láthatóak (33. ábra jobb oldal).

Össességében tehát láthatjuk, hogy az éves vizsgálat eredményeinél jóval erősebb korreláció értékek adódtak évszakos és havi bontású vizsgálatoknál, mely a szakirodalommal összhangban mutatja, hogy e távkapcsolati rendszerek hatása jelentősen változik az év során, és a kapcsolat mértékének változása paraméterenként és területileg is eltéréseket mutat.

5. Az idősorok egymáshoz viszonyított eltolásával számolt korrelációk vizsgálata a NAO index esetében

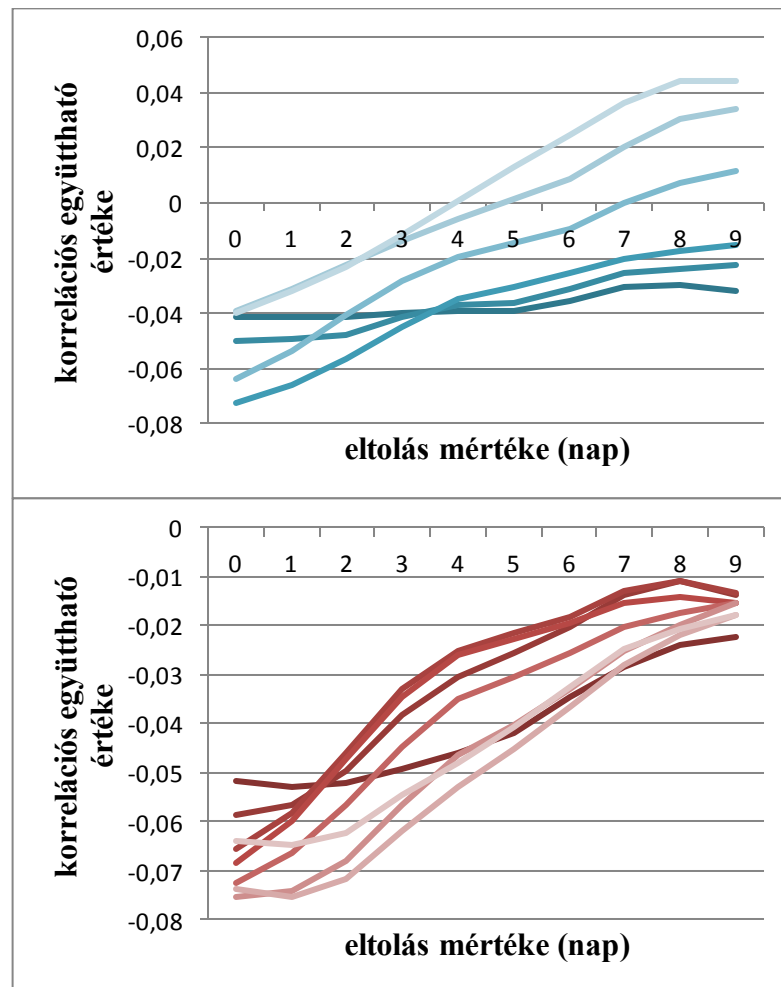
Mivel a Kárpát-medence a NAO akciócentrumaitól meglehetősen távol helyezkedik el, így nem egyértelmű, hogy annak hatása azonnal jelentkezik-e, vagy időben késleltetve. Felmerült, a kérdés, hogy néhány napos eltolás esetében nem kapunk-e magasabb korreláció értékeket. Maximálisan +10 napos eltolást alkalmaztunk adott paraméterre a NAO indexhez képest. A számítások eredményeit a *tengerszinti légnyomás* és a *relatív nedvesség* esetében mutatjuk be, így egy felszín közeli és egy magassági paraméter esetét is láthatjuk. Az eredményeket néhány kiválasztott rácspontra ábrázoltuk. Az előző fejezetben láthattuk, hogy a legtöbb esetben zonálisan volt jelentős eltérés a korreláció erőssége között, ezért egy kiválasztott hosszúsági körre eső rácspontokat vizsgáltuk (19,5°), mely a Budapesthez legközelebb eső hosszúság. Azt láthatjuk, hogy a *tengerszinti légnyomás* esetében a kapcsolat erőssége az időbeli eltolás mértékével lineárisan csökken (34. ábra).



34. ábra: A *tengerszinti légnyomás* és a NAO index 30 éves idősora közötti, teljes évre számított korreláció változása különböző mértékű időbeli eltolás hatására egy adott hosszúsági kör rácspontjai esetében (k.h. 19,5°), a színek a hosszúsági körön dél felé haladva halványodnak

A *relatív nedvesség* esetében kicsit összetettebb a kép. A kapcsolat itt 30 éves időskálán nagyon gyengének adódott, negatív előjellel. Az eltolás mértékének növelésével először egy csökkenés figyelhető meg abszolút értékben, bizonyos rácspontok esetén azonban előjelváltás, majd növekvő tendencia figyelhető meg. Ennek

ellenére ebben az esetben is azt mondhatjuk, hogy összességében az eltolás nélküli eset adta a legerősebb kapcsolatot (35. ábra). További paraméterek esetén is hasonló volt a helyzet, ezért döntöttünk úgy, hogy nem alkalmazunk időbeli eltolást az eredmények számításakor.

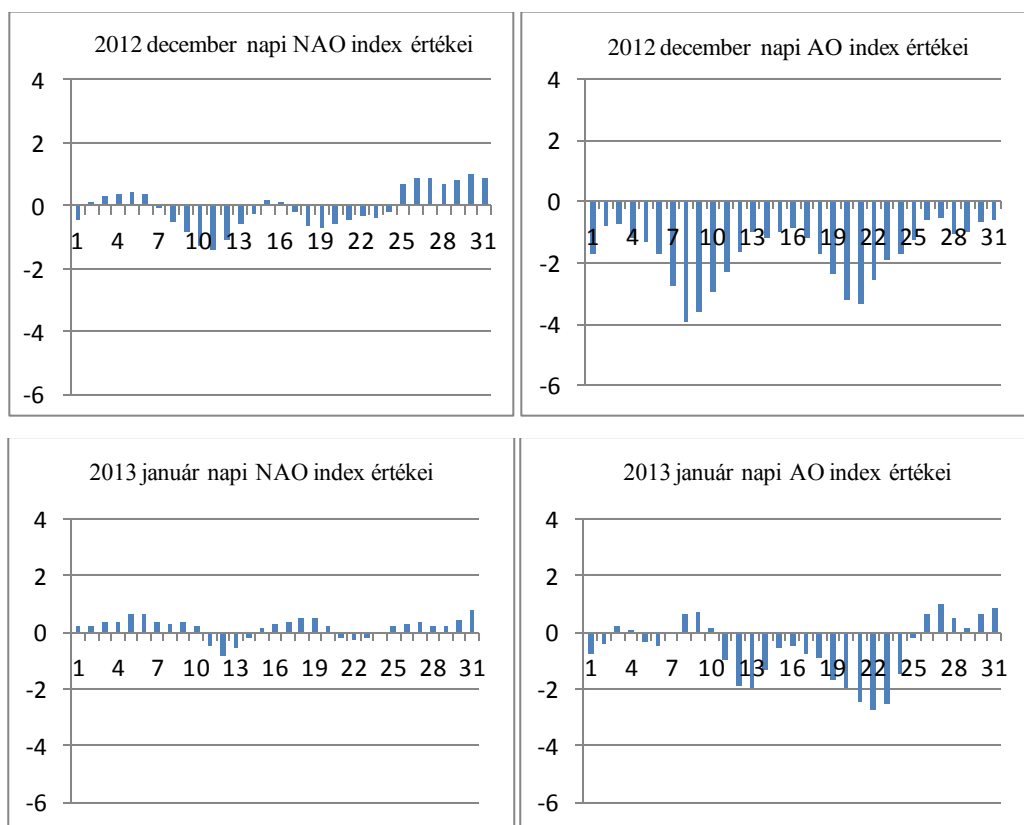


35. ábra: A 850hPa szinti relatív nedvesség és a NAO index közötti korreláció értékének változása időbeli eltolás hatására adott hosszúságon (k.h. 19,5°) elhelyezkedő rácspontokra (felső ábra), a halványodó kék színek egyre délebbi rácspontok, adott szélességi körön (é.sz. 48°) elhelyezkedő rácspontok esetén (alsó ábra), a kelet felé haladást a rácspontokon egyre halványabb piros színek jelzik

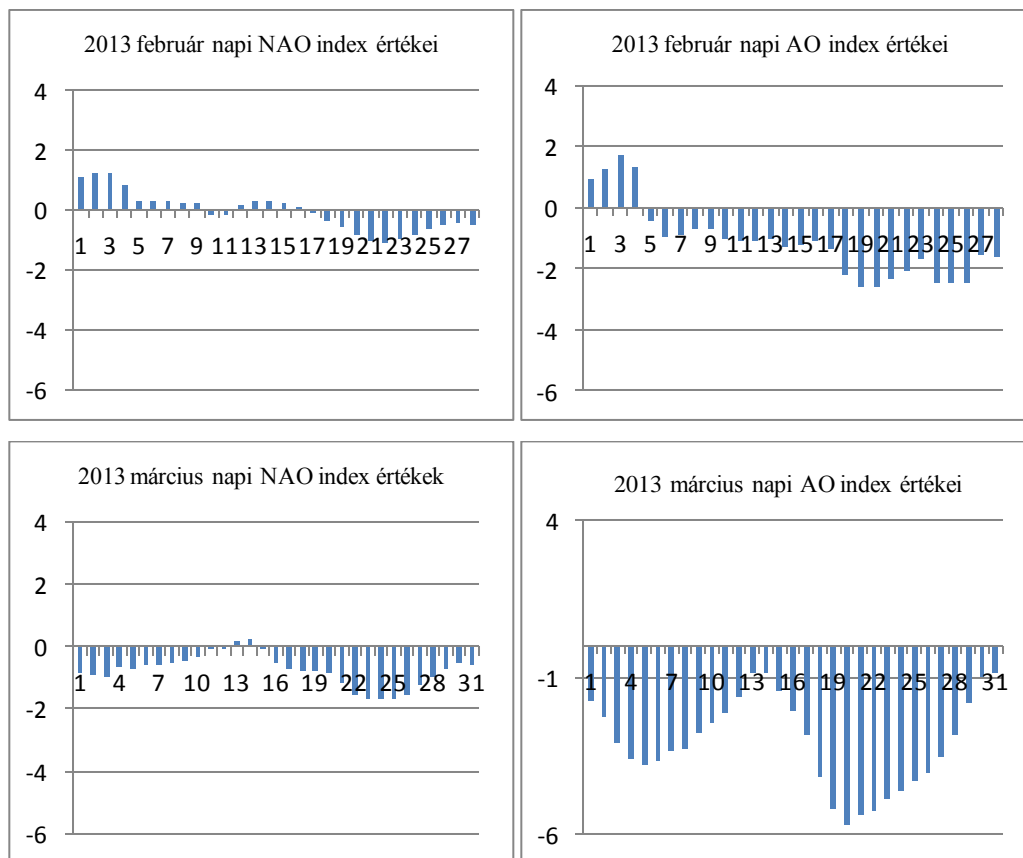
6. A 2012-2013-as tél során mért paraméterek NAO és AO indexszel vett kapcsolata

6.1 A NAO és AO index értékei a 2012-2013-as téli szezon során

A 36 a-b. ábrán egymás mellett bemutatjuk decembertől márciusig a NAO és az AO index napi értékeit. Mivel március hónap folyamán még teljes mértékben télies időjárás uralkodott, ezért indokoltnak találtuk, hogy ezt a hónapot a téli időszak többi hónapjával együtt vizsgáljuk. Látható, hogy a NAO index egyedül márciusban volt határozottan negatív, ekkor összesen 2 napon vett fel pozitív értéket, a többi hónapban összességében a negatív értékek dominálnak, de nem kiemelkedően. Ezzel szemben az AO index értékei minden hónapban nagyon határozottan negatívak, egyedül januárban van számottevő pozitív időszak, de ezek az értékek is nullához közeli.



