

AZ ENSO ÉS TÁVOLABBI TERÜLETEK ÉGHAJLAT INGADOZÁSÁNAK KAPCSOLATA

SZAKDOLGOZAT
FÖLDTUDOMÁNY ALAPSZAK
METEOROLÓGIA SZAKIRÁNY

Készítette: Rákos Andrea
Témavezető: Matyasovszky István

Eötvös Lóránd Tudományegyetem
Földrajz- és Földtudomány Intézet
Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2011

Tartalomjegyzék

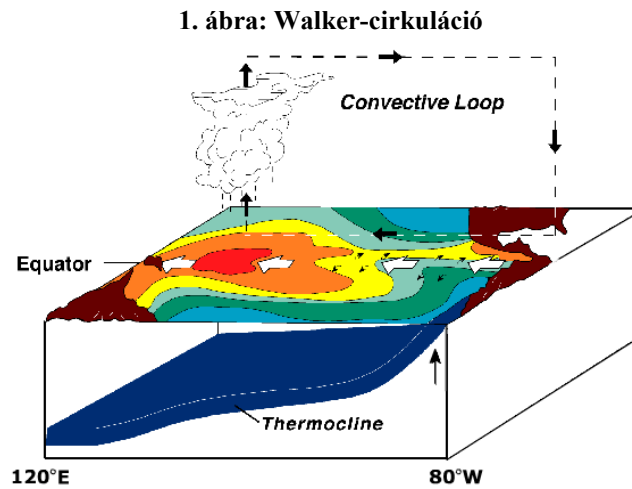
1. Bevezetés	3.
2. Fizikai háttér	7.
3. ENSO a múltban	8.
4. Közvetlen hatások	11.
5. Távolabbi hatások	12.
6. ENSO a közeljövőben	13.
7. Vizsgálat	15.
7.1. Adatok	15.
7.2. Alkalmazás	15.
7.2.1. Lineáris regresszió	15.
7.2.2. Korreláció	19.
7.2.3. Kvantilis regresszió	20.
8. Összefoglalás	31.
9. Irodalomjegyzék	32.
10. Köszönetnyilvánítás	33.

1. Bevezetés

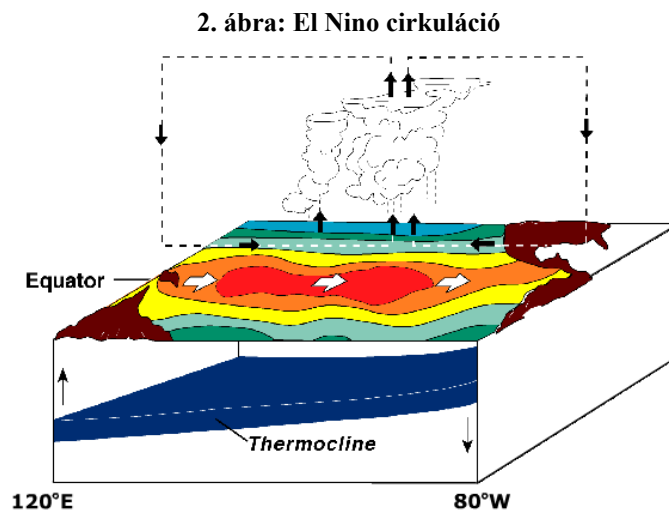
Az El Nino - Déli Oszcilláció, angol rövidítéssel az ENSO- jelenséget szeretném bemutatni. Körüljárni a folyamat mibenlétét, fizikai hátterét, közvetlen hatásait. Majd a távolabbi hatásaira térek rá, beszámolok az előrejelzések fontosságáról és az ENSO jövőbeni vizsgálatáról. Végül kísérletet teszek arra, hogy megvizsgáljam, hazánk éghajlatát is befolyásolja-e a jelenség. A dolgozat az ezzel kapcsolatos eredményekkel zárul.

Földünk és időjárásunk folyamatosan változik. Vannak viszont bizonyos változások, amelyek némely időközönként visszatérnek. Egyik ilyen éghajlat ingadozást hívjuk El Nino jelenségnek. Az El Nino az ENSO ciklus meleg fázisát jelenti, egy nagyskálájú óceán-atmoszféra kölcsönhatásából származó folyamat. A múlt század végén, Dél-Amerikában írták le először. Általában karácsony környékén észlelték, innen származik az elnevezés, spanyolul „kisfiú”-t jelent, ami a kis Jézusra utal. 2-7 évente ismétlődik és általában 9 hónaptól 2 évig tarthat. Az 5-től 7 hónapig tartó El Nino-t epizódnak nevezik, míg az ennél hosszabbat feltételnek. El Nino időszakban Dél-Amerika nyugati partjánál (Peru, Ecuador) a tengerfelszín hőmérséklete(általában $0,5\text{ }^{\circ}\text{C} -t$) és a levegő nyomása növekszik. Ennek egyik oka a Humboldt- vagy más néven Perui áram gyengülése. [1.]

Általános esetben az Egyenlítő két oldalán fújó keleties passzátszelek nyugat felé hajtják a Csendes-óceán vizét, ami Indonézia közelében eléri a medence szélét, és ott összetorlódik. Ennek következményeként a Fülöp-szigetek környékén mintegy 60 centiméterrel magasabb az átlagos tengerszint, mint Közép-Amerika partjainál. A sodródás közben a napsütés hatására a felszíni tengervíz hőmérséklete megemelkedik, és felszálló légáramlatok alakulnak ki. Gomolyfelhők jönnek létre, amelyekből kiadós eső hull. 12-15 kilométeres magasságokban a levegő ismét kelet felé fordul, majd a ciklus a kontinens (Ázsia) fölött leszálló légmozgás formájában véget ér. A dél-amerikai partoktól távolodó víztömeg helyére az alsóbb rétegekből és a magasabb szélességek irányából hideg, táplálékban gazdag víz áramlik. A keleties légáramlatok a nedves légtömegeket is elsodorják a Csendes-óceán keleti feléből, ezért például az Andok sivatagjaiban nagy csapadékhiány lép fel. Az egész áramlási kört Jacob Bjerknes, norvég származású meteorológus nevezte el Sir Gilbert Walker, az Indiai Meteorológiai Szolgálat vezetőjéről, ezért Walker-cirkuláció néven vált ismertté (Gyuró, 1999). Zárt vertikálisan és zonálisan is. Ezt a cirkulációt szemlélteti az 1. ábra, amit az ENSO semleges fázisának is nevezünk.



El Nino időszakban a Walker-cirkuláció gyengül, a keleties áramlás helyét időnként éppen ellentétes, nyugatias szelek veszik át. A meleg felszíni tengervíz nem sodródik el a dél-amerikai partoktól, nem tud helyébe lépni az alulról feláramló hideg víz, és ez világszerte befolyásolja az időjárást. Ezt a 2. ábra mutatja.



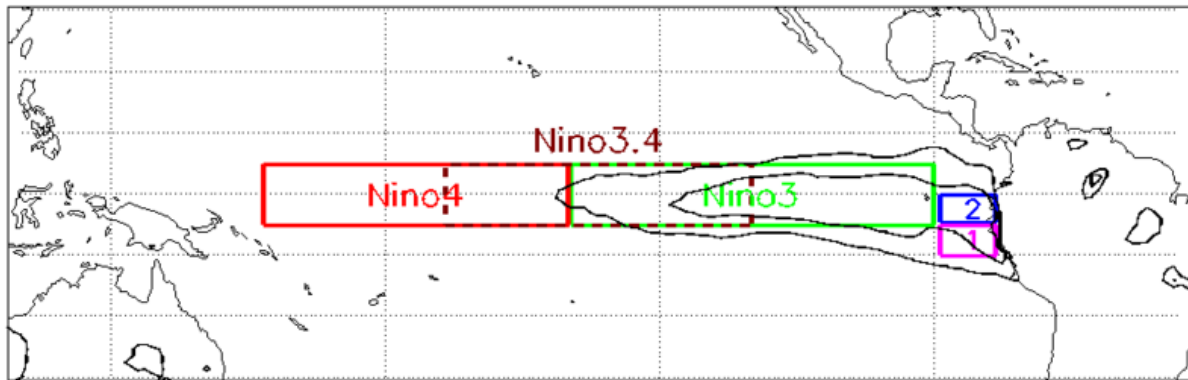
Ebben az időszakban a Csendes-óceán nyugati felén elmaradnak a kiadós esőzések, emiatt szárazság lép fel, szinte lehetetlenné válik a mezőgazdasági termelés, gyakran alakulnak ki erdőtüzek. Ezzel szemben Peruban és Ecuadorban sokkal gyakoribb a csapadék, mint általában.

Nem közvetlen kiváltó oka, de hatással van az El Nino fejlődésének gyorsaságára és intenzitására az úgynevezett Madden-Julian Oszcilláció (MJO), ami a trópusoktól keletre, 30-60 napos ciklusban okoz csapadékanomáliákat. 4-8 cm/s-mal mozog, az Indiai és Csendes-óceán környékén eredményez először nagy esőzéseket, majd szárazságot. Például a nyugati áramlások alacsony nyomású területeken, (MJO ideje alatt) kiválthatnak ciklonális cirkulációt

az Egyenlítőtől északra és délre. Amikor a cirkuláció erősödik, a nyugatias szelek a Csendes-óceán egyenlítői vidékén messzebbre jutnak, és kelet felé fordulnak, mellyel szerepet játszanak az El Nino fejlődésében.

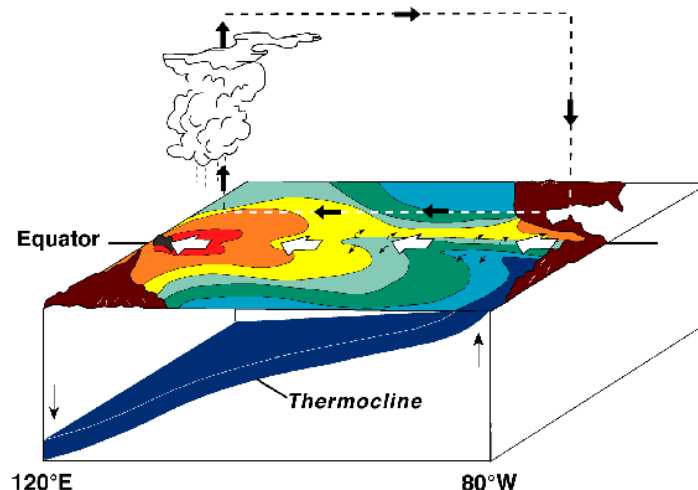
A hagyományos El Nino-t szokták Kelet Csendes-óceáni El Nino-nak is hívni, bár az utóbbi két évtizedben nem-hagyományosakat figyeltek meg. Ezeknek a hőmérsékletanomáliája a Csendes-óceán közepe felé tolódott. Már nem a Nino 1 és 2 területek az érintettek, hanem a Nino 3 és 4-el jelöltek. Ez a 3. ábrán látható. Épp ezért az elnevezésük is megváltozott, Közép Csendes-óceáni El Nino-nak vagy „Modoki”-nak hívjuk (japánul a „hasonló, de különböző”-t jelenti). A hatásai is mások, mint a hagyományosnak, gyakrabban és több hurrikán észlelhető az Atlanti-óceán térségében. Többen úgy vélik, hogy ez az újfajta jelenség a globális felmelegedés miatt alakult ki. [1.]

