

Az ENSO-fázisok hatásai globális és regionális skálán

SZAKDOLGOZAT
FÖLDTUDOMÁNYI ALAPSZAK
METEOROLÓGUS SZAKIRÁNY



Készítette:

Koós Gergő

Témavezetők:

Kis Anna

és

Dr. Pongrácz Rita

ELTE TTK, Meteorológiai Tanszék

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Földrajz- és Földtudományi Intézet
Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2019

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	- 5 -
2. Az ENSO jelenségkör	- 7 -
2.1. Az ENSO jellemzésére használt indexek	- 9 -
2.2. Az ENSO kapcsolata a klímaváltozással	- 12 -
3. Esettanulmányok a XX. század második feléből	- 13 -
3.1. Az 1982/83-as El Niño	- 16 -
3.2. Az 1988/89-es La Niña	- 19 -
3.3. Az 1997/98-as El Niño	- 21 -
4. A 2015/2016 évi El Niño	- 25 -
4.1. Előzmények	- 25 -
4.2. Regionális hatások	- 27 -
4.2.1. Dél-Amerika	- 27 -
4.2.2. Észak- és Közép-Amerika	- 28 -
4.2.3. Ausztrália és Óceánia	- 30 -
4.2.4. Ázsia	- 32 -
4.2.5. Afrika	- 35 -
4.2.6. Európa	- 37 -
5. Jelenlegi helyzet	- 38 -
6. Összefoglalás	- 41 -
Köszönetnyilvánítás	- 43 -
Irodalomjegyzék	- 44 -

1. Bevezetés

Földünk időjárását, éghajlatát számos nagy skálájú jelenség befolyásolja, amelyek lokálisan, regionális szinten vagy globális skálán képesek kifejteni hatásukat. Ezek a hatások különbözőek lehetnek, hiszen másképp befolyásolja a közvetlen régió és másképp a Föld távolabbi térségeinek meteorológiai tényezőit. A csapadékmennyiség, középhőmérséklet, felhőborítottság vagy például az óceánok felszíni hőmérséklete is ezek közé az állapothatározók közé sorolható. A tengerfelszín hőmérséklet (*SST: Sea Surface Temperature*) például hatással van a tengeráramlatokra, illetve jelentősen meghatározza az olyan képződmények kialakulását, mint a trópusi ciklonok (*Stephens és Ramsay, 2014; Zheng et al., 2015*). A középhőmérséklet és a csapadékmennyiség a mezőgazdasági termények mennyiségét és minőségét befolyásolhatja jelentősen (*Podestá et al., 1998*). A nagy mennyiségű csapadék villámárvizeket, ennek hiánya viszont aszályt idézhet elő. Az időjárás tehát nagy mértékben befolyásolja egy-egy térség gazdaságát (*Cashin et al., 2017*), bioszférájának változatosságát (*Vargas et al., 2005*), vagy akár a lakosság egészségi állapotát (*Kovats et al., 2003; Xiao et al., 2017; WHO, 2016*) is.

Kevés olyan jelenséget ismerünk, amely a felsoroltak mindegyikét valamilyen módon egyszerre befolyásolná. Azonban létezik ilyen, és néhány éves periódussal meg is jelenik a Földön. Ez az ENSO, azaz az El Niño – Déli Oszcilláció (*El Niño – Southern Oscillation*) jelensége. Első megfigyelői perui és ecuadori halászok voltak, akik karácsony idején a szokásoshoz képest melegebb áramlatokat tapasztaltak Dél-Amerika nyugati partja mentén. Tőlük származik az El Niño kifejezés, ami spanyolul „fiút” jelent, utalva Jézusra és a karácsonyi időszakra (*Trenberth, 1997*). A Csendes-óceán keleti felének ezen részén a passzát szél hajtotta tengervíz keletről nyugat felé áramlik. Ahhoz, hogy az egyensúly fennmaradjon, az elsodródó víz helyére az óceán mélyebb rétegeiből hidegebb, oxigén- és tápanyagdús utánpótlás érkezik. Ez élteti a dél-amerikai nyugati part halászatát. A Csendes-óceánon áramló víztömeg hőmérséklete növekszik útja során, Ausztrália keleti partjainál pedig csapadékos időjárást eredményez. El Niño időszakában az Egyenlítői-ellenáram felerősödése miatt a keleti part mentén megreked a víz, gátolja a nyugati irányú áramlást. Ennek következtében a víz melegszik, tápanyagpótlását nem biztosítja semmi, ami végül a halak és egyéb vízi állatok pusztulásához vezethet. Ezen időszakban jelentős gazdasági problémák alakultak ki az érintett térségben (*Ros-Tonen és van Boxel, 1999*).

A 3–7 évente felbukkanó jelenség kutatása napjainkban is zajlik. Számos nagyobb

esemény (1982/83, 1990-es évek) feltárása után világossá vált, hogy nem csak a csendes-óceáni térség időjárásában okoz változást, hanem távolabbi területeken is kifejti hatását.

A korábbi években már készült néhány ENSO-val kapcsolatos szakdolgozat az ELTE Meteorológiai Tanszékén. Ezek közül az egyik az 1980-as években készült óceán-légkör kölcsönhatásokat leíró modelleket mutatja be (*Farkas, 2013*). Farkas Judit (2013) említést tesz az 1987-ben készült Zebiak–Cane modellről (*Zebiak és Cane, 1987*), ami az első olyan szimuláció volt, amely hitelesen reprezentálta az ENSO jelenségkör kialakulását és lefutását.

Az ENSO távoli területekre gyakorolt hatásaival foglalkozott Rákos Andrea (2011), aki statisztikai módszerekkel vizsgálta az ENSO Magyarország időjárására gyakorolt hatásait. Vizsgálatai során kifejtette, hogy a távoli ENSO jelenség hazánk hőmérsékleti értékeit (változékonyság, több extrém érték), illetve csapadékmennyiségét (télén szűkebb értéktartományban mozog) befolyásolja, de ez a hatás nem számottevő (*Rákos, 2011*).

Jelen szakdolgozat témája a Csendes-óceáni térségben jelentkező óceáni-légköri jelenség, az ENSO eseményegyüttes bemutatása, megjelenési formáinak összehasonlítása, hatásainak ismertetése négy konkrét eset tanulmányozása alapján. Dolgozatomban áttekintő elemzést adok a jelenség kialakulásáról, különböző fázisairól, azok eltéréséről. Néhány korábbi eseményt elemezve beszámolok azok jelentőségéről, és megvizsgálom milyen hasonlóság áll fenn közöttük. Majd rátérek a XXI. század legnagyobb erősségű El Niño eseményére, ami a 2015–2016-os időszakban jelentkezett, és összegzem az egyes kontinensekre kifejtett közvetlen és közvetett hatásait. Végül az aktuális fázisról is beszámolok, és az összefoglalással zárom a dolgozatot.

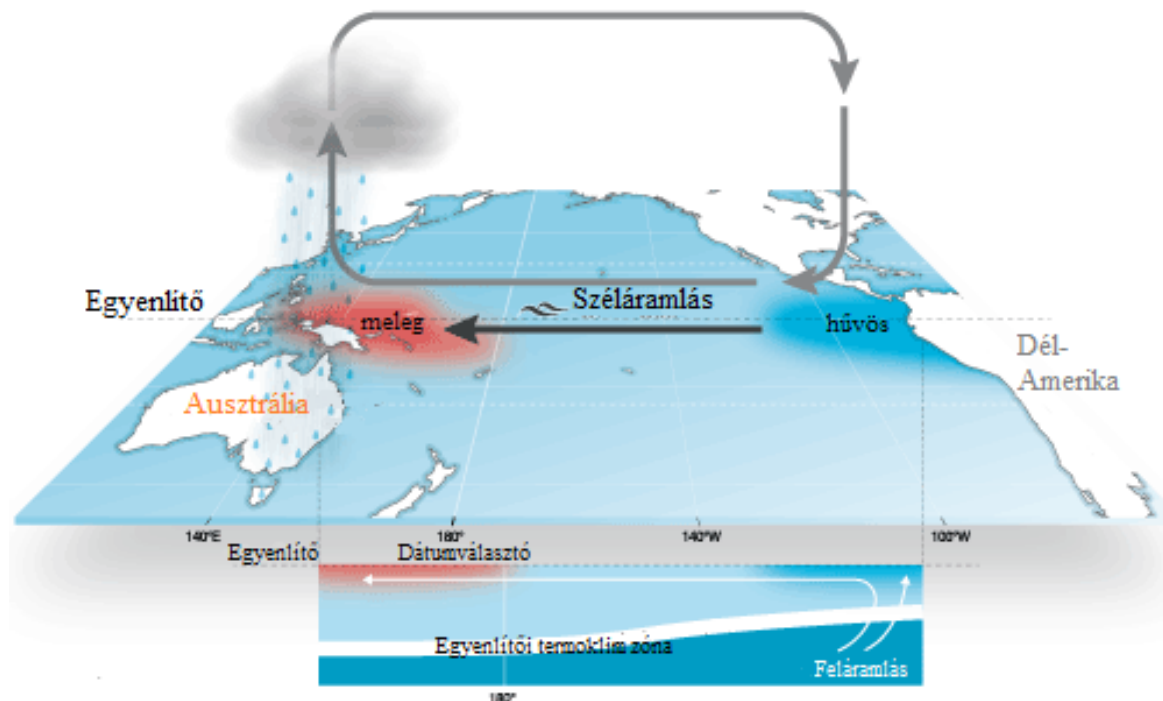
2. Az ENSO jelenségkör

Ahogy a bevezetésben említettem, a jelenség első megfigyelői a dél-amerikai kontinens nyugati part menti országaiban élő, főként halászzattal és iparral foglalkozó lakosok voltak. Kezdetben egy időszakosan megjelenő meleg tengeráramlatot feltételeztek az esemény háttérében. 1924-ben a brit származású Sir Gilbert Walker figyelte meg az Indiai-, és Csendes-óceán felett uralkodó légnyomási viszonyokat. Megfigyelései során azt vette észre, hogy amikor Darwin térségében (Ausztrália) magasabb a légnyomás, akkor Tahiti régiójában alacsonyabb, illetve ennek fordítottja is fennáll. Ezt a jelenséget nevezzük Déli Oszcillációnak (*Walker, 1928*). Csak a XX. század második felében született olyan elképzelés, ami kiváltó oknak nem csupán az óceán, hanem a légkör-óceán egyensúlyi változásait és azok kölcsönhatásait vélte. Ez a felfedezés Klaus Wyrtki nevéhez fűződik (*Wyrtki, 1975*). Az El Niño és a Déli Oszcilláció összekapcsolása Jacob Bjerknes norvég-amerikai meteorológus nevéhez köthető (*Bjerknes, 1969*).

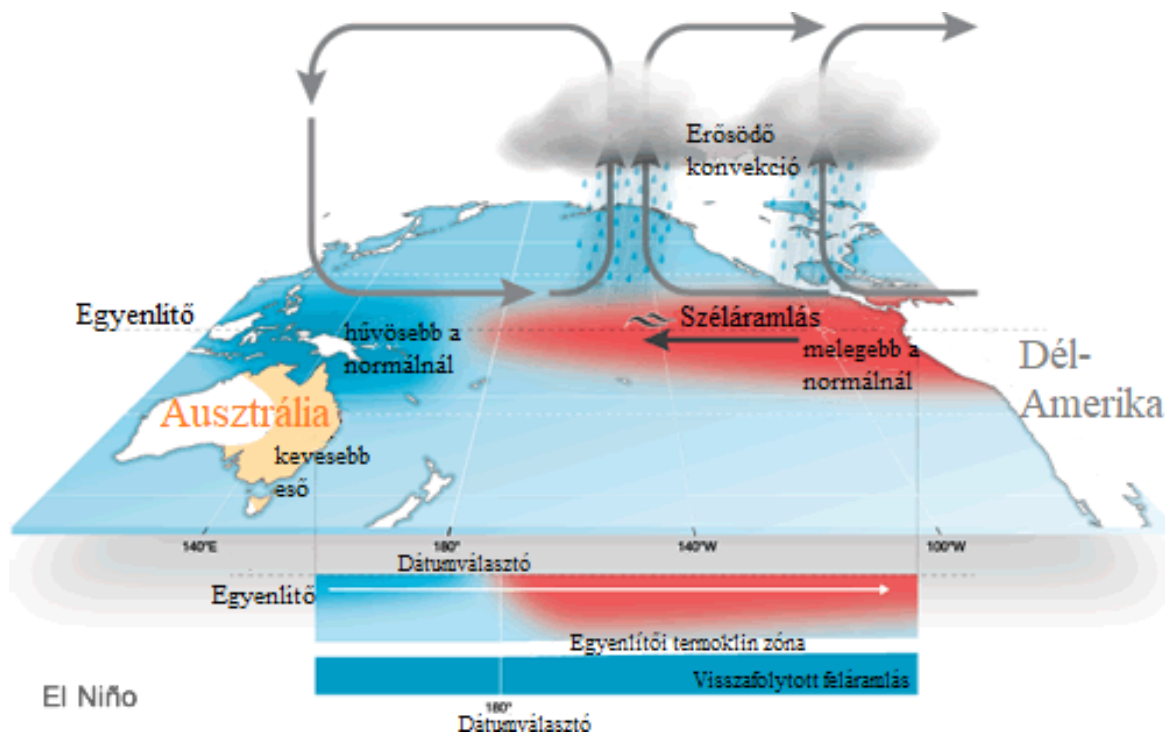
A jelenség három eltérő fázisra bontható: neutrális, El Niño és La Niña. Neutrális fázis esetén a part menti vizet a passzát szelek irányította Egyenlítői-áramlat Ausztrália partjai felé mozgatja az Egyenlítő mentén (*1. ábra*). A Csendes-óceán keleti partjait már egy magasabb hőmérsékletű víztömeg éri el – magasabb léghőmérsékletet is eredményezve – ahol a tengerfelszín párolgása és a felszálló légmozgás felhőképződéshez, az pedig intenzív esőzéshez vezet. A felemelkedett légtömeg a magasban keleti irányú lesz és Dél-Amerika partjai felé áramlik, ahol leszálló légmozgást, s ezzel csapadékmentes időjárást okoz a területen. A légtömegnek ezt a körforgását nevezzük Walker-cirkulációnak, vagy Déli Oszcillációnak (*Bjerknes, 1969; Gyuró, 1999; Lau és Yang, 2003*). Összefoglalva; neutrális helyzetben a légköri folyamatokat a Walker-cirkuláció határozza meg, ami tehát Ausztrália térségében csapadékos időjárást, Dél-Amerika nyugati országaiban pedig száraz időszakot eredményez. Ez idő alatt a passzátszél megtartja keleties irányát.

El Niño időszakában, amit az ENSO meleg fázisának hívunk, a Perui-áramlat gyengülésének és az Egyenlítői-ellenáram erősödésének következtében Peru partjai mentén leáll a mélytengeri hideg víz utánpótlás, emiatt a felszíni vizek hőmérséklete pár fokkal emelkedik. A megrekedő tengervíz folyamatos melegedése miatt a légköri cirkuláció is megváltozik. A Walker-cirkuláció gyengül, keleties áramlatai helyett megjelenik a nyugatias áramlás. A *2. ábrán* látható, hogy a légkörzésben változások történnek, a csapadéköna keletebbre tolódásával a Csendes-óceán középső területét és a dél-amerikai kontinens térségét

érintik esőzések, míg Ausztrália térségében csapadékhány jelentkezik (D'Arrigo és Wilson, 2007). A melegedő tengervíz a halállományban tesz károkat, míg a szokatlanul nagy esőzések a part menti régiókban okoznak villámárvizeket, földcsuszamlásokat (Rossi és Soreas, 2017).

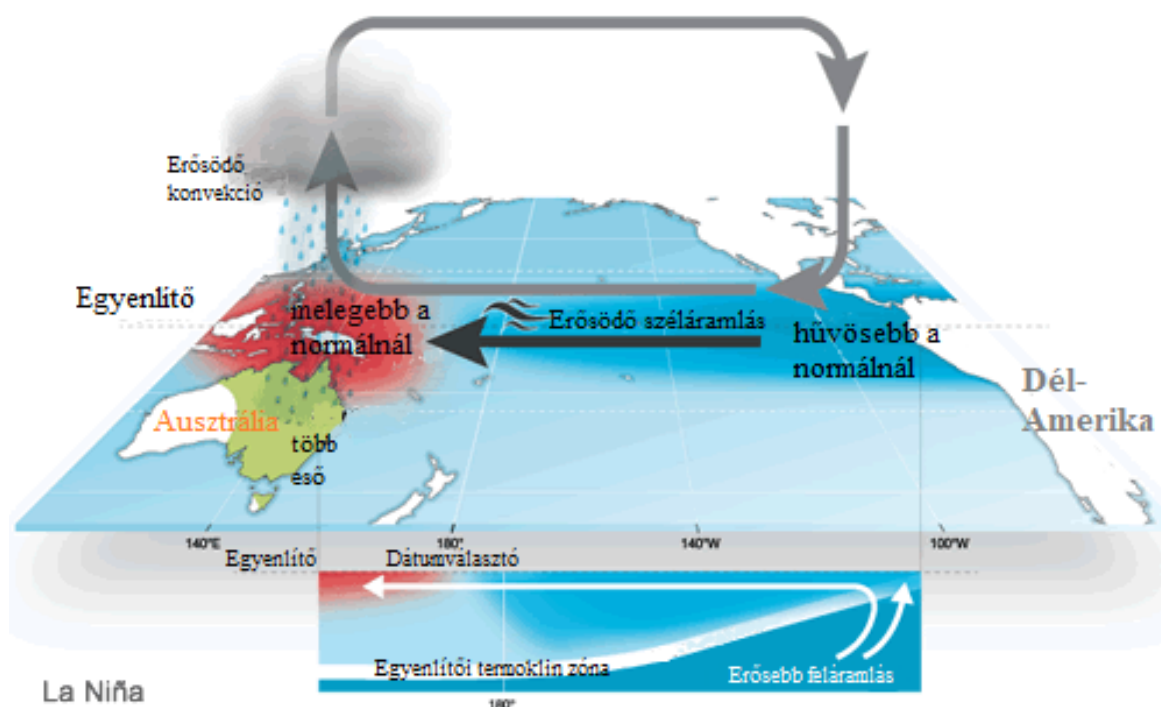


1. ábra: Az ENSO neutrális fázisának sematikus rajza a Csendes-óceán térségében uralkodó szokásos viszonyokat mutatja be. Forrás: BOM, 2012.



2. ábra: A Csendes-óceán térségében uralkodó viszonyok sematikus rajza az El Niño fázisában. Forrás: BOM, 2012.

La Niña időszakban az előbbieket ellenkezője áll fenn. Ez esetben nincs változás a tengervíz áramlásának irányában, csak annak hőmérsékletében, mivel ekkor az erőteljes mélytengeri feláramlás a szokásosnál hűvösebb vizeket eredményez Peru partjainál. A Walker-cirkuláció is normál állapotban van jelen, de ekkor intenzívebbek a keleties áramlások. A 3. ábrán látható, hogy a megerősödő keleties széláramlás hatására a csapadékszóna nyugatabbra helyeződik át; az Egyenlítő menti csapadékszóna a délkeleti-ázsiai országokat, illetve Óceánia szigetvilágát érinti. Ezt a fázist más néven az ENSO hideg fázisának is nevezzük.