36/a. ábra: A NAO és az AO index értékei a 2012-2013-as téli időszak (december-január) esetében



36/b. ábra: A NAO és az AO index értékei a 2012-2013-as téli időszak (február-március) esetében

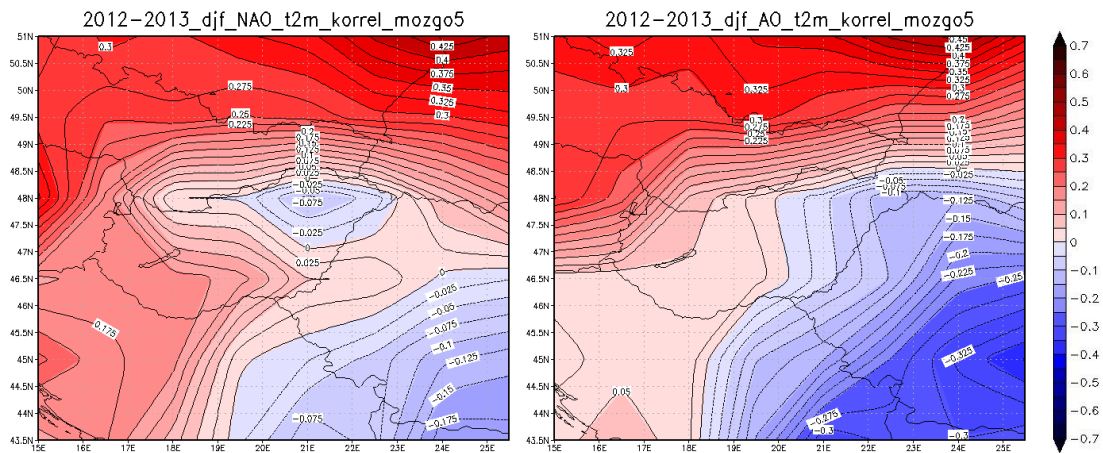
Megfigyelhető az is, hogy a két index értékeinek menete nagyon hasonló, a különbség, hogy az AO index értékei minden esetben erősebben negatívak. Ez nem meglepő, hiszen, mint korábban említettük, két nagyon szorosan összefüggő jelenséget számszerűsítünk ezek az értékek.

6.2 Korrelációs számítások a 2012-2013-as télre

A korábbi vizsgálatokat elvégeztük a 2012-2013-as tél időszakára is, ugyanazon éghajlati paraméterekkel, valamint napi NAO és AO index értékekkel.

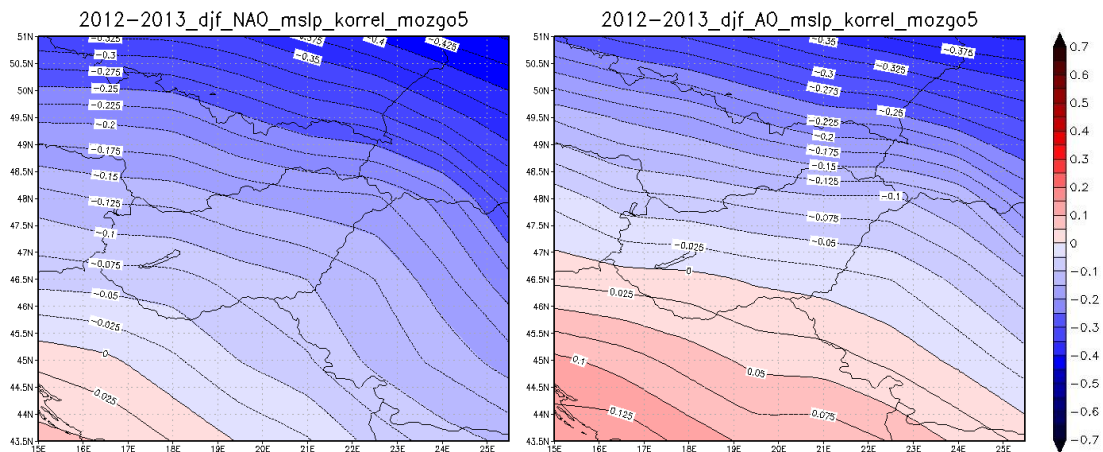
A *felszínközeli hőmérséklet* NAO-val való kapcsolata esetében a 30 éves évszakos korrelációhoz hasonló területi eloszlást kaptunk, de valamivel gyengébb kapcsolat figyelhető meg, valamint különbség még, hogy délkeleten itt negatív előjelű együtthatók is megjelennek. Az északi és nyugati területeken pozitív, míg délen, délkeleten negatív előjelű korrelációs kapcsolat figyelhető meg (37. ábra). Az AO esetében a korrelációs térkép területi mintázata nagyon hasonló, viszont a pozitív értékek enyhén, a negatív

értékek viszont jelentősen erősebbek, a NAO-hoz és a 30 éves AO-val kapott téli eredményekhez viszonyítva egyaránt (-0,35). Összességében azt láthatjuk, hogy a felszín közeli hőmérséklet esetében az AO-val kapott korrelációs együtthatók területi változásának mértéke erősebben jelentkezik a 2012-2013-as télen, mint a 30 éves időskálán vizsgálva a téli időszakot, míg a NAO-nál a különbség nem jelentős.



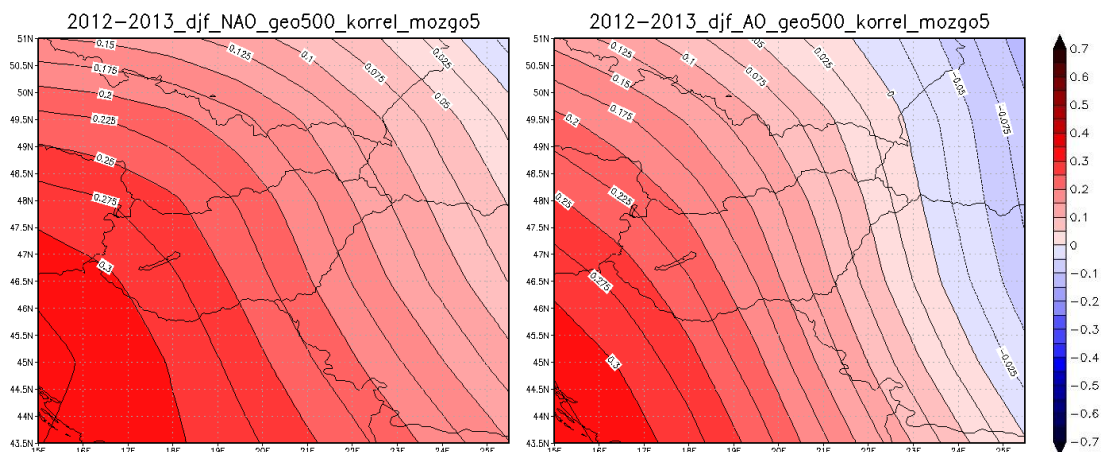
37. ábra: A felszínközeli hőmérséklet, valamint a NAO (bal oldal) és az AO (jobb oldal) index 2012. december és 2013. március közötti időszakra vonatkozó átlagos korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében

Ahogy a 38. ábra is mutatja, a *tengerszintre átszámított légnyomás* értékekkel való korrelációs vizsgálatok esetében lényegesen eltérő értékek mutatkoztak mindkét index esetében a 30 éves évszakos eredményekhez képest. Bár a területi eloszlás hasonló, - közel zonális változás figyelhető meg délről észak felé haladva (negatív értékek északon, pozitív délen) - míg a 30 éves adatsort vizsgálva téldre jellemzően közepes pozitív korrelációs értékeket kaptunk, addig a 2012-2013-as téldre határozottan negatív (-0,43) értékek jöttek ki, elsősorban északkeleten.



38. ábra: A 2012-2013-as tél *tengerszinti légnyomás* értékeinek korrelációja a NAO és AO indexek napi értékeivel

Délnyugaton előjelváltás történik, de az értékek alacsonyok maradnak. Ez az jelenti, hogy a 30 éves átlaghoz képest ezen a télen délebbre helyeződött az a terület, ahol az AO és NAO negatív előjelű korrelációs kapcsolatban van a tengerszintre átszámított légnyomással. Mivel ebben az időszakban az AO és a NAO index értéke többnyire negatív volt, ebben az esetben a negatív korreláció azt jelenti, hogy minél alacsonyabb értéket vett fel a NAO vagy AO index, annál magasabb légnyomásértékek uralkodtak északon.

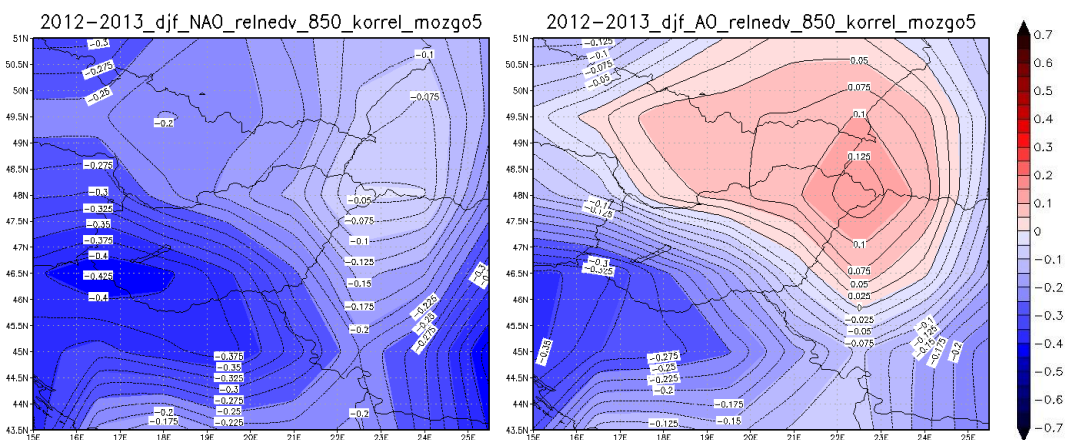


39. ábra Az 500 hPa-os szint *geopotenciális magassága*, valamint a NAO (bal oldal) és az AO (jobb oldal) index 2012. december és 2013. március közötti időszakra vonatkozó átlagos korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében

Az *500hPa-os szint geopotenciális magasságával* vett korreláció (39. ábra) a NAO esetében nagyon hasonló a 30 éves eredményekben látottakhoz, annyi különbséggel, jhogy jobban elgyengül ez esetben a kapcsolat északkelet felé haladva, az AO esetében is ugyanez figyelhető meg, csak még jelentősebb a gyengülés a 30 éves eredményekhez

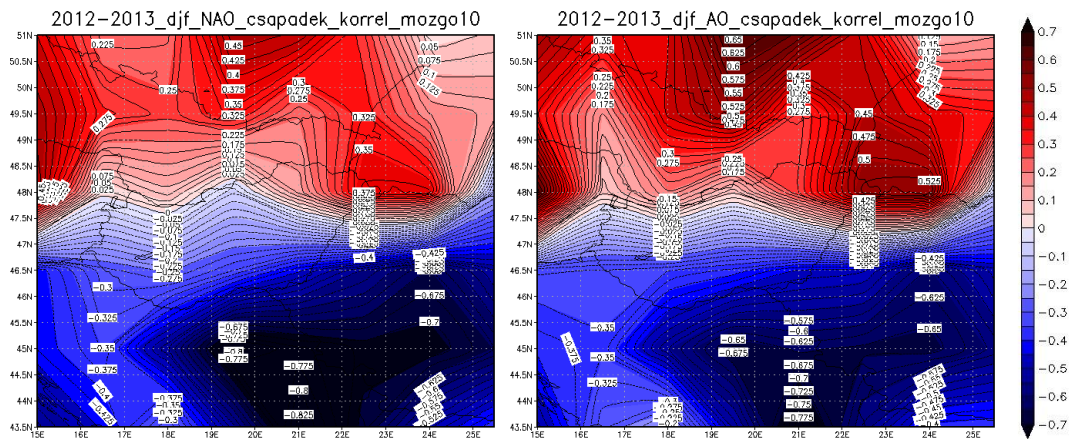
képest és negatív előjelű terület is megjelenik északkeleten. Ez hasonló következtetéseket enged levonni mint a légnyomás esetében, azaz délebbre húzódott a pozitív és negatív korrelációjú területek határa, és ez a választóvonal éppen hazánk területének közelébe esett.