3. ábra: El Nino által érintett területek



A La Nina időszak pont az ellenkezője az El Nino-nak, jelentésében is, hisz lefordítva „kislány”-t jelent. Régen anti El Nino-nak vagy El Viejo-nak (öregember) hívták. Az ENSO hideg fázisának nevezzük, ilyenkor nem változik meg a Walker-cirkuláció, sem a tengeráramlások iránya, csupán intenzívebbé válik. Ezt a 4. ábra szemlélteti.

4. ábra: La Nina cirkuláció



Az ENSO jellemzése/előrejelzése legegyszerűbben a SOI segítségével történik, ami nem más, mint a Déli Oszcillációs Index (Southern Oscillation Index). Az ausztráliai Darwinban és a tőle 8 ezer kilométerre, keletre fekvő Tahitin ellentétes irányú a légnyomás változása. Ha az egyik helyen magasabb az átlagosnál, akkor a másik helyen alacsonyabb lesz, és fordítva. Ezt a jelenséget hívjuk déli oszcillációnak. Ennek a mérőszáma a SOI, ami a két hely légnyomáskülönbségéből adódik. A negatív SOI mérőszám azt jelzi, hogy Tahiti légnyomása kisebb az átlagosnál, amiből következik, hogy Darwiné nagyobb. Ez az El Nino időszakra jellemző. A pozitív SOI értéknél pont fordítva van, Darwin légnyomása nagyobb. Épp ezért ez a La Nina időszakot jelzi.

2. Fizikai háttér

Először az Ekman-sodrás jelenségét említem meg, amely abban nyilvánul meg, hogy a felszíni vízre nyíróerőt gyakorló szél irányához képest, a víz az északi féltekén jobbra, a délin pedig balra sodródik. Ezért az Egyenlítő mentén a passzátok keleties iránya miatt a felszíni vízrétegek kifelé sodródnak és ott úgynevezett felszálló-víz övezet alakul ki. A perui partok mentén észak felé áramló vizet a földforgás eltérítő ereje balra téríti el, tehát a felszíni víz itt is a parttól kifelé áramlik. Az El Nino által érintett egyenlítői övezet „ideális” légköri és óceáni cirkulációs állapotát az jellemzi, hogy a két passzátcella az Egyenlítőhöz képest szimmetrikusan helyezkedik el. Ilyenkor az Egyenlítő két oldalán keleties szelek fújnak, tehát a mélyebb óceáni rétegekből hideg víz tör fel, ami miatt viszonylag alacsony a tengerfelszín hőmérséklete. E fölött süllyedő légnyomás alakul ki, ezért a két cella között az Egyenlítő két oldalán létrejön egy-egy ellenirányú gyenge másodlagos áramkör. Ebben az esetben a térség felhőmentes és csapadékszegény, amiért egyenlítői szárazövnék is nevezik.

Az Északi Félteke nyarán következik be változás, az ITCZ (Trópusi összeáramlási vonal) északra tolódása miatt. Ekkor a Déli Félteke passzátcellája átlépi az Egyenlítőt, és csak kis különbségeken múlhat, hogy az Egyenlítő mentén továbbra is megmarad-e a felszíni vizek mozgásának divergens jellege, vagy konvergencia jön létre, mely elzárja az utat a felszálló víz elől. Ha konvergencia lép fel, akkor a tengerfelszín nagyon meleg marad és csak a 10°-os déli szélesség táján tud kialakulni némi divergencia. Az ilyen meleg-aszimmetrikus helyzetekben az egyenlítői sáv csapadékosága abnormálisan alakul, a fellépő különféle visszacsatolások miatt előfordul, hogy az ITCZ az északi nyár végén sem húzódik vissza az Egyenlítő fölé, és fokozatosan hatni kezd a dél-amerikai partok mentén uralkodó állapotokra. Ennek eredményeként a felszíni divergencia ott is gyengül, megszűnik a hideg víz feláramlása és a meleg tengerfelszín fölött labilizálódó légkörben nagy esőzések indulnak meg (Czelnai, 1981).

3. ENSO a múltban

Az ENSO jelenségét már nagyon régóta észlelik. Vannak bizonyítékok egy 10000 évvel ezelőtti, holocénbeli erős El Nino időszakra is. Az inkákra is hatással volt, és az is lehet, hogy a „Moche” és más perui kultúrák bukásához is hozzájárult.

Az elmúlt 300 évben periodikusan visszatért, de nagyrészt relatíve gyenge volt. Mostani tanulmányok szerint az 1789-93 közötti erős El Nino okozta a gyenge termés hozamot Európában, ami elősegítette a francia forradalom lezárulását. Az extrém időjárást kiváltó 1876-77-es El Nino a 19. század leghalálosabb éhínségét váltotta ki. 1892-ben Camilo Carrillo kapitány a Földrajzi Társaság kongresszusán, Limában említést tesz a jelenségről, elmeséli, hogy a perui hajósok az északi meleg áramlást „El Nino”-nak nevezték el. Sokáig nagy érdeklődést váltott ki, mert hatással volt a guanó és más a tengernek a biológiai termelékenységétől függő termények iparára. 1893-ban Charles Todd, a Greenwichi Királyi Obszervatórium dolgozója az indiai és ausztráliai aszályokat is a jelenségnek tulajdonította. Ugyanerre a következtetésre jutott Norman Lockyer, asztrológus is 1904-ben. Pezet és Eguiguren szerint áradásokkal is kapcsolatba hozható. 1924-ben Gilbert Walker megalkotta a Déli Oszcilláció elnevezést. [1.]

1972-ben a világ legnagyobb halipari összeomlása következett be a perui anchoveta túlhalászása miatt. Az 1982-83 El Nino nagy érdeklődést váltott ki szakmai körökben, az áradások után súlyos malária járvány tört ki Ecuadorban, Peruban és Bolíviában. A jack makréla és az anchoveta száma csökkent, a kagylók a meleg vízben növekedni kezdtek, a szürketokehalak a kontinentális lejtőn követték a hideg víz áramlását, a rákok és szardíniák dél felé mozogtak, a ló makrélák száma növekedni kezdett. A változó helyszínek és halfajták kihívást jelentettek a halászoknak. 1988-89-ben nagyon erős La Nina epizódot észleltek. Az 1990-1994 közti időszak szokatlan volt, hiszen ritkán fordulnak elő ilyen gyorsan egymás után El Nino események. Dél-Afrikában az évszázad szárazságát idézte elő, ami 100 millió ember életét érintette. Az Andrew-hurrikán is ebben az időszakban sújtott.

A különösen erőteljes 1998-as esemény a világ korallzátonyának 16%-át elpusztította. Azóta tömeges korallfehéredés (elvesztik színüket, és ha hosszú ideig vannak ilyen állapotban, elpusztulnak) jelent meg világszerte. Jelentések szerint ez volt a legerősebb és a leggyorsabban fejlődő El Nino az elmúlt 40 évben. Korai hatásai között az 1997. augusztus-október közötti chilei áradás, a Washington partjainál fogott nyársorrú halak, az Indonéziát, Malajziát és Brazíliát érintő aszály (ami miatt erdőtüzek keletkeztek, kiterjedt szmog felhőt

idézve elő fölöttük) és az Atlanti-óceán kevésbé intenzív hurrikán időszaka említhető meg. Szomáliában és Kenyában a nagy esőzések miatt számos betegség jelentkezett. Az 1998.-as januári jégvihar lerombolta Dél-Ontariót és Dél-Québecet.

A 2007-2008-as La Nina a legerősebb volt a '89-es eset óta. 2008 a hurrikán éve lett, 1944 óta ez az év volt a legaktívabb. 16 vihart neveztek el, ami azt jelenti, hogy 63 km/h-nál gyorsabbak voltak. Ebben az évben, Kanadában majdnem rekordot döntött a hó mennyisége. Szingapúrban heves esőzéseket váltott ki, Dél-Ázsia partjánál pedig a tengervíz felszínhőmérséklete 2 °C-ot csökkent.

2009-2010-ben El Nino epizód volt, ami miatt Vancouverben 1937 óta a legmelegebb januárt tapasztalták. Ez megnehezítette a 2010-es vancouveri Téli Olimpia lebonyolítását. Szingapúrban 1869 óta a legszárazabb február volt 2010-ben. [7.]

Az elmúlt 15 évben kifejlesztettek egy új megfigyelési technikát, ami biztosította az El Nino fejlődésének követését, nagyobb felbontásban, mint eddig bármikor. Műholdak és az óceánba helyezett szenzorok segítségével napról napra nyomon követhetővé vált az esemény. [4.]

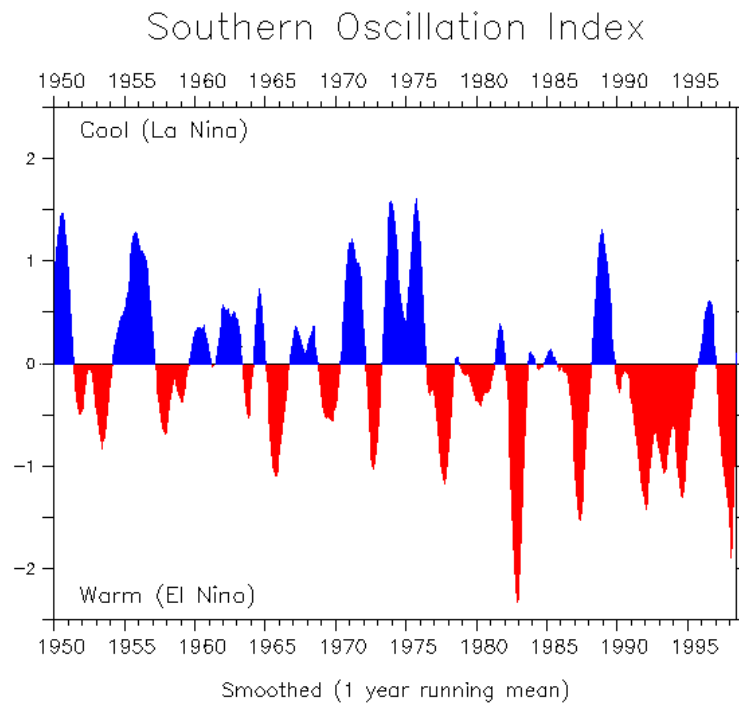
Az 1. Táblázat mutatja a különböző ENSO fázisokhoz kapcsolódó éveket (Bartholy, Pongrácz, 2006).