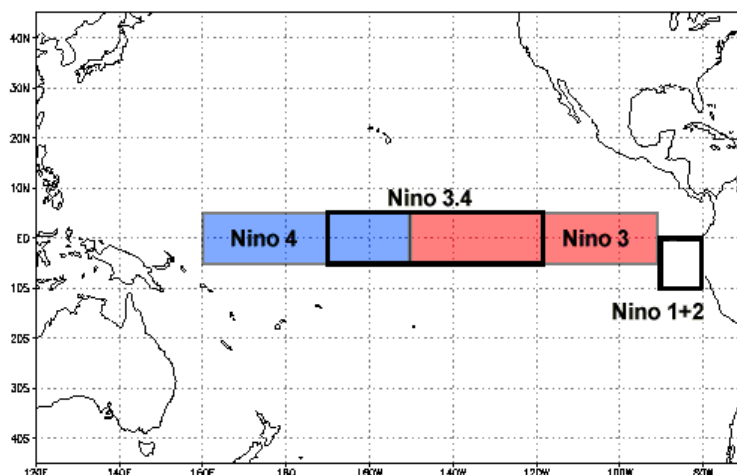
3. ábra: A Csendes-óceán térségében uralkodó viszonyok sematikus rajza La Niña időszakokban.
Forrás: BOM, 2012.

2.1. Az ENSO jellemzésére használt indexek

Az ENSO fázisainak és intenzitásának jellemzésére különféle indexeket használnak (Trenberth és Stepaniak, 2001). Egyes indexek az óceán hőmérsékleti adatait használják, mások légköri állapotváltozókat is figyelembe vesznek. Ebben a fejezetben ezen indexek közül ismertetünk röviden négy fontosabbat.

A legtöbb index egyik kulcsfontosságú jellemzője a tengerfelszín hőmérséklete. Az óceán hőmérsékleti értékeit bójákon elhelyezett mérőrendszerek és műholdas mérések szolgáltatják.

Az adatok könnyebb feldolgozhatósága érdekében a Csendes-óceán középső területe különböző méretű ún. Niño régiókra van osztva. A 4. ábrán ezen régiók földrajzi elhelyezkedése látható.



4. ábra: A Niño régiók elhelyezkedése a Csendes-óceán Egyenlítő menti térségében.
Forrás: [1. – www.ncdc.noa.gov]

A térségek közül kiemelt szerepe van a Niño3.4 régiónak, mivel az innen származó adatokat használja több fontosabb index, mint például az Óceáni Niño Index (*ONI: Oceanic Niño Index*) is. Az ONI alapja a Niño3.4 régió SST-anomália értékeinek három hónapos átlaga egy 30 éves referencia időszakhoz képest (amely időszakokat 5 évente frissítik; [2. – www.origin.cpc.ncep.noaa.gov]). A NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) ezt az indexet használja az ENSO hideg és meleg fázisának azonosítására. Ahhoz, hogy egy-egy eseményt definiálhassunk, a régióban legalább öt, egymást követő háromhónapos periódusban $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ feletti hőmérsékleti anomália szükséges – ekkor meleg fázisról beszélünk; hideg fázis pedig $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti anomália értékek esetén adódik [1. – www.ncdc.noa.gov].

Egy másik fontos mérőszám a Déli Oszcillációs Index (*SOI: Southern Oscillation Index*), egy standardizált havi index, ami Tahiti és Darwin (Ausztrália) tengerszintre átszámolt légnyomás értékeinek különbségeit mutatja. A SOI negatív (pozitív) fázisa a Tahiti térségében a megszokottnál alacsonyabb (magasabb) és Darwin térségében az átlagosnál magasabb (alacsonyabb) felszíni légnyomás értékek alapján definiálható. Ez a negatív fázis összefügg az ezidőben a Csendes-óceán középső területein uralkodó magasabb vízhőmérséklettel, vagyis a SOI negatív fázisa az El Niño időszakkal, míg a pozitív fázis a La Niña időszakkal hozható összefüggésbe [3. – www.ncdc.noaa.gov].

Fontos még megemlíteni az OLR mérőszámot (*Outgoing Longwave Radiation*), ami az AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) műszerrel nyeri adatait. Ezzel a

méréssel a Csendes-óceán középső részén mért, felhők által kibocsátott infravörös sugárzást adhatjuk meg. El Niño időszakban az erősebb konvekció miatt magasabb, hidegebb felhőtető alakulnak ki, ezek pedig kevesebb sugárzást bocsátanak ki. La Niña időszakban mindezek ellenkezője jellemző. A mért adatokat standardizált anomália értékekké alakítják át. Itt, a SOI-hoz hasonlóan, a negatív érték El Niño, míg a pozitív La Niña időszakot határoz meg [4. – www.ncdc.noaa.gov].

Az ún. Többváltozós ENSO Index (*MEI: Multivariate ENSO Index*) egyesíti a légköri és óceáni változókat, ezzel megkönnyíti az ENSO egyes fázisainak értékelését. Öt különböző állapothatározót használ: tengersizinti légnyomás és hőmérséklet, a felszíni szél (zonális és meridionális komponens), felszíni hőmérséklet és a kimenő hosszuhullámú sugárzás. Ezek együttes figyelembevételével kapjuk meg az index értékeit. A pozitív MEI értékek az El Niño, míg a negatív MEI értékek a La Niña esemény jellemzőit tükrözik [5. – www.esrl.noaa.gov].

Egyéb ENSO jellemzésére használt index még például a TNI (azaz *Trans-Niño Index*; Hanley et al., 2003), az ESPI (azaz *ENSO Precipitation Index*; Adler és Curtis, 1998) csapadékindex és a BEST (azaz *Bivariate El Niño – Southern Oscillation Index*; [6. – www.esrl.noaa.gov]).

A témához kapcsolódó szakirodalmi kutatásaim során találkoztam olyan értekezéssel, amely két külön kategóriába sorolja az El Niño eseményeket. Például Alizadeh-Choobari (2017) és Yeh et al. (2009) tanulmányukban megkülönböztették a kelet-csendes-óceáni (EP: *Eastern Pacific*) és a közép-csendes-óceáni (CP: *Central Pacific*) El Niño eseményeket. Mindkét meleg fázis esetében más mértékű távkapcsolatok kialakulását tapasztalták, illetve a felszíni légnyomás tekintetében is mások a tapasztalataik a két típus esetén. A kialakulásukban is jelentős különbségeket véltek felfedezni. Míg a CP események során az SST pozitív hőmérsékleti anomália Baja Kalifornia partvonalán jelenik meg először (ez jellemzően az északi félgömb telén alakul ki, és innen terjed át a Csendes-óceán középső területeire (északkeleti szél által) a következő évszakra), addig az EP során a tengerfelszín alatt keresendő a felmelegedés (termoklin zóna elhelyezkedése). Ezzel együtt az átlagostól való maximális vízhőmérsékleti eltérés az EP esetén számottevően nagyobb, valamint a CP típusú El Niño eseményeknél a nagyobb SST anomália az óceán középső területeire jellemző. Yeh et al. (2009) tanulmánya kimutatta, hogy a távkapcsolatok tekintetében az EP esemény jelentősebb, illetve a nagyobb intenzitású El Niño események (pl. az 1982/83-as vagy az 1997/98-as El Niño) is ebbe a csoportba sorolhatók.

2.2. Az ENSO kapcsolata a klímaváltozással

Eltérőek a nézetek az ENSO és a klímaváltozás kapcsolata terén. A kutatók között is ellentétek állnak fenn, egyesek szerint a melegebb globális éghajlat kedvezőbb az ENSO meleg fázisának kialakulásához, a modellszimulációk viszont éppen ennek az ellenkezőjét támasztják alá [7. – www.pmel.noaa.gov].

Egy 2017-es jelentésben (*Tsonis*, 2017) két nézőpontot is megemlítenek az ENSO események és a globális hőmérséklet kapcsolatára vonatkozóan. Az egyik oldalról egy-egy El Niño esemény hatására növekszik a globális hőmérséklet, másik szemszögből nézve viszont a pozitív globális hőmérsékleti trend kedvezően hat az El Niño események kialakulására, míg a negatív trend a La Niña esemény előidézését segítheti. A tanulmány bemutatja az 1880-as évektől napjainkig terjedő globális hőmérsékleti anomáliák idősorát is, amelyből *Tsonis* (2017) az 1976–1998 közötti időszakra egy erősen pozitív trendet állapít meg (elsősorban az 1982/83-as és 1997/98-as események következményeképpen).

A 2.1. fejezetben említettem az El Niño két típusát és annak jellemzőit. Habár a közép-csendes-óceáni El Niño esemény ritkább, és kisebb intenzitású, *Yeh et al.* (2009) tanulmánya szerint a globális felmelegedés miatt a CP típusú események intenzívebbé válnak, és erőteljesebb száraz időszakot eredményeznek majd Indiában és Ausztrália térségében.

Az üvegházhatású gázok növekvő antropogén kibocsátásának következtében nő az átlagos globális felszíni léghőmérséklet, ami hatással van az SST-re is. El Niño esemény idején a megnövekedett vízhőmérséklet miatt kevesebb szén-dioxid nyelődik el az óceánban. Ez növeli a légkör CO₂ tartalmát, amely jelentős szerepet játszik a globális hőmérséklet emelkedésében. Az El Niño események során keletkező erdőtüzek szintén hozzájárulnak ehhez a folyamathoz [8. – www.climatetracker.org]. *Cai et al.* (2015) és *Chen et al.* (2017) kutatása azt mutatja, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátásának növekedésével a Walker-cirkuláció idővel fokozatosan gyengülni fog, emiatt az SST intenzívebb emelkedése a Csendes-óceán keleti részére irányul majd. Ez növelni fogja az extrém intenzitású El Niño események kialakulását, illetve pozitívan hat az erősebb La Niña fázisokra is. A tanulmányok arra is felhívják a figyelmet, hogy az ENSO események intenzitásában erősödés figyelhető meg az előző évszázadban tapasztaltakhoz képest.

Sajnos az ENSO jövőbeli változásaira – azaz az események gyakorisági és intenzitásbeli várható tendenciáira – jelenlegi ismereteink szerint nem tudunk pontos becsléseket adni (*Yang et al.*, 2018), ezért ez a témakör további kutatásokat igényel.

3. Esettanulmányok a XX. század második feléből

A korábban bevezetett ONI alapján meghatározhatók a meleg és hideg ENSO fázisok. Ezeket az eseményeket intenzitás szerint további csoportokba sorolhatjuk [9. – www.ggweather.com]. Megkülönböztetünk gyenge ($0,5 < SSTA < 0,9$), mérsékelt ($1,0 < SSTA < 1,4$), erős ($1,5 < SSTA < 1,9$), valamint nagyon erős ($2,0 < SSTA$) intenzitású eseményeket (*SSTA: tengerfelszín-hőmérsékleti anomália*). Az 1. táblázatban láthatjuk a kritériumoknak megfelelő besorolást a XX. század második felének eseményeire vonatkozóan. A táblázat alapján azt is megállapíthatjuk, hogy egy erős El Niño eseményt számos esetben követ ENSO hideg fázis: ez az esetek 75%-ában megfigyelhető (*Hirons és Klingaman, 2016*). Intenzitásbeli összefüggés azonban nem látható, vagyis erős meleg fázist nem feltétlenül követ erős hideg fázis.

1. táblázat: A XX. század második felének eseményei intenzitásuk szerint csoportosítva az ONI alapján. El Niño események közül az 1982/83-as és az 1997/98-as, míg La Niña események közül az 1988/89-es kimagasló, ezeket dolgozatomban nagyobb hangsúllyal elemzem.

Forrás: [11. - www.ggweather.com].

EL NIÑO ÉVEK			LA NIÑA ÉVEK		
GYENGE	MÉRSÉKELT	ERŐS	GYENGE	MÉRSÉKELT	ERŐS
1952/53	1951/52	1957/58	1954/55	1955/56	1973/74
1953/54	1963/64	1965/66	1964/65	1970/71	1975/76
1958/59	1968/69	1972/73	1971/72	1995/96	1988/89
1969/70	1986/87	1982/83	1974/75		1998/99
1976/77	1994/95	1987/88	1983/84		
1977/78		1991/92	1984/85		
1979/80		1997/98			

A jelen dolgozatban elemzett mindkét XX. századi El Niño esemény a maga módján egyedinek tekinthető, azonban általánosságban megfigyelhetők olyan hatások, távkapcsolatok, amelyek visszatérő jelenségnek számítanak. Különböző La Niña események vizsgálata során szintén találhatunk jellemző hasonlóságokat. Ezeket a hasonlóságokat a 2. táblázatban foglaltam össze. A főbb események részletes leírásánál (3. és 4. fejezet) ki fogok térni ezekre a területekre, illetve az ott okozott hatásokra. Sajnos nem minden esetben állt rendelkezésemre számszerű adat, a NOAA adatbázis pedig leginkább az észak-amerikai kontinensre vonatkozik.

2. táblázat: Az évek során megfigyelt visszatérő időjárási jelenségek egyes El Niño és La Niña események alatt. A kiemelt anomáliák ezeken a területeken a leggyakoribbak, de kialakulásuk nagy mértékben függ az egyes ENSO fázisok intenzitásától. Forrás: Hiron és Klingaman, 2016.

	HATÁSOK ÖSSZEGRÉSE			
	El Niño események		La Niña események	
	Június-Augusztus	December-Február	Június-Augusztus	December-Február
Nedvesebb időjárási viszonyok	Csendes-óceán középső része, Közép-Chile, USA nyugati része	Dél-Amerika legtöbb országa, Egyenlítői-Közép-Afrika, USA déli része, Észak-Mexikó	India, Indonézia, Malajzia, Száhel Közép-Amerika, Dél-Ausztrália	Indonézia, Malajzia, Ausztrália, Dél-Afrika, Dél-Amerika északi része
Szárazabb időjárási viszonyok	India, Indonézia, Malajzia, Kelet-Ausztrália, Száhel, Dél-Afrika, Dél-Amerika északi része	Ausztrália, Indonézia, Malajzia, Fülöp-szigetek, Dél-Afrika, Dél-Amerika északi része	Csendes-óceán középső része, Uruguay, Közép-Chile, Kelet-Argentína	Csendes-óceán középső része, Ecuador, Kelet-Afrika, India déli része
Melegebb időjárási viszonyok	Dél-Amerika nyugati partja, Brazília déli része, Közép-Amerika	Délkelet-Ázsia, Dél-Afrika, Japán, Alaszka, Kanada középső és nyugati része, Brazília déli része, Dél-Ausztrália	Pápua-Új-Guinea, Kelet-Indonézia	USA déli része
Hidegebb időjárási viszonyok	Csendes-óceán déli része, Új-Zéland	Mexikói-öböl	Nyugat-Afrika, Délkelet-Ázsia, Dél-Amerika	Nyugat-Afrika, Japán, Brazília keleti része, Alaszka, Kanada középső és nyugati része

Az ENSO fázisok önmagukban is kialakíthatnak olyan időjárási helyzeteket, amelyek jelentős károkat okoznak egy-egy térség ökoszisztémájában, gazdaságában. Még súlyosabb állapotok alakulhatnak ki, mikor más áramlási/légköri rendszerek is módosulnak az ENSO hatására, vagy attól függetlenül. Ezzel kapcsolatban két fontos jelenség említendő meg: az IOD (*Indian Ocean Dipole*), és a PDO (*Pacific Decadal Oscillation*).

Az IOD egy időszakosan kialakuló tengervíz-hőmérsékleti ingadozás az Indiai-óceán térségében (Saji et al., 1999). Ez Ausztrália éghajlatának egyik legfontosabb irányítója, mivel ennek fázisai hatással vannak a kontinenst érintő csapadékmennyiségre [10. – www.bom.gov.au]. Három fázisát különböztetjük meg: neutrális, pozitív és negatív, szintúgy

mint az ENSO-nak. Pozitív fázisról akkor beszélünk, mikor az Indiai-óceán nyugati felén, Afrika partjainak közelében magasabb a vízhőmérséklet, mint Indonézia térségében. Ez hatással van a globális légköri rendszerre, ekkor Ausztrália területén csapadékmentes időjárás jön létre. Negatív fázis esetén Ausztrália partjainál melegebb a tengervíz, ekkor a csapadékvíz is itt helyezkedik el. E két fázis általában az őszi-téli hónapokban alakul ki, és egészen tavaszig elhúzódhat (*Ashok et al.*, 2001). Összevetve az ENSO fázisokkal, az IOD pozitív fázisa és az El Niño együttesen jelentős csapadékhiányt idéz elő Ausztráliában (ilyen helyzet alakult ki például 1982-ben, ld. 3.1. fejezet), míg a negatív fázis és a La Niña együttesen extrém csapadékmennyiséget hozhat a kontinensre (1974-es és 2010-es La Niña esemény; *BOM*, 2012).

Az IOD-hoz viszonyítva sokkal bonyolultabb a kapcsolat a PDO és az ENSO között. A PDO egy 20–30 éves periodicitású tengervíz-hőmérsékleti változás Észak-Amerika nyugati partjai mentén. Ennek a rendszernek két fázisa ismert: **pozitív**, mikor a tengervíz hőmérséklete Észak-Amerika nyugati partvonalán mentén, illetve az Egyenlítő térségében magasabb az átlagosnál, valamint Japántól keletre negatív SST anomália figyelhető meg; és **negatív**, mikor ezeknek az ellentétje áll fenn. Ehhez igazodnak a légnyomási viszonyok is (*Mantua és Hare*, 2002). Az évek során több tanulmányban is keresték a kapcsolatot a két rendszer között, ezek közül *Gershunov és Barnett* (1998) kutatása mutatja, hogy az ENSO által kialakított éghajlati hatásokat a PDO befolyásolja. Ez azt jelenti, hogy az ENSO fázisai akkor gyakorolnak nagyobb hatást Észak-Amerika időjárására, mikor a PDO és az ENSO fázisai azonos előjelű SST anomáliát okoznak (*Wang et al.*, 2014). A PDO előző pozitív fázisa az 1970-es évek végétől az 1990-es évek végéig tartott [11. – www.climate.ncsu.edu], ami egybeesik *Tsonis* (2017) trendvizsgálatának időszakával.

Az imént említett nagyskálájú kölcsönhatások mellett fontos megemlíteni még az ENSO fázisainak trópusi ciklonok gyakoriságára kifejtett hatását (*Pielke et al.*, 1999). Ebben az esetben külön kell említenünk a Csendes-óceán és az Atlanti-óceán trópusi ciklonjait. A Csendes-óceán térségében El Niño időszakban több trópusi ciklon alakul ki az ehhez kedvező feltételek következtében, illetve ezek intenzitása is nagyobb, valamint hosszabb utat képesek megtenni az óceán felett (*Zheng et al.*, 2015). Az Atlanti-óceánon ugyanekkor az erősebb vertikális szélnyírás és a nagyobb légköri stabilitás kevesebb hurrikánt eredményez (*Goldenberg et al.*, 2001). La Niña események alatt a két óceáni térségben ellentétes a trópusi ciklonokra kifejtett hatás.