A *850 hPa-os szint relatív nedvessége* esetében (40. ábra) a NAO-val való kapcsolat területi eloszlása hasonló a 30 éves eredményeken látottakhoz, ám az értékek erősebb korrelációt mutatnak, a terület nyugati részén -0,42-ot is meghaladó értékeket látunk (30 éves esetben a maximális értékek -0,27 körül alakultak a délnyugati rácspontok esetén). Északkelet felé haladva mindkét esetben csökkent a kapcsolat erőssége. Az AO esetében lényegesebb eltérést figyelhetünk meg a klimatológiai időskálán kapott eredményektől, míg a negatív maximum itt is délnyugaton figyelhető meg, addig az északkeleti térségben határozottan pozitív előjelbe vált az együttható. Hosszabb időtávon vizsgálódva ezen a területen jellemzően gyenge, de negatív kapcsolatot figyeltünk meg a tére vonatkozóan. Összességében tehát ebben az időszakban a negatív NAO indexszel összefüggésbe hozhatóan nagyobb nedvességtartalmú légtömegek voltak az uralkodóak a régió délnyugati területén.



40. ábra: A 850 hPa-os szint relatív nedvessége, valamint a NAO (bal oldal) és az AO (jobb oldal) index 2012-2013 téli időszakra vonatkozó átlagos korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében

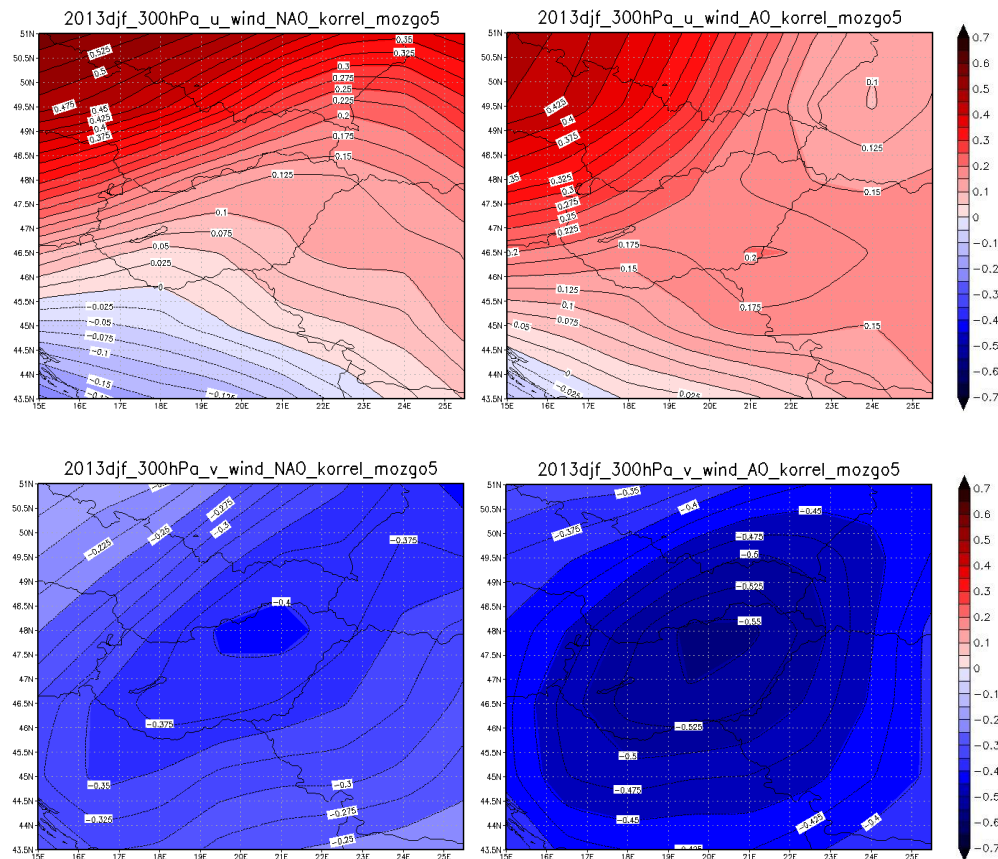
Az összes paraméter közül a *csapadék* esetében (41. ábra) láthatjuk a legerősebb kapcsolatot jelző értékeket. A területi eloszlás nagyon hasonlít a 30 éves időszakra vonatkozó eredményekre, csak azoknál esetenként több mint kétszeres értékek jöttek ki.



41. ábra: A 2012-2013-as tél csapadékösszegeivel vett korrelációja a NAO és AO indexek napi értékeinek

Mindkét index esetén határozottan kirajzolódik Észak-Magyarország területén a pozitív és negatív korrelációjú területek között húzódó határvonal. Ez alátámasztja a korábbi következtetéseinket, miszerint az AO és NAO zonálisan eltérő hatásainak hatásán helyezkedik el a Kárpát-medence, pozitív NAO esetén ettől északra csapadékosabb, míg délre szárazabb az éghajlat, míg negatív index értékek esetén délen jelentősen megnő a csapadék mennyisége, északon pedig csökken.

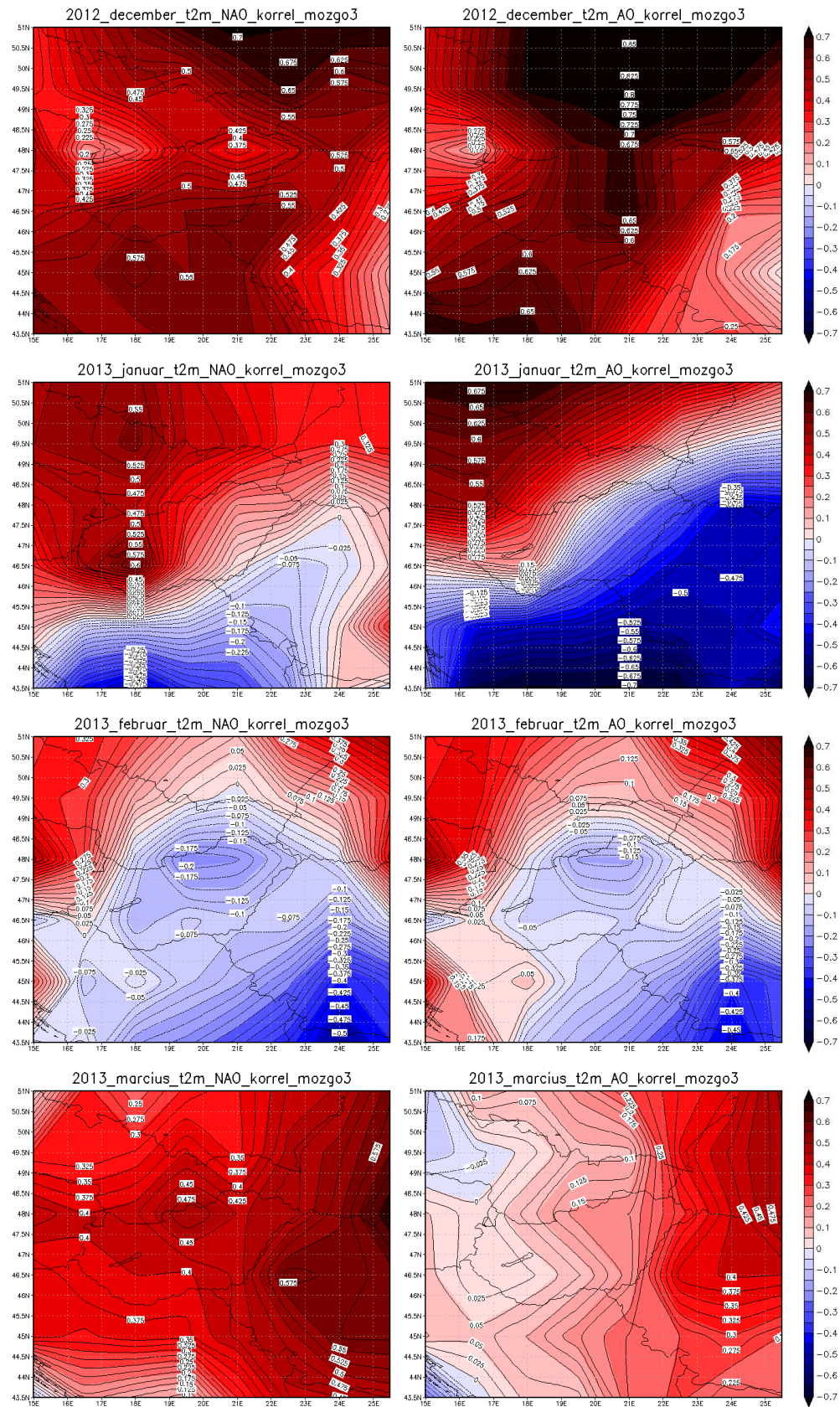
A **300hPa-os szél** u komponensével (42. ábra) is hasonló az eredmény, ha a 30 éves téli eredményekkel vetjük össze, a 2012-2013-as tél értékeit. A negatív együtthatók helyett északon erősebb pozitív értékek jelentek meg, a negatív területet dél felé kiszorítva. A v komponens esetében azonban nem ilyen egyszerű a kép, éppen hazánk felett van egy erős negatív kapcsolatot mutató terület, és körkörösén gyengül, távolodva. Ennek okát nem túl egyszerű megfjteni, hiszen a komponensek tartalmazzák mind a szél sebességét, mind irányát, így ennyiből nem dönthető el egyértelműen, hogy a kapcsolat ezek közül melyikkel áll fenn. Az u komponens esetében jó eséllyel az irány nyugati, hiszen a jet stream, ha a régió felett tartózkodik, legnagyobb valószínűséggel ebből az irányból fúj.



42. ábra A 300hPa szél u (felül) és v komponensének (alul) korrelációja a NAO (jobb oldal) és AO (bal oldal) indexekkel a 2013-as téli évszakban

Ha havi bontásban is vizsgálódunk, akkor tovább finomíthatjuk a képet. Elsőként nézzük meg a *felszínközeli hőmérsékletek* esetében, párhuzamosan a két indexszel való kapcsolatokat. Az elsőre kitűnik, hogy jóval erősebb kapcsolatot jelző együtthatókat kapunk, mint évszacos bontásban, ez részben fakadhat abból, hogy rövidebb időskálán kevésbé átlagolódnak ki az ellentétes hatások miatt az értékek, valamint kevesebb kiugró érték rontja a kapcsolatot. Továbbra is 99%-os szignifikancia szint mellett állíthatjuk, hogy a korreláció valódi kapcsolatot mutat. Mivel a helyzetelemzésből (3. fejezet) láthattuk, hogy márciusban is folytatódott a télen megfigyelt szinoptikus helyzet, valamint a télies időjárás, így március hónapra is megvizsgáljuk az indexekkel vett kapcsolatot.

Az eredményeken láthatjuk (43. ábra), hogy ebben a 4 hónapban is jelentősen változik a *felszínközeli hőmérséklet* és a két index értékei közötti kapcsolat erőssége és területi eloszlása, így az évszacos eredmény sok lényeges részletet elfed.