1. Táblázat: El Nino és La Nina évek

El Nino	La Nina	El Nino	La Nina
1902	1903	1953	1964
1904	1906	1957	1970
1911	1908	1963	1973
1913	1916	1965	1975
1918	1920	1969	1988
1923	1924	1972	1998
1925	1928	1976	
1930	1931	1977	
1932	1938	1982	
1939	1942	1986	
1941	1949	1991	
1943	1954	1993	
1946		1994	
1948		1997	
1951			

Az 5. ábra 1950-től kezdve ábrázolja a SOI index függvényében a fázisokat. A kézzel jelölt rész a hideg időszakra (La Nina), míg a pirossal jelölt a melege (El Nino) vonatkozik. [5.]

5. ábra: 1950-2000 SOI indexek, kék a La Nina, piros az El Nino évek



4. Közvetlen hatások

Először az El Nino hatásait mutatom be, majd a La Nina-ét. Az El Nino hatásai leginkább a téli időszakban feltűnőek. Dél-Amerika partjainál a meleg medence zivatarokat idéz elő, ami miatt a közép-keleti és keleti Csendes-óceán területén a csapadék mennyisége megnövekszik. Meleg, nedves időjárás jellemző áprilistól októberig Peru és Ecuador partjaira, hatalmas áradásokat okozva, attól függetlenül, hogy a jelenség erős, vagy extrém volt-e. Február, március és április hónapok a legkritikusabbak, a hideg, tápanyagban gazdag feláramlás lassul, kevesebb hal lesz, emiatt a tengeri madarak száma is lecsökken, aminek következményeként a műtrágya ipar is válságba kerül. Brazília déli részén és Észak-Argentínában nedvesebb időjárás tapasztalható, leginkább kora nyáron vagy tavasszal. Közép-Chilében enyhébb tél köszönt be, nagy esőzésekkel. A perui, bolíviai síkságon szokatlan téli havazás észlelhető ez idő tájt. Ezzel szemben az Amazonas-folyó medencéjében, Kolumbiában és Közép-Amerikában szárazabb és melegebb idő lesz a jellemző. [1.]

Észak-Amerika észak-nyugati és észak-keleti részén, télen melegebb, szárazabb idő várható, kevesebb hóval, míg nyáron nedvesebb. Mexikó észak-nyugati, az Egyesült Államok dél-nyugati, Florida és Dél-Kalifornia területén, télen nedvesebb, hidegebb idő uralkodik. Kanadában a poláris jet erősödése miatt melegebb, szárazabb az idő. Az El Nino-t követő nyáron közép-kelet Kanadában a szárazság miatt megnövekszik az erdőtüzek száma. Az El Nino növeli az Egyesült Államok nyugati felén a hullámok általi parteróziót és Kalifornia nyugati partjánál kapcsolatba hozható a vörös dagállal (algavirágzás miatti vadvilág pusztulás). A Csendes-óceán keleti felén növeli a hurrikánaktivitást, míg az Atlanti-óceán térségében csökkenti. Az El Nino idején a felsőbb légrétegekben nyugatias szelek, az alsóbbakban keleties szelek a jellemzőek. Emiatt a Csendes-óceán keleti részén csökken a vertikális szélnyírás, ez kedvez a hurrikánok kialakulásának. Az Atlanti térségben viszont nő a szélnyírás, ezért itt kevesebb hurrikán észlelhető. A La Nina-nál pont fordított a helyzet. [2.] Számos moszkító által szállított betegségeknek a kockázatát növelheti, mint például a malária vagy a trópusi nátház. Venezuelában és Kolumbiában az El Nino általi szárazság miatt több mint egyharmadára növekedett a maláriás betegek száma. [6.]

A La Nina hatásai között szerepelnek a Peruban és Chilében jelentkező aszályok és az Észak-Brazíliában decembertől februárig tartó nedvesebb időszak. Észak-Amerikában a helyzet az El Nino-val fordított, Kalifornia északi részét és a Sziklás-hegységet több csapadék éri, míg az ország déli területén kevesebb mérhető.

5. Távolabbi hatások

El Nino idején az Indiai-óceán, Indonézia és Ausztrália környezetében a felszíni légnyomás megemelkedik, és szárazság várható. Ázsia déli részén monszunperiódusok maradhatnak ki, a bozóttüzek általi pára miatt a levegő minősége romlik. A magas hőmérsékletben a náthaláz könnyebben terjed, Sri Lankán pedig a kevés csapadék miatt a malária kockázata nő meg. A megnövekedett vertikális szélnyírás miatt Japánban és Koreában szeptembertől novemberig a ciklonok száma lecsökken. Alaszkában enyhébb tél lehetséges. Kelet-Afrikában, Kenya, Tanzánia és a Fehér Nílus medencéjének területén márciustól májusig hosszú esőzéseket okoz az El Nino. Közép-, és Dél-Afrikában, Zambia, Zimbabwe, Mozambik és Botswana környékén, decembertől februárig szárazabb idő valószínű. Az Antarktisztól nyugatra, a Ross- és Amundsen-tengerben több tengeri jég található, míg a Weddell-tenger vize melegebb és a légnyomás is magasabb. A Földközi-tenger partjainál a tél enyhébb és szárazabb ilyenkor, Észak-Európában viszont felhősebb, csapadékosabb.

A La Nina időszakban Malajziában, Indonéziában és a Fülöp-szigeteken heves esőzések tapasztalhatóak. A trópusi ciklonok keletkezési helye, a szubtrópusi vonallal együtt nyugat felé tolódik, emiatt megnő a földcsuszamlás esélye Kínában. Nyáron az indiai monszunok nagyobbak, mint általában. Ázsiában júniustól augusztusig az átlagosnál alacsonyabb hőmérséklet várható. Dél-Afrikában nedvesebb és hidegebb idő figyelhető meg a téli időszakban, míg Dél-Alaszkában és Nyugat-Kanadában is csökken a hőmérséklet. [8.]

Eddigi hazai vizsgálatok szerint az El Nino időszakában december, január és március hónapokban jóval hidegebb, szeptemberben és februárban viszont melegebb idő észlelhető Magyarországon. Míg a La Ninában télen szintúgy hidegebb, májusban és júniusban viszont magasabb hőmérsékleti értékek mérhetők. A csapadékviszonyokat tekintve a La Nina időszak jobban befolyásolja Magyarország időjárását, mint az El Nino. El Nino-ban kevésbé kiugróan magas értékek januárban, kevésbé extrém száraz idő pedig márciusban és augusztusban észlelhető. A La Nina-ban ősszel, (október, november) januárban és júniusban szárazabb, míg április, május, augusztus és szeptember hónapokban csapadékosabb az idő (Bartholy, Pongrácz, 2006).

Ezen eredményeket figyelembe véve saját vizsgálatot végeztem, hogy mennyire befolyásolja az ENSO Magyarország hőmérsékletét és csapadékát.

6. ENSO a közeljövőben

Számos műhold szolgáltat adatot a trópusokon lévő csapadék, szél és az óceán hőmérsékletének változásáról. Óceáni bójkák figyelik a tengerfelszín hőmérsékletét, és rádiószondák segítenek követni a globális időjárási folyamatokat. [2.]

Négy kategóriára vonatkozóan próbálnak előrejelzést adni a Csendes-óceán trópusi térségére.: közel normális időszak, gyenge El Nino kicsit nedvesebb időjárással, erős El Nino áradásokkal, és hűvösebb, mint az átlagos vízhőmérséklet, nagyobb valószínűséggel a szárazságra. A jó előrejelzések rengeteg pénzt spórolhatnak meg az érintett országoknak, és nagyon sok kártól kímélhetik meg őket. Peru szolgálhat például a rövidtávú El Nino előrejelzés értékességéről. Mint az egyik legjobban fejlődő trópusi ország, a mezőgazdasága nagyon érzékeny az időjárás változására. Az El Nino évek kedvezőtlenül hatnak a halászatra és az áradások károsíthatják a part menti síkságot és az ország északi részén az Andok nyugati oldalát. A La Nina évek kedveznek a halászoknak, de a farmereknek nem, hisz a szárazság miatt nagyon sok terménytől eshetnek el. A rizs és a gyapot az elsődleges perui termények, amelyek érzékenyek a csapadék mennyiségére és időtartamára. A rizs a növekedési szakaszában nedvesebb körülményeket igényel, az érési szakaszában viszont szárazabbakat. A gyapot ezzel szemben elviseli a szárazabb időjárást is. Az előrejelzés segítségével ez arra ösztönözheti a gazdálkodókat, hogy vessenek több rizst és kevesebb gyapotot az El Nino években. Számos más ország is tett hasonló kezdeményezéseket, mint például Brazília, Etiópia, India és Ausztrália. De nem csak a trópusi területeken fontos az előrejelzés, Japánnak és az Egyesült Államoknak is előnyös a mezőgazdaság, a vízi erőforrások, a gabona vagy a fűtőolaj tartalékok szempontjából. [10.]

A globális felmelegedés az egyik legsúlyosabb probléma napjainkban. Egyelőre nem tudjuk biztosan, hogyan és milyen mértékben befolyásolja az El Nino jelenségét, de azt megállapíthatjuk, hogy az utóbbi időben egy újfajta El Nino jelentkezett, erősödött és gyakoribbá vált. Az ENSO gyakorisága az elmúlt 50 évben 60%-kal nőtt. Az El Nino erősségét a tengervíz felszínhőmérsékletének az átlagtól való eltérése határozza meg. A Közép Csendes-óceáni El Nino-nak az intenzitása duplájára nőtt az 1982 óta megfigyelt értékekhez képest a 2009-2010-es esemény alatt. [1.]