Az ENSO fázisai a tornádók számát is befolyásolják az USA-ban. *Allen et al.* (2015) kutatásának eredménye szerint La Niña időszakban több tornádó kialakulása figyelhető meg az

USA középső területein, mint az El Niño események alatt. Az egyik legpusztítóbb tornádósorozat 2011. április 25–28. között volt megfigyelhető, amikor a három nap alatt több mint 300 tornádó alakult ki az ország délkeleti államaiban [12. – www.ustornadoes.com]. Ekkor éppen egy erős La Niña esemény zajlott. Az események közötti kapcsolat kutatása napjainkban is zajlik.

3.1. Az 1982/83-as El Niño

1982/83 meteorológiai szempontból szélsőséges évként került a köztudatba. *Glynn* (1990) könyvében „a történelem legjobban megfigyelt eseménye”-ként nyilatkozik róla. Mivel ezt megelőzően az El Niño-ra vonatkozó előrejelzések főleg statisztikai alapúak voltak, és valós idejű adatok nem álltak rendelkezésre, 1982 szeptemberéig egyáltalán nem is tudtak róla, hogy az esemény kialakulása már folyamatban van (*Gannon*, 1986). Az első jelek akkor mutatkoztak, mikor Paita (Peru) falu közelében drasztikusan nőtt a tengerfelszín-hőmérséklet.

Az 1980-as években a Columbiai Egyetem kutatói – Mark Zebiak és Stephen Cane – saját fejlesztésű modellen dolgoztak azzal a céllal, hogy az ENSO eseményeket pontosabb lehessen előrejelezni (*Zebiak és Cane*, 1987). A teszteléskor bebizonyosodott, hogy a modell elfogadhatóan működik, sőt, korábbi adatokat felhasználva az 1982/83-as eseményt már két évvel előre jelezni tudták volna (*Gannon*, 1986).

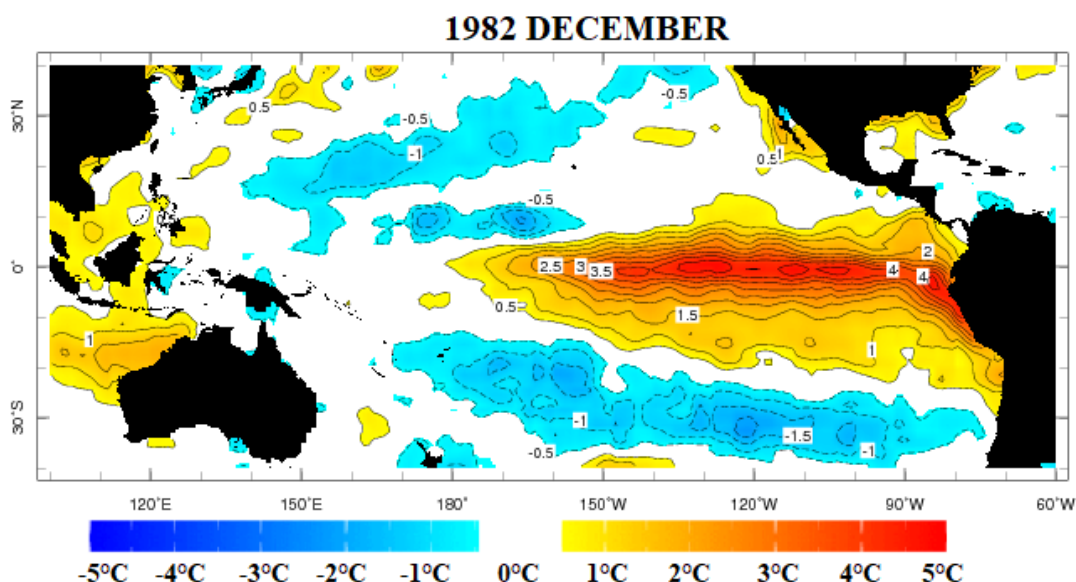
Az 1982-es év kezdete teljesen megszokottan indult, az év közepétől azonban változás történt az óceán-légkör kölcsönhatásban. Az általában Indonézia és Ausztrália térségében elhelyezkedő csapadékvonala folyamatosan keletebbre tolódott, ezzel a Nemzetközi dátumválasztó vonaltól nyugatra a szokásoshoz képest szárazabb, tőle keletre pedig nedvesebb viszonyok alakultak ki 1982 májusában. A csapadék áthelyeződésével a keleties szél helyét átvette a nyugatias áramlás, ami fokozatosan erősödött egészen 1983 első hónapjaiig. A normál keleties szélirány 1983 közepén tért vissza. A tengerfelszín hőmérséklete is változáson ment át. Pontos számértékeket csak a Peru mentén elhelyezkedő parti vízfelszínekről tudunk, ahol 1982 márciusától az átlagosnál magasabb vízhőmérsékleti értékeket mértek (3. táblázat), mely maximumát 1982/83 telén érte el (5. ábra). Megfigyelhető, hogy Dél-Amerika nyugati part menti területein a vízhőmérséklet 4 °C-kal magasabb volt a megszokottnál. Ez az oka a szünetelő mélytengeri hidegvíz utánpótlásnak, ami jelentős károkat okozott a partok menti halászatban. Egy másik fontos jelző az El Niño szempontjából a tengerszint magassága. *Lucas et al.* (1984) három csendes-óceáni sziget (Nauru, Jarvis, Galápagos) vízszintjének magasságát elemezték. Eredményeik azt mutatják, hogy 1982 végétől a magasabb vízszint keleti irányba

tolódott. A Galápagos-szigeteken, ami 1000 km-re nyugatra van Peru partjaitól, 1983 januárjában mérték a maximumot.

Az esemény hatással volt a Föld számos térségére. Több cikkben az addigi legszélsőségesebb és legpusztítóbb El Niño-nak nevezték (Gannon, 1986).

3. táblázat: Az ONI szerinti tengerfelszín hőmérséklet átlagostól való eltérése [°C] egymást átfedő három hónapos időszakokban meghatározva. Kék szín jelöli a La Niña, míg piros szín az El Niño időszakokat. Adatok forrása: [13. – www.noaa.gov].

ÉV	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1982	0,0	0,1	0,2	0,5	0,7	0,7	0,8	1,1	1,6	2,0	2,2	2,2
1983	2,2	1,9	1,5	1,3	1,1	0,7	0,3	-0,1	-0,5	-0,8	-1,0	-0,9

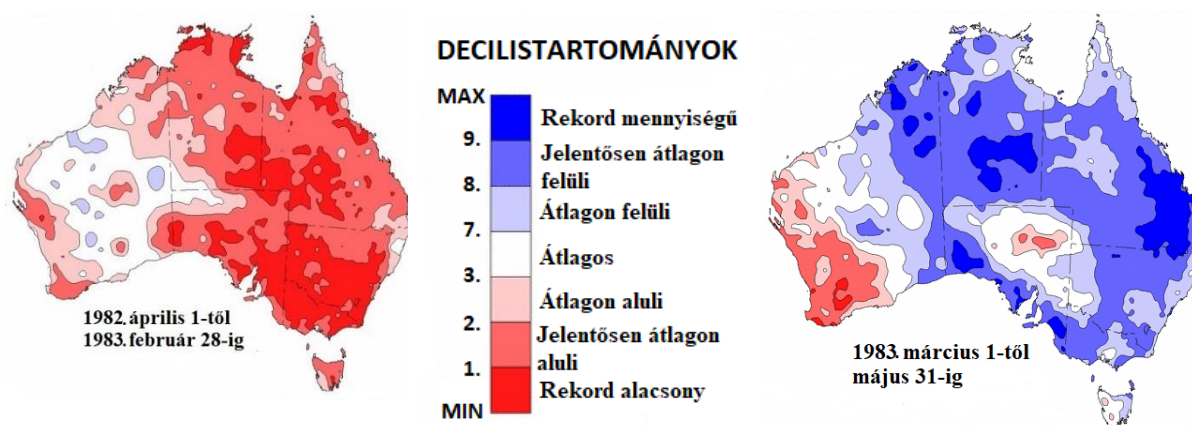


5. ábra: A tengerfelszín hőmérsékletének átlagostól való eltérése [°C] a NOAA műszeres mérései alapján 1982 decemberében. A sárga árnyalatai az átlagosnál melegebb, míg a kék árnyalatai az átlagosnál hidegebb felszíni vizeket jelzik. Az anomáliák izovonalait 0,5 °C-onként rajzolták meg. Forrás: [14. – www.irdl.ldeo.columbia.edu].

Ausztráliában nagyon erős El Niño hatást tapasztaltak az 1980-as évek elején. 1982 áprilisától 1983 februárjáig rekord alacsony csapadékmennyiséget mértek az országban. Jellemzően Ausztrália déli és keleti részét érintette a szárazság, négy szövetségi államban (Queensland, Victoria, Dél-Ausztrália és Új-Dél-Wales) rekordokat regisztráltak (6. ábra) a 11 hónapos időszakban [15. – www.atmos.washington.edu]. A hóhullám 1983 februárjában érte el csúcspontját, a déli államokban erdőtüzek okoztak óriási anyagi károkat (Ash Wednesday disaster, 1983) [16. – www.abc.net.au]. Az egyes napokat 40 °C feletti maximumhőmérsékletek, ugyanakkor alacsony páratartalom értékek jellemezték, de mindezek

mellett az élénk szél sem segített a tüzek visszaszorításában. Victoria államban több mint 100 bozóttüzet regisztráltak, összesen 75 ember veszítette életét, 3000 ingatlan lett lakhatatlan, és az állatállomány jelentős része is elpusztult [17. – www.bom.gov.au]. Az 1982/83-as időszakban megtermelt búza és egyéb gabonanövények hozama csak 63%-a volt az azelőtti öt év átlagának, Victoria és Új-Dél-Wales államban ez nem érte el a 30%-ot sem (Gibbs, 1984).

Márciustól májusig az ország nagy területén rekord magas csapadékmennyiséget mértek (7. ábra), ezzel ért véget a hosszan tartó, száraz időjárás, ami 1979 óta sújtotta az országot.



6. ábra: 1982. április és 1983. február közötti csapadékösszeg a teljes idősorok alapján meghatározott eloszlás decilisértékeihez viszonyítva Ausztrália területén.
Forrás: [17. – www.bom.gov.au].

7. ábra: 1983. március és május közötti csapadékösszeg a teljes idősorok alapján meghatározott eloszlás decilisértékeihez viszonyítva Ausztrália területén.
Forrás: [17. – www.bom.gov.au].

Dél-Amerikában, Peruban és Ecuadorban a heves esőzések rekord magas áradásokat okoztak. A halászat is jelentős károkat szenvedett, mivel a magasabb óceáni felszínközeli vízhőmérséklet hatására a halrajok délebbre vonultak el (Cornejo–Grunauer, 2002). A Galápagos-szigeteken tömeges pusztulás érintette a pingvineket és a kormoránokat (Vargas *et al.*, 2005).

Észak-Amerikát tekintve Alaszkában átlagon felüli hőmérsékletek uralkodtak, az USA keleti részén a megelőző 25 év legmelegebb telét regisztrálták. 1982/83 telén az átlagon felüli mennyiségű csapadék áradásokat okozott az USA déli államaiban [18. – www.who.edu]. A Csendes-óceánon rekord számú trópusi ciklon alakult ki, ezek közül az Iwa hurrikán partot is ért a Hawaii-szigeteken 1982. november 24-én, jelentős károkat okozva a térségben (Mitchell, 1985).

Afrikában aszályos időszakot eredményezett ez az El Niño esemény, aminek következtében szárazság tombolt a Száhel-övben és Dél-Afrikában is (Glantz, 2002).

Világszerte több mint 1000 ember vesztette életét közvetlenül az El Niño eseményhez kapcsolódóan, és az anyagi károk meghaladták a 8 milliárd dollárt (Gannon, 1986).

3.2. Az 1988/89-es La Niña

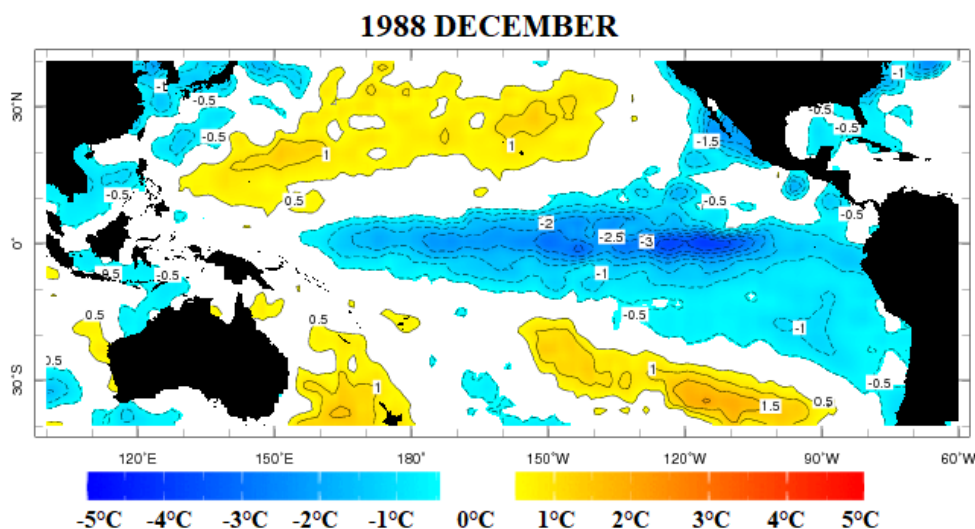
A történelem egyik legnagyobb intenzitású La Niña eseménye 1988 májusától 1989 júniusáig tartott. Az ezt megelőző évben egy erős intenzitású El Niño alakult ki, amely egészen 1988 márciusáig fennmaradt az ONI alapján [9. – www.ggweather.com]. A neutrális fázis beállta után hirtelen csökkent a tengervíz hőmérséklete a Niño3.4 régióban, és 1988 nyári hónapjaiban már -1 °C -os hőmérsékleti anomália volt megfigyelhető (4. táblázat). A vízhőmérsékletben okozott változásokat követték a légköri állapotváltozások módosulásai. A keleties passzátszél erősödésével a Csendes-óceán nyugati oldalát érintő csapadéközóna fokozatosan nyugatabbra tolódott.

4. táblázat: Az ONI szerinti tengerfelszíni hőmérséklet átlagostól való eltérése [$^{\circ}\text{C}$] egymást átfedő három hónapos időszakokra meghatározva. Kék szín jelöli a La Niña, míg piros szín az El Niño időszakokat. Adatok forrása: [13. – www.noaa.gov].

ÉV	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1988	0,8	0,5	0,1	-0,3	-0,9	-1,3	-1,3	-1,1	-1,2	-1,5	-1,8	-1,8
1989	-1,7	-1,4	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1

Az esemény az év utolsó hónapjaiban érte el a csúcspontját (8. ábra), ekkor $-1,8\text{ °C}$ -os tengervíz hőmérsékleti anomáliát mértek a térségben (decemberben a Niño3.4 régióban $-2,5\text{ °C}$ és -3 °C közötti átlagtól való eltérést tapasztaltak; 8. ábra). Ezt követően 1989 nyarán egy neutrális fázis vette kezdetét.

A La Niña fázishoz kapcsolódóan Ausztrália számos államában heves esőzések alakultak ki 1988 második felében. A csapadékmennyiség jelentősen az átlag felett volt, néhol a szokásos 400–500 mm helyett 700 mm csapadék hullott, ami az ország déli, délkeleti részében (Victoria, Dél-Ausztrália, Queensland) áradásokat okozott. Az év végére mérséklődtek az esőzések, és 1989 első hónapjaiban már a megszokottól eltérően átlag alatti csapadékmennyiséget regisztráltak Ausztrália középső részén. A La Niña márciustól újra éreztette hatását, Dél-Ausztrália államban számos áradásról számoltak be [19. – www.bom.gov.au]. Az 1988/89-es trópusi ciklon szezonban számos nagy erejű képződmény érintette Ausztráliát (Ilona, Harry) [20. – www.bom.gov.au].



8. ábra: Tengerfelszín hőmérsékletének átlagostól való eltérése [$^{\circ}\text{C}$] a NOAA műszeres mérései alapján 1988 decemberében. A sárga árnyalatai az átlagosnál melegebb, míg a kék árnyalatai az átlagosnál hidegebb felszíni vizeket mutatják. Az anomáliák izovonalait $0,5^{\circ}\text{C}$ -onként rajzolták meg.
 Forrás: [14. – www.iri.columbia.edu].

Amíg a Csendes-óceán nyugati felében a szokásosnál csapadékosabb időjárási viszonyok uralkodtak, addig Dél-Amerika nyugati partja mentén száraz időszak volt jellemző. Argentínában október és március között csökkent a csapadékmennyiség. Általában jellemző, hogy a Paranáy-folyón El Niño időszakban nagyobb a vízhozam, emiatt a La Niña esemény alatt az alacsony vízszint következtében a vízenenergia termelés is csökken. Ez megfigyelhető volt 1988-ban is (Berri *et al.*, 2002). Ecuadorban a garnélarák halászatában okozott visszaesést az esemény, mivel a szárazabb időjárás és a hűvösebb tengervíz nem kedvez az életfeltételeiknek. Ez volt az oka a garnélarák árában tapasztalt növekedésnek [21. – www.indexmundi.com]. Az ország mezőgazdasági termelésében is visszaesés volt megfigyelhető, a rizs és a szója termesztés csökkent a szokásosnál kevesebb csapadék miatt (Cornejo-Grunauer, 2002). Peru halászatának ellenben kedvezett az időjárás és az óceán vizének hőmérséklete, mely a bőségesebb szardínia- és szardella-fogásokban mutatkozott meg (Ordinola, 2002).

Az USA középnnyugati térségében 1988 nyarán rendkívüli aszályos időszak uralkodott, ez leginkább a kukorica ültetvényeket érintette negatívan (Brunner, 2002). A téli hónapokban az USA északi részén és Kanadában az átlagosnál hűvösebb időjárás uralkodott. Egészen az USA déli államaiig (Texas, Kalifornia) hatolt az arktikus eredetű hideg légtömeg, ami összefüggő hótakarót eredményezett. Ekkor mérték Alaszkában (Northway állomáson) az addigi legmagasabb légnyomásértéket is (1075 hPa; Shabbar, 2002). Kubában és a Mexikói-öböl

országokban csapadékhiányt jegyeztek fel a téli időszakban (*Naranjo-Diaz, 2002*).

A La Niña esemény nem késleltette az 1988-as monszun időszakot, azonban India középső részén áradások alakultak ki a heves esőzések miatt. Az 1988/89-es La Niña esemény következményének tulajdonították a Bangladesben pusztító áradásokat is (*Hossain et al., 2002*).

3.3. Az 1997/98-as El Niño

Az 1982/83-as extrém El Niño esemény hatására a kutatók szorgalmazták egy megbízható előrejelzési rendszer kiépítését a Csendes-óceán térségében. Ennek hatására indult meg a TOGA-Program (*TOGA: Tropical Ocean Global Atmosphere*), amely részeként kötött és sodródó bójjakkal, műholdas mérésekkel folyamatos megfigyelés alá vonták az óceán középső területét (*WMO, 1997a*), ezzel széles körben megkezdődött az ENSO különböző fázisainak megismerése és az események intenzitásának tanulmányozása (*Wang et al., 2016*). Az innen származó adatok nagy mértékben hozzájárultak, hogy a számítógépes modellek előre tudják jelezni az újabb események kialakulását.