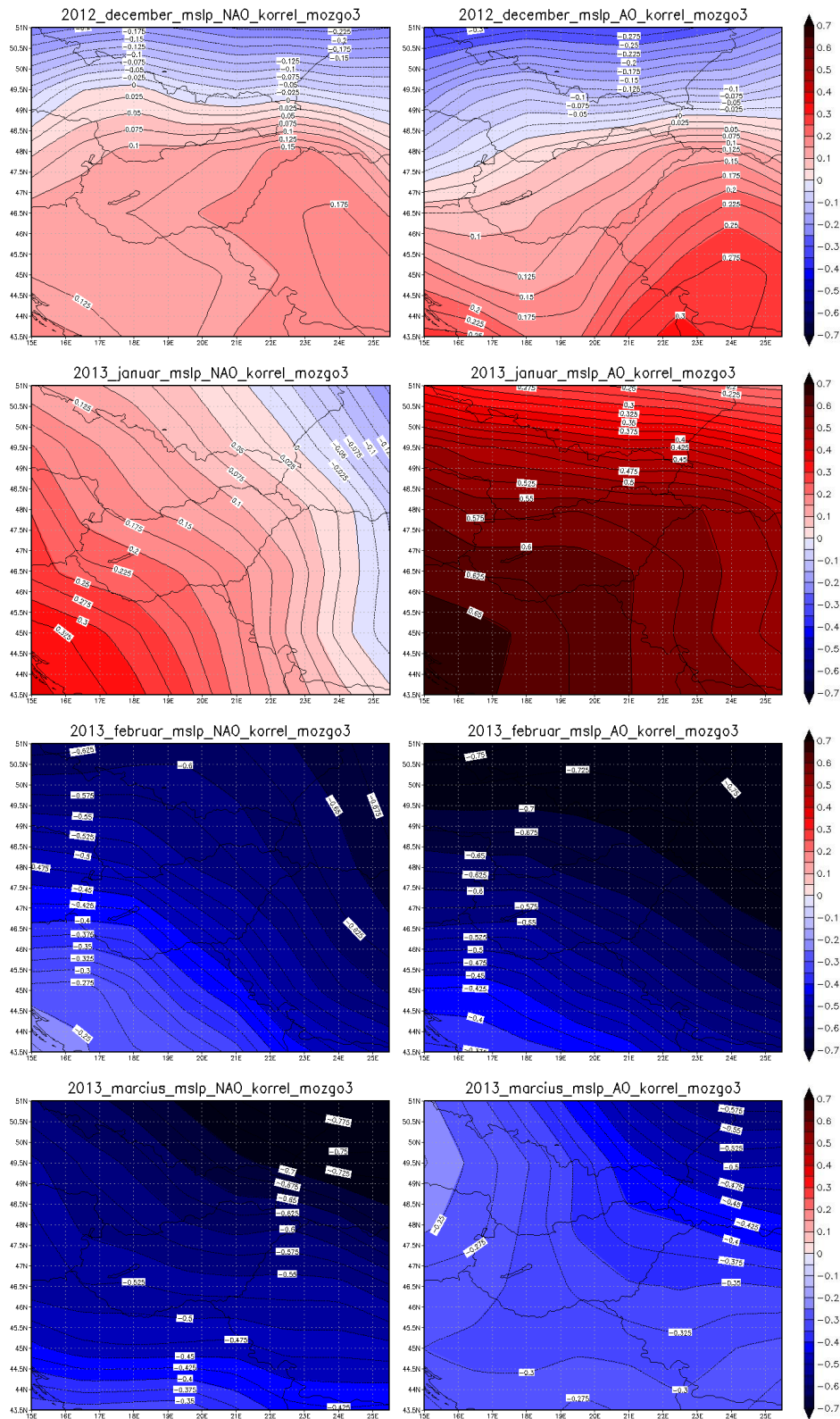


43. ábra: A felszínközeli hőmérséklet, valamint a NAO (bal oldali oszlop) és az AO (jobb oldali oszlop) index havi átlagos korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében 2012 decemberében, 2013 januárjában, februárjában és márciusában

Decemberben határozottan pozitív korreláció figyelhető meg, ez lényeges eltérés a 30 éves havi eredményekhez képest, ahol jóval gyengébb értékek voltak, sőt AO esetében a negatív terület is jelentős volt. Januárban a délkeleti területeken negatívvá válik a korrelációs együttható értéke, a NAO esetében gyengébb (-0,4 körüli), az AO esetében erősebb (-0,7 körüli) együttható értékekkel jellemezhetőek a legdélebbi részek. A 30 éves januári eredményhez viszonyítva, területileg nagyon hasonló az eloszlás, de az értékek ez esetben is jóval szélsőségesebbnek adódtak 2013. januárt vizsgálva. Februárban a negatív kapcsolatot mutató terület észak felé terjeszkedik, de a kapcsolat erőssége jelentősen gyengül. Márciusban ismét pozitívba vált az előjel a terület egészén, azonban az AO indexszel a nyugati területeken gyengébb a kapcsolat, enyhe negatív hatás is jelentkezik, míg a NAO erősebb összefüggésben áll a keleti területekkel. Továbbá megfigyelhetjük, hogy márciusban a kapcsolat területi mintázatára a megszokott zonális eltérésekkel szemben inkább meridionális gradiens jellemző. Januárban és februárban a két előjelű hatást elválasztó határvonal épp Magyarország felett húzódik. Februárra is jellemző, hogy délen a negatív értékek uralkodnak, bár csak a délkeleti területek egy kis szegletében érnek el erős értékeket (-0,5 feletti), a két indexszel ez esetben is nagyon hasonló a kapcsolat. A 30 éves februári eredményekhez viszonyítva itt is azt látjuk, hogy míg ott pozitív értékek uralkodtak, a vizsgált februárban délen és a régió középső területén negatív értékek jelentek meg.

Márciusra a 30 éves eredmények gyenge, maximálisan +0,2 körüli korrelációt mutattak NAO esetében, míg AO esetében valamivel erősebbet (+0,3). Ezzel szemben 2013 márciusában mindkét indexszel lényegesen erősebbnek bizonyult a kapcsolat, ráadásul a két index közül a NAO-val volt erősebb a kapcsolat (maximális érték: +0,6).

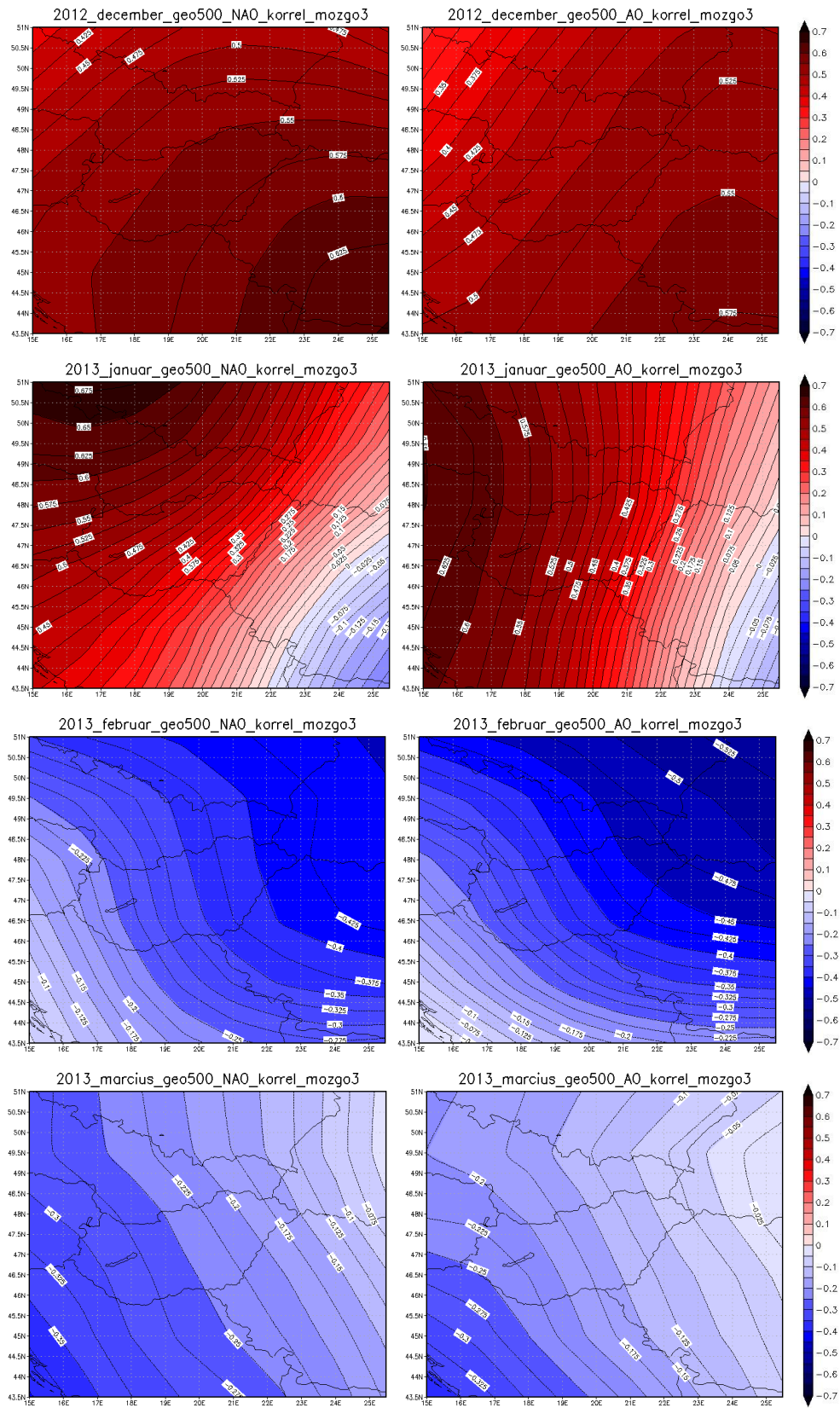
A *tengerszintre átszámított légnyomást* vizsgálva is lényeges eltéréseket találunk (44.ábra), ha hónapokra lebontva végezzük el a korrelációs vizsgálatokat. A klimatológiai időskálán történt vizsgálatokkal egybecseng a 2012 decemberére kapott eredmény, hiszen mint itt is 30 éves skálán is a hónapok közül a decemberi *tengerszinti légnyomás* mutatott leggyengébb kapcsolatot az indexekkel. A két index közül az AO-val látható valamivel erősebb kapcsolat, területi eloszlásuk viszont nagyon hasonló. Megfigyelhető az is, hogy a 30 éves decemberi eredményekhez képest északon kiterjedtebb a negatív kapcsolatot mutató terület, mindkét indexre nézve.



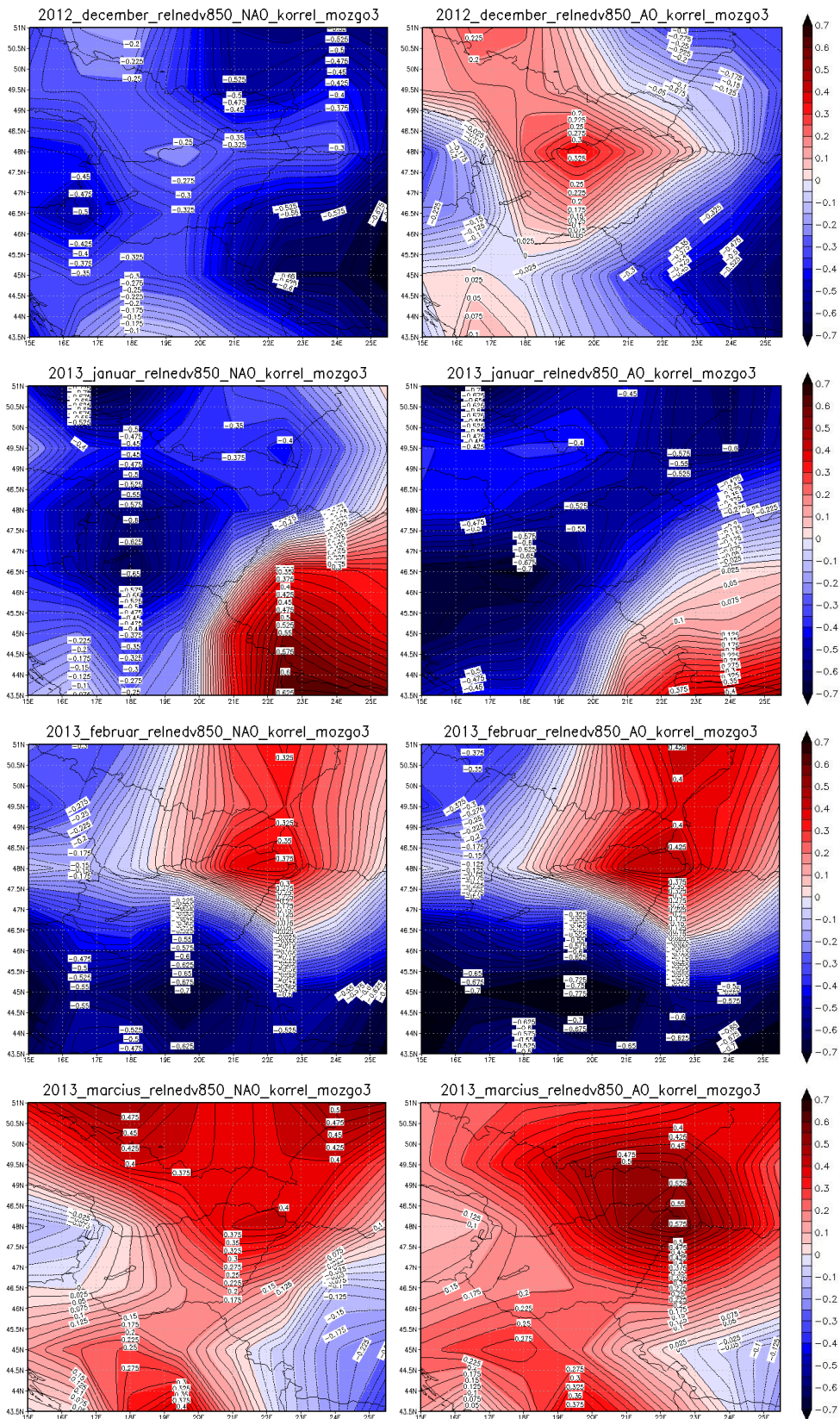
44. ábra: A tengerszintre átszámított légnyomás, valamint a NAO(bal oldali oszlop) és az AO (jobb oldali oszlop) index havi átlagos korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében 2012 decemberében, 2013 januárjában, februárjában és márciusában