2010 második felében La Nina időszak köszöntött be és ez még most is tart. 2011 februárjában gyengülni kezdett, a Nino indexek -0,5 és -1,3 között voltak február végén. Az ENSO figyelésére és előrejelzésére a SOI-n kívül az ONI-t is (Oceanic Nino Index)

használják, ami a tengerfelszín hőmérsékletének az átlagtól való eltérésén alapul a Nino 3 és 4 régiókban. A +0,5-tel egyenlő vagy nagyobb értékek az El Nino-ra, a -0,5-tel egyenlő vagy kisebb értékek a La Nina-ra vonatkoznak. A legtöbb előrejelző modell alapján (2011. március 10.-i állapot szerint) a következő hónapokban továbbra is gyengülni fog, május-június-július hónapokban pedig visszatér a semleges fázisba. Viszont továbbra is nagy a bizonytalanság az Északi Félteke nyarának és őszének az ENSO fázisában. Az majdnem bizonyos, hogy 2011 júniusában semleges időszakra számíthatunk. A La Nina-nak még gyengülése ellenére is jelentkeznek különböző hatásai. Márciustól májusig a Csendes-óceán közép-nyugati részén gyengíti, míg Indonézia felett erősíti a konvekciót. Nagy az esélye az átlag alatti csapadékmennyiségnek az Egyesült Államok déli államaiban és a Sziklás-hegységben. Átlag alatti hőmérsékletek pedig a nyugati parton és az északi államokban valószínűbbek. [11.]

7. Vizsgálat

7.1. Adatok

10 hazai meteorológiai állomás (Budapest, Debrecen, Kecskemét, Miskolc, Mosonmagyaróvár, Nyíregyháza, Pécs, Sopron, Szeged és Szolnok) homogenizált (Szentimrey, 1999) havi középhőmérsékleti és havi csapadék adatsorát elemeztem az 1901-1999 időszakban. Az adatsorokat a SOI havi értékeivel kívántam kapcsolatba hozni. Mivel szoros kapcsolatot aligha várhatunk, ezért ezek területi változékonyságával sem ésszerű foglalkozni. Ezért a 10 adatsoron főkomponens elemzés lett végrehajtva és csak az első főkomponenst tartottam meg. A hőmérséklet esetében az első főkomponens az összvariancia 94,5%-át magyarázza, tehát már az első új változó tartalmazza a 10 állomás statisztikai viselkedésében és területi változékonyságában rejlő információ döntő hányadát. A csapadék esetében a jóval nagyobb területi változékonyságnak köszönhetően az első főkomponens jóval kisebb, 52,3% összvarianciát magyaráz (Matyasovszky, 2003). Ismeretes, hogy egy főkomponens az eredeti változók alkalmas lineáris kombinációja (Dévényi és Gulyás, 1988). Mindkét elem esetében az első főkomponens kialakításában szereplő hőmérséklet, illetve csapadék értékek csupa pozitív együtthatóval szerepelnek az ilyen lineáris kombinációban, ezért egy magas (alacsony) főkomponens érték magas (alacsony) hőmérsékletnek, illetve csapadéknak felel meg.

SOI adatsor számos éghajlati központ honlapjáról letölthető. Egy ilyen adatsor rendszerint Tahiti és Darwin havi átlagos tengersizinti légnyomáskülönbségén alapul. Általában valamilyen időszak átlagától vett eltérésként értelmezik, sőt gyakran normalizálják az ezen időszakból számított szórással. Ezúttal pusztán az említett nyomáskülönbségekkel számoltunk. [9.]

7.2. Alkalmazás

7.2.1. Lineáris regresszió

Első lépésként a lineáris regresszió módszerével kívántam kapcsolatot találni a havi meteorológiai változók és a havi SOI értékek között. Itt egy időkésést is beépítettünk, megengedve azt az ésszerű lehetőséget, hogy egy aktuális SOI érték ennyi időlépcsővel (ennyi hónappal) később érezteti hatását a meteorológiai változó értékében.

Tegyük fel, hogy X és Y egyváltozós, folytonos valószínűségi változók, akkor az (X, Y) párra végzett kísérletek eredményeit tartalmazó $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ mintaelem párok a derékszögű koordináta-rendszerben ábrázolhatók. E pontok között fut – mint az x változó függvénye – a $g(x) = E[Y|X=x]$ görbe (feltételes várható érték vagy regressziós függvény), ami úgy nyerhető, hogy az

$$E[(Y - g(X))^2]$$

kifejezést minimalizáljuk. Itt E a várható értéket jelöli. Az elméletileg pontos $g(x)$ meghatározásához az együttes sűrűségfüggvény, illetve a feltételes sűrűségfüggvény általában nem ismeretes. Ezért a minimalizálandó kifejezésben a legjobb becslést csak egy adott osztályon belül keressük. Ha $g(X; a, b, c, \dots)$ az X valószínűségi változónak az a, b, c, \dots paraméterektől függő függvénye, akkor keressük azokat az $\hat{a}, \hat{b}, \hat{c}, \dots$ paramétereket, amelyekre

$$E[(Y - g(X; a, b, c, \dots))^2]$$

felveszi a minimumát, és a regressziót a

$$g(X) \square g(X; \hat{a}, \hat{b}, \hat{c}, \dots)$$

függvénnyel közelítjük. Nyilvánvaló, hogy ez a közelítés annál jobb, minél bővebb a paraméterekkel meghatározható függvények osztálya.

Jelöljön X és Y két, sztochasztikusan összefüggő valószínűségi változót, melyeknek várható értéke és szórása $E(X), E(Y), D(X), D(Y)$, és a kettőjük kapcsolatára jellemző a korrelációjuk:

$$r = \text{cor}(X, Y) = \frac{E[(X - E(X))(Y - E(Y))]}{D(X)D(Y)} = \frac{E(XY) - E(X)E(Y)}{D(X)D(Y)}.$$

Feladatunkban az Y -t az X lineáris függvényével kívánjuk leírni az

$$\hat{Y} = aX + b$$

alakban, ahol b az egyenesnek az y tengellyel alkotott metszéspontja, a az egyenes meredeksége (az a szám, amely megmutatja, hogy X egységnyi emelkedése mekkora változást eredményez Y értékében). A cél az

$$E[(Y - (aX + b))^2] = \min$$

feladat megoldása, ami \hat{a}, \hat{b} értékét szolgáltatja. Eredményül azt a lineáris összefüggést kapjuk, amelyik a normális eloszlású valószínűségi változó párok regressziójánál adódik, és amely szerint

$$\hat{a} = r \frac{D(Y)}{D(X)},$$

$$\hat{b} = E(Y) - r \frac{D(Y)}{D(X)} E(X), \text{ és így}$$

$$\hat{Y} = r \frac{D(Y)}{D(X)} X + E(Y) - r \frac{D(Y)}{D(X)} E(X).$$

A becslés torzítatlan abban az értelemben, hogy Y és \hat{Y} várható értéke megegyezik, vagyis

$$E(Y) = E(\hat{Y}).$$

A lineáris regresszió nagy korreláció esetén jó közelítést adja a becslendő változónak. Gyakran alkalmazzuk olyankor is, amikor a szükséges öt paramétert nem ismerjük, hanem helyette az (x, y) párra vonatkozó $(x_i, y_i)_{i=1}^n$ mintát. Ekkor képezzük az

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - g(x_i; a_1, a_2, \dots, a_r))^2$$

négyzetes eltérést. Az S minimumának meghatározásához szükséges a

$$\frac{\partial S}{\partial a_i} = 0, \text{ és elégséges a } \frac{\partial^2 S}{\partial a_i^2} \geq 0, \quad i=1, 2, \dots, n$$

relációk teljesülése, feltéve, hogy a differenciálhányadosok léteznek (Dévényi és Gulyás, 1988). Speciálisan, regressziós egyenes esetén,

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i - b)^2.$$

A fentebb említett hőmérsékleti és csapadékadatokat vettem össze a SOI adataival, kiszámítva belőlük a regressziós egyenes meredekségét, 0-tól 6 hónapos időközökig, első és második félévre szétválasztva. A 2. és a 3. Táblázat a hőmérsékleti adatoknak a lineáris regressziós egyenes meredekségére vonatkozik.

2. Táblázat: A hőmérsékleti adatok lineáris regressziós egyenes meredeksége az első félévre vonatkozóan

	Január	Február	Március	Április	Május	Június
0hó időközés	0,062	-0,249	-0,247	0,353	0,185	0,420
1hó	0,557	0,243	-0,126	0,002	-0,529	-0,290
2hó	1,052	-0,030	-0,307	0,185	-0,042	-0,040
3hó	0,773	-0,313	0,086	-0,350	-0,009	0,167
4hó	0,729	-0,198	0,048	-0,009	-0,195	0,065
5hó	0,890	-0,663	0,230	-0,001	0,209	0,340
6hó	0,825	-0,607	0,140	0,002	-0,071	-0,160

3. Táblázat: A hőmérsékleti adatok lineáris regressziós egyenes meredeksége a második félévre vonatkozóan

	Július	Augusztus	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
0hó időközés	-0,194	0,345	-0,293	0,239	-0,368	0,557
1hó	-0,085	-0,022	-0,104	0,003	-0,385	0,138
2hó	-0,489	0,079	-0,448	0,106	-0,583	0,416
3hó	-0,062	0,174	-0,420	0,062	-0,440	0,338
4hó	0,200	0,053	-0,407	0,445	-0,518	0,274
5hó	0,064	0,088	-0,095	0,515	-0,626	0,454
6hó	0,006	0,184	-0,111	0,435	-0,932	0,274

A 4. és 5. Táblázat a csapadékadatokra vonatkozik.

4. Táblázat: A csapadék adatok lineáris regressziós egyenes meredeksége az első félévre vonatkozóan

	Január	Február	Március	Április	Május	Június
0hó időközés	-0,991	-0,443	-0,818	-1,624	-13,835	-6,550
1hó	-0,244	1,943	1,494	0,230	8,251	-1,693
2hó	0,365	-0,021	3,957	-0,608	4,567	-5,199
3hó	-0,626	-0,950	-5,150	-0,936	1,301	1,625
4hó	-1,229	-3,226	-8,863	-1,618	1,656	0,521
5hó	-1,511	-6,759	-4,583	-0,061	-1,462	-2,351
6hó	-2,819	-3,184	-8,053	-0,983	-1,390	-6,260

5. Táblázat: A csapadék adatok lineáris regressziós egyenes meredeksége a második félévre vonatkozóan

	Július	Augusztus	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
0hó időközés	0,652	2,426	5,104	-2,529	-5,133	5,711
1hó	-2,933	4,446	5,130	-3,859	-4,374	7,095
2hó	-5,747	6,035	6,067	-1,344	-4,024	1,858
3hó	-3,855	1,507	6,345	0,529	-2,807	2,140
4hó	-2,702	3,490	4,819	-2,452	-9,064	6,477
5hó	-1,188	3,634	-2,279	3,681	-8,441	4,611
6hó	-3,737	4,720	2,453	-2,921	-3,532	4,181

7.2.2. Korreláció

A korreláció jelzi azt, hogy két valószínűségi változó milyen szorosságú lineáris kapcsolatban áll egymással. Ha két véletlen mennyiség korrelációja nulla, akkor korrelálatlanok. A normális eloszlású valószínűségi változókra jellemző, hogy ha korrelálatlanok, akkor függetlenek is. Így a korreláció jól alkalmazható normális eloszlásúnak tekinthető mérhető mennyiségek közötti kapcsolat erősségének mérésére. A korrelációs együttható a szokásos mérőszám, mely a már fentebb említett képlettel számolható ki. [1.]