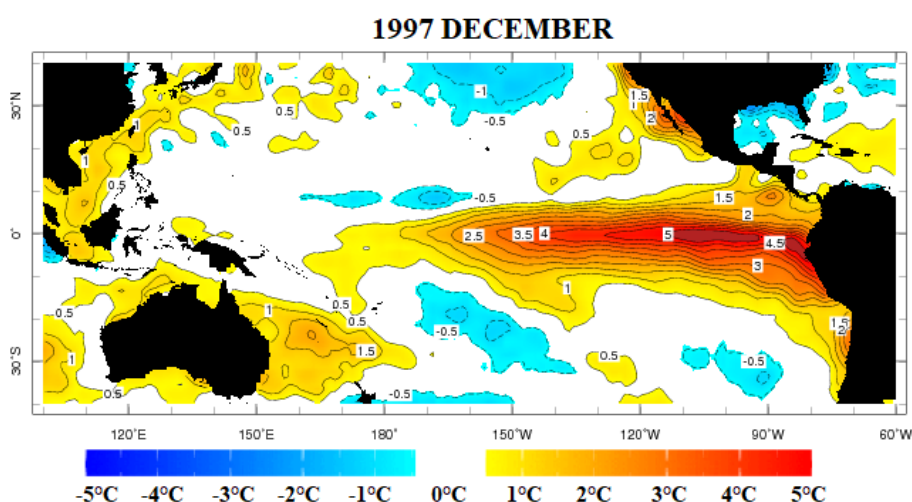
1997-ben a globális éghajlatot az ENSO egyik legerősebb meleg fázisa határozta meg: *Glantz (2002)* „az évszázad El Niño-jának” nevezte. Az év egy hűvösebb időszakkal indult, a felszíni vízhőmérséklet értékei jelentősen az átlagos alatt maradtak ($-0,5\text{ °C}$ körüli anomália értékek; *5. táblázat*). Áprilisban és májusban gyorsan emelkedni kezdett a tengerfelszín hőmérséklete (*Enfield, 2001*), közel $1,5\text{ °C}$ -os melegedés volt megfigyelhető a Niño1+2, illetve $1-1,5\text{ °C}$ -os melegedés a Niño3, Niño4 és a Niño3.4 régióban (*Bell és Halpert, 1998*).

Az év második felében az értékek tovább nőttek (*9. ábra*), az esemény nagyobb intenzitásúvá vált, mint az 1982/83-as, a Niño3.4 térségben az átlagosnál $2-5\text{ °C}$ -kal magasabb hőmérsékleteket is mértek (*WMO, 1998a*). Az SST a kelet-közép-csendes-óceáni térségben meghaladta a 28 °C -ot, Dél-Amerika nyugati partjainál 29 °C volt jellemző. Novemberben Peru partjánál $5-6\text{ °C}$ -kal magasabb vízhőmérsékletet mértek (*9. ábra*) az átlagosnál (*WMO, 1997b*). A melegedés 1997 decemberéig tartott (*5. táblázat*), az 1998-as év elejétől jelentősen estek az anomália értékek. Mindezek mellett elmondható, hogy ebben az évben volt a legnagyobb a Föld felszíni átlagos hőmérséklet a XX. században: $0,43\text{ °C}$ -kal haladta meg az 1961–1990-es éghajlati normálidőszak átlagát [22. – www.independent.co.uk].

5. táblázat: Az ONI szerinti tengerfelszíni hőmérséklet átlagostól való eltérése [°C] egymást átfedő háromhónapos időszakokban meghatározva. Kék szín a La Niña (1998/1999), míg piros szín az El Niño (1997/1998) időszakot jelöli. Az 1997/98-as eseményt a rekord mértékű pozitív anomália miatt „az évszázad El Niño-jának” is nevezik. Adatok forrása: [13. – www.noaa.gov].

ÉV	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1997	-0,5	-0,4	-0,1	0,3	0,8	1,2	1,6	1,9	2,1	2,3	2,4	2,4
1998	2,2	1,9	1,4	1,0	0,5	-0,1	-0,8	-1,1	-1,3	-1,4	-1,5	-1,6
1999	-1,5	-1,3	-1,1	-1,0	-1,0	-1,0	-1,1	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7

A közepes földrajzi szélességeken is sokkal magasabb hőmérsékleti értékeket mértek az átlagoshoz képest. Ilyen területek voltak Európa nyugati részén, Alaszkában, Oroszország középső területein és az amerikai kontinens nyugati részén. Ezzel szemben India északi részén, az USA középső-keleti felében, a Közel-Keleten és Ausztráliában negatív anomália volt jellemző (WMO, 1999).



9. ábra: A tengerfelszín hőmérsékletének átlagostól való eltérése [°C] a NOAA műszeres mérései alapján 1997 decemberében. A sárga árnyalatai az átlagosnál melegebb, míg a kék árnyalatai az átlagosnál hidegebb felszíni vizeket mutatják. Az anomáliák izovonalait 0,5 °C-onként rajzolták meg. Forrás: [14. – www.irdl.ldeo.columbia.edu].

Az esemény legnagyobb mértékben a közeli Dél-Amerika időjárását befolyásolta. Brazília északi részén és Amazóniában visszaesett a csapadék mennyisége 200–300 mm-rel, ami a helyi folyók vízszintjének csökkenéséhez vezetett. Ez jelentősen befolyásolta a vízenergia-termelést is. Chilében nőtt a csapadék mennyisége, főleg májusban és júniusban, amikor több téli vihar is lecsapott a középső országrészre. Ezek a heves esőzések egyetlen nap alatt annyi csapadékot adtak, mint az egyébként szokásos éves csapadékmennyiség (WMO, 1997a). Ez jelentős

árvizeket okozott, és a mezőgazdaságban is kárt tett. Ecuadorban rekord magas hőmérsékleteket mértek (*WMO*, 1998a). A kontinens több országában (Argentína, Paraguay, Brazília) nedvesebb időjárás volt jellemző 1998 első hónapjaiban. Kimutatták, hogy Peruban a hasmenéses megbetegedések száma a triplájára nőtt a heves esőzések és az áradás miatt az 1997/98-as esemény alatt (*Checkley et al.*, 2000), illetve az időszakban született csecsemők esetén nagyobb volt a kockázata a fejlődési rendellenességek kialakulásának és a korai halálozásnak (*Danysh et al.*, 2014).

Afrika keleti részén a nagy esőzéseket is az El Niño-val hozták összefüggésbe (*WMO*, 1998a). Szomáliában és Kenyában 500 mm-rel több eső hullott az átlagosnál. A vizes felszín teret adott a szúnyogok szaporodásának, ami a maláriában fertőzöttek számának növekedését okozta (*Moser*, 2015). Az áradások okozta anyagi károk miatt tömeges migráció indult meg. Ugyanakkor Afrika déli országainak a szárazsággal kellett megküzdeni. 1998-ban az extrém időjárás következtében a malária mellett nőtt a kolera kockázata is.

Indonéziában ökológiai katasztrófához vezetett a nagyobb szigeteken (Borneó, Szumátra) tomboló, megfékezhetetlen erdőtűz, ami abból eredt, hogy a csapadék mennyisége az átlagoshoz képest több mint 50%-kal esett vissza (egyres területeken 60 mm csapadék hullott az általában jellemző 180 mm helyett; *WMO*, 1998a). Esőerdő borította területek veszték el, a növény- és állatvilág jelentős része is elpusztult. Megjegyezzük, hogy a növényállományban okozott pusztításban szerepe van a szigeten évtizedek óta zajló, olajpálma ligetek létrehozására szolgáló erdőégetésnek is (*Sloan et. al.*, 2017). Számos ország exportjában csökkenés mutatkozott: Fidzsi cukor-, Pápua Új-Guinea kávétermésében is kárt okozott a szárazság (*Macdonald*, 1999).

Ausztráliában is a szárazság okozott gondokat. Az ország keleti részén 400.000 hektár területet érintett a bozóttűz. Az 1997 áprilisától 1998 márciusáig tartó időszakban Victoria, Tasmania, Új-Dél-Wales, Queensland és Nyugat-Ausztrália államban mértek átlag alatti csapadékmennyiséget ([17. – www.bom.gov.au]; *WMO*, 1997a). Habár a monszun időszak késése és a szárazság nem kedvez a búza növekedésének, a téli búza aratása így is sikeres volt az időszerű esőzésnek köszönhetően (*Glantz*, 2002). Ausztrália partvonala mentén a megszokottnál magasabb vízhőmérséklet az egyik legpusztítóbb korallfehéredési folyamatot indította el (*Rossi és Soares*, 2017).

Észak-Amerika középső részén és a Karib-öbölben csökkent a csapadék mennyisége, illetve az ENSO hatással volt a trópusi viharok kialakulására az Atlanti-óceán térségében, csökkentve azok számát (*WMO*, 1997a). Ezt a megfigyelést igazolja az is, hogy csupán egyetlen hurrikán (*Danny*) ért partot az USA-ban 1997-ben. Kalifornia déli részén az áradásokkal kellett

megküzdieniük az ott lakóknak, míg az USA északkeleti részén szárazság tombolt (*Cayan et al.*, 2005). A kontinens északi részén (Alaszka, Kanada, USA északi része) átlagon felüli hőmérsékleteket mértek 1997 végétől egészen 1998 áprilisáig. Elmaradtak a szokásos viharok, ezáltal kevesebb hó hullott (*Changnon*, 2000). 1998 április–június időszaka viszont az addigi legszárazabb periódusa volt Texas, Florida, Louisiana és Új-Mexikó államnak. Egy 2011-es kutatás, amelyben mexikói gyermekeket vizsgáltak, kimutatta, hogy az El Niño-t követő pár évben, azoknál a fiataloknál, akik érintettek voltak az 1997/98-as eseményben, a kognitív képességeikben visszaesés történt (*Aguilar és Vicarelli*, 2011). A vizsgálat során azt tapasztalták, hogy a nyelvtanulás, memória, gondolkodási képességek terén elért pontszámaik 10–20%-kal alacsonyabbak voltak az azonos korú, de más régióban élő gyermekekénél.

Ázsiában késleltette a monszun időszakot az El Niño jelensége (*WMO*, 1998c). A teljes délkeleti parton jelentős esőzéseket okoztak a területet érintő trópusi ciklonok. Ezek Kína keleti partjainál áradásokat okoztak. A következő évben jelentősen nőtt az Indiai-óceán hőmérséklete. A Csendes-óceánon az átlagosnál több trópusi ciklont regisztráltak 1997-ben (17 névvel ellátott vihar, ebből 9 hurrikán és 7 nagyobb erősségű), ez El Niño időszak alatt megszokott jelenség (*Stephens és Ramsay*, 2014).

A közép-európai térségben heves esőzések voltak júliusban, az Odera folyón rekord magasságú árvizet mértek ebben az évben (*Kundzewicz et al.*, 1999). A szélsőséges esemény ellenére azonban nem állítható biztosan, hogy ez az El Niño hatásával állt összefüggésben.

Ahogy a Csendes-óceán vizének hőmérséklete csökkent, úgy helyeződött át a csapadékszóna nyugatabbra. A keleties szélirány is visszatért. A tengerszint mintegy 15 cm-rel csökkent Dél-Amerika partjai mentén (*WMO*, 1998b). Az 1998-as év közepén az El Niño időszakot egy hideg fázis követte, ami a felsorolt időjárási viszonyokat lényegesen megváltoztatta. Ez a La Niña egészen 2001 közepéig éreztette hatását.

4. A 2015/2016 évi El Niño

Ebben a fejezetben a 2015/2016-os El Niño eseményről írok, kontinensenként jellemezve a hatásait.

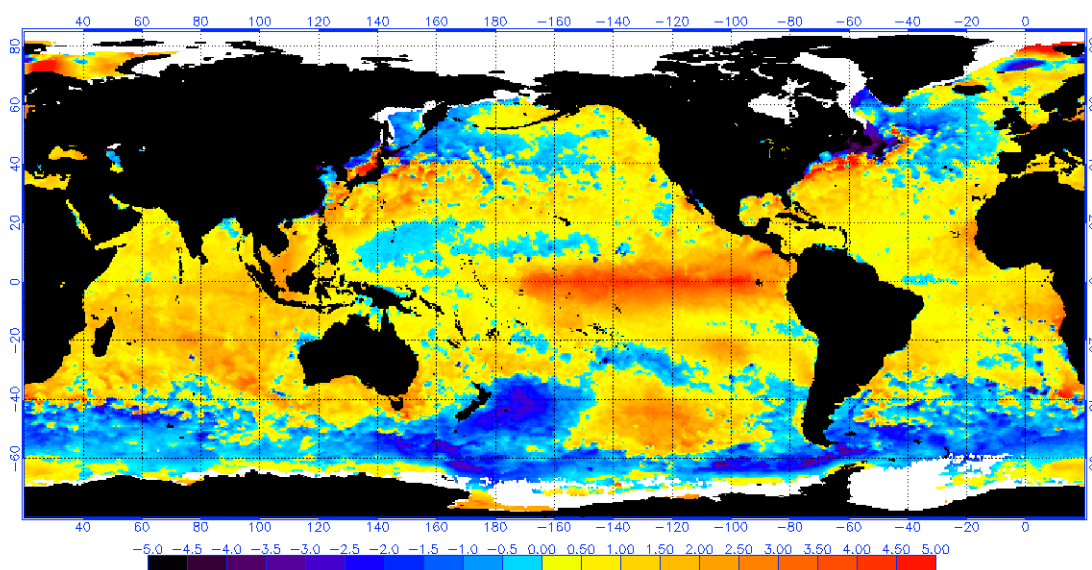
4.1. Előzmények

A 2014-es év első felében az SST fokozatos növekedése volt megfigyelhető. Májusban 28,3 °C-os hőmérsékletet mértek a Niño3.4 régióban. Ez 0,4 °C-os pozitív hőmérsékleti anomáliát jelentett, ami azt mutatta, hogy a tengerfelszín hőmérsékletének további növekedésével egy gyenge El Niño fázis kialakulására lehet számítani. A következő hónapok mérései azonban visszaesést mutattak az anomáliában [2. – www.origin.cpc.ncep.noaa.gov]. A pozitív anomália újabb erősödése csak később, szeptemberben jelentkezett. Az ekkori előrejelzések szerint egy gyenge intenzitású ENSO meleg fázis kifejlődésére lehetett számítani az év végére, de nem lehetett kizárni a nagyobb erősségű esemény kialakulását sem (WMO, 2014). Az év utolsó hónapjaiban a 0,6 °C feletti SST-anomália volt jellemző, amely egészen 2015 áprilisáig kitartott. Ettől kezdve fokozatosan El Niño állapotot tükröző feltételek alakultak ki a légkörben is, és az SST-ben már 1 °C-ot meghaladó anomáliát mértek, amely 2016 januárjában csúcsonódott ki [2. – www.origin.cpc.ncep.noaa.gov]. Ebben a hónapban mérték a legnagyobb átlagtól való hőmérsékleti eltérést, ami 2,7 °C-kal volt magasabb az ekkor megszokottól, és mindez 29,3 °C átlagos tengervíz hőmérsékletet eredményezett a Niño3.4 régióban (10. ábra). Februártól átlag alatti vízhőmérsékletet mértek, ezzel az El Niño intenzitása csökkenésnek indult, végül 2016 szeptemberétől egy gyenge erősségű La Niña fázissá változott (6. táblázat). Fontos megemlíteni még, hogy 2015-ben mind az IOD, mind a PDO pozitív fázisú volt. A korábbiakban elemzésre került két nagy erősségű El Niño esemény (3. fejezet) adataihoz képest, ahol a maximális hőmérsékleti anomália a Niño3.4 régióban 1983 januárjában 2,3 °C, míg 1997 novemberében 2,5 °C volt, a 2015/16-os El Niño idején minden idők legmagasabb értékét mérték [2. – www.origin.cpc.ncep.noaa.gov].

A 2014-ben detektált változékony SST anomália értékek megfigyeltére tett kísérletet *Ineson et al.* (2018). Tanulmányukban három eltérő hipotézist állítottak fel az eset magyarázatára. Ezek közül az egyik a 2014-től 2015 tavaszáig a Csendes-óceán délkeleti részén megfigyelt alacsonyabb vízhőmérséklettel kapcsolatos. A másik feltevés a 2014 tavaszi időszakában a Csendes-óceán nyugati részének Egyenlítő menti régiójában mért átlagosnál magasabb vízhőmérsékletet tekinti meghatározónak. A harmadik hipotézis pedig a nyugatias széláramlásban megjelenő változásokat okolja (*Ineson et al.*, 2018).

6. táblázat: Az ONI szerinti tengerfelszíni hőmérséklet átlagostól való eltérése [°C] egymást átfedő három hónapos időszakokban meghatározva. Adatok forrása: [13. – www.noaa.gov].

ÉV	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2014	-0,4	-0,4	-0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,0	0,2	0,4	0,6	0,7
2015	0,6	0,6	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,5	2,6
2016	2,5	2,2	1,7	1,0	0,5	0,0	-0,3	-0,6	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6
2017	-0,3	-0,1	0,1	0,3	0,4	0,4	0,2	-0,1	-0,4	-0,7	-0,9	-1,0



10. ábra: A tengerfelszíni hőmérséklet átlagostól való eltérése [°C] a NOAA/NESDIS műholdas adatai alapján 2016. január 14-én. A sárga árnyalatai az átlagosnál melegebb, míg a kék árnyalatai az átlagosnál hidegebb felszíni vizeket jelöli. Forrás: [23. – www.ospo.noaa.gov].

Egy másik tanulmány (*Dong et al.*, 2018) az Indiai-óceán hőmérsékleti viszonyait elemezte a 2014-es időszakban. A kapott eredmények szerint az Indiai-óceán pozitív vízhőmérsékleti anomáliája kedvezett a Csendes-óceán nyugati térségét érintő keleties áramlások fennmaradásának, ezért a La Niña időszakában jellemző SST értékek jelenhettek meg. Ugyanezen IOD hatás miatt gyengült az óceán-légkör kapcsolat is, az SST emelkedését nem követte légköri áramlási módosulás. Azt is megemlítik, hogy az IOD kedvező lehet az El Niño esetek kialakulásában, viszont más folyamatok, mint például a WWB (*Westerly Wind Burst*), elnyomhatják az IOD hatását. Összegzésképpen a tanulmány végén kiemelték, hogy az Indiai-óceán nagy szerepet játszott az El Niño időszak késleltetésében (*Dong et al.*, 2018).

4.2. Regionális hatások

A következő alfejezetekben kontinensekre bontva elemzem a 2015/16-os El Niño esemény által okozott hatásokat. Ezekben szót ejtek: konkrét időjárási jelenségekről, ezek okozta hatásokról (pl.: áradások vagy aszályos időszakok); természeti jelenségekről; természetben okozott károkról vagy esetleges pozitív hatásokról; gazdasági termelés változásáról; valamint a humán egészségügyi helyzetről.