Januárban a gradiens iránya megegyezik, de az AO jóval erősebb pozitív kapcsolatot mutat, mint a NAO, sőt utóbbi északkeletre haladva negatív előjelűre vált. Ezek az eredmények a 30 éves januári eredményekkel jó egyezést mutatnak, némileg erősebb értékek, de hasonló eloszlásban. Februárban és márciusban nagyon határozott negatív kapcsolat figyelhető meg mindkét index esetében (északkeleti rácspontokban -0,75 értéket is meghaladó együtthatók adódtak), aminek a hátterében ismét az áll, hogy a negatív korrelációs együtthatókkal jellemezhető terület húzódott jóval délebbre, és erősödött meg, hiszen a 30 éves időskálán mindkét indexre dél felé erősödő, nem túl magas, de pozitív értékek adódtak.

Az **500 hPa-os szint geopotenciál** mezőjét vizsgálva is hasonló a helyzet, mint a légnyomás esetében, annyi különbséggel, hogy itt decemberben is erős pozitív kapcsolat van, mely dél felé erősödik (+0,6 a legerősebb érték). Januárban a gradiens iránya ellentétesre vált, de még mindig erős pozitív értékek adódnak, északon +0,7 a maximális együttható (45. ábra). Februárban és márciusban a kapcsolat előjelet vált, továbbá márciusban februárhoz képest a gradiens iránya is megváltozik, bár az előjel mindkét esetben negatív. Megfigyelhetjük, hogy ebben a magasságban nincs jelentős különbség a két rendszer hatásaiban adott hónapot vizsgálva. A területi különbségek közötti átmenet is egyenletesebb, ennek oka feltehetőleg az, hogy itt már nem érvényesülnek a speciális helyi hatások. Február és március esetén a légnyomáshoz hasonlóan a 30 éves eredményektől (közepesen pozitív kapcsolat) drasztikusan eltérő erős negatív korrelációs együtthatók jöttek ki.



45. ábra: Az 500 hPa-os szint geopotenciális magassága, valamint a NAO (bal oldali oszlop) és az AO (jobb oldali oszlop) index havi átlagos korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében 2012 decemberében, 2013 januárjában, februárjában és márciusában

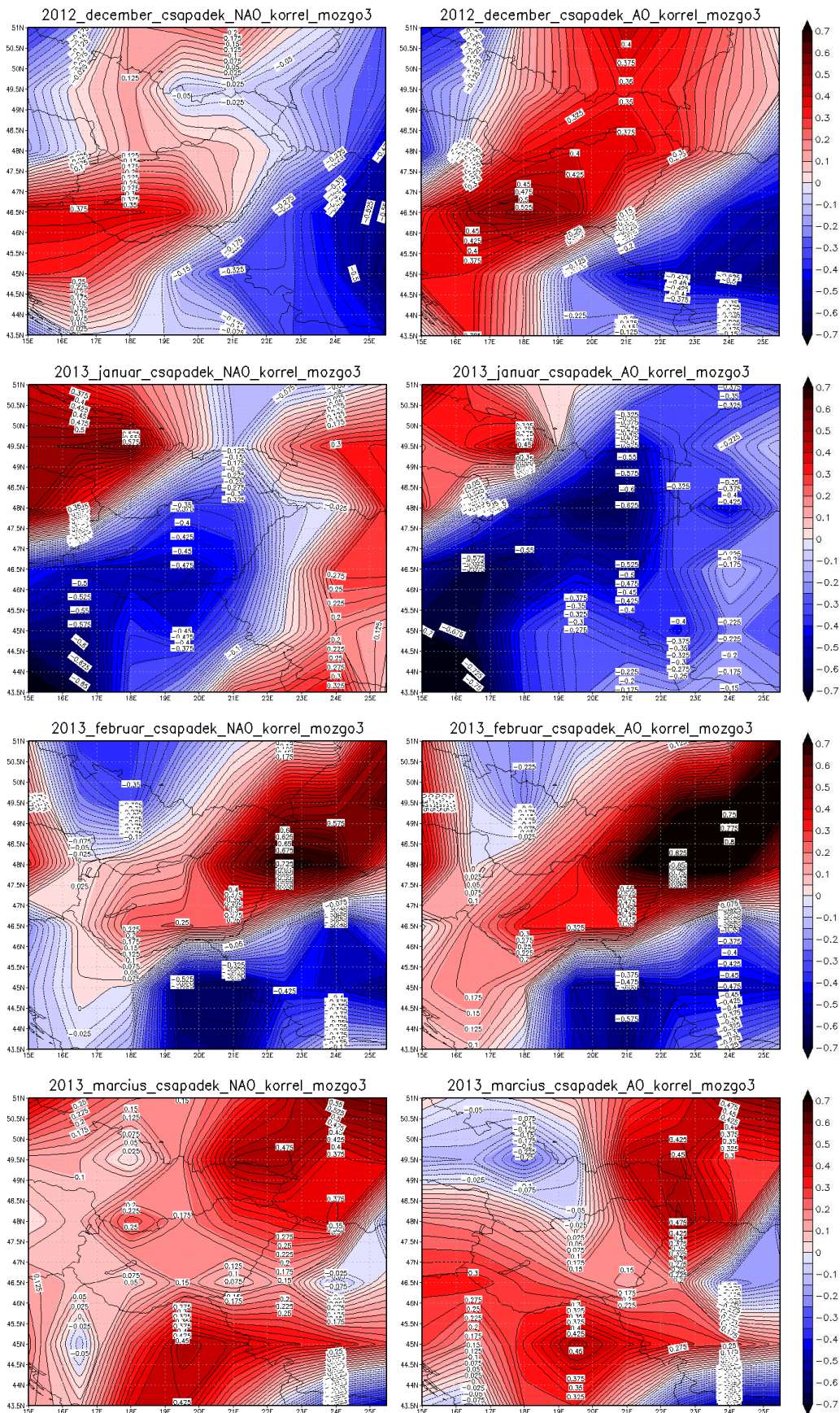


46. ábra: A 850 hPa-os szint relatív nedvessége, valamint a NAO (bal oldali oszlop) és az AO (jobb oldali oszlop) index havi átlagos korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében 2012 decemberében, 2013 januárjában, februárjában és márciusában

Ha a **850hPa szintű relatív nedvességet** vizsgáljuk (46. ábra), szintén nagyon hasonló a két indexszel való kapcsolat területi eloszlása és erőssége is, csak kisebb eltérések figyelhetők meg. Bizonyos esetekben a NAO indexszel bizonyos esetekben pedig az AO-val mutatkozik erősebbnek a kapcsolat, de számottevő különbség csak néhol fordul elő. Például decemberben Észak-Magyarország területén a NAO indexszel gyenge, de negatív (-0,25) a kapcsolat, míg az AO-val erősebb (+0,33) pozitív viszony mutatkozik, de a gradiens iránya megegyezik. A 30 éves havi bontású eredményekhez képest a legjelentősebb eltérés a pozitív területek megjelenése, hiszen mind a négy hónapra 30 éves skálán gyenge, de negatív korrelációt kaptunk.

Végül a **csapadékösszegekkel** folytattunk vizsgálatot az adott tél minden egyes hónapjára vonatkozóan (47. ábra). A csapadékösszegekkel a tanulmány során végig 10 napos mozgóátlagolást végeztünk, majd azután korreláltattuk az értékeket, ebben az esetben viszont a vizsgált időszakok rövidege miatt csak 3 naposat. A korrelációs együttható területi eloszlása közel zónálisan, enyhén DK-ÉNy-i irányban változik. Mindegyik hónap esetében kijelenthető, hogy az AO indexszel valamivel erősebb a kapcsolat, de a két indexszel kapott értékek területi eloszlása nagyon hasonló. Decemberben Magyarország területén pozitív a kapcsolat, januárban ez a pozitív terület északabbra helyeződik, a helyét erős negatív kapcsolatot jelző együtthatóértékek veszik át mindkét index esetében. Februárban ismét a pozitív terület helyezkedett inkább Magyarország fölé, míg márciusban gyengébb, de homogénebb eloszlásban szintén pozitív értékeket kaptunk. Ez ellentmond a márciusban tapasztaltakkal, hiszen negatív index mellett kiemelkedő mennyiségű csapadék hullott, így negatív kapcsolat volna feltételezhető.

Ezek az eredmények is mutatják, hogy a Kárpát-medence területe fölött nem egyértelműen dönthető el a kapcsolat előjele, időnként az északabbi területekre gyakorolt hatás terjed ki fölénk, máskor a déli. A 30 éves havi bontású eredményekkel összevetve, itt is megfigyelhető, hogy a pozitív értékek nagyobb területen megjelennek a 2012-2013-as tél hónapjai esetén, kiemelten érvényes ez márciusra, hiszen ott, míg 30 éves skálán csak negatív értékeket figyelhettünk meg, a vizsgált évben pedig erős pozitív értékek mutatkoznak a terület nagy részén.



47. ábra: A csapadékösszeg, valamint a NAO (bal oldali oszlop) és az AO (jobb oldali oszlop) index havi átlagos korrelációs együtthatóinak területi eloszlása a Kárpát-medencében 2012 decemberében, 2013 januárjában, februárjában és márciusában

Összefoglalás

Munkánk során a 2012-2013-as tél eseményeinek vizsgálatát tűztük ki célul, a megfigyelt szélsőségekre keresve a választ. Az időjárási helyzet áttekintése során láthattuk, hogy a téli és kora tavaszi rendkívüli mennyiségű csapadékot kizárólag mediterrán térségből érkező ciklonok okozták, melyeket az időszak során végig a térség felett időző futóáramlás erősített és hajtott. Mivel a futóáramlás elhelyezkedése és erőssége a szakirodalom szerint szoros összefüggésben áll a NAO és AO távkapcsolati rendszerek állapotával, így felmerült a kérdés, hogy a vizsgált tél során a Kárpát-medencében megfigyelt szokatlan szinoptikus helyzet összefüggésben állhatott-e a NAO és AO indexek aktuális értékével. A NAO index az időszaknak több mint felében, míg az AO index az időszak egészében erősen negatív értékeket vett fel.

Előbb klimatológiai időskálán végeztünk korrelációs vizsgálatokat különböző éghajlati paraméterek valamint az AO-t és NAO-t jellemző index értékek között, hogy megvizsgáljuk, megfigyelhető-e kapcsolat a Kárpát-medence térségének időjárása és a két index értéke között. Később évszakos, majd havi szinten is megismételtük a számításokat, hogy képet kapjunk a kapcsolat éves menetéről. Végül a 2012-2013-as telet jellemző időjárási paraméterekkel is elvégeztük a korrelációs számításokat, melyek eredményeit összehasonlítottunk a klimatológiai időskálájú vizsgálatok eredményeivel. Az adatokat az ECMWF Era Interim adatbázisából nyertük napi felbontásban, a Kárpát-medence területére, 48 kiválasztott rácspontra vonatkozóan.