A 6. és a 7. Táblázat a hőmérsékleti adatokra kiszámított korrelációs együttható értékét mutatja be.

6. Táblázat: Hőmérsékletek és SOI korrelációs együtthatója az első félévre vonatkozóan

	Január	Február	Március	Április	Május	Június
0hó időkésés	-0,083	0,034	0,008	-0,014	-0,114	-0,051
1hó	0,115	0,054	-0,039	0,001	-0,154	-0,098
2hó	0,183	-0,006	-0,093	0,077	-0,017	-0,015
3hó	0,141	-0,052	0,023	-0,142	-0,004	0,086
4hó	0,142	-0,034	0,011	-0,003	-0,080	0,035
5hó	0,164	-0,123	0,054	0,000	0,076	0,183
6hó	0,157	-0,106	0,035	0,001	-0,022	-0,076

7. Táblázat: Hőmérsékletek és SOI korrelációs együtthatója a második félévre vonatkozóan

	Július	Augusztus	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
0hó időkésés	-0,082	0,135	-0,101	0,081	-0,089	0,152
1hó	-0,031	-0,009	-0,034	0,001	-0,098	0,032
2hó	-0,160	0,027	-0,152	0,036	-0,158	0,100
3hó	-0,023	0,054	-0,122	0,022	-0,113	0,087
4hó	0,099	0,019	-0,107	0,136	-0,137	0,066
5hó	0,034	0,042	-0,028	0,142	-0,142	0,114
6hó	0,003	0,093	-0,044	0,136	-0,191	0,059

A 8. és 9. Táblázat a csapadékadatokhoz kapcsolódik.

8. Táblázat: Csapadékok és SOI korrelációs együtthatója az első félévre vonatkozóan

	Január	Február	Március	Április	Május	Június
0hó időkésés	-0,105	0,086	-0,120	0,006	0,102	0,065
1hó	-0,010	0,068	0,056	0,007	0,151	-0,027
2hó	0,013	-0,001	0,145	-0,021	0,113	-0,091
3hó	-0,023	-0,025	-0,166	-0,032	0,034	0,039
4hó	-0,049	-0,088	-0,240	-0,048	0,043	0,013
5hó	-0,057	-0,198	-0,130	-0,002	-0,033	-0,058
6hó	-0,109	-0,088	-0,245	-0,026	-0,027	-0,137

9. Táblázat: Csapadékok és SOI korrelációs együtthatója a második félévre vonatkozóan

	Július	Augusztus	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
0hó időkézés	0,012	0,051	0,093	-0,042	-0,090	0,172
1hó	-0,046	0,097	0,089	-0,068	-0,080	0,180
2hó	-0,082	0,113	0,109	-0,022	-0,078	0,049
3hó	-0,062	0,025	0,097	0,009	-0,052	0,060
4hó	-0,059	0,067	0,067	-0,036	-0,173	0,173
5hó	-0,028	0,093	-0,036	0,049	-0,138	0,127
6hó	-0,086	0,129	0,052	-0,044	-0,052	0,099

A sárgával szedett értékek a zérustól szignifikánsan különböző korrelációkat jelzi. A szignifikáns (0-tól eltérő) együttható azt jelzi, hogy a két változó kapcsolatát az adott valószínűség mellett nem a véletlen hozta létre. A szignifikanciát a következő képlettel számoltam ki:

$$\rho = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{1+r}{1-r}\right),$$

ahol r a korrelációs együttható értéke. Ha $\rho\sqrt{n-3} \geq 1,96$ akkor a szignifikancia szintje 5%-os, ha csak mint 1,645-nél nagyobb, akkor 10%-os. Itt a 10%-os szignifikancia szint jelenik meg. A kevés szignifikáns lineáris kapcsolat azt jelzi, hogy a hazai hőmérséklet és csapadék, továbbá a SOI között vagy nincs is kapcsolat vagy az esetleges kapcsolat felderítése a lineáris regresszió módszerénél finomabb technikát igényel. Ez utóbbit ismertetem az alábbiakban.

7.2.3. Kvantilis regresszió

A kvantilis regresszió módszerét Koenker és Bassett (1978) vezette be. A lineáris regresszió módszerével az alábbi módon hozható kapcsolatba. Először megoldhatjuk a

$$\min_{\mu \in \mathbb{R}} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2$$

feladatot, ami a μ mintaátlagot eredményezi. Kicserélve a μ -t egy paraméteres függvényre, a

$$\min_{\beta \in \mathbb{R}} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu((x_i, a, b)))^2 \quad (1)$$

feladat megoldása az $E(Y|x)$ feltételes várható érték függvény közelítésének becslését nyújtja. Kvantilis regressziónál is hasonlóan járunk el. Legyen az Y q -adik kvantilise a g szám. Szavakkal kifejezve, q -ad rendű kvantilisen értjük azt a számot, amelynél az y_i értékek q -ad része kisebb, $(1-q)$ -ad része nagyobb. Például a 0,5-ös kvantilisé (medián) ugyanannyi

értéknek kell a medián felett és alatt lennie. A kvantilis regresszió esetében kicseréljük g -t egy paraméteres $g(x_i, a, b)$ függvényre, ami a

$$\min_{\beta \in \mathbb{R}} \sum h(y_i - g(x_i, a, b))$$

feladat megoldására vezet (Koenker, Hallock, 2001), ahol

$$h(t) = \begin{cases} q \cdot t, & \text{ha } t \geq 0 \\ -(1 - q) \cdot t, & \text{ha } t < 0 \end{cases}$$

Ezzel az Y -nak az $X=x$ feltétel melletti feltételes kvantilisére nyerünk becslést. Mivel az eljárás minden kvantilisre értelmezhető, így kellően sok valószínűségi szint bevonásával Y -nak az x -től függő feltételes valószínűségi eloszlásáról kapunk képet.

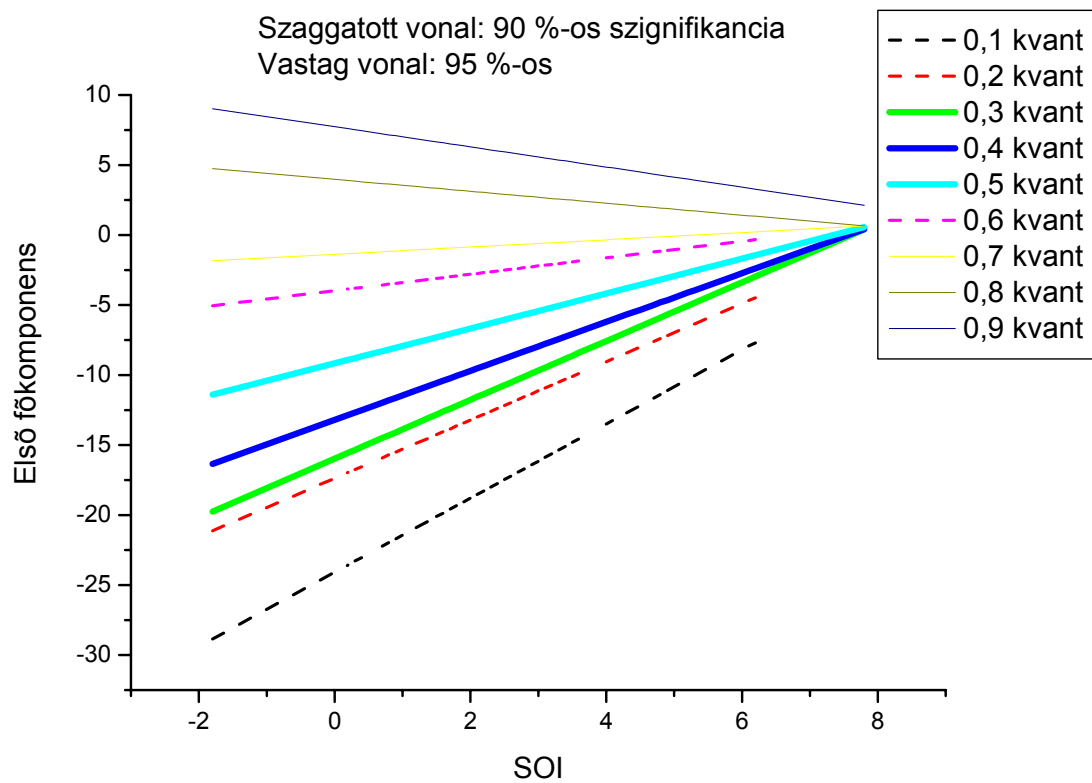
Esetemben Y a hőmérséklet vagy csapadék, X pedig a SOI. A g függvényt továbbra is lineárisnak veszem, tehát a hőmérséklet vagy csapadék SOI-tól függő kvantilisei egyenesek lesznek. A különböző valószínűségi szintekhez tartozó kvantilis görbék (egyenesek) a kvantilis definíciójából fakadóan természetesen nem metszhetik egymást, ám az (1) egyenlet megoldásával kapott kvantilis görbékre ez nem feltétlenül teljesül automatikusan. Ezért az (1) feladatot olyan megszorítás mellett kell megoldani, hogy az említett metszés ne történjék meg. A $h(t)$ függvény alakja és az imént említett esetleges metszés kiküszöbölése folytán a kvantilis regresszió paramétereinek becslése jóval nagyobb számításigénnyel jár, mint a lineáris regresszió paramétereinek származtatása.