4.2.1. Dél-Amerika

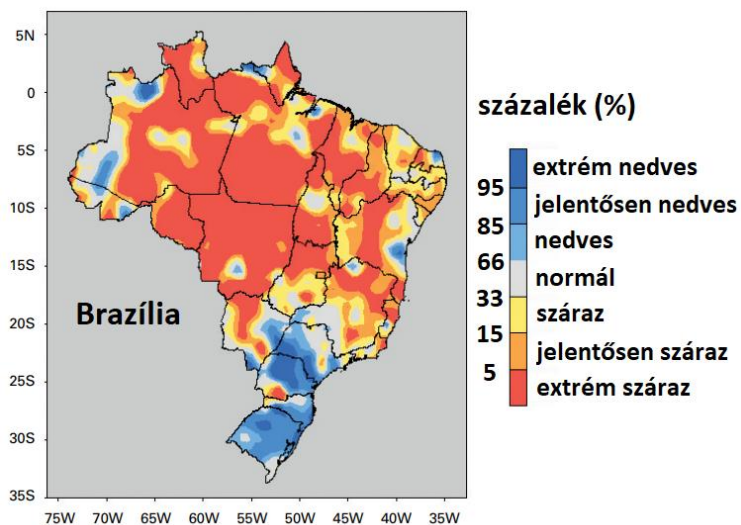
Dél-Amerika 2014 májusától két eltérő időjárású területre szakadt: míg a kontinens északi részén, Guyana, Brazília, Kolumbia és Bolívia időjárását a szárazság uralta, addig a nyugati országok – mint Peru és Ecuador, és a keleti részen Paraguay – az átlagosnál több csapadékot kapott (*WMO*, 2015).

Az El Niño által az időjárásban okozott változások (kevesebb csapadék, több napsütés és magasabb hőmérséklet) Kolumbia kávétermesztését pozitívan befolyásolták [24. – www.cafedecolombia.com]. A legnagyobb arabica fajtájú kávétermesztő ország 2015-ben 852 ezer tonna mennyiségével 23 éves rekordot döntött meg. La Niña évek során átlagosan 450 ezer tonna kávé terem az országban [25. – www.federaciondecafeteros.org]. A száraz, meleg időjárás fokozta a futótüzek számát. Mindezek hatására az évben összességében 5%-kal csökkent a mezőgazdasági termelés (*WFP*, 2016).

Argentína történetének legnagyobb futótűz esete 2015 februárjában az ország déli részén, Patagónia régióban alakult ki [26. – www.earthobservatory.nasa.gov]. Brazíliában a 2010 óta tartó szárazságot az El Niño tovább fokozta (*II. ábra*), hatására növekedett az erdőtűzben érintett terület nagysága (*Marengo et al.*, 2018).

Peru és Ecuador csendes-óceáni partvidékén a heves esőzések árvizeket okoztak 2015/16 telén. Az extrém hideg és a havazás a termés és az állatállomány jelentős részét érintette; több-száz ember otthonát pusztította el és kárt tett több mint 100.000 hektár ültetvényben (*FAO*, 2016). A 2015 évi halfogások számát is redukálta az El Niño esemény, hiszen az SST a Niño1+2 régióban is pozitív hőmérsékleti anomáliát mutatott. Ecuador mezőgazdasági termésében visszaesés volt megfigyelhető a kukorica, cukor, rizs és banán mennyiségében (*WFP*, 2016). 2015 végén Paraguay területén is áradások pusztítottak, emiatt a Paraná-, és a Paraguay-folyón

a szokásosnál nagyobb árhullám vonult le (WFP, 2016).

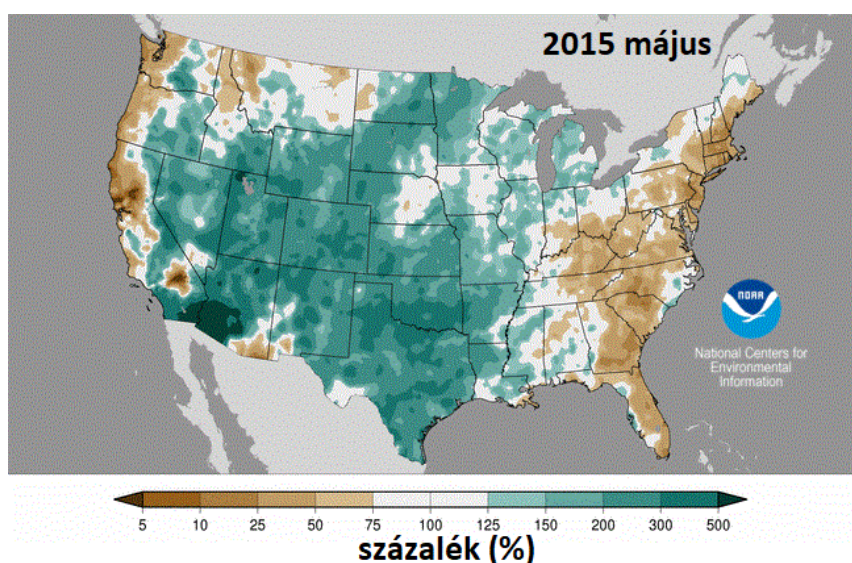


11. ábra: A 2015. évi csapadékmennyiség Brazília térségében az évi csapadékösszegek 1963-tól induló idősorára számított eloszlásán belül. Forrás: WMO, 2016; [27. – www.inmet.gov.br].

4.2.2. Észak- és Közép-Amerika

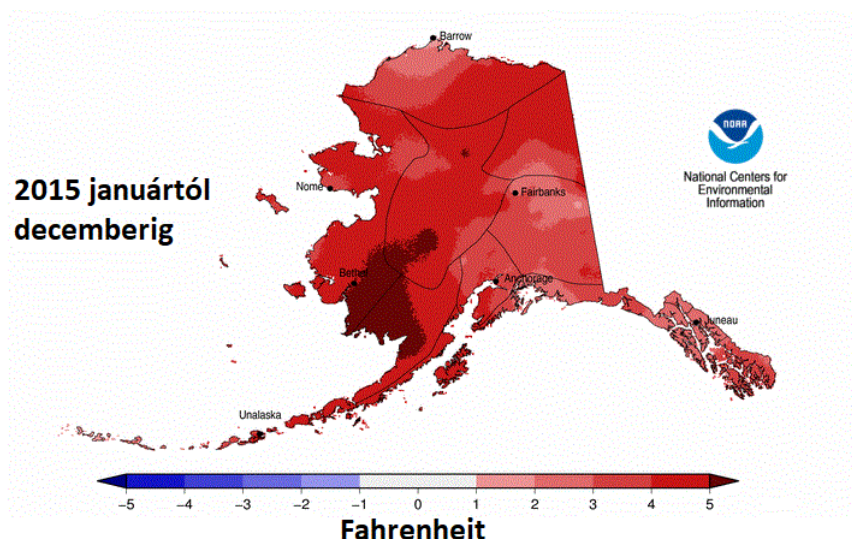
Az USA időjárása a korábbi El Niño-khoz képest megszokottan alakult. Míg az ország keleti felében és Alaszkában átlagon felüli hőmérsékleti értékeket mértek az év során, addig a délnyugati államokban nőtt a csapadék mennyisége. Májusban országos rekord is megdőlt (12. ábra): a hónapban hullott átlagos országos csapadékmennyiség 112,8 mm volt [28. – www.ncdc.noaa.gov].

Az év második felében szárazabb viszonyok uralkodtak a nyugati területeken. Ez futótüzeket eredményezett a térségben. Ugyanakkor december végén a Mississippi-folyón áradást okozott a pár nap alatt lehullott jelentős csapadék (~150 mm; [29. – www.earthobservatory.nasa.gov]). Szintén 2015 decemberében átlagon felüli hőmérsékleteket mértek a keleti államok többségében, az e havi országos átlagos hőmérséklet is rekordot döntött (NOAA adatok): 3,7 °C-ot regisztráltak, ami több mint 3 °C-kal haladta meg az 1901–2000 közötti évszázados átlagértéket [28. – www.ncdc.noaa.gov]. Alaszkában a tavasztól őszi tartó időszakban több mint 1000 tüzesetről számoltak be, ez legalább 2 millió hektár területet érintett (WMO, 2016). Kanada nyugati részén 2015/16 telén átlag feletti hőmérsékleti értékek (13. ábra) voltak tapasztalhatók (nevezetesen 1–5 °C-os pozitív anomáliát detektáltak; [30. – www.narcity.com]).



121. ábra: A 2015. májusi csapadékmennyiség a XX. századi átlagos értékhez viszonyítva százalékban megadva. Forrás: [30. – www.ncdc.noaa.gov].

Kutatások (pl.: Munoz és Dee, 2017) arról számoltak be, hogy a Mississippi-folyón kialakuló extrém áradások 71%-a El Niño eseményt követő évben jelentkezik, vagyis az ENSO meleg fázisa növeli az árvíz kialakulásának kockázatát jellemzően Mississippi államban és az Alsó-Mississippi régióban. Ez az áradás 2015/16 idején az El Niño időszak csúcspontjakor (december–január) jelentkezett. Megjegyezzük továbbá, hogy az El Niño esemény jellemzően a búza és kukorica termelést befolyásolta negatívan (Iizumi et al., 2014).



13. ábra: A 2015. évi átlaghőmérsékleti anomália (1925–2000 időszak átlagához képest). Forrás: [31. – www.ncdc.noaa.gov].

Az Atlanti-óceán hurrikán szezonja 2015-ben az El Niño hatására valamivel átlagon aluli számú hurrikánt eredményezett (WMO, 2016). Összesen 11 trópusi vihar alakult ki, ebből 4 érte

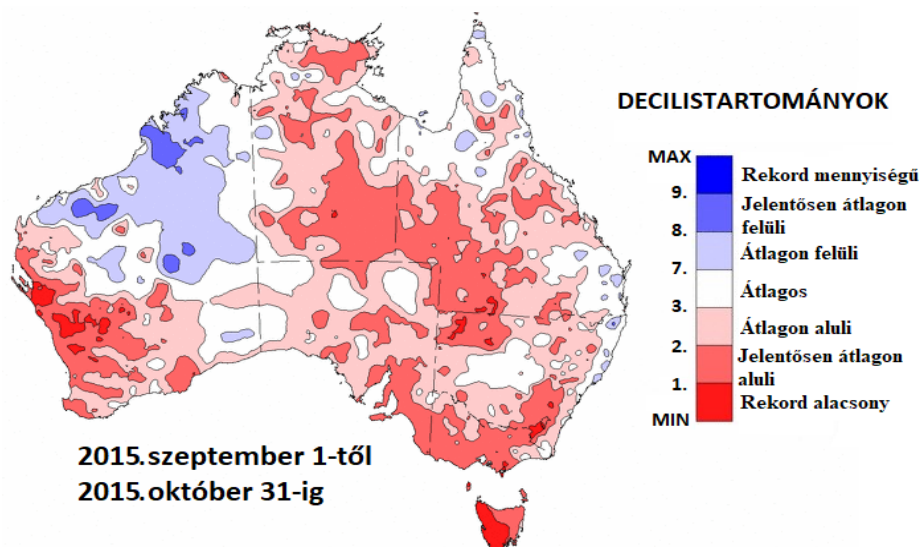
el a hurrikán fokozatot, és 2 vált nagyobb erősségűvé (az 1981–2010-es átlag rendre: 12, 6, illetve 3). Ezek közül 3 esetben történt partot érés az USA-ban (*Ana* – május; *Bill* – június; *Claudette* – július), mindhárom trópusi vihar fokozatú volt, illetve néhány érintette a Karib-térség keleti országait (Haiti, Dominikai Köztársaság, Bahama-szigetek) is (*Stewart*, 2016). Ezzel ellentétben a 2015-ös csendes-óceáni hurrikán szezon a valaha volt legaktívabb időszaknak bizonyult, összesen 15 trópusi vihar alakult ki (*NOAA*, 2015).

A Karib-tenger térségében uralkodó száraz időjárás 2016 tavaszáig elhúzódott. A térségben több ország lakosságának bizonytalan volt az élelmiszer ellátása (*WHO*, 2016). Ezek közül kiemelkedik Haiti, ugyanis az ország gabonatermésének mennyisége 12 éves mélypontot ért el 2015-ben, az egymást követő aszályos időszakok miatt (*FAO*, 2016). Az El Niño okozta aszályban érintett gazdaságok 89%-a elvesztette mezőgazdasági termését, emiatt növekedtek az élelmiszerárak is. Guatemala gazdasága is jelentős károkat szenvedett a szélsőséges időjárás következtében. A veszteségek elsősorban a kukorica- és babtermésben jelentkeztek (~130 millió USD-nak megfelelő; *FAO*, 2016). A nem megfelelő ivóvíz ellátás fokozta a kolera kialakulásának kockázatát. El Salvador és Honduras lakosságának állapota – az alultápláltság miatt – humanitárius beavatkozást tett szükségessé (*Moser*, 2015). Összességében több mint 4 millió ember volt érintett a térségben (*WHO*, 2016).

4.2.3. Ausztrália és Óceánia

A 2015/16-os esemény jelentősen hasonlított a korábbi El Niño időszakokra. Ahogy a keleties szelek az év nyarára gyengültek, úgy csökkent a csapadékmennyiség Ausztrália jelentős részén. Amellett, hogy az El Niño esemény az év végére kezdte elérni a csúcspontját, a korábban említett IOD pozitív fázisba lépett át, amely tovább csökkentette a csapadék mennyiségét a térségben [17. – www.bom.gov.au]. Ez szeptember–október táján jelentős csapadékhiányt eredményezett az ország egész területén (14. ábra): ebben a két hónapban a csapadék nem érte el a 20 mm-t sem. Az éves mennyiség ezzel együtt 443,7 mm volt, ez 5%-kal alacsonyabb az átlagosnál (az 1961–1990 időszak átlaga 465,2 mm). Tasmániában a valaha volt legszárazabb tavaszt jegyezték fel, ugyanis 200–600 mm-rel kevesebb csapadék hullott a megszokottnál. 2015 az ötödik legmelegebb év volt Ausztráliában, a hőmérséklet 0,83 °C-kal haladta meg a 30 éves referencia időszak átlagát. 2015 októberében az ország déli felén 4–6 °C-kal magasabb hőmérsékleteket mértek. A szárazabb időjárás egészen 2016 áprilisáig tartott. Számos bozótűz is kialakult novemberben és decemberben, több mint 90.000 hektár

mezőgazdasági terület pusztult el [32. – www.bom.gov.au].



14. ábra: 2015. szeptember-október közötti csapadékösszeg a teljes idősorok alapján meghatározott eloszlás decilisértékeihez viszonyítva Ausztrália területén.

Forrás: [17. – www.bom.gov.au].

A Csendes-óceán szigetvilágának időjárását is a szárazság uralta. Ez a tény önmagában sem hatott pozitívan a mezőgazdasági termelésre, azonban ehhez hozzátartozik még a trópusi ciklonok okozta pusztítás is. A Fidzsi-szigeteket három hónap leforgása alatt két pusztító ciklon is érintette (*Winston és Zena*). A februárban pusztító Winston nevezetű vihar a termés jelentős részében kárt tett (*WMO*, 2017). Az ország cukornád termelése mintegy 25%-kal esett vissza ebben az évben (*Rossi és Soares*, 2017). Az áradások következtében nőtt a víz által terjedő betegségek kockázata is (*Moser*, 2016). Több országban (Palau, Marshall-szigetek) rendkívüli állapotot hirdettek ki a súlyos aszály miatt. Kelet-Timorban a csapadék hiánya miatt rengeteg háziállat betegedett meg, és pusztult el, ami összességében több mint 70.000 háztartást érintett. Ugyanitt a gabonatermelés is visszaesett (*FAO*, 2016). Pápua-Új-Guineában az átlagosnál 3 °C-kal magasabb hőmérséklet (június–október) és a visszaeső csapadékmennyiség miatt az exportnövények termesztése veszélybe került (*ESCAP*, 2015). A 2015-ben tomboló szárazságot 2016 februárjában heves esőzések váltották fel, ami fölcsumzamlásokat okozott számos régióban (*Moser*, 2016). Az alacsonyabb táplálékmennyiség miatt nőttek az élelmiszerárak, csökkent az emberi fogyasztásra alkalmas ivóvíz mennyisége is. Ez a probléma a térség 13 országának több mint 4 millió lakosát érintette (*WHO*, 2016). A csökkenő mennyiségű és rosszabb minőségű ivóvíz miatt számos betegség – malária, hasmenéses megbetegedések, trópusi nátház – pusztított a régióban. A térséget érintő trópusi viharok nem kegyelmeztek az egészségüggyel kapcsolatos infrastruktúrának sem (*WHO*, 2016).

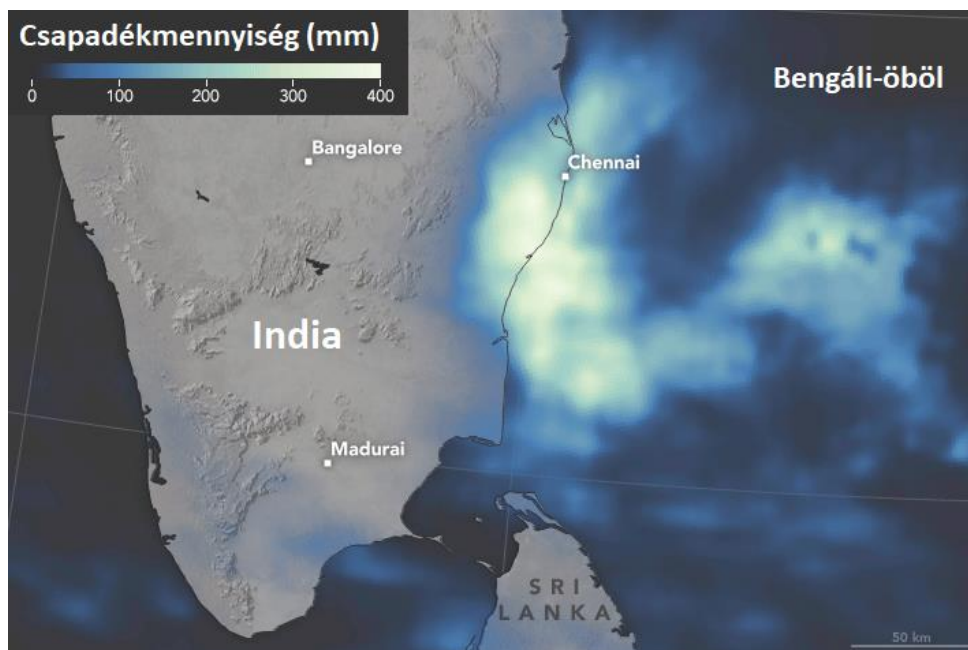
A 2015/16-os El Niño esemény okozta a leghosszabb időtartamú korallfehéredési folyamatot (15. ábra), ami a korallak és korallzátonyok pusztulását idézi elő (Rossi és Soares, 2017). Röviden a lejátszódó folyamat a következőképpen összegezhető: a korallakkal szimbiózisban élő mikroalgák egy bizonyos tengervíz-hőmérséklet (kb. 28 °C) felett elpusztulnak, ezért a korallak veszítenek színükből (korallfehéredés), és mivel ezek az algák a fotoszintézissel energiát is termelnek, a fehéredés során egyes korallfajok ki is pusztulhatnak [6. – www.pmel.noaa.gov]. Az ENSO meleg fázisakor jellemző a korallak pusztulása a megemelkedő tengervíz-hőmérséklet miatt. A legsúlyosabban érintett terület az Indiai-óceán, Ausztrália környéke és a Csendes-óceán egyenlítői régiója, de még az Atlanti-óceán déli része is ide sorolható (Rossi és Soares, 2017).