Az első számítások során megvizsgáltuk azt is, hogy a két adatsort időben eltolva változik-e a korreláció mértéke, hiszen előfordulhat, hogy a távkapcsolati rendszer állapotát jellemző index érték hatása nem azonnal jelenik meg a Kárpát-medencében. Kilenc napos időintervallumon belül vizsgálódva megállapítottuk, hogy a legerősebb kapcsolat párhuzamos idősorok esetén adódik.

Elsőként láthattuk, hogy 30 év viszonylatában a teljes év időjárása szignifikáns korrelációban áll az indexek értékeivel. A maximális korrelációs együttható értékek +0,3 körül alakultak mind a két index esetén, ami valós, de csak laza kapcsolatra utal. Ismert, hogy e rendszerek hatása az év során nem egyforma erősségű, így elsőként évszakos, majd havi bontásban megismételtük a korrelációs számításokat. Ekkor már jelentősebb kapcsolat mutatkozott minden paraméter esetében. Az eddigi nemzetközi és hazai kutatási eredményeknek megfelelően, azt láttuk, hogy legtöbb esetben télen mutatható ki

a legerősebb kapcsolat. Bizonyos paraméterekkel, ősszel és tavasszal is kiemelkedő, míg nyáron a legtöbb esetben gyenge korrelációs együttható értékeket kaptunk. Minden esetben megfigyelhető volt továbbá bizonyos mértékű, legtöbbször zonális területi változás a kapcsolat erősségében és jellegében.

Harminc éves időskálán a teljes éves kapcsolatot vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy minden paraméter esetében az AO indexszel mutatkozott erősebb korreláció. Ennek oka feltehetőleg az, hogy a NAO index akciócentrumaival számított értékek az Atlanti-térségben fennálló viszonyokat, míg az AO index a teljes északi féltekén fennálló helyzetet jellemzi. A Kárpát-medence NAO akciócentrumaitól való távolsága miatt, nem meglepő, ha a hemiszférikus légnyomási állapotokat jellemző index értékkel kapunk erősebb kapcsolatot. Évszakos és havi bontásban már nem minden esetben erősebb az AO-val a kapcsolat, hiszen például a *felszínközeli (2 m-es) hőmérséklet* esetén legtöbb hónapban a NAO-val volt erősebb kapcsolat, viszont a NAO index értékekben erős előjelváltás történik az év során, mely az AO indexekben nem figyelhető meg, így ezek az értékek a teljes éves vizsgálatra kapott eredményt gyengítik. Ha a 2012-2013-as telet vizsgáljuk, akkor viszont már több paraméter esetén is a NAO-val lett erősebb a korreláció, azonban összességében ebben az időszakban látszik a legkevesebb eltérés a két index értéke között. Az adott téltre vonatkozó számításokba bevontuk március hónapot is határozottan télies jellege és kiugróan negatív index értékei miatt.

Az eredmények közül legszembetűnőbbek, a *tengerszinti légnyomás* és az *500hPa-os szint geopoteniális* magasságával végzett számítások eredményei. Míg a 30 éves időskálán a kapcsolatot inkább pozitív együtthatók jellemezték e két paraméter tekintetében, a vizsgált télen negatív együtthatók adódtak. Havi bontásban azt láthatjuk, hogy decemberben és januárban még határozottan pozitív előjelű a korreláció, csak február és március hónap során adódik kiugróan negatív érték. Másik lényeges eltérés még a *850hPa-os szint relatív nedvesség* és a *csapadék* esetében adódott, amikor pedig a 30 éves idősorokból számított havi adatsorokban jóval kisebb mértékben fordultak elő pozitív együttható értékek, mint a 2012-2013-as tél hónapjai esetében. Adott téltre nézve összefoglalva, azt láttuk, hogy a korrelációs együttható értékek jóval magasabb értékeket vettek fel, minden paraméter esetén, mint a 30 éves vizsgálatok során, bizonyos esetekben (pl. *csapadék*) +/-0,8 értéket is meghaladták a maximális értékek. Mind az évszakos, mind a havi bontású eredményeken, valamint a 2012-2013-as tél eredményein is megfigyelhető jelentős zonális eltérés a területen belül a kapcsolat erősségében.

Összességében elmondhatjuk, tehát hogy a kapcsolat minden időskálán vizsgálva zónálisan jelentős területi különbségeket mutat, sok esetben megváltozik a korrelációs együttható előjele északról dél felé haladva, és ezeknek határa több esetben is Magyarország felett húzódik. Emellett a havi adatokból kitűnik, hogy bizonyos paraméterek esetében egy adott rácspontra az év során is többször előjelet vált a korrelációs együttható. Arra a következtetésre jutottunk, hogy mivel hazánk felett húzódik a határvonala az Észak- és Dél-Európára jellemző ellentétes hatásoknak és ez a határ bizonyos területen belül időben változtatja elhelyezkedését, így esetenként az Észak-Európára, míg más esetben a Dél-Európára jellemző hatások dominálhatnak a térségben.

Láthatjuk, hogy a NAO és AO indexszekkel a Kárpát-medence területén szignifikáns kapcsolat mutatható ki, minden vizsgált időjárási paraméter esetében éghajlati és rövidebb időskálán is, ám a korrelációs együttható előjele, erőssége és területi eloszlása jelentős különbségeket mutat paraméterenként és az éves menet tekintetében is, ezért a NAO-val és AO-val való viszony egzaktabb leírásához a számítások további finomítása lenne szükséges. Eredményeinkből kitűnik az is, hogy a 2012-2013-as tél esetében a kapcsolat jellege több lényeges ponton is eltért az éghajlati időskálán megfigyelttől.

A fentiek fényében további célkitűzéseink között szerepel a kapcsolat éghajlati időskálán belüli megváltozásainak, trendjének vizsgálata. Ezen kívül, a 300hPa szélmezővel végzett számítások eredményeinek értelmezéséhez további vizsgálatok szükségesek, a kutatást ebben az irányban is szeretnénk kiterjeszteni a továbbiakban.

Köszönetnyilvánítás

Végezetül szeretném megköszönni témavezetőimnek DR. Bartholy Juditnak és Dr. Dezső Zsuzsannának a sok segítséget és biztatást, amellyel hozzájárultak a diplomamunka elkészüléséhez. Dezső Zsuzsannának külön köszönöm a programozásban való rengeteg segítséget.

Ezen kívül szeretném még megköszönni Dobor Laurának és Kelemen Fanninak, szintén a programozás terén nyújtott tanácsokat és önzetlen segítségüket.

Irodalomjegyzék

- Ambaum, M. H. P., Hoskins, B. J., and Stephenson, D.B., 2001: Arctic Oscillation or North Atlantic Oscillation? *Journal of Climate*, 14, 3495–3507.
- Angström, A. 1935: Teleconnections of climatic changes in present time. *Geografiska Annaler* 17, 243–258.
- Barnston, A. G., Livezey, R.E., 1987: Classification, Seasonality and Persistence of Low-Frequency Atmospheric Circulation Patterns. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1083–1126.
- Bartholy, J., Pongrácz, R. and Pattantyús-Ábrahám, M. 2006: European cyclone track analysis based on ECMWF ERA-40 data sets. *Int. J. Climatol.*, 26: 1517–1527.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Pattantyús-Ábrahám, M., 2007: A cirkulációs viszonyok változásának elemzése az atlanti-európai térségben. *Léggör* 52/1, 18–24.
- Greatbatch, R.J., 2000: The North Atlantic Oscillation. *Journal Article* 1436–3240.
- Hurrell, J.W., 1995: Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation. *Science* 269, 676–679.
- Hurrell, J.W., 1996: Influence of variations in extratropical wintertime teleconnections on Northern Hemisphere temperature. *Geophys Res Lett* 23, 665–668.
- Hurrell, J.W., van Loon, H., 1997: Decadal variation in climate associated with the North Atlantic Oscillation. *Climatic Change*, 36, 301–326.
- Hurrell, J.W., Deser, C., 2010: North Atlantic climate variability: The role of the North Atlantic Oscillation *Journal of Marine Systems*, 79/3–4, 231–244.

- Journel, A. G., Polyakova, I. V. and Bhatt U. S., 2006: Changing relationship between the North Atlantic Oscillation and key North Atlantic climate parameters, *Geophys. Res. Lett.*, 33:3, L03711.
- Koch, P., Wernli, H. and Davies, H. C., 2006: An event-based jet-stream climatology and typology. *International Journal of Climatology* 26, 283–301
- Mándl, É., 2009: Az Észak-Atlanti oszcilláció hatása a Kárpát-medence térségének éghajlatára, *Diplomamunka, ELTE, Meteorológiai Tanszék* 53.
- Panagiotopoulos, F., Shahgedanova, M. and Stephenson, D.B., 2002: A review of Northern Hemisphere winter-time teleconnection patterns. *European Research Course on Atmospheres (ERCA), J. Phys. IV France* 12, 27–47.
- Rajhónáné Nagy, A., 2013: 2013 tavaszának időjárása, *Országos Meteorológiai Szolgálat, Léggör folyóirat* 58.évf. 2. szám, 85–86.
- Vincze, E., 2013: A 2012–2013-as tél időjárása, *Országos Meteorológiai Szolgálat, Léggör folyóirat* 58.évf. 1 szám, 40–42.
- Walker, G. T., 1924: Correlation in seasonal variations of weather. IX. A further study of world weather. *Memoirs of the Indian Meteorological Department* 24 (Part 9) 275–332.
- Wallace, J.M., 1999: North Atlantic Oscillation / Annular Mode: Two Paradigms – One Phenomenon. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 126: 791–805.
- Wunsch, C., 1999: The interpretation of short climate records, with comments on the North Atlantic and Southern Oscillations. *Bull. Amer. Met. Soc.* 80,245–255.
- Tabi, K., 2010: Makrocirkulációs rendszerek és kapcsolatuk a téli időszak időjárásával Magyarországon, *Diplomamunka, ELTE, Meteorológiai Tanszék* 129.

Tóth, T., 2006: Jelentős csapadék hullással járó földközi–tengeri ciklonok klimatológiája blokkoló anticiklonok gyakoriságának függvényében, *Diplomamunka, ELTE, Meteorológiai tanszék* 57.

Thompson D.W. J., Wallace J. M., 1998: The Arctic Oscillation signature in wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophys Res Lett* 25, 1297–1300.

Trigo, I. F., Davies, T. D., Bigg, G. R., 1999: Objective Climatology of Cyclones in the Mediterranean Region *Journal of Climate* 12/6, 1685–1696.