Természetesen ezúttal is szükség van szignifikancia vizsgálatra, vagyis annak tesztelésére, hogy az említett egyenesek (SOI függő kvantilisek) meredeksége adott szignifikanciaszint mellett nullától különbözőnek tekintendő-e. A kvantilis regressziós egyenes becsült meredeksége aszimptotikusan normális eloszlású (Koencker és Bassett, 1978) zérus várható értékkel azon null-hipotézis esetében, hogy az elméleti (valóságos) meredekség zérus. A hipotézisvizsgálat végrehajtásához még az imént említett normális eloszlás varianciáját kell ismerni. Ez a variancia a $q(1-q)s^2(q)$ mennyiséggel arányos, ahol $s(q)$ az ún. ritkasági függvény. Ha $F(x)$ az Y eloszlásfüggvénye, akkor $s(q) = d/dq \{F^{-1}(q)\}$. A ritkasági függvény kiszámításakor legegyszerűbb esetben az eloszlásfüggvény becsléséként az empirikus eloszlásfüggvényt írják, míg a deriváltat véges különbséggel közelítik.

A kvantilis regressziós adatok azon hónapjait (bizonyos időközönként, vagy anélkül) mutatom be, amelyeknek a meredekségük a legszignifikánsabbak voltak.

A 6. ábra a hőmérsékletre vonatkozik, január hónapban két hónapos SOI időkéssel.

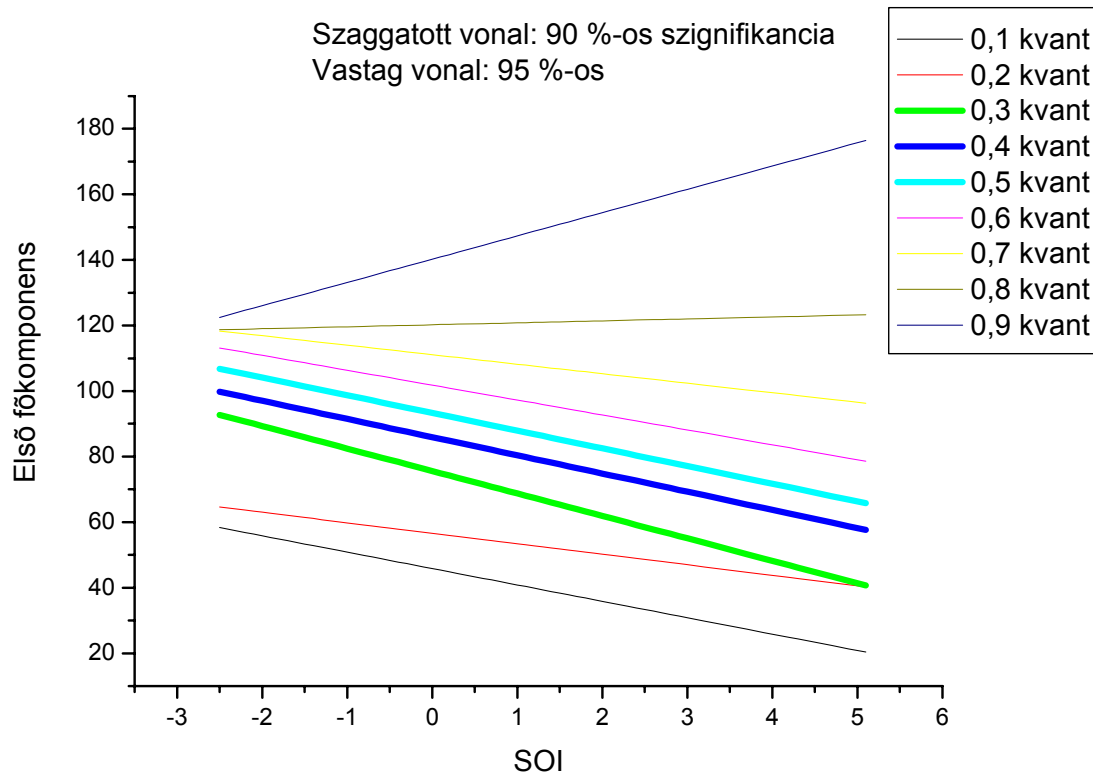
6. ábra: Januári hőmérséklet feltételes kvantilisei, 2 hónapos időkéssel



Az ábráról leolvasható, hogy a kicsi SOI értékeknél (El Nino időszak) a hőmérsékletre nagyobb változékonyság jellemző, míg a nagy SOI értékeknél (La Nina) kisebb a bizonytalanság. Minél nagyobbak a hőmérsékleti értékek, annál kevésbé meredeken nőnek a kvantilisek a növekvő SOI értékekkel. Az utolsó két kvantilisnél csökkennek az értékek, bár ezek nem is szignifikánsak.

A 7. ábra a csapadékra vonatkozik, a hőmérséklethez hasonlóan január hónapban, fél éves időközlel.

7. ábra: Januári csapadék feltételes kvantilisei, 6 hónapos késéssel

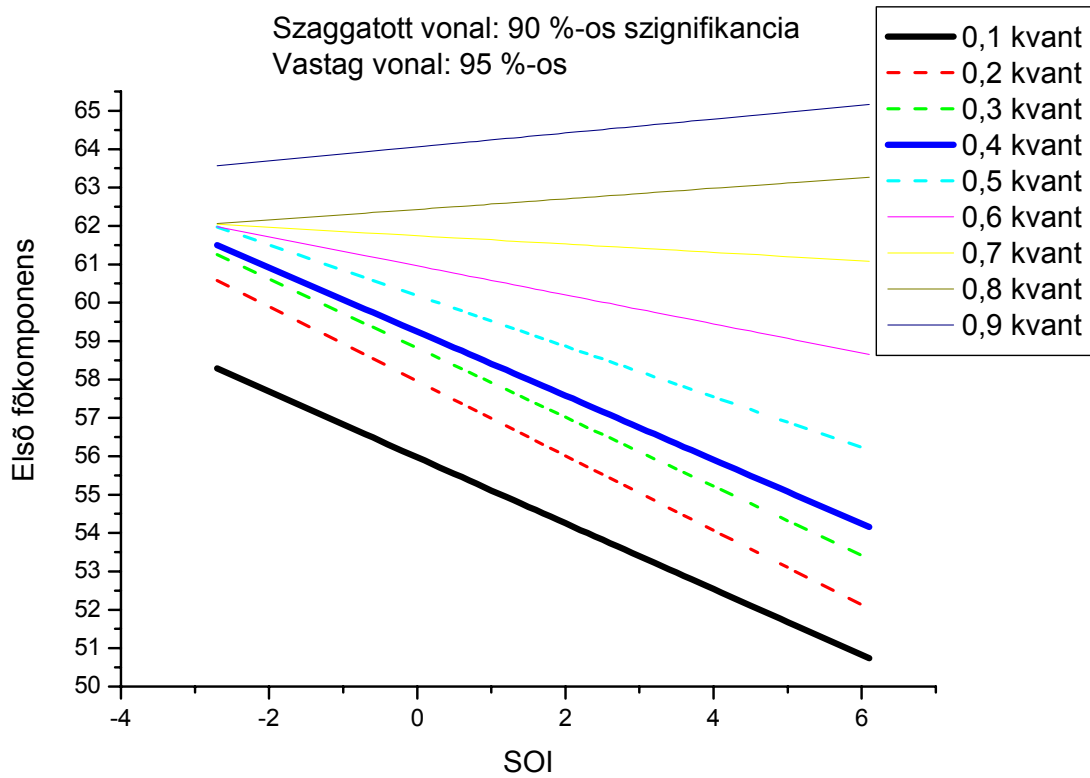


Látható, hogy az El Nino időszakban a csapadék változékonysága kisebb (majdnem feleannyi), mint a La Nina időszakban. Az utolsó kvantilis nő meredeken, míg a többi csökken, a szignifikáns kvantilisek meredekebben, mint a nem-szignifikánsak.

A január tehát stabil meleggel, de nagy változékonyságú csapadékkal reagál a megelőző La Nina időszakra, El Nino esetében pedig fordítva.

A 8. ábra a júniusi hőmérsékletet ábrázolja két hónapos időközesséssel.

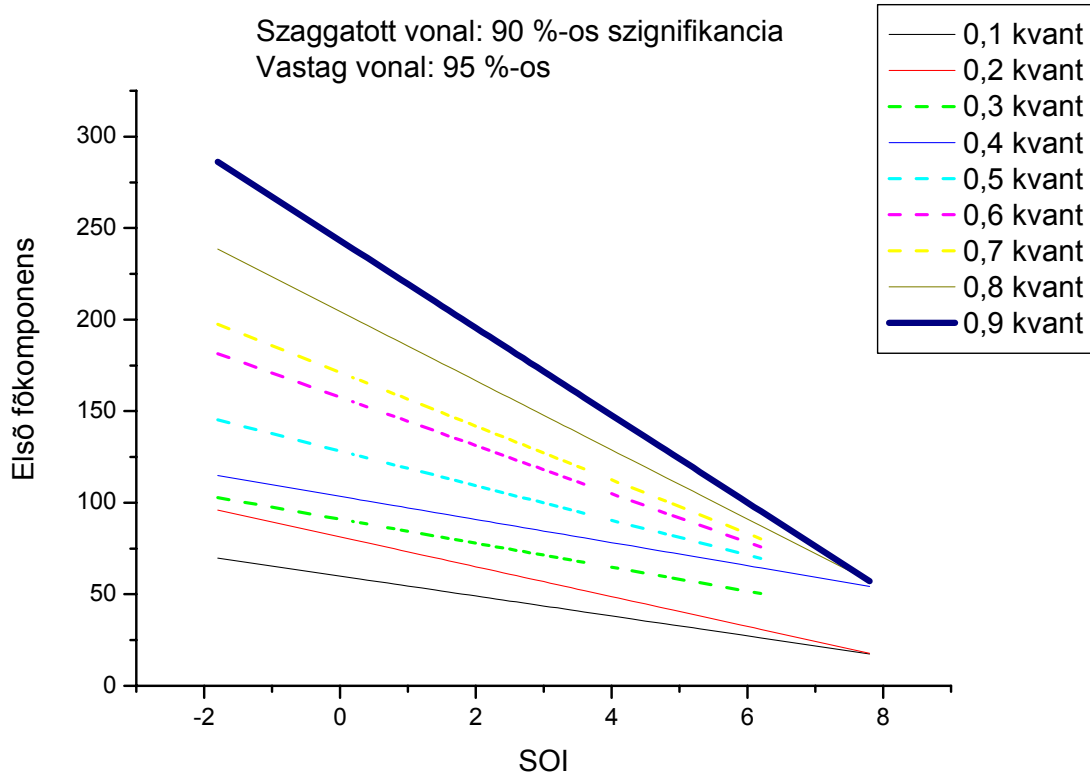
8. ábra: Júniusi hőmérséklet feltételes kvantilisei, 2 hónapos késéssel



A júniusi hőmérséklet épp fordítva reagál SOI értékeire, mint a januári. Az El Nino időszak a kevésbé változékony. A 0,5 alatti kvantilisek meredeken csökkennek, e fölött (ahol már nem szignifikáns) kevésbé, vagy éppen nőnek. A La Nina időszakban ezért nagyon nagy lesz a bizonytalanság. A kisebb hőmérsékleti értékek nagyobb valószínűséggel csökkennek, mint a nagyobbak.