15. ábra: A Nagy-Korallzátony állapota a megnövekedett SST hatására. A 2015. februári állapot a korallfehéredés fázisa. Forrás: Rossi és Soares, 2017.

4.2.4. Ázsia

Ázsia délkeleti részén az El Niño években jelentős visszaesés tapasztalható a csapadék mennyiségében. India egész területén már 2014-ben is csapadékdeficit volt megfigyelhető, ez a helyzet 2015-ben sem változott, leginkább a nyári és őszi időszakban mért csapadékadatokban megfigyelhető. A sokéves átlaghoz képest 14%-os visszaesés történt (UNESCAP, 2015). 2015 utolsó hónapjaiban az El Niño hatására átlagon felüli csapadékmennyiség volt jellemző India déli részén és Sri Lankán: november 9. és 16. között a térségben 200–400 mm, míg decemberben két nap leforgása alatt 100–500 mm csapadékot regisztráltak (16. ábra; [33. – www.nasa.gov]). A heves esőzések okozta áradások emberéleteket is követeltek.



16. ábra: A Dél-India térségét ért csapadék mennyisége, 2015. december 1-2.
 Forrás: NASA Earth Observatory [34. – www.earthobservatory.nasa.gov/]

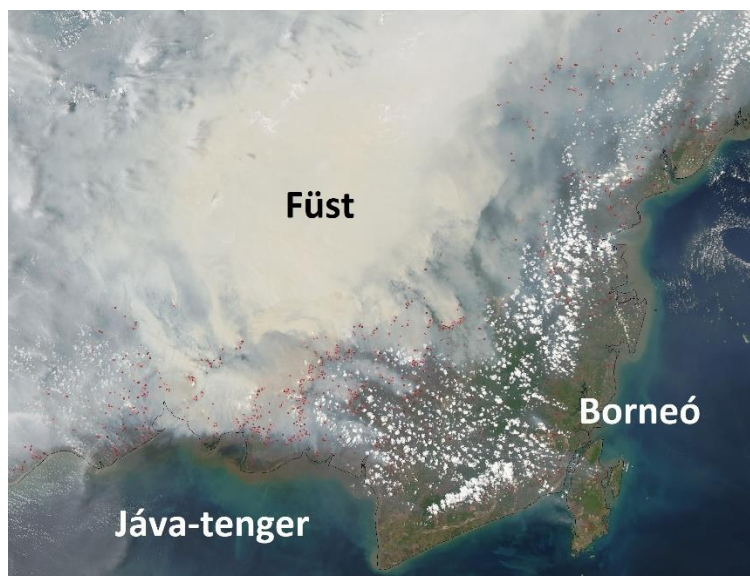
Kambodzsában a száraz időszak 70.000 hektár mezőgazdasági területet érintett. 50 év legsúlyosabb aszályos időszakának tartják a 2015-ben tomboló szárazságot, amiben 2,5 millió lakos volt érintett (Moser, 2016). Thaiföldön a 2014–2015 időszak alatt pusztító aszály a rizstermesztésben okozott károkat (UNESCAP, 2015).

A száraz időszak hatására a Fülöp-szigetek rizstermesztése 7%-kal visszaesett az előző évekhez képest. Csökkent a termesztett kukorica mennyisége is (FAO, 2016). Októberben a Koppu nevezetű tájfun okozott pusztítást az országban (WMO, 2016).

Indonézia lakosságának jelentős részénél légzőszervi megbetegedés volt tapasztalható (háromszor több esetről számoltak be az átlagosnál; megközelítőleg 500.000 eset 2015 júliusa és októbere között; WHO, 2016), ennek oka is a szárazság, ami növelte az erdőtüzek számát (Moser, 2016). Az esetek nagy része Borneó és Szumátra szigetét érintette (17. ábra; WHO, 2016). A 2015. évi száraz időszak és a 2016. év elején bekövetkezett áradások 35.000 hektár termőterületet pusztítottak el Indonéziában, ezek jellemzően rizsföldek voltak (FAO, 2016).

Vietnámban olyan mértékű aszály jelentkezett, hogy a Mekong folyó deltatorokolatánál mind a felszíni vizekben, mind a talajban jelentős savasodás volt észlelhető a tengervíz behatolás következtében. Az általa okozott mezőgazdasági és egészségügyi problémák 2 millió embert érintettek (WHO, 2016).

Észak-Koreában 9%-kal csökkent a mezőgazdasági termelés 2014-hez képest, amely a szójabab és gabonafélék mennyiségében mutatkozott meg (FAO, 2016).



17. ábra: A Borneó szigetét érintő erdőtűz okozta füst egy 2015. október 19-én készült műholdfelvételen. Forrás: NASA Earth Observatory [35. – www.earthobservatory.nasa.gov/]

Ma et al. (2018) tanulmánya arról számolt be, hogy a 2015/16-os El Niño Kína térségének csapadékmennyiségét is befolyásolta. Észak-Kína területein visszaesett a csapadékmennyiség 2015 nyári és téli hónapjaiban az átlagos mennyiségnek megközelítőleg az 50–80%-ára. Ezzel szemben a Jangce-folyó vidékén és Délkelet-Kínában nőtt az esős napok száma. A 2015. őszi és 2015/2016. téli időszakban a területre a megszokott csapadékmennyiségnek mintegy háromszorosa hullott. A kutatásból az is kiderül, hogy a nagy folyókat érintő áradások intenzitása 2015 nyarán volt a legnagyobb (Ma et al., 2018).

Míg Laoszban 2016 januárjában az ekkor megszokottnál sokkal alacsonyabb hőmérsékleteket mértek (Huaphan provinciában 0 °C alá süllyedt a hőmérséklet; [36. – www.nationmultimedia.com/]), addig Mongóliában 2016 márciusában volt jellemző az átlagosnál hidegebb. Mindkét esetben elsősorban az állatállomány szenvedte el a hűvösebb időjárás okozta pusztítást (FAO, 2016).

A nyugat–csendes–óceáni tájfun szezon átlagon felüli aktivitású volt 2015-ben, 27 vihar alakult ki, ebből 18 tájfun erősségű. Ezek közül 6 Kínában ért partot. Az október 28-án az Indiai-óceán térségében kialakult *Chapala* nevezetű trópusi ciklon volt az első hurrikán erősségű vihar (a Saffir–Simpson skála szerinti 1-es kategóriájú), amely valaha partot ért az Arab-félszigeten (WMO, 2016).

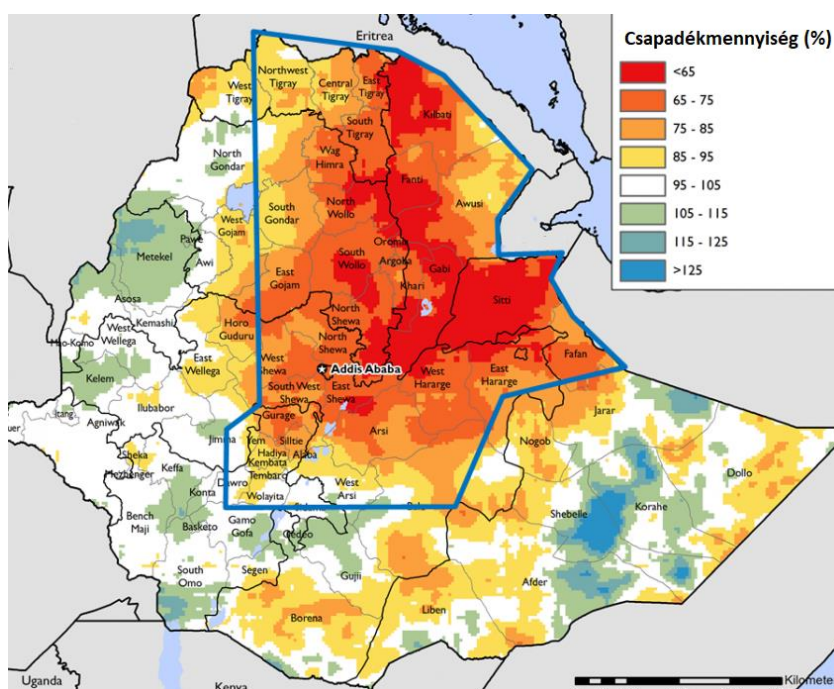
4.2.5. Afrika

Afrikában általában az El Niño-val hozható összefüggésbe a kontinens középső-, keleti részét érintő aszályos időszak, ami elsősorban Etiópiában, Szudánban és Dél-Szudánban jellemző. A dél-afrikai országokban (Dél-Afrika, Zimbabwe, Lesotho, Zambia, Sváziföld, Mozambik, Malawi) is csapadékhiány jelentkezik az időszak alatt, míg a keleti part országait – Tanzánia, Szomália és Kenya a leginkább érintett – heves esőzések sújtják.

A 2015/16-os esemény szintén ezeket a területeket érintette. A közép-keleti országokban, mint Etiópia, Szudán, Dél-Szudán vagy Eritrea, a csapadék nagy része általában március és október között hullik. 2015-ben az ENSO hatásaként ezt a területet szárazság sújtotta, a csapadékmennyiség jelentősen az átlagos érték alatt maradt. Etiópiában két aszályos időszakot is regisztráltak, az első március és május között, a másodikat július és szeptember között (*18. ábra*), az elmúlt 30 év legszárazabb éve volt ez (*Moser, 2015*). A rekord szárazság nem kedvezett a haszonnövények termesztésének. A termés alacsony hozama miatt a bizonytalan élelmiszerellátásban érintett népesség száma augusztustól decemberig 126%-kal emelkedett, ami 10,2 millió embert jelentett csak Etiópián belül (*FAO, 2016*). Számos országban a lakosság alultápláltsága volt jellemző (*WHO, 2016*). Szudánban a gabonafélék hozama megközelítőleg 15%-kal átlag alatti volt. Az El Niño időszakot követő hónapokban sem javult a helyzet ezekben az országokban, azonban ekkor már a La Niña okozott áradásokat a térségben (*FAO, 2016*).

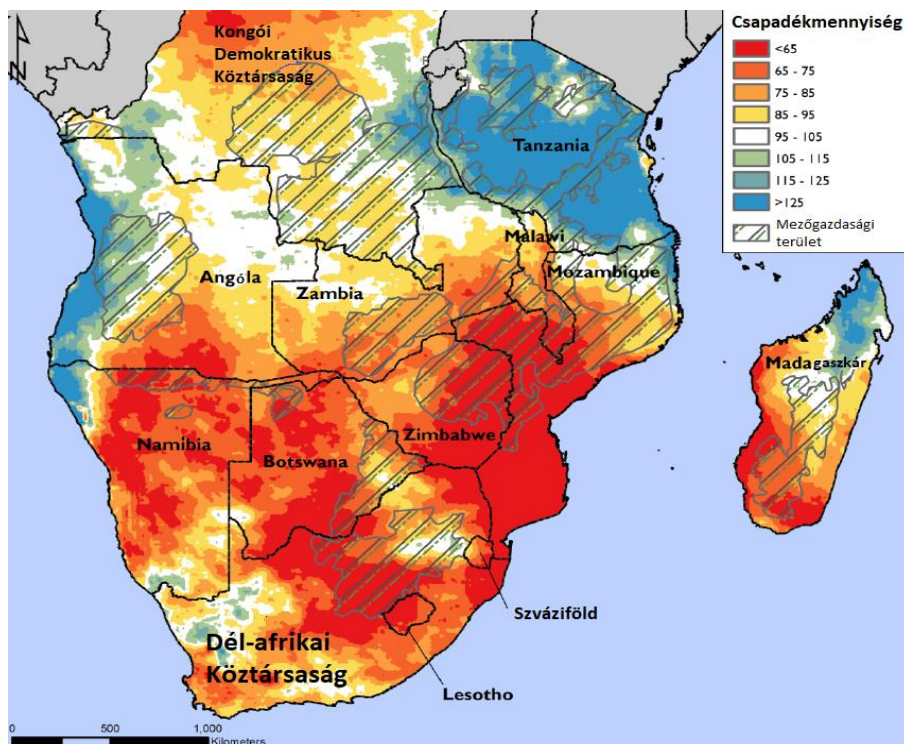
A fent említett országoktól délkeletre (Etiópia déli része, Kenya, Szomália, Uganda, Tanzánia) a heves esőzések okoztak kárt a termésben, a csapadékmennyiség növekedése pedig földcsuszamlásokat, valamint áradásokat okozott a nagyobb folyók (Shebelle, Jubba) térségében az október–december közötti időszakban. Kenyában villámárvizek pusztítottak számos nagyvárosban, valamint a fővárosban, Nairobiban is [37. – www.reliefweb.int]. Fontos megemlíteni, hogy 2015 novemberében több, mint 8000 betegnél regisztráltak kolera fertőzést. Ezt követően decemberben a kelet-afrikai térségben az ún. Rift Valley-lázként nevezett vírusos megbetegedés is áldozatokat szedett (*WHO, 2016*). Szomália északi részén a szárazság, míg déli részén az áradások okoztak vészhelyzeteket (*FAO, 2016*).

A nyugati parton a világ legnagyobb kakaó termelő országában, Elefántcsontparton is szárazság tombolt, 639 mm csapadék hullott 2015 első hét hónapjában, ami csupán a fele az előző év ezen időszakában mértnek [38. – www.reuters.com]. Ez hozzájárult a csokoládé árának drasztikus emelkedéséhez.



18. ábra: A 2015. március–szeptember időszak csapadékmennyisége Etiópiában az 1981–2014 időszak átlagához képest, %-ban kifejezve. Forrás: [39. – www.fews.net].

Dél-Afrika országaiban – Namíbiában, Zambiában, Zimbabwe-ban, Mozambikban, Dél-Afrikában, Sváziföldön és Lesotho-ban – El Niño időszakban október–december között az átlagosnál szárazabb viszonyok uralkodtak (19. ábra). Az aszályos időszak felére csökkentette a kukorica terméshozamát az elmúlt 5 évhez képest (Mozambikban 35%-kal, Lesothóban 61%-kal, Sváziföldön 64%-kal csökkent; *FAO*, 2016), mivel a csapadékhány éppen a növények növekedési szakaszában jelentkezett 2015 decembere és 2016 januárja között. Mozambikban és Zimbabwe-ban a kukorica ára emiatt jelentősen növekedett (13%-kal nőtt az előző öt éves átlaghoz képest; *FAO*, 2016). Madagaszkáron és Sváziföldön a szárazság a gazdaságok állatállományának legelőinek területét csökkentette, több tízezer állat pusztulását okozva ezzel. Érdekes tény, hogy Zimbabwe nemzeti parkjai áruba bocsátották vadállataikat a PWMA (*Parks and Wildlife Management Authority*) bevonásával, hogy ezzel mentse őket a pusztulástól ([40. – www.npr.org], „LIVE ANIMAL SALES 2016”). Az UNICEF kiemelt figyelmet szentel Malawinak, ahol a 2015/16-os El Niño sajnálatosan tovább növelte az alultápláltságban szenvedő gyermekek számát (*Moser*, 2015).



19. ábra: A 2015. október és 2016. február közti csapadék anomália Dél-Afrika térségében az 1982–2011 időszak átlagához képest, %-ban kifejezve. Forrás: [41. – www.fews.net].

4.2.6. Európa

Habár Európa időjárásában nehezebb olyan tényezőket találni, amelyek egyértelműen az El Niño hatásaként jelentkeznek, néhány cikk mégis foglalkozik a témával.

A 2014-es év nyara rendkívül csapadékosnak bizonyult Dél-Európa térségében, ami hatással volt a régióban megtermelt javakra, illetve a turizmusra is. *Ratna et al.* (2017) kutatása kimutatta, hogy a csendes-óceáni térség pozitív SST anomáliája, a szokásosnál gyengébb indiai monszun (IOD negatív fázisa) és a Rossby-hullámok együttesen okozhatták a ciklonok kialakulását elősegítő feltételeket a mediterrán térségben. A nedves időjárás 15%-kal csökkentette a szőlőtermést és 30%-kal az olívaolaj termelés mennyiségét, ez szintén *Ratna et al.* (2017) tanulmányában olvasható.

King et al. (2018) kutatása kapcsolatot vélt felfedezni az El Niño és Európa időjárása között. A cikkben arról írnak a szerzők, hogy az El Niño hatása megfigyelhető az Európában az őszi-téli hónapokban kialakult időjárási helyzetekben. Ez leginkább novemberben figyelhető meg, amikor az átlagosnál csapadékosabb, de melegebb időjárás uralkodik a kontinens térségében (*King et al.*, 2018).

5. Jelenlegi helyzet

A 2015/16-os El Niño eseményt követően két, az ONI szerinti gyenge La Niña időszak alakult ki 2016/17-ben és 2017/18-ban, ez látható a 7. táblázatban kék színnel jelölve. Ezt követően 2018 áprilisától a neutrális állapot tért vissza a Csendes-óceán Egyenlítő menti térségébe (WMO, 2018a), ezt tükrözte a vízhőmérséklet és több légköri állapothatározó (szélirány, Walker-cirkuláció, felhőborítottság) is. Mivel a térségben a vízfelszín alatti pár száz méteres mélységben ekkor már valamivel átlag feletti hőmérsékletek uralkodtak, az előrejelzések egy gyenge El Niño kialakulását mutatták szeptember hónaptól, a novembertől januárig tartó időszakra pedig átlagosan 1 °C-kal magasabb értékeket vártak az átlagoshoz képest vízhőmérséklet szempontjából (WMO, 2018b). A következő fél évben La Niña kialakulására már ekkor sem adtak sok esélyt a kutatók, ez 2019-ben sem változott. A szeptemberi prognózis szerint (WMO, 2018b) 2018 végére kétszer akkora volt az esélye a gyenge El Niño kialakulásának (~70%), mint a neutrális állapot visszatérésének (~30%).

7. táblázat: Az ONI szerinti tengerfelszíni hőmérséklet átlagostól való eltérése [°C] egymást átfedő három hónapos időszakokban meghatározva. Kék szín jelöli a La Niña, míg piros szín az El Niño időszakokat. Adatok forrása: [13. – www.noaa.gov].