Internetes források:

www.eumetrain.org

www.cpc.ncep.noaa.gov

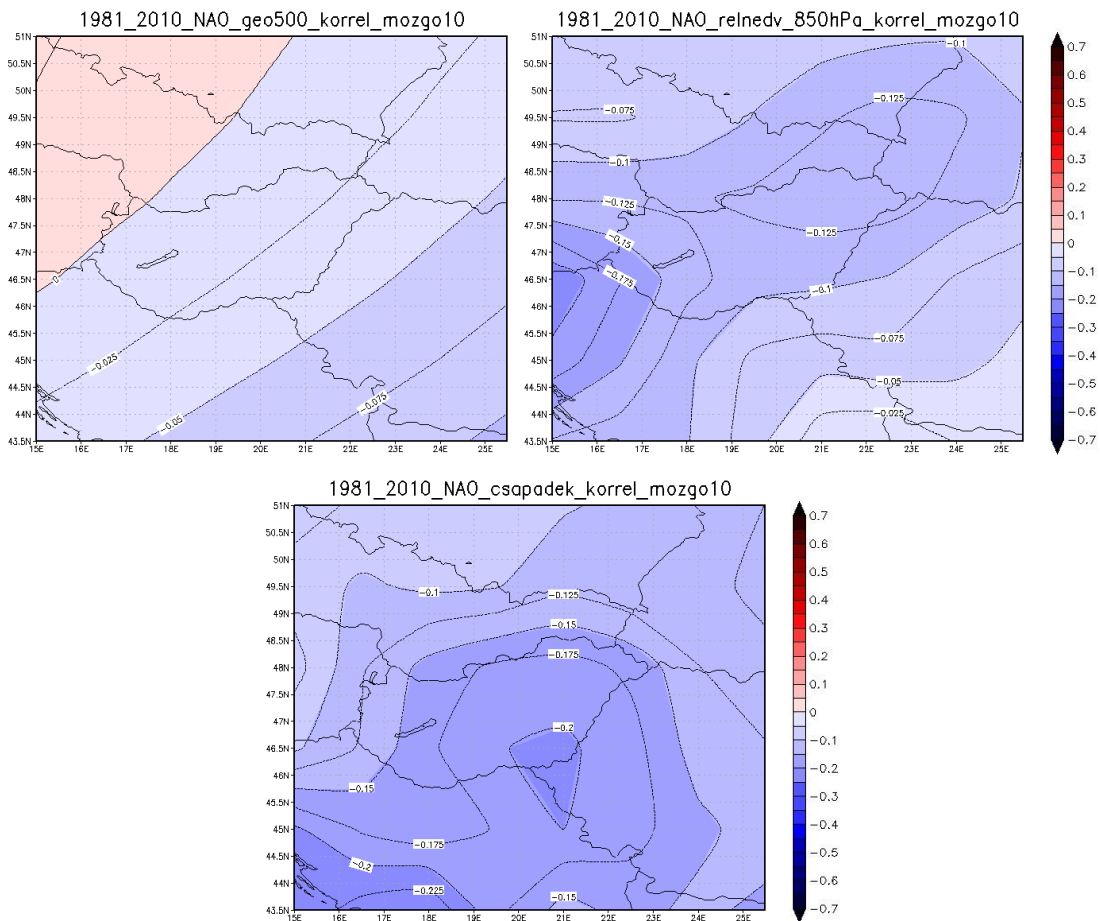
<http://apollo.lsc.vsc.edu/>

https://nsidc.org/cryosphere/arctic-meteorology/weather_climate_patterns.html

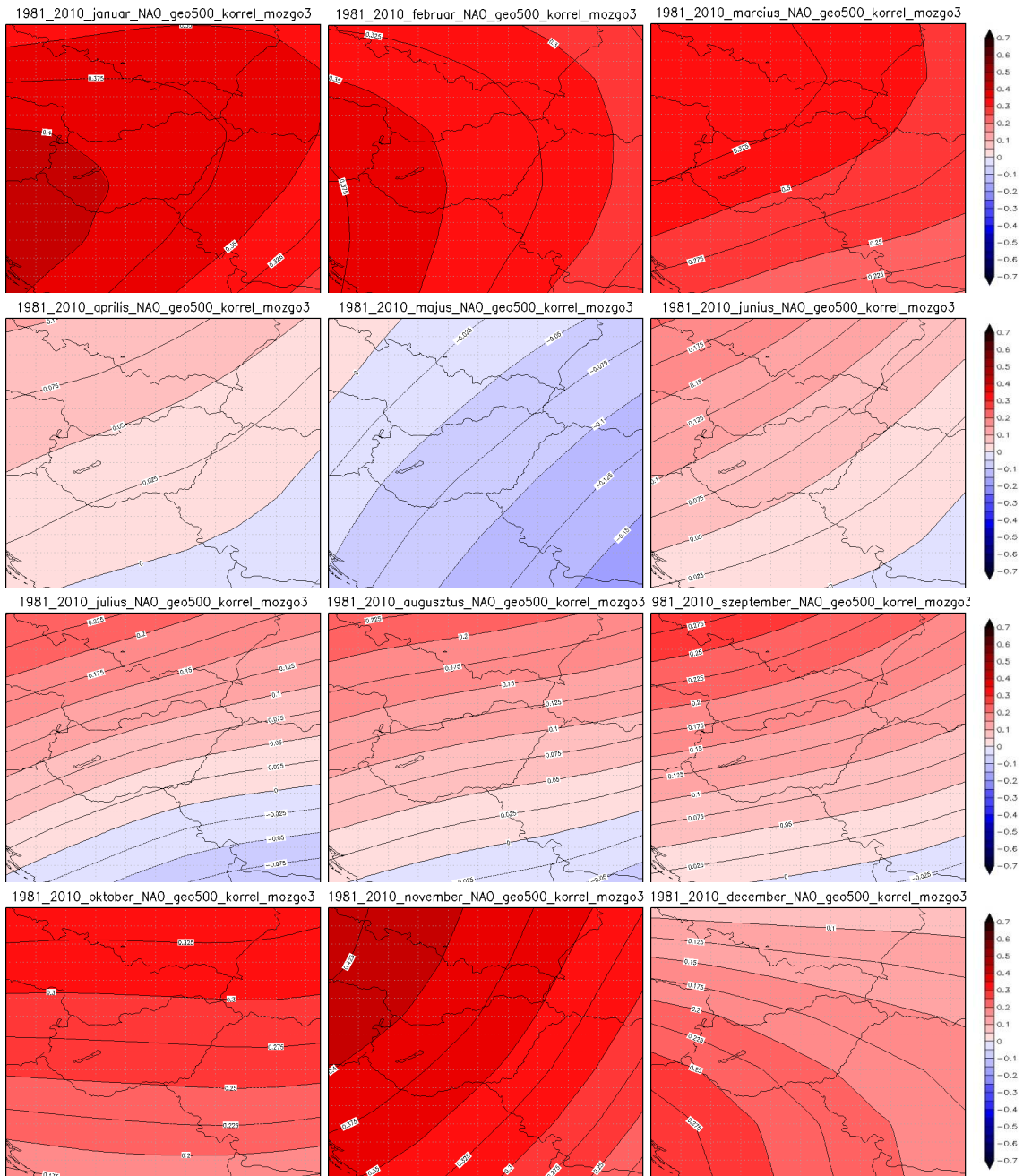
Függelék

Kód	Rövid leírás	Előfordulás
Északi irányítású helyzetek		
mCc	Magyarország egy kelet-európai ciklon hátoldali áramrendszerében található	7%
AB	Anticiklon a Brit-szigetek térségében	6%
CMc	Magyarország egy mediterrán ciklon hátoldali áramrendszerében található	2%
Déli irányítású helyzetek		
mCw	Magyarország egy nyugat-európai ciklon előoldali áramrendszerében található	10%
Ae	Anticiklon Magyarországtól keletre	13%
CMw	Magyarország egy mediterrán ciklon előoldali áramrendszerében található	6%
Nyugati irányítású helyzetek		
zC	Zonális ciklonális helyzet	5%
Aw	Nyugatról benyúló anticiklon	13%
As	Anticiklon Magyarországtól délre	5%
Keleti irányítású helyzetek		
An	Anticiklon Magyarországtól északra	12%
AF	Anticiklon Fennoskandinávia térségében	5%
Centrum helyzetek		
A	Anticiklon a Kárpát-medence felett	13%
C	Cikloncentrum a Kárpát-medence felett	2%

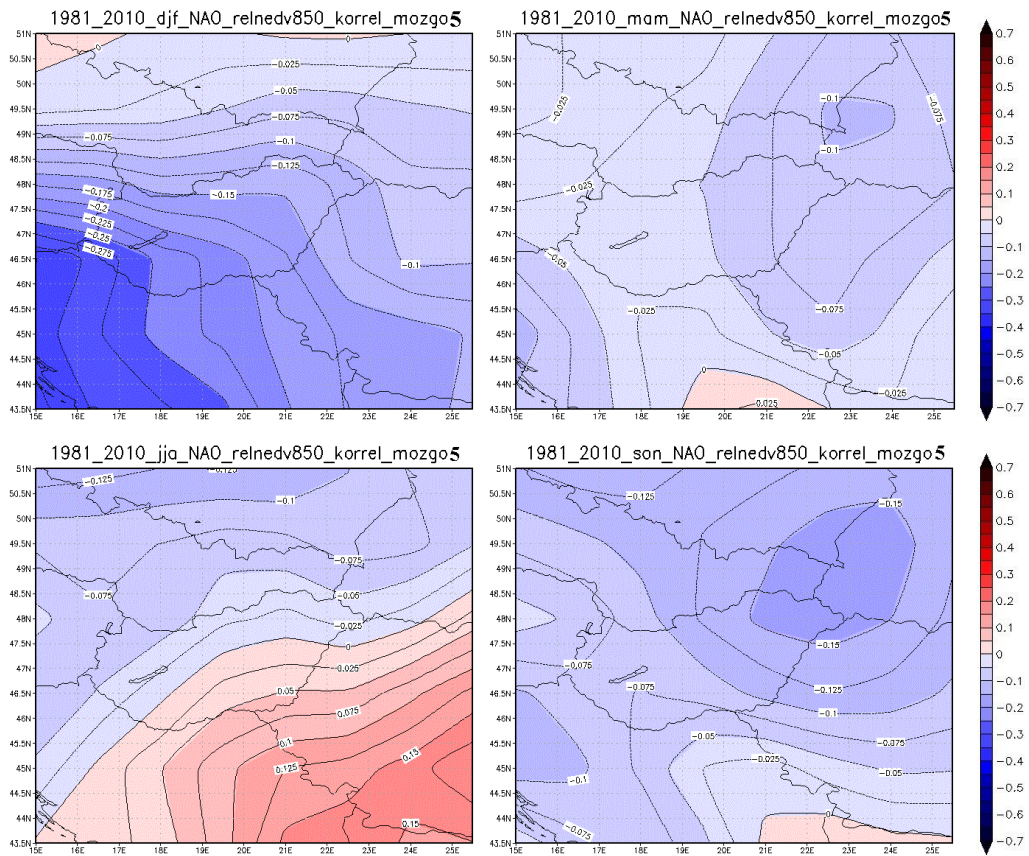
48. ábra: Péczely-féle makroszinoptikus helyzetek kódjai és előfordulása (forrás: Mándl, 2009)



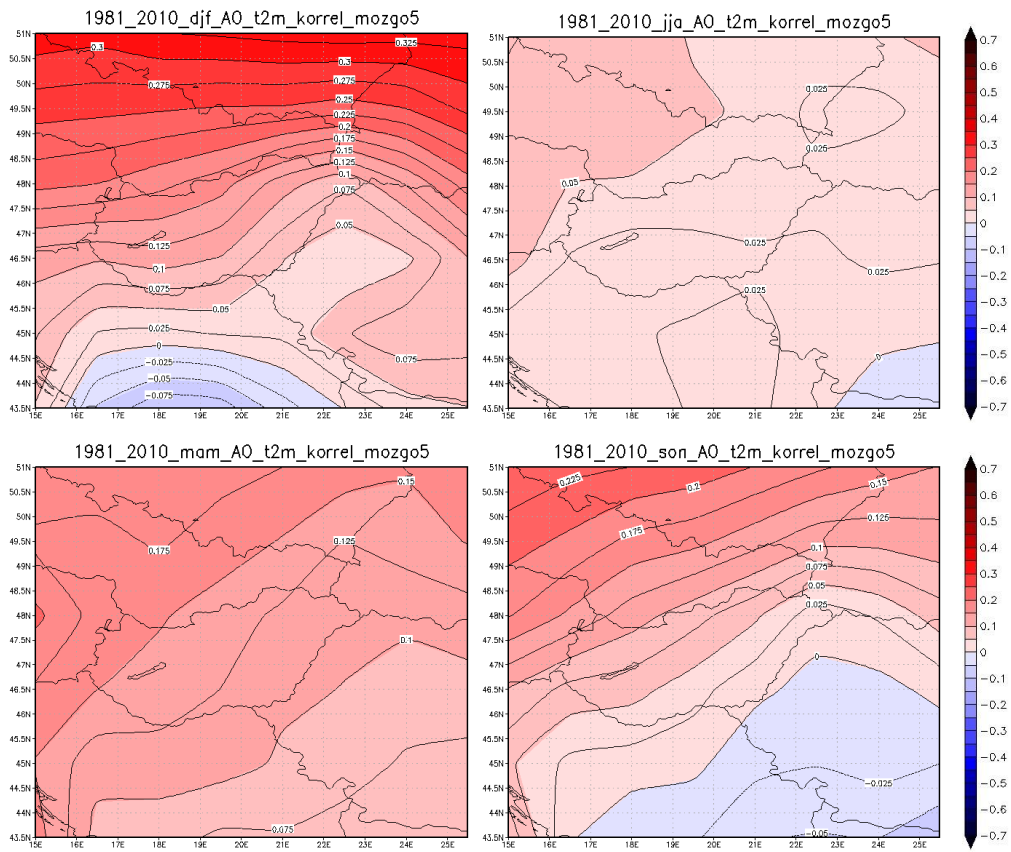
49. ábra: A NAO index és az 500hPa szinti geopotenciál magasság (bal fent), a 850hPa relatív nedvesség (jobb fent) és a havi napi csapadékösszegek (lent) korrelációi havi bontásban