A 9. ábra a márciusi csapadékra vonatkozik négy hónapos időkéssel.

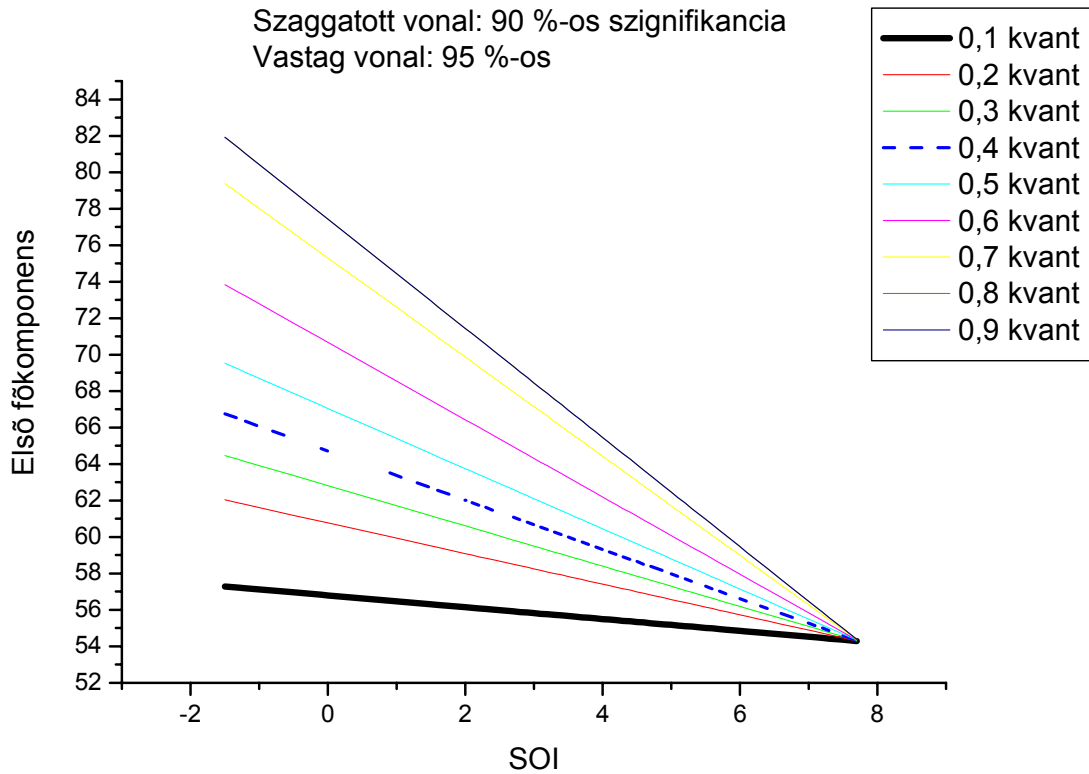
9. ábra: Márciusi csapadék feltételes kvantilisei, 4 hónapos késéssel



Az El Nino időszakot követően nagy a csapadék változékonysága, míg a La Ninában nagyon kicsire csökken. A legmeredekebben a 0,9-es kvantilis csökken, ami azt jelenti, hogy a nagyobb csapadéértékek sokkal nagyobb valószínűséggel csökkennek. Ilyenkor nagy csapadéokra tehát igen kis valószínűséggel lehet számítani.

A 10. ábra az augusztusi hőmérsékletet mutatja öt hónapos időkéssel.

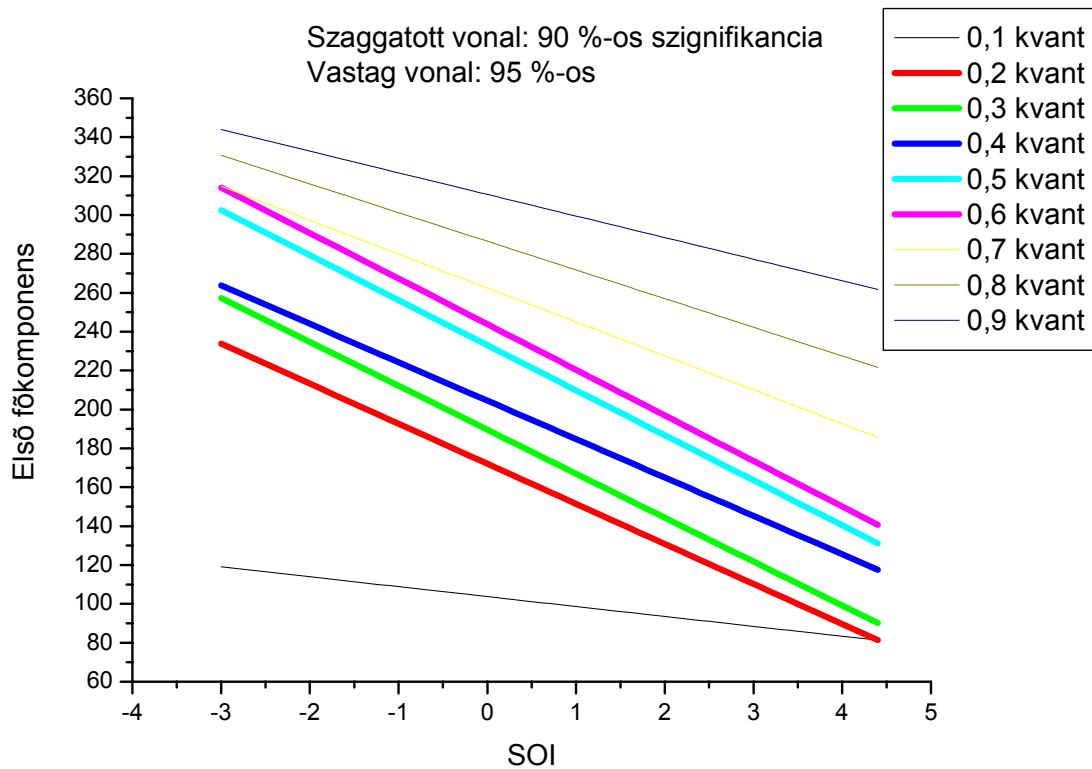
10. ábra: Augusztusi hőmérséklet feltételes kvantilisei, 5 hónapos késéssel



A hőmérséklet az El Nino időszakot követően a bizonytalanabb. Szinte egy pontba sűrűsödnek össze a kvantilisek a nagyobb SOI értékek közelében, aminek részben a kevés rendelkezésre álló adat lehet az oka. Ugyanakkor a nagyobb hőmérsékleti értékek nagyobb valószínűséggel csökkennek, míg a nagyon alacsony értékek alig észrevehetően. A nagy melegek lehetősége tehát La Nina után drasztikusan lecsökken.

A 11. ábra a májusi csapadékot időkézés nélkül ábrázolja.

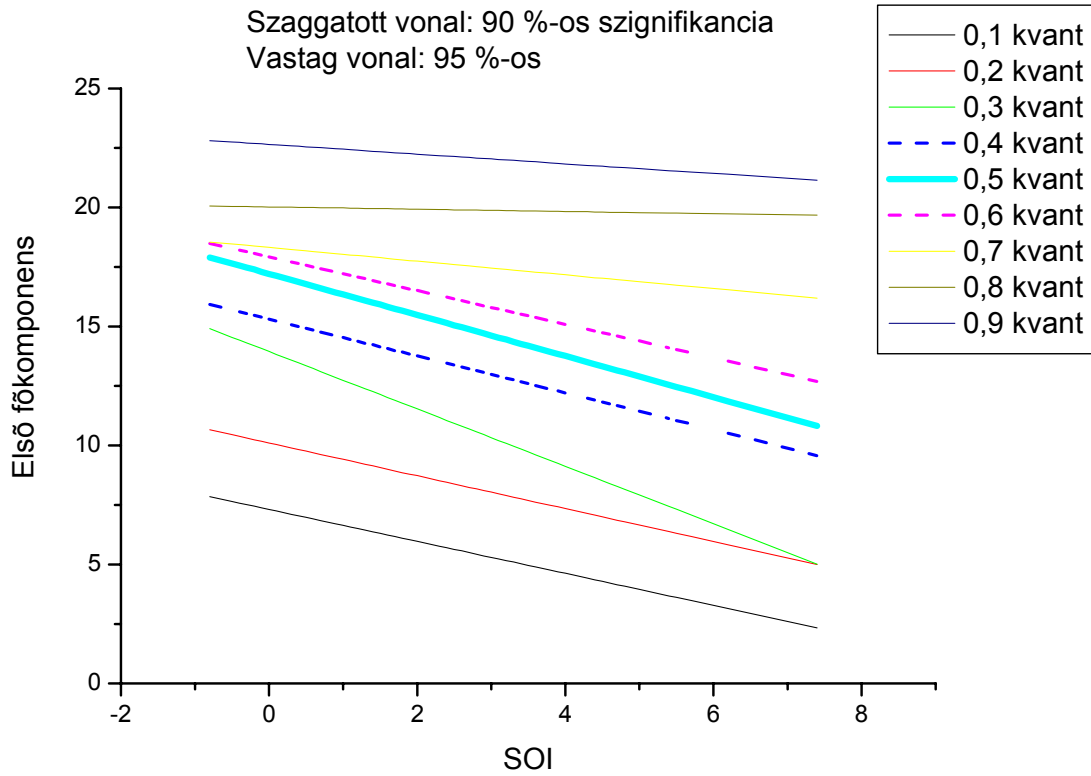
11. ábra: Májusi csapadék feltételes kvantilisei, időkézés nélkül



Ennél az ábránál, ha a 0,9-es kvantilistól eltekintünk (mely nem szignifikáns) akkor megállapíthatjuk, hogy az El Nino időszakban kisebb a bizonytalanság, mint a La Ninában és hogy a kisebb csapadék értékek nagyobb valószínűséggel csökkennek, mint a nagyobbak. El Nino időszakban tehát nagy valószínűséggel lehet nagy csapadékértékekre számítani.

A 12. ábra a novemberi hőmérsékletre vonatkozik két hónapos időkéssel.