ÉV	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2016	2,5	2,2	1,7	1,0	0,5	0,0	-0,3	-0,6	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6
2017	-0,3	-0,1	0,1	0,3	0,4	0,4	0,2	-0,1	-0,4	-0,7	-0,9	-1,0
2018	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4	-0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,7	0,9	0,8
2019	0,8	0,8										

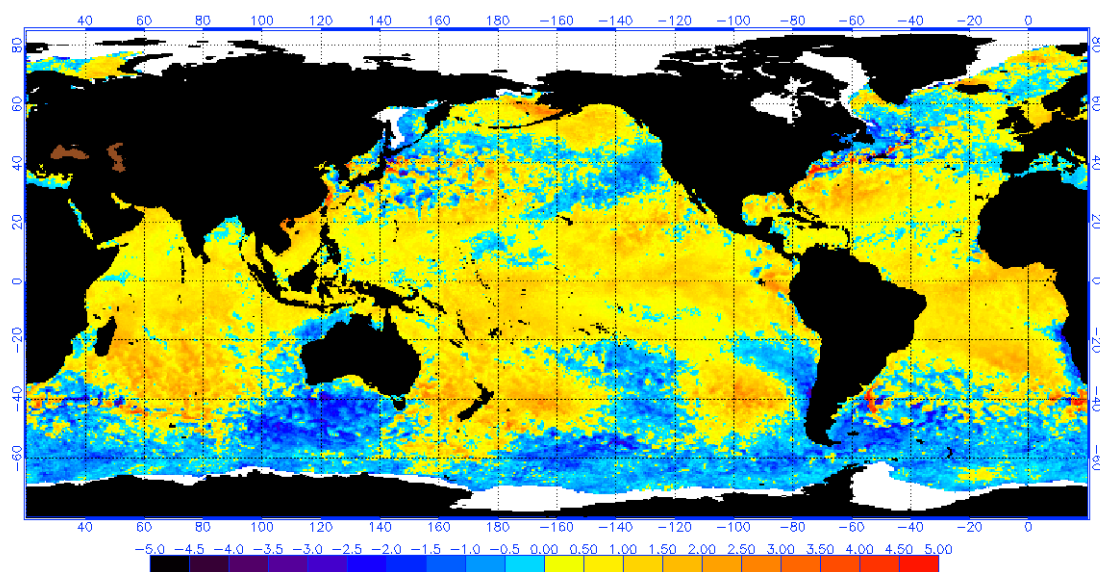
A korábbi előrejelzések megbízhatónak bizonyultak, októberre a tengerfelszín hőmérséklet gyenge El Niño-ra utalt, a felszín alatti vízhőmérséklet is ekkor volt a legmagasabb az évben. Ennek ellenére a neutrális fázis tartott tovább, mivel a légköri állapothatározókban – a légnyomásban és szélirányban, illetve a csapadékmennyiségben – nem történt számottevő változás (WMO, 2018c). A modellszimulációk (GPCLRFs: *Global Producing Centres of Long-Range Forecasts*, WMO) a 2019-es év elejére El Niño kialakulását jelezték, ekkorra már a légköri cirkulációban is megfigyelhetők voltak változások. A becsült valószínűségek tovább nőttek az El Niño fázis irányába, ugyanis 2019 februárjára 75–80% volt az esélye annak, hogy a neutrális állapot nem tér vissza. La Niña, vagy erősebb intenzitású El Niño kialakulására ekkor sem mutatkozott nagy valószínűség.

Habár 2019. január és február során a tengerfelszín hőmérsékletének csökkenése volt

megfigyelhető, februárban gyengült a passzátszél ereje, valamint a Nemzetközi dátumválasztó vonal közelében megnövekedett a felhőborítottság és a csapadék mennyisége is. Ezzel együtt a légkör is az El Niño fázis jeleit kezdte mutatni (*WMO*, 2019). Az előrejelzések ekkor a gyenge El Niño szint visszaállását mutatták, március–május időszakra 0,6–0,9 °C-kal átlagon felüli vízhőmérsékletet becsültek. A hosszú távú prognózisok 40–50% valószínűséget adtak annak, hogy az El Niño fázis egészen augusztusig fennmarad (*WMO*, 2019).

Március hónapban is átlag feletti vízhőmérsékleteket jegyeztek a Csendes-óceán Egyenlítő menti térségében. A Niño3 és Niño4 régióban közel 1 °C-kal mértek átlagon felüli hőmérsékletet (*CPC*, 2019). Az eddig Indonézia térségében zajló konvekció keletebbre tolódott. A Nemzetközi dátumválasztó vonaltól nyugatra a nyugatias széláramlás vette át a keleties helyét. A SOI negatív fázisa (–0,6 értékű, [42. – www.climate.gov]) pedig egyértelműen meghatározta a gyenge El Niño fázis beálltát. A 20. ábrán is jól látható, hogy a Csendes-óceán Egyenlítő menti térségében áprilisban jóval átlag feletti hőmérsékletek uralkodnak Ecuador partjaitól egészen Indonéziáig. A 2019. április 11-én megjelent ENSO diagnosztikai elemzés (*CPC*, 2019) összefoglalja, hogy a legfrissebb modellszimulációk 65% esélyt adnak 2019 nyaráig, míg 50–55% esélyt az őszi tartó El Niño feltételek megmaradására. Mivel a tavaszi hónapok alatt az ENSO állapotban gyakori változások zajlanak, nagyon nehéz az év további részére pontos előrejelzést készíteni, ezt nevezzük tavaszi előrejelezhetőségi akadállyal (*Spring Predictability Barrier*) [43. – www.climate.gov]. Valószínűleg ez az oka a kutatók által adott becslésekhez kapcsolódó nagy bizonytalanságra, melyek ennek ellenére összességében az év második felére El Niño állapotot valószínűsítene.

A dolgozat készítésekor a legfrissebb tengerfelszín hőmérsékleti anomália térkép 2019. április 11-én készült (20. ábra). Erről leolvasható, hogy a tengervíz hőmérsékleti értékei 0,5–1,5 °C-kal magasabbak az átlagosnál, ami az egész Csendes-óceán egyenlítői térségében megfigyelhető. A következő ENSO diagnosztikai elemzés 2019. május közepére várható (*CPC*, 2019), ekkor remélhetőleg már többet tudunk majd meg az év végére várható helyzetről.



20. ábra: A tengerfelszíni hőmérséklet átlagostól való eltérése [°C] a NOAA/NESDIS műholdas adatai alapján 2019. április 11-én. A sárga árnyalatai az átlagosnál melegebb, míg a kék árnyalatai az átlagosnál hidegebb felszíni vizeket jelzik. Forrás: [44 . – www.ospo.noaa.gov].

6. Összefoglalás

Jelen dolgozat céljának a Csendes-óceán térségében kialakuló óceán-légkör kölcsönhatás, más néven az ENSO jelenségkör kialakulásának és lefutásának elemzését, illetve annak globális és regionális skálán okozott hatásainak bemutatását tűztük ki. A dolgozat első felében a jelenség három fázisának kialakulását elemeztem, valamint összefüggést kerestem az ENSO klímaváltozással való kapcsolatára is. Habár a témában még vannak megosztó kérdések, a jövőben az El Niño események intenzitásának erősödése várható, ami hatással lehet a globális hőmérsékleti értékekre is. Az ENSO fázisok intenzitásbeli jellemzésére használt indexeket is fontosnak tartottam elemezni pár mondatban, hiszen ezek adnak felvilágosítást egy-egy esemény fizikai hátteréről.

Három alfejezetben elemeztem a XX. század legjelentősebb eseményeit. Ebből kettő El Niño esemény, amelyek a század extrém intenzitású eseményeinek számítanak (1982/83 és 1997/98). Ezek mellett egy erős intenzitású La Niña esemény (1988/89) hatásait is összefoglaltam. Az eddigi nemzetközi kutatások során sikerült olyan összefüggéseket is találni az események között, amelyek minden ENSO időszak alatt előforduló jelenségnek tekinthetők. Mindhárom esetben tapasztalható volt például, hogy Dél-Amerika, Afrika és a Csendes-óceán szigetvilágának lakosságát is érintette ez az éghajlati jelenség, ami különösen az élelmezésügy, valamint az egészségügyi állapotokkal kapcsolatban mutatkozott meg. Az események hatásai jellemzően fejlődő országokban jelentkeztek, ahol a humanitárius beavatkozások, a FAO és egyéb szervezetektől kapott támogatások jelentették a kiutat a katasztrófa sújtotta helyzetekből való kilábaláshoz.

A dolgozatban nagy hangsúlyt fektettem a 2015/16-ban kialakult nagy intenzitású ENSO meleg fázis részletes bemutatására is. A hatásokat kontinensekre bontva összegeztem, azon belül is a különösen nagy mértékben érintett országok kiemelésével.

Alapvetően két időjárási helyzet tapasztalható az ENSO egyes fázisaihoz kapcsolódóan: az átlagosnál magasabb hőmérsékleti értékekkel jelentkező aszályos; valamint a csapadékosabb, áradásokat okozó időszak. Száraz időszak esetén kiemelhető Brazília északi része, amelynek időjárását 2010 óta csapadékhiányos viszonyok uralják, illetve Afrika középső (Etiópia) és déli (Dél-Afrikai Köztársaság) része, ahol a visszaesett mezőgazdasági termelés gondokat okoz az élelmiszer ellátásban. Áradások Dél-Amerika nyugati országaiban (Peru, Ecuador), valamint az USA délnyugati részén az El Niño eseményekkor megszokottan, a téli évszakban jelentkeztek. Számos nagyskálájú folyamatban (IOD, PDO) is változások következtek be az El Niño

esemény alatt, melyek együttes hatására alakultak ki ezek az extrém helyzetek.

Habár a valaha volt legnagyobb intenzitású El Niño esemény helyére 2016 nyarára neutrális fázis lépett, nem szabad figyelmen kívül hagyni az ezt követő események alakulását sem. Jelenleg egy gyenge intenzitású El Niño fázis uralkodik a Csendes-óceán térségében. Ez a helyzet a modellszimulációk áprilisi előrejelzése szerint idén nyárig, őszig ki is fog tartani. A legfrissebb előrejelzések majd májusban várhatóak, melyek remélhetőleg már pontosabb becsléseket adnak az év végére várható állapotról.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek, elsőként Kis Annának, akit bármikor zavarhattam a témában felmerülő kérdéseimmel. Több oldalas leveleimre kielégítő válaszokkal szolgált, ezáltal mindig képesek voltunk a dolgozat eszmei értékét növelni. Mint egyik első mentoráltja, remélem, nem okoztam csalódást, és bízom benne, hogy az ezt követő években több hallgatónak is megadatik a lehetőség, hogy vele dolgozhasson. Hálával tartozom Dr. Pongrácz Ritának hasznos tanácsaiért, segítségéért és munkám ellenőrzéséért.

Köszönöm családomnak azt a rengeteg támogatást, amit az évek során kaptam tőlük. A meteorológia iránti elhatározásom korai szakaszától kitartottak mellettem ezen a hosszú úton.

És nem utolsó sorban húgomnak, Csengének, aki miatt kötelességem volt képességeimhez mértén megfelelő jegyeket szerezni a tanulmányaim során, hiszen az ő számára csak a jeles volt elfogadható.

Irodalomjegyzék

Adler, R., Curtis, S., 1998: Precipitation-Based ENSO Indices. NASA Technical Reports Server. Document ID: 19990032068

Aguilar, A., Vicarelli, M., 2011: El Niño and Mexican children: medium-term effects of early-life weather shocks on cognitive and health outcomes. *Job Market Paper*, 17. november 2011.

Alizadeh-Choobari, O., 2017: Contrasting global teleconnection features of the eastern Pacific and central Pacific El Niño events. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, **80**, 139–154

Allen, J. T., Tippett, M. K., Sobel, A. H., 2015: Influence of the El Niño/Southern Oscillation on tornado and hail frequency in the United States. *Nature Geoscience*, **8**, 278–283

Ashok, K., Guan, Z., Yamagata, T., 2001: Impact of the Indian Ocean Dipole on the Relationship between the Indian Monsoon Rainfall and ENSO. *Geophysical Research Letters*, **28**(23), 4499–4502

Bell, G. D., Halpert, M. S., 1998: Climate Assessment for 1997. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **79**, S1–S50

Berri, G. J., Flamenco, E. A., Spescha, L., Tanco, R. A., Hurtado, R., 2002: Some effects of La Niña summer rainfall, water resources, and crops in Argentina. In: *La Niña and its impacts: Facts and speculation* (szerk: Glantz, M. H.), United Nations University Press, Tokyo – New York – Paris, 124–133

Bjerknes, J., 1969: Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Monthly Weather Review*, **97**(3), 163–172

BOM, 2012: Record breaking La Niña events. *BOM*, July 2012. 28p

Brunner, A. D., 2002: Energy, economics, and ENSO in the United States. In: *La Niña and its impacts: Facts and speculation* (szerk: Glantz, M. H.), United Nations University Press, Tokyo – New York – Paris, 88–90

Cai, W., Santoso, A., Wang, G., Yeh, S.-W., An, S.-I., Cobb, K. M., Collins, M., Guilyardi, E., Jin, F.-F., Kug, J.-S., Lengaigne, M., McPhaden, M. J., Takahashi, K., Timmermann, A., Vecchi, G., Watanabe, M., Wu, L., 2015: ENSO and greenhouse warming. *Nature Climate Change*, **5**, 849–859

Cashin, P., Mohaddes, K., Raissi, M., 2017: Fair weather or foul? The macroeconomic effect of El Niño. *Journal of International Economics*, **106**, 37–54

Cayan, D., Barnett, T., Riddle, L., 2005: The 1997-98 El Niño – Increased potential for winter storms, flooding and coastal impacts in California. UCSD, Climate Research Division (<http://meteora.ucsd.edu/elnino/ENSO.html>)

Changnon, S. A., 2000: El Niño 1997-1998 – The Climate Event of the Century (szerk: Bell, G. D., Changnon, D., Changnon, S. A., Kousky, V. E., Pielke Jr., R. A., Wilkins, L.). Oxford University Press, New York. 232p

Checkley, W., Epstein, L. D., Gilman, R. H., Figueroa, D., Cama, R. I., Patz, A., Black, R. E., 2000: Effects of El Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. *The Lancet*, **355**, 442–450

Chen, C., Cane, M. A., Wittenberg, A. T., Chen, D., 2017: ENSO in the CMIP5 Simulations: Life Cycles, Diversity, and Responses to Climate Change. *Journal of Climate*, **30**, 775–801

Cornejo-Grunauer, M. P., 2002: La Niña effects in Ecuador. In: *La Niña and its impacts: Facts and speculation* (szerk: Glantz, M. H.), United Nations University Press, Tokyo – New York – Paris, 134–138

CPC, 2019: El Niño/Southern Oscillation (ENSO) Diagnostic Discussion. *Climate Prediction Center/NCEP/NWS and the International Research Institute for Climate and Society*, April 11, 2019, 5p

Danysh, H. E., Gilman, R. H., Wells, J. C., Pan, W. K., Zaitchik, B., González, G., Alvarez, M., Checkley, W., 2014: El Niño adversely affected childhood stature and lean mass in north Peru. *Climate Change Responses*, 2014, **1**(7), 1–10

D'Arrigo, R., Wilson, R., 2007: El Niño and Indian Ocean influences on Indonesian drought: implications for forecasting rainfall and crop productivity. *International Journal of Climatology*, **28**, 611–616

Dong, L., McPhaden, M.J., 2018: Unusual warm Indian Ocean sea surface temperatures help to arrest development of El Niño in 2014. *Scientific Reports*, **8**, 1–10

Enfield, D. B., 2001: Evolution and Historical Perspective of the 1997-1998 El Niño – Southern Oscillation event. *Bulletin of Marine Science -Miami-*, **69**(1), 7–25.

ESCAP, 2015: El Niño 2015/2016 – Impact outlook and policy implications. ESCAP, Advisory Note, December 2015, 21p

FAO, 2016: 2015-2016 El Niño – Early action and response for agriculture, food security and nutrition. FAO, Report, 43p (ISBN 978-92-5-109383-2)

Farkas, J., 2013: Az ENSO jelenség értelmezésére készített modellek 1978 és 1987 között. Szakdolgozat, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, (Témavezető: Dr. Pongrácz Rita), 34p

Gannon, R., 1986: Solving the puzzle – Is this the key to long-range weather forecasting? *Popular Science*, September 1986, **229**(3), 82–86

Gershunov, A., Barnett, T. P., 1998: Interdecadal Modulation of ENSO Teleconnection. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **79**(12), 2715–2726

Gibbs, W., 1984: The great Australian drought: 1982-1983. *Disasters*, **8**(2), 89–104.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.1984.tb00858.x>

Glantz, M. H., 2002: La Niña and its impacts: Facts and Speculation. United Nations University Press, Tokyo-New York-Paris, 271p

Glynn, P. W., 1990: Global Ecological Consequences of the 1982-83 El Niño – Southern Oscillation. *Elsevier Oceanography Series*, **52**, Elsevier Science Publishing Company Inc., New York, 564p

Goldenberg, S. B., Landsea, C. W., Mestas-Nunez, A. M., Gray, W. M., 2001: The recent increase in Atlantic hurricane activity: Causes and implications. *Science*, **293**, 474–479

Gyuró, Gy., 1999: A kisdéd és a perui halászok. *Élet és tudomány*, **54**(52-53), 1652–1654

Hanley, D. E., Bourassa, M. A., O'Brien, J. J., Smith, S. R., Spade, E. R., 2003: A quantitative evaluation of ENSO Indices. *Journal of Climate*, **16**(8), 1249–1258

He, C., Liu, R., Wang, X., Liu, S. C., Zhou, T., Liao, W., 2018: How does El Niño-Southern Oscillation modulate the interannual variability of winter haze days over eastern China? *Science of the Total Environment*, **651**(2), 1892–1902

Hirons, L., Klingaman, N., 2016: La Nina 2016/2017 Historical Impact Analysis. Evidence on Demand, UK, Report, 36p (http://doi.org/10.12774/eod_cr.february2016.hironsetal4)

Hossain, E., Iman, K. H., Alam, S. S., Hoque, M., 2002: The assessment of La Niña impacts and responses in Bangladesh. In: La Niña and its impacts: Facts and speculation (szerk: Glantz, M. H.), United Nations University Press, Tokyo – New York – Paris, 194–198

Iizumi, T., Luo, J.-J., Challinor, A. J., Sakurai, G., Yokozawa, M., Sakuma, H., Brown, M. E., Yamagata, T., 2014: Impacts of El Niño Southern Oscillation on the global yields of major crops. *Nature Communications*, **5**, 1–7

Ineson, S., Balmaseda, M. A., Davey, M. K., Decremier, D., Dunstone, N. J., Gordon, M., Ren, H.-L., Scaife, A. A., Weisheimer, A., 2018: Predicting El Niño in 2014 and 2015. *Scientific Reports*, **8**, 1–10

King, M. P., Herceg-Bulić, I., Bladé, I., García-Serrano, J., Keenlyside, N., Kucharski, F., Li, C., Sobolowski, S., 2018: Importance of Late Fall ENSO Teleconnection in the Euro-Atlantic Sector. *Bulletin of American Meteorological Society*, **99**(7), 1337–1343

Kundzewicz, Z. W., Szamalek, K., Kowalczak, P., 1999: The Great Flood of 1997 in Poland. *Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques*, **44**(6), 855–870

Kovats, R. S., Bouma, M. J., Hajat, S., Worrall, E., Haines, A., 2003: El Niño and health. *Lancet*, **362**, 1481–1489

Lau, K.-M., Yang, S., 2003: Walker Circulation. *Encyclopedia of Atmospheric Science*, **2**, 177–181

Lucas, R., Hayes, S. P., Wyrski, K., 1984: Equatorial sea level response during the 1982-83 El Niño. *Journal of Geographical Research*, **89**(C6), 10,425–10,430

Ma, F., Ye, A., You, J., Duan, Q., 2018: 2015-15 floods and droughts in China, and its response to the strong El Niño. *Science of the Total Environment*, **627**, 1473–1484

Macdonald, B. K., 1999: El Niño's Impact on Oceania. *Encyclopedia Britannica, Book of the Year*, (www.britannica.com/topic/Oceania-1026851)

Mantua, N. J., Hare, S., 2002: The Pacific Decadal Oscillation. *Journal of Oceanography*, **58**(1), 35–44

Marengo, J. A., Alves, L. M., Alvares, R. C.S., Cunha, A. P., Brito, S., Moraes, L. L., 2018: Climatic characteristic of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **90**, 1973–1985