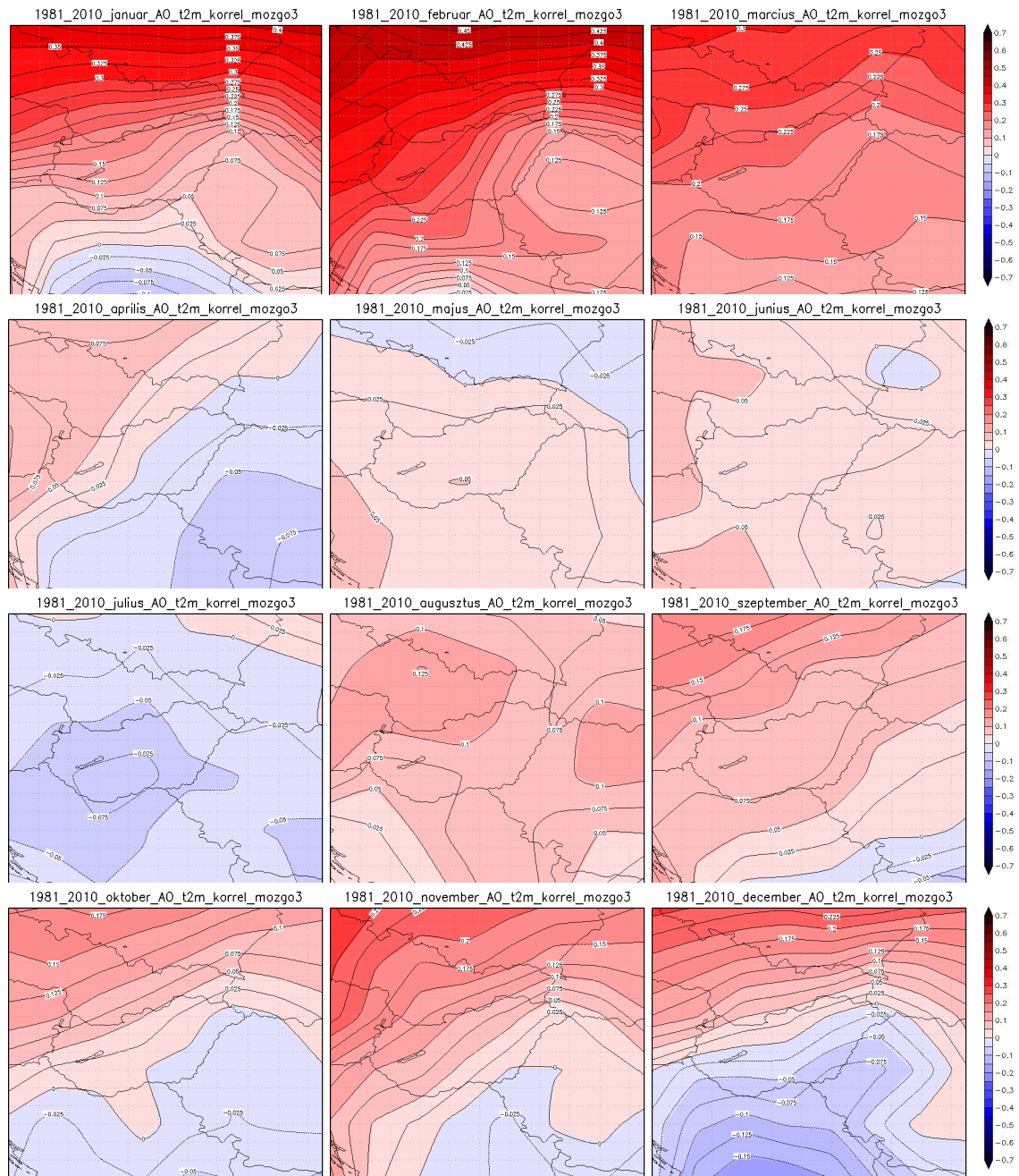
50. ábra: A NAO index és az 500hPa szinti geopoetenciál magasság korrelációja havi bontásban (1981-2010 időszak adatai alapján)



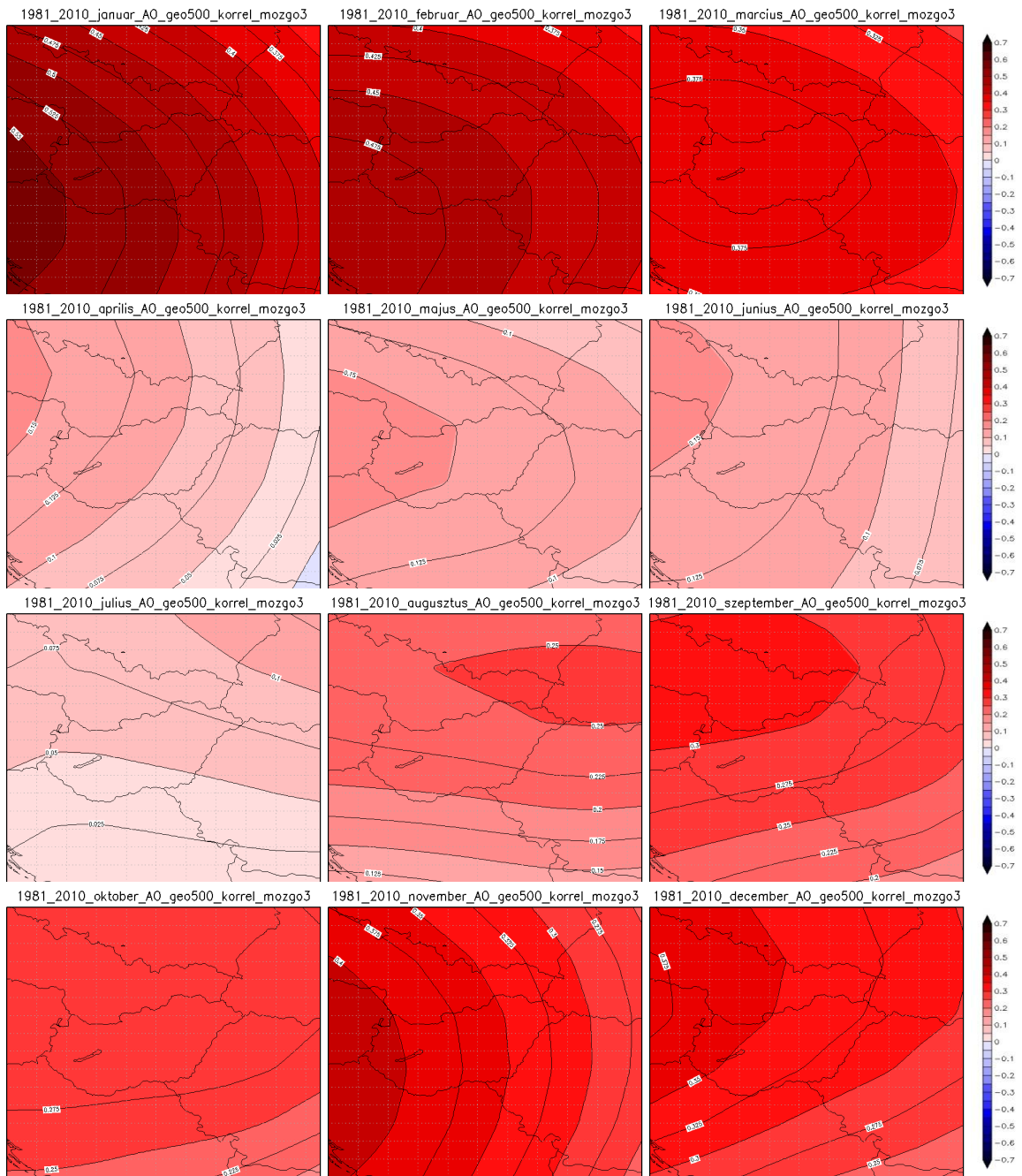
51. ábra: A NAO index és a 850hPa szintű relatív nedvesség korrelációja évszakos bontásban (1981-2010 időszak adatai alapján)



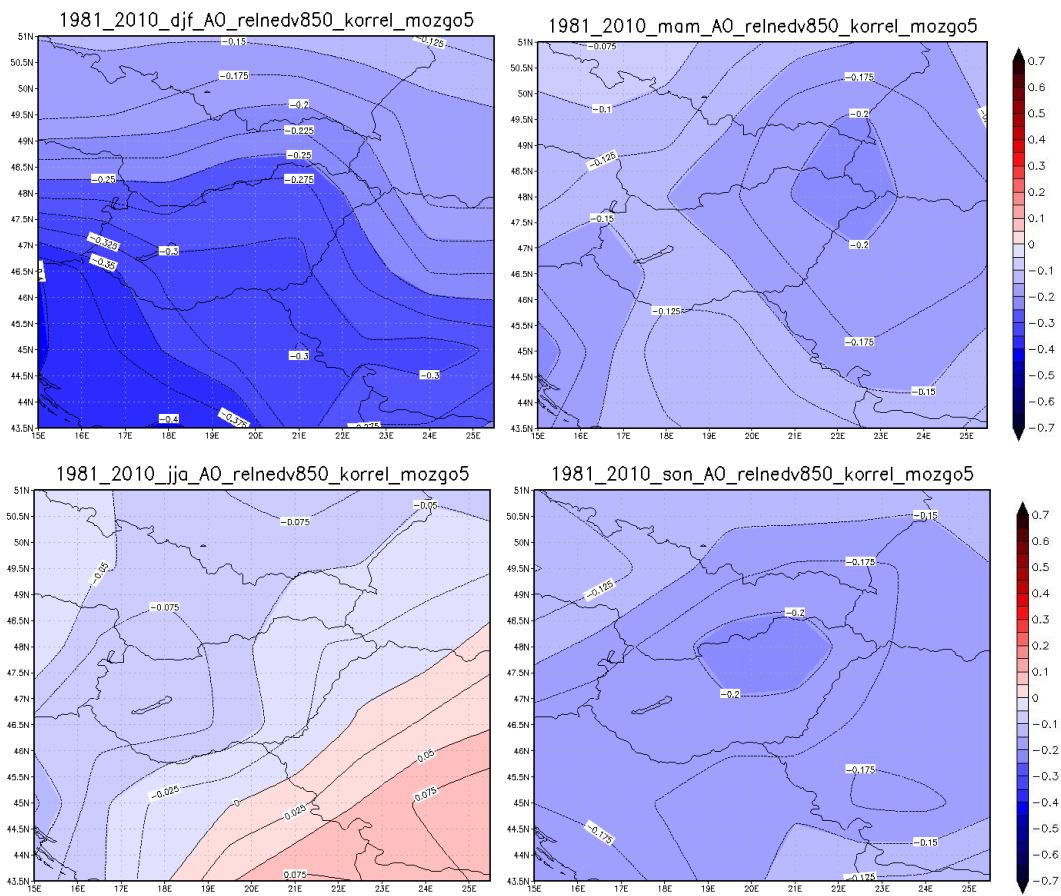
52.ábra: Az AO index és a felszínközeli hőmérsékleti anomália korrelációja évszakos bontásban (1981-2010 időszak adatai alapján)



53.ábra: Az AO index és a felszínközeli (2m-es) hőmérsékleti anomália korrelációja havi bontásban (1981-2010 időszak adatai alapján)



54. ábra: Az AO index és az 500 hPa szint geopotenciál magasságának korrelációi havi bontásban 30 éves adatsoron



55. ábra: Az AO és a 850hPa szinti relatív nedvesség korrelációja, évszakos bontásban (1981-2010 időszak adatai alapján)