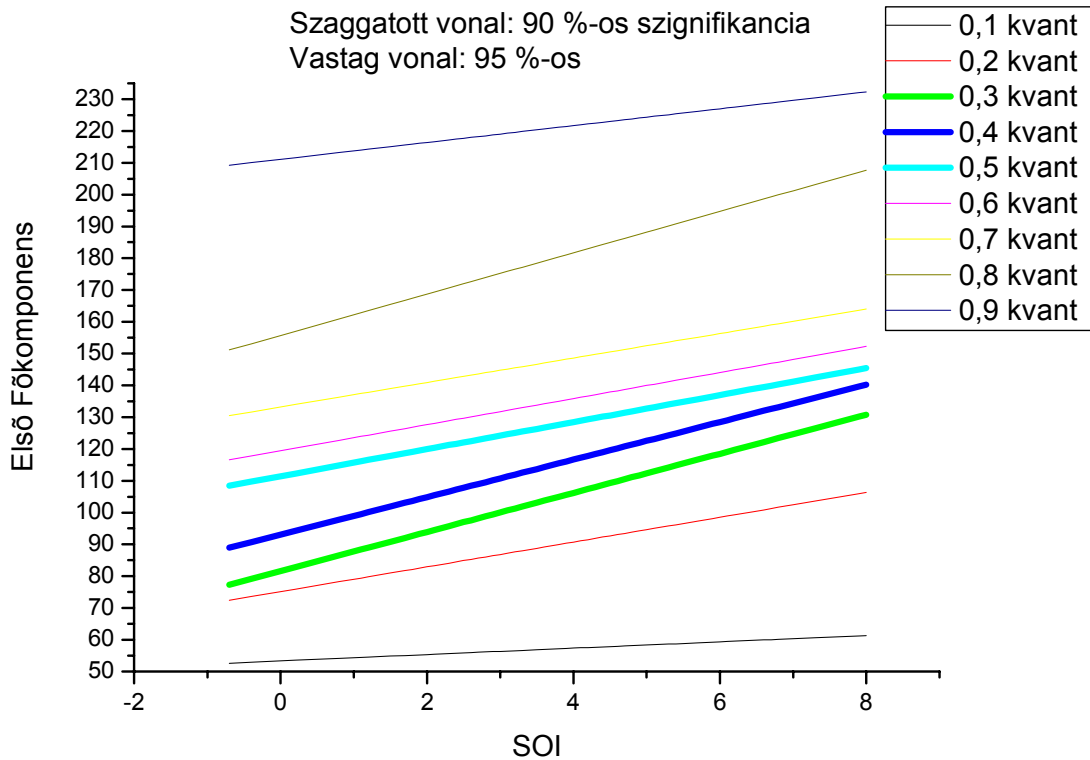
12. ábra: Novemberi hőmérséklet feltételes kvantilisei, 2 hónapos késéssel



Ezen az ábrán a többihez képest alig észrevehető változás figyelhető meg. Mind az El Nino, mind a La Nina értékek nagyon változékonyak, ezért nem lehet pontos következtetéseket levonni.

A 13. ábra a decemberi csapadékot időkézés nélkül mutatja.

13. ábra: Decemberi csapadék feltételes kvantilisei, időkézés nélkül



Az előzőhöz hasonlóan itt is mindkét időszakban nagy a bizonytalanság. Extrém magas és extrém alacsony értékek is várhatóak. A középső kvantilisek a szignifikánsak, ezek meredekebben nőnek, mint a szélső kvantilisek.

Összefoglalva, a hőmérsékletnek január hónapban csökken a változékonysága az egyre nagyobb SOI értékek felé haladva, míg júniusban fordított a helyzet, növekszik. Augusztus hónapban megint csökken és ugyanez a helyzet novemberben is. Elmondható, hogy a hőmérséklet általánosságban az El Nino időszakban változékonnyabb, míg a La Ninában stabilabb. A téli hónapokban (január) melegebb értékek figyelhetők meg, a nyáriakban (augusztus) pedig inkább hidegebbek.

A csapadékadatok bizonytalansága januárban növekszik a La Nina időszakot követően. Márciusban a helyzet ellentétes, csökken a változékonyság. Ugyanígy májusban is, míg december inkább növekszik. Azt mondhatjuk, hogy a téli időszakban a csapadék az El Ninóban stabilabb, mint a La Ninában, nyáron pedig fordítva. Január hónap mindkét változónál szerepel, ezért össze tudjuk hasonlítani őket. El Nino időszakot követően a

csapadékértékek stabilabbak, mint a hőmérsékleti értékek, míg La Ninában a hőmérséklet változatlanabb.

Ha a változókat évszakok szerint hasonlítjuk össze, akkor azt láthatjuk, hogy a hőmérséklet esetében inkább hasonló, míg a csapadék esetében inkább ellentétes helyzetek adódnak. Először a januári hőmérsékletet hasonlítottam össze az augusztusival. Mindkét esetben a változékonyság az El Ninóban nagyobb, viszont a kvantilisek januárban nőnek, míg augusztusban csökkenek. Ezután a hőmérséklet júniusi és novemberi értékeit vettem össze. Itt mindkét hónapban a La Ninában nagyobb a bizonytalanság. Viszont ha a januárt a júniussal, vagy az augusztust a novemberrel hasonlítom össze, akkor pont ellentétesek az értékek.

A csapadék értékei a január és a május hónap szempontjából ellentétesek. Januárban a La Ninában, májusban az El Ninóban nagyobb a változékonyság, az előzőben a kvantilisek nőnek, az utóbbiban csökkennek. Végül a csapadék március hónapját vettem össze a decemberi hónappal. Itt is ellentétes értékek vehetőek észre, márciusban csökkenek a kvantilisek és az El Ninóban nagyobb a bizonytalanság, decemberben viszont nőnek a kvantilisek és inkább a La Nina változékonyság.

Összevetve ezeket Bartholy és Pongrácz (2006) eredményeivel azt tapasztalhatjuk, hogy egyes esetekben hasonló következtetésekre jutottunk. Például az El Nino időszak téli hónapjait nagyobb hőmérsékleti bizonytalanság jellemzi, mint a La Nina-ét. A csapadékra vonatkozóan pedig, El Nino-ban január hónapban kevésbé extrém nedvesség a jellemző, míg márciusban kevésbé száraz. Ugyanakkor vannak különböző végeredmények is, ilyen például a La Nina időszak májusi hónapja, amit az előbb említett tanulmány szerint kevésbé száraz időjárás jellemez, míg a most elvégzett szerint nem lehet ilyen konklúziót levonni. A különbözőségeken persze szerepet játszik az általam bevezetett, hónapról – hónapra változó időzés is, mert így az aktuális hónap hőmérsékletét és csapadékát nem ugyanezen hónap SOI értékével, hanem valahány hónappal korábbi értékével hoztam kapcsolatba.

8. Összefoglalás

Az ENSO jelenségkör vizsgálata rendkívül fontos, legfőképp a trópusi területeken, ahol a legnagyobb mértékben befolyásolja az időjárást, ennek következtében a mezőgazdaságot és az ipart. Természetesen igen rég felfigyeltek a jelenségre, ám beható vizsgálatára az utóbbi évtizedekben került sor. Minden bizonnyal tovább növekvő érdeklődést fog kiváltani a jövőben, elsősorban a globális felmelegedés rá gyakorolt, időnként igen jelentős hatásai miatt. Az El Nino és a globális felmelegedés közti kapcsolat meglehetősen bonyolult, így napjainkban még nem teljesen ismert, de minden bizonnyal a fokozódó érdeklődés következtében éveken belül már több információ állhat rendelkezésünkre. A dolgozatomban elvégzett vizsgálat – miszerint a jelenség befolyásolja-e hazánk hőmérsékletének és csapadékmennyiségének alakulását – azt mutatja, hogy bár kis mértékben, de hatással van e két légköri állapotjelzőre. El Nino időszak után a hőmérsékleti értékek változékonyabbak, nagyobb a valószínűsége az extrém értékeknek, mint a La Nina időszakot követően. A csapadéokra vonatkozóan nyáron ugyanez a helyzet, viszont a téli hónapokban az El Nino után stabilabb, kisebb intervallum közötti értékek mérhetőek, mint a La Nina után. A hazai érdeklődés viszonylag alacsony szintjét magyarázhatja, hogy a hatás nem túl erős, pedig nagyon is figyelemre méltó, hogy az ENSO előfordulásától ennyire távoli területen is érezheti hatását. Az alkalmazott módszer természetesen nem az egyetlen lehetséges út, finomabb és így nyilván bonyolultabb eljárás további részleteket deríthet fel.

9. Irodalomjegyzék

- Bartholy J, Pongrácz R (2006) Regional effects of ENSO in Central/Eastern Europe, *Advances in Geosciences* 6: 133-137
- Czelnai R (1981) Bevezetés a meteorológiába II. A mozgó légkör és óceán 234-238
- Dévényi D, Gulyás O (1988) Matematikai statisztikai módszerek a meteorológiában 200-205
- Gyuró Gy (1999) A kised és a perui halászok, *Élet és Tudomány* 52-53: 1652-1654
- Koenker R, Bassett G Jr (1978) Regression Quantiles, *Econometrica* 46: 33-50
- Koenker R, Hallock K F (2001) Quantile Regression, *Journal of Economic Perspectives* 15: 143–156
- Matyasovszky I (2003) The relationship between NAO and temperature in Hungary and its nonlinear connection with ENSO, *Theoretical and Applied Climatology* 74: 69-75

- [1.] http://en.wikipedia.org/wiki/El_Ni%C3%B1o-Southern_Oscillation
- [2.] http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensofaq.shtml
- [3.] <http://www.econom.hu/korrelacio>
- [4.] <http://www.pmel.noaa.gov/tao/elnino/faq.html#deal>
- [5.] <http://faculty.washington.edu/kessler/ENSO/soi-1950-98.gif>
- [6.] http://www.allcountries.org/health/el_nino_and_its_health_impact.html
- [7.] <http://news.nationalgeographic.com/news/2010/02/100212-vancouver-2010-warmest-winter-olympics/>
- [8.] http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/laninasfc.shtml
- [9.] <http://www.bom.gov.au/climate/current/soihtml1.shtml>
- [10.] <http://www.pmel.noaa.gov/tao/elnino/impacts.html#part3>
- [11.] http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc.pdf

10. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Matyasovszky Istvánnak, a sok hasznos információért, kéziratért és a dolgozatom megírásában nyújtott segítségéért.

Köszönettel tartozom még barátaimnak a támogatásukért és megértésükért, és családomnak, hogy megfelelő környezetet biztosítottak egyetemi tanulmányaim elvégzéséhez.