Mitchell, J. K., 1985: Prospects for improved hurricane protection on oceanic islands: Hawaii after Hurricane Iwa. *Disasters*, **9**(4), 286–294

Moser, P., 2015: A wake-up call – El Niño's impact on children. UNICEF Briefing Note – November 2015, United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF), 8p

Moser, P., 2016: It's not over – El Niño's impact on children. UNICEF Briefing Note – July 2016, United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF), 12p

Munoz, S. E., Dee, S. G., 2018: El Niño increases the risk of lower Mississippi River flooding. *Scientific Reports*, **7**, 1–7

Naranjo-Diaz, L., 2002: La Niña's impacts in Cuba: The opposite of the coin? In: *La Niña and its impacts: Facts and speculation* (szerk: Glantz, M. H.), United Nations University Press, Tokyo – New York – Paris, 139–145

NOAA, 2015: Historic Hurricane Season – 2015 Summary for the Central Pacific Basin, NOAA, 18 December 2015, 4p

Ordinola, N., 2002: The consequences of cold events for Peru. In: *La Niña and its impacts: Facts and speculation* (szerk: Glantz, M. H.), United Nations University Press, Tokyo – New York – Paris, 146–150

Pielke, Jr., R. A., Landsea, C. N., 1999: La Niña, El Niño, and Atlantic Hurricane Damages in the United States. *Bulletin of American Meteorological Society*, **80**(10), 2027–2033

Podestà, G. P., Messina, C. D., Grondona, M. O., Magrin, G. O., 1998: Associations between Grain Crop Yields in Central-Eastern Argentina and El Niño Southern Oscillation. *Journal of Applied Meteorology*, **38**, 1488–1498

Rákos, A., 2011: Az ENSO és távolabbi területek éghajlat ingadozásának kapcsolata, Szakdolgozat, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, (Témavezető: Matyasovszky István), 33p

Ratna, S. B., Ratnam, J. V., Behera, S. K., Cherchi, A., Wang, W., Yamagata, T., 2017: The unusual wet summer (July) of 2014 in Southern Europe. *Atmospheric Research*, **189**, 61–68

Rossi, S., Soares, M. de O., 2017: Effects of El Niño on the coastal ecosystems and their related services. *Mercator (Fortaleza)*, 16, e16030 (<http://doi.org/10.4215/rm2017.e16030>)

Ros-Tonen, M. A. F., van Boxel, J. H., 1999: El Niño in Latin America: The Case of Peruvian Fishermen and North-East Brazilian Peasants. *European Review of Latin American and Caribbean Studies / Revista Europea de Estudios Latinoamericanos y del Caribe*, **67**, 5–20

Shabbar, A., 2002: The impact of ENSO on Canadian climate. In: *La Niña and its impacts: Facts and speculation* (szerk: Glantz, M. H.), United Nations University Press, Tokyo – New York – Paris, 95–99

Sloan, S., Locatelli, B., Wooster, M. J., Gaveau, D. L. A., 2017: Fire activity in Borneo driven by industrial land conversion and drought during El Niño periods, 1982–2010. *Global Environmental Change*, **47**, 95–109

Stephens, S. A., Ramsay, D. L., 2014: Extreme cyclone wave climate in the Southwest Pacific Ocean: Influence of the El Niño Southern Oscillation and projected climate change. *Global and Planetary Change*, **123**, 13–26

Stewart, S. R., 2016: 2015 Atlantic Hurricane Season. *National Hurricane Center – Annual Summary*, 10 February 2016, 16p

Trenberth, K. E., 1997: The Definition of El Niño. *Bulletin of American Meteorological Society*, **78**, 2771–2777

Trenberth, K. E., Stepaniak, D. P., 2001: Indices of El Niño Evolution. *Journal of Climate*, **14**, 1697–1701

Tsonis, A., 2017: The Little Boy – El Niño and natural climate change. The Global Warming Policy Foundation, GWPF Report 26, 32p

Vargas, F. H., Harrison, S., Rea, S., Macdonald, D. W., 2005: Biological effects of El Niño on the Galápagos penguin. *Biological Conservation*, **127**, 107–114

Walker, G., 1928: World Weather. *Nature*, **121**, 713–716

Wang, C., Deser, C., Yu, J.-Y., DiNezio, P., Clement, A., 2016: El Niño and Southern Oscillation (ENSO): A Review. In: *Coral Reefs of the Eastern Tropical Pacific* (szerk: Glynn, P. W., Manzello, D., Enochs, I. C.). Springer Netherlands, 85–106

Wang, S., Huang, J., He, Y., Guan, Y., 2014: Combined effects of the Pacific Decadal Oscillation and El Niño–Southern Oscillation on Global Land Dry–Wet Changes. *Scientific Reports*, **4**(1), 1–8

Watts, D., Durán, P., Flores, Y., 2016: How does El Niño Southern Oscillation impact wind resource in Chile? A techno-economical assessment of the influence of El Niño and La Niña on the wind power. *Renewable Energy*, **103**, 128–142

WFP, 2016: El Niño in Latin-America and the Caribbean. *WFP – Resourcing Update* 2016, 30 May 2016, 4p

WHO, 2016: El Niño and Health. Global Overview – January 2016, WHO – World Health Organization (WHO)

WMO, 1997a: El Niño Update. *WMO*, **No. 1** (November 1997), 4p

WMO, 1997b: El Niño Update. *WMO*, **No. 2** (December 1997), 4p

WMO, 1998a: El Niño Update. *WMO*, **No. 3** (January 1998), 4p

WMO, 1998b: El Niño Update. *WMO*, **No. 6** (June 1998), 4p

WMO, 1998c: WMO Statement on the status of the global climate in 1997. *WMO* – No. 877, 12p

WMO, 1999: WMO Statement on the status of the global climate in 1998. *WMO* – No. 896, 12p

WMO, 2014: El Niño/La Niña Update. *WMO*, (8 September 2014), 4p

WMO, 2015: WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2014. *WMO* – No. 1152, 24p

WMO, 2016: WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2015. *WMO* – No. 1167, 28p

WMO, 2017: WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2016. *WMO* – No. 1189, 28p

WMO, 2018a: El Niño Update. *WMO*, (June 2018), 5p

WMO, 2018b: El Niño Update. *WMO*, (September 2018), 6p

WMO, 2018c: El Niño Update. *WMO*, (November 2018), 5p

WMO, 2019: El Niño Update. *WMO*, (February 2019), 5p

Wyrtki, K., 1975: El Niño – The Dynamic Response of the Equatorial Pacific Ocean to Atmospheric Forcing. *Journal of Physical Oceanography*, **5**, 572–584

Xiao, J., Liu, T., Lin, H., Zhu, G., Zeng, W., Li, X., Zhang, B., Song, T., Deng, A., Zhang, M., Zhong, H., Lin, S., Rutherford, S., Meng, X., 2017: Weather variables and the El Niño Southern Oscillation may drive the epidemics of dengue in Guangdong Province, China. *Science of the Total Environment*, **624**, 926–934

Yang, S., Li, Z., Yu, J-Y., Hu, X., Dong, W., He, S., 2018: El Niño-Southern Oscillation and its impact in the changing climate. *National Science Review*, **5**(6), 840–857

Yeh, S-W., Kug, J-S., Dewitte, B., Kwon, M-H., Kirtman, B. P., Jin, F-F., 2009: El Niño in a changing climate. *Nature*, **461**, 511–514

Zebiak, S. E., Cane, M. A., 1987: A Model El Niño-Southern Oscillation, *Monthly Weather Review*, **115**, 2262–2278

Zheng, Z-W., Lin, I.-I., Wang, B., Huang, H-C., Chen, C-H., 2015: A Long Neglected Damper in the El Niño – Typhoon Relationship: a ‘Gaia-Like’ Process. *Scientific Reports*, **5**, 1–7

Internetes Források:

[1. – www.ncdc.noaa.gov] NOAA, National Centers for Environmental Information
<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst>

[2. – www.origin.cpc.ncep.noaa.gov] NOAA data's from Niño3.4
https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_change.shtml

[3. – www.ncdc.noaa.gov] NOAA, National Centers for Environmental Information
<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi>

[4. – www.ncdc.noaa.gov] NOAA, National Centers for Environmental Information
<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/olr>

[5. – www.esrl.noaa.gov] NOAA, Physical Sciences Division
<https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>

- [6. – [www.esrl.noaa.gov](http://www.esrl.noaa.gov/psd/people/cathy.smith/best/details.html)] NOAA, Creation of BEST Index
<https://www.esrl.noaa.gov/psd/people/cathy.smith/best/details.html>
- [7. – [www.pmel.noaa.gov](https://www.pmel.noaa.gov/el_nino/faq#warming)] NOAA, El Niño Theme Page, FAQs
https://www.pmel.noaa.gov/el_nino/faq#warming
- [8. – www.climatetracker.org] Explaining climate change and El Niño, Pathmeswaran, C., 2017
<https://www.climatetracker.org/climate-change-el-nino-sri-lanka>
- [9. – [www.ggweather.com](https://ggweather.com/enso/oni.htm)] Golden Gate Weather Service
<https://ggweather.com/enso/oni.htm>
- [10. – [www.bom.gov.au](http://www.bom.gov.au/climate/iod/#tabs=Indian-Ocean-climate-drivers)] BOM, Indian Ocean influences on Australian climate
<http://www.bom.gov.au/climate/iod/#tabs=Indian-Ocean-climate-drivers>
- [11. – [www.climate.ncsu.edu](https://www.climate.ncsu.edu/climate/patterns/pdo)] North Carolina Climate Office
<https://www.climate.ncsu.edu/climate/patterns/pdo>
- [12. – [www.ustornadoes.com](https://www.ustornadoes.com/2012/04/25/april-25-26-27-28-2011-super-outbreak/?fbclid=IwAR2KfRGJKumbfG70lDujpHAqENpNSPo9x7GYh507fQYORQi0vg_y0Quv-TM)] U. S. Tornadoes
https://www.ustornadoes.com/2012/04/25/april-25-26-27-28-2011-super-outbreak/?fbclid=IwAR2KfRGJKumbfG70lDujpHAqENpNSPo9x7GYh507fQYORQi0vg_y0Quv-TM
- [13. – [www.noaa.gov](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)] NOAA - Climate Prediction Center
https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
- [14. – www.irdl.ldeo.columbia.edu] International Research Institute, ENSO Monitoring,
www.irdl.ldeo.columbia.edu
- [15. – [www.atmos.washington.edu](https://atmos.washington.edu/gcg/RTN/Figures/adrounarr.html)] El Niño drought in Australia 1982-1983, Bureau of Meteorology, 1991
<https://atmos.washington.edu/gcg/RTN/Figures/adrounarr.html>
- [16. – [www.abc.net.au](https://www.abc.net.au/news/emergency/2013-02-14/ash-wednesday-bushfires-1983-from-the-archives/4519214?fbclid=IwAR3RggsiyveIKyOLaEvmclidbenIr9OrBjEStntOv7hgebTHptThnoj8fVI)] Ash Wednesday bushfires: February 16, 1983, ABC Net
<https://www.abc.net.au/news/emergency/2013-02-14/ash-wednesday-bushfires-1983-from-the-archives/4519214?fbclid=IwAR3RggsiyveIKyOLaEvmclidbenIr9OrBjEStntOv7hgebTHptThnoj8fVI>
- [17. – [www.bom.gov.au](http://www.bom.gov.au/climate/enso/enlist)] BOM, El Niño – Detailed Australian Analysis /1982-83/, /1997-98/ és /2015-16/ El Niño események
www.bom.gov.au/climate/enso/enlist
- [18. – [www.whoi.edu](http://www.whoi.edu/science/B/people/kamaral/1982-1983ElNino.html?fbclid=IwAR2wE_JfCaKyhMsCSknm29-6a2Q_2fkg7hq43h2yyaonNd6Nq9DI5S6qSHc)] Amaral, K.: El Niño and the Southern Oscillation: A Reversal of Fortune (1982-1983 El Niño: The worst there ever was)
http://www.whoi.edu/science/B/people/kamaral/1982-1983ElNino.html?fbclid=IwAR2wE_JfCaKyhMsCSknm29-6a2Q_2fkg7hq43h2yyaonNd6Nq9DI5S6qSHc
- [19. – [www.bom.gov.au](http://www.bom.gov.au/climate/enso/lnlist)] BOM, El Niño – Detailed Australian Analysis/1988-89/ La Niña esemény
www.bom.gov.au/climate/enso/lnlist
- [20. – [www.bom.gov.au](http://www.bom.gov.au/cyclone/history/index.shtml)] BOM -Tropical Cyclones
www.bom.gov.au/cyclone/history/index.shtml
- [21. – [www.indexmundi.com](https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=shrimp&months=360)] IndexMundi - Commodity Prices
<https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=shrimp&months=360>
- [22. – [www.independent.co.uk](https://www.independent.co.uk/news/1998-is-hottest-year-on-record-1192069.html)] McCarthy, M., 1998: 1998 is hottest year on record. The Independent, December 18, 1998
<https://www.independent.co.uk/news/1998-is-hottest-year-on-record-1192069.html>
- [23. – [www.ospo.noaa.gov](https://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst/anomaly/index.html)] NOAA - OSPO
<https://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst/anomaly/index.html>

- [24. – [www.cafedecolombia.com](http://www.cafedecolombia.com/bb-fnc-en/index.php/comments/how_el_nino_la_nina_affect_production_of_cafe_de_colombia/)] *How El Niño & La Niña Affect Production of Café de Colombia*
http://www.cafedecolombia.com/bb-fnc-en/index.php/comments/how_el_nino_la_nina_affect_production_of_cafe_de_colombia/
- [25. – [www.federaciondecafeteros.org](https://www.federaciondecafeteros.org/particulares/en/sala_de_prensa/detalle/colombia_reaches_record_coffee_crop_in_2015_largest_in_last_23_years/)] *Federacion Nacional de Cafeteros de Colombia reaches record coffee crop in 2015 largest in last 23 years*
https://www.federaciondecafeteros.org/particulares/en/sala_de_prensa/detalle/colombia_reaches_record_coffee_crop_in_2015_largest_in_last_23_years/
- [26. – [www.earthobservatory.nasa.gov](https://earthobservatory.nasa.gov/images/85419/wildfire-in-southern-argentina)] *NASA Earth Observatory*
<https://earthobservatory.nasa.gov/images/85419/wildfire-in-southern-argentina>
- [27. – [www.inmet.gov.br](https://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/quantis2)] *INMET BRAZIL*
<https://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/quantis2>
- [28. – [www.ncdc.noaa.gov](https://www.ncdc.noaa.gov/cag/national/rakings/)] *NOAA, National Centers for Environmental Information*
<https://www.ncdc.noaa.gov/cag/national/rakings/>
- [29. – [www.earthobservatory.nasa.gov](https://www.earthobservatory.nasa.gov/images/87265/unseasonable-flooding-on-the-mississippi-river)] *NASA Earth Observatory*
<https://www.earthobservatory.nasa.gov/images/87265/unseasonable-flooding-on-the-mississippi-river>
- [30. – [www.narcity.com](https://www.narcity.com/news/canada-is-in-for-an-exceptionally-warm-winter-this-year-due-to-el-nino-event)] *Narcity - Canada Is In For An Exceptionally Warm Winter This Year Due To El Niño Event*
<https://www.narcity.com/news/canada-is-in-for-an-exceptionally-warm-winter-this-year-due-to-el-nino-event>
- [31. – [www.ncdc.noaa.gov](https://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/us-map)] *NOAA, National Centers for Environmental Information*
<https://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/us-map>
- [32. – [www.bom.gov.au](https://www.bom.gov.au/climate/current/annual/aus/2015)] *BOM, Annual climate statement 2015*
<https://www.bom.gov.au/climate/current/annual/aus/2015>
- [33. – [www.nasa.gov](https://www.nasa.gov/image-feature/goddard/southern-indias-catastrophic-flooding-analyzed-by-nasas-imer)] *NASA IMREG*
<https://www.nasa.gov/image-feature/goddard/southern-indias-catastrophic-flooding-analyzed-by-nasas-imer>
- [34. – [www.earthobservatory.nasa.gov](https://earthobservatory.nasa.gov/images/87131/historic-rainfall-floods-southeast-india)] *NASA Earth Observatory*
<https://earthobservatory.nasa.gov/images/87131/historic-rainfall-floods-southeast-india>
- [35. – [www.earthobservatory.nasa.gov](https://earthobservatory.nasa.gov/images/86847/heavy-smoke-blankets-borneo)] *NASA Earth Observatory*
<https://earthobservatory.nasa.gov/images/86847/heavy-smoke-blankets-borneo>
- [36. – [www.nationmultimedia.com](http://www.nationmultimedia.com/aec/Northern-Lao-provinces-hit-by-extreme-cold-snap-30277751.html)] *The Nation – Thailand Portal*
<http://www.nationmultimedia.com/aec/Northern-Lao-provinces-hit-by-extreme-cold-snap-30277751.html>
- [37. – [www.reliefweb.int](https://reliefweb.int/disaster/fl-2015-000169-ken)] *Reliefweb/Disasters, Kenya: Floods – Nov 2015*
<https://reliefweb.int/disaster/fl-2015-000169-ken>
- [38. – [www.reuters.com](https://www.reuters.com/article/cocoa-ivorycoast-maincrop-idAFL5N1125BK20150831)] *Bavier, J., 2015: Dry weather to slash Ivory Coast cocoa crop as El Nino threatens. Reuters, Ivory Coast News, August 31, 2015*
<https://www.reuters.com/article/cocoa-ivorycoast-maincrop-idAFL5N1125BK20150831>
- [39. – [www.fews.net](http://fews.net/east-africa/ethiopia/special-report/december-17-2015)] *FEWS.NET*
<http://fews.net/east-africa/ethiopia/special-report/december-17-2015>
- [40. – [www.npr.org](https://www.npr.org/sections/thetwo-way/2016/05/04/476749207/facing-drought-zimbabwe-says-it-is-selling-off-wild-animals?t=1554215454893&fbclid=IwAR20vRQ2l26IcEYzLPnj5VgGj0wx9xXdXMrLs_Lbh8yow2SxS9dEeRzYLZ8&t=1554215871034)] *Kennedy, M., 2016: Facing Drought, Zimbabwe Says It Is Selling Off Wild Animals. National Public Radio, Inc., May 4, 2016*
https://www.npr.org/sections/thetwo-way/2016/05/04/476749207/facing-drought-zimbabwe-says-it-is-selling-off-wild-animals?t=1554215454893&fbclid=IwAR20vRQ2l26IcEYzLPnj5VgGj0wx9xXdXMrLs_Lbh8yow2SxS9dEeRzYLZ8&t=1554215871034

[41. – www.fews.net] FEWS NET
<http://fews.net/southern-africa/special-report/march-2016>

[42. – www.climate.gov] Becker, E., 2019: February 2019 ENSO Update: El Niño conditions are here. NOAA ClimateWatch Magazine, February 14, 2019
www.climate.gov/news-features/blogs/enso/february-2019-enso-update-el-niño-conditions-are-here

[43. – www.climate.gov] L'Heurex, M., 2015: The Spring Predictability Barrier: we'd rather be on Spring Break. NOAA ClimateWatch Magazine, April 30, 2015
<https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/spring-predictability-barrier-we'd-rather-be-spring-break>

[44. – www.ospo.noaa.gov] NOAA OSPO
<https://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst/anomaly/index.html>